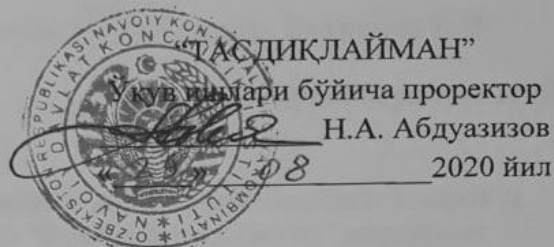


**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ
ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ
НАВОИЙ КОН-МЕТАЛЛУРГИЯ КОМБИНАТИ
НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ИНСТИТУТИ
КИМЁ-МЕТАЛЛУРГИЯ ФАКУЛЬТЕТИ
КИМЁВИЙ ТЕХНОЛОГИЯ
КАФЕДРАСИ**



**“КИМЁВИЙ ИНЖИНИРИНГ
ЖАРАЁНЛАРИ ВА ҚУРИЛМАЛАРИ”**

ФАНИДАН

ЎҚУВ – УСЛУБИЙ МАЖМУА

Навоний 2020

Ўқув-услубий мажмуа Тошкент кимё-технология институтида ишлаб чиқилган, Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта махсус таълим вазирлигида 2018 йил 25 июнда тасдиқланган ва 2018 йил 18 августда № БД-5320300-2.09 рақами билан рўйхатга олинган “Кимёвий инжиниринг жараёнлари ва қурилмалари” фанининг намунавий дастури асосида тузилди.

ТУЗУВЧИЛАР:

“Кимёвий технология” кафедраси: Бахронов проф. Бахронов Ҳ.Ш.

Худойбердиева доц. Худойбердиева Н.Ш.

Такризчилар: Умаров Навоийазот АЖ, 201-цех бошлиғи Умаров Д.
Хусенов НДКИ “Кимёвий технология” кафедраси
т.ф.н., доцент Хусенов К.Ш.

Фаннинг ишчи ўқув дастури Навоий давлат кончилиқ институти Кимё-металлургия факультети “Кимёвий технология” кафедрасининг 2020 йил «12» 08 даги № 1 -сон мажлисида муҳокама этилди ва маъқулланди.

Кафедра мудири: Вапоев Вапоев Х.М.

Фаннинг ишчи ўқув дастури Кимё-металлургия факультети кенгашининг 2020 йил «27» 08 даги № 1 -сон қарори билан тасдиқланди.

Факультет кенгаши раиси: Донияров Донияров Н.А.

Ўқув-услубий мажмуа НДКИ ўқув-услубий кенгашида муҳокама қилинган ва тасдиқланган (№ 1 баённома, «29» 08 2020 й.)

Ўқув-услубий кенгаш котибаси: Норматова М.Ж. Норматова

Ўқув-услубий бўлим бошлиғи: Каримов Каримов И.А.

О‘QUV-USLUBIYMAJMUANINGTARKIBI

Ma'ruzalar matni	5
a) amaliy mashg'ulotlar mavzulari	203
b) tajriba mashg'ulotlar mavzulari	349
Mustaqil ta'lim mashg'ulotlari	455
Glossariy	471
Ilovalar	
a) fandasturi	472
b) ishchi fandasturi	477
v) tarkatma materiallar	489
g) testlar	493
Baholash mezonlari	499
Adabiyotlar ro'yxati	529

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA
MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI
NAVOIY KON-METALLURGIYA KOMBINATI NAVOIY DAVLAT
KONCHILIK INSTITUTI
KIMYO-METALLURGIYA FAKULTETI
"KIMYOVIY TEXNOLOGIYA" KAFEDRASI

«Kimyoviy injiniring jarayonvaqurilmalari»

fanidan

MA'RUZALAR

MATNI

Navoiy 2020

Mundarija

1-mavzu. "Kimyoviy injiniring jarayonlari va qurilmalari" faniga kirish.

"Kimyoviy injiniring jarayonlari va qurilmalari" fanining mazmuni, kelib chiqishi, rivojlanishi va jarayonlarning klassifikatsiyasi. Jarayonlarning nazariyasi, ushbu jarayonlarni amalga oshiradigan mashina va qurilmalarning tuzilishi va ishlash prinsiplari va ularni hisoblash uslublari.

2-mavzu. “Kimyoviy injiniring jarayonlari va qurilmalari” fanining predmet va vazifalari. Jarayonlarnig qonunlari, harakatlantiruvchi kuchi. Eylerning muvozanat differensial tenglamasi Gidromexanik jarayonlari. Suyuqlikning asosiy xossalari. Gidrostatikaning asosiy tenglamasi.

3-mavzu. Gidrodinamika. Suyuqlik harakatining asosiy xarakteristikalar. Suyuqlik harakatini ifodalovchi kattaliklar. Suyuqlikni massaviy va xajmiy sarfi va tezlik.....

4-mavzu. Oqimning uzluksizlik tenglamasi va energetik ma’nosi.

Oqimning uzluksizlik tenglamasi, yoki oqimning moddiy balansi. Suyuqlik harakatining Eyler differensial tenglamasi. Haqiqiy suyuqlik oqimi uchun Bernulli tenglamasi, gidrodinamik va energetik ma’nosi. Suyuqlik harakati rejimlari.....

5-mavzu. Gidravlik qarshiliklar. Gidravlik qarshiliklar. Ishqalanish va mahalliy qarshilik turlari, koeffitsientlari. Bernulli tenglamasining qo‘llanilishi. Drossel asboblari....

6-mavzu. O‘xshashlik nazariyasining asoslari. Kimyoviy texnologiya jarayonlarini o‘rganish yo‘llari. O‘xshashlik shartlari va teoremlari. Gidromexanik o‘xshashlik kriteriyalari.

7-mavzu. Suyuqlikda qattiq jism harakati. Harakat rejimlari. Cho‘kish tezligi. Og‘irlik kuchi ta’sirida cho‘ktirish. Siquq cho‘kish tezligi.

8-mavzu. Turli jinsli sistemalar, klassifikatsiyasi. Turli jinsli sistemalar, klassifikatsiyalanishi. Xarakteristikalar. Ajratish usullari. Cho‘ktirish jarayoni va qurilmalari.

9-mavzu. Turli jinsli sistemalarni ajratish. Markazdan qochma kuch ta’sirida turli jinsli sistemalarni ajratish. Senrifugal. Senrifugalarni hisoblash.....

10-mavzu. Gazlarini tozalash usullari. Sanoat gazlarini tozalash usullari. CHang cho‘ktirish kamerasi. Inersion ajratgichlar. Markazdan qochma kuch ta’sirida ajratish. Siklon. Batareyali siklon. CHanglarni yuvib tozalash. Filtrlash.....

11-mavzu. Elektrostatik kuchlari ta’sirida cho‘ktirish. Elektrostatik kuchlari ta’sirida cho‘ktirish. Ionlashtirish. Nurlanuvchi va cho‘ktiruvchi elektrod. Elektrofiltirlar konstruksiyalari.....

12-mavzu. Filtrlash jarayoni. Filtrlash jarayoni. Filtrlash turlari. Filtr to‘siqlar. Filtrlash tezligi va tenglamasi. Filtrlar konstruksiyalari.

13-mavzu. Mavhum qaynash qatlami gidrodinamikasi. Qo‘zg‘almas donador va g‘ovak qatlamlar orqali suyuqlik harakati. Suyuqlikni aralashtirish usullari. Mavhum qaynash qatlamida birinchi va ikkinchi kritik tezliklar. Arximed soni. Mavhum qaynash soni.

14-mavzu. Suyuqliklarni uzatish. Nasoslar. Nasoslar va ularning turlari. Nasoslarning asosiy parametrlari. Porshenli nasoslar.

15-mavzu. Markazdan qochma nasoslar. Markazdan qochma nasoslar tuzilishi, ishlash prinsipi va xarakteristikalar. Proporsionallik qonuni. Kavitatsiya. Boshqa turdagi nasoslar.

16-mavzu. Aralashtirish. Suyuqlikni aralashtirish usullari. Aralashtirish jarayoni. Aralashtirgichlarning konstruksiyasi.

17-mavzu. Issiqlik tarqalish turlari. Jarayon issiqlik balansi. Issiqlik o'tkazuvchanlik. Fure qonuni. Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti. Issiqlik nurlanishi. Stefan-Bolsman qonuni. Kirxgof qonuni.

18-mavzu. Konvektiv issiqlik almashinish. Konveksiya. Nyuton qonuni. Issiqlik berish koeffitsienti. Issiqlik almashinish jarayonlari kriteriylari: Nu; Fo; Pr; Pe; Gr; Ga. Asosiy tenglamasi. Issiqlik o'tkazish koeffitsienti. Xarakatlantiruvchi kuchi.....

2-qism.

1-mavzu. Bug'latish. Bug'latishjarayoni. Birkorpuslibug'latishapparati.

Moddiyvaissiqlikbalansi.Bugsarfi, istishyuzasivafoydalitemperaturalarfarki.....

2-mavzu. Ko'pkorpuslibug'latish. Kupkorpuslibug'latishqurilmasi. Umumiytemperaturalarfarqivauningtaksimlanishi. Qurilmalarturlari, afzallikvakamchiliklari. Bug'latishqurilmalariningklassifikatsiyasi.....

3-mavzu. Massaalmashinishjarayonlari. Massaalmashinishjarayonlari. Turlari. Muvozanatchizig'i, moddiybalansivaishchizig'i, jarayonningyo'nalishi. Moddao'tishusullari. Molekulyardiffuziya. Turbulentdiffuziya.....

4-mavzu. Massaalmashinishjarayonlariniifodalovchitenglamalar.

Moddaberishtenglamasi. Moddaberishkoeffitsienta.

Moddao'tkazishjarayonlariniifodalovchikriteriylari (Nu, Re, Re, Fo). Moddao'tkazish jarayonlariningasosiytenglamasi. Koeffitsienti.....

5-mavzu. Quritishjarayoni. Quritishjarayonturlari. Qo'llanilishi.

Namxavoningasosiyparametrlari. Ramzinning 1-xdiagrammasi.

Jarayonningmoddiybalansi. Xavosarfi. Jarayonningissiqlikbalansi. A - vauningfizikma'nosi...

6--mavzu. QuritishjarayoniniI-x-diagrammadatasvirlash.

Idealvarealquritishjarayonlarivaularning 1-xdiagrammadatasvirlash. Grafo-analitikhisoblash.Issiqlikvahavosarflari.....

7-mavzu. Quritishjarayoniningkinetikasi. Quritishkinetikasi. Quritishtezligi. Quritishegrichizig'i. Quritishtezliginingegrichizig'i. Quritishtezliginianalitikvagrafikusuldahisoblash. Quritgichlarklassifikatsiyasi.....

8-mavzu. Absorbsiya. Absorbsiya jarayoni. Umumiy tushunchalar. Jarayonning moddiy balansi va tezligi. Absorbsiya koeffitsienti. Absorberlar konstruksiyalari.....

9-mavzu. Absorberlarhisoblashasoslari. Absorberlarninghisoblashelementlari. D, U, DR, N. Qurilmaningsa-maradorligi. Merfikoeffitsienti. Tarelkalarsoninigrafikusuldahisoblash.Tarelkalarturlari.....

10-mavzu. Suyuqliklarnihaydash. Suyuqliklarnihaydash. Umumiytushunchalar. Konovalovqonuni.Jarayondiagrammapari.Suyuqliklarnibir-biridaerishqobiliyati.Azeotropsuyuqliklarvaularningdiagrammalari.

11-mavzu. Rektifikatsiya. Rektifikatsiya. Umumiytushunchalar.Flegmavaflegmasoni. Uzlüksizishlaydiganrektifikatsionqurilmasi.

Jarayonningishchizig‘irektifikatsionkolonnasininghisoblashelementlari.....

12-mavzu. Rektifikatsionkolonnaninghisoblashasoslari. Minimalflegmasoni.
Xaqqiyflegmasonitarelkalarsoninihisoblash.Nazariyvahaqiqiytarelkalarsoni.....

13-mavzu. Ekstraksiyajarayoniningasoslari. Ekstraksiyaturlari. «Suyuqlik-suyuqlik» sistemasidagiekstraksiya.

14-mavzu. Suyuqlik-suyuqlik sistema muvozanati. Rozenbaum, Gibbsning uchburchak diagrammasi. Ekstraksiyalashning asosiy usullari.....

15-mavzu. «Qattiqmodda-suyuqlik» sistemasidagiekstraksiya. «Qattiqmodda-suyuqlik» sistemasidagiekstraksiya. Biokriteriysi.Ekstraktorlar.....

16-mavzu. Adsorbsiyajarayoni. Adsorbsiya. Umumiytushnchalar. Adsorbentlarxarakteristikalar. Jarayonmuvozanativatezligi.....

17-mavzu. Kristallanish. Kristallanish. Jarayonmuvozanati, to‘yinishdarajasi. To‘yinganeritmahosilqilishusullari. Jarayonningtezligi.....

18-mavzu. Mexanikjarayonlar. Mexanikjarayonlarningasoslari.
Mexanikjarayonlariningturlari. Qo‘llanilishi. Maydalash.
Maydalagichvaklassifikatorkonstruksiyalari. Sochiluvchanmoddalarklassifikatsiyasi....

1 - BO‘LIM

1 – mavzu. ”Kimyoviy injiniring jarayonlari va qurilmalari” faniga kirish

Reja: 1. “Kimyoviy injiniring jarayonlari va qurilmalari” fanining mazmuni, kelib chiqishi, rivojlanishi va jarayonlarning klassifikatsiyasi.

1. Jarayonlarning nazariyasi, ushbu jarayonlarni amalga oshiradigan mashina va qurilmalarning tuzilishi va ishlash prinsiplari va ularni hisoblash uslublari.

1.1. Asosiy texnologik jarayon va qurilmalar fanining predmet va vazifalari

Hozirgi kunda kimyo sanoati jadal rivojlanib bormoqda. Buning sababini ishlab chiqarilayotgan mahsulotlarning iqtisodiyotning barcha, jumladan yengil sanoat, mashinasozlik, qurilish, meditsina, qishloq xo‘jaligi va boshqa bir qancha sohalarida keng qo‘llanilayotgani bilan izohlash mumkin. Yurtimizda kimyo sanoati uchun zarur bo‘lgan ma‘danlarning ko‘pligini hisobga olib, mahalliy xom ashyolardan, hozirgi kunda chetdan olib kelinayotgan mahsulotlarning o‘rnini bosa oladigan mahsulotlar ishlab chiqarishga Respublikamizda katta e’tibor qaratilgan.

Kimyo ishlab chiqarishi juda ko‘p turdagi texnologiyalarni o‘z ichiga oladi. Birgina “Navoiyazot” AJ da ellikdan ortiq texnologiyalar mavjud. Barcha kimyo texnologiyalarida ko‘p turdagi jarayonlar takrorlanib amalga oshiriladi. Misol tariqasida nitrat kislotasi ishlab chiqarishini olaylik. Bu texnologiyada dastlab gaz holidagi ammiak va tozalangan

havo aralashtiriladi, keyin bu aralashma isitiladi, tozalanadi (filtrlanadi) va reaktorga uzatiladi. Unda yuqori temperaturada ammiak oksidlanib tarkibi asosan azot oksidlaridan iborat bo'lgan nitroz gazi hosil bo'ladi. Bu gaz aralashmasi bir necha bosqichda va turli konstruksiyali issiqlik almashtirgichlarda sovitiladi. Undan keyin gaz kompressorlarida siqib bosimi oshiriladi, yana sovitiladi va texnologiyaning asosiy uskunalaridan biri bo'lgan absorberga yo'naltiriladi. Absorberda azot oksidining suvga yutilishi natijasida nitrat kislotasi hosil bo'ladi.

Ko'rib o'tilgan texnologiyadagi aralashtirish, isitish, filtrlash, sovitish, siqish, absorbtsiya va boshqa jarayonlar va ularni amalga oshirishga mo'ljallangan uskunalar boshqa texnologiyalarda ham uchraydi. Barcha texnologiyalar uchun umumiy (tirik) bo'lgan jarayonlar va uskunalar **asosiy texnologik yoki ishlab chiqarish jarayonlari va uskunalari** deb yuritiladi.

Muhandislik fani hisoblangan “Asosiy texnologik jarayonlar va apparatlar” fani ana shunday, barcha texnologiyalar uchun umumiy bo'lgan jarayonlarning nazariy asosini, ularni amalga oshirishga mo'ljallangan uskunalarning tuzilishi va ishlash prinsipini, hamda jarayonlar va apparatlarni hisoblashni o'rganadi.

Fanni o'zlashtirish quyidagi vazifalarni hal etish imkonini beradi.

1. Ishlab turgan texnologiyalarni optimal rejimlarda olib borish hisobiga ko'p miqdorda va sifatli mahsulot olish.

2. Yangi, yuqori samarali uskunalar va texnologiyalarni loyihalash.

3. Jarayonlar va apparatlarni to'g'ri hisoblash.

4. Apparatlarni takomillashtirib jarayonlarni jadallashtirish xisobiga unumdorlikni va mos ravishda samaradorlikni oshirish bo'yicha ilmiy tadqiqotlar o'tkazib tajribalardan olingan natijalarni ishlab chiqarishga qo'llay olish.

“Asosiy texnologik jarayonlar va apparatlar” (kelgusida “jarayonlar va apparatlar” deb yuritamiz) faniga birinchi navbatda tabiat haqidagi fan bo'lgan fizika fani poydevor hisoblanadi. Demak bu fan atrof - muhitimiz, kundalik hayotimizdagi ko'pgina hodisalarni ham o'rgatadi va o'quvchining dunyoqarashini oshiradi desak xato bo'lmaydi. Tabiat haqidagi fanlarning, shu jumladan “jarayonlar va apparatlar” fanining maqsadi uning qonunlarini ochish, o'rganish va insonlar ehtiyoji uchun ishlatishdan iborat.

Fanni o'rganish jarayonida ko'p uchraydigan tushunchalarni qisqacha ta'riflab o'tamiz. Ichida ma'lum bir jarayonni amalga oshirishga mo'ljallangan ichki qurilmalari bo'lgan idish apparat, harakatlanuvchi qismga ega bo'lgan apparat esa mashina deb ataladi. Mashina va apparatlar umumiy qilib uskunalar yoki jihozlar deb ham yuritiladi. Bir nechta mashina va apparatlar ketma - ketligidan tashkil torgan va ma'lum bir jarayonni to'liq amalga oshirishga mo'ljallangan jihozlar majmuasi (kompleksi) qurilmalar deyiladi.

2-mavzu. “Kimyoviy injiniring jarayonlari va qurilmalari” fanining predmet va vazifalari

Reja: 1. Jarayonlarnig qonunlari, harakatlantiruvchi kuchi.

2. Eylarning muvozanat differensial tenglamasi Gidromexanik jarayonlari.

3. Suyuqlikning asosiy xossalari. Hidrostatikaning asosiy tenglamasi.

Borish tezligi qanday qonuniyatlarga bo'ysinishiga ko'ra jarayonlar quyidagi besh turga bo'linadi[1, 2].

1. Tezligi suyuqlik va gazlarning harakati to'g'risidagi fan bo'lgan gidromexanika

qonunlari bilan aniqlanadigan **gidromexanik jarayonlar**.

2. Tezligi issiqlikning tarqalish usullari haqidagi issiqlik o'tkazish fani qonunlari bilan belgilanadigan **issiqlik almashinish jarayonlari**.

3. Moddaning bir fazadan ikkinchi fazaga o'tishini o'rganuvchi, modda o'tkazish fani qonunlari bilan ifodalanuvchi **modda almashinish jarayonlari**.

4. Tezligi kimyo kinetikasi qonunlari bilan belgilanadigan **kimyoviy jarayonlar**.

5. Qattiq jismlar mexanikasi qonunlariga bo'ysinadigan **mexanik jarayonlar**.

Shunga mos ravishda uskunalar ham **gidromexanik, issiqlik almashinish, modda almashinish, kimyoviy va mexanik mashina va apparatlarga bo'linadi**.

Bundan tashqari jihozlar davriy (uzlukli) va uzluksiz ishlaydigan bo'lishi mumkin. Uzluksiz jarayonlar uskunalarining turli joylarida, lekin bir vaqtda amalga oshiriladi. Uzlukli jarayonlar esa buning teskarisi, ya'ni ular uskunaning bir joyida turli vaqtlarda boradi.

Uskunalaridagi bosim, tezlik, temperatura, konsentratsiya va boshqa parametrlarining vaqt bo'yicha o'zgarishi yoki o'zgarmasligiga qarab jarayonlar barqaror (statsionar) va beqaror (nostatsionar) bo'lishi mumkin. Odatda uzluksiz ishlaydigan uskunalarda barqaror jarayonlar, davriy ishlaydigan uskunalarda esa beqarorlari amalga oshiriladi.

Maishiy hayotda beqaror jarayonlar ko'p uchraydi. Masalan ovqat tayyorlashda dastlab masalliqalar qozonga solinadi keyin olov yoqib ishlov beriladi. Ovqat tayyor bo'lgandan keyin olov o'chiriladi va ovqat suzib olinadi. Bunda qozonning ichida borayotgan jarayonning parametrlari vaqt ichida o'zgarishi tufayli jarayon beqaror hisoblanadi. Sanoatda asosan barqaror jarayonlar amalga oshiriladi. Bunday jarayonlarning borish davrida uning jadalligiga ta'sir qiluvchi parametrlar vaqtga bog'liq bo'lmaydi, ya'ni vaqt o'tishi bilan ular o'zgarmaydi.

Tabiat qonunlari to'g'risidagi fan bo'lgan fizika fani "Asosiy texnologik jarayon va qurilmalar" o'quv fanining nazariy asosi hisoblanadi.

Eng umumiy qonunlar bo'lgan saqlanish qonunlari maktab fizika kursida o'rganiladi. Bular massaning, energiya va harakat miqdorining saqlanish qonunlaridir. Maktab o'quvchilari uchun dastlabki ikki qonun quyidagicha ifodalanadi: massa (energiya) yo'qdan bor bo'lmaydi va issiz yo'qolmaydi. Harakat miqdorining saqlanish qonuni esa Nyutonning ikkinchi qonuni ko'rinishida o'rganiladi.

Fizikaning massa, energiya, harakat miqdori, o'tkazishning kinetik qonunlari deb nomlanadigan qonunlar ushbu fanda o'rganiladi.

3.1. Gidromexanik jarayonlari. Suyuqlik muvozanati

Borish tezligi suyuqliklarning muvozonati va harakati to'g'risidagi fan bo'lgan gidromexanika qonunlari bilan belgilanadigan jarayonlar **gidromexanik jarayonlar** deyiladi. Bu jarayonlarning qonunlarini va ularning amaliyotda qo'llanilishini gidromexanika (gidravlika) fani o'rganadi. Gidravlika ikki qismdan tashkil torgan:

a) tinch turgan suyuqliklar muvozonatini o'rganuvchi **gidrostatikadan**;

b) suyuqliklar va gazlar harakatini o'rganuvchi **gidrodinamikadan**.

Kimyo texnologiyasi muxandis - texnologlari uchun gidravlikani o'rganishi muhim ahamiyatga ega. Chunki gidromexanik jarayonlar issiqlik va modda almashinish, hamda kimyoviy jarayonlarning borish jadalligiga katta ta'sir ko'rsatadi. Suyuqlik va gazlarni

uzatish uchun kerak bo'ladigan energiya sarfi ham gidrodinamika qonunlari asosida aniqlanadi.

Tinch turgan, ya'ni muvozanat sharoitida bo'lgan suyuqlikning zarrachalari, qatlamlari bir-biriga nisbatan siljmaydi. Bunda ichki, ya'ni ishqalanish kuchlari yo'q, faqat tashqi, og'irlik va bosim kuchlari ta'sir qiladi va har qanday suyuqlik ideal suyuqlikka yaqin bo'ladi.

Tinch turgan suyuqlikka sirt (uning sirtiga beriladigan bosim) va og'irlik kuchlari ta'sir ko'rsatadi. Shu ikki kuch yig'indisidan iborat F kuchning sirt yuzasi birligiga ta'siri gidrostatik bosim deyiladi:

$$p = F/S \quad (3.1)$$

bu yerda S - F kuch ta'sir ko'rsatayotgan sirt yuzasi, m^2 .

Gidrostatik bosim qo'yidagi xossalarga ega:

1) h balandlikdagi sathga ega suyuqlik qatlamining og'irligi bilan aniqlanadi:

$$p = \rho gh \quad (3.2)$$

2) hamma vaqt suyuqlikdan qabul qiluvchi sirtga perpendikulyar yo'nalgan;

3) suyuqlikning bir xil sathida barcha yo'nalishlarda uning qiymati bir xil;

4) siquvchi hisoblanadi, ya'ni suyuqlik zarrachasini uni har tomondan o'rab turgan boshqa zarrachalar siqadi.

Suyuqlik ustidagi, ya'ni sirtiga ta'sir qilayotgan bosim p_0 bo'lganda gidrostatik bosim quyidagiga teng bo'ladi:

$$p = p_0 + \rho gh \quad (3.3)$$

Paskal qonunini ifodalovchi gidrostatikaning bu tenglamasi tinch turgan suyuqlikning ixtiyoriy nuqtasidagi (chuqurligidagi) bosimni topish imkonini beradi.

1.4. Eylarning muvozanat uchun differensial tenglamasi

Eylarning muvozanat uchun differensial tenglamasi statikaning asosiy prinsipi asosida olingan. Bu prinsipga ko'ra elementar hajmga ta'sir qilayotgan va muvozanatda bo'lgan barcha kuchlar koordinata o'qlariga proeksiyalarining yig'indisi nolga teng. Elementar paralelepipedning muvozanatda bo'lish shartini belgilovchi Eylarning differensial tenglamalari quyidagicha ifodalanadi:

$$\left. \begin{aligned} -\frac{\partial p}{\partial x} &= 0 \\ -\frac{\partial p}{\partial y} &= 0 \\ -\rho g - \frac{\partial p}{\partial z} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (4.1)$$

Tenglamalardan ko'rinib turibdiki, tinch turgan suyuqlik ichida bosim faqat vertical bo'yicha o'zgarib, bir gorizontal sirtning barcha nuqtalarida o'zgarmas bo'ladi. Bu tenglama integrallansa tinch turgan suyuqlikning butun hajmida bosimning tarqalishini ifodalovchi gidrostatikaning asosiy tenglamasi kelib chiqadi.

1.5. Gidrostatikaning asosiy tenglamasi

Ba'zi matematik soddalashtirishlarni amalga oshirgandan keyin (5.1) tenglamani integrallasak gidrostatikaning asosiy tenglamasini olamiz:

$$z+p_0/\rho g=const \quad (5.1)$$

Gidrostatikaning asosiy tenglamasini suyuqlikning biror 0 - 0 gorizontal sirtidan z_1 va z_2 masofadagi sathlar uchun yozsak quyidagi ko'rinishiga keladi (5.1 - rasm):

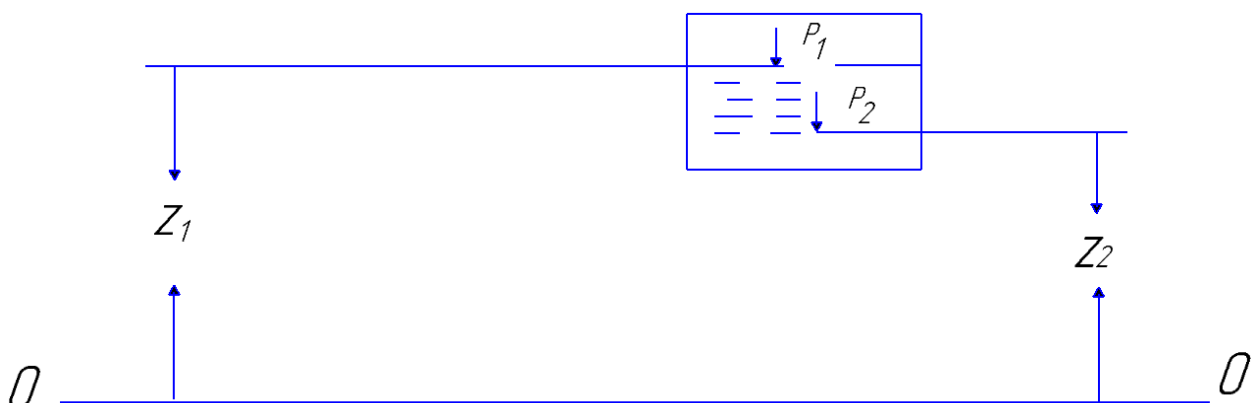
$$z_1+p_1/\rho g=z_2+p_2/\rho g \quad (5.2)$$

Tenglamadagi z kattalik ixtiyoriy holda tanglangan taqqoslash tekisligidan qaralayotgan nuqtagacha bo'lgan balandlik bo'lib, **nivelir balandlik** yoki **geometrik napor** deyiladi va u berilgan nuqtaning tanlangan taqqoslash tekisligi ustidagi holatining solishtirma potentsial energiyasini ifodalaydi.

(5.2) tenglamadagi $p/\rho g$ had **statik** yoki **rezometrik** napor deyiladi va berilgan nuqtadagi bosimning solishtirma potentsial energiyasini ifodalaydi.

Gidrostatikaning asosiy tenglamasining fizik ma'nosi quyidagicha ta'riflanadi: **tinch turgan suyuqlikning har bir nuqtasi uchun nivelir balandlik va statik naporlar yig'indisi o'zgarmas kattalikdir.**

Bu tenglamaning energetik ma'nosi quyidagicha ifodalanadi: **tinch turgan suyuqlikning har bir nuqtasidagi solishtirma potentsial energiya o'zgarmas kattalik hisoblanadi.**



5.1 - rasm. Gidrostatikaning asosiy tenglamasiga

Gidrostatikadan (2.4) ko'rinishidagi tenglamasidan **Paskal qonuni** kelib chiqadi:

$$p_1=p_2+\rho g(z_2+z_1) \quad (5.3)$$

Paskal qonuniga ko'ra tinch turgan va siqilmaydigan suyuqlikning har qanday nuqtasida tashqi kuchlar yordamida hosil qilingan bosim, uning butun hajmidagi nuqtalariga bir xilda uzatiladi.

Tutash idishlar prinsipi, idishlardagi suyuqlik miqdorini pnevmatik o'lchash, gidrostatik mashinalarning ishlashi gidrostatikaning asosiy qonuniga asoslangan.

1.6. Fizik kattaliklarning o'lchov birliklari

Yuqorida ta'kidlaganimizdek fanning asosiy vazifalaridan biri jarayon va uskunalarni hisoblashdan iborat. Hisoblardan to'g'ri natijalar olish formulalarga fizik kattaliklarning o'lchov birliklarini to'g'ri qo'yishga bog'liq.

Zamonlar o'tishi bilan kattaliklarning o'lchov birliklari o'zgarib borgan. Natijada, hozirgi kunga kelib bir kattalik bir nechta, hatto ayrimlari o'nlab o'lchov birliklari bilan o'lchanadigan holatga kelib qolgan. Amaliy hisoblarda asosan sistemali o'lchov birliklari qo'llanilsada, ba'zida sistemalanmagan birliklar ham uchraydi. Bu holat hisoblarni bajarishni qiyinlashtiradi va ko'p hollarda xatoliklarga yo'l qo'yishga sabab bo'ladi. Shuning uchun hisoblashlarda hozirgi kunda ko'pgina mamlakatlarda, jumladan bizning respublikamizda ham qabul qilingan o'lchov birliklarining xalqaro sistemasidan O'BS (SI) foydalanishni tavsiya etamiz.

Jarayonlar va apparatlar fani hisoblarida O'BSning quyidagi to'rtta asosiy birliklari ishlatiladi: metr (m), kilogramm (kg), sekund (s) va gradus Kelvin (K). Qolgan kattaliklarning o'lchov birliklari hosilaviy birlik sifatida shu to'rt birlikdan kelib chiqadi. Jarayonlar va apparatlar fani hisoblarida ko'p uchraydigan ba'zi kattaliklar uchun, boshqa sistemadagi yoki sistemasiz birliklardan O'BSga o'tkazish koeffitsientlari quyidagi 1.1 - jadvalda keltirilgan.

Kundalik hayotda ham ba'zida o'lchov birliklaridan foydaniladi. Masalan mashinalarga texnik xizmat ko'rsatish ustaxonalarida ballonga dam solgan xizmat ko'rsatuvchi xodimlar ko'pincha 2 yoki 2,5 "kilo" bo'ldi deb gapiradi. Bu "kilo"ning qanday o'lchov birligi ekanligini hamma ham tushunmaydi. Lekin buni o'quv yurtlarida ta'lim olayotgan talaba yaxshi bilishi kerak. Qayd etilgan "kilo" mashina ballonidagi havo bosimining kilogramm - kuch bo'lingan kvadrat santimetrdagi (kgk/sm^2) qiymatini ko'rsatadi.

Yana shuni ta'kilash joizki, formulalarni, ayniqsa murakkablarini yodlab olish qiyin. Agar formuladagi kattaliklarning o'lchov birliklari xotirada bo'lsa, ular asosida formulaning o'zini ham keltirib chiqarish, yoki formula to'g'ri yozilganligini tekshirib ko'rish mumkin.

6.1 - jadval. O'lchov birliklari

Kattalik	O'lchov sistema - si	O'lchov birligi	SI o'lchoviga o'tkazish ko'payt - masi
Uzunlik	SI MKGSS SGS	Metr (m) Metr (m) Santimetr (sm)	-- 10^{-2}

Massa	SI	Kilogramm (kg)	-
	MKGSS	Massaning texnik birligi, (t. e. m)	9,81
	SGS	(kgk·s ²)/m	
		Gramm (g)	10 ⁻³
Kuch	SI	Nyuton (N)	-
	MKGSS	Kilogramm - kuch (kgk)	9,81
	SGS	Dina (din)	10 ⁻⁵
Bosim	SI MKGSS SGS Sistema - siz birlik - lar	Paskal (Pa=N/m ²)	-
		Kilogramm - kuch bo'lingan kvadrat metr (kgk/m ²)	9,81
		Dina bo'lingan kvadrat santimetr (din/sm ²)	10 ⁻¹
		Bar (bar)	10 ⁻⁵
		Texnik atmosfera (at, 1 kgk/sm ²)	9,81·10 ⁴
		Millimetr suv ustuni (mm suv ust.)	9,81
		Millimetr simob ustuni (mm sim. ust.)	133,3
Ish energiya	SI	Joul (J)	-
	MKGSS	Kilogramm - kuch - metr (kgk· m)	9,81
	SGS	Erg (erg)	10 ⁻⁷
	Sistema - siz birlik - lar	Vatt - soat (Vt·soat)	3600
		Ot kuchi - soat (o.k·soat)	2,65·10 ⁶
Quvvat	SI	Vatt (Vt)	-
	MKGSS	Kilogramm - kuch - metr bo'lingan sekund ((kgk·m)/c)	9,81
	SGS	Erg bo'lingan sekund (erg/s)	10 ⁻⁷
Issiqlik miqdori	SI	Joul (J)	-
	Sistema - siz birlik - lar	Kilokalloriya (kkal)	4190

1.7. Suyuqliklarning asosiy xossalari va parametrlari

“Asosiy texnologik jarayonlar va apparatlar” fanini o'rganishda suyuqliklar va gazlarning quyidagi xossalari ko'p ishlatiladi.

1. Zichlik. Umumiy holatda zichlik suyuqlik yoki gaz egallagan hajmda massaning tarqalishini ifodalaydi yoki hajm birligidagi massa deb qaraladi:

$$\rho = m/v \text{ [kg/m}^3\text{]} \quad (7.1)$$

bu yerda m - moddaning massasi, kg; V - uning hajmi, m³.
Gazlarning normal sharoitdagi zichligi

$$\rho_0 = M/22,4 \text{ [kg/m}^3\text{]} \text{ ga teng;}$$

bu yerda M - gazning mol massasi, kg/kmol.

Suyuqliklarning zichliklari temperaturaga ko'p bog'liq emas. Shuning uchun texnik hisoblarda $\rho=f(t)=\text{const}$ deb olish mumkin. Gaz va bug'larning zichligi temperatura va bosimga bog'liq va ularning ishchi holatdagi zichligi Mendeleev - Klapayron qonuniga ko'ra quyidagi tenglamadan topiladi:

$$\rho=(\rho_0 T_0 P)/(TP_0) \text{ [кг/м}^3\text{]}; \quad (7.2)$$

bu yerda $T_0=273 \text{ K}$, normal sharoitdagi temperatura; R - ishchi bosim, R_a ;
 T - ishchi temperatura, K .; $R_0=0,1 \text{ MRa}$ - atmosfera bosimi.
 Gaz aralashmasining zichligi:

$$\rho_{ap}=y_1\rho_1+y_2\rho_2+\dots+y_n\rho_n \quad (7.3)$$

bu yerda $u_1, u_2, \dots, u_n$ - gaz aralashmasi komponentlarining hajmiy ulushi (mol ulushi), kmol A/kmol (A+V) ; $\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_n$ - gaz aralashmasi komponentlarining zichliklari, kg/m^3 .

Suyuqlik aralashmasining zichligini (aralashmaning tarkibi fizik - kimyoviy o'zgarmagan hollarda) taqriban quyidagi tenglama yordamida topilishi mumkin:

$$1/\rho_{ar}=\bar{x}_1/\rho_1+\bar{x}_2/\rho_2+\dots+\bar{x}_n/\rho_n \quad (7.4)$$

bu yerda $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n$ - aralashma komponentlarining massa ulushlari, kg A/kg (A+V) ; $\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_n$ - aralashma komponentlarining zichliklari.

(1.4) tenglamadan suspenziyaning (tarkibida qattiq zarrachalari bo'lgan suyuqlik) zichligini ham aniqlash mumkin:

$$\frac{1}{\rho_c}=\frac{\bar{x}}{\rho_\kappa}+\frac{1-\bar{x}}{\rho} \quad (7.5)$$

bu yerda $\bar{x}$ - Suspenziyadagi qattiq jismning massa ulushi; ρ_κ va ρ - qattiq jism va suyuqlikning zichliklari.

2. Solishtirma og'irlik. Hajm birligidagi og'irlik bo'lgan bu kattalikning zichlik orqali ifodalangan quyidagi shakli texnikada ko'p uchraydi:

$$\gamma=\rho g, \text{ N/m}^3 \quad (7.6)$$

3. Solishtirma hajm. Bu kattalik zichlikka qarama - qarshi bo'lib quyidagicha ifodalanadi:

$$v=1/\rho, \text{ m}^3/\text{kg} \quad (7.7)$$

4. Qovushoqlik. Suyuqlik (gaz) zarrachalari yoki qatlamlari bir - biriga nisbatan siljiganda ular o'rtasida vujudga keladigan qarshilik (to'sqinlik) qovushoqlik deb nomlanadigan kattalik bilan ifodalanadi. Suyuqlik qatlamlari nisbiy harakatlanganda ular o'rtasida T urinma mexanik kuch vujudga keladi. Bu kuchning qiymati Nyuton qonuniga

muvoqif harakatlanayotgan qatlamlarning G yuzasiga va dw/dn nisbiy tezligiga to'g'ri proporsional bo'lib, suyuqlikning xossalriga bog'liq:

$$T = \mu F(dw/dn)$$

Proporsionallik koeffitsienti μ dinamik qovushoqlik koeffitsienti deb ataladi. Dinamik qovushoqlik koeffitsientining (kelgusida shunchaki qovushoqlik deb yuritiladi) qiymati ma'lumotnomalardan olinadi, o'lchov birligi $P \cdot s$.

Amaliyotda suyuqlik dinamik qovushoqligining, uning zichligiga nisbatini ifodalovchi, o'lchov birligi m^2/s bo'lgan kinematik qovushoqlik tushunchasi ham uchraydi:

$$\nu = \mu / \rho$$

Gaz aralashmalarining qovushoqligi quyidagi formuladan topiladi:

$$M/\mu_{ar} = y_1 M_1/\mu_1 + y_2 M_2/\mu_2 + \dots + y_n M_n/\mu_n \quad (7.8)$$

bu yerda M_{ar} , M_1 , M_2 , ... M_n - aralashma va uning komponentlarining mol massalari; μ_{ar} , μ_1 , μ_2 , ... μ_n - aralashma va uning komponentlarining qovushoqliklari y - aralashma komponentlarining hajmiy ulushi.

Gaz aralashmasining mol massasi quyidagi tenglamadan topiladi:

$$M_{ar} = y_1 M_1 + y_2 M_2 + \dots + y_n M_n \quad (7.9)$$

Gazlarning ishchi temperaturalardagi qovushoqligi:

$$\mu_0^{273+C/T+C \cdot (T/273)^{3/2}} \quad (7.10)$$

bu yerda μ_0 - $0^\circ S$ dagi qovushoqlik; S - Saterlend doimiysi (ma'lumotnomalardan olinadi); T - ishchi temperatura, K .

Normal suyuqliklar aralashmalarining qovushoqligini quyidagi bog'liqlikdan topish mumkin:

$$\lg \mu_{ar} = x_1 \lg \mu_1 + x_2 \lg \mu_2 + \dots + x_n \lg \mu_n \quad (7.11)$$

yoki

$$1/\mu_{ar} = x_1/\mu_1 + x_2/\mu_2 + \dots + x_n/\mu_n$$

bu yerda x - aralashma komponentlarining hajmiy ulushi.

Suspenziyalarning qovushoqligi:

a) qattiq jism konsentratsiyasi 10% (hajm) dan kichik bo'lganda:

$$\mu_c = \mu(1 + 2.5\phi) \quad (7.12)$$

v) qattiq jism konsentratsiyasi 30% (hajm) gacha bo'lganda:

$$\mu_c = \mu \cdot 0.59 / (0.77 - \varphi)^2 \quad (7.13)$$

bu yerda μ - suyuqlikning qovushoqligi; φ - qattiq fazaning suspenziyadagi hajmiy ulushi.

Suyuqliklarning turli ikki temperaturadagi qovushoqligi aniq bo'lsa chiziqlilik qoidasi asosida uning har qanday temperaturadagi qovushoqligini quyidagi tenglamadan topish mumkin:

$$(t_{\mu 1} - t_{\mu 2}) / (\theta_{\mu 1} - \theta_{\mu 2}) = K = \text{const} \quad (1.14)$$

bu $t_{\mu 1}$ va $t_{\mu 2}$ oqligi topiladigan suyuqlikning temperaturalari; $\theta_{\mu 1}$ va $\theta_{\mu 2}$ - etalon

suyuqlikning qovushoqligi izlanayotgan suyuqlikning μ_1 va μ_2 qovushoqligiga mos keladigan temperaturalari.

1.8. Tutash idishlar

Tutash idishlar qoidasi ijtimoiy hayotda ham, ishlab chiqarishda ham ko'p uchraydi. Bu qoida quyidagicha ta'riflanadi: **bir - biri bilan o'zaro bog'langan, bir jinsli suyuqlik bilan to'ldirilgan va bir xil bosim ostidagi idishlar ichidagi suyuqliklar sathi idishlarning shakli va ko'ndalang kesimi qanday bo'lishidan qat'iy nazar bir xil balandlikda bo'ladi.** Bu qoida yoriq idish va apparatlar ichidagi suyuqlik sathini shisha suv o'lchagichlar yordamida o'lchashda qo'llanadi.

Agar o'zaro bog'langan va bir xil bosim ostidagi ikki idishga turli zichlikka ega bo'lgan va o'zaro aralashmaydigan suyuqliklar solingan bo'lsa, suyuqliklarning sathlari turlicha bo'ladi. Bunda sathlar balandligidagi farq suyuqliklarning zichligiga bog'liq. Aniqrog'i, zichligi katta suyuqlik solingan idishdagi sath, zichligi kichik suyuqlik solingan idishdagidan kichik (past) bo'ladi.

1.9. Suyuqliklikning idish devori va tagiga bosimi

Idishga solingan suyuqlikning gidrostatik bosimi suyuqlik sathining balandligiga bog'liq bo'lib quyidagi formula bilan ifodalanadi (2.5. tenglamaga asosan):

$$p = p_0 + \rho gh \quad (9.1)$$

bu yerda p_0 - suyuqlik ustidagi bosim, ρ - suyuqlik zichligi; g - erkin tushish tezlanishi; h - suyuqlik sathining balandligi.

Demak suyuqlikning bir gorizontol sirt nuqtalaridagi bosimi bir xil bo'ladi. Suyuqlikning idishning gorizontol tagiga beradigan bosimi faqat suyuqlik sathi balandligiga bog'liq bo'lib, idishning shakli va suyuqlikning hajmiga bog'liq emas.

1.10. Bosimni o'lchash uchun asboblari

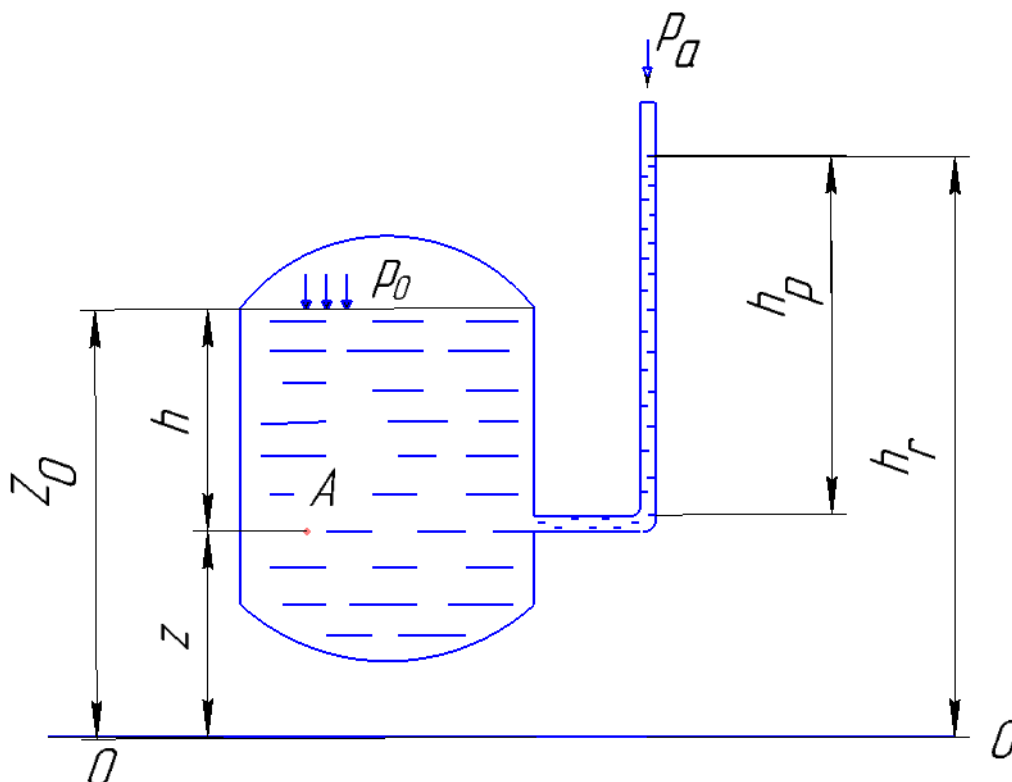
Ishlab chiqarish uskunalari va quvurlaridagi gaz va suyuqliklarning bosimlari odatda ixcham va mustahkam bo'lgan **mexanik manometrlar** yordamida o'lchanadi. Ularni ishlatish va ta'mirlash bilan maxsus nazorat - o'lchov asboblari xizmati mutaxassirlari shug'ullangani uchun biz ularga to'xtamaymiz.

Kichik qiymatli bosimlarni o'lchashda, laboratoriyalarda, ilmiy - tadqiqot ishlarida **suyuqlikli bosim o'lchash asboblari**dan foydalaniladi. Eng oddiy suyuqlikli bosim o'lchagich belgisi (shkalasi) shisha rezometrik trubachadan iborat bo'lib **rezometr** deb yuritiladi.

Yoriq idishda turgan suyuqlik sirtidagi p_0 bosim quyidagicha topiladi (10.1 - rasm):

$$p_0 = \rho g(h_p - h) \quad (10.1)$$

bu yerda h_r - rezometrik trubka ichidagi suyuqlik sathi.



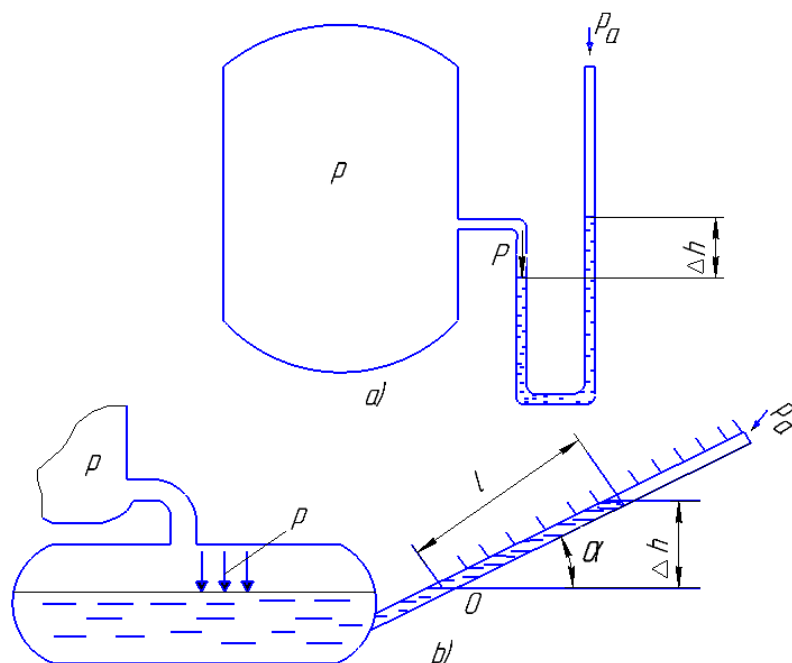
10.1 - rasm. Naporlarni geometrik tasvirlash va rezometr yordamida bosimni o'lchash:

$O - O$ - taqqoslash sirti; p_0 - atmosfera bosimi; p_0 - suyuqlik sirtidagi bosim; A - ixtiyoriy tanlangan, Z sirtidan h masofada balandlikdagi nuqta; z - A nuqtadagi geometrik napor; z_0 - suyuqlik sirtidagi geometrik napor; h_r - p'ezometrik napor; h_g - geometrik napor.

Yoriq idish ichidagi gaz bosimini U - simon suyuqlikli differensial manometr yordamida quyidagi tenglama bo'yicha aniqlash mumkin:

$$p = \rho g \Delta h \quad (10.2)$$

bu yerda Δh - manometr ichidagi suyuqlik sathlarining farqi (10.2 - rasm, a).



10.2 - rasm. Bosimni o'lchaydigan suyuqlikli asboblar:

a - manometr; b - mikromanometr; p - gazning idish ichidagi bosimi; p_{at} - atmosfera bosimi; Δh - difmanometr suyuqlik sathlari farqi; l - trubkaning Δh ga mos keladigan uzunligi; α - trubkaning qiyalik burchagi.

Idish ichidagi bosim juda kichik, yani atmosfera bosimiga yaqin bo'lsa uni o'lchashda qiya trubachali mikromanometrlar ishlatiladi (5.2 - rasm, b) va bunda kerakli bosim quyidagiga teng bo'ladi:

$$p = \rho g \Delta h = \rho g l \sin \alpha \quad (10.3)$$

bu yerda l - qiya trubka ichidagi suyuqlik sathi bilan mikromanometr idishi ichidagi suyuqlik sathlari orasidagi masofa; α - trubachaning qiyalik burchagi.

Quvurlar yoki apparatlar ichidan harakatlanayotgan suyuqlik va gazlarning bosimini ham U - simon suyuqlikli difmanometr yordamida o'lchash mumkin. Suyuqliklar bosimini o'lchashda manometr suyuqligi, bosimi o'lchanayotgan suyuqlik bilan aralashmaydigan bo'lishi kerak. Bunday holatda asosan simobli manometrlar keng qo'llaniladi. Lekin shuni ham unutmaslik kerakki manometr suyuqligining zichligi qancha katta bo'lsa Δh sathlar farqi shuncha kichik bo'ladi va uni o'lchash qiyinlashadi va bu holat o'lchashdagi xatolikning oshishiga olib keladi.

3-mavzu. Hidrodinamika

- Reja:** 1. Suyuqlik harakatining asosiy xarakteristikalar.
2. Suyuqlik harakatini ifodalovchi kattaliklar.
3. Suyuqlikni massaviy va hajmiy sarfi va tezlik.

2.1. Suyuqlik harakatini tavsiflovchi kattaliklar

Oqimning turli nuqtalarida suyuqlik harakati uch parametr - **sarf, tezlik va bosim** bilan tavsiflanadi. Sarf vaqt birligi ichida oqib o'tgan suyuqlik miqdori, tezlik esa vaqt birligi ichida suyuqlik bosib o'tgan masofa bilan ifodalanadi. Quvurdan harakatlanayotgan suyuqlik oqimining bir ko'ndalang kesimining turli nuqtalarida tezlik turlicha bo'ladi. Aniqrog'i oqim markazida tezlik maksimal bo'lib quvur devoriga yaqinlashgan sari kamayib boradi. Shuning uchun hisoblashlarda oqimning ko'ndalang kesimiga nisbatan olingan va soxta (fiktiv) tezlik deb nomlanadigan tezlik qo'llaniladi. Bu kattaliklar haqida keyingi mavzularda batafsil to'xtalamiz.

Agar oqimning har bir nuqtasida yuqorida qayd etilgan parametrlar vaqt bo'yicha o'zgarmasa harakat baqaror, aks holda beqaror bo'ladi. Masalan suv quvuri ventilini ochayotgan paytda harakat beqaror bo'ladi, chunki suv sarfi va tezligi oshib boradi. Ventil bir xil ochiq turganda bir hil miqdordagi suv oqib turadi va sarf va sarf o'zgarmaydi. Bunday harakat barqaror hisoblanadi.

Amaliyotda naporli yoki naporsiz oqim tushunchasi uchraydi. Agar oqim barcha tomondan devor bilan chegaralangan bo'lib, bo'sh (erkin) sirtga ega bo'lmasa, u naporli, agar oqim erkin sirtga ega (masalan idishning qopqog'i ochiq) bo'lsa naporsiz bo'ladi. Suv quvurlarida oqim naporli, sug'orish quvurlari va kanallaridagi, hamda ariqlardagi oqim naporsiz hisoblanadi.

2.2. Suyuqlik sarfi, massaviy va hajmiy sarf, tezlik

Ishlab chiqarish korxonalarini yoki alohida uskunalarni loyihalashda odatda suyuqlik (gaz) sarfi berilgan bo'ladi va bu kattalik orqali sarf tenglamasidan oqimning ko'ndalang kesim yuzasi va undan esa diametri topiladi. Bunda suyuqlikning tavsiya etilgan tezligi ma'lumotnomalardan tanlanadi.

Ma'lum bir kesimdan vaqt birligi ichida oqib o'tgan suyuqlik miqdori sarf deyiladi. Sarf ikki xil - **hajmiy va massaviy** bo'ladi. Berilgan kesimdan vaqt birligi ichida oqib o'tayotgan suyuqlik miqdori hajm birligida olingan bo'lsa **sarf hajmiy**, miqdor massa birligida olinganda esa **massaviy sarf** hisoblanadi. Hajmiy sarf V_s , massaviy sarf esa G harflari bilan belgilanadi va ularning o'lchov birliklari mos ravishda m^3/s va kg/s bo'ladi.

Amaliyotda suyuqliklar hamma vaqt ham aylana ko'ndalang kesimli kanallardan harakatlanmaydi. Bunday holatda hisoblarda gidravlik radius yoki ekvivalent diametr kabi kattaliklardan foydalaniladi. Oqim qo'ndalang kesimi yuzasining, uning namlangan perimetriga nisbati gidravlik radiusga teng:

$$r_g = S/\Pi \quad (2.1)$$

Ichki diametri d bo'lgan aylana qo'ndalang kesimli truba uchun $S=\pi d^2/4=0,785d^2$ ga va $R=\pi d$ ga teng va bunday trubaning gidravlik radiusi quyidagiga teng bo'ladi:

$$r_g=S/\Pi=d/4$$

Gidravlik radius orqali ifodalangan diametr ekvivalent diametr deyiladi:

$$d_e=4r_g \text{ yoki } d_e=4S/\Pi \quad (2.2)$$

2.3. Sarf tenglamasi

Suyuqlik sarfi bilan tezligini bog'lovchi tenglama **sarf tenglamasi** deb yuritiladi [1, 2]:

$$V_s=wS \text{ yoki } G=\rho wS \quad (3.1)$$

bu yerda w - suyuqlikning o'rtacha (soxta tezlik, bu haqda keyingi mavzularda to'xtalamiz) tezligi, m/s; ρ - suyuqlikning zichligi, kg/m³.

Tenglamadagi ρw kattalik suyuqlikning **massaviy tezligi** deb yuritiladi va kg/(m·c) larda o'lchanadi:

$$W=\rho w \quad (3.2)$$

2.4. Oqimning uzluksizlik tenglamasi yoki oqimning moddiy balansi

Oqimning uzluksizlik tenglamasi quyidagicha ta'riflanadi: quvurni to'ldirib oqayotgan suyuqlikning barqaror harakatida har qanday ko'ndalang kesimdan vaqt birligi ichida bir xil miqdorda suyuqlik oqib o'tadi:

$$G_1=G_2=G_3=\dots G_n=\text{const yoki } \rho_1 w_1 S_1=\rho_2 w_2 S_2=\rho_3 w_3 S_3=\dots \rho_n w_n S_n=\text{const} \quad (4.1)$$

Bu tenglamalar oqimning **uzluksizlik** yoki doimiylik **tenglamasi** deyiladi.

Suyuqlik zichligi o'zgarmaganda, ya'ni $\rho_1=\rho_2=\rho_3=\rho_n=\text{const}$ bo'lganda (4.1) tenglama qo'yidagi ko'rinishga keladi:

$$w_1 S_1=w_2 S_2=w_3 S_3=\dots w_n S_n=\text{const yoki } V_{s1}=V_{s2}=V_{s3}=\text{const} \quad (4.2)$$

Oxirgi tenglama suyuqlik tezligi oqimning ko'ndalang kesimi yuzasiga teskari proporsional ekanligini ko'rsatadi. Demak oqim ko'ndalang kesimi kengaysa suyuqlik tezligi kamayadi. Shuning uchun rezina shlangdan suv serilayotganda uchi qisilsa suv tezligi oshib uzoqroqqa sochiladi.

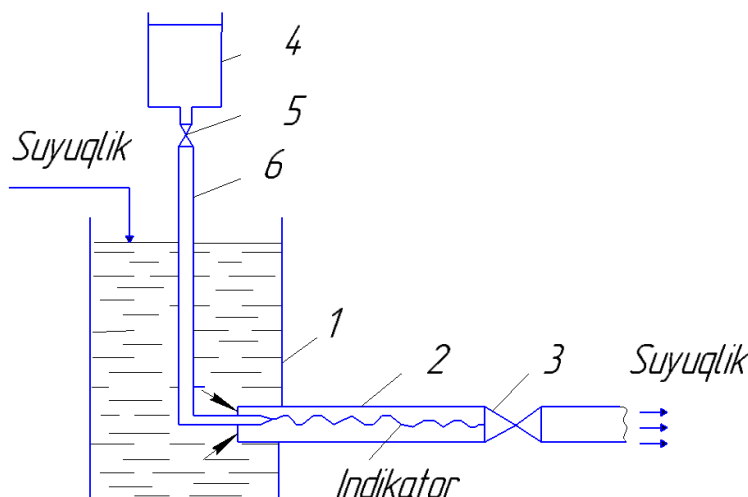
4-mavzu. Oqimning uzluksizlik tenglamasi va energetik ma'nosi

- Reja:** 1. Oqimning uzluksizlik tenglamasi, yoki oqimning moddiy balansi.
2. Suyuqlik harakatining Eyler differensial tenglamasi.

3. Haqiqiy suyuqlik oqimi uchun Bernulli tenglamasi, gidrodinamik va energetik ma'nosi. Suyuqlik harakati rejimlari.

3.1. Oqim harakatining tartiblari

1883 yilda ingliz olimi O. Reynolds o'tkazgan tajribalar suyuqliklar ikki xil tartibda harakatlanishini ko'rsatdi. Olim shaffof trubadan oqayotgan suyuqlikka rangli suyuqlikning ingichka oqimini kiritdi (1.1 - rasm). Asosiy suyuqning kichik tezliklarida oqim qatlamlari va zarrachalari biri - biriga paralel harakat qilib oqim strukturasi o'zgarmadi. Bunday oqim tartibi **laminar** oqim deb ataldi.



1.1 - rasm. Reynoldsning tajriba qurilmasi:

1 - idish; 2 - shisha tuba; 3, 5 - kranlar; 4 - naporli idish; 6 - kapillyar trubka.

Suyuqlik tezligi oshirilganda oqimda tartibsizlik vujudga kelib qatlamlar, shu jumladan bo'yalgan ingichka rangli suyuqlik oqimi aralashib ketdi. Oqimning bunday tartibi **turbulent** oqim deb nomlandi.

Tajribalar suyuqlik massaviy ρw tezligining va oqim diametrining ortishi va suyuqlik qovushoqligining kamayishi oqim tartibining laminardan turbulentga o'tishiga olib kelishini ko'rsatdi. Reynolds bu kattaliklarni bir o'lchamsiz kompleksga birlashtirib, uning qiymati bo'yicha oqim tartibini aniqlash mumkinligini tordi. Bu kompleks **Reynolds mezon (kriteriysi)** deb yuritiladi:

$$Re = (w d \rho) / \mu \quad (1.1)$$

To'g'ri va silliq quvurlardan oqayotgan suyuqliklar uchun **$Re < 2320$** bo'lganda oqim **laminar**, **$2320 < Re < 10000$** bo'lganda **beqaror turbulent** (o'tish yoki aralash oqim deb yuritiladi), **$Re > 10000$** bo'lganda oqim **turbulent** (barqaror turbulent) bo'ladi.

Yuqorida 4 - mavzuda keltirilgan (1.1) tenglamadagi w tezlikni biz o'rtacha yoki soxta tezlik deb nomlagan edik. Soxta deyilishining sababi shundaki, oqim bir kesimining turli nuqtalarida tezlik har xil bo'ladi. Ariqdan oqayotgan suvning chekkasiga qog'oz kemachani tushirsak u juda sekin harakat qiladi. Kemachani ariqning o'rtasiga qo'ysak birdaniga jadal suzib ketadi. Ko'rinib turibdiki oqim markazida suyuqlik tezligi katta,

chetida esa kichik bo'ladi. Bunday holat quvurlardan oqayotgan suyuqliklar uchun ham o'rinli. Yuqorida ta'kidlanimizdek quvur markazida oqim tezligi maksimal, quvur devori yaqinida esa minimal bo'ladi. Shuning uchun hisoblashlarda o'rtacha tezlik ya'ni sarfni ko'ndalang kesimga bo'lib topilgan tezlikdan foydalaniladi.

Tajribalar asosida oqimning bir ko'ndalang kesimda tarqalishi oqim tartibiga, ya'ni Reynolds soniga bog'liq ekanligi aniqlandi. Masalan laminar oqimda o'rtacha tezlik maksimal tezlikning yarmiga teng, ya'ni $w=0,5w_{\max}$, $Re=10^4$ bo'lganda $w=0,8w_{\max}$, $Re=10^8$ bo'lganda $w=0,9w_{\max}$ bo'lar ekan[1, 2].

3.2. Oqim harakatining Eyler differensial tenglamasi

Suyuqlik va gazlar harakati qonunlarini gidromexanikaning **gidrodinamika** bo'limi o'rganadi. Suyuqliklar (gazlar) oqimining **harakatlantiruvchi kuchi**, asosan nasoslar yoki kompressorlar yordamida yaratiladigan **bosimlar farqi**, ayrim hollarda suyuqlik sathlari yoki zichliklari farqi bo'lishi mumkin.

Gidrodinamikaning **bosh vazifasi** suyuqliklarning talab etiladigan joygacha borishini ta'minlay oladigan bosimlar farqini, ya'ni quvurlar va jihozlarning **gidravlik qarshiligini** aniqlashdan iborat. Bu bosimlar farqi bo'yicha suyuqlik va gazlarni harakatlantirish uchun zarur energiya sarfi aniqlanadi.

Oqim xarakterining Eyler differensial tenglamasi dinamikaning asosiy qoidasi bo'lgan Nyuton qonuni asosida keltirib chiqarilgan. Bu qoidaga ko'ra suyuqlikning harakatlanayotgan elementar xajmiga ta'sir qiluvchi kuchlar proeksiyalarining yig'indisi suyuqlik massasining uning kuchlanishining ko'paytmasiga teng. Ideal suyuqlik turg'un oqimi harakati uchun eyler differensial tenglamasi quyidagicha ifodalanadi:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dw_x}{dr} &= \frac{\partial w_x}{\partial x} w_x + \frac{\partial w_x}{\partial y} w_y + \frac{\partial w_x}{\partial z} w_z \\ \frac{dw_y}{dr} &= \frac{\partial w_y}{\partial x} w_x + \frac{\partial w_y}{\partial y} w_y + \frac{\partial w_y}{\partial z} w_z \\ \frac{dw_z}{dr} &= \frac{\partial w_z}{\partial x} w_x + \frac{\partial w_z}{\partial y} w_y + \frac{\partial w_z}{\partial z} w_z \end{aligned} \right\}$$

Bu tenglamaning integrali amaliyotda ko'p ishlatiladigan Bernulli tenglamasi bo'lib, u haqda biz keying mavzularda to'xtalamiz.

3.3. Nav'ye – Stoks tenglamasi

Eylarning oqim harakati differensial tenglamasi ideal (qovushqoqligi nolga teng) suyuqliklar uchun olingan bo'lib harakatlanayotgan suyuqlikning ichki ishqalanishlari yo'q deb qabul qilingan. Real (qovushoq) suyuqlik harakatida bosim va og'irlik kuchlaridan tashqari ichki ishqalanish kuchlari amal qiladi.

Real yoki qovushoq suyuqliklar oqimi harakatini oqim harakatining Nav'ye-Stoks differensial tenglamasi ifodalaydi:

$$\begin{aligned}\rho \frac{dw_x}{dr} &= -\frac{\partial p}{\partial x} + \mu \nabla^2 w_x \\ \rho \frac{dw_y}{dr} &= -\frac{\partial p}{\partial y} + \mu \nabla^2 w_y \\ \rho \frac{dw_z}{dr} &= -\rho g - \frac{\partial p}{\partial z} + \mu \nabla^2 w_z\end{aligned}$$

Bu tenglamalarda $\nabla^2 w = \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} = \nabla^2 w$ – laplas operatori ρ va μ zichlik va qovushqoqlik

$$\left. \begin{aligned} -\frac{\partial p}{\partial x} &= 0 \\ -\frac{\partial p}{\partial y} &= 0 \\ -\rho g - \frac{\partial p}{\partial z} &= 0 \end{aligned} \right\}$$

3.4. Oqimning energetik balansi. Bernulli tenglamasi va energetik ma'nosi

Oqimning ixtiyoriy kesimidagi, og'irligi mg bo'lgan suyuqlik zarrachasini olib qaraylik. Uning to'liq energiyasi potentsial va kinetik energiyalar yig'indisidan iborat bo'ladi. Zarracha potentsial energiyasining o'zi ham ikki tuzuvchidan tashkil topadi. Birinchisi zarrachani z balandlikka ko'tarishga sarflanadigan ishga mos keladigan, holatning potentsial energiyasidir. Ikkinchisi zarrachada siqilish kuchlanishi hosil qilib, uni h balandlikka siqib siljitadigan, $r=pgh$ gidrostatik bosimning og'irlik kuchi maydonidagi ishiga ekvivalent bo'lgan potentsial energiyasidan iborat.

Shunday qilib zarrachaning to'liq potentsial energiyasi quyidagiga teng bo'ladi:

$$E_r = mgz + mgh = mg(z+h) = mg[z + r/\rho g] \quad (4.1)$$

Suyuqlik zarrachasining oqimning ixtiyoriy kesimidagi to'liq energiyasi uning potentsial va kinetik energiyalarining yig'indisiga teng:

$$E = E_r + E_k = mg(z + p/(\rho g)) + mw^2/2 \quad (4.2)$$

Olingan ixtiyoriy kesimda suyuqlik oqimining energiyasi shu kesimdan oqayotgan barcha zarrachalar energiyasining yig'indisidan iborat bo'ladi.

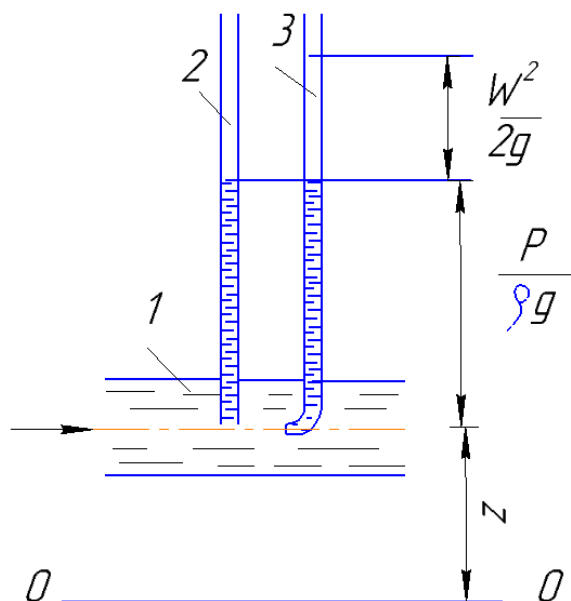
Massasi m bo'lgan zarrachaning solishtirma energiyasi quyidagiga teng:

$$E_s = E/(mg) = z + p/(\rho g) + w^2/(2g) \quad (4.3)$$

Bu tenglamalardagi z **nivelir balandlik yoki geometrik napor** deyiladi va u holatning solishtirma potentsial energiyasini ifodalaydi; $p/\rho g$ - **statik yoki rezometrik napor** bo'lib, bosimning solishtirma potentsial energiyasini ifodalaydi; $w^2/2g$ - suyuqlikning solishtirma kinetik energiyani xarakterlovchi **tezlik yoki dinamik napor**.

Energiyaning saqlanish qonuniga ko'ra suyuqlikning solishtirma energiyasi oqimning uzunligi bo'yicha o'zgarmaydi, ya'ni[2]:

$$z + p/\rho g + w^2/2g = \text{const} \quad (4.4)$$



4.1 - rasm. Gorizontaal oqim uchun Bernulli tenglamasiga:

1 - quvur; 2 - p'ezometrik trubka; 3 - yig'indi (statik va dinamik) naporni o'lchash trubkasi.

Bu tenglama **Bernulli tenglamasi** deb ataladi. Fanda uning fizik va energetik mazmunlarining ahamiyati katta:

- oqim bir ko'ndalang kesimdan boshqasiga o'tganda tezlik va statik naporlar hamda nivelir balandliklarning yig'indisidan iborat bo'lgan gidrodinamik napor o'zgarmaydi;

- suyuqlikning potentsial va kinetik energiyalari yig'indisi oqimning har qanday ko'ndalang kesimlarida bir xil bo'ladi.

5- mavzu. GIDRAVLIK QARSHILIKLAR

- Reja:** 1. Hidravlik qarshiliklar. Ishqalanish va mahalliy qarshilik turlari, koeffitsientlari.
2. Bernulli tenglamasining qo'llanilishi.
3. Drossel asboblari.

Suyuqlik va gazlar quvurlardan harakatlenganda quvur va uning elementlarining **gidravlik qarshiligi** tufayli ular o'z **bosimining (naporining) bir qismini yo'qotadi**. Yo'qotilgan bosimni kompensatsiyalab suyuqlik va gazlarning harakatini ta'minlab turish uchun yo'qotilgan bosimni bilish kerak bo'ladi. Yo'qotilgan bosim Δp esa o'z navbatida N energiya sarfi bilan bog'liq:

$$N = (\Delta p G) / (\eta \cdot \rho)$$

bu yerda G - suyuqlikning massa sarfi; η - nasosning foydali ish koeffitsienti; ρ - suyuqlikning zichligi.

Xulosa qilib aytganda **gidravlik qarshiliklarni hisoblash** gidrodinamikaning **asosiy amaliy vazifasi** hisoblanadi.

Hidravlik qarshiliklar ikki turga bo'linadi: ishqalanish qarshiligi va mahalliy qarshiliklar.

Ishqalanish qarshiligi suyuqlik bilan quvur devori o'rtasidagi ishqalanish tufayli quvurning butun uzunligida paydo bo'ladi. Bu qarshilikning qiymati oqim rejimiga bog'liq bo'lib u quyidagi tenglamadan topiladi:

$$\Delta p_{\text{ishq}} = \lambda (l/d) \cdot (\rho w^2 / 2) \quad (1.1)$$

bu yerda λ - ishqalanish koeffitsienti; l va d - quvurning uzunligi va diametri; w - tezlik.

Ishqalanish koeffitsientining qiymati oqim tartibiga bog'liq bo'lib maxsus adabiyotlarda keltirilgan formulalar yoki grafiklardan topiladi. Masalan laminar oqim uchun ($Re < 2320$):

$$\lambda = 64 / Re \quad (1.2)$$

$4000 < Re < 100000$ bo'lgan hollarda

$$\lambda = 0,316 / Re^{0,25} \quad (1.3)$$

Mahalliy qarshiliklar oqim tezligi va yo'nalishining o'zgarishi tufayli yuzaga keladi. Unga misol qilib oqimning kengayishi yoki torayishini, quvurning burilishlarini ko'rsatish mumkin.

Mahalliy qarshiliklar tufayli yo'qotilgan bosim quyidagi formuladan topiladi:

$$\Delta p = \sum \xi_{m.k} (\rho w^2 / 2) \quad (1.4)$$

bu yerda $\sum \xi_{m.q}$ - mahalliy qarshiliklar yig'indisi. Uning qiymati qarshilikning qanday mahalliy o'zgarish tufayli sodir bo'lganligiga qarab ma'lumotnomalardan olinadi.

(1.1) va (1.4) tenglamalarni birlashtirsak **quvurning umumiy qarshiligi** kelib chiqadi:

$$\Delta p_k = [\lambda(l/d) + \sum \xi_{m.k}] (\rho w^2 / 2) \quad (1.5)$$

Qo'yilgan masalaning mazmuni yo'qotilgan naporni aniqlashdan iborat bo'lsa, u $\Delta p = \rho g h_q$ ekanligini hisobga olgan holda quyidagicha ifodalanadi:

$$h_q = [\lambda \cdot (l/d) + \sum \xi_{m.q}] (w^2 / 2g) \quad (1.6)$$

4.2. Quvurlarning diametrini hisoblash

Quvurlarning diametrini to'g'ri hisoblab tanlash muhim ahamiyatga ega masala hisoblanadi. Berilgan miqdordagi suyuqlikni uzatishga mo'ljallangan quvurning diametri sarf tenglamasidan topiladi va u suyuqlik tezligi bilan aniqlanadi:

$$d = (4V / \pi w)^{0.5} \quad (2.1)$$

Ko'rinib turibdiki, tezlik qancha katta bo'lsa, talab etiladigan diametr shuncha kichik bo'ladi. Suyuqlik tezligini kattaroq tanlab, quvurlarni yasash uchun material sarfini, ularni montaj va ta'mirlash xarajatlarini kamaytirish mumkin. Lekin ikkinchi tomondan yuqoridagi (1.5) tenglamaga muvofiq gidravlik qarshilik keskin oshib energetik xarajatlarning (ular ekspluatatsion xarajatlari ham deyiladi) ortishiga olib keladi. Shuning uchun quvur diametrini hisoblashda (2.1) tenglamaga tezlikning optimal qiymatini tanlab qo'yish muhim ahamiyatga ega.

Suyuqliklar va gazlarning optimal tezliklari ularning qovushoqligi va bosimiga bog'liq holda maxsus adabiyotlarda keltirilgan jadvallar yoki grafiklardan tanlanadi. Masalan qovushoqligi kichik suyuqliklarning tezligi 2,5 m/s dan, qovushoqligi kattaroqlarini 1 m/s dan oshmasligi kerak. Gazlarning optimal tezligi bosimiga qarab qo'yidagicha tanlanishi mumkin:

- tabiiy kuchlar tufayli harakatlanayotgan gazlar uchun 2 - 4 m/s;
- bosimi atmosfera bosimiga yaqin gazlar uchun 8 - 15 m/s;
- bosimli gazlar uchun 15 - 25 m/s.

To'yingan bug'ning tezligi 15 - 25 m/s, o'ta qizdirilgan bug'niki esa 30 - 50 m/s oralig'ida bo'lishi mumkin.

Kimyo texnologiyasida qo'llaniladigan uskunalarning turi juda ko'p, konstruksiyalari rang - barang va aksariyat hollarda juda murakkab bo'lgani uchun ularning gidravlik qarshiligini hisoblash formulalari konstruksiyaga qarab turlicha ifodalanishi mumkin. Shuning uchun uskunalarda yo'qotiladigan bosimni hisoblash usullariga, ularning tuzilishi va ishlash prinsipini o'rgangandan keyin to'xtalamiz.

Shu bilan birga ta'kidlab o'tish joizki, har qanday uskunaning gidravlik qarshiligini hisoblash formulasining asosi yuqorida keltirilgan (1.5) tenglama hisoblanadi.

4.3. Pnevmatik trubkalar

Bernulli tenglamasi suyuqlikning tezligi (yoki sarfini) va uning idish tubidagi teshikdan oqib tushish vaqtini, hamda nasoslarning naporini aniqlashda qo'llaniladi. Suyuqliklarning tezligi va sarfini o'lchashda sanoat amaliyotida pnevmatik trubkalar va drossel (oqimni siquvchi) asboblari qo'llaniladi.

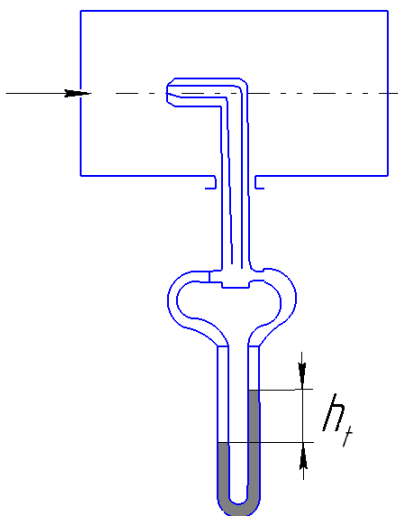
Pnevmatik trubkalar sinfiga kiruvchi asboblardan amaliyotda (3.1 - rasmda ko'rsatilgan) Rito - Rrandtl trubkasi ko'p qo'llaniladi. Bunday trubkalar ishchi suyuqlik bilan aralashmaydigan, zichligi nisbatan katta suyuqlik (masalan, gazlarning tezligini o'lchashda suv, spirt, suyuqliklarning tezligini o'lchashda simob) bilan to'ldirilgan U - simon differensial manometrqa ulanadi.

Rito - Rrandtl trubkasi quvur o'qida o'rnatiladi va difmanometr trubkalari ichidagi suyuqlik sathlarining farqi, ya'ni tezlik nabori h_t o'lchanib qo'yidagi tenglamadan maksimal tezlik topiladi:

$$w_{\max} = [2gh_t(\rho_m - \rho)/\rho]^{0,5}$$

bu yerda h_t - manometr suyuqligi sathlari farqi; ρ_m - manometr suyuqligi zichligi; ρ - quvurdan oqayotgan suyuqlik yoki gazning zichligi.

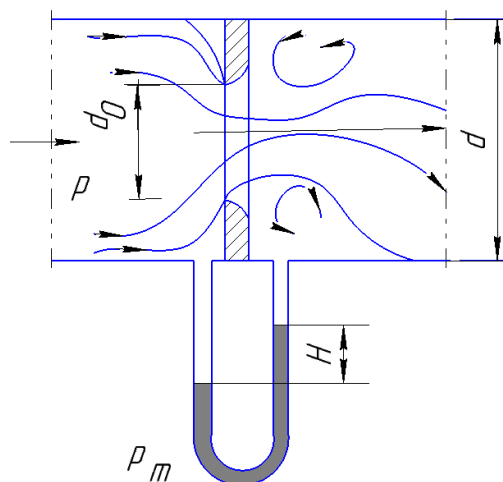
Undan keyin ma'lumotnomlarda keltirilgan tenglamalar yoki grafiklardan oqimning o'rtacha tezligi va uni oqimning ko'ndalang kesimi yuzasiga ko'paytirib suyuqlik sarfi aniqlanadi.



3.1 - rasm. Pito - Prandtl trubkasi yordamida maksimal tezlikni o'lchash sxemasi.

4.4. Drossel asboblari, sarf va tezlikni aniqlash

Suyuqlik va gazlarning sarfini o'lchash maqsadida amaliyotda drossel asbob sifatida o'lchov diafragmalari, soplolar va Venturi trubkalari ishlatiladi. Ularning hammasining ishlash prinsipi bir xil bo'lganligi, va shuningdek amaliyotda keng qo'llanilgani uchun faqat **o'lchov diafragmalari** to'g'risida to'xtalamiz. Bu asbobning asosiy elementi difmanometrqa ulanadigan, aylana teshigi markazi quvur o'qiga mos qilib o'rnatiladigan yurqa diskdan iborat (4.1 - rasm).



4.1 - rasm. Diafragma yordamida sarfni o'lchash sxemasi.

Diafragma teshigining diametri quvurnikidan ancha kichkina bo'lganligi sababli asbobning old qismidagi suyuqlik siqiladi. Natijada diafragmaning ikki tomonida ikki xil r_1 va r_2 bosimlar hosil bo'ladi. Bu bosimlar farqi diafragmaga ulangan difmanometr yordamida o'lchanadi va undan quyidagi tenglama yordamida suyuqlik sarfi toriladi:

$$V_s = \alpha k (\pi d_0^2 / 4) [2gh_t(\rho_m - \rho) / \rho]^{0,5} \quad (4.1)$$

bu yerda α - diafragmaning tuzatma koeffitsienti (uning qiymati tajribalar o'tkazib topiladi va maxsus adabiyotlarda keltirilgan); k - quvur devorining g'adir - budirligini hisobga olish uchun kiritiladigan tuzatma koeffitsient; ρ_m - manometr suyuqligining zichligi; d_0 - diafragma teshigining diametri; N - difmanometr yordamida o'lchanadigan bosimlar farqi.

Aniqlangan hajmiy sarfni quvurning ko'ndalang kesimi yuzasiga bo'lib suyuqlikning o'rtacha tezligini torish mumkin:

$$w = V_s / (0,785 \cdot d^2) \quad (4.2)$$

bu yerda d - quvurning diametri.

4.5. Suyuqliklarning idish tagidagi teshikdan oqib tushishi

Suyuqliklarning idishlar tagidagi aylana teshikdan oqib tushishi ikki xil sharoitda yuz berishi mumkin. Birinchi holda idishdagi suyuqlik sathi o'zgarmas bo'ladi. Bunday vaziyat idishdan suyuqlik oqib chiqishi bilan birga unga o'sha miqdor suyuqlik kirib turganda yoki teshik o'lchami idish diametridan ancha kichik bo'lganda yuz berishi mumkin. Idishdagi suyuqlik **sathi o'zgarmas bo'lganda oqib chiqayotgan suyuqlik sarfi** topiladi.

Ikkinchi holda idishdagi suyuqlik sathi uning oqib chiqishi va idishga suv kirib turmaganligi natijasida kamayadi. Bunda idishdagi **suyuqlik sathining ma'lum bir balandlikka kamayish yoki idishning suyuqlikdan bo'shash vaqti** topiladi.

Idish ichidagi suyuqlik sathi o'zgarmas bo'lgan holda, uning tagidagi teshikdan oqib tushayotgan **suyuqlik sarfi** Bernulli tenglamasi yordamida aniqlanadi va u quyidagiga teng bo'ladi:

$$V_s = \alpha S_0 (2gH)^{0,5} \quad (5.1)$$

bu yerda α - sarf koeffitsienti; S_0 - teshik ko'ndalang kesimining yuzasi; N - idishdagi suyuqlik sathining balandligi.

Sarf koeffitsienti idish tagidagi teshikning tuzilishiga bog'liq. Teshik tekis bo'lganda, qovushoqligi suvnikiga yaqin suyuqliklar uchun $\alpha \approx 0,62$ deb olish mumkin. Teshikka mayda trubacha (ratrubka, nasadka) o'rnatilgan hollarda suv uchun $\alpha \approx 0,82$ bo'ladi.

(5.1) tenglamadan ko'rinib turibdiki, idishdagi suyuqlik sathi o'zgaras bo'lganda, uning yurqa tagidagi teshikdan oqib tushayotgan suyuqlik sarfi sathga va teshikning o'lchamiga bog'liq bo'lib, idishning shakliga bog'liq emas. Bu tenglamani idishlarning yon tomonidagi teshiklardan oqib chiqayotgan suyuqliklarning sarfini hisoblashda ham qo'llash mumkin.

Ikkinchi holda, ya'ni suyuqlikning oqib tushishi natijasida sathning H_1 balandlikdan H_2 gacha **kamayishiga ketgan vaqt** quyidagi tenglamadan topiladi:

$$\tau = 2S \cdot H_1^{0,5} - H_2^{0,5} / [\alpha S_0 \cdot (2g)^{0,5}] \quad (5.2)$$

Idish to'liq bo'shatilsa $H_2 = 0$ bo'ladi va (5.2) tenglama quyidagi ko'rinishga keladi:

$$\tau = 2S \cdot H_1^{0,5} / [\alpha S_0 \cdot 2g^{0,5}] \quad (5.3)$$

4.6. Bernulli tenglamasining kundalik hayotdagi ahamiyati

Bernulli tenglamasini quvurlardan oqayotgan suyuqlar uchun energiyaning saqlanish qonunining matematik ifodalanishi deb qarash mumkin. Suyuqlikning trubalardagi harakati texnikada va turmushda ko'p uchraydi. Suv quvurlari orqali binolarga va boshqa iste'molchilarga suv beriladi. Mashinalarni moylash uchun moy, dvigatelni yurgizish uchun yoqilg'i trubalar orqali uzatiladi va hokazo. Suyuqlikning trubalardagi harakati tabiatda ham ko'p uchraydi. Hayvon va insonlarning qon aylanishi tizimida qonning oqishini ta'minlovchi tomirlarni ham trubalar deb qarash mumkin. Suvning daryolarda oqishini ham suyuqlikning trubalarda oqishining bir ko'rinishi desa bo'ladi. Daryo o'zani ham oqar suv uchun o'ziga xos trubadir.

Ma'lumki, Paskal qonuniga binoan, idishdagi qo'zg'almas suyuqlikka berilgan tashqi bosim suyuqlikning hamma nuqtasiga o'zgarishsiz uzatiladi. Lekin turli qismlarining ko'ndalang kesimi yuzasi har xil bo'lgan trubada suyuqlik ishqalanishsiz oqadi deb qabul qilinganda, tajribaning ko'rsatishicha, bosim bunday truba bo'ylab bir xil bo'lmas ekan. Xo'sh, nima uchun harakatlanayotgan suyuqlikning bosimi trubaning ko'ndalang kesim yuziga bog'liq ekan? Bu masalani aniqlashdan oldin har qanday suyuqlik oqimining muhim bir xususiyati bilan tanishib o'taylik. Bu xususiyat suyuqlikning tezligi va trubaning kesimi o'rtasida o'zaro bog'liqlik bilan ifodalanadi. Turli ko'ndalang kesimli gorizontal trubadan suyuqlik oqayapti deb faraz qilaylik.

Agar biz bu truba bo'ylab yuzisi mos ravishda $S_1 > S_2 > S_3$ bo'lgan bir necha kesim tanlab olib, ularning har biri orqali biror t vaqt ichida o'tadigan suyuqlik hajmini o'lchasak, hamma kesimlardan o'tgan suyuqlik hajmi bir xil bo'lishini kuzatgan bo'lar edik. Demak, birinchi kesim orqali t vaqt ichida oqib o'tgan butun suyuqlik uchinchi kesimdan ham o'shancha vaqt ichida o'tadi, vaxolanki, uchinchi kesim yuzasi birinchi

kesim yuzidan ancha kichik. Agar shunday bo'lmasa, ya'ni yuzasi S_3 bo'lgan kesimdan t vaqt ichida o'tadigan suyuqlik yuzasi S_1 bo'lgan kesimdan o'tadigan suyuqlikdan kam bo'lsa, u holda suyuqlikning ortiqchasi biror joyda to'planishi kerak edi. Lekin suyuqlik trubani butunlay to'ldirib oqib o'tadi va hech qayerda to'plana olmaydi. Biz ma'lum massali suyuqlik ayni bir hajmni egallaydi, ya'ni u siqilmaydi va hajmini o'zgartirmaydi deb qabul qilamiz (suyuqlik siqilmaydi).

Keng kesimdan oqib o'tgan suyuqlik o'sha vaqt ichida qanday qilib tor kesimdan o'ta oladi? Ravshanki, buning uchun trubaning tor qismlaridan o'tishdagi harakat tezligi keng qismlaridan o'tishdagi tezligidan ortiq bo'lishi kerak. Daryoning tor joylarida oqim tezligi keng joylaridagidan ortiq bo'lishi yaxshi ma'lum.

Bu masalaning mohiyatini tushinishda tezlik va bosim kattaliklarining o'zaro bog'liqligi muhim ahamiyatga ega. Suyuqlik trubaning keng qismidan tor qismiga o'tganida oqim tezligi ortadi, shuning uchun suyuqlik tezlanish bilan harakat qiladi. Bu esa Nyutonning ikkinchi qonuniga asosan, suyuqlikka qandaydir kuch ta'sir qilishini ko'rsatadi. Bu qanday kuch ekan?

Bu kuch trubaning keng va tor qismlarida ta'sir qiladigan bosim kuchlarining ayirmasigina bo'lishi mumkin. Shunday qilib, trubaning keng qismida suyuqlikning bosimi tor qismidagidan katta bo'lishi kerak. Energiyaning saqlanish qonunidan ham shunday xulosa chiqadi.

Darxaqiqat, trubaning tor joylarida suyuqlikning harakat tezligi va mos ravishda, uning kinetik energiyasi ham ortadi. Modomiki, biz suyuqlik ishqalanishsiz oqadi, deb qabul qilgan ekanmiz, kinetik energiyaning bu ortishi potentsial energiyaning kamayishi bilan kompensatsiyalanishi kerak, chunki to'liq energiya o'zgarmay qolishi lozim. Bu yerda so'z qanday potentsial energiya to'g'risida boradi?

Agar truba gorizontaal bo'lsa, er bilan bo'ladigan o'zaro ta'sirning potentsial energiyasi trubaning hamma qismlarida bir xil bo'ladi va o'zgara olmaydi.

Demak, faqat o'zaro elastik ta'sirning potentsial energiyasi to'g'risida so'z borishi mumkin. Suyuqlikni truba bo'ylab oqishga majbur etadigan bosim kuchi siqilgan suyuqlikning elastiklik kuchidir.

Biz suyuqlik siqilmaydi, deganimizda shuni nazarda tutamizki siqilish natijasida suyuqlikning hajmi sezilarli darajada o'zgarmaydi, lekin elastiklik kuchlari paydo bo'ladigan darajada juda oz bo'lsa ham siqilishi muqarrardir. Suyuqlikning ana shu siqilishi trubaning tor joylarida kamayadi. Shuning uchun trubalarning tor joylarida suyuqlikning bosimi keng joylaridagidan kichik bo'ladi.

Shunday qilib trubaning suyuqlik oqimining tezligi kichik bo'lgan kesimlarida suyuqlik bosimi katta bo'ladi va aksincha, tezlik katta bo'lgan kesimlarda bosim kichik bo'ladi.

Bu yerda aytilgan mulohazalar trubadagi suyuqlikni yoriq sistema deb hisoblash mumkin bo'lgan hollargagina tegishli. Chunki energiyaning saqlanish qonuni faqat yoriq sistema uchungina to'g'ridir.

Haqiqatda esa suyuqlik trubada bosimlar farqi hosil qiluvchi tashqi kuch ta'siri ostida oqadi. Bunda energiya o'zgaradi va uning o'zgarishi har galgidek tashqi kuchning ishiga teng bo'ladi. Lekin Bernulli qonuni bu holda ham to'g'ri bo'lganicha qolaveradi.

Agar ichida suyuqlik oqayotgan trubaga og'zi ochik naychalar - rezometrik trubkalar (manometrlar) kavsharlab quyilsa trubaning qayerida bosim qanday bo'lishini kuzatish mumkin. Trubaning tor joyidagi manometrik naychada suyuqlik ustunining balandligi keng joyidagidan past bo'ladi. Bu esa tor joylarda bosim kam ekanligini

bildiradi.

Trubaning kesimi qanchalik kichik bo'lsa, undagi oqim tezligi shunchalik katta va bosim shunchalik kichik bo'ladi. Demak, shunday kesim tanlab olish mumkinki, undagi bosim tashqi atmosfera bosimiga teng bo'ladi (unda manometrda suyuqlik sathining balandligi nolga teng bo'ladi). Agar yanada kichik kesim olinsa, unda suyuqlikning bosimi atmosfera bosimidan kichik bo'ladi.

Suyuqlikning trubalardagi harakati haqida aytilgan gaplarning hammasi gaz harakatiga ham taalluqlidir. Agar gazning oqim tezligi unchalik katta bo'lmasa (tovushning gazdagi tezligidan kichik bo'lsa), gaz hajmi o'zgaradigan darajada siqilmasa, hamda ishqalanish e'tiborga olinmasa, Bernulli qonuni gaz oqimlari uchun ham to'g'ri bo'ladi. Trubaning gaz tezroq harakatlanadigan tor qismlarida gaz bosimi keng qismlardagidan kichik va hatto atmosfera bosimidan ham kichik bo'lishi mumkin. Ba'zi hollarda buning uchun trubaning keragi ham yo'q.

Buni bir oddiy tajriba orqali kuzatish mumkin. Agar bir varaq qog'oz olib uning yuziga qog'oz sirtiga paralel yo'nalishda puflasak qog'ozning yuqoriga ko'tarilishini ko'ramiz. Bunga sabab shuki qog'oz ustidan havoning o'tish jarayonida bosim pasayadi. Samolyot uchayotganda ham xuddi shunday xodisa yuz beradi. Samolyot uchayotganda qanotning yuqorigi qavariq sirti mavjudligi tufayli uning qanoti ostida havoning qarshi oqimi yuzaga kelib umumiy tezlik kamayadi. Buning hisobiga qanot ostida havoning bosimi oshadi. Qanot ustidagi bosim qanotning tagidagi bosimdan kichik bo'lib qoladi va samolyot tepaga ko'tariladi.

6 –mavzu. O'XSHASHLIK NAZARIYASINING ASOSLARI

- Reja:** 1. Kimyoviy texnologiya jarayonlarini o'rganish yo'llari.
2. O'xshashlik shartlari va teoremlari.
3. Gidromexanik o'xshashlik kriteriylari.

Jarayonlarni tahlil qilish va hisoblash uchun tenglamalar olish maqsadida tadqiq qilishni nazariy yo'l bilan amalga oshirish mumkin. Lekin qulay bo'lgan bu usulni hamma vaqt ham qo'llab bo'lmaydi. Chunki kimyo texnologiyasining jarayonlari juda murakkab bo'lib, ularning jadalligi juda ko'p parametrlarga bog'liq. Shuning uchun ko'pincha jarayonlar tajribalar o'tkazib, ya'ni eksperimental yo'l bilan tadqiq qilinadi. Bunda tajribalardan olingan ma'lumotlar asosida xususiy va olingan sharoitlar uchungina to'g'ri bo'lgan empirik tenglamalar olinadi va injenerlik hisoblarida ulardan foydalaniladi.

O'xshashlik nazariyasi eksperimentlarni ilmiy umumlashtirish to'g'risidagi ta'limot bo'lib, tajribalarni qanday qurilmada, qaysi usul bilan o'tkazish, qaysi kattaliklarni o'lchash va olingan ma'lumotlarni qanday usul bilan qayta ishlab, barcha o'xshash jarayonlar uchun qo'llanishi mumkin bo'lgan tenglamalar olishni ko'rsatadi. Bu ta'limotdan foydalanish tajribalarni, sanoat uskunalarida emas, balki kichik o'lchamli modellarda, hamda sanoatda ishlatiladigan moddalarni emas, balki qulay va xavfsiz bo'lgan boshqa moddalarni ishlatib o'tkazish imkonini beradi.

Shunday qilib o'xshashlik nazariyasi uslublari jarayonlarni modellashtirishga asoslanadi. Modellashtirishning ma'nosi haqiqiy obyektida boradigan jarayonni boshqa ob'ektda, ya'ni modelda o'rganishdan iborat. Aniqrog'i jarayon modelda tadqiq qilinadi va olingan natija natural o'lchamdagi obyektga qo'llaniladi.

Yuqorida qayd qilingan model material mavjud model (natural) hisoblanadi. Undan tashqari jarayonlarni o'rganishda xayoliy fizik yoki matematik modellar ham qo'llaniladi. Bunda jarayonning fizik modeli qabul qilinadi, uning asosida va unga mos matematik model, ya'ni jarayonning matematik ifodasi tuziladi. Ushbu ma'ruzada biz faqat natural modellashtirish haqida to'xtalamiz.

5.2. O'xshashlik shartlari, turlari

O'xshashlikning **bosh sharti** shundan iboratki, jarayonlarni (natural va modeldagi) xarakterlovchi **bir xil kattaliklarning nisbatlari o'zgarmas bo'lishi kerak**. Buni o'xshashlikning eng oddiy sharti geometrik o'xshashlik misolida qaraylik. Masalan o'lchamlari abc va $a'b'c'$ bo'lgan ikkita uchburchak o'xshash bo'lishi uchun ularning bir xil tomonlari nisbatlari yoki har bir uchburchak ikki tomonining nisbatlari o'zgarmas bo'lishi kerak:

$$a/a' = b/b' = c/c' = \text{const} \text{ va } a/b = a'/b' = \text{const}$$

Bu shartdan kelib chiqadigan xulosaning ma'nosi shundaki, tajriba o'tkaziladigan model natural obyektga geometrik o'xshash bo'lishi kerak.

Jarayonlar o'xshash bo'lishi uchun geometrik o'xshashlik shartiga amal qilish zarur, lekin yetarli emas. To'liq o'xshashlik bo'lishi uchun ularga ta'sir qiluvchi barcha fizik

kattaliklar ham o'xshash bo'lishi kerak. Bu kattaliklar vaqtda va maydonda o'zgaradi. Shuning uchun geometrik, vaqt, fizik kattaliklarning maydoni, shuningdek boshlang'ich (masalan jarayonning boshlanishidagi) va chegaraviy o'xshashliklarga birgalikda amal qilinsagina jarayonlar o'xshash bo'lishi mumkin.

Shunday qilib o'xshashlik shartlari quyidagi talablarni qo'yadi:

- 1) obyektlar geometrik o'xshash bo'lishi kerak;
- 2) obyektlarni xarakterlovchi barcha bir xil (bir ma'noli) parametrlarning (fizik xossalari, vaqt, tezlik, temperatura, kontsentratsiya va boshqalar) nisbatlari o'zgarmas bo'lishligini.

5.3. O'xshashlik nazariyasining teoremlari

O'xshashlik nazariyasining asoslari uning uchta teoremasida mujassamlashgan. Birinchi teorema Nyuton, ba'zi adabiyotlarda Nyuton - Bertran teoremasi deb nomlanadi va quyidagicha ifodalanadi: **o'xshash hodisalar son qiymati teng bo'lgan o'xshashlik mezonlari** (kriteriylari) **bilan xarakterlanadi**. Differensial tenglamalardan kelib chiqadigan, o'lchamsiz kattaliklar kompleksi o'xshashlik kriteriyalari deyiladi. Ular jarayon uchun muhim bo'lgan qandaydir ikkita kattalik munosabatining me'yori bo'lib, har doim fizik ma'noga ega. Misol tariqasida oldin qaralgan Reynolds kriteriysini keltirish mumkin.

Birinchi teorema tajribalar o'tkazganda qaysi kattaliklarni o'lchab, natijalarini umumlashtirish zarurligini ko'rsatadi: **o'xshashlik kriteriylariga kiradigan kattaliklarni o'lchash kerak**.

Ikkinchi teorema: **jarayonga ta'sir qiluvchi o'zgaruvchi kattaliklarni o'zaro bog'laydigan har qanday differensial tenglamaning yechimini o'xshashlik kriteriylari o'rtasidagi bog'liqlik ko'rinishida ifodalash mumkin**. Bu teorema modellarda o'tkazilgan tajribalardan olingan ma'lumotlarni qanday ishlab natija olish kerakligini ko'rsatadi: **tajribalar natijalarini o'xshashlik kriteriylari orasidagi funksional bog'liqliklar ko'rinishida ifodalash kerak**.

Uchinchi teorema hodisalar o'xshash bo'lishining zaruriy va yetarli shartini ko'rsatadi: **agar hodisalarni aniqlovchi kriteriylarining son qiymatlari teng bo'lsa, ular o'xshash bo'ladi**.

5.4. Gidromexanik o'xshashlik kriteriylari

Gidromexanik o'xshashlikning umumiy mezoni Nyuton mezoni bo'lib, sistemaga ta'sir qiluvchi f kuchlarning mw^2 inertsia kuchiga nisbatining me'yori hisoblanadi va u quyidagicha ifodalanadi:

$$Ne = (f \cdot l) / (mw^2) \quad (4.1)$$

bu yerda l - aniqlovchi geometrik o'lcham; m - massa; w - tezlik.

Bu tenglamadagi f kuchni og'irlik kuchiga teng, ya'ni $f = mg$ deb olsak va uni (4.1) tenglama quysak u quyidagi ko'rinishga keladi:

$$Ne=(gl)/w^2 \quad (4.1a)$$

(4.1 a) tenglamaga teskarisi bo'lgan o'lchamsiz kattaliklar kompleksi Frud mezonini deyiladi va u inertsia kuchlarining og'irlik kuchiga munosabatining me'yori hisoblanadi:

$$Fr=w^2/(gl) \quad (4.2)$$

Nyuton mezonidagi f kuchning o'rniga bosimlar farqi $\Delta p/l^2$ ni qo'yib, $m=\rho l^3$ deb olsak Eyler mezonini kelib chiqadi:

$$Eu=\Delta p/(\rho w^2) \quad (4.3)$$

bu yerda Δp - gidravlik qarshilik (bu kattalik haqida keyingi mavzuda to'xtalamiz); ρ - zichlik.

Nyuton mezonidagi f kuchni ishqalanish kuchidan iborat deb qarasak, ya'ni $f \approx \mu l^2(w/l)$ deb olsak Reynolds mezonini kelib chiqadi:

$$Re=(wd\rho)/\mu \quad (4.4)$$

Bu mezon inertsia kuchlarining qovushoqlik kuchlariga nisbatining me'yori hisoblanadi.

Beqaror jarayonlarni xarakterlash uchun bir xilda saqlanish (gomoxronnos) mezonini qo'llaniladi:

$$H_0=(w\tau)/l \quad (4.5)$$

Yuqorida ta'kidlanganidek gidrodinamikaning bosh vazifasi Eyler mezoniga kiradigan gidravlik qarshilikni aniqlashdan iborat. Shuning uchun Eyler mezonini aniqlanadigan, qolgan mezonlar aniqlovchi bo'ladi va gidrodinamikaning umumlashtirilgan kriterial tenglamasi quyidagicha ifodalanadi:

$$Eu=f(H_0, Fr, Re, l/d_e) \quad (4.6)$$

7 -mavzu. Suyuqlikda qattiq jism harakati

Reja: 1. Harakat rejimlari.

2. Cho'kish tezligi. Og'irlik kuchi ta'sirida cho'ktirish.

3. Siqiq cho'kish tezligi.

6.1. Harakat rejimlari

Kimyo texnologiyasining changlar (tarkibida qattiq zarrachalar bo'lgan gaz) va suspenziyalarni (tarkibida qattiq zarrachalar bo'lgan suyuqlik) tarkibidagi qattiq zarrachalarni cho'ktirib tozalash, shuningdek suyuqlik va qattiq jism zarrachalarini aralashtirish jarayonlarida qattiq jismlarning suyuqlik ichida harakatlanishi yuz beradi.

Qattiq jism suyuqlik ichida harakatlanganda qarshilik hosil bo'lib, uni yengib o'tish va jism harakatining davom etishini ta'minlash uchun energiya sarf qilish talab etiladi. Hosil bo'ladigan qarshilikning qiymati harakat tartibiga va zarrachaning shakliga bog'liq.

Qattiq jismning suyuqlik ichidagi harakatiga **qarshilikni bosimning yo'qotilishi ko'rinishida** qo'yidagicha ifodalash mumkin:

$$\Delta p = \xi(\rho w^2/2) \quad (1.1)$$

Bu tenglamada w – qattiq jismning tezligi, ξ - muhitning qarshilik koeffitsienti bo'lib, uning qiymati oqim tartibiga bog'liq holda quyida keltirilgan tenglamalardan topiladi. Shu o'rinda ta'kidlab o'tish joizki, qattiq jismlarning suyuqlik ichidagi harakati tartiblari, suyuqliklarning quvurlardagi harakat tartiblaridan farq qiladi.

- $Re < 2$ (laminar rejim) bo'lganda $\xi = 24/Re$;
- $Re = 2 - 500$ (oraliq rejim) bo'lganda $\xi = 18,5/Re^{0,6}$;
- $500 < Re < 2 \cdot 10^5$ bo'lganda (avtomodel rejim) $\xi = 0,44 = \text{sonst.}$

Yuqoridagi tenglamalardan ko'rinib turibdiki, muhitning qarshilik koeffitsienti oqim rejimiga bog'liq ekan. Lekin bu tenglamalarda Reynolds soni sharsimon zarrachalar uchun hisoblangan va aniqlovchi o'lcham sifati Re mezoniga sharning diametri kiritilgan. Qattiq jismning shakli sharnikidan farq qilganda Reynolds mezoniga aniqlovchi o'lcham sifatida ekvivalent shar diametri deb nomlanadigan o'lcham qo'yiladi. Uning qiymati sharsimon bo'lmagan zarracha hajmiga teng bo'lgan hajmli sharning diametriga teng deb olinadi va uni qo'yidagi bog'liqlikdan topish mumkin:

$$V = m/\rho_q$$

bu yerda V - zarrachaning hajmi; m - zarrachaning massasi; ρ_q - zarrachaning zichligi.

Shunday qilib qattiq jism suyuqlik ichida harakatlanganda unga ko'rsatiladigan qarshilik oqim rejimidan tashqari qattiq jismning shakliga ham bog'liq. Adabiyotlarda bu bog'liqlik **shakl omili** deb nomlanadigan F kattalik orqali ifodalanadi:

$$\xi = f(Re, F)$$

bu yerda

$$F = F_{sh}/F$$

Tenglamada F_{sh} - hajmi qaralayotgan zarracha hajmiga teng bo'lgan shar sirtining yuzasi; F - qaralayotgan zarracha sirtining yuzasi.

Shakl omilining qiymati birdan kichik bo'lib, u ma'lumotnomalardan olinadi. Misol tariqasida kub shaklidagi zarrachalar uchun $F=0,86$ ekanligini ko'rsatib o'tish mumkin[4, 5].

6.2. Qattiq zarrachalarning og'irlik kuchi ta'sirida cho'kishi

Qo'zg'almas muhitda og'irligi mg bo'lgan jism cho'ka boshlaganda uning tezligi vaqt o'tishi bilan g tezlanishda ortib boradi. Ikkinchi tomondan tezlikning ortishi tufayli oldingi mavzudagi (1.1) tenglamaga muvofiq zarracha harakatiga qarshilik ham oshadi. Natijada shunday lahza keladiki, unda zarrachaning tezlanishi nolga teng bo'lib qoladi. Shu lahzadan boshlab zarracha o'zgarmas tezlik bilan, bir tekisda cho'ka boshlaydi. Bu tezlik **cho'kish tezligi** deyiladi va w_{ch} harfi bilan belgilanadi va quyidagicha topiladi:

$$w_{ch}=[4gd(\rho_q - \rho)/(3\xi\rho)]^{0,5} \quad (2.1)$$

bu yerda ρ_q - zarrachaning zichligi; ρ - muhitning zichligi.

Qattiq zarrachaning og'irlik kuchi ta'sirida suyuq muhitda cho'kish tezligini barcha oqim rejimlari uchun qo'yidagi qulay tenglamadan ham topish mumkin:

$$w_{ch}=(Re \cdot \mu)/(d \cdot \rho); Re=Ar/(18+0,575Ar^{0,5}) \quad (2.2)$$

Tenglamadagi Arximed kriteriysi quyidagiga teng:

$$Ar=(d^3\rho^2g/\mu^2) \cdot [(\rho_q - \rho)/\rho] \quad (2.3)$$

bu yerda μ - muhitning qovushoqligi.

Shakli sharnikidan farq qiladigan zarrachalarning cho'kish tezligini hisoblashda, sharsimon zarrachaning (2.1) yoki (2.2) tenglamalardan topilgan tezligi qiymati ba'zi adabiyotlarda **shakl koeffitsienti** deb nomlangan φ tuzatma koeffitsientga ko'paytiriladi:

$$w_{ch}'=\varphi w_{ch}$$

Shakl koeffitsientining qiymati birdan kichik bo'lib tajribalar o'tkazish yo'li bilan aniqlanadi va ma'lumotnomalardan olinadi. Masalan dumaloq zarrachalar uchun $\varphi \approx 0,77$, burchakli zarrachalar uchun $\varphi \approx 0,66$, plastinka ko'rinishidagi zarrachalar uchun $\varphi \approx 0,43$.

6.3. Suyuqlikning donador material qatlami orqali oqib o'tishi. Qatlam xarakteristikalar

Kimyo texnologiyasining bir qator jarayonlari suyuqlik yoki gazlarning qo'zg'almas donador material qatlami orqali oqib o'tishi bilan bog'liq.

Donador material qatlami zarrachalarning o'lchami, solishtirma yuza va g'ovaklik (qatlamdagi bo'sh hajmning ulushi) kabi kattaliklar bilan tavsiflanadi.

Solishtirma yuza qatlam hajmi birligidagi barcha zarrachalar yuzasi (zarrachalar yuzasining qatlam hajmiga nisbati) bo'lib a harfi bilan belgilanadi va m^2/m^3 larda o'lchanadi.

G'ovaklik, ya'ni qatlam ichidagi bo'shliqning qatlam hajmiga nisbati quyidagi tenglamadan topiladi:

$$\varepsilon = (V - V_{q,z})/V \quad (3.1)$$

bu yerda V - qatlam hajmi; $V_{q,z}$ - zarrachalar egallagan hajm.

Qatlamning g'ovakligi ma'lum bo'lsa qattiq zarrachalar egallagan hajmni quyidagicha topish mumkin:

$$V_{q,z} = SH(1 - \varepsilon) = V(1 - \varepsilon) \quad (3.2)$$

bu yerda S - qatlamning ko'ndalang kesim yuzasi; H - qatlamning balandligi.

Suyuqlik va gazlarning donador material qatlami orqali oqib o'tishi jarayonlarida ikki xil tezlik bilan ishlashga to'g'ri keladi. Birinchisi biz oldindan biladigan, qatlamning to'liq ko'ndalang kesimi yuzasiga nisbatan olingan w_s **soxta tezlik**. Ikkinchisi donador material qatlami orasidagi kanallarda hosil bo'ladigan w **haqiqiy tezlik** bo'lib, u quyidagiga teng:

$$w = w_s / \varepsilon \quad (3.3)$$

Donador material qatlamining gidravlik qarshiligi quvurlarning gidravlik qarshiligiga o'xshash tenglamadan keltirib chiqariladi:

$$\Delta p = \lambda (l_k / d_e) \cdot (\rho w^2 / 2)$$

Yoki

$$\Delta p = [3 \cdot (1 - \varepsilon) / (2 \varepsilon^2 \Phi)] \lambda \cdot [(H/d) \cdot (\rho w_s^2 / 2)] \quad (3.4)$$

Yuqoridagi tenglamalarda l_k - qatlam ichidagi kanallarning uzunligi; d_e - kanallarning ekvivalent diametri; F - shakl omili; d - zarrachalarning diametri.

Qarshilik koeffitsientining qiymati oqim rejimiga, ya'ni Reynolds soniga bog'liq bo'lib u ma'lumotnomalardan olinadi.

Reynolds soni esa quyidagicha topiladi:

$$Re = (2 \cdot F \cdot Re_s) / [3 \cdot (1 - \varepsilon)] \quad (3.5)$$

bu yerda Re_s - soxta tezlik bo'yicha topilgan Reynolds soni

$$Re_s = (w_s d \rho) / \mu$$

Barcha oqim rejimlari uchun qarshilik koeffitsientini quyidagi tenglamadan topish mumkin:

8-mavzu. Turli jinsli sistemalar, klassifikatsiyasi

Rela: 1. Turli jinsli sistemalar, klassifikatsiyalanishi. Xarakteristikalar.
2. Ajratish usullari.
3. Ho'ktirish jarayoni va qurilmalari.

10.1. Turli jinsli sistemalar. Klassifikatsiyasi

Ikki yoki undan ortiq fazalardan tashkil torgan sistemalar bir jinsli bo'lmagan (geterogen) yoki ko'p jinsli sistemalar deyiladi. Bunday sistema butun (dispersion) muhitdan va uning ichida tarqalgan dispers faza zarrachalaridan iborat. Kimyo sanoatida suyuqliklar va gazlarni tozalash yoki ular tarkibidan nodir mahsulotlarni chiqarib olishda geterogen sistemalarni ajratish jarayonlari qo'llaniladi. Fizik holatiga ko'ra ko'p jinsli sistemalar qo'yidagi turlarga bo'linadi[3]:

- **Suspenziya** - butun suyuq faza ichida tarqalgan qattiq zarrachalardan iborat sistema (Suspenziya qattiq zarrachalarning o'lchamiga ko'ra qo'pol va mayin suspenziyaga, hamda loyqa va kolloid eritma kabi turlarga bo'linadi);
- **emulsiya** - bir suyuqlik ichida tarqalgan, unda erimaydigan boshqa suyuqlik tomchilaridan iborat sistema;
- **ko'pik** - suyuq faza va uning ichida tarqalgan gaz pufakchalaridan tashkil topgan sistema;
- **tutun va chang** - gaz va uning ichida tarqalgan qattiq material zarrachalaridan iborat sistema (tutundagi qattiq zarrachalarning o'lchami 0,3...5 mkm, changdagilariniki esa 5...100 mkm gacha bo'ladi);
- **tuman** - kondensatsiya tufayli hosil bo'lgan 0,3 ... 3 mkm o'lchamli suyuqlik tomchilarining gaz faza ichida tarqalishidan hosil bo'lgan sistema.

Yuqorida keltirilgan ko'p jinsli sistemalar ichida ishlab chiqarish amaliyotida suspenziyalar bilan ishlash nisbatan ko'proq o'rin egallaydi. Ma'lumki, suspenziya tarkibidagi zarrachalarning o'lchami qancha katta bo'lsa sistemani ajratish usuli qanaqa bo'lishidan qat'iy nazar, u shuncha jadal boradi. Shuning uchun ayrim hollarda ajratish jarayonlarida zarrachalarni sun'iy kattalashtirishning quyidagi usullari qo'llaniladi:

- koagulyatsiya - suspenziya tarkibiga suvda yaxshi eruvchi va zarrachalarni kattalashtirib, ulardan parcha jismlar hosil qiluvchi qo'shimcha kimyoviy modda - kaogulent kiritish;
- flokulyatsiya - suspenziya tarkibiga yuqori molekulalar birikmalar kiritish.

Koagulyatsiyada sirtiga qo'shimcha modda o'tirishi hisobiga alohida olingan zarrachaning o'zi kengaysa, flokulyatsiyada uzun molekulalar birdaniga bir nechta zarrachani birlashtirib ancha yirik jism hosil qiladi.

Sanoatda koagulyant sifatida $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ va boshqa moddalar, flokulyant sifatida sintetik poliakrilamid, tabiiy moddalardan kraxmal, selluloza va boshqalar qo'llaniladi.

10.2. Ajratish usullari. Cho'ktirish jarayoni

Sanoatda geterogen sistemalarni ajratishning qo'yidagi usullari qo'llaniladi: cho'ktirish, filtrlash, sentrifugalash, ho'llab ajratish (yuvish deb atalsa ham bo'ladi).

Suyuqlik yoki gaz tarkibidagi qattiq zarrachalarni yoki suyuqlik tomchilarini og'irlik, markazdan qochma yoki elektr kuchlari yordamida ajratish **cho'ktirishning** mohiyatini tashkil etadi. Og'irlik kuchi ta'sirida cho'ktirish **tindirish** deyiladi. Bu jarayonlarning jadalligi va samaradorligi juda kichik bo'lganligi sababli ulardan faqat ajratishning sifatiga qattiq talablar qo'yilmagan hollarda foydalanish mumkin. Bugungi kunda kimyo sanoatida tindirish jarayoni qo'llanilmaydi desak xato qilmaymiz. Shuning uchun bu jarayon haqida alohida to'xtalmaymiz.

Suyuqlik yoki gazlarni o'tkazib, ular ichidagi qattiq zarrachalarni tutib qoladigan g'ovak to'siqlar yordamida ajratish **filtrlash** deyiladi. Bu jarayon bosim kuchlari yoki markazdan qochma kuchlar hisobiga amalga oshiriladi. Qattiq zarrachalardan tozalangan suyuqlik **filtrat** deyiladi.

Suspenziya va emulsiyalarni markazdan qochma kuchlar maydonida ajratish sentrifugalash jarayonining mohiyatini tashkil etadi.

Ho'llab ajratishda gaz tarkibidagi zarrachalar biror suyuqlik yordamida ushlab qolinadi.

9-mavzu. TURLI JINSLI SISTEMALAR

- Reja:** 1. Turli jinsli sistemalarni ajratish
2. Markazdan qochma kuch ta'sirida turli jinsli sistemalarni ajratish
3. Sentrifugalash

12.1. Markazdan qochma kuch ta'sirida turli jinsli sistemalarni ajratish

Ko'p jinsli sistemalarni (emulsiya va suspenziyalarni) markazdan qochma kuchlar maydonida ajratish sentrifugalashning mohiyatini tashkil qiladi. Bu jarayon **sentrifugal** deb ataladigan mashinalarda amalga oshiriladi. Sentrifugal qo'zg'almas kojux ichida o'rnatilgan, yon devorlari butun yoki teshikchali silindr rotordan iborat. Butun devorli sentrifugalarning ishlash prinsipi tindirgichlarnikiga o'xshab ketadi va ular **tindiruvchi sentrifugal** deb yuritiladi. Lekin bu yerda jarayon og'irlik kuchi ta'sirida emas, balki markazdan qochma kuch ta'sirida boradi, ya'ni rotor aylanganda zichligi kichik faza (bu faza toza suyuqlik bo'lib fugat deb ataladi) rotor o'qi atrofida, zichligi katta faza esa rotor devori atrofida yig'iladi. Tindiruvchi sentrifugalarda suspenziya va emulsiyalarni ajratish separatsiyalash va bu uskunalar separatorlar deb ham yuritiladi.

Rotorning yon devorida teshikchalari bo'lgan, filtrlovchi sentrifugalarda teshikli yon devorning ichki tomonida filtrlovchi gazlama o'rnatiladi. Markazdan qochma kuch ta'sirida devorga urilgan suspenziya tarkibidagi qattiq zarrachalarni gazlama ushlab qoladi, fugat esa kojuxga o'tadi va u yerdan tashqariga chiqib ketadi. Suspenziyalarni

filtrlovchi sentrifugalarda ajratish markazdan qochma filtrlash ham deb yuritiladi. Sentrifugar uzluksiz va davriy ishlaydigan turlarga bo'linadi.

12.2. Sentrifugar va ularni hisoblash

Filtrlovchi sentrifugar. Hosil bo'ladigan cho'kmaning namligi kam va uni yuvish talab qilinadigan bo'lsa filtrlovchi sentrifugar qo'llaniladi. Bu uskunalar ham davriy yoki uzluksiz ishlaydigan bo'lishi mumkin. Cho'kmani uskunadan chiqarib olish usuliga qarab davriy ishlaydigan sentrifugar cho'kma qo'lda, gravitatsiya kuchlari yordamida va avtomatik chiqariladigan sentrifugalarga, uzluksiz ishlaydiganlari esa cho'kmani pulsatsiyalovchi porshen va markazdan qochma kuch yordamida chiqarib oluvchi sentrifugalarga bo'linadi. Davriy ishlovchi osma sentrifugada baraban vertikal valning ostki qismida o'rnatilgan bo'ladi. Baraban yon devorining ichki sirtiga filtrlovchi gazlama qorlanadi. Filtrlash davrida suspenziya kiritiladigan barabanning yuqori qismi va cho'kma tushirib olinadigan ostki qismi konus qopqoqlar bilan yopiladi.

Sentrifugani ishga tushirishda rotor kichik tezlik bilan aylantiriladi va suspenziya kiritiladi. Keyin rotorning aylanishi tezlashtiriladi va filtrlash boshlanadi. Bunda markazdan qochma kuch ta'sirida suspenziya devorga otiladi va uning tarkibidagi qattiq zarrachalarni gazlama ushlab qoladi.

Gazlamadan o'tgan fugat kojuxning ostki qismidan chiqib ketadi. Ma'lum bir qalinlikda cho'kma yig'ilgandan keyin rotor to'xtatiladi, barabanning ostki qismidagi konusni tushirib cho'kma qo'lda chiqarib tashlanadi.

Uzluksiz ishlaydigan vertikal, filtrlovchi sentrifugada suspenziya barabanning yuqori qismidan kiritiladi. Cho'kma markazdan qochma kuch ta'sirida barabanning konus devori bo'ylab pasta siljiydi va sentrifugadan chiqarib olinadi. Barabanning ichida tormozlovchi shnek aylanadi. Uning aylanish tezligi barabannikidan ancha kichkina. Cho'kmaning siljish tezligini shnekning barabanga nisbatan aylanish tezligi belgilaydi. Cho'kma pasta borgani sari uning qalinligi va buning natijasida uskunadan chiqarilib olinadigan cho'kmaning namligi kamayadi. Fugat yon tomondagi kanal orqali kojuxdan chiqib ketadi.

Cho'kmani markazdan qochma kuch ta'sirida chiqarib olishga asoslangan sentrifugar qo'yidagi afzallikka ega: unumdorligi katta, jarayonning davom etish vaqtini o'zgartirib turish mumkin, cho'kma filtrat bilan aralashmaydi va namlanmaydi, energiya sarfi kam. Filtrlovchi sentrifugalarni hisoblash suspenziyaning markazdan qochma kuch ta'sirida filtrlovchi to'siqqa ko'rsatadigan bosimi e'tiborga olgan holda oddiy filtrlarni hisoblash kabi amalga oshiriladi. Rotorni aylantirishga sarflanadigan dvigatel quvvati esa tindiruvchi sentrifugalarniki kabi hisoblanadi.

Tindiruvchi sentrifugar. Eng oddiy tindiruvchi sentrifuganing asosiy elementi valga mahkamlangan va kojux ichiga o'rnatilgan yon sirti butun barabandir. Suspenziya markazdan qochma kuch ta'sirida ajraladi: qattiq zarrachalar baraban devori yaqinida, toza suyuqlik uning o'qi atrofida yig'iladi. Tinigan suyuqlik barabanning yuqori qismidan kojuxga qo'yiladi va uning ostidagi teshikdan chiqib ketadi. Cho'kma esa sentrifuga to'xtatilgandan keyin qo'lda chiqarib olinadi. Tindiruvchi sentrifugar vertikal yoki gorizontal bo'lishi mumkin.

Uzluksiz ishlaydigan, gorizontal tindiruvchi sentrifugada cho'kma baraban ichida o'rnatilgan shnek yordamida chiqarib turiladi. Shnekning ichiga berilgan suspenziya markazdan qochma kuch ta'sirida maxsus teshiklar (derazachalar) orqali baraban bo'shlig'iga o'tadi va u yerda tiniydi. Tinigan suyuqlik barabanning yon tomonidagi teshik

orqali kojuxga o'tadi va u yerdan chiqib ketadi. Cho'kma shnek yordamida o'ngdan chapga uzluksiz siljiydi va shu tomonidagi teshikdan kojuxga o'tadi, hamda u yerdan ostki teshik orqali chiqib ketadi. Shnek barabanga nisbatan kichikroq tezlikda aylanadi.

Sanoatda **yuqori sentrifuga (sverxsentrifuga)** yoki **separator** deb ataluvchi maxsus sentrifugalari ham ishlatiladi. Ularda aylanish radiusini kamaytirish va tezligini oshirish hisobiga markazdan qochma kuch oshirilgan bo'ladi. Separatorlarning bir va ko'p kamerali, hamda tarelkali turlari ko'p qo'llaniladi. Ular emulsiyalarni va tarkibida qattiq zarrachalari kam bo'lgan suspenziyalarni ajratishga mo'ljallangan. Bir kamerali separatorga emulsiya baraban markazidagi trubadan kiritiladi va barabanning ishchi zonasiga tushadi. Bu yerdan markazdan qochma kuch ta'sirida emulsiya ikki qatlamga ajraladi: og'ir suyuqlik baraban devori tomonga otariladi va ko'tarilib baraban bilan korpus orasidagi maydonga tushib uning pastidagi chiqarish teshigidan, yengil suyuqlik esa yuqoridagi teshigidan chiqib ketadi.

Tarelkali separatorning kamerasida konus to'siqlar - tarelkalar o'rnatilgan bo'ladi. Tarelkalar uskunaning unumdorligini oshirish va ajratishning sifatini yaxshilash uchun xizmat qiladi[3].

Ko'p jinsli (geterogen) sistemalarni ajratishning samarali usullaridan biri sentrifugalash hisoblanadi. Bu jarayon markazdan qochma kuchlar yordamida amalga oshiriladi. Sentrifuga barabani aylantirilganda suspenziya ham aylanma harakat oladi. Ma'lumki aylanma harakatda markazdan qochma kuch vujudga keladi. Bu kuchning qiymati jism zichligiga (massasiga) bog'liq bo'lgani uchun og'irroq bo'lgan qattiq zarrachalar baraban devoriga jadalroq otariladi. Markazdan qochma kuch qancha katta bo'lsa, sentrifugalash shuncha jadal boradi. Bunday kuchni ikki yo'l bilan: sentrifuga barabanining, mos ravishda suspenziya aylanma tezliklarini oshirish yoki baraban radiusini kattalashtirish bilan, oshirish mumkin. Birinchi usul sentrifugalashni jadallashtirishda ikkinchisiga qaraganda samarali hisoblanadi. Chunki barabanning radiusini oshirish katta tezliklarda uning devoriga beriladigan bosimning keskin ortib ketishiga olib keladi va baraban devori materialining parchalanib ketish xavfi tug'iladi.

Bunday xulosaga quyidagi, markazdan qochma kuchni hisoblash tenglamisini taxlil qilishdan ham kelish mumkin:

$$F=(m g^2)/R$$

bu yerda m - massa; g - chiziqli tezlik; R - aylanish radiusi.

Chiziqli tezlikni ω burchak (aylanma) tezlik va radius orqali quyidagicha ifodalash mumkin:

$$g=\omega R$$

U holda

$$F=(m\omega^2 R^2)/R=m\omega^2 R$$

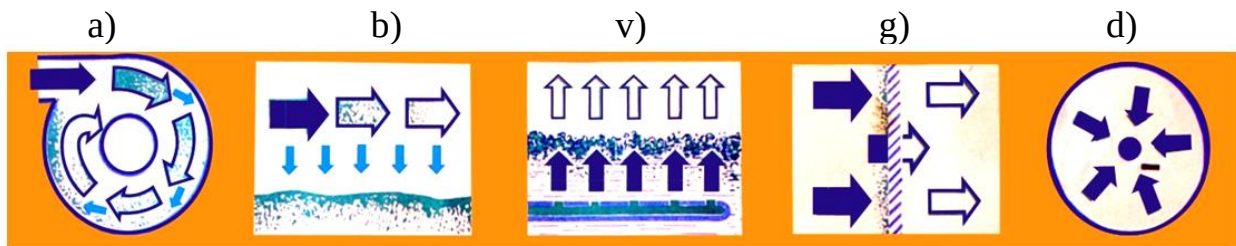
Oxirga tenglamadan ko'rinib turibdiki, burchak tezlik va radiusning ortishi bilan markazdan qochma kuch ortadi. Faqat markazdan qochma kuch burchak tezlikning kvadratiga proporsional bo'lganligi uchun, uning ta'siri ko'proq bo'ladi.

10-11-mavzu. Gazlarini tozalash usullari

Reja: 1. Sanoat gazlarini tozalash usullari. CHang cho'ktirish kamerasi.
2. Inersion ajratgichlar.
3. Markazdan qochma kuch ta'sirida ajratish. Siklon.
4. Batareyli siklon. CHanglarni yuvib toozalash.

13.1. Sanoat gazlarini tozalash usullari. Chang cho'ktirish kamerasi

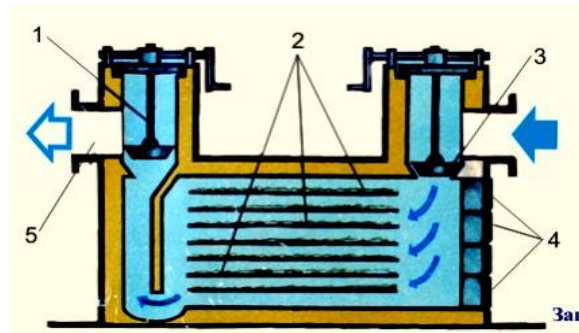
Tarkibida qattiq zarrachalar yoki suyuqlik tomchilari bo'lgan sanoat gazlari qo'yidagi usullar bilan tozalanadi (1.1 - rasm): a) markazdan qochma kuchlar ta'sirida tindirish; b) og'irlik kuchi ta'sirida tindirish; v) gazlarni yuvish (namlab tozalash deb ham yuritiladi); g) filtrlash; d) elektr kuchlari ta'sirida tozalash.



1.1- rasm. Gazlarni tozalash usullarining sxemalari

1.1. a - markazdan qochma kuchlar ta'sirida tindirish; b - og'irlik kuchi ta'sirida tindirish; v - gazlarni yuvish; g - filtrlash; d - elektr kuchlari ta'sirida tozalash.

Og'irlik kuchi ta'sirida tindirish, ichida gazning yo'nalishi va tezligi o'zgaradigan, davriy yoki uzluksiz ishlaydigan uskunalarda amalga oshiriladi. Bunday uskunalarga oddiy tindirgich va tindirish kamerasi (1.2 - rasm) misol bo'la oladi.



1.2- rasm. Tindirish kamerasi

1, 3 - yopish klapanlari; 2 - polkalar; 4 - cho'kmani chiqarib olish eshikchalari - toza gaz chiqadigan shtutser.

Tindirish kamerasida qattiq zarrachalar bir - biridan 40 - 100 mm masofada joylashtirilgan polkalar ustida cho'kadi. Gazning qattiq zarrachalarning cho'kishini ta'minlaydigan tezligi klapanlar yordamida sozlanadi. Toza gaz qaytarish to'sig'ini aylanib o'tib kameradan chiqib ketadi.

Tindirish kamerasini hisoblash uchun gazning sarfi, tindirish (cho'kish) tezligi va kameraning o'lchamlari orasidagi bog'liqlikni o'rnatish kerak bo'ladi. Buning uchun

to'g'ri burchakli uskunani qaraymiz. Zarrachalarning cho'kishi uchun ularning kamerada bo'lish vaqti τ_b cho'kish vaqti τ_t dan katta yoki teng bo'lishi kerak:

$$\tau_b = l/w; \tau_t = H/w_t \quad (1.1)$$

Bu tenglamalarda w - gazning tezligi, m/s; w_t - cho'kish tezligi, m/s; H - uskunaning balandligi, m; l - kameraning uzunligi.

Eng kamida qo'yidagi shart bajarilsagina zarracha cho'kib ulgurishi mumkin:

$$\tau_b = \tau_t \text{ yoki } l/w = H/w_t \quad (1.2)$$

Gazning tezligini hajmiy sarf orqali quyidagicha ifodalash mumkin:

$$w = V/(b \cdot H), \text{ unda } (lbH)/V = H/w_t \text{ yoki } V = w_t lb$$

bu yerda V - hajmiy sarf; b - kameraning eni.

Yuqorida keltirilgan tenglamalardagi lb ko'paytma tindirish yuzasini (maydonini) beradi:

$$lb = F_T$$

Demak tindirishning unumdorligi uning balandligiga bog'liq emas va cho'kish tezligi bilan tindirish yuzasining ko'paytmasiga teng:

$$V = w_t F_t$$

13.2. Siklon. Markazdan qochma kuch ta'sirida ajratish, batareyali siklon

Sanoatda gazlarni tozalashda markazdan qochma chang ushlagichlar - siklonlar keng qo'llaniladi. Siklonga chang urinma holatda (tangentsial) kiritiladi. Natijada gaz siklonning korpusi bilan ichki trubasi oralig'idagi halqa maydonda aylanma harakat qiladi. Bunday harakatda vujudga keladigan markazdan qochma kuch tasirida chang tarkibidagi qattiq zarrachalar korpus devoriga otariladi. Korpusga kelib urilgan zarrachalar devor bo'ylab pasta harakatlanadi va uskunaning ostki qismidagi shututserdan chiqarib olinadi. Gaz aylanma (uyurmali, vintsimon) va ayni vaqtda pasta harakat qiladi. Siklonning ostki, konus qismiga kelgandan keyin gaz rasdagi shututserdan chiqib keta olmay, o'z yo'nalishini 180° ga o'zgartirib, kichik diametrli uyurmali oqim bilan tepa, ichki truba tomon harakatlanadi. Qattiq zarrachadan malum bir miqdorda tozalangan gaz ichki truba orqali uskunaning tepa qismidan tashqariga chiqarib yuboriladi.

Xulosa qilib shuni ta'kidlash joizki, siklonda markazdan qochma kuch yuzaga kelishi uchun, gazni apparatga yetarlicha katta tezlikda kiritish kerak bo'ladi. Ya'ni siklonning tangentsial qilib o'rnatilgan shututserida gazning tezligi qancha katta bo'lsa, uning aylanma tezligi va mos ravishda markazdan qochma kuchning qiymati ham shunchalik katta bo'ladi.

Siklonda (2.1 - rasm.) gazlarni tozalash markazdan qochma kuch yordamida amalga oshiriladi. Silindr korpusga tangensial yo'nalishda kiritilgan chang korpus bilan ichki

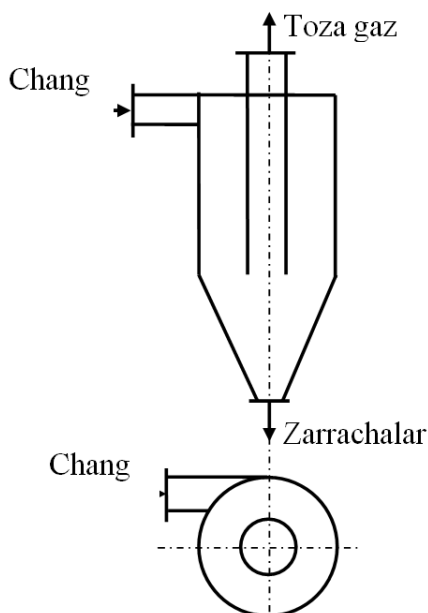
truba oralig'ida aylanma harakat oladi va shu bilan birga pasta harakat qiladi (spiral ko'rinishida). Korpusning konus qismining oxirigacha borgan gaz hech qayoqqa chiqolmay o'z yo'nalishini 180° ga o'zgartiradi va kichik radius bo'yicha aylanma harakat qilib ichki trubadan yuqoriga chiqib ketadi.

Gaz aylanma harakat qilganda apparat ichida markazdan qochma kuch hosil bo'ladi va uning ta'sirida qattiq zarrachalar korpus devoriga tomon otiladi va devor sirti bo'ylab pasta tushadi. Ular ostki shtutserdan chiqarib olinadi. Siklonlar sanoatda keng qo'llanilsada, gidrodinamikasi murakkab bo'lganligi uchun ular yaxshi o'rganilmagan. Shuning uchun siklonlarni tanlashda tajriba natijalariga tayaniladi.

Siklonlarni nazariy hisoblash murakkab bo'lganligi uchun ular soddalashtirilgan yo'l bilan gidravlik qarshiligi bo'yicha hisoblanadi. Bunda siklonga ma'lum bir mahalliy qarshilik tug'diruvchi qurilma deb qaraladi. Uning gidravlik qarshiligini esa gaz oqimining tezlik napori deb qarash mumkin:

$$\Delta p = \zeta(\rho w^2/2) \quad (2.1)$$

bu yerda w - gazning siklon Silindr qismining to'liq ko'ndalang kesimi bo'yicha olingan (fiktiv) tezligi; ζ - qarshilik koefitsienti; ρ - gazning zichligi.



2.1 - rasm. Siklon

(2.1) tenglamadan fiktiv tezlik topiladi:

$$w = [2\Delta p / (\zeta \rho)]^{0,5} \quad (2.2)$$

$\Delta p / \rho$ kattalikning qiymatini 500 - 750 m²/s² atrofida qabul qilish mumkin. Tajribalar asosida aniqlanadigan qarshilik koefitsientining qiymati esa siklon konstruksiyasiga bog'liq holda ma'lumotnomalardan olinadi. Shundan keyin sarf tenglamasidan siklon Silindr qismining diametri topiladi:

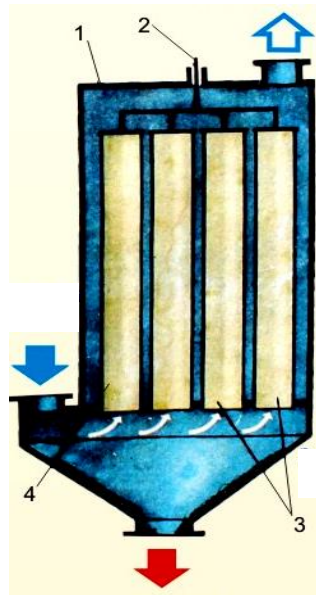
$$D = [V / (0,785 \cdot w)]^{0,5}$$

Siklonning boshqa o'lchamlari diametriga bog'liq holda topiladi.

Siklonlar tozalanishi kerak bo'lgan gazning miqdori 20000 m³/soat va qattiq zarrachalar miqdori 400 g/m³ bo'lgan hollarda qo'llaniladi. Agar gazning sarfi juda katta bo'lsa (140 m³/s gacha) siklonlar batareyasi (bir korpus ichiga o'rnatilgan bir nechta siklon) qo'llaniladi.

13.3. Changlarni yuvib tozalash. Filtrlash

Gazlarni filtrlash yordamida tozalash, toza gazni o'tkazib yuborib qattiq zarrachalarni tutib qoluvchi g'ovak to'siqlardan o'tkazish orqali amalga oshiriladi. Sanoatda **yengli filtrlar** (3.1 - rasm) keng qo'llaniladi. Chang filtr ichida, odatda vertikal mahkamlanadigan va gazlamadan qilinadigan yenglar ichiga kiritiladi. Yengning tepa qismi yoriq bo'lgani uchun gaz uning ichidan tashqarisiga filtrlovchi material orqali tozalanib o'tadi va qattiq zarrachalar engning ich tomonida qoladi. Yengli filtrlar bir yoki bir nechta seksiyali bo'lishi mumkin. Har bir seksiyaning tepa qismida gazning chiqishini to'xtatuvchi drossel klapanlari va cho'kmani uskunaning pastki qismiga tushirib turishga mo'ljallangan silkituvchi qurilma mavjud. Qattiq zarrachalarni chiqarib olish uchun seksiyalar navbat bilan to'xtatilib turiladi.



3.1 - rasm. Engli fil'tr

1 - korpus; 2 - silkituvchi qurilma; 3 - englar; 4 - gaz taqsimlash panjarasi.

Amaliyotda filtrlovchi elementlari qattiq, g'ovak (keramika, plastmassa, metall va hakoza) materialdan iborat bo'lgan **patron filtrlar** deb yuritiladigan filtrlar ham qo'llaniladi. Ularning filtrlovchi elementlari truba ko'rinishida yoki o'zaro ulangan kesik konuslar ko'rinishida bo'ladi. Gaz oqimi filtrlovchi materialdan o'tganda uning tarkibidagi zarrachalar filtrning g'ovaklarida o'tirib qoladi. Vaqti - vaqti bilan gaz oqimini teskari tomonga yo'naltirib qattiq zarrachalar uskunadan chiqarib yuboriladi.

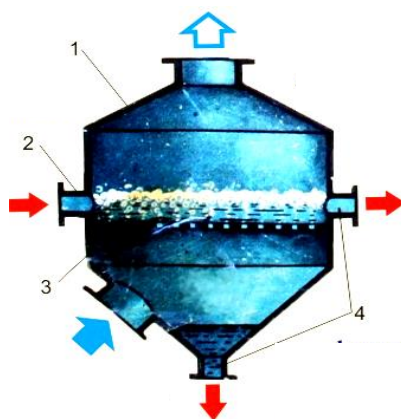
Gaz filtrlarini hisoblashda quyidagi tenglamadan filtrlash yuzasi topiladi:

$$F = V r_{\phi} / \Delta p$$

bu yerda r_f - filtrning maksimal qarshiligi, N·s/m³; Δr - maksimal gidravlik qarshilik, Ra.

13.4. Gazlarni tozalashning boshqa usullari, inertsiya ajratgichlar

Gazlarni tozalashning usullaridan yana biri ularni yuvishdir. Bu usul namlab tozalash ham deb yuritiladi va gazlarni yaxshilab tozalashda, gazning namligini oshirishga yo'l qo'ysa bo'ladigan hollarda qo'llaniladi. Gazlarni yuvish odatda barbotajli uskunalarda amalga oshiriladi (4.1 - rasm). Bunday uskunaning asosiy elementi korpus ichida gorizontall holda o'rnatilgan tarelka yoki teshikchali to'siqdir. Chang tarelkaning ostki qismidan kiradi va suyuqlik bilan ajralib tarelka ustida barbotaj (gaz - suyuqlik aralashmasi) qatlamini hosil qiladi. Suyuqlik gaz tarkibidagi qattiq zarrachalarni o'zi bilan olib yon tomonidagi yoki pastdagi teshikdan chiqib ketadi. Tozalangan gaz uskunaning tepa qismidan chiqarib olinadi.

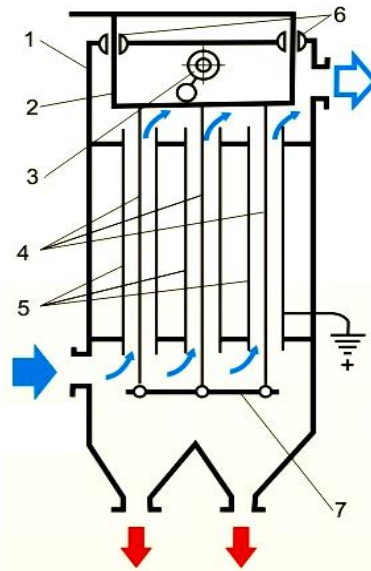


4.1 - rasm. Gazlarni yuvish uskunas

1 - korpus; 2 - suyuqlik kiradigan shtutser; 3 - panjara (tarelka); 4 - suspenziya chiqadigan shtutser.

Yuqoridagi usullardan tashqari ayrim hollarda gazlarni **elektr tozalash** ham uchraydi. Bu usul gaz molekulalarini ionlashtirishga va chang zarrachalariga elektr zaryadi berishga asoslangan.

Bunday zarrachalar elektr maydoni ta'sirida qarama - qarshi zaryadlangan elektrodlarda cho'kadi va o'z zaryadini yo'qotib gaz oqimidan ajraladi. Gazning ionlashishi yuqori kuchlanishli tokka ulangan elektrodlar oralig'idan gaz oqimi o'tganda yuzaga keladi (4.2 - rasm).



4.2 - rasm. Trubali elektrofiltr

1 - korpus; 2 - elektrodni osish uchun rama; 3 - silkitish qurilmasi; 4 - zaryadlash elektrodleri; 5 - cho'kma cho'kadigan truba elementlar; 6 - yuqori kuchlanishli izolyatsiya; 7 - yuk.

Ko'p jinsli sistemalarni ajratish jarayonlarini jadallashtirishning asosiy yo'nalishlari markazdan qochma kuchlar maydonining xususiyatlaridan to'liq foydalanib, uskunalarining unumdorligini oshirishdan va filtrlashda cho'kmani chiqarib tashlashni mexanizatsiyalashgan va avtomatlashgan usullarini joriy etishdan iborat.

Misol tariqasida shu yo'nalishda yaratilgan, cho'kma mexanik ravishda chiqariladigan aylanuvchi egri pichoqli diskli vertikal filtrni ko'rsatish mumkin. Bu filtr korpusi ichida filtrlash diskleri o'rnatilgan. Uning o'rta qismida cho'kma pasta harakatlanadigan teshik bor. Egri pichoq dvigatelga ulangan va yordamida aylanganda filtrlovchi disk ustidagi cho'kmani markazdagi teshikka surib keladi. Pichoqning orqasiga cho'kmaning qoldiqlarini olish va filtrlovchi to'siqni regeneratsiya qilish maqsadida maxsus qurilma mahkamlangan. Har bir disk uchta seksiyaga bo'lingan va ularda filtrat alohida truba orqali uskunaning tagiga tushadi va u yerdan tashqariga chiqib ketadi.

Sinovlarda yaxshi natija berganligi uchun filtrlash yuzasi 5, 10 va 20 m² bo'lgan diskli filtrlar ishlab chiqariladi.

Sanoatda gazlarni tozalashda markazdan qochma chang ushlagichlar - siklonlar keng qo'llaniladi. Siklonga chang urinma holatda (tangentsial) kiritiladi. Natijada gaz siklonning korpusi bilan ichki trubasi oralig'idagi halqa maydonda aylanma harakat qiladi. Bunday harakatda vujudga keladigan markazdan qochma kuch tasirida chang tarkibidagi qattiq zarrachalar korpus devoriga otariladi. Korpusga kelib urilgan zarrachalar devor bo'ylab pasta harakatlanadi va uskunaning ostki qismidagi shututserdan chiqarib olinadi. Gaz aylanma (uyurmali, vintsimon) va ayni vaqtda pasta harakat qiladi. Siklonning ostki, konus qismiga kelgandan keyin gaz pasdagi shututserdan chiqib keta olmay, o'z yo'nalishini 180 ° ga o'zgartirib, kichik diametrli uyurmali oqim bilan tepa, ichki truba tomon harakatlanadi. Qattiq zarrachadan malum bir miqdorda tozalangan gaz ichki truba orqali uskunaning tepa qismidan tashqariga chiqarib yuboriladi.

Xulosa qilib shuni ta'kidlash joizki, siklonda markazdan qochma kuch yuzaga kelishi uchun, gazni apparatga yetarlicha katta tezlikda kiritish kerak bo'ladi. Ya'ni

siklonning tangentsial qilib o'rnatilgan shututserida gazning tezligi qancha katta bo'lsa, uning aylanma tezligi va mos ravishda markazdan qochma kuchning qiymati ham shunchalik katta bo'ladi.

12-mavzu. Filtrlash jarayoni

- Reja:** 1. Filtrlash jarayoni. Filtrlash turlari. Filtr to'siqlar.
2. Filtrlash tezligi va tenglamasi.
3. Filtrlar konstruksiyalari.

Filtrlash jarayonining **harakatlantiruvchi kuchi** g'ovak to'siqning ikki tomonidagi **bosimlar farqidir**. Filtrlovchi to'siq sifatida turli xil gazlamalar, g'ovak metall yoki keramika to'siqlar, ba'zida qum va shag'al qo'llaniladi[3].

Filtrlashda qoldiq faqat to'siqning ustida emas, balki g'ovakchalarining ichida ham o'tirib qolishi mumkin. Shuning uchun filtrlar **qoldiq qatlam hosil qiluvchi** yoki **g'ovaklari to'ladigan** kabi turlarga bo'linadi.

Filtr ishlaganda filtrlovchi to'siq ustidagi qoldiq qatlami qalinlashib, uning gidravlik qarshiligi oshib boradi. Agar bunda bosimlar farqi oshirilmasa filtrlashning tezligi kamayadi. Lekin bosimni oshirish qoldiq qatlamini siqib qo'yishini ham unutmaslik kerak. Shunday qilib filtrlash jarayoni ikki xil usulda amalga oshirilishi mumkin: **o'zgarmas bosimlar farqida yoki o'zgarmas tezlikda**.

Sanoatda qoldiq qatlam hosil qiluvchi va o'zgarmas bosimlar farqida ishlaydigan filtrlar keng qo'llaniladi. Qoldiq qatlamning o'zi ham filtrlovchi to'siq rolini o'ynaydi. Qatlamning g'ovakligini oshirish va uning gidravlik qarshiligini kamaytirish uchun Suspenziyaga faollashgan ko'mir, maydalangan asbest yoki perlit kabi materiallar qo'shiladi, yoki filtrlovchi to'siqning ustiga yozib qo'yiladi.

Sanoatda filtrlash jarayoni odatda ketma - ket bajariladigan quyidagi operatsiyalarni o'z ichiga oladi[3. 176 bet]:

1. Suspenziyani filtrga kiritish.
2. Bevosita filtrlash jarayoni.
3. Filtratni chiqarib olish.
4. Cho'kmani yuvish.
5. Cho'kmani havo yoki boshqa inert gazlar bilan zararsizlantirish.
6. Cho'kmani issiq havo bilan quritish.
7. Cho'kmani chiqarib olish.
8. Filtrlovchi materialni regeneratsiya qilish (tozalash, yuvish, quritish va boshqalar).

Filtrlash jarayonining unumdorligi va olinadigan filtratning tozaligi asosan, filtr to'siqlarning xususiyatlariga bog'liq. Filtr to'siqlarning g'ovaklari yetarlicha katta va gidravlik qarshiligi esa kichik bo'lishi kerak.

Filtr to'siqlardan oldingi va keyingi bosimlar farqi yoki filtrlovchi materiallarga berilgan suyuqlik bosimini hosil qiluvchi kuchlar filtrlash jarayonining harakatlantiruvchi kuchi hisoblanadi.

Filtrlash tezligi. Filtrlash tezligi vaqt birligi ichida olingan filtratning hajmini ko'rsatadi. Amaliyotda ko'p qo'llaniladigan qoldiq qatlam hosil qilish bilan boradigan filtrlash jarayonining tezligi filtr to'siqning ikki tomonida hosil qilinadigan Δr bosimlar farqiga (harakatlantiruvchi kuchga) to'g'ri, filtr to'siq va cho'kmaning qarshiligiga teskari proporsional:

$$U_f = (dV_f) / (F_f d\tau) = \Delta r / [\mu_m (R_{f.t.} + R_q)] \quad (1.1)$$

bu erda V_f - filtratning hajmi; F_f - filtrlash yuzasi; τ - filtrlash vaqti; Δr - filtrning ikki tomonidagi bosimlar farqi; μ_m - muhitning (filtratning) qovushoqligi; $R_{f.t.}$ va R_q - filtr to'siqning va qoldiq qatlamining qarshiligi.

Bundan tashqari filtrlash tezligi ajratilayotgan suspenziyaning fizik - kimyoviy xossalariga, hosil bo'layotgan cho'kmaning xarakteri, filtrlashning usuli, filtrlash rejimi va boshqa kattaliklarga ham bog'liq[3].

Filtrlash rejimlari. Yuqorida ta'kidlanganidek amalda filtrlash jarayoni asosan ikki xil rejimda olib boriladi.

1. O'zgarmas bosimlar farqida, ya'ni $\Delta r = \text{const}$. Bunda vaqt birligi ichida filtrlash tezligi kamayib boradi. Bu rejimda Suspenziya ustidagi maydon siqilgan havo manbaiga yoki filtr to'siq ostidagi maydon vakuum manbaiga ulangan bo'ladi.

2. O'zgarmas tezlikda, ya'ni $U_f = \text{const}$. Tezlik o'zgarmas bo'lishi uchun cho'kma qatlamining qalinligi ortishi bilan bosimlar farqini oshirib borish kerak. Bu rejimda ishlaydigan filtrlarga suspenziya porshenli nasoslar yordamida berilib turadi.

Bulardan tashqari kam hollarda bir vaqtning o'zida bosim ham va filtrlash tezligi ham o'zgarib turadigan rejimda ishlaydigan filtrlar ham qo'llaniladi. Bunday uskunalariga Suspenziyani kiritish markazdan qochma nasoslar yordamida amalga oshiriladi.

Filtrlashning davomiyligi bosimlar farqi, filtr to'siqlarning gidravlik qarshiligi, cho'kmaning tarkibi va muhitning qovushoqligiga bog'liq. Kerakli V_f miqdordagi va talab etilgan tozalikdagi filtrat olish uchun ketadigan vaqt, ya'ni filtrlash davri quyidagi tenglamalardan torpladi:

- bosimlar farqi Δr o'zgarmas bo'lgan sharoitda amalga oshiriladigan filtrlash uchun:

$$\tau = [(\mu_m \cdot r_q \cdot x_q) / (2\Delta r)] \cdot (V_f / F_f)^2 + [(R_{f.t.} \cdot \mu_m) / \Delta r] \cdot (V_f / F_f) \quad (1.2)$$

- tezlik o'zgarmas bo'lgan sharoitda amalga oshiriladigan filtrlash uchun:

$$\tau = [(\mu_m \cdot r_q \cdot x_q) / \Delta r] \cdot (V_f / F_f)^2 + [(R_{f.t.} \cdot \mu_m) / \Delta r] \cdot (V_f / F_f) \quad (1.3)$$

Bu tenglamalarda r_q - qoldiqning solishtirma qarshiligi; x_q - qoldiq hajmining filtrat hajmiga nisbati.

Yuqoridagi (1.2) va (1.3) tenglamalarni taqqoslasak shunga amin bo'lamizki, bir xil V_f va F_f bo'lgan hollarda, bosimlar farqi Δr o'zgarmas bo'lgan sharoitda amalga oshiriladigan filtrlashning jadalligi, tezlik o'zgarmas bo'lgan sharoitda amalga oshiriladigan filtrlashnikiga qaraganda yuqori ekan.

Eng oddiy filtr - idish ichida o'rnatilgan filtrlash to'sig'idan iborat. To'siqning ikki tomonidagi bosimlar farqi tufayli to'siqning g'ovakchalaridan suyuqlik tozalanib o'tadi va u filtrat deyiladi. Filtrlovchi to'siq ustida yoki uning ichki g'ovaklarida qattiq zarrachalar ushlab qolinib cho'kma hosil bo'ladi va u qoldiq deb yuritiladi. Bunday filtrlarga nutch va druk filtrlar misol bo'ladi.

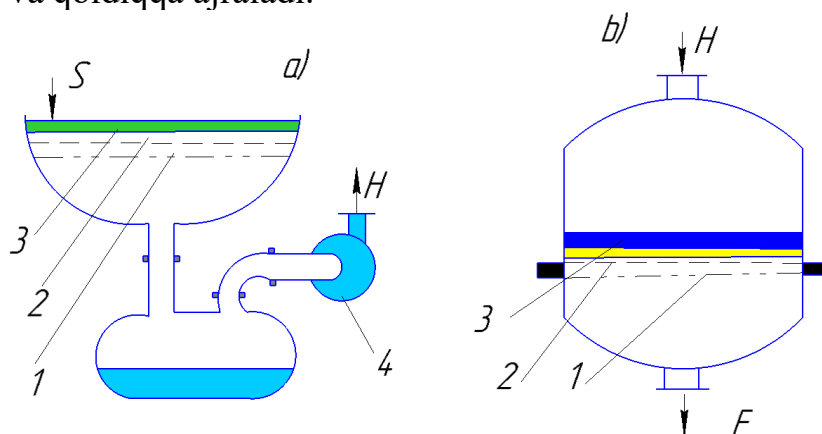
11.2. Harakatlantiruvchi kuch. Filtrlar. Nutch va druk filtrlar

Nutch va druk filtrlarning konstruktsiya juda oddiy bo'lishi bilan birga foydali filtrlash yuzasi kichik, hamda ko'p qo'l mehnatini talab etgani uchun ular katta bo'lmagan hajmdagi suspenziyalarni ajratishda qo'llaniladi[3].

Nutch filtrning tuzilish va ishlash sxemasi 2.1. a rasmda ko'rsatilgan. Bu filtr usti

ochiq, aylana yoki to'rt burchakli kesimga ega bo'lgan korpus ichida o'rnatilgan metall panjara ustida mahkamlangan filtrlovchi materialdan (keramik plita, gazlama va boshqa) iborat. Nutch filtrlar davriy rejimda ishlaydi. Ajratiladigan suspenziya apparatning tepasidan filtrlovchi material ustiga quyiladi. Korpusning pastki qismida joylashgan bo'shliqdagi havo vakuum - nasos yordamida so'rib olinib jarayonning harakatlantiruvchi kuchi bo'lgan vakuum hosil qilinadi. Suspenziyaning suyuq qismi filtr to'siqdan tozalanib o'tadi va filtrat uskunaning tagidan chiqarib olinadi. Filtrlovchi material ustida qolib qatlam hosil qilgan qattiq zarrachalar filtrlash to'xtatilgandan keyin apparatdan chiqarib olinadi[3].

Druk filtrlarning tuzilishi va ishlash prinsipi nutch filtrnikiga o'xshash (2.1 (b) rasm). Ularning tuzilishidagi farq shundaki, druk filtrlarning usti yopiq. Apparatning tepa qismidagi bo'shlig'iga kompressor yordamida haydaladigan havo hosil qilinadigan bosim druk filtrlarning harakatlantiruvchi kuchi bo'lib xizmat qiladi. Havo bosimi ostida suspenziya filtrat va qoldiqqa ajraladi.



2.1 - rasm. Nutch (a) va druk (b) filtrlar

1 - panjara; 2 - filtrlovchi to'siq; 3 - qoldiq; 4 - vakuum - nasos; S - suspenziya; H - havo; F - filtrat.

11.3. Filtr presslar

Sanoatda asosan ramali va kamerali filtr - presslar ishlatiladi. Ramali filtr - press navbatma - navbat o'rnatilgan plita va ramalardan, hamda ular orasiga qo'yib siqiladigan filtrlovchi materialdan iborat. Bu uskunaning ishlash sxemasi 3.1 - rasmda ko'rsatilgan[3].

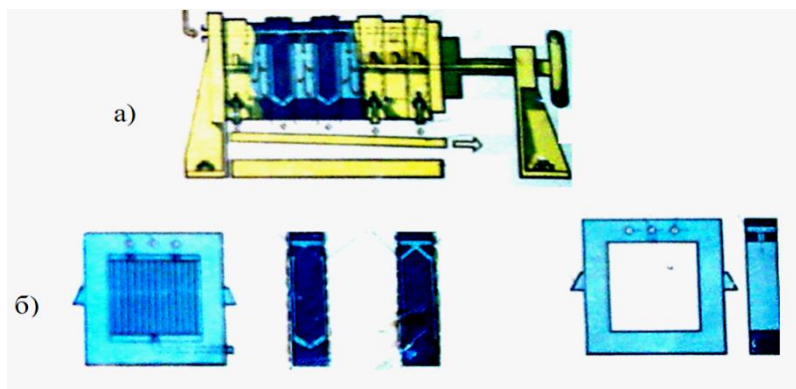
Filtr - presslarning afzalligi - hajm birligidagi filtrlash yuzasi kattaligi bo'lsa, kamchiligi - ko'p qo'l mehnatini talab qilishidir.

Kamerali filtr - pressning ishlash prinsipi ramalinikiga o'xshaydi. Farqi shundaki filtrlash jarayonini yaxshilash uchun unda plitalar gorizontall joylashtirilgan. Bunda filtratning harakatiga og'irlik kuch mos tushadi va qattiq zarrachalarning gravitatsiya maydonida cho'kishiga imkon tug'iladi.

Filtr - pressning plita va ramalari soni 12 tadan 42 ta gacha bo'ladi. Ramalarning qalinligi 25 - 46 mm oralig'ida bo'ladi. Plita va ramalar yon tomonidan ikkita parallel joylashgan sterjenga o'rnatiladi. Har bir plitaga filtrlovchi material kiydiriladi. Rama va plitalar gidravlik qurilma - plunjer hosil qilgan bosim yordamida siqiladi.

Bosim ostida berilgan suspenziya ramaning bo'shlig'iga kiradi va undan filtrlovchi material orqali plita tomonga o'tadi. Material plitaga yorishib qolmasligi uchun plitaning yon tomonlarida tarnovchalar qilingan. Filtrat plita tomonga o'tgandan keyin ana shu

tarnovchalardan pasta oqib tushadi va plitaning pastki qismida joylashgan kanalcha orqali chiqib, umumiy tarnovga tushadi. Filtr ma'lum bir muddat ishlagandan keyin qoldiq qatlam qalinlashadi, ramaning ichki qismi cho'kma bilan to'radi. Bunda gidravlik qarshilik oshadi va bu holni filtrda o'rnatilgan manometr yordamida kuzatish mumkin. Bunday vaziyatda filtrlash jarayoni to'xtatilib yuvish jarayoni amalga oshiriladi. Yuvishda suv o'zi uchun moslashtirilgan kanalcha orqali plitaning tarnovchalariga tushadi va undan filtrlovchi to'siqni yuvib rama bo'shlig'iga o'tadi. Bo'shliqning pastki qismida suv yana qaytib tarnovchaga o'tadi va maxsus kanalcha orqali pasta tushib ketadi. Yuvish tugagandan keyin plita va ramalar bir - biridan ajratiladi va qoldiq chiqarib tashlanadi.



3.1 - rasm. Filtr – press

a - umumiy ko'rinishi; b - plita; v – rama

Shunday qilib filtr presslarning ish sikli quyidagi jarayonlardan iborat bo'ladi:

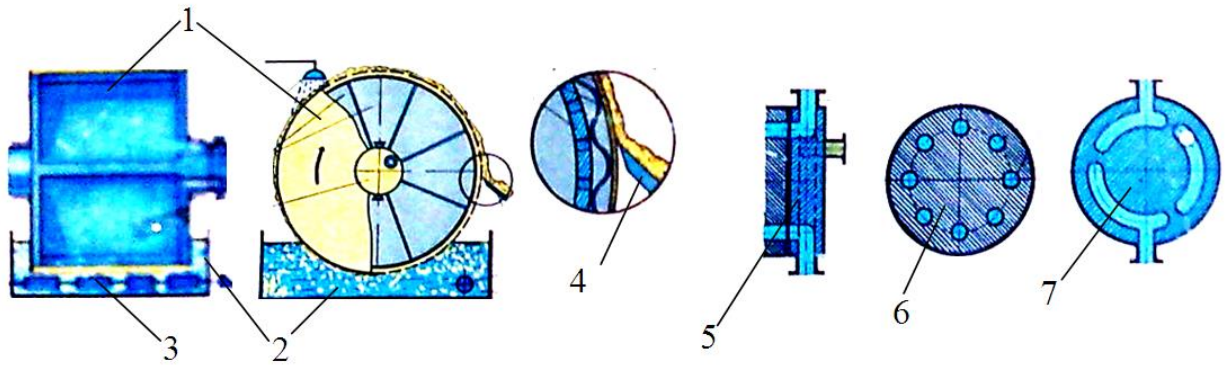
1. Filtrni ishga tayyorlash.
2. Filtrlash.
3. Yuvish.
4. Filtrdan cho'kmani chiqarib olish.

Bunday davriy ishlaydigan qurilmalarni ishlatish ko'p va og'ir jismoniy qo'l mehnatini talab qiladi. Bundan tashqari yordamchi jarayonlarni bajarish uchun ish siklining 30 foiziga yaqin vaqt ketadi. Bu filtrlarda ko'p miqdorda gazlamalar sarf bo'ladi. Uzluksiz ishlaydigan filtrlash qurilmalari bu kamchilikdan holi.

11.4. Barabanli vakuum – filtrlar

Uzluksiz ishlovchi barabanli vakuum - filtrlarning asosiy elementi suspenziya solingan idish - tog'oraga (korito) gorizontol holda botirilgan, o'z o'qi atrofiga aylanuvchi silindr baraban bo'lib, uning yon sirtida teshiklari bor (4.1 - rasm). Ana shu sirt filtrlovchi gazlama bilan o'raladi. Filtrlash sirtining ostida, ya'ni barabanning ichida vakuum hosil qilinadi va filtrat gazlama orqali ichki maydonga so'riladi. Sirtning yuzida hosil bo'ladigan cho'kma maxsus pichoq bilan kesiladi. Qattiq zarrachalarning suspenziya idishida (tog'ora ichida) cho'kishining oldini olish maqsadida bu idish ichida qorg'ich o'rnatiladi. Barabanning ichki tomoni to'siqlar yordamida bir nechta seksiyalarga bo'linadi. Bu seksiyalar trubkalar yordamida barabanning ikki tomonidagi o'qini ushlab turuvchi sapfalar orqali o'tuvchi kanallarga bog'langan. Bu kanallar o'z navbatida taqsimlash kallagi deb nomlanadigan qo'shib - ajratuvchi qurilmaga ulangan. Taqsimlash

kallagi ikki qismdan iborat bo'lib bittasi aylanuvchi, ikkinchisi qo'zg'almas.



(4.1-rasm)

Har qaysi sapfa nechta teshikka ega bo'lsa, aylanuvchi qism ham shuncha teshikka ega. Qo'zg'almas qism esa, filtrat va yuvuvchi suyuqliklar chiqadigan, cho'kmani quritish uchun mo'ljallangan havo va filtrlash gazlamasini regeneratsiya qiluvchi bug' kiradigan quvurlar bilan ulangan teshiklarga ega. Kallakning ikkala qismi bir biriga maxsus qurilma yordamida siqib turiladi.

Baraban har bir aylanganda ketma - ket filtrlash, cho'kmani quritish, yuvish, ikkinchi marta quritish, cho'kmani olish va gazlamani regeneratsiya qilish zonalari orqali o'tadi.

Biz yuqorida ko'rgan tashqi filtrlash yuzali uskunadan tashqari ichki filtrlash yuzali barabanli filtrlar ham uchraydi.

Filtrlarni hisoblash. Filtrlash jarayonining tezligi bir qator kattaliklarga bog'liq bo'lganligi uchun filtrlash qurilmalarini hisoblash ancha murakkab. Shuning uchun hisoblarni soddalashtirish maqsadida filtrlashda og'irlik kuchi ta'sirida cho'kayotgan zarrachalarning qarshiligi, filtrlashning solishtirma qarshiligi va filtr to'siqning qarshiliklarining vaqt davomidagi o'zgarishlari e'tiborga olinmaydi. Bundan tashqari hisoblar cho'kma qatlamining minimal qalinligi uchun amalga oshiriladi. Bunda filtrning berilgan yuzasi bo'yicha qurilmalarning soni, filtratning miqdori va filtrlash vaqtlari aniqlanadi[3].

13-mavzu. Mavhum qaynash qatlami gidrodinamikasi

Reja: 1.Qo'zg'almas donador va g'ovak qatlamlar orqali suyuqlik harakati.

2.Suyuqlikni aralashtirish usullari.

3.Mavhum qaynash qatlamida birinchi va ikkinchi kritik tezliklar.

4.Arxmlmed soni. Mavhum qaynash soni.

7.1. Mavhum qaynash qatlam gidrodinamikasi, xarakteristikalar

Mavhum qaynash qatlamli apparatlar quyidagi **afzalliklari** tufayli sanoatda keng qo'llaniladi:

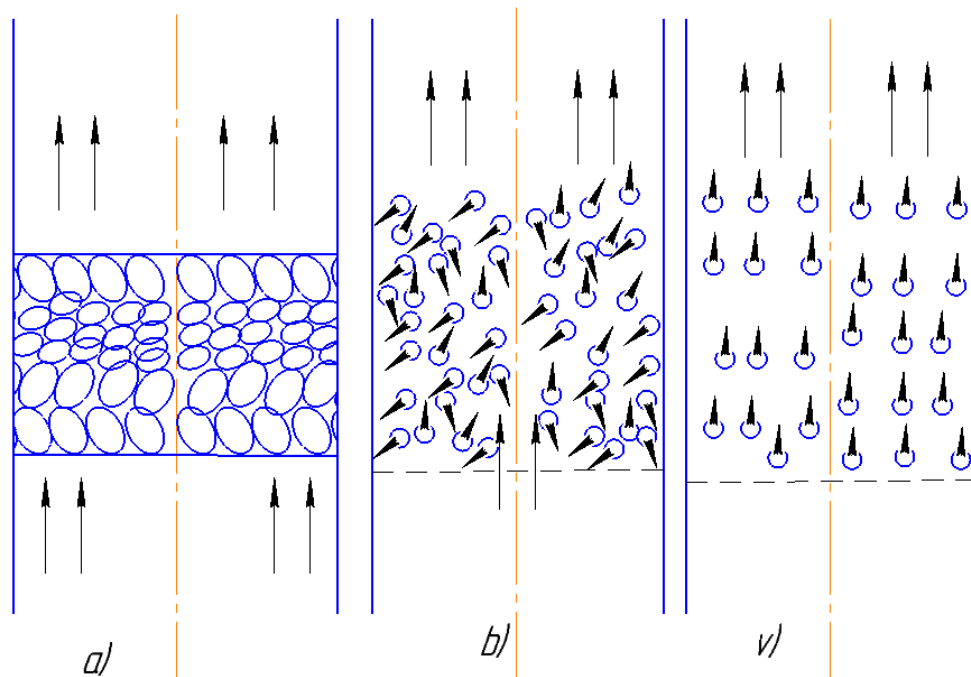
- apparat hajmida temperatura va kontsentratsiyalarning jadal tenglashishi;
- suyuqlik (gaz) va zarrachalar kontaktlashish yuzasining maksimal qiymatgacha ortishi;
- mavhum qaynash holatida donador materiallarni ajratish mumkinligi;
- material mavhum qaynab turgan tezliklarning keng diapazonida gidravlik qarshilikning katta bo'lmaganligi;

- uskuna konstruksiyasining oddiyligi.

Tinch turgan donador material qatlami orqali suyuqlik (gaz) oqib o'tganda, oqim tezligi kichik bo'lsa, qatlam qo'zg'almas holicha qolaveradi (1.1 - rasm). Tezlik oshirib borilsa, qatlamning gidravlik qarshiligi ham o'sib boradi. Tezlikning oshib borishi natijasida shunday hol o'rnatiladiki, bunda qarshilik kuchi donador material qatlami og'irligi bilan muvozanatlashadi. Tezlikning keyingi, hatto juda ozgina ortishi ham zarrachalarni qo'zg'atib tepaga ko'tara boshlaydi va ular gaz (suyuqlik) oqimi ichida muallaq turib qoladi. Ana shunday holga mos kelgan tezlik birinchi kritik tezlik yoki mavhum qaynashning (psevdo qaynashning) **boshlanish tezligi** deyiladi. Zarrachalari suyuqlik oqimida muallaq bo'lib turgan donador material qatlami **mavhum qaynash qatlami** deyiladi.

Tezlik yana ham oshirilsa qatlam kengayib boradi, natijada uning g'ovakligi va shu bilan birga zarrachalar harakatining jadalligi oshadi. Qatlam og'irligi o'zgarmaganligi uchun, uning qarshiligi ham o'zgarmay qoladi.

Tezlikning keyingi ortib borishi ikkinchi kritik tezlikning o'rnatilishiga olib keladi. Tezlikning bu qiymatida zarrachalar apparatdan suyuqlik (gaz) bilan birga chiqib keta boshlaydi. Bunday tezlik **tashib ketish tezligi** deyiladi.



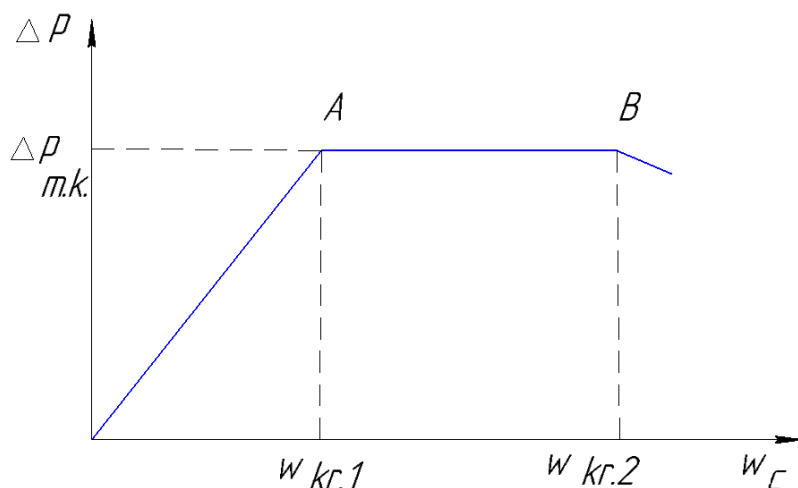
1.1 - rasm. Suyuqlikning (gazning) qattiq zarrachalar qatlami orqali harakati:

a - qo'zg'almas qatlam; *b* - mavhum qaynayotgan (zarrachalari muallaq bo'lib turgan) qatlam; *v* - zarrachalarning oqim bilan tashib ketilishi.

7.2. Qo'zg'almas va mavhum qaynash qatlamlarining gidravlik qarshiligi

Donador materiallarning mavhum qaynash jarayonini mavhum qaynash egri chizig'i orqali tushuntirish mumkin (2.2 - rasm). Bu chiziq koordinata o'qlarida donador material qatlami gidravlik qarshiligining muhit tezligiga bog'liqligini qurganda kelib chiqadi. Grafikdan ko'rinib turibdiki egri chiziqning OA qismida tezlik ortishi bilan qatlamning gidravlik qarshiligi ham ortib boradi. Tezlik birinchi kritik $w_{kr.1}$ qiymatga erishgan A

nuqtadan **mavhum qaynash boshlanadi**. Chiziqning $w_{kr.1}$ bilan $w_{kr.2}$ tezliklar oralig'iga mos keluvchi AB qismida **mavhum qaynash** amalga oshadi. Yuqorida ta'kidlaganimizdek tezlikning ikkinchi kritik



2.2 - rasm. Mavhum qaynash egri chizig'i.

$w_{kr.2}$ qiymatidan zarrachalarning uskunadan **tashib ketilishi boshlanadi** va donador material miqdori va mos ravishda og'irligi kamayganligi sababli gidravlik qarshilik kamayadi.

Mavhum qaynayotgan donador material qatlamining gidravlik qarshiligini quyidagi tenglamadan topish mumkin:

$$\Delta p = 150 \cdot [(1 - \varepsilon)^2 \mu H w_c / (\varepsilon^3 \Phi^2 d^2)] + 1,75 \cdot H(1 - \varepsilon) / [(\varepsilon^3 \cdot \Phi) \cdot (\rho w_c^2 / d)] \quad (2.1)$$

Birinchi kritik, ya'ni **mavhum qaynashning boshlanish tezligini** topish uchun juda ko'p formulalar taklif qilingan. Ular ichidan quyidagi ixcham tenglamani qo'llash qulay:

$$Re = Ar / (1400 + 5,22 \cdot Ar^{0,5}) \quad (2.2)$$

Ikkinchi kritik tezlik, **tashib ketish tezligini** ham shunga o'xshash tenglamadan topish mumkin:

$$Re = Ar / (18 + 0,575 Ar^{0,5}) \quad (2.3)$$

Tenglamadan ko'rinib turibdiki, ikkinchi kritik tezlik, ya'ni tashib ketish tezligi qattiq zarrachaning og'irlik kuchi ta'sirida suyuq muhitda cho'kish tezligi bilan bir xil bo'lar ekan.

8 - BOB. NASOSLAR. SUYUQLIKLARNI UZATISH

8.1. Nasoslar va ularning turlari, suyuqliklarni uzatish

Suyuqliklarni uzatishning harakatlantiruvchi kuchi bosimlar farqi bo'lib u nasoslar deb nomlanadigan gidravlik mashinalar yordamida hosil qilinadi. Nasoslarni to'rtta katta guruhga bo'lish mumkin:

- **dinamik nasoslar** (markazdan qochma, o'qli, uyurmali va boshqalar);
- **hajmiy nasoslar** (porshenli, plastinkali, tishli g'ildirakli, vintli);
- **tezkor oqimli uskunalar** (ejektorlar va injektorlar);
- **pnevmatik uskunalar** (monteju, erlift, gazlift va boshqalar).

Dinamik nasoslarda aylanadigan parrakning mexanik energiyasi hisobiga suyuqlik nasosga kirish joyidan chiqish joyigacha siljiriladi va u yerda bosimi ortib, haydash quvuriga kiradi va harakatini davom ettiradi. Hajmiy nasoslarda suyuqlik davriy ravishda qattiq jismlar yordamida bir joydan so'rib olinadi va ikkinchi joyga uzatiladi. Tezkor oqimli uskunalarda suyuqlikni uzatish harakatlantiruvchi gaz, bug' yoki suvning ingichka va shiddatli oqimi yordamida amalga oshiriladi. Pnevmatik uskunalarda suyuqlik gazning bosimi hisobiga harakatlantiriladi. Keyingi ikki guruh uskunalari nasoslarning vazifasini bajarganligi uchun nasoslar guruhiga kiritilsa ham, ular gidravlik mashina emas, chunki ularda harakatlanuvchi qismlar yuq.

8.2. Nasoslarning asosiy parametrlari. Unumdorlik, napor, quvvat sarfi. So'rish balandligi

Har qanday nasosning bajaradigan ishi quyidagi parametrlar bilan xarakterlanadi.

1. **Nasosning unumdorligi** (podacha) - vaqt birligi ichida nasos uzatgan suyuqlik hajmi bo'lib, Q harfi bilan belgilanadi va m^3/s larda o'lchanadi.

2. **Nasosning nabori** N , m, - nasos ichida haydaladigan suyuqlikning og'irlik birligiga beriladigan solishtirma energiya. Nasosning to'liq nabori quyidagi tenglamalar yordamida topiladi (2.1 - rasm):

$$H=(p_2 - p_1)/(\rho g)+H_g+h_y \quad (2.1)$$

Nasosning naborini haydash quvuridagi manometr bilan so'rish quvuridagi vakuummetrlar ko'rsatadigan p_h va p_s bosimlar bo'yicha ham topish mumkin:

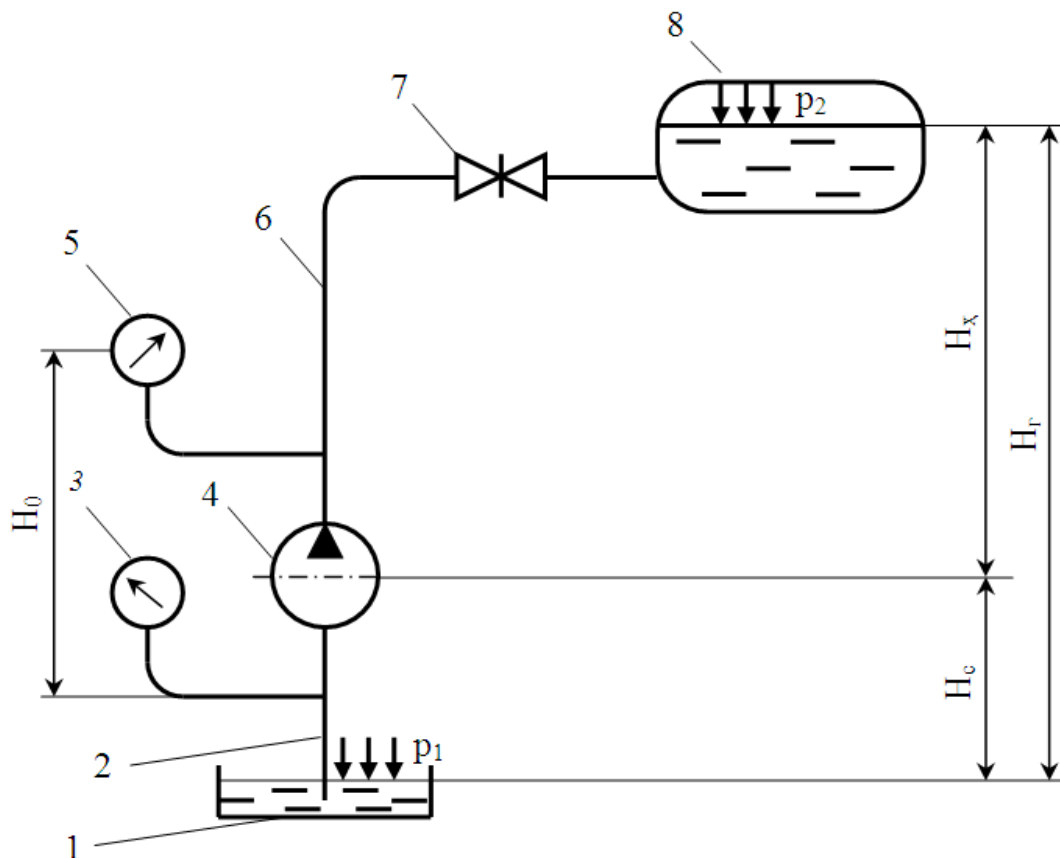
$$H=(p_h - p_s)/(\rho g)+H_0+(w_h^2 - w_s^2)/2g \quad (2.2)$$

Bu tenglamalarda p_1 va p_2 - so'rish va haydash qismlaridagi bosimlar; N_g - suyuqlik ko'tariladigan geometrik balandlik; h_y - suyuqlikka tezlik berishga, hamda so'rish va haydash quvurlaridagi qarshilikni yengib o'tishga sarflanadigan napor; p_h va p_s - suyuqlikning nasosdan chiqayotgandagi va unga kirayotgandagi bosimlari; N_0 - so'rish va

haydash bosimlari o'lchanadigan nuqtalar orasidagi masofa; w_h va w_s - suyuqlikning nasosdan chiqayotgandagi va unga kirayotgandagi tezliklari.

Agar w_h va w_s bir - biriga yaqin yoki teng bo'lsa, hamda N_0 juda kichik bo'lsa (2.2) tenglama soddalashadi:

$$H=(p_h - p_s)/(\rho g) \quad (2.2a)$$



2.1 - rasm. Nasos qurilmasining sxemasi:

1 - so'riladigan suyuqlik idishi; 2 - so'rish quvuri; 3 - vakuummetr; 4 - nasos; 5 - manometr; 6 - naporli quvur; 7 - zadviyka; 8 - naporli idish.

3. **Nasosning so'rish balandligi** - nasosning gorizontall o'qi bilan so'riladigan suyuqlik sathi orasidagi masofa bo'lib quyidagi tenglamadan topiladi:

$$H_s = p_{si}/(\rho \cdot g) - [p_s/(\rho \cdot g) + (w_s^2/2g) + h_{y.s}] \quad (2.3)$$

bu yerda r_{si} - so'rish idishidagi bosim; ρ - suyuqlikning zichligi; g - erkin tushish tezlanishi; $h_{y.s}$ - so'rish quvurida yo'qotilgan napor.

4. **Nasosning quvvati.** Nasoslarga nisbatan quyidagi ikki xil quvvat tushunchasi ishlatiladi. Birinchisi nasos iste'mol qiladigan quvvat:

$$N=(Q\rho gH)/\eta \quad (2.4)$$

Ikkinchisi nasos yordamida suyuqlikka berilgan foydali quvvat bo'lib N_f harfi bilan belgilanadi.

Foydali quvvatning nasos iste'mol qiladigan quvvatga nisbatiga teng bo'lgan o'lchamsiz kattalik nasos qurilmasining foydali ish ko'effitsienti deyiladi:

$$\eta = N_f / N \quad (2.5)$$

Umumiy foydali ish ko'effitsienti η_n nasosning, η_u uzatmaning va η_{dv} dvigatelning foydali ish ko'effitsientlarining ko'paytmasiga teng, ya'ni

$$\eta = \eta_n \cdot \eta_u \cdot \eta_{dv} \quad (2.6)$$

Nasosning so'rish balandligini quyidagi tenglamadan ham aniqlash mumkin:

$$H_s = p_1 / (\rho g) - [p_s / (\rho g) + (w_h^2 - w_s^2) / (2g) + h_{s,y}] \quad (2.7)$$

Tenglamadan ko'rinib turibdiki so'rish idishidagi p_1 bosim ortishi, hamda p_s so'rish bosimining, suyuqlikning so'rish quvuridagi tezligining va so'rish quvurida yo'qotilgan $h_{s,y}$ naporning kamayishi bilan so'rish balandligi oshadi.

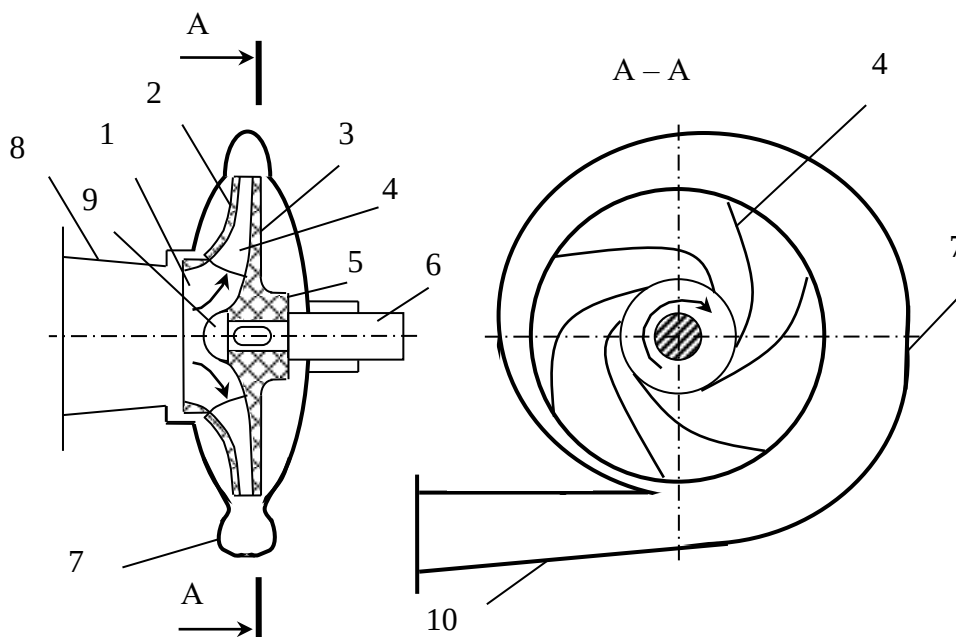
14-15-mavzu. Suyuqliklarni uzatish. Nasoslar

- Reja:** 1. Nasoslar va ularning turlari.
2. Nasoslarning asosiy parametrlari.
3. Porshenli nasoslar.
4. Markazdan qochma nasoslar tuzilishi, ishlash prinsipi va xarakteristikalari.
5. Proporsionallik qonuni. Kavitatsiya. Boshqa turdagi nasoslar.

Kimyo texnologiyasida asosan **markazdan qochma va porshenli nasoslar** ko'p ishlatiladi. Porshenli nasoslarga nisbatan quyidagi afzalliklarga ega bo'lganligi uchun markazdan qochma nasoslar ko'proq qo'llaniladi:

- 1) konstruktsiya oddiy va ishlatish oson;
- 2) unumdorligi yuqori;
- 3) suyuqlikni bir tekisda, ravon uzatadi;
- 4) tarkibida qattiq zarrachalari bo'lgan suyuqliklarni ham hayday oladi;
- 5) yengil fundamentlarda o'rnatilishi mumkin;
- 6) valining aylanish chastotasi yuqori bo'lganligi uchun oraliq uzatmasiz (reduktorsiz) ishlaydi;
- 7) foydali ish koeffitsienti yuqori.

Markazdan qochma nasoslarning (1.1 - rasm) asosiy elementi ishchi g'ildiragi bo'lib, u chig'anoqsimon korpusda o'rnatilgan. Bu g'ildirak ikkita: 2 - oldingi, tekis va 3 - ostki, suyuqlikning o'tishiga moslashtirilgan, egri plastinkalardan qilingan, tarnovlari bo'lgan disklarni birlashtirib yasaladi. Birinchi diskda suyuqlik g'ildirakning ichiga kirishi uchun teshik qo'yilgan. G'ildirak nasosning valiga maxsus, suyuqlikning ravon o'tishini ta'minlovchi 9 - gayka yordamida qotiriladi.



1.1- rasm. Markazdan qochma nasos:

1 - so'rilish teshigi; 2 - oldingi disk; 3 - orqa disk; 4 - parrak (egri plastinka); 5 - stupitsa; 6 - val; 7 - korpus; 8 - so'rilish patrulkasi; 9 - gayka; 10 - chiqish patrulkasi.

Markazdan qochma nasosni ishga tushirish uchun u **suyuqlikka to'ldirilgan bo'lishi kerak**. Ishchi g'ildirak katta burchak tezlik bilan aylanganda uning ichidagi suyuqlik markazdan qochma kuch ta'sirida korpus bilan g'ildirak orasidagi o'zgaruvchan ko'ndalang kesimga ega bo'lgan kanalga kelib tushadi. G'ildirakning aylanish yo'nalishi bo'yicha kanalning ko'ndalang kesim yuzasi oshib borganligi tufayli unda suyuqlikning tezligi haydash quvuridagi tezlikkacha kamayadi. Natijada **suyuqlik oqimining kinetik energiyasi statik naporga aylanib** (Bernulli tenglamasiga asosan) suyuqlikning bosimi oshadi. G'ildirak o'qi atrofida, ya'ni unga suyuqlik kiradigan joyda, bosimning kamligi suyuqlikning nasosga so'rilishini ta'minlaydi.

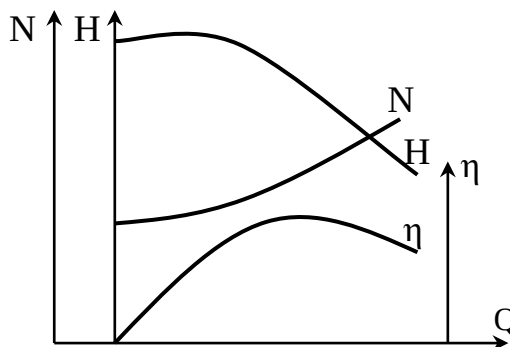
Markazdan qochma nasoslar hosil qiladigan napor 50 m dan oshmaydi. Kattaroq napor hosil qilish uchun bitta korpus va bitta valda o'rnatilgan bir nechta ishchi g'ildirakli, ya'ni ko'p bosqichli nasoslar qo'llaniladi.

Markazdan qochma nasoslar po'lat, cho'yan, rangli metallar, ba'zida keramika, shisha va plastmassadan yasaladi.

Markazdan qochma nasoslarning shartli belgilanishidagi sonlar va harflar quyidagilarni bildiradi: birinchi X harfi - kimyoviy ishlab chiqarishga mo'ljallanganligini; birinchi son - nominal unumdorligini; ikkinchi son - nominal naporini; ikkinchi harf nasosning suyuqlik bilan tegishadigan qismining materialini (masalan K - xromonikelli po'lat; E - xromonikelmolibdenli po'lat; LE - yuqori kremniyli cho'yan; T - titan qotishmasi va boshqa); uchinchi harf mahkamlash qurilmasining turini, masalan: S - o'zgarmas salnikli mahkamlagich, SD - ikki qatli yumshoq salnik.

9.2. Markazdan qochma nasoslarning xarakteristikasi

Aylanishlar soni n o'zgarmas bo'lganda, N nasos napori, N iste'mol qiladigan quvvati, η foydali ish koeffitsientlarining Q nasos unumdorligiga bog'liqlik grafigi **nasosning xarakteristikasi** deyiladi. Markazdan qochma nasoslar uchun bunday bog'liqlik 2.1 - rasmda ko'rsatilgan. Ko'rinib turibdiki $n=\text{const}$ bo'lganda unumdorlik ortishi bilan napor kamayadi, iste'mol qilinadigan quvvat oshadi, foydali ish koeffitsienti esa oshib borib, nasosning ma'lum bir unumdorligida maksimal bo'ladi va keyin kamaya boshlaydi. Foydali ish koeffitsienti maksimumga erishgan nuqtaga mos keladigan rejim eng ma'qul rejim hisoblanadi.



2.1 - rasm. Markazdan qochma nasosning xarakteristikalari:

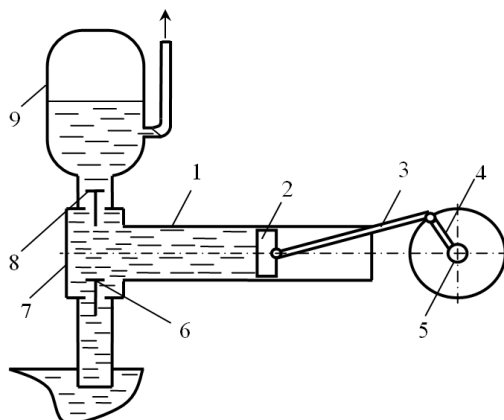
Q - unumdorlik; N - iste'mol qilinadigan quvvat; H - napor; η - f.i.k.

Shuni qayd qilish kerakki, nasosni tayyorlagan zavodning texnik hujjatlarida nasoslarning xarakteristikalari keltirilgan bo'ladi. Lekin bu kattaliklar suv uchun olingan bo'lib, boshqa suyuqliklarni haydaganda nasosning xarakteristikasiga tajribalardan olingan bilimlar asosida o'zgartirish kiritish kerak bo'ladi.

9.3. Porshenli nasoslar, proporsionallik qonuni, kavitasiya

Porshenli nasosning sxemasi 3.1 - rasmda ko'rsatilgan. Porshen chapdan o'ngga harakatlanganda silindrda vakuum hosil bo'lib so'ruvchi klapan ochiladi. Natijada so'ruvchi truba orqali suyuqlik silindrga kiradi va porshenning orqasidan harakatlanadi. Porshen o'ngdan chapga harakatlanganda esa silindrda ortiqcha bosim hosil bo'lib so'rish klapani yopiladi va haydash klapani ochilib suyuqlik haydash quvuriga kiradi va harakatini davom ettiradi.

Porshen ko'p karra harakatlanganda suyuqlik doimiy ravishda nasosning pastki qismidagi quvurdan so'rilib yuqorisidagi quvurdan haydalib turadi. Suyuqlik harakatining bir tekis, ravon bo'lishini havoli idish (klapan) ta'minlaydi.



3.1 - rasm. Porshenli nasos

1 - tsilindr; 2 - porshen'; 3 - shatun; 4 - krivoship; 5 - val; 6 - so'rish klapani; 7 - klapanlar idishi; 8 - haydash klapani; 9 - havoli idish.

Yuqoridagi nasos oddiy harakatli bo'lib, so'rish va haydash klapanlari uning faqat bir tomonida o'rnatilgan. Agar bunday klapanlar porshenning ikkala tomonida ham bo'lsa, bunday nasos ikki harakatli nasos deb yuritiladi.

Sanoatda ishlash prinsipi porshenli nasosnikiga o'xshash bo'lgan plunjerli nasoslar ham qo'llaniladi. Plunjerning porshendan farqi shundaki, uning mahkamlash xalqasi yo'q va uzunligining diametriga nisbati porshenga nisbatan ancha katta, ya'ni plunjer uzunroq.

Porshenli nasoslarning unumdorligini quyidagi tenglamadan topish mumkin:

$$Q=60\eta_v F S n$$

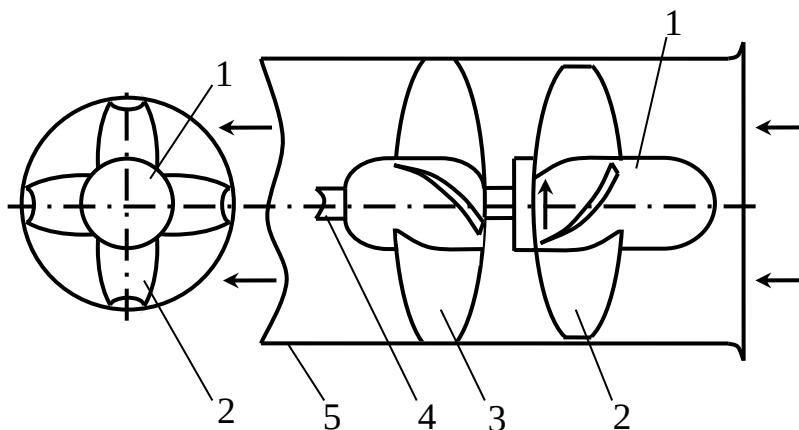
Bu tenglamada η_v - uzatish koeffitsienti yoki hajmiy f.i.k. (bu koeffitsient nasosning yasallish sifatiga, uni ishlatish sharoitiga va o'lchamlariga bog'liq: masalan eski nasoslar uchun $\eta_v \leq 0,5$, yangi va porshenining diametri 150 mm dan ortiq bo'lgan nasoslar uchun esa $\eta_v = 0,99$ gacha bo'lishi mumkin; F - porshenning ko'ndalang kesim yuzasi, m^2 ; S -

Porshen yo'lining uzunligi, m; n - valning aylanishlar soni, ayl/min.

9.4. Nasoslarning boshqa turlari

9.4.1. Parrakli nasoslar

Parrakli nasoslar katta miqdordagi suyuqliklarni kichik napor bilan haydashda, hamda ifloslangan suyuqliklarni haydashda ishlatiladi. Bu nasoslar o'qli nasoslar deb ham yuritiladi va ular markazdan qochma nasoslar turkumiga kiradi. Parrakli nasosning sxemasi 4.1 - rasmda ko'rsatilgan.



4.1 - rasm. Parrakli (o'qli) nasos

1 - vtulka - stupitsa; 2 - ishchi parrak; 3 - yo'naltiruvchi apparat; 4 - val; 5—korpus.

Nasosning ishchi g'ildiragi o'qqa ma'lum burchak ostida maxkamlangan kuraklardan iborat. G'ildirak aylanganda suyuqlik kuraklar ta'sirida o'q bo'ylab harakatlanadi va o'zi ham aylanma harakatda qatnashadi va bunda oqim o'qi g'ildirak o'qiga mos keladi. G'ildirak orqasida o'rnatilgan yo'naltirgich suyuqlikning aylanma harakatini to'g'ri harakatga aylantirib beradi. O'qli nasoslarning harakteristikasi markazdan qochma nasoslarnikidan farq qiladi. Ularning unumdorligi ortishi bilan naporining jadal pasayishi hisobiga, quvvati kamayadi.

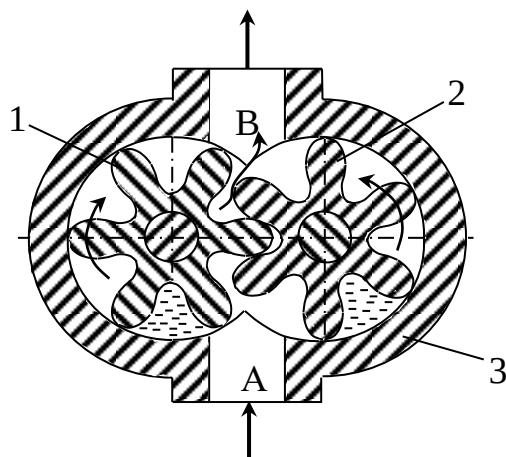
9.4.2. Rotorli nasoslar

Rotorli (hajmiy) nasoslarga tishli g'ildirakli, plastinkali va vintli nasoslar kiradi. Ular rotorning aylanish yo'nalishi o'zgarganda ham ishlay oladi, bunda faqat so'rish va haydash quvurlarining o'rni almashadi.

Tishli g'ildirakli nasos. Bu nasos korpus va uning ichida o'rnatilgan bir - biriga ilashgan ikkita tishli g'ildirakdan iborat (4.2 - rasm).

Birinchi yetaklovchi g'ildirakning soat strelkasi bo'ylab aylanishi natijasida ikkinchi yetaklanuvchisi teskarisiga aylanadi. G'ildirak tishlarining ajralish joyida bosim kamayib suyuqlik so'riladi. Korpusga kirgan suyuqlikni g'ildiraklarning tishlari o'zining aylanish yunalishi bo'yicha korpus devori bo'ylab harakatlantiradi. Tishlarning ilashish

joyida ikki tomondan kelgan suyuqlik qo'shilib siqiladi va bosim bilan haydash quvuriga kiradi.



4.2 - rasm. Tishli g'ildirakli nasos

1 - yetaklovchi tishli g'ildirak; 2 - yetaklanuvchi tishli g'ildirak; 3 - korpus; A, B - kirish va chiqish kameralari.

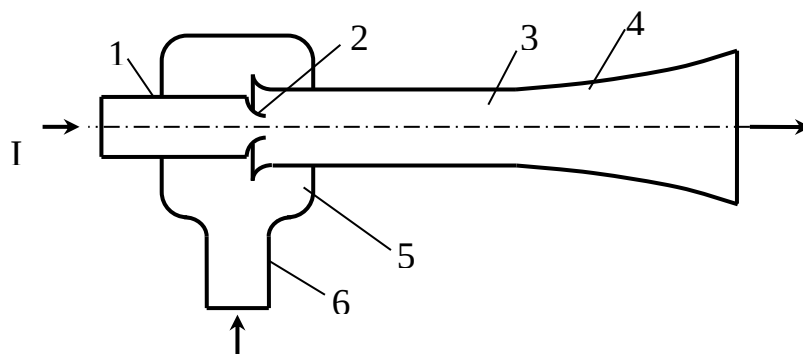
Plastinkali nasos. Bu nasos silindr korpus va uning ichida o'rnatilgan o'yiqli to'liq (massiv) silindr rotordan iborat. Qayd etish kerakki, rotor bilan korpus o'qlari mos kelmaydi. Rotorning o'yiqlariga plastinkalar o'rnatiladi.

Rotor aylanganda plastinkalar markazdan qochma kuch ta'sirida korpus devoriga borib tegadi va silindrlar orasidagi bo'shliqni ikkiga bo'ladi. Chap tomondagi kanal nasosning vertikal o'qigacha kengayib borganligi uchun bu yerda vakuum hosil bo'lib suyuqlik so'riladi. Plastinka vertikal o'qdan o'ng tomonga o'tganda kanalning hajmi kamayib boradi va suyuqlik nasosdan haydash quvuriga siqib chiqariladi.

Vintli nasos. Bunday nasoslarning asosiy elementi uning vinti hisoblanadi. Sanoatda uch va bir (gerotor) vintli nasoslar keng qo'llaniladi. Bu nasoslarning ishlashi juda oddiy. Uch vintli nasosda yetaklovchi vint o'rtada, yetaklanuvchilari esa uning ikki tomonida o'rnatiladi. Yetaklovchi vint aylanganda uning o'yiqlaridagi suyuqlik so'rish zonasidan haydash zonasi tomon harakatlanadi. Qo'shimcha vintlar bu yerda mahkamlovchi moslama rolini o'ynaydi, ya'ni ular suyuqlikning haydash kanalidan so'rish kanaliga oqib tushishining oldini oladi. Bir vintli nasosda qo'shimcha vintlar vazifasini nasosning oboymasi (korpusi) bajaradi.

Tezkor oqimli suyuqlik haydash uskunalari. Bunday uskunaning (ular ba'zi adabiyotlarda nasoslar deb ham yuritiladi) sxemasi 4.3 - rasmda ko'rsatilgan. Suyuqlikni tezkor oqimli nasos yordamida harakatlantirish uchun ishchi suyuqlik deb nomlangan boshqa bir suyuqlikning kinetik energiyasidan foydalaniladi. Odatda ishchi suyuqlik sifatida bug' yoki suv ishlatiladi. Tezkor oqimli nasoslar yordamida suyuqliklarni haydash (injektorlar) va so'rish (ejektorlar) mumkin.

Ishchi I suyuqlik katta tezlik bilan soplodan aralashish kamerasi orqali diffuzorga o'tadi va bunda sirtiy ishqalanish tufayli haydalishi kerak bo'lgan II suyuqlikni o'zi bilan olib ketadi. Diffuzorning toraygan joyida suyuqliklarning tezligi maksimal, statik bosimi esa minimal qiymatga erishadi. Aralashish kamerasidagi va diffuzordagi bosimlar farqi II suyuqlikning so'rilishini ta'minlaydi. Diffuzorning kengaygan joyida tezlik kamayib, bosimning potentsial energiyasi oshadi va suyuqlik bosim bilan haydash quvuriga kiradi.



4.3 - rasm. Tezkor oqimli uskuna

1 - ishchi suyuqlik trubasi; 2 - soplo; 3 - aralashish kamerasi; 4 - diffuzor; 5 - suyuqlik kiradigan kamera; 6 - kirish patrubkasi.

Montejyu. Bu uskuna gorizontaal yoki vertikal idishdan iborat bo'lib, uning yordamida suyuqlikni haydash uchun siqilgan havo yoki inert gazning energiyasidan foydalaniladi. Montejoyning f.i.k. kichik (10 - 20%) bo'lsada, unda harakatlanuvchi qismlar bo'lmaganligi uchun uzoq va ishonchi ishlaydi, hamda uning yordamida iflos va agressiv suyuqliklarni haydash mumkin.

9.5. Nasoslarni tanlash

Nasoslarni tanlashda berilgan unumdorlik va quvurning gidravlik qarshiligi asosida hisoblangan napor, hamda suyuqlikning qovushoqligi e'tiborga olinadi. Kerakli quvvat va aylanishlar soniga qarab esa dvigatel tanlanadi.

Yuqorida ta'kidlaganimizdek kimyo sanoatida asosan bir qancha afzalliklarga ega bo'lgan markazdan qochma nasoslar keng qo'llaniladi. Ularning foydali ish koeffitsienti ham yuqori (0,7 - 0,9). Markazdan qochma nasoslarning kamchiligi: hosil qiladigan napor kichik; nasosning xarakteristikasidan ko'rinib turibdiki tarmoqning qarshiligi oshsa, nasosning unumdorligi va buning natijasida foydali ish koeffitsienti kamayadi.

Kichik unumdorlik va katta bosim (100 MPa gacha) bilan qovushoq va portlovchi suyuqlarni haydashda porshenli nasoslar, katta miqdordagi suyuqliklarni kichik napor (10 - 15 m) bilan haydashda esa parrakli nasoslar qo'llaniladi.

Qovushoqligi juda katta, miqdori 300 m³/soat gacha bo'lgan suyuqliklarni haydashda ixcham, kam shovqinli vintli nasoslardan foydalanish mumkin. Ular suyuqlik bosimini 17 MPa gacha ko'tara oladi. Katta bo'lmagan napor va unumdorlik talab qilinganda tarkibida qattiq zarrachalar bo'lmagan toza suyuqliklarni plastinkali nasoslar yordamida haydash mumkin.

Tishli g'ildirakli nasoslar, tarkibida qattiq zarrachalari bo'lmagan kam miqdorli suyuqliklarni yuqori bosimgacha (10 - 15 MPa) haydashda ishlatiladi.

Agar texnologik sharoitlarga ko'ra nasosning harakatlanuvchi qismlari bo'lishiga yo'l qo'yib bo'lmasa, tezkor oqimli nasos, montejoy yoki havoli ko'targichlardan foydalaniladi.

16-mavzu. Aralashtirish

Reja: 1. Suyuqlikni aralashtirish usullari. Aralashtirish jarayoni.
2. Aralashtirgichlarning konstruksiyasi.

Kimyo texnologiyasida suyuqliklarni aralashtirish asosan suspenziya va emulsiya olish uchun, hamda issiqlik va modda almashinish, kimyoviy jarayonlarni jadallashtirish uchun qo'llaniladi. Aralashtirish gidromexanik jarayon bo'lib to'rt xil usul bilan amalga oshiriladi: **mexanik, sirkulyatsion, oqimli va pnevmatik**. Kimyo sanoatida mexanik aralashtirish keng qo'llaniladi.

Aralashtirish jarayoni asosan **samaradorlik, jadallik** va uni amalga oshirishga **sarflanadigan energiya** miqdori bilan ifodalanadi. Aralashtirishning **samaradorligi** uning sifatini yoki ko'zlangan maqsadga erishilganlikni baholaydi. Hozirgi kunda bu xarakteristika aralashtirishning qanday maqsadda qo'llanishiga qarab turlicha ifodalanadi. Aralashtirish suspenziya va emulsiya olish uchun qo'llanilayotgan bo'lsa jarayonning samaradorligi qattiq zarrachalarning (yoki suyuqlik tomchilarining) suyuqlik yoki uskuna hajmida bir tekis taqsimlanishi bilan tavsiflanadi. Emulsiya olishda hosil bo'ladigan dispers faza zarrachalarning kattaligi ham aralashtirishning samaradorligini belgilaydi.

Aralashtirishning **jadalligi**, talab qilinayotgan samaradorlikka erishish tezligini ko'rsatuvchi kattalik bo'lib suyuqlik harakatining xarakterini belgilaydi. Bu parametr Reynolds soni bilan aniqlanadi. Shunday qilib Reynolds soni aralashtirish jadalligining o'lchami hisoblanadi.

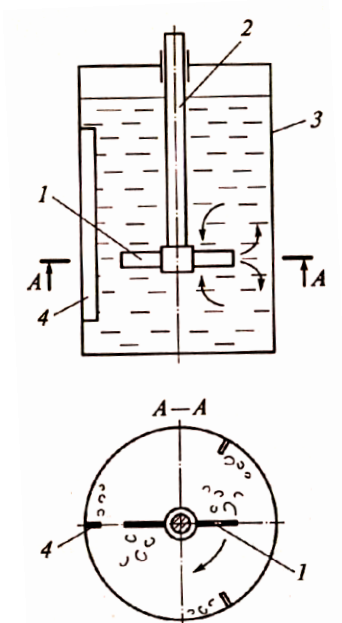
Aralashtirishda ko'zlangan maqsadga erishish qancha miqdorda energiya talab qilganligi, ya'ni suyuqlikning birlik hajmiga kiritiladigan energiya miqdori uchinchi parametr - **quvvat** bilan ifodalanadi. Aralashtirishga haddan tashqari ko'p energiya kiritish maqsadga muvofiq emas va iqtisodiy jihatdan foydasiz hisoblanadi. Samaradorlikni oshirish bilan energetik harajatlar ham oshadi. Shuning uchun aralashtirishning samaradorligi va jadalligi maksimal texnologik samara va minimal energetik sarflar nuqtai nazaridan belgilanishi lozim. Samaradorlikning yuqori darajasiga erishishga intilish shart emas va mumkin daraja bilan chegaralanish ma'qul.

14.2. Mexanik aralashtirish

Aralashtirishning azaldan qo'llanib kelayotgan traditsion usuli bu mexanik aralashtirish hisoblanadi. Mexanik aralashtirish turli xil qorg'ichlar yordamida amalga oshiriladi. Konstruksiyasiga qarab qorg'ichlar uchta asosiy turga bo'linadi: kurakli (lopastli); parrakli (propellerli) va turbinali.

Tuzilishi jihatdan juda oddiy bo'lgan kurakli qorg'ichlar silindr vtulkaga mahkamlangan tekis kuraklardan iborat (2.1 - rasm). Kuraklarning kengligi diametrining 20 foizini tashkil qiladi. Aralashtirgichning vali aylanganda kuraklar yaqinidagi suyuqlik qatlami ham aylanma harakat oladi va o'z navbatida yaqin joylashgan boshqa qatlamga ham ta'sir qiladi. Natijada qorg'ich atrofida suyuqlikning turli qatlamlari turlicha tezlikda aylanib bir - biriga nisbatan siljishiga va suyuqlikning aralashishiga olib keladi. Val aylanishining ma'lum bir tezligida kuraklar atrofida uyurmali oqim vujudga kelib

aralashtirishni yana ham jadallashtirishi mumkin. Qo'shimcha uyurmali oqimlar yaratish maqsadida uskuna devorining ichki sirtiga vertikal to'siqlar o'rnatilishi mumkin.

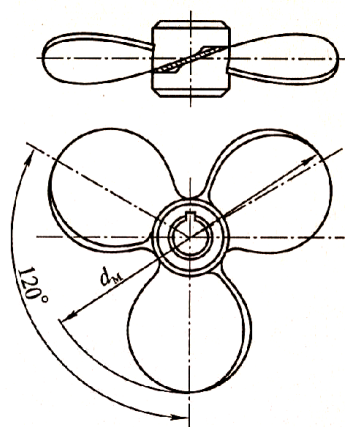


2.1 - rasm. Kurakli qorg'ich

1 - qorg'ichning kuragi; 2 - val; 3 - korpus; 4 - to'siq

Kurakli qorg'ichlar oddiy va arzon bo'lishi bilan birga quyidagi kamchiliklarga ham ega: qovushoq suyuqliklarni yaxshi aralashtira olmaydi, moddalarning temperaturasi va konsentratsiyasini sekin (kuchsiz) tenglashtiradi.

Parrakli (propellerli, vintli) qorg'ichlar silindr vtulkaga mahkamlangan ikki yoki uch parrakli vintdan iborat (2.2 - rasm).



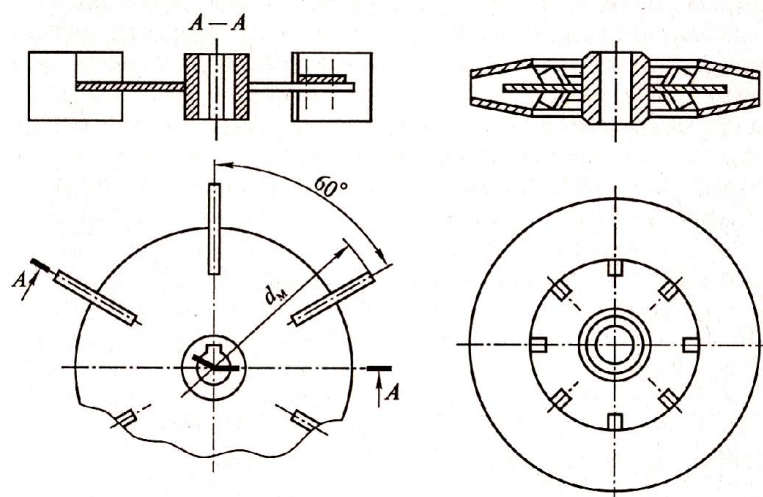
2.2 - rasm. Parrakli qorg'ich

d_m - qorg'ichning diametri.

Parraklarning konstruksiyasi turlicha bo'ladi. Shakli suyri, ya'ni kam qarshilik yaratadigan bo'lganligi sababli bir xil Reynolds sonida boshqa qorg'ichlarga nisbatan kam energiya iste'mol qiladi. Ish jarayonida o'qli oqimlar hosil qilgani uchun aralashtirishga ketadigan umumiy vaqtni qisqartirish imkonini beradi. Parrakli qorg'ichlar o'rtacha

qovushoqlikka ega suyuqliklarni jadal aralashtirishda, suspenziya va emulsiyalar tayyorlashda ishlatiladi.

Turbina qorg'ichlar g'ildirak shakliga ega bo'lib ochiq (2.3 - rasm, a) yoki yopiq (2.3 - rasm, b) turbinalarga bo'linadi. Bunday qorg'ichlar yuqori aylanish tezligida ishlaydi va suyuqliklarning jadal aralashishini ta'minlaydi. Ochiq turbina qorg'ich silindr vtulkaga tekis mahkamlangan, yassi kuraklardan iborat. Kuraklarining vertikal sirtga nisbatan burchak ostida joylashganligi aralashtirilayotgan suyuqlikning ham radial (gorizontal) ham o'qli (vertikal) oqimini yaratish imkonini beradi va mos ravishda aralashtirish jarayonini jadallashtiradi.



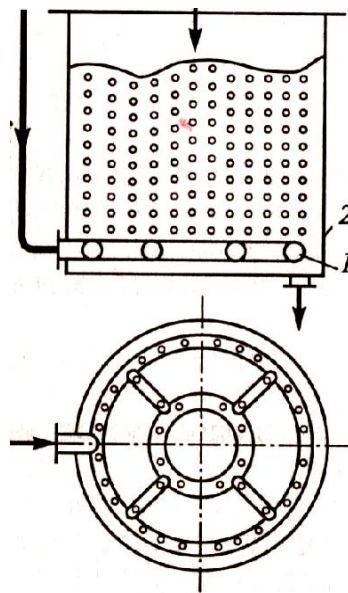
a) 2.3 - rasm. Turbina q b) 'ichlar

a - ochiq turdagi; b - yopiq turdagi; d_m - qorg'ichning diametri.

Yoriq turbinali qorg'ichlar ikki tomondan konus disklar (qopqoqlar) bilan yorilgan bo'ladi va yassi kuraklarga ega g'ildirak shaklidagi yo'naltiruvchi moslama ichida o'rnatiladi. Bunday qorg'ichlar katta bo'lmagan energiya sarfi bilan asosan radial oqim hosil qiladi. Turbina qorg'ichlarning konstruktsiya murakkab, lekin samaradorligi yuqori.

Sanoatda yuqoridagilardan tashqari mexanik qorg'ichlarning shnekli, yakorli, ramali, tasmali va boshqa turlari ham uchraydi.

Qorg'ichli aralashtirgichlarning asosiy elementlariga qorg'ichdan tashqari uzatma va aylanuvchi valni mahkamlash qurilmalari kiradi. Qorg'ichlar mahkamlangan valni reduktor (vallarning aylanish chastotasini kamaytiruvchi) orqali ulangan dvigatel aylantiradi. Kimyo sanoatida ko'p hollarda tishli uzatmali MRO 1 va MRO 2 reduktorlar, hamda AO 2 va VAO (portlashga xavfsizlik talab qilingan joylarda) elektr dvigatellari ishlatiladi. Aylanuvchi vallarni mahkamlash uchun gidrozatvorlar, salnikli va toretsli mahkamlagichlar ishlatiladi.



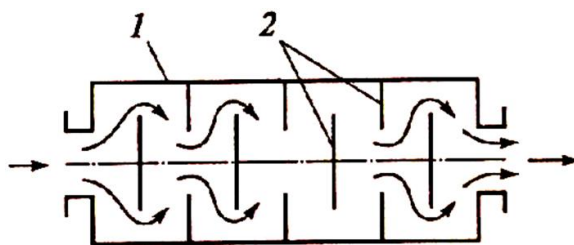
2.4 - rasm. Pnevmatik aralashtirish:

1 - korpus; 2 - barbater.

14.3. Aralashtirgichlar turlari, tuzulishi, qo'llanilishi, afzallik va kamchiliklari

Yuqorida ta'kidlaganimizdek sanoatda aralashtirishning pnevmatik (barbotajli), oqimli va sirkulyatsion deb nomlanadigan turlari ham qo'llaniladi. Pnevmatik usulda muhit orqali maxsus barbater yoki boshqa taqsimlash qurilmasi yordamida berilgan gaz o'tkazilishi natijasida suyuqlik aralashadi (3.1 - rasm). Bu usul ayniqsa gaz bilan suyuqlik reaktsiyaga kirishishi lozim bo'lgan hollarda yaxshi samara beradi. Pnevmatik aralashtirishda uskunalar gaz taqsimlovchi panjaralar, yopiq plitkalar, barboterlar yoki erliftlar bilan jihozlanadi. Bu qurilmalar gaz suyuqlik ichidan tekis taqsimlanib o'tishini ta'minlaydi. Pnevmatik aralashtirish kimyo sanoatida texnologik jarayonning xususiyatlariga qarab qo'llaniladi (masalan gazlarni tozalash uskunalarida, oqava suvlarni biologik tozalashda, polimerizatsiyada va boshqalarda). Gazning barbater teshiklaridagi tezligi 20 - 40 m/s oralig'ida bo'ladi.

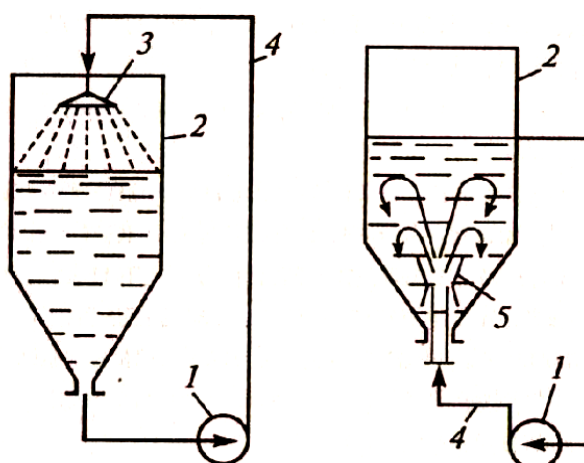
Oqimli aralashtirish odatda quvurlar ichida o'rnatilgan to'siqlar yordamida amalga oshiriladi (3.1 - rasm). Oqimli aralashtirish teshiklar, yarim to'siqlar, oqimni kesib beruvchilar va boshqa turbulizatorlar yordamida bevosita quvurlarning o'zida yoki maxsus aralashtirgichlarda amalga oshiriladi. Oqim turli xil qo'zg'almas detallar (turbulizatorlar) tufayli o'z tezligini va yo'nalishini o'zgartiradi. Bunday aralashtirishda suyuqlik oqimining energiyasidan foydalaniladi. Oqimli aralashtirish odatda qovushqoqligi kichik suyuqliklarni aralashtirishda qo'llaniladi. Oqimning tezligi va quvurning uzunligi qancha katta bo'lsa aralashtirish shuncha sifatli bo'ladi. Turbulizatorlarni hisoblashda, ularga mahalliy qarshilik deb qaraladi.



3.1 - rasm. Oqimda aralashtirish

1 - korpus; 2 - to'siqlar.

Samaradorligi yetarlicha yuqori bo'lgan sirkulyatsion aralashtirishda idish ichidagi suyuqlik nasos yordamida yo idish tubidan so'rib olinib yuqori qismiga tomchilagich bilan, yoki tepasidan olib ostki qismiga ejektor yordamida qaytarib haydaladi (3.2 - rasm). Shunday qilib sirkulyatsion aralashtirishda suyuqlik uskuna - nasos uskuna konturi bo'ylab ko'p karra haydaladi. Suyuqlik haydaladigan quvur biroz qiya (gorizontalga nisbatan) va uskuna devoriga urinma qilib o'rnatiladi. Quvurning uchiga maxsus sachratuvchi nasadka mahkamlangan. Sirkulyatsion aralashtirish ham suspenziya va emulsiya olish uchun qo'llaniladi.



3.2 - rasm. Sirkulyatsion aralashtirish

1 - nasos; 2 - idish; 3 - tomchilagich; 4 - quvur; 5 - ejektor.

Sirkulyatsiya hosil qilish uchun markazdan qochma yoki tezkor oqimli nasoslardan foydalaniladi. Nasos unumdorligi oshishi bilan sirkulyatsiya ham ortadi. Aralashtirish suspenziya olish uchun amalga oshirilayotgan bo'lsa uskunaning ostki qismida og'irroq komponentlar yig'iladi. Bunday holda aralashma uskunaning ostidan nasos yordamida so'rib olinadi va tepa qismidan sachratib beriladi. Natijada katta kontsentratsiyali suyuqlik kichik kontsentratsiyali suyuqlik bilan aralashadi. Sirkulyatsion aralashtirishda nasos iste'mol qiladigan energiya sarfi oddiy nasoslarniki kabi hisoblanadi.

17-mavzu. Issiqlik tarqalish turlari

Reja: 1. Jarayon issiqlik balansi.

2. Issiqlik o'tkazuvchanlik. Fure qonuni.

3.Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti. Issiqlik nurlanishi. Stefan-Bolsman qonuni. Kirxgof qonuni.

Issiqlik tarqalish turlari

Issiqlik o'tkazish jarayonini o'rganishda uning nazariy asoslarini chuqur o'zlashtirish yaxshi samara beradi. Issiqlik - bu energiyaning bir turi bo'lib maydonning (muhitning, jismning) bir qismidan ikkinchi qismiga issiqlik o'tkazuvchanlik, konveksiya va nurlanish usullari bilan uzatiladi. Har bir issiqlik o'tkazish jarayonida qayd etilgan, issiqlik tarqalishining uch usuli ozmi ko'pmi o'z ulushiga ega bo'ladi.

Issiqlik ko'rinishidagi energiyaning har xil temperaturaga ega bo'lgan jismlarning biridan ikkinchisiga o'tishi **issiqlik almashinish** (issiqlik o'tkazish) jarayoni deb aytiladi. Issiqlik almashinish jarayonida ishtirok etadigan suyuqlik yoki gaz moddalar (muhitlar) **issiqlik tashuvchilar** deyiladi. Sanoatda qo'llaniladigan issiqlik almashtirish apparatlarining asosiy qismida issiqlik bir muhitdan ikkinchisiga ajratuvchi devor orqali o'tadi. Buning sababi ko'p hollarda issiqlik almashinishda qatnashayotgan moddalarni o'zaro aralashib ketishiga yo'l qo'yib bo'lmaydi.

Issiqlikning bir muhitdan devorga, yoki buning teskarisi devordan muhitga uzatilishi **issiqlik berish** deyiladi. Issiqlik ko'rinishidagi energiyaning bir issiqlik tashuvchidan ikkinchisiga devor orqali o'tishi esa **issiqlik o'tkazish** deb yuritiladi. Shunday qilib amaliyotda issiqlik almashinish yoki issiqlik o'tkazish jarayoni ikkita issiqlik berish va issiqlikning ajratuvchi devordan o'tishidan tashkil topadi. Shuni ta'kidlab o'tish joizki, issiqlik o'tkazish bir fizik jarayon bo'lganidan tashqari, issiqlik tarqalishining (bir jismdan ikkinchisiga o'tishining) usullarini o'rganuvchi **issiqlik o'tkazish** deb ataladigan fanning nomi hamdir.

"Issiq" va "sovuq" jismlarning temperaturalari o'rtasidagi farq issiqlik almashinish jarayonining **harakatlantiruvchi kuchi** hisoblanadi. Temperaturalar farqi bo'lganda termodinamikaning ikkinchi qonuniga binoan issiqlik energiyasi temperaturasi yuqori bo'lgan jismdan temperaturasi past bo'lgan jismga o'z - o'zidan o'tadi.

Issiqlik o'tkazish jarayonlari (isitish, sovitish, qaynatish, bug'larni kondensatsiyalash va boshqalar) kimyo sanoatida ko'p qo'llaniladi. Issiqlik tarqalishining uchta prinsipial turi mavjud: **issiqlik o'tkazuvchanlik, konveksiya va issiqlikdan nurlanish**.

Jism ichidagi mayda (mikro) zarrachalarning harakati va bir - biri to'qnashuvi natijasida bir - biriga issiqlik berishi natijasida issiqlikning tarqalishi **issiqlik o'tkazuvchanlik** (yoki konduksiya) deyiladi. Gaz va tomchili suyuqliklarda molekulalarning harakati, qattiq jismlar kristall panjaralaridagi atomlarning tebranishi va metallarda erkin elektronlarning diffuziyasi natijasida issiqlik o'tkazuvchanlik jarayoni sodir bo'ladi. Qattiq jismlarda issiqlik asosan issiqlik o'tkazuvchanlik orqali tarqaladi.

Gaz yoki suyuqliklarning makroskopik hajmlarining harakati va aralashuvi natijasida yuz beradigan issiqlik tarqalishi **konveksiya** deb ataladi. Konveksiya ikki xil: erkin va majburiy bo'ladi. Gaz yoki suyuqliklarning ayrim qismlaridagi zichliklarning farq qilishi natijasida sodir bo'ladigan issiqlik almashinishi **tabiiy yoki erkin konveksiya** deyiladi. Tashki kuchlar ta'sirida (masalan, suyuqliklarni nasoslar yordamida uzatish yoki ularni mexanik aralashtirish paytida) majburiy **konveksiya** vujudga keladi.

Issiqlik energiyasining elektr magnit to'lqin yordamida tarqalishi **issiqlikning nurlanishi** deb yuritiladi. Har qanday jism o'zidan energiya nurlatish qobiliyatiga ega. Nurlangan energiya boshqa jismga borib tekkanda unga yutiladi va qaytadan issiqlikka

aylanadi. Natijada nurlanish tufayli issiqlik almashinish jarayoni sodir bo'lib, u o'z navbatida nur chiqarish va nur yutish jarayonlaridan tashkil topadi.

Real sharoitlarda issiqlik almashinish yuqorida qayd etilgan usullarning faqat bittasi bilan emas, balki birdaniga bir nechtasining ishtirok qilishi bilan yuzaga keladi, ya'ni murakkab issiqlik o'tkazish jarayonlari amalga oshiriladi.

Ko'pchilik texnologik jarayonlarda issiqlik issiq muhitdan sovug'iga devor orqali uzatiladi. Bunday issiqlik almashinish **issiqlik o'tkazish** deyiladi. Issiqlik o'tkazish jarayoni quyidagi uch bosqichdan iborat (13 ma'ruzadagi 3.1 - rasmga qarang) [13].

1. Issiq muhitdan devorga konvektiv issiqlik berish:

$$Q=\alpha_1 F(T - T_{d1}) \quad (1.1)$$

2. Issiqlikning devordan issiqlik o'tkazuvchanlik tufayli o'tishi:

$$Q=(\lambda_d/\delta_d)F(T_{d1} - T_{d2}) \quad (1.2)$$

3. Devordan sovuq muhitga konvektiv issiqlik berish:

$$Q=\alpha_2 F(T_{d2} - t) \quad (1.3)$$

(1.1) - (1.3) tenglamalarni birgalikda yechsak quyidagi tenglama kelib chiqadi:

$$Q=KF(T - t) \quad (1.4)$$

bu yerda K - issiqlik o'tkazish koeffitsienti:

$$K=1/(1/\alpha_1 + \delta_d/\lambda_d + 1/\alpha_2) \quad (1.5)$$

Qalinligining diametriga nisbati 30 % dan oshmaydigan silindr devorlar uchun ham yuqoridagi (1.1) - (1.5) tenglamalarni qo'llash mumkin. Sanoatda asosan diametri 25×2 mm va undan katta bo'lgan trubalardan yig'ilgan issiqlik almashtirgichlar qo'llaniladi. Shuning uchun bunday apparatlarni hisoblashda ham yuqoridagi issiqlikning tekis devordan o'tishi uchun keltirilgan tenglamalarni ishlatish mumkin[13].

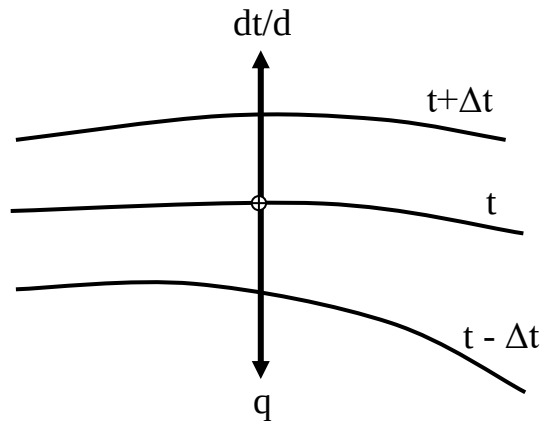
15.2. Issiqlik o'tkazuvchanlik. Fur'ye qonuni

Issiqlik o'tkazuvchanlikning mexanizmi jismlarning agregat holatiga bog'liq bo'ladi. Tartibli molekulyar strukturaga ega bo'lgan qattiq jismlar ichida issiqlikning tarqalishi issiqlik o'tkazuvchanlik vositasida amalga oshadi. Gaz va suyuqliklarning faqatgina oqim tezligi juda kichik bo'lgan qatlamlaridagina issiqlik o'tkazuvchanlik amal qilishi mumkin. Issiqlik almashinish amalga oshirilayotgan muhitda (fazoda, jismda) bir xil temperaturaga ega nuqtalarning geometrik o'rinlaridan tashkil torgan sirt izotermik sirt deyiladi. Temperaturaning ana shu sirtga normal bo'yicha olingan hosilasi dt/dn **temperatura gradiyenti** deb nomlanib grad t deb belgilanadi. Bu gradiyent vektor kattalik bo'lib, temperatura oshib boradigan tomonga qarab yo'nalgan.

Issiqlikning issiqlik o'tkazuvchanlik tufayli o'tishining asosiy qonuni bo'lgan **Fure qonuniga** ko'pa, issiqlik oqimi yo'nalishiga perpendikulyar bo'lgan dF maydon

yuzasidan, $d\tau$ vaqt ichida issiqlik o'tkazuvchanlik vositasida o'tgan dQ issiqlik miqdori dt/dn temperatura gradiyentiga, dF yuzaga va $d\tau$ vaqtga to'g'ri proporsional:

$$dQ = -\lambda (dt/dn) dF d\tau \quad (2.1)$$



2.1 - rasm. Temperatura gradientini izohlashga.

Yuza birligi orqali vaqt birligi ichida issiqlik o'tkazuvchanlik orqali o'tgan issiqlik miqdori:

$$q = Q/(F \cdot \tau) = -\lambda (dt/dn) \quad (2.2)$$

Tenglamadagi q kattalik issiqlik oqimining zichligi deyiladi. (2.1) va (2.2) tenglamalarning o'ng tomoni oldida turgan minus ishorasi issiqlik oqimining temperatura kamayishi tomonga harakatlanishini bildiradi (2.1 - rasmga qarang).

15.3. Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti

Yuqorida keltirilgan (2.2) – tenglamadagi proportsionallik koeffitsienti λ issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti deyiladi. (2.2) tenglamaga ko'ra:

$$[\lambda] = [(dQ dn)/(dt dF d\tau)] = [(J \cdot m)/(K \cdot m^2 \cdot s)] = [Vt/(m \cdot K)]$$

Issiqlik miqdori Q kkal/soat bilan o'lchanganda

$$[\lambda] = [kkal/(m \cdot soat \cdot K)]$$

Shunday qilib, issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti λ , vaqt birligi ichida, issiqlik almashinishning birlik yuzasidan, temperaturaning izotermik sirtga normali (urinmasining) birlik uzunligida 1 gradusga kamayishida issiqlik o'tkazuvchanlik orqali o'tgan issiqlik miqdorini ko'rsatadi. Jismlarning issiqlik o'tkazuvchanlik yo'li bilan issiqlik o'tkazish xususiyatini xarakterlovchi λ kattalik, moddaning tabiatiga, uning strukturasiga, temperaturasi va boshqa omillarga bog'liq.

Temperatura va bosim normal qiymatlarga yaqin bo'lgan hollarda issiqlikni metallar yaxshi, gazlar esa yomon o'tkazadi. Masalan toza mis uchun λ $[Vt/(m \cdot K)]$ va $[kkal/(m \cdot soat \cdot K)]$ o'lchovlarida - 394 (340); uglerodli po'lat St. 3 uchun - 52 (45);

X18N9T markali legirlangan po'lat uchun - 25,5 (22), havo uchun 0,027 (0,023).

Gazlarning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsientlari temperatura ortishi bilan oshadi va bosim o'zgarishi bilan ozgina o'zgaradi. Ko'pchilik suyuqliklar uchun buning teskarisi, λ ning qiymati, temperatura ortishi bilan kamayadi. Temperatura 130°S gacha oshganda issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti oshib, undan yuqori temperaturalarda kamayadigan suv bundan mustasno. Ko'pchilik metallarning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsientlari temperatura ortishi bilan kamayadi.

Ba'zi g'ovak strukturaga ega bo'lgan materiallar ichki bo'shlig'i issiqlik o'tkazuvchanligi juda kichik bo'lgan havoga to'lib turganligi sababli issiqlikni yomon o'tkazadi. Amaliyotda bunday materiallar issiqlikdan himoyalash (ajratish, izolyatsiyalash) maqsadida qo'llaniladi.

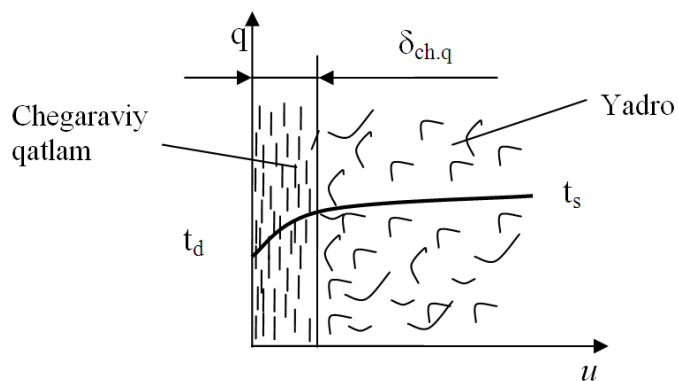
18-mavzu. Konvektiv issiqlik almashinish

- Reja:** 1. Konveksiya. Nyuton qonuni.
2. Issiqlik berish koeffitsienti.
3. Issiqlik almashinish jarayonlari kriteriylari: Nu ; Fo ; Pr ; Pe ; Gr ; Ga . (2 soat).
4. Asosiy tenglamasi. Issiqlik o'tkazish koeffitsienti. Xarakatlantiruvchi kuchi.

Konveksiya

Qattiq jism sirtidan suyuqlikka (gazga) yoki buning teskarisi suyuqlik yoki gazdan devorga berilgan issiqlikning suyuqlik (gaz) ichida tarqalishi konvektiv issiqlik almashinishning mazmunini tashkil etadi. Suyuqlik yoki gazning harakati va aralashuvi qanchalik jadal bo'lsa issiqlik almashinish shunchali tez boradi. Ya'ni konveksiyada issiqlik almashinish asosan gidrodinamik omillarga, qisman suyuqlikning issiqlik xossalari bog'liq. Ma'lumki oqim yadrosida turbulent pulsatsiyalar tufayli oqim jadal aralashib, temperaturaning tenglashuvini ta'minlaydi. Gidrodinamik chegaraviy qatlam tufayli qattiq sirtga yaqinlashish bilan suyuqlik harakatining tezligi kamayadi va mos ravishda issiqlik berish jadalligi ham pasayadi. Bunda gidrodinamik chegaraviy qatlama o'xshash, lekin undan qalinligi bilan farq qiladigan issiqlik chegaraviy qatlami vujudga keladi. Bu qatlamda konveksiyaning ta'siri kamayib, issiqlik kichik ulushda bo'lsada issiqlik o'tkazuvchanlik yo'li bilan ham uzatiladi. Issiqlikning bunday, bir yo'la ham konveksiya, ham issiqlik o'tkazuvchanlik usullari yordamida tarqalishi **konvektiv issiqlik almashinish** deyiladi.

Konvektiv issiqlik almashinishning mexanizmi 1.1 - rasmda keltirilgan. Ko'rinib turibdiki suyuqlik temperaturasi oqim yadrosida ma'lum bir t_s qiymatgacha tenglashgan. Temperaturaning bunday tenglashishi issiqlik almashinishning suyuqlikning harakati va aralashuvi tufayli jadallashganligini bildiradi. Chegaraviy qatlamda temperatura sezilarli kamayadi, demak issiqlik almashinish yomonlashadi. Bu qatlamda issiqlik almashinish jarayonida konveksiyaning ahamiyati kamayib issiqlik o'tkazuvchanlikning ta'siri kuchayadi.



1.1- rasm. Konvektiv issiqlik almashinish.

1.1 - rasmda bitta chegaraviy qatlam ko'rsatilgan. Aslida bunday qatlam ikkita bo'ladi: gidrodinamik va issiqlik chegaraviy qatlamlari. Gidrodinamik chegaraviy qatlam suyuqlikning kinematik qovushoqlik koeffitsienti bilan, issiqlik chegaraviy qatlami esa temperatura o'tkazuvchanlik koeffitsienti bilan xarakterlanadi. Suyuqlikning kinematik qovushoqlik va temperatura o'tkazuvchanlik koeffitsientlari bir - biriga teng

bo'lgandagina yuqorida ta'kidlangan ikki chegaraviy qatlam qalinliklari bir xil bo'ladi (tushinish oson bo'lishi uchun 1.1 - rasmda shunday hol ko'rsatilgan).

16.2. Nyutonning sovitish qonuni

Konvektiv issiqlik almashinishning mohiyatini **Nyutonning sovitish qonuni** ifodalaydi. Bu qonunga ko'pa issiqlik almashinish yuzasidan suyuqlikka (yoki, aksincha suyuqlikdan devor yuzasiga) berilgan Q issiqlik miqdori F devor yuzasiga, $T_d - T_s$ devor yuzasi va muhit haroratlarining farqiga to'g'ri proporsional, ya'ni:

$$Q = \alpha F (T_d - T_s) \quad (2.1)$$

bu yerda α - issiqlik berish koeffitsienti.

Issiqlik berish koeffitsienti quyidagi o'lchov birligiga ega:

- issiqlik miqdori Vt larda o'lchanganda

-

$$[\alpha] = Vt / (m^2 \cdot K);$$

- issiqlik miqdori $kcal/soatlarda$ o'lchanganda

$$[\alpha] = kcal / (m^2 \cdot soat \cdot K)$$

Issiqlik berish koeffitsienti α devorning $1m^2$ yuzasidan suyuqlikka (yoki muhitdan $1m^2$ yuzali devorga) $1s$ vaqt davomida, devor va suyuqlik haroratlarining farqi 1 gradus bo'lganda berilgan issiqlikning miqdorini bildiradi. Bu koeffitsientning qiymati qator kattaliklarga: suyuqlikning w tezligi, uning ρ zichligi, μ qovushoqligi, s solishtirma issiqlik sig'imi, λ issiqlik o'tkazuvchanlik va β hajmiy kengayish koeffitsientlariga, devorning shakli, o'lchami (truba uchun d diametr, l uzunlikka), uning ε g'adir - budirligi va boshqa omillarga bog'liq.

16.3. Issiqlik berish koeffitsienti

Yuqorida ta'kidlanganidek issiqlik berish koeffitsienti juda ko'p kattaliklarga bog'liq ekan[13]:

$$\alpha = f(w, \rho, \mu, c, \lambda, \beta, d, l, \varepsilon). \quad (3.1)$$

Issiqlik berish koeffitsientining qiymati ko'p sonli kattaliklarga bog'liq bo'lganligi sababli uni hisoblash tenglamasini nazariy yo'l bilan olishning imkonini yo'q. Shuning uchun bu koeffitsientni hisoblash uchun o'xshashlik nazariyasi asosida tajribalar o'tkazib, olingan ma'lumotlarni qayta ishlab kriterial tenglamalar keltirib chiqariladi.

Konvektiv issiqlik almashinishni ifodalovchi, tajriba yo'li bilan olinadigan tenglamalar tarkibiga asosan quyidagi mezonlar kiradi.

4. Reynolds kriteriysi:

$$Re=(wlp)/\mu \quad (3.2)$$

bu yerda w - suyuqlik tezligi, m/s; l - xarakterli chiziqli o'lcham, m; ρ - suyuqlik zichligi, kg/m³; μ - suyuqlikning dinamik qovushoqligi, Ra·s;

5. Nusselt soni:

$$Nu=(\alpha l)/\lambda \quad (3.3)$$

bu yerda α - issiqlik berish koeffitsienti, Wt/(m²·K); λ - suyuqlikning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti, Wt/(m·K);

6. Rekle soni:

$$Pe=(\nu l)/a \quad (3.4)$$

bu yerda a - temperatura o'tkazuvchanlik koeffitsient, m²/s;

7. Rrandl soni:

$$Pr=(c\mu)/\lambda \quad (3.5)$$

bu yerda s - suyuqlikning solishtirma issiqlik sig'imi, J/(kg·K).

Konvektiv issiqlik almashinishda Nussel kriteriysi aniqlanadigan, qolganlari aniqlanishi kerak bo'lgan kattaliklar. Shuning uchun konvektiv issiqlik almashinishning umumiy kriterial tenglamasini quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$Nu=f(Re, Rr, Re, Gr, Fo) \quad (3.6)$$

Bu tenglamaga kirgan, beqaror jarayonlarga tegishli bo'lgan Gr Grasgof va Fo Fure kriteriylari amaliyotda kam ishlatilgani uchun yuqorida ularga to'xtalmadik va shuning uchun amaliyotda uchraydigan asosiy barqaror issiqlik berish jarayonlari uchun (3.6) tenglamani quyidagicha ham ifodalash mumkin:

$$Nu=f(Re, Rr, Re) \quad (3.6a)$$

16.4. Issiqlik berish koeffitsientining tajribalarda aniqlangan qiymatlari, issiqlik almashinish jarayonlarini ifodalovchi kriteriylar: Nu; Fo; Pr; Pe; Gr

Yuqorida ta'kidlanganidek issiqlik berish koeffitsientining ko'p parametrlarga bog'liqligi va uni hisoblash uchun olingan kriterial tenglamalarning juda ko'p bo'lganligi uchun misol tariqasida faqat bitta tenglamani ko'rsatib o'tamiz. To'g'ri quvurda turbulent rejimda va agregat holati o'zgarmasdan oqayotgan suyuqliklardan truba devoriga (yoki devordan suyuqlikka) issiqlik berish koeffitsienti quyidagi tenglamadan toriladi:

$$\alpha=(Nu \cdot \lambda)/d; Nu=0.021 \cdot \varepsilon_1 Re^{0.8} Pr^{0.43} (Pr/Pr_d)^{0.25} \quad (4.1)$$

bu yerda ε_l - truba uzunligining diametriga nisbatining issiqlik berish koeffitsientiga ta'sirini hisobga oluvchi, qiymati ma'lumotnomalardan olinadigan tuzatma koeffitsient;
 Rr_d - suyuqlikning devor temperaturasida hisoblanadigan Rrandl soni.

Quyida amaliyotda ko'p uchraydigan hollar uchun issiqlik berish koeffitsientining tajribalarda aniqlangan qiymatlarini keltiramiz $Vt/(m^2 \cdot K)$ [3 - 7]:

- gazlarning isishi va sovishi 1,0...60
- suvning isishi va sovishi 200...10000
- suvning qaynashi 1000...50000
- suv bug'ining kondensatsiyalanishi 4000...17000
- organik suyuqliklar bug'larining kondensatsiyasi 500...2000

Issiqlik balans

Issiqlik almashtirish jarayonini hisoblashda issiqlik balans tenglamalarini bilish muhim ahamiyatga ega. Chunki bu tenglamalarning bir muhitdan ikkinchisiga berilgan issiqlik miqdori, ya'ni issiqlik almashtirgichning issiqlik yuklamasi, hamda isituvchi yoki sovutuvchi moddaning sarfi aniqlanadi. O'z navbatida issiqlik balansining mohiyatini o'rganishda moddalarning "issiqlik saqlashi" - entalpiyasini, ya'ni isitish jarayonida moddaga berilgan issiqlik miqdorini bilish talab etiladi. Issiqlik almashinish jarayonida issiq moddadan issiqlik energiya zaxirasi, yani issiqlik saqlashi kamaysa sovuq moddaniki ortadi.

Issiqlik balans tenglamalari issiqlik tashuvchilarning Entalpiyalari orqali orqali topilsa, quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$Q=G_1(I_{1b} - I_{1ox})=G_2(I_{2ox} - I_{2b})$$

Issiqlik almashinish jarayonida issiqlik tashuvchilarning agregat holatlari o'zgarmasa, u holda entalpiyalari o'rtacha issiqlik sig'implarining temperaturalariga ko'paytmasiga teng bo'ladi:

$$I=c \cdot t$$

Bu tenglamalarda Q - uzatilgan issiqlik miqdori (issiqlik yuklamasi), Vt ; G - issiqlik tashuvchilarning massa sarfi, kg/s ; I - issiqlik tashuvchilarning entalpiyasi, J/kg ; s va t - issiqlik tashuvchilarning solishtirma issiqlik sig'imi va temperaturasi, $J/(kg \cdot K)$ va $^{\circ}S$.

Entalpiyalarni hisoblamasdan, malumotnomalarda keltirilgan issiqlik va entropiya diagrammalaridan ham topish mumkin.

Issiqlik almashinish apparatida uzatilgan issiqlik miqdorini va undan issiqlik tashuvchi sarfini torish uchun **issiqlik balansini** tuzish kerak bo'ladi.

Issiqlik almashtirgichda issiq tashuvchidan vaqt birligida berilgan Q_1 issiqlik miqdori, sovuq issiqlik tashuvchining issiqligini Q_2 miqdorga ko'paytirishga sarflanadi, bir qism issiqlik Q_y atrof muhitga singib yo'qotiladi. Mos ravishda issiqlik balans tenglamasi quyidagi ko'rinishda ifodalanadi:

$$Q_1=Q_2+Q_y \quad (1.1)$$

Vaqt birligi ichida o'tgan issiqlik miqdori **issiqlik oqimi** deyiladi. Issiqlik o'tkazish jarayonida issiqlik tashuvchilarning agregat holati o'zgarmasa (kondensatsiya yoki bug'lanish sodir bo'lmasa), (1.1) issiqlik balans tenglamasini quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$G_1C_1(T_{1b} - T_{1ox})=G_2C_2(t_{2ox} - t_{2b})+Q_y \quad (1.2)$$

bu yerda G_1, G_2 - issiq va sovuq issiqlik tashuvchilarning massa sarflari, kg/s ; c_1, c_2 - issiq va sovuq issiqlik tashuvchilarning solishtirma issiqlik sig'implari, $J/(kg \cdot K)$; T_{1b}, T_{1ox} - issiq tashuvchining boshlang'ich va oxirgi temperaturalari, K ; t_{2b}, t_{2ox} - sovuq issiqlik

tashuvchining boshlang'ich va oxirgi temperaturalari, K ; Q_y - atrof muhitga yo'qotilgan issiqlik miqdori, Vt .

Tenglamalardagi solishtirma issiqlik sig'imi 1 kg moddaning temperaturasi 1 K ga o'zgartirishga sarflangan issiqlik miqdorini ko'rsatadi.

Issiqlik almashinish jarayoni issiqlik tashuvchilarning birining yoki ikkalasining ham fazalarining o'zgarishi bilan borsa, u holda issiqlik balansi tenglamalarida faza o'zgarishi issiqligini (qaynash yoki kondensatsiyalanish issiqliklarini) ham hisobga olish zarur. Masalan, kondensatorda bug' fazadagi issiqlik tashuvchi o'z issiqligini sovuq muhitga berib uning temperaturasi t_{2b} dan t_{2ox} gacha oshirsa va o'zi kondensatsiyalansa, issiqlik balansi tenglamasi quyidagi ko'rinishga keladi:

$$G_1 r_1 = G_2 c_2 (t_{2ox} - t_{2b}) + Q_y \quad (1.3)$$

bu yerda r_1 - isituvchi bug' kondensatsiyalanishining solishtirma issiqligi, J/kg.

Bug'larning kondensatsiyalanishining solishtirma issiqligi deganda 1 kg bug' kondensatsiyaga uchraganda ajralib chiqadigan issiqlik miqdori tushuniladi.

Amaliyotda **issiqlik oqimining zichligi** deb ataladigan, issiqlik almashinish yuzasi birligiga nisbatan olingan issiqlik miqdori ham uchraydi:

$$q = Q/F, (Vt)/m^2 \quad (1.4)$$

17.2. Issiqlik o'tkazishning asosiy tenglamasi

Issiqlik almashinish jarayonida bir moddadan ikkinchisiga ajratuvchi devor orqali o'tgan Q issiqlik oqimi va F issiqlik almashinish yuzasi o'rtasidagi aloqani ifodalovchi umumiy kinetik **bog'liqlik issiqlik o'tkazishning asosiy tenglamasi** orqali ifodalanadi [13]:

$$Q = KF \Delta t_{o'f} \quad (2.1)$$

bu yerda K - issiqlik o'tkazish koeffitsienti, issiqlik almashinishning to'liq yuzasidan issiqlik o'tishining o'rtacha tezligi; $\Delta t_{o'f}$ - issiqlik o'tkazish jarayonining o'rtacha harakatlantiruvchi kuchini ifodalovchi, issiqlik tashuvchilar orasidagi o'rtacha temperaturalar farqi, yoki temperatura nabori.

(3.1) tenglamaga ko'ra, issiq tashuvchidan sovuq tashuvchiga uzatilgan issiqlik miqdori F issiqlik almashinish yuzasiga va $\Delta t_{o'f}$ o'rtacha temperaturalar farqiga (temperatura naboriga) to'g'ri proporsional. Shu tenglamadan issiqlik o'tkazish koeffitsientining o'lchov birligi va mos ravishda fizik ma'nosi kelib chiqadi. Agar $F=1 \text{ m}^2$, $\Delta t_{o'f}=1 \text{ grad}$ deb olsak:

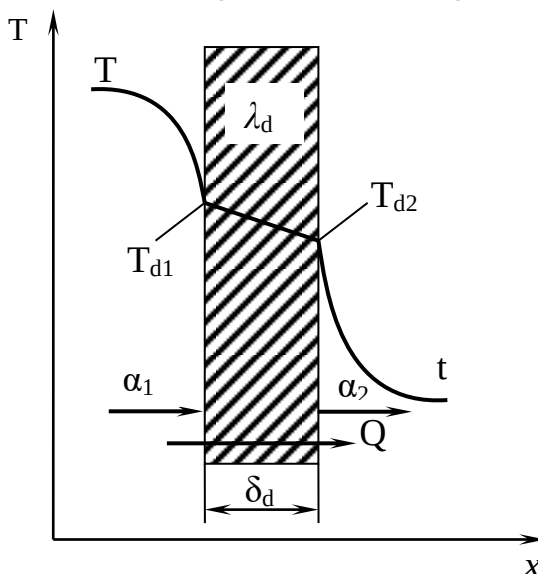
$$[K] = [Q/(F \Delta t_{o'f})] = [J/(m^2 \cdot s \cdot K)] = [Vt/(m^2 \cdot K)]$$

Issiqlik miqdori Q kkal/soat larda o'lchangan bo'lsa: $[K] = [\text{kkal}/(m^2 \cdot \text{soat} \cdot K)]$.

Issiqlik o'tkazish koeffitsienti issiqlik tashuvchilar o'rtasidagi temperaturalar farqi 1 gradus bo'lganda, 1 m^2 issiqlik almashinish yuzasi orqali issiq tashuvchidan sovuq tashuvchiga 1 sekundda o'tgan issiqlikning joullardagi miqdorini ko'rsatadi.

O'rtacha temperaturalar farqi issiqlik tashuvchilarning bir - biriga nisbatan harakat yo'nalishiga va ular temperaturalarining issiqlik almashinish sirti bo'ylab o'zgarishiga bog'liq. Bu kattalikni hisoblashga keyinroq to'xtalamiz.

Issiqlik o'tkazish koeffitsientini hisoblash tenglamasini olish uchun quyidagi 2.1 - rasmda keltirilgan issiqlik o'tkazish jarayonini ko'rib chiqamiz. Bu jarayonda materialining issiqlik o'tkazuvchanligi λ_d bo'lgan, δ_d qalinlikdagi tekis devorning bir tomonida T temperaturali issiq tashuvchi va ikkinchi tomonida t temperaturali sovuq tashuvchilar harakatlanadi. Devor sirtining ikki tomonidagi temperaturalari T_{d1} i T_{d2} .



2.1 - rasm. Tekis devordan issiqlik o'tishi

T_1 - issiq tashuvchining temperaturasi; t - sovuq tashuvchining temperaturasi; T_{d1} - devorning issiq muhit tomonidagi temperaturasi; T_{d2} - devorning sovuq muhit tomonidagi temperaturasi; δ_d - devorning qalinligi; λ_d - devor materialining issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti; α_1 va α_2 - issiqlik berish koeffitsientlari; Q - o'tkazilgan issiqlik miqdori.

Issiqlik o'tkazish koeffitsienti termik qarshiliklarning additivligi qonuni bo'yicha quyidagiga teng bo'ladi:

$$K=1/(1/\alpha_1+\delta_d/\lambda_d+1/\alpha_2) \quad (2.2)$$

bu yerda α_1 i α_2 - mos ravishda issiq tashuvchidan devorga va devordan sovuq tashuvchiga issiqlik berish koeffitsientlari; λ_d - devor materialining issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti; δ_d - devorning qalinligi.

Issiqlik o'tkazish koeffitsientiga teskari bo'lgan R kattalik **issiqlik o'tkazishning termik qarshiligi**, δ_d/λ_d nisbat esa devorning termik qarshiligi deb yuritiladi.

(2.2) tenglamadan ko'rinib turibdiki, issiqlik o'tkazishning termik qarshiligi quyidagiga teng bo'ladi:

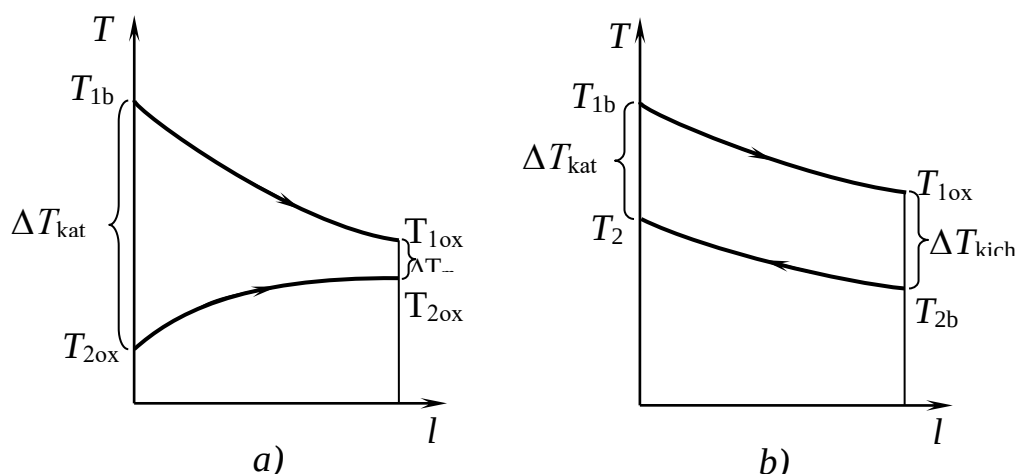
$$R=1/\alpha_1+\delta_d/\lambda_d+1/\alpha_2 \quad (2.3)$$

15.3. Issiqlik o'tkazishning harakatlantiruvchi kuchi

Issiqlik almashinish jarayonining harakatlantiruvchi kuchi issiq va sovuq issiqlik

tashuvchilar temperaturalari o'rtasidagi farqdan iborat. Sanoatdagi issiqlik almashinish uskunalarida issiqlik tashuvchilarning temperaturalari, ularni ajratib turgan sirt bo'yicha o'zgaradi. Shuning uchun hisoblashlarda temperaturalarning o'rtacha farqi $\Delta T_{o'r}$ ishlatiladi va issiqlik almashinishning asosiy tenglamasiga (13 - ma'ruzadagi 3.1 tenglama) ham shu kattalik kiradi.

Issiqlik almashinish apparatlari issiqlik tashuvchilarning bir - biriga nisbatan harakatiga qarab to'g'ri (bunda ikkala issiqlik tashuvchi ham uskunaning bir tomonidan kirib ikkinchi tomonidan chiqadi, ya'ni apparat ichida paralel harakat qiladi), qarama - qarshi, ko'ndalang (issiqlik tashuvchilar bir - biriga nisbatan perpendikulyar harakat qiladi) va aralash oqimli kabi turlarga bo'linadi. Quyidagi 3.1 - rasmda to'g'ri va qarama - qarshi oqimli issiqlik almashinish apparatlari uchun issiqlik tashuvchilar temperaturalarining issiqlik almashinish sirti bo'ylab o'zgarish xarakteri keltirilgan. Issiqlik almashinish apparatida issiq tashuvchi T_{1b} temperaturadan T_{1ox} temperaturagacha soviydi, sovuq tashuvchi esa T_{2b} temperaturadan T_{2ox} temperaturagacha isiydi. To'g'ri oqimli apparatning issiqlik tashuvchilar kiradigan tomonidagi temperaturalar farqi $\Delta T_{kat}=T_{1b} - T_{2b}$ ga, uskunaning oxiridagi temperaturalar farqi esa $\Delta T_{kich}=T_{1ox} - T_{2ox}$ ga teng bo'ladi. Qarama - qarshi oqimli apparatlarning chekkalaridagi temperaturalar farqi quyidagilarga teng bo'ladi: uskunaga kirish tomonda $\Delta T_{kat}=T_{1b} - T_{2ox}$, uskunadan chiqish tomonda $\Delta T_{kich}=T_{1ox} - T_{2b}$.



3.1 - rasm. To'g'ri va qarama - qarshi oqimli issiqlik almashtirgich issiqlik almashinish sirti bo'yicha issiqlik tashuvchilar temperaturalarining o'zgarishi

T_{1b} , T_{1ox} – issiq issiqlik tashuvchining boshlang'ich va oxirgi temperaturalari; T_{2b} , T_{2ox} – sovuq issiqlik tashuvchining boshlang'ich va oxirgi temperaturalari; ΔT_{kat} , ΔT_{kich} – issiqlik tashuvchilarning katta va kichik temperaturalar farqi.

Issiqlik almashinish apparatidagi o'rtacha temperaturalar farqi quyidagicha hisoblanadi:

- agar $\Delta T_{kat}/\Delta T_{kich} < 2$ bo'lsa, katta xatoliqsiz, uskuna ichidagi o'rtacha temperaturalar farqini o'rtacha arifmetik kattalik ko'rinishida topish mumkin [7]:

$$\Delta T_{o'r} = (\Delta T_{kat} + \Delta T_{kich}) / 2 \quad (3.1)$$

- issiqlik almashinish yuqori jadallikda boradigan issiqlik almashtirgichlarda $\Delta T_{kat}/\Delta T_{kich} > 2$ bo'lib, o'rtacha temperaturalar farqi o'rtacha logarifmik kattalik ko'rinishida topiladi:

$$\Delta T_{o'r} = (\Delta T_{kat} - \Delta T_{kich}) / \ln(\Delta T_{kat} / \Delta T_{kich}) \quad (3.2)$$

- issiqlik tashuvchilar bir - biriga nisbatan ko'ndalang harakat qiladigan apparatda va ko'p yo'lli aralash oqimli issiqlik almashtirgichlarda:

$$\Delta T_{o'r} = \varepsilon_T \Delta T_{o'r}^{kk} \quad (3.3)$$

bu yerda ε_t - qarama - qarshi oqimli apparat uchun hisoblangan o'rtacha
temperaturalar farqiga tuzatma koeffitsient[13].

ISSIQLIK ALMASHTIRGICHLAR

Kimyo sanoatida qo'llanilayotgan texnologik jihozlarning juda katta qismini issiqlik almashinish uskunalari tashkil etadi. Bir qancha asosiy jarayonlar, masalan rektifikatsiya, quritish va boshqalarni ham issiqlik almashinish jarayonlarisiz amalga oshirib bo'lmaydi.

Issiqlik almashtirgichlarda bir muhitdan ikkinchisiga issiqlik ko'rinishidagi energiyaning o'tishi yuz beradi. Bunday uskunalarda isitish, sovitish, bug'latish, suyultirish (kondensatsiya) qaynatish, va shuningdek, murakkab, aralash jarayonlar amalga oshiriladi.

Issiqlik almashtirgichlar quyidagi belgilarga qarab turlarga bo'linadi:

1) konstruktsiya va tayyorlangan konstruksion material bo'yicha - trubalardan tayyorlangan (kojuxtrubali, "truba ichida truba", sug'oriladigan, o'rama trubali); yassi materialdan tayyorlangan (plastinkali, spiral); issiqlik almashinish yuzasi metallmas material bo'lgan (grafit, plastmassa, shisha va boshqalar);

2) qo'llanilish maqsadi bo'yicha - isitgichlar, sovitgichlar, kondensatorlar va boshqalar;

3) issiqlik tashuvchilarning o'zaro harakati bo'yicha - to'g'ri oqimli, qarama - qarshi oqimli; ko'ndalang oqimli va boshqalar;

4) ishlash prinsipiga qarab - rekurativ va regenerativ.

Qayd etilgan issiqlik almashtirgichlarni keyingi mavzularda batafsil o'rganamiz.

Issiqlik almashtirgichlarning turli qismlarida issiqlik tashuvchilar temperaturalarining farqi turlicha bo'ladi. Shuning uchun hisoblarda o'rtacha temperaturalar farqi deb nomlanadigan kattaliklikdan foydalaniladi.

Issiqlik almashinish uskunalarida issiqlik tashuvchilar bir - biriga nisbatan to'g'ri, qarama - qarshi yoki aralash oqishi mumkin. Muhitlarning bir xil boshlang'ich va oxirgi temperaturalarida qarama - qarshi oqimli uskunalarda o'rtacha temperaturalar farqi nisbatan yuqori bo'ladi. Bunday uskunada issiqlik almashinish jadal borib, issiqlik tashuvchining sarfini qisqartirish va talab etiladigan issiqlik almashinish yuzasini kamaytirish imkonini bo'ladi.

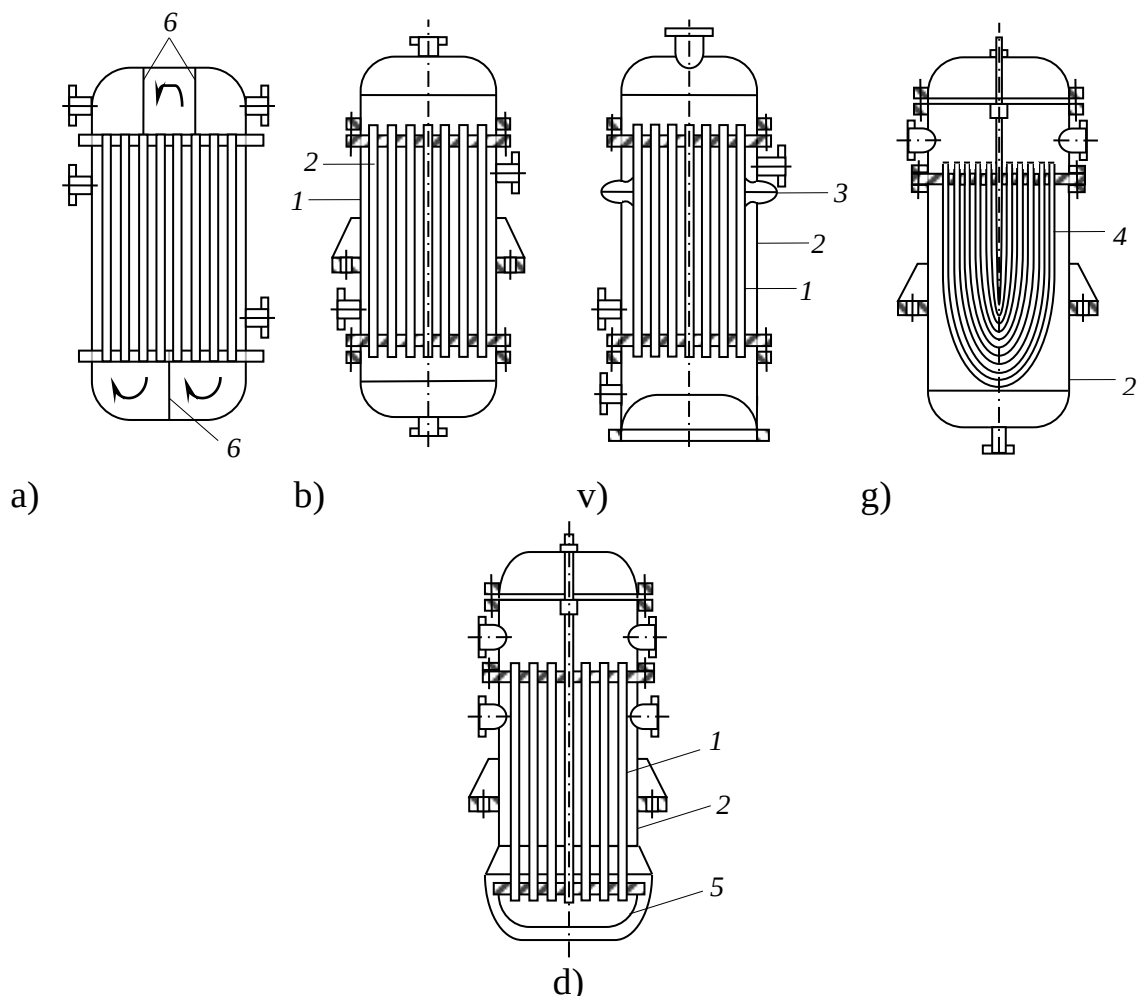
1.1. Kojux trubali issiqlik almashtirgichlar

Kimyo texnologiyasida qo'llanilayotgan issiqlik almashtirgichlarning 80% dan ko'prog'ini kojux trubali uskunalar tashkil qiladi. Yetarlicha universal bo'lgan bu issiqlik almashtirgichlarning yasalishi oddiy, ishonchliligi katta, hamda ular yuqori bosim va temperaturalarda qo'llanilishi mumkin.

Davlat standarti bo'yicha kojux trubali issiqlik almashtirgichlarning qo'yidagi turlari ishlab chiqariladi: N - truba panjarasi qo'zg'almas; K - kojuxda temperatura kompensatori bo'lgan; R - qo'zg'aluvchan kallakli; U - U - simon trubali (hozirgi kunda bunday uskunalarni ishlab chiqarish to'xtatilgan); RK - qo'zg'aluvchan kallakli va kompensatorli.

1.1.1. Truba panjarasi qo'zg'almas issiqlik almashtirgichlar

Truba panjarasi qo'zg'almas (N turidagi) bir (a) va ko'p (j) yo'lli issiqlik almashtirgichlarning sxemasi 2.1 - rasmda ko'rsatilgan. Kojuxning ichida trubalari razvalsovkalab mahkamlangan trubalar dastasi o'rnatilgan. Truba panjarasi kojux bilan qattiq mahkamlangan. Kojux ikki yon tomonidan taqsimlash kameralari bilan yorilgan. Kojux va kamera o'zaro gardishlar yordamida biriktiriladi.



2.1 - rasm. Kojuxtrubali issiqlik almashtirgichlar

A - truba panjarasi qo'zg'almas; *b* - linza kompensatorli; *v* - U - simon trubali; *g* - qo'zg'aluvchan kallakli; *d* - ko'p yo'lli; 1 - truba; 2 - kojux; 3 - linza kompensator; 4 - U - simon truba; 5 - qo'zg'aluvchan kallak; 6 - to'siqlar.

N turidagi issiqlik almashtirgichlarning tuzilishi oddiy va nisbatan arzon. Lekin bunday uskunaning ikkita kamchiligi bor: 1) trubalarning tashqi sirtini tozalab bo'lmaydi; 2) kojux va trubalarning temperaturalari orasidagi farq juda katta bo'lganda ularda turlicha temperatura deformatsiyalari va buning natijasida temperatura kuchlanishlari vujudga kelib apparatni ishdan chiqarishi mumkin.

Bunday qo'zg'almas truba panjarali issiqlik almashtirgichlar bir yoki ko'p yo'li bo'lishi mumkin. Taqsimlash kameralarida to'siqlar o'rnatilib issiqlik tashuvchilarning yo'llari sonini ko'paytirilgan bo'ladi.

Kojux trubali issiqlik almashtirgichlarning qo'llanilishida toza issiqlik tashuvchi trubalar orasidagi bo'shliqqa, Cho'kma hosil qiladigani esa trubalar ichiga yo'naltiriladi. Issiqlik o'tkazishning jadal borishi uchun muhitlarning tezligi yetarlicha katta bo'lishi

kerak (gazlar uchun 8 - 30 m/s, suyuqliklar uchun 1,5 m/s dan katta). Issiqlik tashuvchilarning tezligi trubalar ichidagi va orasidagi maydonning kesim yuzasini tanlash bilan ta'minlanadi.

1.1.2. Temperatura kompensatorli uskunalar

Kojux bilan trubalar temperaturalarining farqi katta bo'lgan hollarda temperatura deformatsiyasini qisman kompensatsiyalash uchun kojuxda maxsus egiluvchan elementlar (kengaytirgichlar yoki kompensatorlar) o'rnatiladi (2.1 - rasm, b). Ko'p hollarda bir yoki bir nechta elementi bo'lgan linzali kompensatorlar ham qo'llaniladi.

Kompensatorlarning soni ortishi bilan ularning kompensatsiyalash qobiliyati ham ortadi. Lekin shunga qaramay to'rttadan ortiq linzani bitta kojuxga o'rnatib bo'lmaydi. Chunki kojuxning mustahkamligi kamayadi. Linzali kompensatorlarning kompensatsiyalash qobiliyatini oshirish uchun issiqlik almashtirgichlarni yig'ishdan oldin kompensatorni siqish (agar u ishlaganda kengaysa) yoki kengaytirish (ishlaganda toraysa) mumkin. Agar linzali kompensatorlar gorizontall uskunalarda o'rnatilgan bo'lsa gidravlik sinovdan keyin linzalar parmalab teshiladi (issiqlik tashuvchini to'kish uchun) va yana mahkamlab qo'yiladi.

Temperatura deformatsiyasini bartaraf qilish uchun ba'zi hollarda kompensatorlarning boshqa turlari yoki kengaytirgichlar ishlatiladi.

Temperatura kompensatori bo'lgan issiqlik almashtirgichlarning kamchiligi shundaki, ular N turdagi uskunalarga qaraganda qimmatroq va 2,5 MRa dan katta bosimda qo'llanilmaydi.

Temperatura kuchlanishlari hosil bo'lishining oldini olishga qodir issiqlik almashtirgichlardan biri U - simon trubali uskunadir (2.1 - rasm, v). Bunday uskunalarda trubalar erkin kengayishi mumkin. U - simon trubali uskunalarning truba panjarasini chiqarib olish oson. Lekin ular bir qancha kamchiliklarga ega: trubalarning ichini tozalab bo'lmaydi; truba panjaraga mahkamlangan joyning germetikligi tez - tez buziladi; kojuxni trubalar bilan yaxshi to'ldirib bo'lmaydi; trubalarni almashtirib bo'lmaydi. Shuning uchun bunday uskunalar keng qo'llanilmaydi.

1.1.3. Qo'zg'aluvchan kallakli issiqlik almashtirgich

Kojux bilan trubalarning temperatura deformatsiyasini yo'qotishga mo'ljallangan issiqlik almashtirgichlardan yana biri qo'zg'aluvchan kallakli uskunadir. Bunday uskunalarning (2.1 - rasm, g) bitta truba panjarasi korpus bilan qo'zg'almas qilib mahkamlangan. Ikkinchisi esa qo'zg'aluvchan bo'lib, trubalar o'qi bo'yicha erkin siljiy oladi. Diametri 800 mm va undan katta bo'lgan uskunalarda truba dastasi erkin siljishi uchun ularda tayanch platforma o'rnatiladi.

Qo'zg'aluvchan kallakli issiqlik almashtirgichlar temperatura deformatsiyasini to'liq kompensatsiyalamaydi. Shuning uchun issiqlik almashuvchi muhitlarning bosimlari katta bo'lganda (5 - 10 MRa) kojuxida kompensator bo'lgan qo'zg'aluvchan kallakli (RK turidagi) issiqlik almashtirgichlar qo'llaniladi.

1.1.4. Kojuxlar va taqsimlash kameralari

Kojuxtrubali issiqlik almashtirgichlarning asosiy elementlari qo'yidagilardan iborat: kojux, taqsimlash kamerasi, trubalar, trubalar panjarasi va to'siqlardan.

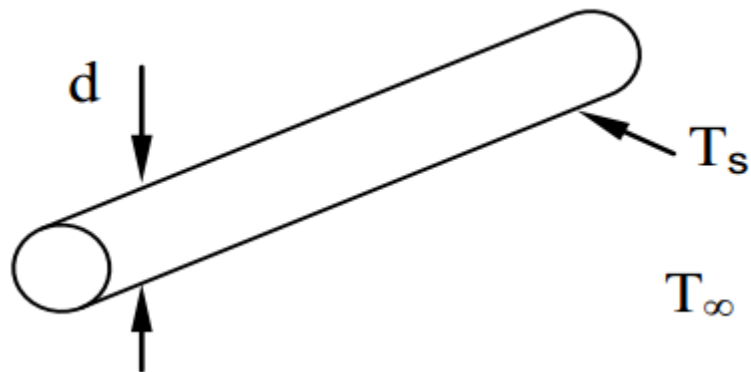
Diametri 600 mm dan kichik kojuxlar trubalardan, kattalari esa yassi po'latdan tayyorlanadi. Katta uzunlikdagi kojuxlar bir nechta obechaykani payvandlab biriktirish yo'li bilan yasaladi. Bunda ikki chetdagi obechaykaning qalinligi o'rtadagilariga qaraganda 1,2 - 1,4 marta katta bo'lishi kerak. Bu, kojux bilan trubalar panjarasi ulangan joyida hosil bo'ladigan kuchlanishini kompensatsiyalash maqsadida qilinadi.

Issiqlik almashtirgichlarning, ayniqsa U, R va RK turdagi uskunalarning kojuxi pachoqlanmagan bo'lishi kerak. Chunki, kojuxning ichkari tomonga qavarib chiqqan joylari trubalar dastasini chiqarib olish va joyiga qo'yishga xalaqit beradi. N turdagi uskunalarning kojuxi va trubalari o'z - o'zini kompensatsiyalash qobiliyatiga ega bo'lishi, ya'ni temperaturalar farqi tufayli vujudga keladigan uzayishdan hosil bo'ladigan kuchlanishga qarshi tura bilishi lozim. Bunday turdagi uskunalarning trubalari va kojuxidagi temperatura kuchlanishlarini topishda trubalar panjarasi deformatsiyalanmaydi, kojux va trubalar bo'ylama egilishga uchramaydi deb qabul qilinadi.

Issiqlik almashtirgichlarning taqsimlash kameralari issiqlik tashuvchilar oqimini taqsimlashga mo'ljallangan va ular truba panjarasiga biriktirilgan gardishli obechayka va yechiladigan ellips yoki tekis qopqoqdan iborat bo'ladi. Ayrim konstruksiyalarda qopqoq silindr yechaykaga mahkamlanadi. Ko'p yo'lli issiqlik almashtirgichlarda yo'llarni hosil qilish uchun kameralar bo'ylama to'siqlar bilan ta'minlangan bo'lishi mumkin. Chunki bunday qopqoqlar arzon va ularni yasash oson. Odatda taqsimlash kamerasi devorining qalinligi uskuna kojuxi devorining qalinligiga teng qilib qabul qilinadi.

1.1.5. Trubalar va trubalar panjarasi

Kojuxtrubali uskunalarning issiqlik almashinish trubalari odatda uglerodli va legirlangan po'latlardan yoki latundan tayyorlanadi. Trubalarning diametri qancha kichik bo'lsa, ulardan oqayotgan muhitning tezligi va shunga mos ravishda issiqlik berish koeffitsienti ham katta bo'ladi. Lekin kichik diametrli trubalar sirtida tez cho'kma hosil bo'ladi, ularni tozalash, hamda ularni truba panjarasiga mahkamlash qiyinroq. Shuning uchun diametri 20 va 25 mm bo'lgan trubalar keng qo'llaniladi. Tez cho'kma hosil qiladigan yoki qovushoq suyuqliklar uchun diametri 38 va 57 mm bo'lgan trubalar ishlatiladi. Trubalar uzunligining ortishi va uskuna diametrining kichrayishi bilan issiqlik almashtirgichlarning bahosi arzonlashadi[13].



Gorizontal silindr atrofida tabiiy konveksiyaning borishi

Kojuxtrubali issiqlik almashtirgichlarning truba panjaralari asosan butun yassi po'latlardan yasaladi. Katta diametrli uskunalarga payvandli truba panjaralari o'rnatiladi. Bunday hollarda payvand choklari o'zaro kesishmasligi va ulardan truba teshiklarigacha bo'lgan masofa, teshik diametrining 0,8 qismidan kam bo'lmasligi kerak. N va K turdagi uskunalarining trubalari, truba panjarasida teng tomonli uchburchakning uchlari bo'yicha, R va RK turdagilarniki esa kvadratlarning uchlari bo'yicha joylashtiriladi[13].

Po'lat trubalar, truba panjarasiga asosan quyidagi usullar bilan mahkamlanadi: razvaltsovkalab (rolıklar yordamida trubalarning panjaraga kirib turgan joyi kengaytiriladi) va payvandlab. Razvaltsovka sifatli bo'lish uchun panjara materialining qattiqligi trubalardikidan katta bo'lishi kerak.

1.1.6. Issiqlik almashtirgichlarning to'siqlari

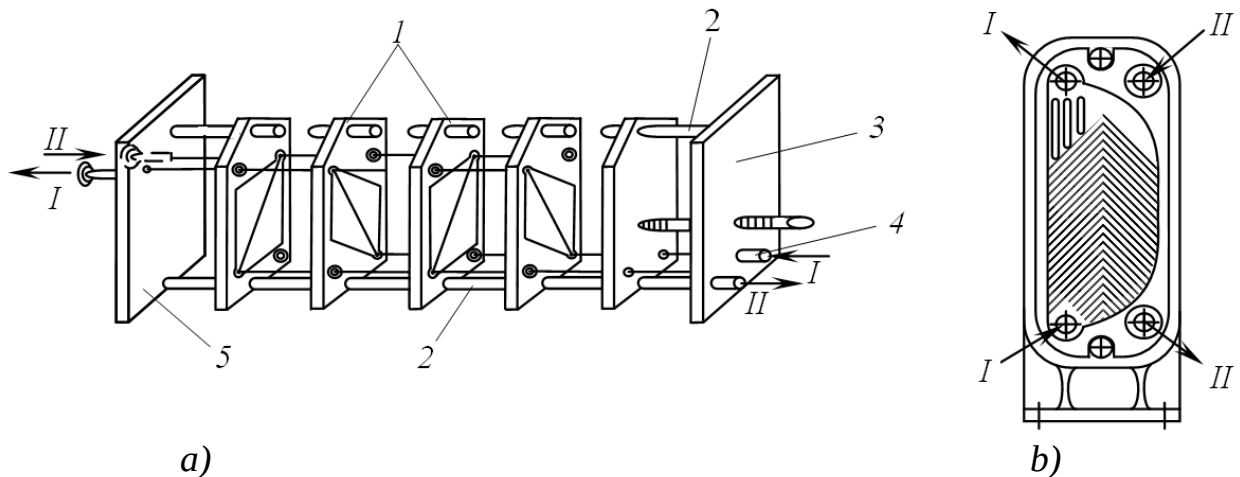
Ma'lumki issiqlik tashuvchilarning tezligi ortishi bilan issiqlik berish koeffitsienti ortadi. Issiqlik tashuvchining tezligini oshirish va tekis tarqalishini ta'minlash maqsadida kojuxtrubali issiqlik almashtirgichlarning taqsimlash kameralarida va trubalar orasidagi maydonda ko'ndalang va bo'ylama to'siqlar o'rnatiladi.

Uskunalarining trubalari orasidagi maydonida o'rnatilgan ko'ndalang to'siqlar shu yerdan oqayotgan muhitning tezligini oshirishga va oqimlar yo'nalishini trubalar o'qiga perpendikulyar qilishga mo'ljallangan. Bu to'siqlar trubalar tashqarisidagi issiqlik berish koeffitsientining oshishiga olib keladi. Ko'ndalang to'siqlar ba'zi hollarda trubalar dastasini mahkam ushlab turish, trubalar orasidagi masofani saqlash va ularning tebranishini kamaytirish vazifalarini ham bajaradi. Bunday to'siqlarning segmentli, yoriqli va boshqa konstruksiyalari uchraydi. Amaliyotda segmentli to'siqlar keng qo'llaniladi. Segmentning balandligi uskuna diametrining uchdan biriga, to'siqlar orasidagi masofa esa uskuna diametrining yarmiga teng bo'ladi. Toza suyuqliklar uchun butun to'siqlar qo'llaniladi. Bu holda suyuqlik truba bilan to'siq orasidagi aylana oraliqdan (1,5 mm atrofida) oqadi.

Ko'ndalang to'siqlar bilan uskuna korpusi orasidagi masofa etarlicha kichik bo'lishi (diametri 600 mm dan kichik uskunalar uchun 1,5 mm dan oshmasligi) kerak. Chunki bu oraliqda suyuqlikning oqishi issiqlik almashinishni susaytiradi. Ba'zi hollarda korpus bilan to'siq orasidagi masofani kamaytirish maqsadida maxsus elastik mahkamlovchi xalqalar o'rnatiladi.

1.2. Plastinkali va spiral issiqlik almashtirgichlar

Plastinkali issiqlik almashtirgichlarning ish yuzasini gofrirovka qilingan plastinkalar tashkil qiladi. Plastinkalar ikki xil bo'lib, (o'ng va chap) ularning orasiga rezina qistirma qo'yib navbatma - navbat o'rnatiladi va vint qurilmasi yordamida siqib mahkamlanadi. Rezina qistirmalar issiqlik tashuvchilar o'zaro aralashuvining va tashqariga oqib ketishining oldini oladi. Plastinkalar orasidagi juft kanallardan birinchi muhit, toq kanallardan esa ikkinchisi harakatlanadi (3.1 - rasm).



3.1 - rasm. Plastinkali issiqlik almashtirgichning sxemasi

a–yig'ilgan holda; *b*–plastina; 1–plastinalar; 2–balka; 3, 5– qo'zg'almas va qo'zg'aluvchan plitalar; 4 – patrubka; *I, II* – issiqlik tashuvchilar.

Plastinkalar orasidagi masofa kichkina (3 - 6 mm) bo'lganligi uchun issiqlik tashuvchilarning tezligi katta va issiqlik o'tkazish koeffitsienti yuqori bo'ladi. Uskunada issiqlik tashuvchilarni qarama - qarshi, to'g'ri va aralash oqimda harakatlantirish mumkin. Bunday uskunalar kamchiligi shundaki, ulardagi rezina qistirmalar katta temperaturaga, bosimga va muhitlarning agressivligiga chidamsiz.

Konstruktsiyasi ixcham va yasalishi oddiy bo'lganligi uchun oxirgi vaqtlarda spiral issiqlik almashtirgichlar keng qo'llanilmoqda. Bunday uskunalar bir - birining ichiga kirib turib to'rtburchak kesimli kanal hosil qiladigan ikkita spiral qilib o'ralgan metall listdan iborat. Spirallarning yon tomoni yechiladigan tekis qopqoqlar bilan mahkamlanadi. Shuning uchun spiral listlarning yon chetlari bitta tekislikda yotishi kerak. Qopqoqlar bilan listlar orasidagi germetiklikni ta'minlash uchun ularning orasiga uskunaning butun ko'ndalang kesimi bo'yicha rezina, paronit yoki boshqa materialdan bo'lgan qistirma qo'yiladi. Spiral issiqlik almashtirgichlar ishchi muhitlarning temperturalari 20 - 200 °S va bosimi 1 MRa gacha bo'lgan hollarda qo'llaniladi. Ular gorizonta yoki vertikal bo'lishi mumkin[13].

1.3. Issiqlik almashtirgichlarni hisoblash va tanlash

Issiqlik almashinish uskunalarini hisoblashdan maqsad uskunaning talab etiladigan

issiqlik almashinish yuzasini topishdan iborat. Issiqlik tashuvchilarning sarflari, hamda boshlang'ich va oxirgi temperaturalari berilgan bo'ladi. Keng qo'llanilgani uchun kojuxtrubali issiqlik almashtirgichlarni hisoblashni ko'ramiz.

Issiqlik almashinish yuzasi issiqlik o'tkazishning asosiy tenglamasidan topiladi:

$$F=Q(K\Delta t_{o,r}) \quad (4.1)$$

bu yerda Q - issiqlik miqdori, W ; K - issiqlik o'tkazish koeffitsienti, $W/(m^2 \cdot K)$; $\Delta t_{o,r}$ - o'rtacha temperaturalar farqi, K .

Issiq muhitdan sovuq muhitga o'tkazilgan issiqlik miqdori qo'yidagi tenglamalardan toriladi:

- muhitning agregat holati o'zgarmaganda:

$$Q=Gc_r(t_1 - t_2) \quad (4.2)$$

- muhitning agregat holati o'zgarsa:

$$Q=Gr \quad (4.3)$$

bu yerda G - muhitning massa sarfi, kg/s ; c_r - muhitning issiqlik sig'imi, $J/(kg \cdot K)$; t_1 va t_2 - muhitning boshlang'ich va oxirgi temperaturalari, $^{\circ}C$; r - bug' hosil bo'lishining solishtirma issiqligi, J/kg .

Issiqlik almashtirgichning ichida moddalar bir - biriga nisbatan qarama - qarshi harakatlanayotgan bo'lsa o'rtacha temperaturalar farqi qo'yidagicha topiladi:

$$\Delta t_{o,r}=(\Delta t_{kat} - \Delta t_{kich})/[2,3lg(\Delta t_{kat}/\Delta t_{kich})] \quad (4.4)$$

bu yerda Δt_{kat} va Δt_{kich} - uskunaning cheklaridagi, ya'ni katta va kichik temperatura farqlari, K .

Issiq muhitning temperaturasi T va sovug'inikini t bilan belgilasak, amaliyotda ko'p qo'llaniladigan qarama - qarshi oqimli issiqlik almashtirgichlar uchun:

$$\Delta t_{kat}=T_1 - t_2 \quad \Delta t_{kich}=T_2 - t_1 \quad (4.5)$$

Agar muhitlar bir - biriga nisbatan turli xil yo'nalishlarda harakatlansa:

$$\Delta t_{o,r}=E_{\Delta t} \Delta t_{o,r,q}$$

bu yerda $E_{\Delta t}$ - tuzatma koeffitsient (uning qiymati oqim turiga bog'lik maxsus ma'lumotnomalardan olinadi); $\Delta t_{o,r,q}$ - qarama - qarshi oqim uchun o'rtacha temperaturalar farqi.

Issiqlik o'tkazish koeffitsienti:

$$K=1/[(1/\alpha_1)+(\delta_d/\lambda_d)+(1/\alpha_2)]$$

bu yerda α_1 va α_2 - issiq va sovuq muhitlar tomonidagi issiqlik berish koeffitsientlari, $W/(m^2 \cdot K)$; δ_d - truba devori materialining qalinligi, m ; λ_d - truba devori materialining

issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti, $Vt/(m \cdot K)$.

Issiqlik berish koeffitsientlarini topish tenglamalari ko'p bo'lib, ular oqimning rejimi, muhitning qanday shakldagi kanalda harakatlanayotgani va agregat holatini o'zgarishi yoki o'zgarmasligiga qarab tanlanadi. Bunday tenglamalar ko'pgina adabiyotlarda keltirilgan.

Hisoblashlarning keyingi bosqichida uskunalarning gidravlik qarshiligi topiladi.

Issiqlik almashtirgichlarning konstruksiyasini tanlaganda qo'yidagi talablarni e'tiborga olish lozim:

1. Kerakli issiqlik miqdorini o'tkazishi.
2. Muhitning fizik - kimyoviy xossalari.
3. Issiqlik almashtirishning jadal borishi.
4. Gidravlik qarshilikning kichik bo'lishi.
5. Uskunaning tuzilishi ixcham bo'lishi.
6. Materialining muhitning agressivligiga chidamli bo'lishi.
7. Tozalanishi hamda ta'mirlanishi oson bo'lishi va boshqalar.

1.4. Issiqlik almashtirgichlarni takomillashtirish

Kimyo sanoatida ko'p qo'llanilayotgani uchun kojuxtrubali issiqlik almashtirgichlarni takomillashtirishga alohida to'xtalamiz. Bunday uskunalarning trubalari ichidagi yoki orasidagi maydonlarning qaysi birida termik qarshilik katta (issiqlik berish koeffitsienti kichik) bo'lsa, o'sha tomondagi issiqlik berishni jadallashtirish yaxshi samara beradi. Biz bilamizki muhit bilan devor orasidagi issiqlik uzatishda muhitning chegaraviy qatlami asosiy termik qarshilikni tashkil qiladi. Issiqlik almashtirgichlarni takomillashtirishga doir ilmiy ishlar asosan chegaraviy qatlamning qalinligini kamaytirish yoki uni buzishga qaratilgan.

Trubalar orasidagi maydonda termik qarshilik trubalar ichidagiga qaraganda juda katta bo'lganda odatda trubalarning tashqi sirtiga turli xil qirralar mahkamlanadi. Bunda chegaraviy qatlamni buzib issiqlik berishni jadallashtirish bilan birga issiqlik almashinish yuzasini oshirish hisobiga ham uskunaning unumdorligi oshiriladi. Lekin bu usulni qo'llaganda trubalarning panjarada joylashuvi yomonlashadi va metal sarfi ko'payadi.

Trubalar ichida issiqlik berishni jadallashtirishda turli xil qurilmalar yordamida oqimning chegaraviy qatlamini buzish, ya'ni turbulizatsiyalash keng qo'llanilmoqda. Truba diametriga moslab sriral qilib o'ralgan sim, yoki yassi yurqa metall, diafragma, disk va boshqa ko'pgina turbulizatsiyalovchi qurilmalar tekshirib ko'pilgan. Bu qurilmalar Reynolds sonining kichik qiymatlarida issiqlik berishni 20 martagacha oshirishi mumkinligi aniqlangan. Lekin gidravlik qarshilikni keskin oshirishi, har bir trubaning ichiga o'rnatish va trubalarni tozalaganda chiqarib olishning qiyinligi turbulizatsiyalovchi qurilmalarni amalda qo'llashni cheklab kelmoqda.

Hozirgi kunda trubalarni turlicha deformatsiyalash yo'li bilan ularning ikkala tomonida ham issiqlik berishni jadallashtirish ko'p o'rganilmoqda. Roliklar yordamida tashqi tomondan siqilganda trubaning tashqarisida xalqasimon chuqurchalar, ichkarisida esa do'nglikchalar (diafragmalar) hosil bo'ladi.

Chuqurchalar truba tashqarisidagi, diafragmalar ichkarisidagi chegaraviy qatlamni trubalizatsiyalaydi va ikkala tomonda ham issiqlik almashinish tezlashadi. Bunday trubalar issiqlik o'tkazishni ikki - uch martagacha oshirish mumkin. Issiqlik almashinishni yaxshi

jadallashtirishi, tayyorlanishi osonligi va gidravlik qarshilikni ko'p oshirmaganligi tufayli ko'ndalang rachoqlangan trubalar amalda ham keng qullanilmoqda. Bunday trubalardan yig'ilgan issiqlik almashtirgichlarni respublikamiz mashinasozlik zavodlarida ham ishlab chiqariladi.

Samaradorligi yuqori va ixcham uskunalardan yana biri rlastinkali - sriral issiqlik almashtirgich hisoblanadi. Bu ukunaning oddiy sriral issiqlik almashtirgichlardan farqi shundaki, uning srirallari gofirovka (g'adir - budir) qilingan yassi ro'latdan tayyorlanadi. G'adir - budirliklar ikkala muhit tomonidagi chegaraviy qatlamni ham buzish imkonini beradi va natijada issiqlik o'tkazish jadallashadi.

O'zbekiston Respublikasi sharoitida asosan isituvchi muhit sifatida to'yingan suv bug'i, sovituvchi sifatida esa suvdan foydalaniladi. Isitgichlarda to'yingan suv bug'i issiqligini berishi jarayonida o'zi kondensatsiyalanadi va bunda katta miqdordagi issiqlik energiyasi ajralib chiqadi. Undan tashqari kondensatsiyalanayotgan bug'dan qattiq sirtga (devorga) issiqlik berish koefitsientining jadalligi ham juda yuqori bo'ladi.

Sovituvchi muhit sifatida suvdan foydalanilganda, suv isishi natijasida (temperaturasi 40 °C osha boshlaganda) tarkibidagi tuzlari krisstall ko'rinishida ajralib chiqib issiqlik almashinish sirtiga o'tiradi. Natijada issiqlik berish jarayonining jadalligi keskin rasayadi. Bu suv bilan sovitishning asosiy kamchiligi hisoblanadi. Shunga qaramay respublikamiz sanoatida sovituvchi muhit sifatida asosan suv qo'llaniladi. Chunki bizning shartida yilning deyarli yarmidan ko'proq davrida havo temperaturasi yuqori bo'lganligi tufayli undan foydalanishning imkoniyati yo'q. Shuningdek havodan qattiq sirtga (devorga) issiqlik berish koefitsientining jadalligi ham juda rast bo'ladi.

Shu o'rinda sanoatda sovituvchi suvning o'zini sovitishga to'xtalib o'tish maqsadga muvofiq bo'ladi. Ishlab chiqarishlarda issiqlik tashuvchilarni va uskunalarni sovitganda suvning o'zi isiydi. Uni qayta ishlatish uchun sovitish zarur bo'ladi. Sanoatda suv havo yordamida bug'lantirilib sovitiladi. Chunki suvni tejash imkoniyatini beradigan, suvni bug'lantirib sovitishning jadalligi va mos ravishda samaradorligi juda yuqori. Suvni bug'lantirib sovitish uskunalarida (ular gradirnyalar deb ataladi) suv uskunaning tepa qismidan tomchilar holida seriladi va pasta harakatlanadi. Havo esa uskunada rastdan balandga harakatlanadi. Bu jarayonda suyuqlik tomchilari sirtidan suv bug'lanadi. Malumki, bug'lanish issiqlik yutilishi bilan boradi. Gradirnyalarda suv tomchilari sirtidan suv bug'langanda issiqlikning asosiy qismi tomchi hajmidan olinadi va natijada suv tomchilari soviydi.

2-qism.

1-ma`ruza

Mavzu: Bug'latish

Reja: 1.1. Bug'latish jarayoni. Umumiy tushuncha.

1.2. Birkorpusli bug'latish qurilmasi.

1.3. Bug'latishning moddiy va issiqlik balansini. Bug'sarfi, isitish yuzasiga foydalitilgan temperaturalar farqi.

Tayanch iboralar: bug'latish, kaynatish, kuyultirish, konsentratsiya sinioshish, ko'pkorpusli, birkorpusli, issiklik berish, issiklik kutkazish, issiklik kutkazuvchanlik, linza kompensatorli, zmeevikli, issiqlik almashinish, suv bug'i, bug'-suyuklik, aralashma.

Asosiy kism:

1.1. Bug'latish. Umumiy tushunchalar

Kattik,

uchuvchan bulmagani uchuvchanligi yomon bo'lgan moddalar eritmalarini kaynatish davri da erituvchisi ni va xosil bo'lgan bug'larni chikarib yuborish jarayoniga **bug'latish** deyiladi.

Odatda,

sanoat miqyosida bug'latish jarayoni eritmalarini kaynatish yuliga amalga oshiriladi.

Eritmalarni bug'latishdan maksadularning konsentratsiya sinini orttirish bo'lib, ya'ni eritmalarini quyushtirishdir.

Agarda,

quyuqlashtirilgan eritmalar danyana erituvchilarni chikarilsa, qattiq moddalarni kristallanib oshlaydi va kristallar ajralib chikadi.

Suyultirilgan eritmalar konsentratsiya sinioshish yoki ular dani erigan moddalarni kristall ashusulida ajratib olish uchun bug'latish jarayoni kullaniladi.

Kime,

ozik,

ovkat va boshqa sanoatlarda bug'latish jarayoni dani keng kullandiriladi. Masalan, tuz, ishkorkabimoddalarning suvli eritmalarini, mineral va organik kislotalar, ko'patomli spirtlar, shakar va konserva maxsulotlarini ishlab chikarish texnologiyasida tomat, sut va sharbatlarni konsentrlashda bu jarayon siz texnologiya ni tasavvur kilib bulmaydi. SHubilan birga, ushbu jarayon nitoza erituvchi ishlab chikarish uchun ham qo'llaniladi.

SHunialohida qaydetish kerakki,

agar bug'lanish jarayoni kaynashtemperaturasidan past,

istalgan temperaturada eritmayuzasida sodir bo'lsa,

bug'latish esa

qaynashtemperaturasidan yuqori temperaturada, eritmaning butun xajmidayuz beradi.

Ushbu jarayonlar bug'latish qurilmaside bino mlanadigan qurilmalarda amalga oshiriladi.

Ma'lumki, o'zluksiz va uzluqli bug'latish jarayonlarini tashkil etish mumkin. uzluqli ishlaydigan qurilmalar,

odatda kammik dordam maxsulot ishlab chikaradigan texnologiyalarda kullaniladi.

Yirik sanoat korxonalarida o'zluksiz ishlaydigan bug'latish qurilmalaridan foydalaniladi va ularning issiqlik almashinish yuzalari $600 \dots 1000 \text{ m}^2$ bo'ladi. Bunday qurilmalarning tejamliligini aniklovchi asosiy omil bo'lib, o'ndagibutva suvsarfixis oblanadi.

Bug'latish vakuum, atmosfera va yuqori bosim ostida olib borilishi mumkin.

Vakuum ostida bug'latish paytida ikkilamchi bug'ni maxsus kondensatorda kondensatsiyalash yuli bilan qurilmada vakuum xosil qilinadi va nasos yordamida kondensatsiyalanmagan gazlar surib olinadi. Bu usulda jarayon olib borilsa, eritmaning qaynash temperaturasi pasaytirishga erishsa bo'ladi. Natijada yuqori temperaturaga uta

ta'sirchan maxsulotlar sifatini sakdab kolish imkoniyati turiladi. Undan tashqari, vakuumni jarayonda qullash, harakatga keltiruvchi kuch mikdorini oshiradi va bug'latish qurilmasining issiqlik almashinish yuzasini, hamda metall sarfini kamaytirish imkonini beradi.

Vakuum ostida bug'latishning yana bir afzalligi sho'ndaki, past temperatura va bosimli issiqlik eltkichlardan foydalanish mumkin. Bu usulda burlatilganda, xosil bo'lgan ikkilamchi bo'rni, keyingi korpusda birlamchi bug' sifatida qullash mumkin.

Albatta, bu usuliing kamchiliklari ham bor: jarayonda vakuumni qullashning narxini oshiradi; burlatki chdan tashqari bir nechta kushimcha qurilmavamoslamalar ishlatish keraq

Atmosfera bosimida bug'latish jarayonida xosil bo'lgan ikkilamchi buratrof muxitgacha karioyuboriladi. Bunday usul eng soddadeb xisoblansa ham, lekin u iktisodiy jihatdan eng tejamsizdir.

Yuqori bosimostida bug'latish jarayonida xosil bo'lgan ikkilamchi burkaytadan bug'latish jarayonida, hamda boshqa maksadlar uchun ham ishlatish mumkin. Bu usulda jarayon yuqori bosimda olib borilgani uchun, eritmalarning qaynash temperaturasi ancha kuta riladi.

Boshqa maksadlar uchun ishlatiladigan ikkilamchi bug' - **ekstra bug'** deb nomlanadi. Yuqori bosimostida bug'latish jarayonida ajralib chik, kanikkilamchi bo'rni qaytadan qullash, vakuumostida bug'latishganisbatan, issiklikdantulamikdorda foydalanish imkonini beradi. SHuninguchun, ushbu usul faqat issiqlik kabardosh eritmalarni bug'latish uchun kullaniladi. Undan tashqari, yuqori bosimostida bug'latish jarayoni uchun yuqori temperaturali issiqlik eltkichlarni ishlatish keraq Buxolal battauning eng asosiy kamchiligidir.

Atmosfera bosimi, ayrim xollarda vakuum ostida jarayon olib borilganda, bir korpusli bug'latki chlardan foydalaniladi. Lekin, sanoat miqyosida ko'pincha bir necha qurilmadan yigilgan ko'p korpusli bug'latish qurilmalarida jarayonni olib borish keng tarkalgan. Bunday qurilmalarda faqat birinchi korpusda birlamchi bug' ishlatiladi.

Ikkinchi, uchinchi va keyingi korpuslarda esa, oldingi korpusda ajralib chik kdn ikkilamchi bur kullai ilsa, eltkich te-jalishiga sababli bo'ladi va bur sarfining kamayishiga olib keladi.

Bug'latishning nazariy asoslari

Bug'latish jarayonida eritmalarning konsentratsiyasi ortadi va natija-da uning fizik va issiqlik xossalari o'zgaradi.

Bug'latish qurilmalarini hisoblash, loyihalash va ekspluatatsiya kilish uchun muhim bo'lgan eritmalarning ba'zi bir xossalari ni kurib chikamiz.

Temperatura depressiyasi - Eritma T_e va erituvchilar T qaynash temperaturalar i urtasidagi farqdir, ya'ni $\Delta t = T_e - T$ temperatura depressiyasi deb nomlanadi.

Eritmalar nazariyasidan ma'lumki, bir xil T temperaturada toza erituvchi ustidagi bug'larining bosimi r , eritma ustidagi burlarning bosimi r_e dan xdr doim ko'p bo'ladi. YOki bir xil bosimda toza erituvchining qaynash temperaturasi eritmaning qaynash temperaturasidan past bo'ladi.

Eritmalarning temperatura depressiyasi erituvchi va erigan moddalar chossalariga bog'liqdir. Bosim va konsentratsiya ortishi bilan temperatura depressiyasi oshadi. Ko'pincha ushbu kursatki ch tajribaviy yul bilan aniklanadi.

Ma'lumki, burlatki chlarda issiqlik yo'qotilishi oqibatida temperatu-ralarning pasayish uodisasi yuz beradi. Natijada temperaturalar farqi kamayadi va jarayon intensivligi susayadi. Temperaturalar yukotilishi Δ , temperatura depreso iyasi Δ' ,

gidrostatik Δ'' va gidravlik depressiya Δ''' lar yigindisiga teng, ya'ni:

$$\Delta = \Delta'' + \Delta''' \quad (1.1)$$

Agar, eritmaning atmosfera bosimdagi temperatura depressiyasi T'_{atm} ma'lum bo'lsa, istalgan boshqa bosimlardagi depressiya Tishenkoning axminiy formulasidan xisoblab aniqlash mumkin:

$$\Delta' = 1,62 \cdot 10^{-2} \frac{T^2}{r} \Delta'_{atm} \quad (1.2)$$

u erda T -ma'lum bosimdagi toza erituvchining qaynash temperaturasi, K; g - ma'lum bosimdagi toza erituvchining butlatish issikligi, kJ/kg; T - atmosfera bosimida-x temperatura depressiyasi, °S.

Agar, Δ'_{atm} kattaligi buyicha tajribaviy ma'lumotlar yuk bo'lsa, uni bir nechta usul bilan taxminan xisoblab topish mumkin. Biror bosimda eritmaning bitta qaynash temperaturasi ma'lum bo'lsa - Babo, ikkita temperaturasi ma'lum bo'lganda esa - Dyuring eki Kireev koidasiga binoan aniqlash imkoni bor.

Babo kridasiga binoan, biror konsentratsiyali eritma ustidagi bug' bocimining pasayishi $(p_1 - p_2)/p_1$ yoki temperaturaga p_2/p_1 bog'liq, emas va uzgarmas qiymatga tengdir:

Gidrostatikdepressiya- Δ'' .

Bug'latkichqaynashtrubalariningbirkismisuyuklikbilantulibturganbo'ladi va uning ustidagi bug' - **suyuqlik** dan iborat emulsiya qatlamida yukoriga karab kutarilgansari bug'ning mikdori oshib bo radi.

Agar, qaynashtrubasidagi suyuqlik va emulsiyaning shartli ravishda suyuqlik deb nomlasak, unda gidrostatik bosimlar farqi xisobiga trubaning pastki kismidagi **suyuqlik** ning qaynash temperaturasi tepakisi miniki danyuqoribo'ladi.

Gidrostatik effekt xisobiga eritma qaynash temperaturasining ortishi **gidrostatik depressiya** deb ataladi.

Bug'latish jarayoni vakuum ostida olib borilganda, gidrostatik depres-ya salmokli bo'ladi.

Tushgan suv 6ygi t_c va ikkilamchi 6yg temperatura T lari orasidagi ipK. gidrostatik depressiyani beradi:

$$\Delta'' = t_c - T \quad (1.3)$$

Ushbu tenglik eritma uarakatini inobatga olmagan uchun uning xatoli-katta. SHuning uchun Δ'' ning qiymatlari tajribaviy usulda topiladi.

Vertikal bug'latkichda intensiv **harakat** lanayotgan eritmalar uchun mikdori 1,3°S oralikda qabul qilinishi mumkin.

Gidravlik depressiya- Δ''' . Ushbu depressiya ikkilamchi bug'ning separatorva **quvurlar** orkali **harakati** davrida ishkalanish va maxalliy karshiliklarni engishi tufayli vujudga keladigan temperatura yukotilishlar.

Ushbu gidravlik qarshiliklarni engash vaqtida bosimning kamayishi, iteratura pabayishiga sababchi bo'ladi. Demak, gidravlik qarshiliklar tufayli eritma qaynash temperaturasining ko'payishi **gidravlik depressiya** deb nomlanadi. Odatda Δ''' ning qiymati ...1,5 °S oralirida bo'ladi. YUqorida qayd etilgan depressiyalarni hisobga olsak, eritmaning qaynash temperaturasi kuyidagicha xisoblanadi: $t_k = T' + \Delta' + \Delta''$ (4.168) bu erda T - ikkilamchi 6yg temperaturasi, Q

Eritmalar issiqlik sig'imi temperatura va erigan moddalar konsentratsiyasining funksiyasi.

Ko'pchilik eritmalar issiqlik sigimi additivlik kridasiga buysinmaydi. SHuning

uchun eritmaning ushbu xossasini erigan modda va eri-tuvchilar issiqlik sigimlari yordamida aniklab bulmaydi. SHuni alohida ta'kidlash kerakki, eritma konsentratsiyasi kanchalik katta bo'lsa, uning issiqlik sigimishunchalik additivlik kridasiga kam buysinadi. Eritmaning ushbu xossasi maxsus adabiyotlarda keltirilgan.

Eritish issikligi eritmaning konsentratsiyasi, erituvchi va erigan moddalar xossalriga bog'liq. Qo'shimcha qattiq moddalar erishi davrida kristallik panjara buziladi. Albatta, buning uchun energiya sarflanadi va oqibatda eritmaning sovishi ruy beradi. Agar, erituvchi va eriydigan moddalar o'zaro kimyoviy reaksiyaga kirishsa, gidratlar xosil bo'lib, jarayon natijasida issiqlik ajrab chikadi. SHunday kilib, eritish issikligi erish va kimyoviy o'zaro tasir issiqliklari yigindisiga teng. Oson gidrat xosil qiladigan moddalar musbat eritish issikdigiga (suvda), ega gidrat xosil kilmaydigan moddalar - manfiy eritish issikligiga ega.

Bug'latish usullari

Sanoatda mavjud texnologiyalarda asosan quyidagi bug'latish usullaridan foydalaniladi:

- oddiy bug'latish (uzluqli va uzluksiz);
- ko'p korpusli qurilmalarda bug'latish (faqat uzluksiz);
- issiqlik nasoslarini kullab bug'latish.

Eritmalar va isituvchi but xossalriga karab hamma 3 ta bug'latish usullari vakuum va bosim ostida utkazilishi mumkin. Issiqlik eltkich sifatida, deyarli xar doim, tuyingan suv buri ishlatiladi. Kamdan - kam xollarda eritmalar eleKTr toki yoki oralik, issiqlik eltkichlari yordamida isitiladi.

1.2.Birkorpuslibug'latish apparati

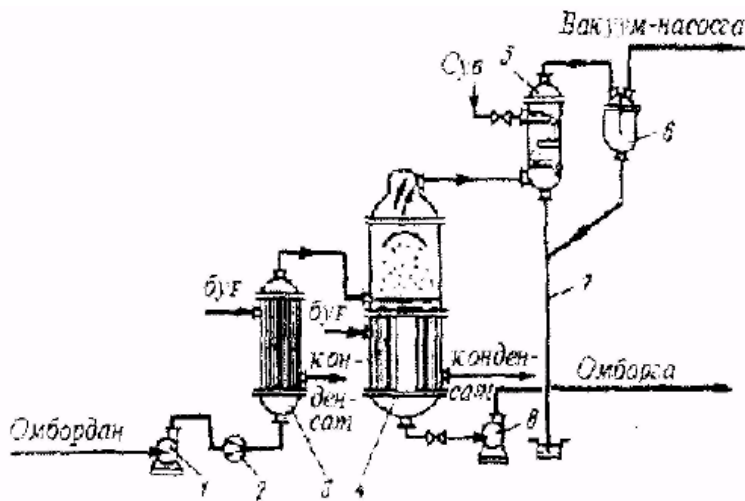
Oddiybug'latish.

Issiqliktejalishikattaahamiyatgaegabulmaganvao'numdorligikichikbo'lganqurilmalardaodd iybug'latishdanfoydalaniladi. Undantashqari,

temperaturadepressiyasiyuqorieritmalariniginauzlukliishlaydigan, birkorpuslibug'latishqurilmasidaamalgaoshirishiktisodiyjihattutrivamaqsadgamurofikdir. uzluklibug'latishniikkixilyulbilanolibborishmumkin: boshlangicheritmanidastavvalyuklashvaoz-ozmikdordayuklash.

Uzluksizishlaydiganoddiybug'latish qurilmasi 1-rasmdakeltirilgan.

Boshlangich konsentratsiyali eritma nasos 1 yordamida sarf ulchagich 2 orkdli isitkich 3 ga o'zatiladi. U erda eritma qaynash temperaturasisigacha isitiladi va so'ng bug'latkich 4 gabug'latish uchun yuboriladi. Qurilma 4 ning pastki kismida 'eritma suv but yordamida isitiladi, natijada erituvchi burlanadi. Hosil bo'lgan ikkilamchi bug' qurilma 4 ning yuqori kismi bulmish separatsion bo'limida mayda tomchilardan ajratiladi va barometrik kondensator 5 ga yo'naltiriladi. Undan ikkilamchi but kondensatsiyalanadi



1-rasm. Bir korpusli, uzluksiz ishlaydigan bug'latish qurilmasining sxemasi.
1,8- nasoslar; 2 - sarf ulchagich; 3 - isitkich; 4 — bug'latgich; 5 — barometrik kondensator; 6 - ushlagich; 7 - barometrik truba.

Kondensatsiyalanmagan inert gazlar ushlagich 6 orkali vakuum - nasos 8 yordamida surib olinadi. Sovutuvchi suv bilan xosil bo'lgan kondensat barometrik truba 7 orkali yiggichga tushuriladi. Quyuqlashtirilgan eritma nasos 8 yordamida tayyor maxsulot omboriga uzatiladi.

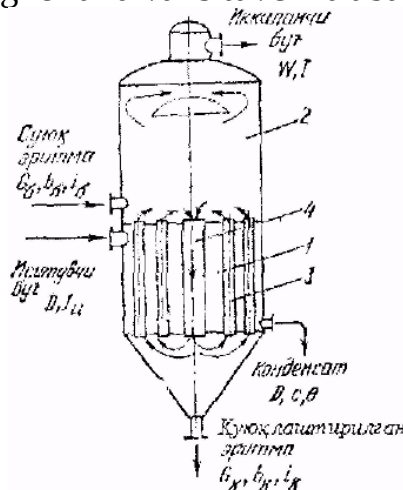
Vakuum ostida eritmalarini bug'latish jarayonini tashkil etishning bir kator afzalliklari bor: eritma kdynash temperaturasi pasayadi; past bosimli bug'larni issiqlik zltkich sifatida kullash mumkin.

Markaziy sirkulyasiya trubali, uzluksiz ishlaydigan bug'latkich 2-rasmda kursatilgan.

Bug'latkich asosan ikki kismdan, ya'ni isituvchi kamera I va separator 2 dan iborat bo'ladi. Kamera 1 ko'pincha tuyingan suv bug'i bilan isitiladi. Suv bug'i kameraning trubalararo bushligiga yo'naltiriladi, u erda truba devori orkali o'z issikligini eritmaga uzatadi va sovitish natijasida kondensatsiyalanadi. Hosil bo'lgan kondensat kameraning pastki kismidagi shtutser orkali tashsariga chikariladi.

Trubalarda isitilayotgan eritmaning temperaturasi ortishi bilan zichligi kamayadi. Natijada, eritma truba buylab yuqoriga kutariladi va devor

Separatorda ajratilgai tomchilar yana qaytadan bug'lanayotgan eritmaga kushiladi. Zritmaning ma'lum kismi (zichligi yuqori) sirkulyasiya truba orkali bug'latishning pastki kismiga tushadi. Ushbu trubadagi eritma va isituvchi trubalardagi 6yg' -



2-rasm. Markaziy sirkulyasiya trubali bug'latgich.

1 - isituvchi kamera; 2—bo'shliq; 3 - isituvchi trubalar; 4-sirkulyasiya trubasi.

suyuqlik» aralashmasi zichligi o'rtasidagi farq tasirida beto'xtov ravishda sirkulyasiya kilib turadi. Konsentratsiyasi oshgan, ya'ni quyusqlashgan eritma, qurilmanish pastki kismidan chikarib olinadi.

1.3. Bug'latishning moddiy va issiqlik balansi

Bug'sarfi, isitish yuzasiva foydalitemperaturalar farqi

Oddiy bug'latish jarayonining moddiy balansi ushbutetsglamalaryordamida ifodalanadi:

$$G_{\theta} = G_{ox} + W \quad (1)$$

bu erda G_{θ} — boshlangich eritmasarfi, kg/soat; G_{ox} — quyusqlashtirilgan eritmasarfi, kg/soat, W — bug'latilgan suv mikdori, kg/soat. Eritmadagi kuruk, moddaga nisbatan moddiy balans ushbu kurinish ga ega:

$$\frac{G_{\theta} \cdot x_{\theta}}{100} = \frac{G_{ox} \cdot x_{ox}}{100} \quad (2)$$

bu erda x_{θ} va x_{ox} — eritmaning boshlangich va oxirgi koitsentratsiyalari. % (mass).

(1) va (2) tenglamalardan foydalanib bug'latilgan suv mikdori topish mumkin:

$$W = G_{\theta} \left(1 - \frac{x_{\theta}}{x_{ox}} \right) \quad (3)$$

Eritmaning oxirgi konsentratsiyasi esa:

$$x_{ox} = G_{\theta} \frac{x_{\theta}}{G_{\theta} - W} \quad (4)$$

Quyusqlashtirilgan eritma buyicha bug'latkichning ish unumdorligi quyidagi tenglamadan toiladi:

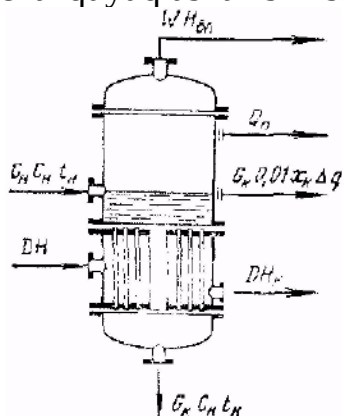
$$G_{ox} = \frac{G_{\theta} \cdot x_{\theta}}{x_{ox}} \quad (5)$$

Oddiy bug'latishning issiqlik balansi

Oddiy bug'latish jarayonining issiqlik balansi 1.-rasmda keltirilgan issiklik **oqim**lari asosida bitta tenglik yordamida yozilishi mumkin:

$$G_{\theta} c_{\theta} t_{\theta} + DI = G_{ox} c_{ox} t_{ox} + G_{ox} 0,01 x_{ox} \Delta q + W \cdot I_{u\theta} + D \cdot I_k + Q_{uyk} \quad (6)$$

bu erda D — isituvchi 6yg sarfi, kg/soat; I — isituvchi but entalpiyasi, kJ/kg; t_{θ} va t_{ox} — eritmaning boshlangich va oxirgi temperaturalari, °C; I_k — kondensat entalpiyasi, kJ/kg; Δq — eritmani x_{θ} va x_{ox} gacha quyusqlashtirish issikligi, kJ/kg; Q_{uyk} — issiqlikning atrof muxitga yukotilishi.



kJ/soat.

3-rasm. Oddiy bug'latish jarayonidagi issiqlik oqimlar sxemasi

$G_{\theta} c_{\theta} t_{\theta}$ — boshlangich eritma bilan issiqlikni kirishi;

DI — isituvchi bug' bilan issiqlik kirishi;

$G_{ox} c_{ox} t_{ox}$ — quyusqlashgan eritma bilan issiqlik chiqishi;

$WI_{u\theta}$ — ikkilamchi bug' bilan issiqlikning chiqishi;

DI_k — isituvchi bug' kondensati bilan issiqlikning chiqishi;

$G_{ox}0,01x_{ox}Aq$ - quyuglashtirish issikligi;

Q_{iyK} - atrof muxitga issiqlik yo'qotilishi.

Agaryukoridagitenglamalarniixchamlashtirsakquyidagigaerishamiz:

$$G_{ox}c_{ox}t_{ox} + Wc_{w}t_{w} + DI = G_{ox}c_{ox}t_{ox} + G_{ox}0,01x_{ox} \cdot \Delta q + W \cdot t_{w} + D \cdot t_{s} + Q_{iy} \quad (7)$$

Isitish yuzasi

Zarur issiqlik almashinish yuzasi issiqlik o'tkazishning acociy tenglamasidan aniklanadi, yani $Q = KF\Delta t$ dan.

Unda, uzluksiz ishlaydigan bug'latkichning isitish yuzasi quyidagi ifodadan topiladi:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t}$$

Temperaturalarning foydali farqi tsmperaturalar umumiy farqi va temperatura depressiyalari orkali aniklanadi.

Isituvchi va ikkilamchi bug' tsmperaturalari orasidagi farqga tsmperaturalarning umumiy farqi deyiladi va ushbu kurinishda yozidadi:

$$\Delta t_{uv} = t_{is} - t_{kop} \quad (4.177)$$

bu orla t_{is} - isituvchi but temperaturasi. t_{K} -kopdensatorga kirishdagi ikkilamchi bug' temperaturisi, "S.

Sinov savollari

1. Bug'latish deb nimaga aytiladi?
2. Bug'latishning nazariy asoslarini tuntiring.
3. Bug'latishusullariniayting.
4. Oddiybug'latishningmoddiybalansi
5. Oddiy bug'latishning issiqlik balansi.

2-mavzu. Ko'p korpusli bug'latish

Reja: 2.1. Ko'pkorpuslibug'latishqurilmasi. Umumiytemperaturalar farqivauningtaqsimlanishi.

2.2.Issiqliknasosiniqo'llabbug'latish.

3.1. Qurilmalarturlari , afzalliklarivakamchiliklari.

Bug'latishqurilimalariningklassifikatsiyasi

Tayanchiboralar:ko'p bosqichli, ko'pkorpusli, Bug'latish, kaynatish, kuyultirish, konsentratsiyasinioshirish, ko'pkorpusli, birkorpusli, issiklikberish, issiklikutkazish, issiklikutkazuvchanlik, linzakompensatorli, zmeevikli, issiqlikalmashinish, suvbug'i, bug'-suyuklik, separator, aralashma, kaynashkamerasi, sirkulyasiontruba.

Asosiyqism.

1.1. Ko'pkorpusliqurilmalardabug'latish.

Umumiytemperaturalarfarqivauningtaqsimlanishi.

Buturdagiqurilmalardaisituvchibug'sifatidaikkilamchibug'ishlatiladi.

Natijadajudakattamikdordaissiqliktejaladi. Eritmadan 1 kgsuvnibug'latishuchunisituvchi, tuiingaisu'bug'ningsolishtirmasarfikuyidagicha:

- bir korpusli kurilma uchun 1,1.-1,2 kg;
- ikki korpusli qurilma uchun 0.55 kg;
- uch korpusli qurilma uchun 0,40 kg;

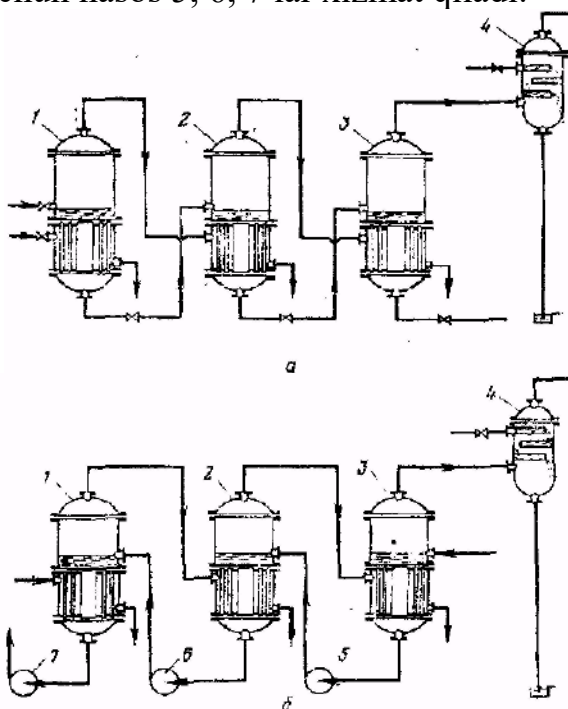
- turt korpusli qurilma uchun 0,30 kl.

Ko'p korpusli bug'latish jarayonini yuqori bosimli, past (o'rta) bosim yoki vakuum erdamida amatga oshirish mumkin.

Bug'latish korpuslaridagi bosim shunday bo'lishi kerakki, shu korpusdagi eritmaning, aynan temperatura sidani yuqori bulishita'min lapishikeraq Oxirgi korpusdagi isituvchi bug'ning bosimi texnik — iktisodiy xisoblar asosida aniklanadi.

Isituvchi bug' va eritmaning harakat yo'nalishiga k, arab iarnllsl (bir xil). qprami - kurshi va kombinatsiyalangan yulli ko'p korpusli bug'latish kurul mal ariga budinadi. 1a-rasmda uch korpusli parallel yo'nalishli bug'latish qurilmasi keltirilgan.

Boshlang'ich eritma korpus 1 ga yuboriladi, so'ng korpus 2 va 3 ia u.«ii-ladi na kerakli konsentratsiyagacha quyuqlashtirgandan so'ng korpus 3 ping nastki kismida chiqariladi. Korpus I dan korpus 3 ga karab bosim pasayib boradi. SHuniyg uchun, eritma bosimlar farqi ostida korpusda korpusga utib boradi. Isituvchi bug' eritma kabi usha yo'nalishda bir korpusdan keyingisiga xarakat kiladi. YA'ni, korpus I da xosil bo'lgan ikkilamchi bug' 2-korpusga isituvchi bug' bo'lib, 2-korpusda x.osil bo'lgan ikkilamchi bug' osa, 3-korpusga isiguvchi bug' bo'lib, 3- korpusda xosil bulgap ikkilamchi bug' kopardensatsiyalanadi. 1 uchun barometrik kondensator 4 ga yuboriladi. 4.50b-rasmda uch korpusli k,arama - kdoshi yo'nalishli bug'latish qurilmasi tasvirlangan. YAngi isituvchi bur 1-korggusga xaydaladi, ikkilamchi bug'lar esa 1-korpusdan 3-ga karab harakat qiladi. Boshlangich eritma esa, av-val 3-korpusga yuklanadi, so'ng esa 3-korpusdan 1-korpus tomon karab o'zatila-di. Quyuqlashtirib bulingan eritma 1-korpusning pastki kismidan chi;arib olinadi. xar bir keyingi korpusdagi bosim avvalgi korpusnikidan kam bo'lgani uchun, eritmani o'zatish uchun nasos 5, 6, 7 lar xizmat qiladi.



1-rasm. Bug'latish qurilmalarining prinsipial sxemalari.

a - bir xil (parallel) yo'nalishli; b - karama-kdrshi yo'nalishli; 1-3 - korpuslar; 4- barometrik kondesator; 5-7 — nasoslar.

Kombinatsiyalashgan bug'latish qurilmalarida eritmani kiritish va chik,arish variantlari turlicha bulishi mumkin.

Parallel yo'nalishli bug'latish qurilmasining afzallik pari: eritmani korpusdan korpusga o'zatish uchun nasos ksrak emas.

Xar bir keyingi korpusda, yuqori konsentratsiyali eritma, nisbatan pastroq bosimda

bug'latiladi.

SHu oxirgi korpusdagi issiqlik o'tkazish koeffitsienti birinchisiga karaganda ancha kichik bo'ladi.

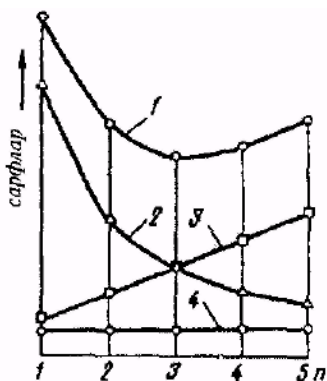
Karama - karshi yo'nalishli. bug'latish qurilmasining afzalliklari: juda yuqori konsentratsiyalargacha quyuqlashtirish mumkin; bir yo'nalishli qurilmalarga nisbatan kichik isitish yuzasi talab etiladi. Kamchiligi: eritmani korpusdan korpusga o'zatish uchun nasoslar zarur.

2-rasmda bug'latish qurilmalari sonining ortishi bilan turli sarflar o'zgarishi ko'rsatilgan. YUqorida qayd etilgandan ma'lumki, qurilmalar soni usishi bilan eritma tarkibidagi 1 kg suvni bug'latish uchun isituvchi bug' sarfi keskin kamayib boradi.

Lekin, qurilmalar soni ortishi bilan temperatura yukotilishlar ko'payadi. Issiqlik almashinish jarasni samarali o'tishi uchun temperaturalarning foydali farqi ma'lumqiyamatga ega bulishi keraq Tabiiy sirkulyasiyali qurilmalar uchun ushbu farq. $5...7^{\circ}\text{S}$ va majburiy sirkulyasiyali uchun esa -3°S dan kam bo'lmasligi kerak.

Qurilmalarning optimal sonini texnik-iktisodiy hisoblashlar yuli bilan aniqlash maksadga muvofikdir.

Grafikdagi egri chizik 1 ning minimumiga tutri keladigan minimal umumiy sarflar, ko'p korpusdagi bug'latish qurilmasining optimal sonini kursatadi. Sanoat miqyosida ko'p korpusli bug'latish qurilmalarining optimal soni 3 — 4 ta bo'ladi.



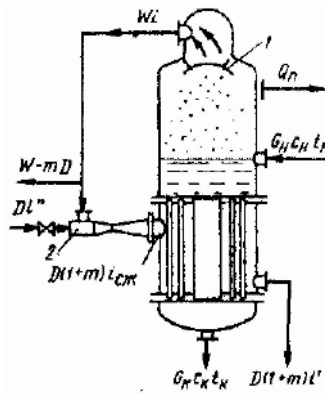
2-rasm. Bug'latish korpuslarining optimal sonini aniklashga doir.

1- umumiy sarflar; 2- energetik sarflar; 3- kapital va amortizatsiya teng sarflari; 4 - ekspluatatsiya sarflari.

1.2. Issiqlik nasosini qo'llab bug'latish.

Ushbu usul, shu kurshshada olingan ikkilamchi bug'i usha bug'latkichda qullashga asoslangan. Buning uchun ikkilamchi 6yg temperaturasi isituvchi 6yg temperaturasi gacha kutarish zarur. Ikkilamchi bug' temperaturasi oshirish uchun u kompressor yoki injeKtorli issiqlik nasosda siqiladi. Odatda, kompressor sifatida turbokompressor kullaniladi (3-rasm).

Bug'latkichdanchikayotganbosimir_{ib}vaentalpiyasi j ikkilamchi bug'turbokompressoryordamidasuribolinadivauerdarbosimgachasiqiladi. Sikilishnatijasidabug'ningentalpiyasi i gachausadi. SHundaykilib, sikilishnatijasidabug' M — i_c -i mikdordaissiqlikoladi. Turbokompressordanchikayotgansikilganbutbug'latish



3-rasm. Turookompressorli qurilmasining isitish kamerasiga

yoʻnaltiriladi. bugʻlatgich. Jarayonning issiqlik balansi: - turbokompressor. $G_6 c_6 t_6 + D \cdot i' + W \cdot i_e = G_{ak} c_m t_{ol} + W \cdot i + \{D + w y i' + \&_{yk} (4.179)$

Bundan isituvchi bugʻ sarfi:

$$D = G_{ax} \frac{c_{ax} t_{ox} - c_6 t_6}{i'' - i'} + W \frac{i - c_6 t_6 - i_e}{i'' - i'} + \frac{Q_{uyk}}{i'' - i'} \quad (4.180)$$

bu erda i_e - ikkilamchi bushing turbokompressorda sikilgandan keyingi solishtirma entalpiyasi, kJ/kg.

Yuqoridagi tenglamalarni takqoslashdan koʻrinib turibdiki, ikkilamchi bugʻlar entalpiyasimi oshirish xisobiga isituvchi but sarfi i_c iymatga kamroq sarflanadi:

$$D = W \frac{i - c_6 t_6 - i_e}{i'' - i'} \quad (4.181)$$

Turbokompressorda sarflanayotgan kuvvat mikdori ushbu tenglamadan top il ad i:

$$N = \frac{W(i_c - i)}{3600 \eta_{ad} \cdot \eta_{mek}} \quad (4.182)$$

bu erda η_{ad} - turbokompressorning adiabatik f.i.q; η_{mek} — eleKTr yuritkich va yuritmalarning mexanik f.i.q

Bugʻ-injeKTor issiqlik nasosli bugʻlatkichda isituvchi 6yg injeKTorga oʻzatiladi (3-rasm). But-injeKTor Venturi trubasi tipidagi moslama boʻlib, uni yasashga koʻp metall sarflan-maiddi. InjeKTor ishlashi paytida vakuum xosil butgadi va bugʻlatkichda ajralib chikdan, bosimi p_{u6} va entalpiyasi boʻlgan, ikkilamchi bushi u surib oladi.

Jarayonnint issiqlik balansi ushbu tenglik bilan ifodalanadi:

$$D \cdot (1 + m) \cdot i_c + G_6 c_6 t_6 = G_{ax} c_{ax} t_{ax} + W \cdot i + D \cdot (1 + m) \cdot i' + Q_{uyk} \quad (4.183)$$

Bundan 6yg sarfi:

$$D = G_{ax} \frac{c_{ax} t_{ax} - c_6 t_6}{(1 + m) \cdot (i_c - i')} + W \frac{i - c_6 t_6}{(1 + m) \cdot (i_c - i')} + \frac{Q_{uyk}}{(1 + m) \cdot (i_c - i')} \quad (4.184)$$

bu erda $t = 0,5 \dots 1,0$ - injeksiya koefitsienta. (4.184) tenglamaning tahlili shuni kursatadiki, issiqlik nasos yordamida bugʻlatish jarayonida, isituvchi bugʻ sarfi oldiy bugʻlatishga Karaganda $(1+t)$ marta kam boʻladi.

Injektorli bugʻlatkichlar temperatura depressiyasi past va ikkilammi bur bosimi yuqori boʻlgan eritmalarini Bugʻlatish uchun kullaniladi. Agar, ik-kilamchi bugʻ bosimi kamayib ketsa, injeksiya koefitsienta t hamkamayadi. Bunday xollarda isituvchi bur sarfi koʻpayib ketadi va issiqlik nasosli bugʻlatkichlarni ishlatish maksadga muvofik, emas.

3.1. Qurilmalarturlari , afzalliklarivakamchiliklari.

Bugʻlatishqurilimalariningklassifikatsiyasi

Bugʻlatish qurilmalarini klassifikatsiyalash usullari koʻp. Lskim, Bugʻlatish

qurilmalarini ishlash intensivligini xarakterlovchi eritma sir-kulyasiyasining turi va karraligi klassifikatsiyalashning asosiy belgilari deb hisoblash mumkin. Kime va boshqa sanoatlarda uch xil Bug‘latish qurilmalari keng tarkalgan:

1. Erkin (tabiiy) sirkulyasiyali Bug‘latish qurilmalari;
2. Majburiy sirkulyasiyati Bug‘latish adeilmachari;
3. YUpk,a katlamli (plyonkali) Bug‘latish qurilmalari.

Zamonaviy Bug‘latish qurilmalarining isitish yuzalari 10... 1800 m². Burlagkichlar konstruksiyalarini tanlashda eritmalarning fizik va issiqlik xossalari, kristallanishga moyilligi, yukuori gemieraturalarga chilamliligi, xar bir korpussagi foydali temieraturapar farq,i, issiqlik almashinish qurilmasining yuzasi, texnologi k xususiyatlari hisobga olinishi zarur.

Bug‘latish qurilmalari uglerodli, legirlaigan va ikqi qatlamli pulaglardan tayyorlanadi. Kuyida, sanoatda eng keng tarkalgan, tipik butlagkichlar konstruksiyalari keltiriladi.

Ichki isituvchi kamerali va markaziy sirkulyasion trubali bug‘latkich

Vertikal qobik, 1 ning pastki kismida isitish kamerasi 2 joylashgan. O‘znavbatida isitish kamerasi ikkita teshikli panjara va unga razvalsovka usulida maxkamlalgan k,aynash trubalari 3 dan tarkib topgan. Isitish kamerasining urtasiga qaynash trubalariga Karaganda liametri kattaroq sirkulyasion truba 4 o‘rnatilgan bo‘ladi.

Isitish kamerasining trubalararo bo‘shlig‘iga issiqlik eltkich, ya‘ni suv bug‘yuboriladi.

Eritmaesaqurilmaningteshiklitrubapanjarasiustigauzatiladivasirkulyasiontrubaorkali pastgaoqibtushadi. So‘ngra, isitishnatijasidazichligikamayib, qaynashtrubalaribo‘ylabtepagakutariladivatrubaichidanma‘lumbirmasofadak,aynaydi. Xosilblganikkilamchi6VF separatsionbushlik, 5 gako‘tariladivatomchiushlagich 6 dainersionkuchta‘sirilamaydaeritmatomchilaridanajratiladi. Undankeyin, ikkilamchibug‘kurilmadan chiqibketadi.

Quyuqlashtirilganeritmakonussimontubdagashtutserorkgshioraligiyokeyitayyormadsul otsifatidachiqariladi.

YUk,oridaqaydetilgandekqaynashvamarkaziy (sirkulyasion) trubadaeritmaningsirkulyasiyasiuningzichliklarifarqioستidaruyberadi.

Eritmazichligifarqiningxosilbulitsligasabab, isitishkamerasiyuzasiningmarkaziytrubanikilananchakattaligidir.

Ma‘lumki, isituvchikameratrubalaridaeritmadanbug‘ajraaibchiqishi, markaziytrubagaKaragandaanchaintensivbo‘ladi. Demak, qaynashtrubalaridaeritmaningzichligi, markaziytrubanikidanpastrok, bo‘ladi. Natyukada, zichliklarfarqita‘sirioستidaeritmaerkinsirkulyasiyaqiladivaissiqliko‘tkazishjarayonijadallash adi.Undantatsshari, eritmasirkulyasiyatrubayuzasigasopolsimon, tovakkatlam (nakip) utiribkolishigaqarshilikkursatadi.

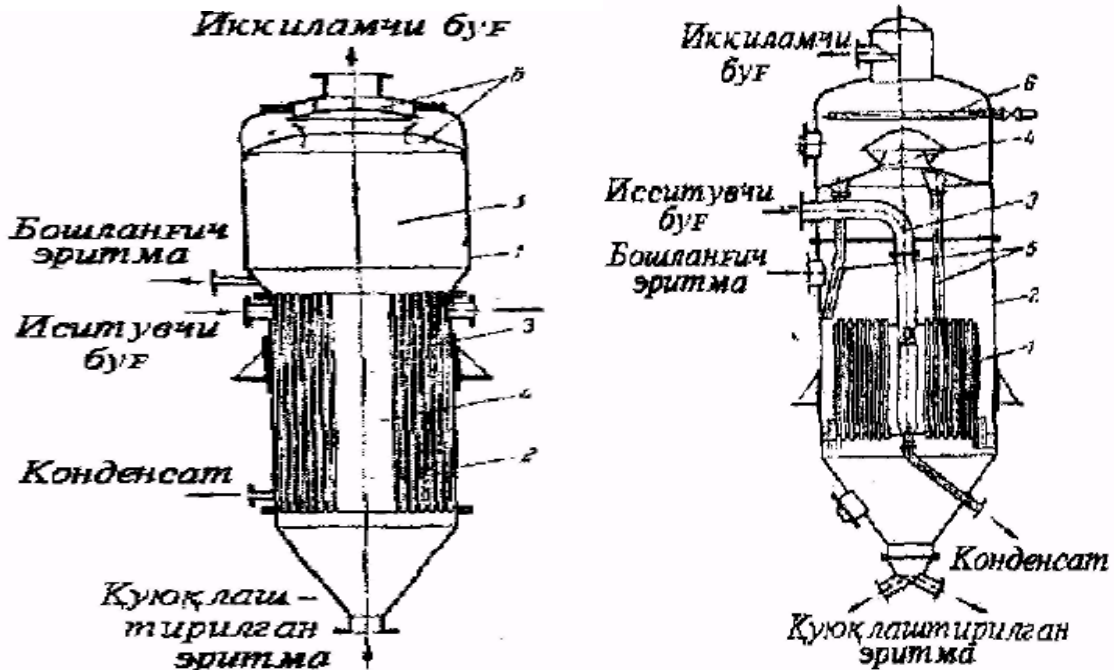
Bu turdagi qurilmalar vakuum ostida ishlaganda, qaynash temperaturasi pasayadi. Demak, past bosimli issiqlik eltkichlardan foydalanish mumkin. Ushbu usulda yuqori temperaturalarga bardosh berolmaydigan eritmalarni bug‘latish tavsiya etiladi.

Bug‘latish jarayonida vaqt ugishi bilan eritmaning fizik va issiqlik-diffo‘zion xossalari o‘zgaradi. Bu xol issiqlik berish jarayoniga salbiy ta‘sir kursatishi mumkin, Qurilmaning kamchiliklari: trubalar teshikli panjaralarga qattiq.. ko‘zralmas kilib mastaxkamlanganligi uchun kobiq va trubalarning temperatura ta‘sirida o‘zayishiga yul kuymaydi; markaziy truba isitish kamerasining ichida o‘rnatilgani uchun temperatura farqi

kam bo'ladi, natijada zichliklar farqi ham oz bo'ladi, ya'ni sirkulyasiya karraligi kamayadi.

Osma isituvchi kamerali bug'latkich

Ushbu turdagi qurilmalarda isituvchi kamera 1 o'z obechaykasiga ega bo'lib, kobik 2 ning pastki kismiga erkin, ko'zgaluvchan kilib o'rnatilgan. Isituvchi bug' truba 3 orkali o'zatiladi va kamera 1 ning trubalararo bushligiga yuboriladi. Issikdigini bergan bur kondensat xolida hamda isituvchi kameraning pastki kismidan chiqariladi. Isigan eritma esa, qaynash trubalaridan yuqoriga kutariladi va erkin sirkulyasiya ta'sirida bug'latish jarayoni sodir bo'ladi (4-rasm).



4-rasm. Ichki yasituvchi kamera va markaziy sirkulyasion trubali bug'latish qurilmasi. 4a-rasm. Osmaisntuvchikamerali bug'latish qurilmasi.

1 - isituvchikamera; 1 - kobik; 2 - isituvchikame 2 - kobik; 3 - buttru-ra; 3 - qaynashtrubalari; 4 - tomchiushlagich; 4 - sirkulyasiontruba; 5 - yuvishtrubasi; 5 - separatsionbushlik; 6 - yuvishuchunteshikli; 6 - tomchiushlagich.truba.

Ikkilamchi t tomchi ushlagich 4 dan utib qurilmaning tepasidan chikib ketadi. Ikkilamchi butdan ajratib olingan suyuqlik truba 5 orkapi pastga okizib tushiriladi.

Qurilma qaynash trubalarining ichki va tashki yuzalarida xosil buluvchi kovakpi kotlam (nakip) vaqti-vakti bilan suv bilan yuvilib turiladi.

Bu qurilmada markaziy sirkulyasion truba isituvchi kamera tashqarisida o'rnatilgan bo'lib, katta ko'ndalang kesimga ega. SHuning uchun ham eritma sirkulyasiyasiga ijobiy ta'sir etadi.

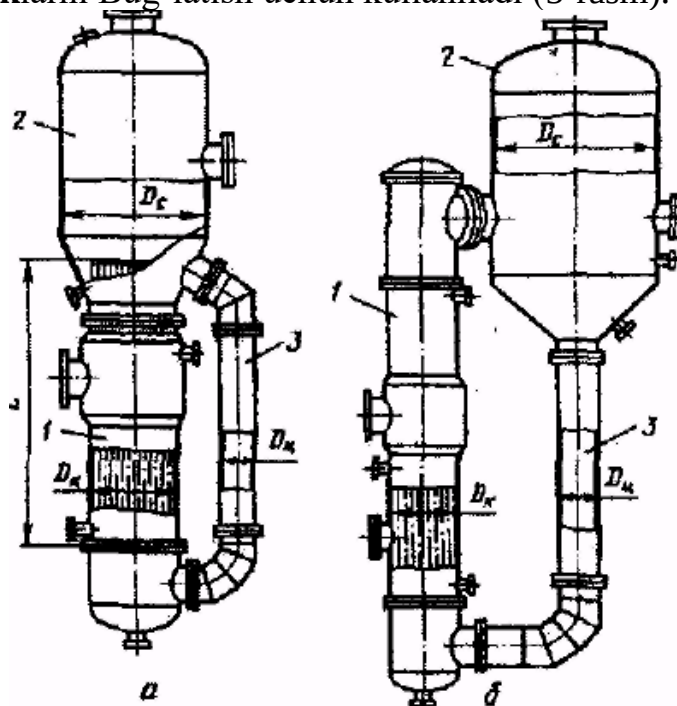
Isituvchi kamera erkin, vdakatchan xolm o'rnatilgani uchun trubalar-ning teshikli panjaralardagi zichligi bo'zilmaydi. Undan tashqari, osma xolatdagi kamerani demontaj kilish oson.

Osma isituvchi kamerali burlatkich afzalliklari: eritmalar bug'latili-shi intensiv; isitish kamerasi osma xolda o'rnatilgani uchun, temperaturalar farqi katta bo'lganda ham trubalar zichligi o'zgarmaydidi; isituvchi kameraning yaroksiz trubalarini almashtirish oson; eritma sirkulyasiyasining karraligi katta; qattiq kovakli katlam kam xosil bo'ladi.

Burlatkich kamchiliklari: isituvchi eltkich va kondensatning trubalar orqali kirishi

va chiqishi kiyin; metall sarfi katta; kovushokligi yuk,ori eritmalarni bug‘Latish samardorligi past; eritma trubalarga yopishib qoladi.

Erkin sirkulyasiyali burlatkichlar to‘zilishi sodda va kristallanmaydi-gan, urtacha kovushoklikli **suyuqliklarni** Bug‘latish uchun kullaniladi (5-rasm).



5-rasm. Eritmasi erkin sirkulyasiya vdladigan bug‘latkichlar.

a - isituvchi kamerasi ajratilgan bug‘latkich; b - isituvchi kamerasi gashkuriga o‘rnatilgan bumatkich: 1- isituvchi kamera; 2-separator; 3-sirkulyasion truba. D_c , D_k , D_n - separator, isituvchi kamera va separatsion truba diametrlari; L ~ kamera o‘zo‘nligi.

Bug‘latish qurilmasi separator, isituvchi kamera va sirkulyasion truba-dan tashkil topgan. Separator elliptik k,opkokli silindrik krbikdan ibo-rat bo‘lib, isituvchi kameraga boltlar yordamida birlashtirilgan. O‘nda, ikkilamchi bushi tomchilardan ajratish uchun turli konstruksiyali qaytargichlar o‘rnatiladi (5a-rasm), Isituvchi kamera esa, vertikal kobik-trubali issiqlik almashinish qurilmasi tipida yasalgan bo‘lib, trubalararo bushligiga bur yuboriladi va trubalar ichida eritma kaynatiladi.

Separator va isituvchi kameralar pastki kism-lari sirkulyasion truba bilan birlashtirilgan. Sirkulyasion va kaynatish trubalaridan tarkib top-gan tutashgan sistemada tabiiy sirkulyasiya xosil bo‘ladi.

Agar, trubalarda eritma qaynash darajasigicha isshilsa, undagi bir kism Suyuqlik burlanishi natijasida trubalarda bug‘ - suyuqlik aralashmasi xosil bo‘ladi. Albatta, bu aralashma zichligi suyuqlik zichligidan kichikdir. SHunday kilib, sirkulyasion trubadagi suyuqlik massasi, qaynash trubadagi suyuqlikdan katta bulishi aniq Natijada, qaynash trubasi — bur bushliga sirkulyasion truba - trubalar va xrkazo yuli buiicha eritma sirkulyasion harakatlanadi.

Sirkulyasiya paytida kaynayotgan suyuqlik tomonidagi issiqlik berish koeffitsienti ortadi va truba yuzasida klotiq, kovakli ifloslik qatlami xosil bulishi kamayadi.

Tabiiy sirkulyasiya bulishi uchun ikkita shart bajarilishi zarur:

- 1) Bug‘ -suyuqlik aralashma qatlamini muvozanatda ushlab turish va zarur tezlik xosil kilish uchun sirkulyasion trubadagi suyuqlik satxining balandligi etarli bulishi kerak;
- 2) Bug‘ - suyuqlik aralashmasi iloji boricha kam zimlikli bulishi uchun qaynash trubalarida bur ajralib chikish intensivligi etarli mikdorda bulishi darkor.

Eritma va bur orasidagi temperaturalar farqi ko‘p va qaynash zonasida naporning

yukotilishi kam bo'lgani uchun, sirkulyasiya tezligi 1,8...2 m/s ni ta'sir qiladi.

Agar, sirkulyasiya tezligi yuqori bo'lsa, burilishning ish o'numdorligi va issiqlik almashinish jarayonining intensivligi katta bo'ladi.

5-rasmda eskirib kolgan markaziy sirkulyasiya trubali bug'latkichdan tubdan farq qiladigan qurilma keltirilgan. Ma'lumki, markaziy sirkulyasion trubali bug'latkichlarda temperaturalar farqi kichik va sirkulyasiya intensivligi past bo'ladi.

Qaynash trubalarida bur xosil bulishi eritmaning fizik xossalari, truba devori va suyuqlik urtasidagi temperaturalar farql bilan belgilanadi. Eritmaning kovushokligi kanchalik kam bo'lsa, sho'nchalik bur ajralib chiqishi va sirkulyasiya tezligi ko'p bo'ladi. Intensiv sirkulyasiyaga erishish uchun isituvchi bug' va eritma orasidagi farq, 10°S dan kam bo'lmazligi kerak

5-rasmda keltirilgan bug'latkichlarning issiqlik almashinish yuzasi 10...1200 m², diametriga qarab qaynash trubalarning o'zo'nligi 3...9 m bo'ladi. Qaynash trubalarning diametri 25, 38 va 57 mm bulishi mumkin. Isituvchi kameradagi ortiqcha bosim 0,3...1,6 MPa, separatoridagi vakuum esa - 93,0 kPa. Sirkulyasion truba ko'ndalang kesim yuzasining isituvchi kamera yuzasiga nisbati 0,3 dan kam bo'lmazligi zarur.

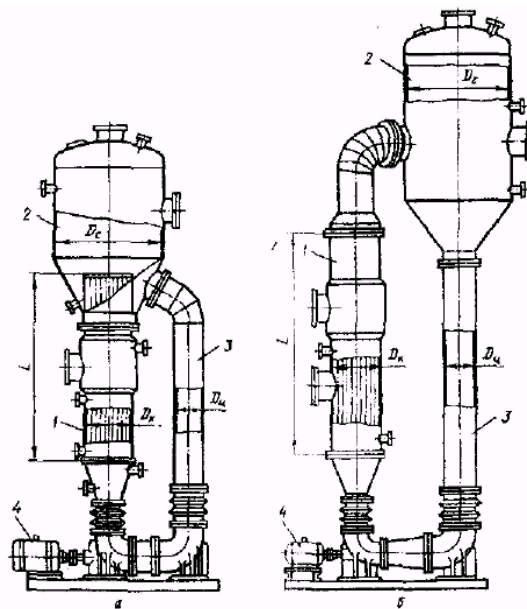
Majburiy sirkulyasiyalibug'atkichlar

Eritma sirkulyasiyasining intensivligi va issiqlik ko'rsatkichlarini oshirishimkonini beradi. Bunday qurilmalardakovushokligikatta bo'lgan eritmalarni ham Bug'latish mumkin (6-rasm).

Eritma sirkulyasiyasipropellerli yoki markazdanqochmatipdagingasoslari yordamida amalga oshiriladi.

Boshlang'ich eritma isituvchi kamera 1 ning pastki kismi gayuborilsa, quyurlashtirilgan eritma esa - separatorning pastki kismi dan chiqariladi (6a-rasm).

Eritma qaynash trubalari uchidan o'ziga pastroq satxda ushlab turiladi. Isituvchi kamera trubalaridagi eritma tezligi 1,2...3,5 m/s bo'ladi. Eritma sirkulyasiya kildadigan sistema Suyuqlik bilan tulib turgani uchun nasos ishi faqat gidravlik qarshiliklarni engish uchun sarflanadi. Qaynash trubalarining pastki kismidagi bosim, tepa kieminikidan, truba ichidagi Suyuqlik ustini va qarshiliklar yigindisiga teng mikdorda ortiq bo'ladi. SHuning uchun trubaning ko'p kismida eritma kaynatmasdan faqat isitiladi. Tpuba uchining ma'lum bir kismidagina eritma kaynaydi. Nasos uzatayotgan suyuqlik mikdori bug'lanayotgan suvdan bir necha barobar ortikdir. SHuning uchun ham suyuqlik massasining kdynash trubasidan chikayotgan bug' - suyuqlik aralashmadagi bug' massasiga nisbati juda katta.



6-rasm. Eritma majburiy sirkulyasiya kiladigan bug‘latkichlar,

a- isituvchi kamerasi ajratilgan bug‘latgich; b- isituvchi kamerasi tashqarida o‘rnatilgan bug‘latkich; 1 - isituvchi kamera; 2 - separator; 3 - sirkulyasion truba; 4 - nasos.

Bu turdagi bug‘latkichlar isitish yuzasi 25... 1200 m², qaynash trubalarining uzunligi 4...9 m, diametri 25, 38, 57 mm bulishi mumkin. Isituvchi kameradagi ortikcha bosim 0,3...1,0 MPa. separatoridagi vakuum esa - 9.) kP. 1. Sirkulyasion truba ko‘ndalant kesiml yuzasining isituvchi kamera losachlari nisbati 0,9 dan kam bo‘lmasligi keraq

Majburiy sirkulyasiyalı burlatkichlar afzalliklari: issiqlik Okazii! koefitsienti juda katta (erkin dirkulyasiyaligi Karaganda 3...4 marta ko‘p. shuning uchun isitish yuzasi kam bo‘lsa ham bo‘ladi; kichik temperatura upfarqida (1..5°S) ham samarali ishlayli; kristallanishga moyil aralashma bug‘latilganda, issiqlik almashinish yuzalarida iflosliklar kolmaydi.

Bunday kurimalarning kamchilign sho‘ndaki, nasosii ishlatii tufayli energiya sarfi ko‘payadi.

Odatda, butatkichlar kimmat legirlangan metallardan yasalganda, hamda ovushokligi yuqori va kristallanishga moyil eritmalarini bug‘latish uchun ullaş yuqori samara beradi.

YUpka qatlamli (plyonkali) bug‘latkichlar

YUqori temperaturaga chidamsiz eitmalarni quyuqlashtirish uchun kullaniladi. Qurilma trubalari orkali eritmaning bir marta o‘tishi natijasida Bug‘latish jarayoni sodir bo‘ladi.

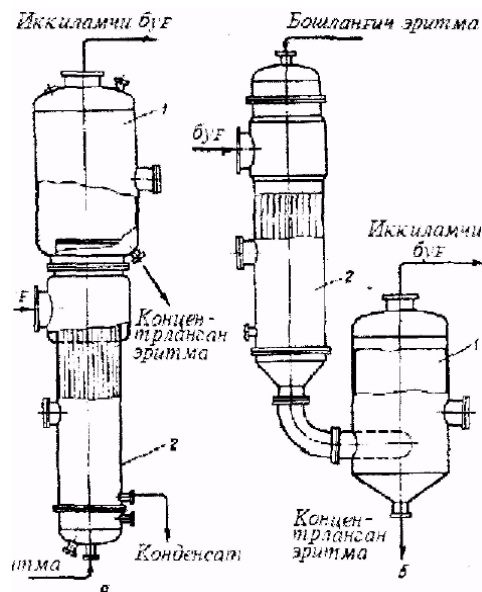
Eritmaning harakat yo‘nalishiga karab, kutariluvchi va pastka oqib tushuvchi yupka katlamli bug‘latkichlarga bulinadi.

YUpka katlamli bug‘latkichlar isituvchi kamera va separatoridan tarkib topgan bo‘ladi (7-rasm).

7a-rasmda ko‘tariluvchi katlampi bug‘latkich ko‘rsatilgan. Boshlangich ritma o‘zluksiz ravishda isituvchi kameraning pastki kksmiga yuboriladi va rubalarning 20..25% o‘zo‘nligini tuldirib turadi. Trubalarning krlgan ismi bug‘ - Suyuqlik aralashmasi bilan band bo‘ladi.

Ushbu aralashma truba devorida yupka qatlami **suyuqlikka** va uning kdada bug‘ agregat xolatiga ajrapgan bo‘ladi. Bur ok,imi harakati paytida suyuqlik katlamiga ishkdlanish oqibatida yupka k,atlam turbulizatsiyaga uchraydi va uning yuzasi jadal ravishda yangilanib turadi. SHu omillar xisobiga j;ori issiqlik o‘tkazish koefitsienti va

katta Bug‘latish yuzasiga erishiladi. 4.586-rasmda oqib tushuvchi katlamli bug‘latkich tuzilishi keltirilgan. Bunday qurilmada boshlangich eritma isituvchi kameraning yuqori kismiga o‘zatiladi.



7-rasm. YUpka katlamli bug‘latkichlar.

a — kutariluvchi katlamli bug‘latkich;

b - tetka oqib tushuvchi katlamli bug‘latkich.

1 - separator; 2 - isituvchi kamera.

Isituvchi kamera trubalari 7...9 m uzunlikda bo‘lib, suv buri yordamida isitiladi.

Quyuglashtirilgan eritma, separatorning pastki kismidan chiqariladi. YUpka katlamli bug‘latkichlarning issiqlik almashinish yuzasi 63...2500 m² bo‘lib, 38 va 57 mm li trubalardan yasaladi. Isituvchi kameradagi ortiqcha bosim 0,3...1,0 MPa, separatoridagi vakuum esa - 93 kPa.

Kamchipiklari; isituvchi but bosimi tebranib turgan lollarda ishlashi bir tekisda emas. Agar, ish rejimi bo‘zilsa, qurilmani sirkulyasiyalik ishlash rejimiga o‘tkazish mumkin.

Rotoryupka katlamli bug‘latkichlar yuqori temperaturaga chidamsiz, kovushoq va pastasimon materiallarni, hamda suspenziyalarni bug‘latish uchun ishlatiladi (8-rasm). Bunday burlatkichlar silindrsimon yoki konussimon kobik 5 dan iborat bo‘lib, tashqarisi isituvchi gilof 6 bilan uralgan. Kobik 5 ichida rotor 3 aylanib, eritmani silindrik kobig devoriga yupka katlam kurinishda purkaydi. Ayrim xollarda esa, **Oqimcha** yoki tomchmdar kurinishida ham sochib yuborish mumkin.

Devor buylab taksimlangan eritma asta - sekin burlanadi va devorda pasta yoki kuko‘nning yupka qatlami xosil bo‘ladi. Ushbu katlam rotorning parraklari yordamida kurib tashlanadi. Bu turdagi kuril malarda yuqori issiqlik almashinishga erishish mumkin, ammo bur bilan **suyuqlik**ning ilinib chikib ketishi kam bo‘ladi.

Issiqlik berish koeffitsientini hisoblash uchun ushbu formula tavsiya etiladi:

$$\alpha = 110 \cdot \left(\frac{n}{\mu} \right)^{0,33} \cdot \lambda$$

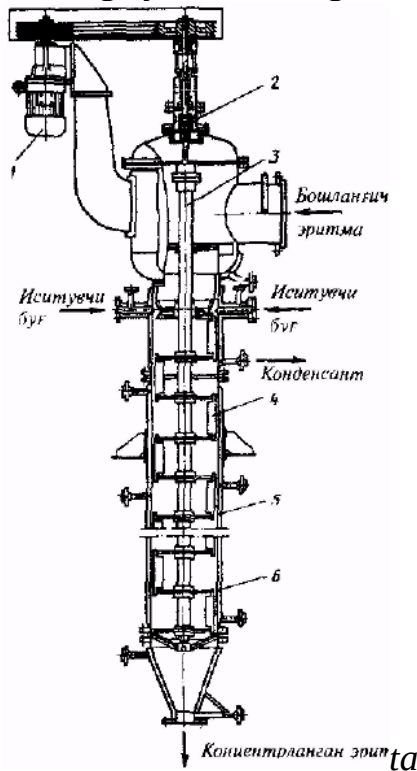
Issiqlik berish koeffitsientini boshqa formuladan ham xisoblab topsa bo‘ladi:

$$Nu = 0,65 \cdot Re^{0,25} \cdot Re_{\mu}^{0,43} \cdot Pr^{0,3} \cdot z^{0,33}$$

bu erda z - rotordagi parraklar soni.

$$Re_y = \frac{d^2 \cdot n}{\nu}$$

Qobiq devori va parraklar irasidagi tirkish 0,04...1,5 mm ni shshkil etadi. Boshlangich eritma qurilmaning yuqori kismiga o'zatiladi va silindrik devor buylab yulka katlam kurinishida taksimlanadi. Parraklarning aylanma tezligi 12 m/s .



bu erda p - aylanish chastotasi, ayl/min; i

8-rasm. Rotor - yupka katlamli dinamik kovushoklik, Pas; λ - muxitning issiqlik ugkazuvchanlik koeffitsienti,

1 - yuritma; 2 - zichlagich; 3 - rotor; 4 - parrak; 5 - kobik; 6 - galof.

Qurilma konstruksiyasi rotorni o'q bo'ylab siljishiga imkon beradi. Natijada, eritma qatlami k;alinligini rostlash va jarayon tezligini oshirish mumkin.

Rotor — yupkakatlamli bug'latkichlar juda yuqori issiqlik ko'rsatkichlariga ega, ya'ni 2300.. 2700 Vt/m^2 -QLekin, bu qurilmalar to'zilishimurakkab, yasashki yinva juda kimmat. undantashqari, issiqlik mashinasi yuzasika mbo'lgani uchun, ishunumdorligi yuqori emas.

Issiklik nasosli bug'latkichlar

Ayrim paytlarda texnologik sabablarga kura, ko'p korpusli bug'latish qurilmalarini kullab bulmaydi.

Masalan,

yuqori temperaturalar gachida masiz eritmalar ningsifat ko'rsatkichlarini saklab qolish uchun ISSIQLIK nasosli, birkorpusli bug'latkichlarni ishlatish maksadga muvofikdir.

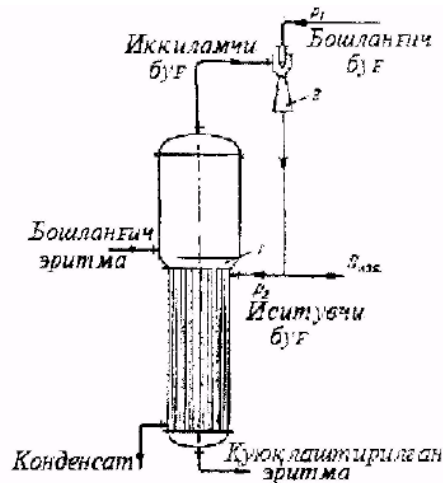
9-rasmda bug'latkich 1 va oqimchalik kompressor 2 dan iborat birkorpusli bug'latish qurilmasi keltirilgan.

Bunday qurilmalarda ikkilamchi bug'bosimi isituvchi bug'bosimigacha injeKTorlik kompressor dasiqiladi. So'ng, sikilgan bug'siqish uchun bug'latkich gayo'naltiriladi.

Demak, issiqlik nasosli bug'latish qurilmalarida ikkilamchi bug'temperaturasi isituvchi bug'temperaturasi gachakutariladi, ya'ni kompressor gasarflangan energiya, ikkilamchi bug'temperaturasi nio shirish gaketadi.

Temperaturada lressiya sikichik bo'lgan eritmalar ni bug'latish uchun issiqlik nasoslarini q

ullashjudao‘rinlivako‘p korpuslibug‘latishsxemalarida isituvchibug‘nitejashimkoniniberadi. Issiqlik nasosiga sarflanadigan energiya mikdori isituvchiva ikkilamchi bug‘lartuyinish temperaturalarifarqigaproporsionaldir.



9- rasm. Issiqlik nasosli bir korpusli bug‘latish qurilmasi

1 - bug‘atkich; 2 – oqim.

SHuning uchun, temperatura depreschali (injeKTorli) nasos. siyasi katta bo‘lgan eritmalarni, ushbu usulda bug‘latish iktisodiy jixatdan maksadga muvofik emas.

Odatda, issiqlik nasosli bug‘latish kuril mal ari va erituvchining Qaynash temperaturalarining farqi 5...15°S bo‘lgan xollarda qullash mumkin. Demak, eritmaning qaynash temperaturasi katta bo‘lsa, ushbu usul ishlatilmaydi. Bunga sabab, ikkilamchi bug‘ni isituvchi bug‘ bosimiacha siqish uchun ko‘p energiya sarf bulishidir.

Sinovsavollari

1. Ko‘p korpusli qurilmalarda bug‘latish
2. Issiqlik nasosini kullab bug‘latish.
3. Bug‘latkichlar tuzilishi va ishlash prinsiplari
4. Ichki isituvchi kameralari va markaziy sirkulyasion trubali bug‘latkich
5. Osma isituvchi kamerali bug‘latkich.
6. Majburiy sirkulyasiyali bug‘latkichlar
7. YUpka katlamli (plyonkali) bug‘latkichlar
8. Issiklik nasosli bug‘latkichlar.

3-mavzu. MASSA ALMASHINISH JARAYONLARI (2 soat)

Reja: 4.1. Massa almashinish jarayonlari. Turlari.

4.2. Muvozanat chizig‘i, moddiy balans va ishchi chizig‘i, jarayonning yo‘nalishi.

4.3. Modda o‘tish usullari. Molekulyar va turbulent diffuziya.

4.1. Massa almashinish jarayonlari. Turlari.

Biryokibirnechakomponentlarningbifazadanikkinchifazagao‘tishimassaalmashinis hjarayonidebataladi (masalan, gazdangazga, suyuqlikdangazga, qattiqjismdansuyuqlikyokigazga). Odatda, komponentlarningbifazadanikkinchisigao‘tishimolekulyaryokiturbulentdiffuziyaorkalisod irbo‘ladi. SHuninguchun, bujarayonlardiffuzionjarayonlardebataladi.

Massaalmashinishjarayonidaishtiroketadiganfazalarfaolkomponentvainert, ya'nitashuvchimoddalardantashkiltopganbo'ladi.

Faolkomponentbirfazadanboshqasigao'tuvchimodda, fazatarkibidagiqolganmodalaresainertbo'libmassaalmashinishjarayonidaqatnashmaydivafa qattashuvchivazifasinibajaradi.

Massa almashinish jarayonining harakatlantiruvchikuchi konsentratsiyalar farqihisoblanadi.

Kimyoviytexnologiyalarda absorbsiya, haydash, rektifikatsiya, ekstraksiya, adsorbsiya, quritish, kristallashkabi massa almashinish jarayonlari qo'llaniladi. Mazkur mavzudayuqoridaqaydetilgan massaalmashinishjarayonlarito'g'risidaqisqachato'xtalamiz. Keyingimavzulardaularnichuqurroqo'rganamiz.

Absorbsiya-

bugazaralashmasitarkibidagibiryokibirnechtamoddaningsuyuqfazagaselektivravishdayutili shjarayonidir. YA'ni, bujarayondamoddagazfazadansuyuqfazagao'tishdi. Moddanio'zigayutuvchisuyuqfazaabsorbentdebnomlanadi. Absorbsiya 2 xilbo'ladi: fizikabsorbsiya - bugazningsuyuqlikkaoddiyyutilishibo'lib, undakimyoviyo'zgarishyuzbermaydi; xemosorbsiya - bugazningsuyuqlikdayutilishidavridakimyoviybirikmahosilbo'ladi.

Absorbsiyagateskarijarayon,

ya'niyutilgankomponentlarnisuyuqlikdanajratibolish**desorbsiya**debataladi.

Suyukliklarnihaydashvarektifikatsiya-

busuyuqvabug'fazalaro'rtasidakomponentlaro'zaromoddaalmashinishyo'libilansuyuqarala shmalarnikomponentlargaajratishjarayonidir. Ushbujarayonissiqlikta'siridaolibborilib, komponentlarningqaynashtemperaturasiharxilbo'lishigaasoslanadi. Bu jarayon 2 xil bo'ladi: oddiy xaydash (distillash) va murakkab haydash (rektifikatsiya). SHuni alohida ta'kidlash kerakli, oddiyhaydashdafaolkomponentsuyuqfazadanbug'fazagabirmartao'tadi, rektifikatsiyada modda suyuq fazadan buqqa va bug'dan suyuq fazaga birnechamartao'tadi.

Ikkalajarayondahambug'ko'rinishidaajratibolinganengilqaynovchimoddasuyultiriladivaiste'molchigauzatiladi.

Ekstraksiya-

bueritmayoqi qattiqjism tarkibidagibiryokibirnechtamoddanibirorerituvchi yordamidaajratib olishjarayonidir. Kimyotexnologiyasida «suyuqlik-suyuqlik» sistemasidaamalgaoshiriladiganekstraksiyajarayoninisbatanko'puchraydi.

Adsorbsiya-

bugaz, bug'yokisuyuqaralashmalardanbiryokibirnechakomponentlarniqattiqg'ovakjismgayutilish jarayonidir. Judakatta faolyuzagaegabo'lganyutuvchi qattiqjism lar**adsorbentlar**debataladi. Ushbujarayonsanoatningturlisohalaridaishlatiladivagaz, bug'yokisuyuqaralashmalardankomponentlarniajratibolishhuchunishlatiladi. Adsorbsiyajarayonidasuyuqyokigazfazadagikomponentqattiqjismgao'tadi.

Quritish- buqattiqmateriallartarkibidaginamni bug'shaklidachi qarib yuborishjarayonidir. Ushbujarayondafaolkomponent – odatdasuvbug'fazagao'tadi.

Kristallannsh - busuyuqeritmalartarkibidagiqattiqfazani kristallshaklidaajratibolishjarayonidir.

Ushbujarayondamoddaningsuyuqfazadanqattiqfazagao'tishiruyberadi.

Issiqliko'tkazishgao'xshabmassao'tkazishhammurakkabjarayonbo'lib, moddaning (massaning) dastlabbirfazaichidasiljishini,

uning fazalarorasi dagisirt dano 'tishini va keyin uning ikkinchi fazachegarasi dauzatilishini o'ziga oladi.

Moddaning bir fazadan ikkinchisiga, ularni ajratib turgan sirt orqali 'tish jarayoni massao'tkazish deb nomlanadi.

Moddaning bir fazachidan fazalarni ajratuvchi sirt gayokibuning teskari si, ajratib turuvchi sirt dan fazaga o'tishiesamassaberish jarayoni deyiladi.

4.2. Muvozanategrichizig'i, modjdiy balansivaishchichizig'i, jarayonning yo'nalishi.

Ikkikomponentli fazalartarkibini ifodalash 4.1-jadvaldakeltirilgan konsentratsiyalari yordamida ifodalanadi.

4.1-jadval. Ikkikomponentli fazalartarkibini ifodalash

Konsentratsiya	A komponent konsentratsiyasining belgilanishi	
	Suyuq fazada	Gaz fazada
Mol ulushi, $\frac{\text{kmol A}}{\text{kmol (A + B)}}$	x	u
Massaulushi, $\frac{\text{kg A}}{\text{kg (A + B)}}$	$\bar{x}$	$\bar{y}$
Nisbiy mol ulushi, $\frac{\text{kmol A}}{\text{kmol B}}$	X	U
Nisbiy massaulushi, $\frac{\text{kg A}}{\text{kg B}}$	$\bar{X}$	$\bar{Y}$
Hajmiy mol ulushi, $\frac{\text{kmol A}}{\text{m}^3 (\text{A + B})}$	S_x	S_u
Hajmiy massaulushi, $\frac{\text{kg A}}{\text{m}^3 (\text{A + B})}$	$\bar{C}_x$	$\bar{C}_y$

Komponentning gaz fazadagi konsentratsiyasini uning parsial bosimi orqali ham ifodalash mumkin. Klayperon va Dalton tenglamalariga asosan ideal gaz aralashmasi ixtiyoriy komponentning mol (hajmiy) ulushi quyidagiga teng:

$$u = r/P \quad (2)$$

bu erda r —aralashma komponentning parsial bosimi; $P = R_A + R_V + R_S + \dots$ — barcha komponentlari parsial bosimlarining yig'indisiga teng bo'lgan gaz yoki bug' aralashmasining umumiy bosimi.

4.3. Moddao'tkazish jarayonidafaol moddaning bir fazadan ikkinchisiga o'tishibilanteskari, ya'ni o'shamassaning ikkinchi fazadan birinchi fazaga qaytib o'tish jarayoni ham boshlanadi.

Massao'tkazish jarayonidafaol moddaning bir fazadan ikkinchisiga o'tishibilanteskari, ya'ni o'shamassaning ikkinchi fazadan birinchi fazaga qaytib o'tish jarayoni ham boshlanadi. Dastlab to'g'ritomonga o'tish jarayonining tezligi kattabo'ladi va birinchi fazadafaol moddaning konsentratsiyasi kamayib, ikkinchi fazada esa ko'payib boradi. Ammovaqto'tishibilantarqaluvchi moddaning to'g'rivateskaritomonga o'tish jarayonlarining tezliklari tenglashadi.

Bunda birinchi fazadan ikkinchisiga o'tayotgan moddamiqdori ikkinchi fazadan birinchi fazaga qaytib o'tayotgan miqdorga tenglashadi va fazalardagi faol moddaning konsentratsiyasi o'zgarmas bo'lib qoladi. Bunday holat massao'tkazishda muvozonat yuzagakelganligini bildiradi.

4.4. Molekulyar vatubulentdiffuziya

Idealeritmalaruchunfazalaro'rtasidagimuvozanatquyidagiqonunlarbilanifodalanadi:

a) Genriqonuni:

$$r^* = Ex \quad (3)$$

bu erda r^* –

x konsentratsiyalieritmabilan muvozanatdabo'lgazfazakomponentining parsial bosimi; E – suyuqlik vagazning tabiatidamda temperaturagabog'liqbo'lgan Genri koeffitsienti (uning qiymatima'lumotnomalardakeltirilgan).

(3.1) – tenglamani $r^* = u^*P$ deb ham yozish mumkin.

U holda

$$y^* = \frac{E}{P} x = mx \quad (4)$$

bu erda y^* – suyuqlik bilan muvozanatdabo'lgazfazakomponentining mol ulushi; m – arqalish koeffitsienti, o'lchamsiz, $t = \text{const}$ va $P = \text{const}$ bo'lgandabir gaz – suyuqlik sistemasi uchun o'zgaras.

Ikki fazali, uch komponentli (gaz faza: A+V, suyuq faza: A+S) sistemalar uchun (6.3) – tenglamani nisbiy konsentratsiyalar orqali yozsak, quyidagini olamiz.

$$y^*/(1+y^*) = mX/(1+X) \quad (5)$$

$$\bar{y}^* / \left(\bar{y}^* + \frac{M_A}{M_B} \right) = m \bar{X} / \left(\bar{X} + \frac{M_A}{M_C} \right) \quad (6)$$

bu erda M_A – fazalardatarqalgan A komponentning mol massasi;

M_V –

V komponentning binargazaralashmasidagimol massasi;

M_S –

S komponentning binarsuyuqlikaralashmasidagimol massasi.

Tarqalayotgan komponentning gaz vasuyuqlikdagikonsentratsiyajudakichik,

ya'ni $U^* \ll 1$ va $X \ll 1$ bo'lganda (6.4) tenglamaning maxrajidagi U^*

va X kattaliklarini hisobga olmasahambo'ladi, u holda:

$$y^* = mX \quad (7)$$

$$SHungao'xshash \bar{y}^* \ll (M_A / M_B) \quad \text{va} \quad \bar{X} \ll (M_A / M_C) \quad \text{bo'lganda} \quad (2) \quad -$$

tenglama quyidagiko'rinishga keladi:

$$y^* = m \frac{M_C}{M_B} \bar{X} \quad (8)$$

b) Raul qonuni:

$$r^* = Vx \quad (9)$$

bu erda r^* – komponentning muvozanat sharoitida suyuqlik ustidagi bug' gaz aralashmasidagi parsial bosimi; V – toza komponent tuyingan bug'ining bosimi; x – komponentning suyuqlikdagi mol ulushi.

(3.7) – tenglamaga (2.1) – tenglamani $r^* = u^*P$ ko'rinishda qo'ysak:

$$u^* = Vx/P \quad (10)$$

bu erda u^* – komponentning suyuqlik bilan muvozanatda bo'lgan bug' gaz fazadagi mol ulushi.

Ikki komponentli fazalarning ikkala komponenti ham Raul konuniga amal qiladigan bo'lsa (3.8) – tenglama quyidagi ko'rinishga keladi:

$$y_A^* = \alpha X_A / [1 + (\alpha - 1)X_A] \quad (11)$$

buerda $\alpha = B_A/B_B$ – nisbiy uchuvchanlik koeffitsienti; V_A – ko‘proq uchuvchan (tezqaynovchi) komponentning o‘shat temperaturadagi to‘yingan bug‘ining bosimi; V_V – kamroq uchuvchan (yuqoriqaynovchi) komponentning o‘shat temperaturadagi tuyingan bug‘ining bosimi.

Turli ritmlar uchun suyuqlik bilan bug‘ning muvozanat tarkiblariga qidagik kattaliklar ma’lumotnomalardan keltirilgan.

5,6-mavzu. Massa almashinish jarayonlarini ifodalovchi tenglamalar

Reja: 5.1. Modda berish tenglamasi.

5.2. Modda berish koeffitsienti.

6.1. Modda o‘tkazish jarayonlarini ifodalovchi kriteriyalar

6.2. Modda o‘tkazish jarayonlarning asosiy tenglamasi va koeffitsienti.

Tayanch iboralar: birjinsli, faza, modda, konsentratsiya, absorsiya, haydash, rektifikatsiya, ekstraksiya, absorbsiya, quritish, kristalizatsiya, eritish, molekulyar diffuziya, konvektiv diffuziya, modda berish, chegaraviysirt, tegishiyuzasi, sirtiy absorber, gaz, suyuqlik, sug‘oriladigan absorber, plenkali absorber, masadkatruba, sovituvchimuxit, kolonna, tayanchpanjara, devoryokieffekti, gidrodinamika, rejim, plenkalirejim, gazoqimi, gazning tezligi, emulsiyalash rejimi, gidravlik qarshilik, xorda, xalqa, taqsimlash qurilmalari, sarftenglamasi.

1. Modda o‘tkazish tenglamasi

Modda o‘tkazishning asosiy tenglamalari:

$$M_y = K_y \Delta Y_{o,r} F \quad \text{yoki} \quad M_x = K_x \Delta X_{o,r} F$$

buerda M – bir fazadan ikkinchisiga o‘tgankomponentning sarfi, kmol/s; K_u va K_x – gaz va suyuq faza ushunkommoda o‘tkazish koeffitsienti; $\Delta Y_{o,r} = y^* - y$ va $\Delta X_{o,r} = x - x^*$ – butun jarayon uchun o‘rtacha harakatlantiruvchilik kuchlar; F – massa o‘tkazish sirtiyuzasi, m².

Yuqoridagi

tenglamalarga molar va konsentratsiyalar o‘rniga boshqa konsentratsiyalarni ham qo‘yish mumkin.

Massa berish va massa o‘tkazish koeffitsientlarining o‘zarobog‘liqligi

Modda o‘tkazish va modda berish koeffitsientlar o‘rtasidagi o‘zarobog‘liqlar quyidagicha ifodalanadi:

$$K_y = \frac{1}{\frac{1}{\beta_y} + \frac{m}{\beta_x}} \quad K_x = \frac{1}{\frac{1}{m\beta_y} + \frac{1}{\beta_x}} \quad (5.1)$$

Oxirgi tenglamalarning maxrajlariga suyuq fazalardagi diffuzion qarshiliklarning yig‘indisiga teng bo‘lgan umumiy diffuzion qarshilikni ifodalaydi.

Asosiy diffuzion qarshilik gaz fazadagi bo‘lgan, ya’ni $(m/\beta_x) \ll (1/\beta_y)$ bo‘lsa:

$$K_y \approx \beta_y \quad (5.2)$$

Asosiy diffuzion qarshilik suyuq fazadagi bo‘lgan, ya’ni $[1/(m\beta_y) \ll (1/\beta_x)]$ bo‘lsa:

$$K_x \approx \beta_x \quad (5.3)$$

(5.1) – tenglamadan quyidagi kelib chiqadi:

$$K_u = K_x / m$$

(5.4)

4-ma`ruza

Mavzu: Massaalmashinish jarayonlarini ifodalovchi tenglamalar

Reja: 6.1 Modda o`tkazish jarayonlarini ifodalovchi kriteriylar

6.2. Modda o`tkazish jarayonlarning asosiy tenglamasi va koeffitsienti. Modda berish koeffitsienti

6.1 Modda o`tkazish jarayonlarini ifodalovchi kriteriylar

Turg'un modda berish jarayonlarining asosiy diffuzion kriteriylari:

a) Nusselt diffuzion kriteriysi:

$$Nu' = \beta l / D$$

(5.5)

b) Pekle diffuzion kriteriysi

$$Re' = wl/D \quad (5.6)$$

v) Prandtl diffuzion kriteriysi

$$Pr' = Re'/Re = v/D \quad (5.7)$$

bu kriteriyalarda β -modda berish koeffitsienti, m/s; l —chiziqli o'lcham, m; D —molekulyar diffuziya koeffitsienti, m^2/s ; w —gaz yoki suyuqlikning tezligi, m/s; v —qovushoqlikning kinematik koeffitsienti, m^2/s .

Modda berish koeffitsientlari o'lchov birliklari quyidagicha bo'lishi mumkin:

$$\frac{\text{кмол}}{m^2 \cdot c \frac{\text{кмол}}{m^3}} \quad \text{ёки} \quad \frac{\text{кг}}{m^2 \cdot c \frac{\text{кг}}{m^3}}$$

Massa berishning asosiy konuni. Ushbu qonun qattiq jismlar erishini o'rganish paytida rus olimi SHukarev tomonidan aniqlangan. Bu qonunga binoan, fazalarni ajratib turuvchi yuzadan biror faza yadrosiga yoki teskari yo'nalishda massa berish yuli bilan utgan modda mikdori fazalar konsentratsiyasi farkiga va jarayon davomiyligiga tugri proporsionaldir. Diffuzion chegaraviy katlam nazariyasiga asosan tarkaluvchi modda suyuqlik oqimi yadrosidan fazalarni ajratuvchi yuzaga suyuqlik konvektiv oqimlari va molekulyar diffuziya yuli bilan o'tadi. Kurilayotgan sistemada okim yadrosi va chegaraviy diffuzion qatlamlar bor (5.4-rasm). Faza yadrosidamoddaning tarqalishi asosan suyuqlik yoki gaz oqimi bilan amalga oshiriladi. Oqimlarning turbulent harakatidavrida tarkaluvchi modda konsentratsiyasi o'zgarmas bo'ladi. CHegaraviy diffuzion katlamga yaqinlashgan sari moddaning turbulent tarkalishi kamayadi va molekulyar diffuziya xisobiga massa berish ulushi ortadi.

Bunda, tarkaluvchi moddaning konsentratsiya gradienti xosil bo'ladi va fazalarni ajratuvchi chegaraga



yaqinlashib borgan sari, uning qiymati oshib boradi.

5.4-rasm. Massa berish tenglamasini keltirib chiqarishga ond

SHunday k;ilib, chegaraviy diffuzion katlam atrofii bu konsentratsiya gradienti

xosilbulishi va usishi soxasidir. Undantashqari, bu er — umumiy massa o‘tkazishga molekulyar diffuziya tezligining ta’siri kuchayadigan soxadir. Gfazadan Lfazaga tarkalayotgan modda mikdori M bulsin. Agar, fazalar yadrosidagi moddalar konsentratsiyasini y_f va y_v deb, fazalarni ajratib turuvchi yuzadagi konsentratsiyalarni esa —, y_v va x_v deb" belgilasak, unda massa berish jarayonida utgan modda mikdorlarini kuyidagi tenglamalardan aniqlash mumkin:

$$dM = \beta_y(y_f - y_v) \cdot F d\tau ; dM = \beta_x(x_v - x_f) \cdot F d\tau \quad (5.17)$$

bu erda β_y , β_x - konvekgiv va molekulyar **oqim**lar bilan modda o‘zatilishini xaraKTerlovchi massa berish koefitsientlari; $u_{ch}=um$ va $x_{ch}=gd/$ deb qabul k,ilinadi.Massa berish koefitsientining ulchov birligi kuyidagicha:

$$[\beta] = \left[\frac{M}{(y_f - y_v) \cdot F \cdot \tau} \right] = \left[\frac{\kappa z \cdot M^3}{\kappa z \cdot M^2 \cdot coam} \right] = \left(\frac{M}{coam} \right)$$

Massa berish koefitsienti vaqt birligida jarayonni **harakat**ga keltiruvchi kuchi birga teng bo‘lganda, yuza birligidan fazalarni ajratuvchi yuzadan fazaning yadrosiga yoki teskari yo‘nalishda utgan modda mikdorini xaraKTerlaydi. Massa berish koefitsienta fazalarning zichligi, kovushokligi va boshqa xossalariga, suyuqlik harakat rejimiga, qurilmaning tuzilishi va ulchamlariga bog‘liqdir. SHuning uchun xam uining qiymatini tajriba yoki hisoblash yuli bilan aniqlash kiyin. Lekin, xar bir anik, sharoit va suyuqliklar uchun (3 ning qiymatini tajriba yuli bilan tanish mumkin.

SHuni alohida ta’kidlash kerakki, massa berish koefitsienta fizik ma’nosi buyicha massa o‘tkazish koefitsientidan fark. kilsa xam, lekin bir xil ulchov birligiga ega.

4. Kritik jism ishtirokida massa almashinish

Bunday jarayonlarga adsorbsiya, desorbsiya, kristallanish, quritish, eritish, qattiq materiallardan ekstraksiyalash kabilar kiradi. Albatta, bu noturgo’n jarayonlarning o‘ziga xos alohida xususiyatlari bor. «Kattik, jism-suyuqlik» sistemasida massa almashinish juda murakkab jarayon deb xisoblanadi. Govaksimon qattiq jismdan fazalarni ajratib turuvchi chegara orkali gaz (yoki bug) suyuqlik muxitga yoki gaz (yoki bug) muxitdan kattik. jismga moddaning tarkalishi, o‘tkazish potensiali gradienta mavjud bo‘lgandagina ruy beradi. Boshqacha kilib aytganda, «kattik. jism — suyuqlik» sistemada massa o‘tkazish jarayoni ichki va tashki diffuziyalardan tashkil topgan bo‘ladi. Bu sistemada massa almashinish jarayoniga qattiq. jismning to‘zilishi katta ta’sir kursatadi. Ma’lumki, qattiq.

jism murakkab, geometrik sistema bo'lib, govaklilik, polidisperslik, kapillyarlar shakli va kovakchalarni ulchami, buyicha taksimlanishi bilan ajralib turadi.

Kapillyar-kovakli to'zilishiga karab kagtik. jismlar quyidagi sinflarga ajratiladi: yirik kovakli ($d_{kp} \leq 100\mu m$); urtacha kovakli va ultramikrokovakli materiallar bo'ladi.

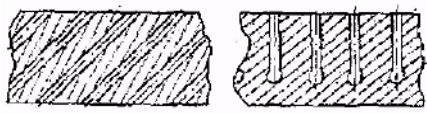
«Kattik. jism — suyuqlik» sistemasida massa berish jarayoni bilan **massa o'tkazuvchanlik** (qattiq. jismda moddaning tarqalishi) bir vaqtda o'tadi.

Kattik. jismdan namlikni desorbsiyasi misolida massa almashinish jarayonini kurib chikamiz.

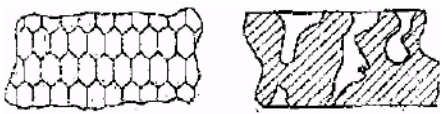


(5.6-rasm). Boshlangich vaqt $\tau = \tau_0$ da

plastinaning butun xajmida konsentratsiya o'zgarmas bo'ladi.



($c = \text{const}$). Kattik. jism bilan massa almashinuvchi suyuqlik fazada tarkaluvchi moddaning konsentratsiyasi o'zgarmas va γ ga



tengdir. Dastlabki davrda, tarkalayotgan modda qattiq jismdan

5.5-rasm. Kattik jismlar suyuqlikka karab xarakat qiladi.

Materialdan namlikning bug xolatida chikib ketishi o'zgarmas tezlikda sodir bo'ladi. VaKT o'tishi bilan jismning konsentratsiyasi uzluksiz ravishda pasayib boradi. Biror kritik konsentratsiya x_{kr} dan boshlab, bug'lanish zopasi jismning ichiga suriladi. Bu xol, albatta o'tkazish potentsiali gradientining kamayishiga va jarayonni sekinlashuviga olib keladi.

Namlikni bug'lanishi na faqat o'zgaruvchan koordinatali yuzalarda bo'libgina kolmasdan, balki jismning «avvalgi» qatlamlarida xam boradi. Lekin, jismning tashki yuzasiga yakinlashgan sari, jarayon intensivligi kamayadi.

5. Konvektiv dyaffuziyaning differensial tenglamasi

Diffuzion chegaraviy katlam nazariyasiga binoan, suyuqlik oqimi fazalarni ajratuvchi chegarasida tarkalayotgan modda molekulyar diffuziya va bevosita suyuqlik oqimi bilan o'zatiladi (5.7-rasm). Kurilayotgan sistemada oqimni 2 kismdan iborat deb xisoblasa bo'ladi, ya'ni yadro va chegaraviy diffuzion katlamdan. Turbulentlik ancha

yuqori bo'lganda xam, yadroda moddaning tarqalishi asosan suyuqlik harakati tufayli ruy beradi. Typgun rejimda ushbu ko'ndalang kesimda tarkaluvchi modda konsentratsiyasi o'zgarmasdir. CHegaraviy diffuzion krtlamga yaqinlashgan sari, turbulentlik darajasi pasayadi. SHuning uchun, fazalarni ajratuvchi chegarada moddaning tarkalishi asosan molekulyar diffuziya xisobiga o'tadi. Undan tashkari, bu zonaga yaqinlashish bilan konsentratsiyalar gradienti ortadi.

Konvektiv diffuziya jarayonida fazaning elementar xajmida tarkaluvchi moddaning konsentratsiyasi xam molekulyar diffuziya, xam mexanik harakat ta'siri ostida o'zgaradi. Buiday xollarda, tarkalayotgan moddaning konsentratsiyasi x , u , zkoordinatalar va vaqt t ning funksiyasi bulib kolmay, balki element siljish tezligi w_x , w_y va w_z larga xam bog'liq bo'ladi.

Molekulyar diffuziya nuli bilan moddaning tarqalishi (5.16) tenglama yordamida topiladi.

Konvektiv diffuziya paytida esa, element fazoning bir nuqtasidan ikkinchisiga kuchadi. Bunda, elementda tarkalayotgan modda konsentratsiyasining o'zgarishi substansional xosila orkali ifodalanadi:

$$\frac{D\bar{c}}{D\tau} = \frac{\partial \bar{c}}{\partial \tau} + \frac{\partial \bar{c}}{\partial x} w_x + \frac{\partial \bar{c}}{\partial y} w_y + \frac{\partial \bar{c}}{\partial z} w_z \quad (5.27)$$

UshbutenglamadagikushiluvchilarYIGINDISI

$$\frac{\partial \bar{c}}{\partial x} w_x + \frac{\partial \bar{c}}{\partial y} w_y + \frac{\partial \bar{c}}{\partial z} w_z$$

konsentratsiya ning konvektiv o'zgarishini ,

$\frac{\partial \bar{c}}{\partial \tau}$ esa — lokal o'zgarishini xaraKTerlaydi.

Molekulyar diffuziya xisobiga tarkalayotgan moddaning ortishi (5.16) tenglama yordamida aniklanadi. Agar, (5.16) va (5.27) tenglamalarni tenglashtirsak va

konsentratsiyaning lokal o'zgarishi $\frac{\partial \bar{C}}{\partial \tau}$ ni (5.27) dagi tulik. $\frac{D\bar{C}}{D\tau}$

ga almashtirsak, konvektiv diffuziyaning differensial tenglamasini keltirib chiqarish mumkin:

$$\frac{\partial \bar{C}}{\partial \tau} + \frac{\partial \bar{C}}{\partial x} w_x + \frac{\partial \bar{C}}{\partial y} w_y + \frac{\partial \bar{C}}{\partial z} w_z = D \left(\frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial z^2} \right) \quad (5.28)$$

Fazalarni ajratuvchi chegara atrofida fazadan fazaga tarkalaettan modda mikdori

konvektiv diffuziya **qonuni** (5.17) yordamida aniklanadi. YUqorida aytilgandek, fazalarni ajratuvchi yuza oldida, moddaning bir fazadan ikkinchisiga o'tishi esa, malekulyar diffuziya (5.10) xisobiga amalga oshadi.

(5.10) va (5.17) tenglamalarni bir-biriga tenglashtirib, ushbu formulami olamiz:

$$\beta \Delta \bar{C} = -D \frac{\partial C}{\partial x} \quad (5.29)$$

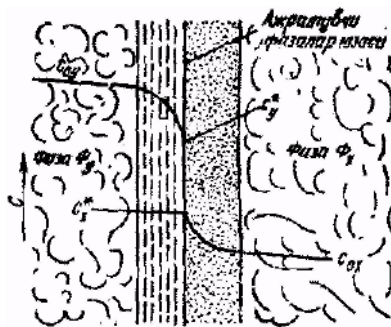
bu erda $L S = S_{ch} - S$ - jarayonni harakatga keltiruvchi kuch.

6. Massa almashinish jarayoni mexanizmi

Ma'lumki biror modsa massasining ikkinchi fazaga ajratib turuvchi yuza orkali o'tishi **massa o'tkazish** deb nomlanadi. Bu jarayon juda murakkabdir, chunki massa berish va turbulent oqimlarning gidrodinamik qonuniyatlari yaxshi urganilmagan.

5.8-rasmda Suyuqlik va gaz (bug) yoki ikkala faza orasida massa o'tkazish jarayonini tushuntiruvchi sxema keltirilgan.

Fazalar bir - biriga nisbatan turbulent rejimga oid tezlikda **harakat** kilmokda va ular urtasida ajratuvchi yuza mavjud. Tarkaluvchi modda massasi Φ_x faza F_u (ammiakning xavo bilan aralashmasi) dan suyuq faza Φ_x (suv) ga utmokda. SHunday kilib, Φ_y faza yadrosidan fazalarni ajratib turuvchi yuzaga va ajratib turuvchi yuzadan Φ_x fazani yadrosiga massa berish jarayoni sodir bo'ladi.



5,8-rasm. Massa o'tkazish jarayonida fazalarda konsentratsiyalar tasimlanish sxemasi.

Ajratuvchi yuza karshiligini (agar uning mikdori sezilarli bo'lsa) engib, bir fazadan ikkinchisiga massa ortadi, ya'ni massa o'tkazish jarayoni ruy beradi.

Ma'lumki, massa almashinish jarayoni uar bir fazadagi oqim turbulentlik tuzilishi bilan o'zviy ravishda bog'liq. Gidrodinamikadan malumki, suyuqlik okimining devor yaknida **harakat** paytida chegaraviy katlam xosil bo'ladi. Xar bir faza yadro va chegaraviy katlamdan tashkil topgan buladi. Faza yadrosida moddaning tarkalishi kupchilik xollarda turbulent pulsatsiya yordamida amalga oshadi va tarkaluvchi

moddaning konsentratsiyasi, 5.8-rasmda ko'rsatilgandek, o'zgaras bo'ladi. Chegaraviy katlamda esa, turbulentlik asta - sekin sunib, konsentratsiya esa o'zgarib boradi.

Ajratuvchi yuzaga yaqinlashgan sari, konsentratsiya o'zgarishi keskinlashadi. Bevosita ajratuvchi yuzada moddaning tarkalish tezligi juda kichik bo'ladi va u molekulyar diffuziyaning gezigligiga bog'liq bulib koladi. Fazalararo ishkalanish va sirtiy taranglik kuchlari ta'sirida ajratuvchi yuza yaqinida konsentratsiya keskin, tugri chizikli qonun buyicha uzgaradi.

Demak, massa almashinish jarayonini intensivlash uchun okim turbulentlik darajasini kupaytirib, chegaraviy katlam qalinligini kamaytirish zarur. Ma'lumki, oqim turbulentlik darajasini kupaytirish uchun suyuqlik tezligini oshirish kerak bo'lsa, chegaraviy katlam qalinligini kamaytirish uchun aralashtirish, pulsatsiya, tebranish, eleKTromagnit maydon yoki ultra-tovush kabi usullarni qullash mumkin.

Massa utkazish va berish koeffitsientlar urtasidagi borliglik

Ishchi va muvozanat konsentratsiyalari orasida chizikli botiklik sharoitida, biror Gfazadan Lfazaga massa o'tkazish jarayonini kurib chikamiz (5.4-rasm). Fazalarni ajratuvchi chegarada muvozanat xolatiga zrishiladi deb qabul kilamiz. Gfazadan fazalarni ajratuvchi chegaraviy yuzaga tarkalgan modda mikdori ushbu tenglamadan topiladi:

$$dM = \beta \cdot y(y - y_s) \cdot dF$$

Fazalarni ajratuvchi chegaraviy yuzadan L faza yadrosiga berilgan modda mikdori esa quyidagi tenglamadan aniklanadi:

$$dM = \beta_x (x_s - x) \cdot dF$$

Muvozanat konsentratsiya $u_m = tx$ ekanligi ma'lum bo'lgani uchun, Lfazadagi konsentratsiya x ni G fazadagi muvozanat konsentratsiyasi orkali ifodalanishi mumkin:

$$dM = \beta_x (x_s - x) \cdot dF = \frac{\beta_x}{m} (y_{su} - y_s) \cdot dF$$

6.2. Modda o'tkazish jarayonlarning asosiy tenglamasi ba koeffitsienti. Modda berish koeffitsienti

Moddao'tkazishning asosiy tenglamalari:

$$M_y = K_y \Delta Y_{o,r} F \quad \text{yoki} \quad M_x = K_x \Delta X_{o,r} F$$

buerda M – bir fazadan ikkinchisigao'tgankomponentning sarfi, kmol/s; K_u va K_x – gaz va suyuq faza ushun moddao'tkazish koeffitsienti; $\Delta y_{o,r} = y^* - y$ va $\Delta x_{o,r} = x - x^*$ – butun jarayon uchun o'rtachaharakatlantiruvchikuchlar; F – massao'tkazish sirtiyuzasi, m².

Kalonnagatartibsizsolingannasadkalaruchunmoddaberishkoeffitsentininggazfazadagiq iymatiquyidagitenglamalardantopilishimumkin:

$$Nu=0,407Re_r^{0,655}(Pr_r)^{0,33} \quad (5.8)$$

SHungamosravishdagazfazauchuno‘tkazishbirligibalandligi

$$h_r = 0,615d_e Re_r^{0,345} (Pr_r)^{2/3} \quad (5.9)$$

Tartibli solinadigan nasadkalar uchun

$$Nu_r = 0,167Re^{0,74}(Pr_r)^{0,33} (\ell / d_e)^{0,47} \quad (5.10)$$

$$h_r = 1,5d_e Re_r^{0,26} (Pr_r)^{2/3} (\ell / d_e)^{0,47}; \quad (5.11)$$

Gazfazadahalqanasadkalaruchunnasadkaningto‘liqgeometrikyuzabirligiganisbatanolin ganmoddaberishkoeffitsenti quyidagichatopilishimumkin:

$$Nu = \beta r d_s / D_r \text{ va } Re_r = w_0 d_{ep} / \varepsilon \mu_r; \quad (5.12)$$

Butenlamadaaniqllovchigeometrikulchamsifatidanasadkaningekvivalentdiametri $d_e = 4 \varepsilon / \alpha$ qabulqilinadi; D_r -gazuchundiffuziyakoeffitsienti; $\rho_r \text{ va } \mu$ – gazningzichligivaqovushqoqligi ; Pr –Prandtl diffuzionmezoni.

Suyuqfazadaxalqanasadkalaruchunnasadkaningto‘liqgeometrikyuzabirligiganisbatano linganmoddaberishkoeffitsenti quyidagichatopilishimumkin:

$$Nu_c = 0,0021Re_c^{0,75}(Pr_c)^{0,5} \quad (5.13)$$

Butenglamada $Nu_c = \beta_c \delta_\kappa / D_c$; δ_κ -suyuqlikplenkasiningkeltirilgan qalinligi; D_c - suyuqfazauchundiffuziyakoeffitsienti;

$$\delta_\kappa = \frac{\mu_c}{\rho_c g}; \quad Re_c = \frac{4w_c \delta \rho_c}{\mu};$$

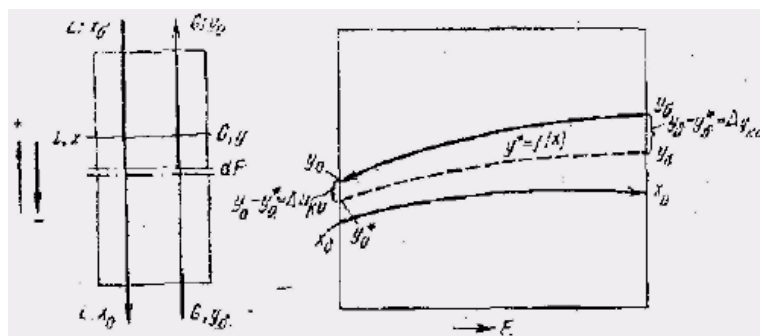
Mos ravishda $Nu_c = 119 \delta_\kappa Re_c^{0,25} (Pr_c)^{0,5}$

1. Модда алмашиниш жараёнларини ҳаракатга келтирувчи куч

Иссиқлик алмашиниш жараёнларида каби, модда алмашинишда ҳам фазалар йўналиши параллел, карама - карши, ўзаро кесишган ва мураккаб булиши мумкин.

Маълумки, фазалар ҳаракатининг узаро йўналиши ва уларнинг таъсир килиш усули масса алмашиниш жараёнининг ҳаракатга келтирувчи куч қийматини белгилайди. Фазалар, ажратувчи юза буйича ҳаракатланганда, уларнинг концентрацияси узгаради. Бу хол эса ўз навбатида ҳаракатга келтирувчи кучнинг ўзгаришига олиб кетади. Шунинг учун, масса ўтказишнинг асосий тенгламасида уртача ҳаракатга келтирувчи куч катталиги ишлатилади.

Масса ўтказиш жараёнининг уртача ҳаракатга келтирувчи кучи. Ушбу кучнинг ифодаланиши мувозанат чизиги тугри ёки эгри чизик шаклида эканлигига боғлиқ. Карама - карши йўналишли колоннада масса алмашилиш жараёнини куриб чиқамиз (5.10-расм).



5.10-расм. Масса ўтказиш жараёнининг уртача ҳаракатга келтирувчи кучини аниқлашга оид.

Жараён қуйидаги шартларга амал қилган ҳолатда юз бермокда:

- 1) мувозанат эгри чизиги $y^* = f(x)$;
- 2) фазалар сарфлари ўзгармас ($G = \text{const}$, $L = \text{const}$), яъни ишчи чизик тугри чизик функциясидир.
- 3) масса ўтказиш коэффициентини қурилманинг баландлиги бўйича ўзгармайди, яъни $K_x = \text{const}$, $K_y = \text{const}$.

Масса ўтказиш жараёнида dF элементар юзадан Φ_y фазанинг концентрацияси Φ_y га камаяди ва тарқалган масса dM нинг миқдори қуйидагича аниқланади:

$$dM = -Gdy$$

Тенглама ўнг томонидаги манфий ишора Φ_y фазадаги концентрациянинг камайишини ифодалайди.

Худди шу миқдордаги dM масса Φ_x фазага утиб, унинг концентрациясини dx қийматга оширади. Унда, элементар юза учун масса ўтказиш тенгламасини ушбу қурилишда ёзиш мумкин:

$$dM = -Gdy = K_y(y - y^*) \cdot dF \quad (5.48)$$

Ўзгарувчи y ва y^* қийматларни ажратиб (5.48) тенгламани интегралласак (концентрация бўйича y_0 дан y_{ax} гача, тукнашилиш юзаси бўйича O дан F гача), қуйидаги тенгламани оламиз:

$$\int_{y_0}^{y_{ax}} \frac{dy}{y - y^*} = \int_0^F \frac{K_y}{G} dF$$

Бундан

$$\int_{y_{ox}}^{y_{\delta}} \frac{dy}{y - y^*} = \frac{K_y}{G} F \quad (5.49)$$

Моддий баланс тенгласига биноан, бутун қурилма учун бир фазадан иккинчисига ўтган модда массаси қуйидаги тенгламадан аниқланади:

$$M = G \cdot (y_{\delta} - y_{ox})$$

Охирги ифодадаги G нинг қийматини (5.49) тенгламашуа қўйсак, ушбу кўринишга эришамиз:

$$\int_{y_{ox}}^{y_{\delta}} \frac{dy}{y - y^*} = \frac{K_y \cdot F}{M} (y_{\delta} - y_{ox})$$

ундан:

$$M = K_y F \frac{y_{\delta} - y_{ox}}{\int_{y_{ox}}^{y_{\delta}} \frac{dy}{y - y^*}} \quad (5.50)$$

(5.50) тенгламани (5.4) билан таккослаб, (5.50) тенгламанинг охирги купайтмаси масса алмашилиш жараёнининг ўртача ҳаракатга келтирувчи кучини ифода этишини биламиз:

$$\Delta y_{\text{ур}} = \frac{y_{\delta} - y_{ox}}{\int_{y_{ox}}^{y_{\delta}} \frac{dy}{y - y^*}} \quad (5.50a)$$

Худди шундай Φ_x фазадаги $\Delta x_{\text{ур}}$ ни қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$\Delta x_{\text{ур}} = \frac{x_{ox} - x_{\delta}}{\int_{x_{\delta}}^{x_{ox}} \frac{dx}{x^* - x}} \quad (5.50b)$$

Мувозанат чизиги тугри чизик. ($y^* = mx$) функцияси бўлган ҳолда ўртача логарифмик ёки арифметик катталиқ сифатида аниқлаш мумкин.

Шундай қилиб, Φ_y фазаси учун масса ўтказишнинг ўртача ҳаракатга келтирувчи кучи ушбу тенглама билан ифодаланади:

$$\Delta y_{\text{ур}} = \frac{(y_{\delta} - y_{\delta}^*) - (y_{ox} - y_{ox}^*)}{\ln \frac{y_{\delta} - y_{\delta}^*}{y_{ox} - y_{ox}^*}} = \frac{\Delta y_{\text{кв}} - \Delta y_{\text{ку}}}{2,3 \lg \frac{\Delta y_{\text{кв}}}{\Delta y_{\text{ку}}}} \quad (5.51)$$

Φ_x фазаси учун масса ўтказишнинг ўртача логарифмик ҳаракатга келтирувчи кучини эса қуйидаги тенглама орқали топиш мумкин:

$$\Delta x_{yp} = \frac{(x_{ox}^* - x_{ox}) - (x_{\delta}^* - x_{\delta})}{\ln \frac{x_{ox}^* - x_{ox}}{x_{\delta}^* - x_{\delta}}} = \frac{\Delta x_{ka} - \Delta x_{ku}}{2,31g \frac{\Delta x_{ka}}{\Delta x_{ku}}} \quad (5.52)$$

Агар $\Delta y_{ka} / \Delta y_{ku} < 2$ бўлган шароитда, техник ҳисоблашлар учун етарли аниқликда, масса ўтказишнинг уртача **ҳаракатга** келтирувчи кучи, уртача арифметик қиймат сифатида топилади:

$$\Delta y_{yp} = \frac{\Delta y_{ka} + \Delta y_{ku}}{2}$$

(5.53) Худди шундай, Φ_x фазаси учун:

$$\Delta x_{yp} = \frac{\Delta x_{ka} + \Delta x_{ku}}{2} \quad (5.54)$$

2. Ўтказиш бирлигининг сони.

(5.50а) ва (5.50б) тенгламалари махражидаги интефаол **ўтказиш бирлигининг сони** деб номланади ва у n_{oy} , n_{ox} билан белгиланади:

$$n_{oy} = \int_{y_{ox}}^{y_{\delta}} \frac{dy}{y - y^*} \quad (5.55)$$

$$n_{ox} = \int_{x_{\delta}}^{x_{ox}} \frac{dx}{x^* - x}$$

(5.55) тенгламадан куришиб турибдики, ўтказиш бирлигининг сони ва уртача **ҳаракатга** келтирувчи куч уртасида маълум бокликлик бор:

$$n_{oy} = \frac{y_{\delta} - y_{ox}}{\Delta y_{yp}} \quad (5.56)$$

$$n_{ox} = \frac{x_{ox} - x_{\delta}}{\Delta x_{yp}}$$

Шундай килиб, ўтказиш бирлиги сони жараённинг уртача ҳаракатга келтирувчи кучига тескари пропорционалдир.

Sinovsavollari:

1. Moddao'tkazishning asosiy tenglamalari.
2. Modda berish tenglamasi.
3. Modda berish koeffitsienti.
4. Modda o'tkazish jarayonlarini ifodalovchi kriteriyalar
5. Modda o'tkazish jarayonlarning asosiy tenglamasi va koeffitsienti.

5-ma`ruza.
mavzu: QURITISH JARAYONI (4 soat)

Reja: 7.1. Quritish jarayoni turlari. Qo'llanilishi.

7.2. Nam havoning asosiy parametrlari.

7.3. Ramzinning I-X diagrammasi.

8.1. Jarayonning moddiy balansi. Xavo sarfi.

8.2. Jarayonning issiqlik balansi. A – va uning ma'nosi.

Tayanchiboralar: quritish, nam, material, moddaberish, chegaraviysirt, tegishiyuzasi, sirtiabsorber, gaz, suyuqlik, sug'oriladiganabsorber, plenkaliabsorber, masadkatruba, sovituvchimuxit, kolonna, tayanchpanjara, devoryokieffekti, gidrodinamika, rejim, plenkalirejim, gazoqimi, gazningtezlighi, emulsiyalashrejimi, gidravlikqarshilik, xorda, xalqa, taqsimlashqurilmalari, nisbiy, vaqt.

7.1. Quritishjarayoniturlari. Qo'llanilishi.

Qattiqnammateriallarissiqlikberibulartarkibidaginamnibug'ko'rinishidachiqaribyuborishquritishjarayoniningmohiyatiniissiqlikniuzatishvabug'langannamnichiqaribolishusullariga,hamdanamningmaterialichkiqatlamlaridanuninngsirtigaharakattezligigabog'liq.

Quritilayotganmaterialgaissiqlikniuzatishusuligaqarabqurutishquyidagiturlargabo'linadi.

1) konventikquritish – havo, yonishdanhosilbo'lgangazlarvaboshqaqurituvchiagentlarningquritilayotganmaterialbilanbevositakontaktlashuvidaissiqlikuzatiladi;

2) kontaktli (konduktiv) quritish - issiqlikqurituvchiagentdanmateriallargaqattiqdevororqaliuzatiladi;

3) radiatsionquritish - infraqizilnurlarbilanissiqlikuzatish;

4) dielektrik quritish–materialni yuqori chastotali tok maydonida isitish;

5) sublimatsion quritish–muzlatilgan materialni chuqur vakumda quritish.

Quritishning keyingi uchta turi kimyo sanoatida deyarli qo'llanilmaydi va ular quritishning maxsus turlari deyiladi.

7.2. Namxavoningasosiyparametrlari

Quruk havoning suv bug‘i bilan aralashmasi **nam havo** deb nomlanadi. Nam xavo absolyut va nisbiy namlik, nam saklash, entalpiya, kuruk na havotermometr temperaturallari, parsial bosim kabi parametrlar bilan xarakterlanadi.

Absolyut namlik deb 1 m^3 nam xavo xajmidagi suv bug‘i (kg) mikdoriga aytiladi.

Agar parsial bosim p_6 da suv bush buto‘n xajmi, masalan 1 m^3 ni, egallasa, unda, absolyut namlik suv buti zichligi ρ_6 ga teng.

Nisbiy namlik deb xavo absolyut namligining, to‘yinish paytidagi absolyut namlik nisbatiga aytiladi:

$$\varphi = \frac{\rho_6}{\rho_m} (1)$$

bu erda ρ_m - tuyingan suv bug‘ining zichligi, kg/m^3 ; ρ_6 - suv bug‘aning zichligi, kg/m^3 .

Gaz tarkibidagi bug‘lar parsial bosimi, uning mikdoriga proporsional bo‘lgani uchun, nisbiy namlik bir xil temperatura va bosimda uavodagi suv bug‘i parsial bosimi p_6 ning to‘yintn suv bug‘lari bosimi p_r ga nisbati sifatida ifodalanishi mumkin:

$$\varphi = \frac{p_6}{p_r} \text{ yoki } p_6 = \varphi \cdot p_r (2)$$

Nam saklash deb 1 kg absolyut kuruqhavoga to‘g‘ri keladigan suv bug‘lari (1 kg) mikdoriga aytiladi.

Nam havoning solishtirma nam saqlashi $JC(\text{kg/kg})$ yoki (i/kg) bilan belgilanadi. Havoning nam saqlashi ushbu nisbat orqali aniklanadi:

$$x = \frac{m_6}{m_{akx}} = \frac{\rho_6}{\rho_{akx}} (3)$$

bu erda m_6 va m_{akx} - suv bug‘i va absolyut havohavo massalari, kg .

7.3. Ramzinning I-X diagrammasi.

Isitish,

sovitishvaquritishjarayonlaridaxavoningasosiyoossalariuzgarishitasvirlanganvatexnikxisobl ashlaruchunetarlianiklikdaL.QRamzinningentalpiyadiagrammasiyordamidaaniklanishimum kin.

I - xdiagramma o‘zgarmas bosim $p = 745 \text{ mm.sim.ust.}$ (99 kPa) uchun kurilgan (7.1-rasm). Diagramma entalpiya (ordinata o‘qi) - nam saklash (abssissa o‘qi) koordinatalarida qurilgan.

Koordinata o‘qlari 135° burchak ostida joylashtirilgan. Diagrammadan foydalanish qulay bo‘lishi uchun nam saqlash qiymatlari ordinata o‘qiga perpendikulyar, ya’ni qo‘shimcha gorizantal o‘qqa proeksiyalangan.

Diagrammaga quyidagi chiziqlar o'tkazilgan: ordinata o'qiga parallel ($x = \text{const}$), o'zgarmas namsaklash vertikal chiziqlar; kushimcha abssissaukiga 135° burchakda o'tkazilgan o'zgarmas entalpiya ($I = \text{const}$) chiziqlari; o'zgarmas temperatura (izoterma) chiziqlari; o'zgarmas nisbiy namlik ($\varphi = \text{const}$) chiziqlari; nam havodagi suv bug'ining parsial bosim P_6 chiziqlari.

O'zgarmas temperatura chiziqlari (2) tenglama yordamida kuriladi. Buning uchun x_1 va x_2 parametrlarning istalgan qiymatlari kabul kilinib, ularga tegishi I_1 va I_2 qiymatlari xisoblanadi.

Undan keyin, diagrammada koordinatlari I_1 , h va I_2 , x_2 bo'lgan nuqtalar aniklanadi. Topilgan nuqtalar turi chiziq bilan birlashtiriladi va u izoterma deb nomlanadi.

O'zgarmas nisbiy namlik chiziklaritenglama yordamida kuriladi. $\varphi = \text{const}$ chiziklar koordinatalari $t = -273^\circ\text{C}$ va $d = 0$ bo'lgan nuqtadan tarkiduluvchiegrichiziklardastasinixosilqiladi.

Xavoningsuv bug'ibilantuyinish, chizigi, ya'ni $\varphi = 100\%$, diagrammanituyinmagannamxavovachizikostidajoylashgan, suvburibilanfratuyinganxavozonalarigaajratadi.

Suv bug'ining parsial bosim chiziqlari (2) tenglamani inobatga olgan xolda (7) tenglamadan aniklanadi:

$$P_6 = \frac{P_s}{0,622 + x}$$

Suv bug'ining **parsial bosimi 1** - x diagrammaning pastki qismida joylashgan. Diagramma yordamida nam havoning istalgan ikki parametri ma'lum bulsa, qolgan parametrlarini topish mumkin.

1-x diafamma yordamida, nam havoning istalgan ikki parametri orkali solgan parametrlarini topish mumkin. Masalan: xavo temperaturasi $t = 55^\circ\text{C}$ va nisbiy namligi $\varphi = 70\%$ bo'lgan parametrlar uchun nuqta A ni aniqlaymiz (7.1-rasm). Bu nuqta uchun nam saklash parametri $x = 0,0608 \text{ kg namlik/kg kuruk xavo}$ va entalpiyasi $I = 207,25 \text{ kJ/kg kuruk xavo}$.

SHudringnuqtasi. Xavoniguzgarmas namsaklash parametridasovishi, uningsuv bug'laribilanbutunlaytuyinishinatisida, xavoyokigaztarkibidagisuv bug'pariningkondensatsiyalanishiruyberadi. Ushbutemperaturashudringnuqtasidebnomlganadi.

7.1-

rasmda Anuqtagamos boshlangich parametr λ avo uchun shudring nuqta V nigrafikusudda aniqla shtasvirlangan. SHudring nuqtasi $\varphi = 100\%$ va nam saklash x_1 larning kesilish nuqtasi V orqali o'tgan izoterma p sifatida aniklanadi.

8.1. Jarayonning moddiy balansi. Xavo sarfi

Namlikning material ichida siljishi.

Materialning tashfiy uzasidannamlikning bug'lanish natijasida material ichidanamlik gradienti paydobo'ladi,

bugradientta'siridamaterialning ichki qatlamlaridanuning yuzasiga qarabnamlikning bunday xarakati *ichki diffuziya* deb ataladi. Kuritishning birinchidavrida

(kuritishtezligi o'zgarmas bo'lganda) material ichida namlikning o'zgarishi kattabo'ladi, bundakuritishtezligiga asosan material yuzasidannamlikning bug'lanishtezligi

(ya'ni tashki diffuziya) ta'sir qiladi. Birok,

material yuzasidagina namlik kamayib borib gigroskopik namlikka etgandava undan keyin xamka mayishidavometsa,

ya'ni kuritishning ikkinchidavrida jarayonning tezliligiga asosan ichki diffuziya ta'sir qiladi.

Kuritishning ikkinchidavrida jarayonning tezligi doim kamayib boradi. Kuritishning birinchida vrida material ichida namlik (kapillyarlardagina namlik va osmotik birikkanamlik)

suyuklik holatida tarqaladi. Ikkinchidavrning boshlanishi,

ya'ni kuritishtezligining birme'yordakamayishidamaterial yuzasining ayrim joylarida har xil shakldagichuqur zonalar paydobo'ladi va materialning ichida bug'lanish yuz beradi.

Bundakapillyarlardagina namlik va adsorbsion birikkanamlikning bir qismi materialning ichida bug'holida siljiydi.

Keyinchalik materialning yuzakatlamito'laqurib bo'lgandanso'ng,

bug'lanishning tashqi yuzasiborgansari materialning geometrikyuzasidankamayib ketadi.

Bunday sharoitdannaamlikning ichki diffuziya yordamida siljishining ahamiyati ortadi. Ikkinchidavrning kuritishtezligi turlicha kamayadigan boskichida material bilan mustaxkam boglangan adsorbsion namlik kattik faza ichida fakat bug'xolida tarqaladi. Namlikning qattiq material ichida tarkalish xodisasi *namlik o'tkazuvchanlik* deb ataladi. Namlik o'tkazuvchanlikning tezligi yoki namlik okimining zichligi namlik konsentratsiyasiga gradientiga proporsionaldir:

$$m = - D M$$

bu erda DM — namlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti.

Bu ifodaning o'ng tomonida giminusishorannaamlikning konsentratsiyasi kattabo'lgan katlamdankonsentratsiyasi kichik bo'lgan qatlamgakarabsiljishiniko'rsatadi.

Namlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti DM ning $\{i1/s\}$

fizik manosi namlikning materialdagi ichki diffuziya koeffitsientini ifodalaydigan issiqlik utkazis hjarayonlaridagi temperaturao'tkazuvchanlik koeffitsientiga o'xshaydi.

Namlik o'tkazuvchanlik koeffitsientining kiymatinamlikning material bilan birikish turiga, kuritishtemperaturasiga, materialning namligiga bog'liq bo'lib, faqat tajribayo'libilana aniklanadi.

Kuritishning ayrim turlarida (masalan, kontakt, radiatsiyaliyoki dielektrikusullar ishlatilganda)

material qatlamidanamlik gradientidan tashqari temperaturagradienti xampaydobo'ladi.

Temperatura gradienti ta'sirida material ichida issiklik okimiga parallel bo'lgan namlik oqimi xosil bo'ladi.

Bu hodisa issiklik ta'sirida namlik o'tkazuvchanlik deb ataladi.

Ushbu hodisaning tezligi issiklik ta'sirida namlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti orkali belgilanadi. Namlik va temperaturagradientlari ta'sirida materialning ichidan o'tayotgannamlik oqimlari bir-biriga qarama-qarshi yo'nalgan bo'ladi. Konvektivkuritishjarayoniga issiqlik ta'siridanamlik o'tkazuvchanlik xodisasining xamiyatisezilarliemas.

Kuritishning tezligi va davrlari.

Kuritish apparatlarini xisoblash va loyihalash uchun kuritishtezligini bilish zarur. Kuritish tezligi i cheksiz kiska vaqt dt davomida material namligining kamayishi ys orkali aniklanadi: Kuritish tezligi tajriba yo'li bilan laboratoriya kurilma-larda topiladi (1-rasm). Bu kurilma ventilyator, elektrisitkich, kuritish kamerasi va tarozidan iborat. Elektrisitkichda kizdirilgan xavo ventilyator yordamida kuritish kamerasiga beriladi. Kameraning eshikchasi orkali nam material tarozining bir pallasiga joylashtiriladi. Kuritish jarayonida davomida materialning massasi (yoki namligi) kamayib boradi.

Olingan tajriba natijalari asosida kuritish egri chizigi 1-rasm. chiziladi. Quritkichdan kuruk va ho'l termometrlar yordamida havoning nisbiy namligi aniklanadi. Material namligi soning vaqtda davomida vahavoparametrlari o'zgarmas bo'lganda ($f = \text{const}$, $f = \text{sopv1}$; $\alpha = \text{const}$) olingan grafik boglikligi $q_{\text{uritish}} = f(\alpha, \beta)$ deb yuritiladi (18.7-rasm).

8.2. Jarayonning moddiy va issiqlik balansi. Δ – va uning fizik ma'nosi

Kuritish jarayonining boshlanishidan amlikajralib chiqish bilan birga material qiziydi.

Budavrqisqavaqtni tashkilotadi, kuritish jarayoni egri chizik, bo'yicha o'zgaradi. Materialning qizishitamo'mbo'lganidan so'ng kuritish jarayoni o'gri chizik bo'yicha ketadi. Budavrdakuritish jarayoni o'zgarmas tezlikka ega bo'ladi. Budavr K_i nuqtada tamomo'mbo'ladi, buni qtaga materialning kritik namligi WK_p

to'gri keladi. Birinchi davrda erkin namlikajralib chikadi. K_i
nuktadan so'ng kuritishning ikkinchi davri boshlanadi, budavrdamaterial tarkibidan birikkan amlikajralib chiqadi. II davrda kuritishtezligi doim kamayib boradi, materialning namligi esamuvozanat namlikka yakinlashadi. Quritish jarayonini muvozanat namlikka qadar davom ettirish mumkin.

Quritish egri chizigining istalgan nuktasiga o'tkazilgan urinma ogish burchagining tangensi kuritish tezligini (da/dx) tashkil kiladi (18.8-rasm). Gorizont o'kqa material namligining qiymati (% hisobida), vertikal o'kqa esa kuritishtezligining kiymati (masalan, % min) qo'yiladi.

I

davrdakuritishtezligigorizont o'gri chizik bo'ladi, chunki budavrdakuritishtezligio'zgarmas kiymatga ega.

II davrda quritishtezligining chizigi materialning turigava namlikning material bilan birikishturigako'raxarxilko'rinishga ega bo'ladi. Budavrdakuritishtezligidoim kamayib boradi.

Hamma egri chiziklar muvozanat namlikkato'gri kelgan nuktaga kelgandaturigaydi. Quritishtezligiegrichiziklarining ayrimlarida ikkinchi kritik nukta ($/S_g$) mavjud bo'ladi. Bu kritik nukta materialning shunday namligiga to'gri keladiki, bunda materialdan namlikning

siljish xarakterio‘zgaradi. Ko‘pincha bu nukta (K_2) adsorbsion namlik ajralib chikishining boshlanishiga to‘g‘ri keladi.

Quritish va kuritish tezligi egri chiziklaridan shu narsako‘rinib turibdiki, kuritish jarayoni ikki davrga bo‘linar ekan. Tadqiqotlarnatijasidashunarsama’lumbo‘ldiki, birinchidavrdakuritishtezligio‘zgarmasbo‘lsa, ikkinchidavrdaesakuritishtezligidoimkamayibboradi.

Birinchi davrda kuritish tezligi asosan tashki diffuziyagaboglik bo‘ladi. Bu davrda kurituvchi agentning tezligi va uningparametrlari (nisbiy namlik, temperatura) xisoblash ishlaridakatta ahamiyatga ega. Materialning ichida namlikning diffuziyalanish tezligi katta kiyamatga ega bo‘ladi, biroq bu xolatnamlikning material yuzasidan berilish tezligini belgilamaydi.

Ikkinchi davrda ancha murakkab jarayon sodir bo‘ladi. Budavrda boglangan namlik ajrala boshlaydi. Quritish tezligiasosan material ichidagi namlikning tarkalish tezligiga boglik. SHu sababli ikkinchi davrda kuritish tezligiga material tarkibibilan boglik bo‘lgan parametrlar (kuritilayotgan materialningshakli va o‘lchamlari, materialning namligi, materialningnamlik o‘tkazuvchanligi) ta’sir ko‘rsatadi. Quritish tezligigaxavo okimining tezligi va uning parametrlari xam bir oz ta’sirkilishi mumkin.

Sinovsavollari

1. Quritishdebnimagaaytiladi?
2. Bug‘latishdebnimagaaytiladi?
3. Quritishningturlariniayting.
4. Nam xavoning asosiy parametrlarikaysilar?
5. Nam saqlash va nisbiy namliklar orasidagi bog‘liqlikniayting.
6. Zichlikdebnimagaaytiladi?
7. SHudringnuqtasinima?
8. Kuritish jarayoni statikasidegandanimanitushunasiz?
9. Material bilan namlikning bog‘lanish usullariniayting.

6- ma`ruza.

mavzu:Quritish jarayonini I-X diagrammada tasvirlash.

Reja: 9.1. Ideal va real quritish jarayonlari va ularni I-X diagrammada tasvirlash.

9.2 Grafo-analitik hisoblash. Issiqlik va havo sarflari.

Tayanchiboralar: quritish, nam, material, moddaberish, chegaraviysirt, tegishiyuzasi, sirtiyabsorber, gaz, suyuqlik, sug‘oriladiganabsorber, plenkaliabsorber, masadkatruba, sovituvchimuxit, kolonna, tayanchpanjara, devoryokieffekti, gidrodinamika, rejim, plenkalirejim, gazoqimi, gazningtezligi, emulsiyalashrejimi, gidravlikqarshilik, xorda, xalqa, taqsimlashqurilmalari, nisbiy, vaqt.

9.1. Ideal va real quritish jarayonlari va ularni I-X diagrammada tasvirlash.

Isitish, sovitsish va quritish jarayonlarida havoning asosiy xossalari o'zgarishita virlangan va texnik hisoblashlar uchun etarlicha aniqlikda J1.K.

SHudring nuqtasi. Havoning o'zgarmas nam saqlash parametrida so'vish, uning suv bug'lari bilan butunlay to'yinishi natijasida, havo yoki gaz tarkibidagi suv bug'larining kondensatsiyalanishi ro'y beradi. Ushbu temperaturashudring nuqqasi deb nomlanadi.

Ho'l termometr temperaturasi. Havoning nam material bilan izotermik o'zaro ta'siri natijasida havo soviydi. Bunda, havo materialga o'z is-siqligini beradi va nam materialdan havoga o'tayotgan suv bug'larining entalpiyasi hisobiga o'z entalpiyasini orttiradi. Bunday sharoitda temperaturapasayadi, entalpiya esa o'zgarmas bo'ladi. Ushbu izoentropiya jarayoni qavoningsuv bug'lari bilan to'liq to'yingunga qadar boradi, ya'ni $f = 100\%$ ga erishadigan temperaturagacha. $I-x$ diagrammada A nuqqadan $f=100\%$ chizig'ida V nuqqabilan kesishguncha $f = \text{const}$ chizig'i o'tkaziladi (5.93v-rasm). Nuqqa V orqali o'tadigan, izoentalpiya sharoitida havoning so'vish chegarasiga to'g'ri keladigan izoterma $t = f(f)$ — ho'l termometrning temperaturasi deb nomlanadi.

Kuritish potentsiali. Havo temperaturasi g_v va ho'l termometr temperaturasi farqi kuritish potentsiali e deb ataladi. Ushbu ko'rsatkich havoning materialdan namlikni yutish qobiliyatini xarakterlaydi. Kuritish potentsiali qanchalik katga bo'lsa, materialdan namlikning bug'lanish tezligi shunchalik yuqori bo'ladi. Agar, $t_{\text{sat}} = t_{\text{yjr}}$ bo'lsa, kuritish potentsiali $s = 0$.

Quritish jarayoni statikasi

Har bir qattiq nam material atrof muhitdan namlikni yutish yoki uni atrof muhitga berish qobiliyatiga ega. Nam materialni o'rab turgan muhit tarkibi faqat suv bug'i yoki suv bugi - gaz aralashmasidan iborat bo'lishi mumkin.

Havo bilan aralash mahsul qilgan suv bug'ining parsial bosimini p_g deb belgilaymiz. Material tarkibidagi namlikka tegigili suv bug'ining bosimi deb nomlanadi. Material bilan nam havo o'zaro ta'siri paytida sistema 3 holatda bo'lishi mumkin:

1. Quritilayotgan nam materialdagi suv bug'ining bosimi $r = 0$, materialni o'rab turgan havo yoki gazdagi parsial bosimdan katta, ya'ni $r = 0 > p_g$. Bunday holda materialdan namlik atrof muhitga desorbsiya qiladi, ya'ni kuritish jarayoni sodir bo'ladi. Quritilayotgan materialdagi suv bugining bosimi $r = 0$ material namligi, temperatura va namlikning materialga bog'lanish usuliga bog'liq;
2. Atrof muhitdagi bug'ning parsial bosimi, uning nam materialdagi bosimidan katta, ya'ni $r = b > r_0$. Bu holda, material va namlik orasida sorbsiya jarayoni yuz beradi, ya'ni material namlanishi ro'y beradi;
3. Nam material va atrof muhitdagi suv bug'larining bosimi bir-biriga teng, ya'ni $r = 0 = p_g$. Bunday holda sistema dinamik muvozanatda bo'ladi. Dinamik muvozanat boshlanishiga to'g'ri keladigan material namligi muvozanat namligi deb nomlanadi. Muvozanat namlik suv bugining parsial bosimi p_g yoki unga proporsional bo'lgan havoning nisbiy namligi $q > g$ bog'likdir. Muvozanat namligining $t = \text{const}$ da r ga bog'liqligi sorbsiya izotermasi deb ataladi va ko'pincha tajribaviy yo'l bilan topiladi.

Quritish jarayonida material sirtidagi bug' bosimi kamayib boradi va muvozanat

namligiga intiladi. Namlash jarayonida esa aksincha bo'ladi, ya'ni material sirtidagi bug bosimi ortib borib, muvozanat namligiga intiladi. Material namligi erkin va bog'langan holda bo'lishi mumkin.

Erkin namlik deb materialdan bug'lanayotgan namlikning bug'lanish tezligi suvning erkin yuzadan ($r_0 = R_t$) bug'lanish tezligiga teng bo'lgan namlik ta'kidlanadi. Ma'lumki, materialdagi bog'langan namlikning bug'lanish tezligi erkin yuzadan suvning bug'lanishi tezligidan har doim kichik bo'ladi. Bunda, $R_0 < R_t$ bu erda r_t - suv bug'ining to'yinish bosimi.

Material tarkibidagi namlikni xarakterlash uchun material namligi va nam saqlash x (kg namlik/kg quruq havo) degan tushunchalar qo'llaniladi.

Material namligi materialning umumiy miqdori yoki uning tarkibidagi absolyut quruq modda miqdoriga nisbatan hisoblanishi mumkin.

9.2 Grafo-analitik hisoblash. Issiqlik va havo sarflari

Material bilan namlikning bog'lanish usullari.

Material bilan namlikning bog'lanishi klassifikatsiyasi akad. Rebinder P.A. tomonidan ishlab chiqilgan bo'lib, unga bog'lanish energiyasi asosqilib olingan. Ushbu bog'lanish kuyidagi shakllarda bo'lishi mumkin:

namlikning kimyoviy bog'lanishi, kimyoviy reaksiya natijasida hosil bo'ladi; namlikning fizik-kimyoviy bog'lanishi, yarim o'tkazuvchan qobiqcha orqali gaz molekulalarining adsorbsiyasi natijasida hosil bo'ladi; namlikni fizik-mexanik bog'lanish, mikrokapillyar ($K 10^{-7}$), makrokapillyarlar ($r > 10^{-7}$) tomonidan bug'larni yutishda, hamda gel hosil bo'ladi; Sirti namlik eng oson, kimyoviy bog'langan namlik esa, eng qiyin yo'qotiladi.

Kimyoviy bog'langan namlik gidrooksid suvi ko'rinishida bo'lib, gidratatsiya reaksiyasi natijasida gidrooksid va kristallogidrat tipidagi birikmalarni tarkibiga kirib oladi. Ushbu namlikni qizdirish yo'li bilan yo'qotish mumkin.

Fizik-kimyoviy bog'lanish shakllari turli-tuman bo'ladi:

Adsorbsion bog'langan namlik. Ushbu namlik atrof muhit va kolloid zarrachani ajratib turuvchi chegara yuzasida ushlanib turadi. Kolloid zarrachalarkatta yuza va yuqori adsorbsion qobiliyat tuzilishga ega. Adsorbsion namlik molekulyar kuchli maydon yordamida tortilib turadi. Adsorbsion namlik yo'qotilishi davrida issiklik ajrab chiqadi va u gidratatsiya issikligi deb nomlanadi.

Osmotik bog'langan namlik yoki bo'rtish namligi material skeleti ichida bo'ladi va osmotik kuchlar yordamida ushlanib turiladi.

Kapillyar - bog'langan namlik mikro- va makrokapillyarlar ichida bo'ladi.

Ushbu namlik material bilan mexanik bog'lanishda bo'ladi va nisbatan oson bartaraf etiladi.

Namlikning material bilan bog'lanishi qanchalik mustahkam bo'lsa, material yuzasidagi bug bosimi shunchalik kam bo'ladi. Eng mustahkam bog'lanishg'ifoskopik moddalarda bo'ladi.

Yuqorida qayd etilgandek, kuritish jarayoni murakkab issiqlik va massa almashinish jarayondir. Materialdagi namlik uning ichidan fazalarni ajratib turuvchi yuzaga massa utkazuvchanlik, ajratib turuvchi yuzadan gaz oqimiyadrosiga esa - konvektiv diffuziya hisobiga o'tkaziladi.

Material tarkibidagi namlikning diffuziyasi na faqat nam saqlashfadianti, balki temperatura fadianti ham ta'siri ostida ro'y beradi. Materialdagi diffuziyani analitik usulda ifodalash juda qiyin ma-sala. Ma'lumki, kuritish jarayoni tezligi material bilan namlikningbog'lanish shakli va unda namlikning diffuziya mexanizmiga bog'liq. Kuritishjarayoni kinetikasi materialning nam saqlashi yoki o'rtacha namliginingma'lum vaqgdan keyin o'zgarishi bilan xarakterlanadi. Odatda, kuritish tezligini tajribaviy usulda topish uchun quritish egrichizig'i quriladi, so'ng u differensiallanib kuritish tezligining egrichizig'i hosil qilinadi.

Qattiq material ichidantashqi yuzasiga namlikningtarqalishi massa utkazuvchanlikusulida boradi. Fazalarni ajratibturuvchi yuzadan gaz oqimi yadrosiga namlikning tarqalishi esa, konvektivdiffuziya usulida o'tadi. Ma'lumki, kapillyar g'ovakli materiallarda moddaning tarqalishikonsentratsiya va temperatura fadientlari ostida bo'lishi mumkin. Temperaturafadianti ta'sirida qattiq materialda ro'y beradigan namlikning

Sinov savollari

1. Quritish apparatlarining turlarini ayting.
2. Nam saqlash nima?
3. Nisbiy namlik nima?
4. Quritishdagi fizik-kimyoviy bog'lanish shakllarini ayting.

7-ma`ruza

mavzu.: Quritish jarayonining kinetikasi

Reja: 10.1. Quritish kinetikasi. Quritish tezligi.

10.2. Quritish egri chizig'i. Quritish tezligining egri chizig'i.

11.1. Quritish tezligining analitik va grafik usulda hisoblash.

11.2. Quritgichlar klassifikatsiyasi.

Tayanchiboralar:

Nam, issiqlik, konventiv, kontaktli, radiatsion, dielektrik, sublimatsion, kamerali, vagonetka, kalorifer, tunelli, qurituvchiagent, tasmali, konveyer, baraban, quzg'alish, valso – tasmali, pasta, pichoq, ilmoqli, gazlama, pastasimon, lenta, shneklitransporter, barabanli, bandaj, rolik, parrak, nasadka, siklon, ventilyator, silindr, boshmok, tayanya – tiralishstansiyasi.

10.1. Quritishkinetikasi. Quritishtezligi

Kimyosanoatidaquritiladiganmateriallarningnomenklaturasijudakattabo'lganligiuch un (200 mingdanortiqmaterialquritiladi) quritilgichlarniturlargaaniqbo'lishishqiyin. SHuninguchunquritilgichlarhamjarayoniningo'zikabiquyidagiturlargabo'linadi.

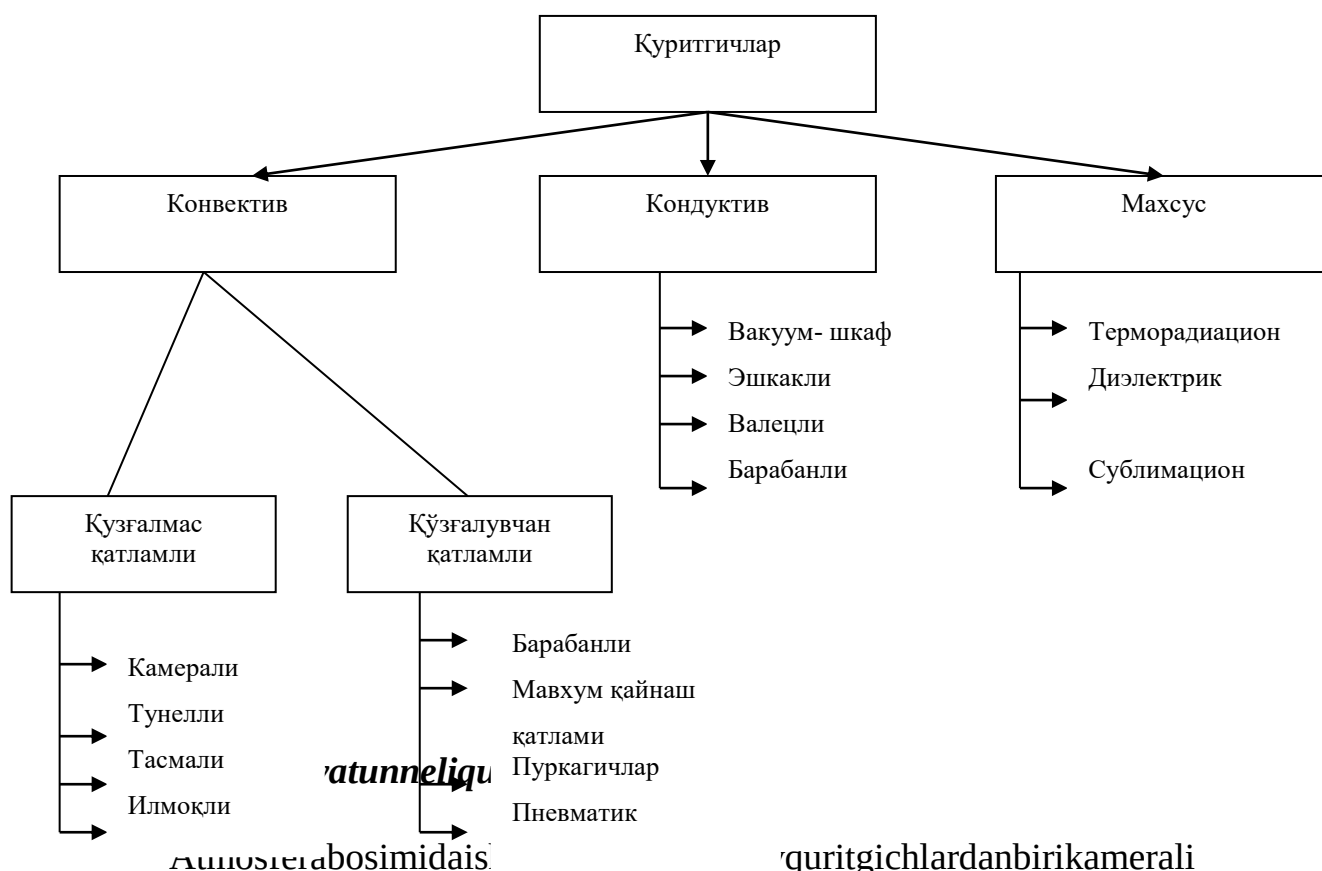
- 1) konvektiv;
- 2) konduktiv (kontaktli);
- 3) maxsus(termoradiatsion, yuqori chastotali, sublimatsion).

Bularning ichida eng ko'p tarqalgani (qo'llaniyotgan barcha quritgichlarning 80% atrofida) atmosfera bosimida ishlaydigan konvektiv quritgichlardir. Kimyo sanoatida konvektiv quritgichlarning asosan quyidagi turlari qo'llaniladi; barabanli quritgichlar 40% atrofida (barcha konvektiv quritgichlarning); mavhum qaynash qatlamli quritgichlar 25% atrofida; purkagichli quritgichlar 10% atrofida.

Konvektiv quritgichlar quritilayotgan material bilan issiqlik tashuvchi o'zaro kontaktlashishi mumkin bo'lgan hollarda qo'llaniladi. Bunday quritgislarning barabanli, valetsli turlari hamda polkali vakuum-quritish shkaflari keng tarqalgan.

10.2. Quritgichlarklassifikatsiyasi

Quritgichlarning turlariga bo'linishi quyidagisimdako'rsatilgan.



(polkali) quritgichlar. Davriy ishlashda quritgichlarning klassifikatsiyasi quyidagisimdako'rsatilgan.

Kamerali quritgichda quritish temperaturasi kattaroq bo'lganligi sababli quritish rejimi yanada tezroq bo'lganligi sababli quritgichdir.

Bu quritgichlarda material quritish kamerasi ichida joylashtirilgan tokchalar va yonitgichlar bilan quritiladi. Vagonetkalar orasida quritgichlar bilan uchabo'linadi.

Tashqi kaloriferda ishgiantoz havo ventilyator bilan so'rib olinadi va quritish kamerasining ostki qismiga beriladi. O'z harakatidagi havo o'z o'rniga quritgichga quritish kamerasi bilan kontaktlashadi va quritgichga quritiladi. Namni o'ziga olib kameradan chiqayotgan havoning bir qismi shiber yordamida quritishga kirayotgan toza havoga qo'shiladi, qolgan qismi esa quritgichdan chiqib ketadi.

Tokchalardagi nam material qatlami qalin va ko'zg'almas bo'lganligi uchun bunday quritgichlarning unimdorligi kichik va ularda quritishning davomiyligi katta. Bundan tashqari kamerali quritgichlarga texnik xizmat ko'rsatish ko'p qo'l mehnatini talab qiladi.

Tunnelliquritgichlarda quritish kamerasi ichidan nam material yuklangan vagonetkalar, telejkalari yoki konveyrlar harakat qiladi. Tunnelning uzunligi 25 - 60 m, balandligi 2 - 2,5 m bo'ladi.

Quritish jarayonida vagonetkalar kiradigan va chiqadigan eshiklarni mahkamyopib qo'yiladi. Jarayon tugagandan keyin qurigan material bir tomondan chiqarib olinadi, ikkinchi tomondan esa nam material yuklangan vagonetka kiritiladi. Qurituvchi agent (havo, yonishdan hosil bo'lgan gazlar, o'ta qizigan bug') tunel o'qiga perpendikulyar yoki ba'zida parallel harakat qilib aylanadi. Havo quritgichga kirayotganda va kamera ichida bir necha bor isitiladi. Ishlatib bo'lingan havo tashqariga chiqarib yuboriladi. Kameraning qiya polidan vagonetkalarining o'zi harakatlanadi yoki maxsus itargich (masalan lebedka) yordamida harakatlantiriladi.

Tunnelli quritgichlar uchun ham kamerali quritgichlarning kamchiliklari bor.

Uzluksiz ishlovchitasmali quritgichlarni to'rtburchakli quritish kamerasi ichida joylashtirilgan bittayoki tagma-tago'rnatilgan bir nechtatasmali konveyrlardan iborat bo'ladi.

Tasma sifatida metall to'rdani yoki teshikli yuqqa plastinadan foydalaniladi (tasma butun bo'lishi ham mumkin).

6.35

rasmda ko'rsatilgan quritgichning kamerasida quritiladigan material qatlami etaklovchi va etaklanuvchi barabanlarga tortilgan tasma bilan birga harakatlanadi.

Nam material tasmaning birinchi uchiga beriladi, qurigan esa ikkinchi (eng pastdagitasma) uchidan olinadi. Quritish materialganisbatan qarama-qarshi yoki perpendikulyar harakat qiladigan issiq havoyoki yonishdan hosil bo'lgan gazlari yordamida amalga oshiriladi.

Tasmali quritgichlarning kamerali yoki tunnelli quritgichlardan afzalligishundaki, material birlentadan ikkinchi sigat o'kilayotganida qo'zg'aladiv qurituvchi agent bilan tegishish yuzasioshadi. Natijada quritishning tezligi jadallashadi va birmaromdabo'lishi yaxshilanadi. Lekin tasmali quritgichlar ham qo'pol, solishtirma unimdorligi (1 m^2 tasma yuzasiganisbatan) kichik, solishtirma issiqlik sarfi esa katta, ham data smalarning cho'zilishi va aylanganda qiyalanishi (perekos) tufayli ularni ishlatish qiyin. Bundan tashqari ular dapastasimon materiallarni quritib bo'lmaydi.

Pastasimon materiallarni quritishda valetslivata smali quritgichlarning kombinatsiyasida nashkilot topgan va so-tasmali quritgichlardan foydalaniladi.

Bunday quritgichlarda kiritgichdantushayotgan pastabug' bilan isitiladigan valetsvapress valkal aroraligida siqiladi, hamdabiroz quritiladi.

Keyin valetsgayopishib qolgan vapresslangan materialni maxsus pichoq bilan tushiriladiv aqo'shi mchakonveyer yordamida tasmali quritgichkonveyeriga beriladi.

10.3. Quritish egri chizig'i. Quritish tezligining egri chizig'i.

Barabanli quritgichlar

Donador va sochiluvchan materiallarni atmosferabosimida uzluksiz quritishda barabanli quritgichlardan foydalaniladi. Bunday mashinalardan nam material va qurituvchi agent bir-

biriganisbatanto'g'riyoki qarama-qarshi harakat qilishim mumkin.

YUqori temperaturali issiqlik tashuvchilarni qo'llashim koniyatibulgani uchun barabanli quritgichlar juda iqtisodli hisoblanadi.

Bundantashqari ularning unumdorligi kattavauzoq vaqtishonchli ishlaydi.

Barabanli quritgichni gasosiy elementigori zontal ganisbatankichik qiyalikda (4° atrofida) bandajlar varoliklarga tayanib turadigan baraban hisoblanadi. Baraban tishli uzatma va reduktor orqali ulangan elektrodvigatel yordamida sekin ($5-8 \text{ min}^{-1}$) aylanadi. Kiritiladigan material dastlab barabanning boshidagi parrakli qismida ozroq quritiladi va keyin barabanning butun uzunligida joylashtirilgan ichki nasadkalarga tushadi. Bu nasadkalar materialning tekis taqsimlanishi va baraban kesimi bo'ylab aralashishini, hamda qurituvchi agent bilan yaxshi kontaktlashishini ta'minlaydi. Ishlatib bo'lingan gazlar atmosferaga chiqarib yuborishdan oldin siklonda tozalanadi.

Nam material barabanga yuklash kamerasi ustida joylashgan kiritgichdan 60-70° qiyalikda o'rnatilgan lotok orqali beriladi. YUklash va chiqarish kameralari bilan baraban o'rtasida havo so'rilishining oldini olish uchun mahkamlash qurilmasi (masalan labirintli) o'rnatiladi. Barabanga havo so'rilsa issiqlik tashuvchining temperaturasi kamayadi va tezligi oshib materialning tashib ketilishiga olib kelishi mumkin. Bundan tashqari ventilyator iste'mol qiladigan energiya sarfi ham ko'payadi.

Materialga issiqlik gazlardan konveksiya yo'li bilan, hamda isigan nasadka sirti bilan barabanning ichki sirtidan issiqlik o'tkazuvchanlik usullari bilan beriladi. Barabanning 20% atrofidagi hajmi material bilan to'ldiriladi. Baraban aylanganda uning qiyaligi va qurituvchi gazlarning ta'siri tufayli material uning ichida ma'lum tomonga harakatlanadi. Gazlarning quritgich ichidagi tezligi 2-5 m/s bo'lishi mumkin.

Quritgichning barabani qalinligi 8-20 mm bo'lgan po'lat silindr korpusdan iborat. Baraban deformatsiyalanishining oldini olish maqsadida bandaj o'rnatiladigan joyda qalinligi baraban devori qalinligidan 1,5 - 2 marta katta bo'lgan qo'shimcha payvand qilinadi.

Bandajlar uskunaning aylanuvchi qismlari bosimini tayanch va tiralish roliklariga uzatish uchun xizmat qiladi va ular to'rtburchakli kesimga ega bo'lib, po'latdan (odatda stal 40) yasaladi. Roliklar esa SCH18 yoki SCH 21 markali cho'yandan quyiladi. SHuning uchun yasalishi oson va arzon bo'lgan roliklar bandajlarga nisbatan tezroq eyiladi.

Bandajlar barabanga boshmoq (bashmak) bilan mahkamlanadi. Boshmoqning o'zi esa baraban devoriga mahkamlangan qo'shimchaga payvandlab yoki boltlar yordamida ulanadi. Bandajning baraban o'qi bo'ylab siljishining oldini olish uchun boshmoqning bo'rtiq joylari turli tomonga qaratilgan bo'ladi. Boshmoq bilan bandaj o'rasidagi oraliq taglik (podkladka) yordamida sozlanadi.

Barabanli quritgichlarning tayanch-tiralish stansiyasi asosiy plitadan va unga mahkamlangan tayanch roliklarining to'rtta podshipnik qismi, hamda vertikalga nisbatan ozroq qiyalikda joylashtirilgan tiralish roliklaridan iborat.

11.1. Quritis tezligining analitik vagrafikusulda hisoblash

Mavhum qaynash qatlamli quritgichlar

Mavhum qaynash qatlamli quritgichlar juda samarali ishlaydi.

CHunki ulardan am material bilan qurituvchi agentning kontaktlashish yuzasikatta hamda qatlam

ningbutunhajmidamaterialningnamligivatemperaturasibirxilbo‘ladi.

Bundantashqaribuquritgichlardabirdanigabirnechtajarayonni (masalanquritishvakuydirish, quritishvaganulyasiyavaboshqalar) amalgaoshirishmumkin.

Lekinulardasolishtirmaenergiyasarfikatta.

Mavhumqaynashqatlamliquritgichlarbirtako‘pseksiyalibo‘lishimumkin.

Tuzilishioddiyvaishlatishosonbo‘lganbirseksiyaliquritgichlarasosansochiluvchanmateriallar tarkibidagibog‘lanmagannamniyo‘qotishdaishlatiladi. Kengtarqalgan,

uzluksizishlovchibirkameraliquritishqurilmasiningsxemasi 4.21. rasmdako‘rsatilgan.

Quritiladiganmaterialbunkerdankiritgichyordamidaquritgichkamasininggaztaqsimplashpanjarasiustigaberiladi.

Qurituvchiagent (havoyokiuningyonishdanxosilbo‘lgangazlarbilanaralashmasi) esapanjaraningostidankiritiladi.

Gazpanjarateshiklaridanma‘lumtezlikbilano‘tadivauningustidagimaterialni «qaynovchi» qatlamholatidaushlabburadi.

Quriganmaterialpanjaradanbirozbalanddao‘rnatilganshtutserdanto‘kiladivatransporteryordamidaolibketiladi. Ishlatilgangazlarchangdantozalanibatmosferagachiqaribyuboriladi.

Quritishkamasiningpastida (panjarayaqinida)

gazningtezligiengkattazarrachalarningcho‘kishtezligidankatta,

yukorisidaesaengkichikzarrachalarningcho‘kishtezligidankichikbo‘lsaquritishkamasidaqa ttiqzarrachalarningsirkulyasiyasiyaxshibo‘ladi.

Buo‘znavbatidazarrachalarningkamerakesimibo‘yichatekistaqsimlanishinivaisitishningbirtildamamalgaoshirilishinita‘minlaydi.

Korpusikonusshaklidabo‘lganquritgichbutalabgajavobberadi.

Ko‘pkameraliquritgichdamaterialbiridanikkinchisigaketma-

keto‘tadiganikkivaundanko‘pkameralarustma-ustyokiyoyma-yonjoylashtiriladi.

Mavhumqaynashqatlamliquritgichdaqo‘llaniladiganpanjaralarningikkixilimayjud.

Bir-biriniyopibturuvchiplastinkalardantashkiltopgantekispanjaradonadormateriallarni, tarnovlarko‘rinishidagipanjaraesatolasimonmahsulotlariniquritishdaishlatiladi.

Sinov savollari

5. Quritish apparatlarining turlarini ayting.

6. Nam saqlash nima?

7. Nisbiy namlik nima?

Reja: 12.1. Absorbsiya jarayoni. Umumiy tushunchalar.

12.2. Jarayonning moddiy balansi va tezligi.

12.3. Absorbsiya koeffitsienti.

13.1. Absorberlar konstruksiyalari.

13.2. Klapanli tarelkalar

Tayanchiboralar: birjinsli, faza, modda, konsentratsiya, absorbsiya, haydash, rektifikatsiya, ekstraksiya, absorbsiya, quritish, kristalizatsiya, eritish, molekyulardiffuziya, konvektivdiffuziya, moddaberish, chegaraviysirt, tegishiyuzasi, sirtiyabsorber, gaz, suyuqlik, sugʻoriladiganabsorber, plenkaliabsorber, masadkatruba, sovituvchimuxit, kolonna, tayanchpanjara, devoryokieffekti, gidrodinamika, rejim, plenkalirejim, gazoqimi, gazningtezligi, emulsiyalashrejimi, gidravlikqarshilik, xorda, xalqa, taqsimlashqurilmalari, sarftenglamasi.

12.1. Absorbsiyajarayoni. Umumiytushunchalar

MassaalmashinishjarayonlarifaolkomponentvainerrtashuvchifazalarbilanxaraKTerla nadi. Faolkomponent — bu fazadan fazaga utuvchi massa, inerti tashuvchilarning mikdoriesa, jarayondavomidaoʻzgarmaydi.

Massa almashinish jarayonini harakatga keltiruvchi kuch — konsentratsiyalar farqi.

Sanoat texnologiyalarida ishlatiladigan absorbsiya, xaydash, rektifikatsiya, ekstraksiya («Suyuqlik - suyuqlik», «qattiq. jism — suyuqlik» sistemalarida), adsorbsiya, quritish, kristallanishlarda massa almashinish jarayonlari sodir boʻladi.

Absorbsiya — bu gaz aralashmasidan biror moddaning suyuq fazaga selektiv ravishda yutilish jarayonidir. YAʼni, bu jarayonda modda bugʻ yoki gaz fazadan suyuq fazaga oʻtishini kuzatishimiz mumkin.

Moddani oʻziga yutuvchi faza absorbent deb nomlanadi. Absorbsiya 2 xil boʻladi: fizik absorbsiya - bu gazning suyuqlikda oddiy yutilishi; xemosorbsiya - bu gazning suyuqlikda yutilishi" davrida kimyoviy birikma xosil bulishi.

Absorbsiyaga teskari jarayon, yaʼni yutilgan komponentlarni **suyuqlik**dan ajratib olish **desorbsiya** deb ataladi.

Suyukliklarni xaydash va rektifikatsiya — bu suyuq va bugʻ fazalar orasida komponentlar oʻzaro modda almashinish yuli bilan suyuq aralashmalarni komponentlarga ajratish jarayonidir. Ushbu jarayon issiqlik taʼsirida olib borilib, komponentlarning qaynash temperaturasi xar xil bulishiga asoslanadi. Bu jarayon 2 xil boʻladi: oddiy xaydash (distillash) va murakkab xaydash (rektifikatsiya). SHuni alohida taʼkidlash kerakli, Bunda modda suyuq fazadan bugʻra va bugʻdan suyuq fazaga oʻtadi

12.2. Jarayonning moddiy balansi va tezligi

Absorbsiyaning moddiy balansi va kinetik konuniyatlari

Absorbsiya jarayonining moddiy balansi quyidagi kurinishdagi umumiy tenglama bilan ifodalanadi:

$$-G \cdot (dy) = L \cdot dx \quad (12.1)$$

Oxirgi tenglamani boshlangich va oxirgi konsentratsiyalar oraligida integrallagandan soʻng, undan absorbent sarfini (kmol/s) aniqlash mumkin:

$$L = G \frac{y_{\delta} - y_{\alpha\alpha}}{x_{\alpha\alpha} - x_{\delta}} \quad (12.2)$$

1 kmol inert gaz uchun zarur solishtirma sarf:

$$l = \frac{L}{G} \cdot \frac{y_6 - y_{ox}}{x_{ox} - x_6} \quad (12.3)$$

Absorberda konsentratsiyaning uzgarishi (12.2.) va (12.3.) tenglamalar bilan ifodalanadi. Jarayon ishchi chizigi $u-x$ koordinatalarida tugri chizik, kurinishida bo'ladi. Uning kuyalik burchagy tangensi $\tan \alpha = L/C$

Massa almashinish, shu jumladan, absorbsiya jarayonida ham muvozanatga erishib bulmaydi, chunki xar doim ($x_{ox} < x_b$). Demak, absorbentning sarfi xar doim minimal qiymatdan katta bulishi keraq Absorbentning minimal sarfini quyidagi tenglamadan topish mumkin:

$$l_{\min} = \left(\frac{L}{G} \right)_{\min} = \frac{y_6 - y_{ox}}{x_{kp} - x_6} \quad (12.4)$$

Absorbentning optimal sarfi texnik-iktisodiy hisoblashlar asosida aniklanadi.

Absorbsiya jarayonning asosiy tenglamasi massa o'tkazish tenglamasi bilan ifodalanishi mumkin:

$$M = K_y F \Delta y_{yp} \cdot \tau$$

yoki

$$M = K_x F \Delta x_{yp} \cdot \tau$$

Ko'pincha, absorbsiya jarayonining massa o'tkazish tenglamasida, xarakatga ksltiruvchi kuch $y-y_m$ bosimlar farqi bilan ifodalanadi:

$$M = K_m (p - p_m) \cdot F \tau \text{ yoki} \\ M = K_m \cdot \Delta p_{yp} \cdot F \tau \quad (12.5)$$

bu erda r - gaz aralashmasida tarkalaetgan gazning ishchi parsial bosimi; p_m - absorbent ustidagi gazning muvozanat bosimi; K_m - massa o'tkazish koeffitsienta; M - gaz fazasidan suyuq fazaga utgan massa mikdori; Δp_{yp} - jarayonni harakatga keltiruvchikuchi. Agar, muvozanat chiziga tutri bo'lsa, jarayonning urtacha harakatga keltiruvchi kuchi ushbu formuladan topiladi:

$$\Delta p_{yp} = \frac{\Delta p_{ka} - \Delta p_{ku}}{2,3 \lg \frac{\Delta p_{ka}}{\Delta p_{ku}}} \quad (12.6)$$

bu erda $\Delta p_{ka} = p_6 - p_{ox}$ va $\Delta p_{ku} = p_{ox} - p_6$ absorberning oxirgi kismalaridagi harakatga keltiruvchi kuchlar; p_6 va p_{ox} - absorberga kiraetgan vachikdyotgan gazning parsial bosimi; p_{ox}^* , p_6^* - absorberga kiraetgan va chikdyottan gazning muvozanat parsial bosimi.

Absorbsiya jarayonida massa almashinish mexanizmi kuyidagicha: xar bir faza asosiy massa va chegaraviy yupqa ketlamdan iborat bo'ladi. Asosiy massaga yutiluvchi komponent konvektiv diffuziya yuli bilan o'tadi.

Ikkala chegaraviy yupka katlamda esa, yutiluvchi komponentning o'tishi molekulyar diffuziya usulida boradi. SHuning uchun, absorbsiya jarayonida massa o'tkazishga bo'lgan qarshilik chegaraviy yupka katamlar yikindisidan iborat bo'ladi. Suyuk yupka katlamdagi massa utkazitiga bo'lgan qarshilik $1/Ru$, gazdagi esa - t/D bo'lsa, massa o'tkazish koeffitsienti ushbu tenglamadan xisoblanadi.

$$K_y = \frac{1}{\frac{1}{\beta_x} + \frac{m}{\beta_y}} \quad K_x = \frac{1}{\frac{1}{\beta_x} + \frac{1}{\beta_y m}} \quad (12.7)$$

bu erda β_y - gaz oqimidan fazalarni ajratuvchi yuzasiga massa berish koeffitsienti; r_x -

fazalarni ajratuvchi yuzadan suyuqlik oqimiga massa berish koeffitsienti; t - proporsionallik koeffitsienti, absorbtiv va absorbent xossalriga va temperatu-raga bog'liq..

Koeffitsient t ning kattaligi massa o'tkazish tenglamasining to'zili-shiga ham tasir etadi. YAxshi eriydigan gazlar uchun t ning qiymati juda kichik bo'ladi. SHuning uchun, suyuqlik fazasidagi diffo'zion qarshilik ham kichikdir. $1/\beta_y \gg m/\beta_x$ bo'lgani uchun, (12.7) tenglama kuyidagicha yozidadi:

$$K_y \cong \beta_y \quad (12.8)$$

Kiyin eriydigan gazlar uchun proporsionallik koeffitsient t ning qiymati juda kattadir. SHuning uchun gaz fazasidagi diffuzion qarshilikni inobatga olmasa ham bo'ladi. $1/\beta_x \gg 1/\beta_y m$ bo'lgani uchun, (12.8) tenglamakuyidagichayoziladi:

$$K_x \cong \beta_x$$

ya'ni, hamma diffo'zion qarshilik suyuq fazada mujassamlangan bo'ladi.

$$M=G(\bar{Y}_n - \bar{Y}_\tau) = L(\bar{X}_n - \bar{X}_\tau) \quad (12.9)$$

12.1-расм. Абсорбернинг ишлаш схемаси.

12.2-расм.

Абсорбернинг ишчи ва мувозанат чизиқлари:

AB — ишчи чизиқ (ютувчи сарфи L бўлгандаги); AC — ютувчининг сарфи минимал бўлгандаги ишчи чизиқ; OC - $\bar{Y}^* = f(\bar{X})$ мувозанат чизиғи.

ponentsarfi, kg/s; G va L —inertgazvasuyuqyutuvchining sarflari, $\bar{Y}_n$ va $\bar{Y}_\tau$ - yutiladigankomponentning gaz fazadagi,

paqismidagikonsentratsiyalari, kg/kg; $\bar{X}_n$ va $\bar{X}_\tau$ -

yutiladigankomponentning suyuq fazadagi,

absorberning pastvatepaqismlaridagikonsentratsiyalari, kg/kg.

$\bar{Y} - \bar{X}$ koordinatalarda (12.9)–tenglama G va L sarflaro‘zgarmasbo‘lganda $V(\bar{X}_n, \bar{Y}_n)$ va $A(\bar{X}_r, \bar{Y}_r)$ nuqtalardan o‘tuvchito‘g‘richiziqbo‘lagini ifodalaydi.

Ishchichiziq tenglamasi:

$$\bar{Y} = \bar{Y}_n + \frac{L}{G}(\bar{X} - \bar{X}_n) \quad (12.10)$$

yoki

$$\bar{Y} = \bar{Y}_r + \frac{L}{G}(\bar{X} - \bar{X}_r) \quad (12.11)$$

bu erda $\bar{Y}$ va $\bar{X}$ –absorberning mahlum bir kesimida o‘zarota‘ sirlashayotgan (tegishayotgan), muvozanatdabo‘lmagan gaz vasuyuqlikdagi yutiladigan komponentning, kolonnaning balandligibo‘yicha o‘zgaradigan konsentratsiyalari.

Suyuq yutuvchining sarfi:

$$L = \varphi L_{\min} \quad (12.12)$$

bu erda $\varphi > 1$ –yutuvchining ortiqchalik koeffitsienti; $L_{\min}$ –yutuvchining nazariy minimal sarfi (grafik yoki analitik usulda topiladi):

$$L_{\min} = M / (\bar{X}^* - \bar{X}_r) \quad (12.13)$$

YU tish (chiqarib olish) darajasi:

$$s_{yu} = (\bar{Y}_n - \bar{Y}_r) / \bar{Y}_n \quad (12.14)$$

Uzluksiz kontaktli absorberdagi o‘rtacha harakatlantiruvchi kuch

12.3. Absorbsiyakoeffitsienti

Modda o‘tkazishning umumiy tenglamasi:

$$F = M / (K_y \Delta \bar{Y}_{o'r}) \quad (12.15)$$

bu erda F –absorberning massa o‘tkazish yuzasi, m^2 ; M –yutiladigan moddaning sarfi, kg/s ; K_u –massa o‘tkazish koeffitsienti, $kg/(m^2 \cdot s \frac{kg}{kg \text{ инерт газ}})$; $\Delta \bar{Y}_{o'r}$ –o‘rtacha harakatlantiruvchi kuch.

Konsentratsiyaning $\bar{X}_r$ dan $\bar{X}_n$ gacha oralig‘ida muvozanat chizig‘i to‘g‘ri chizig‘i (6.2-rasm) bo‘lganligi uchun:

$$\Delta \bar{Y}_{o'r} = \frac{\Delta \bar{Y}_n - \Delta \bar{Y}_r}{2,3 \lg(\Delta \bar{Y}_n / \Delta \bar{Y}_r)} \quad (12.16)$$

bu erda $\Delta \bar{Y}_n$ va $\Delta \bar{Y}_t$ —absorber chetlaridagi harakatlantiruvchi kuchlar: $\Delta \bar{Y}_n = \bar{Y}_n - \bar{Y}_n^* - \bar{X} = \bar{X}_n$ bo‘lgandagi, absorber pastidagi; $\Delta \bar{Y}_t = \bar{Y}_t - \bar{Y}_t^* - \bar{X} = \bar{X}_t$ bo‘lgandagi, absorber tepasidagi.

13.1. Absorberlar konstruksiyalari

Nasadkali absorberlar

Nasadkali absorberlarda modda almashinish yuzasi turli shakldagi qattiq jismlarning – nasadkalarining sirtidan tashkil topgan bo‘ladi.

Nasadkalar kalona ichida ichida tayanch panjaralarning ustidga tartib bilan teriladi yoki tartibsiz tukiladi. Taqsimlagich qurilmasidan tushayotgan suyuqlik nasadkalarini sug‘orib turadi. Uskunaning ostgi qismidan kirgan gaz nasadkalar orasidan tepaga ko‘tariladi va suyuqlik bilan kontaklashadi.

Nasadka qatlami juda baland bo‘lsa kolonnaning markazida gazning tezligi uning kalonna chekkalaridagi tezligidan katta bo‘ladi va suyuqlikni devorga siqib quyadi. Natijada suyuqlikni taqsimlanishi va shu bilan birga modda almashinishning jadalligi pasayadi. Bu hodisa devor yoni (pristenochный) effekti deb yuritiladi. Uning oldini olish uchun katta diametrli kalonnalarda nasadkalar 2-3 m balandlikdagi qatlamlar (seksiyalar) ko‘rinishida tukiladi va seksiyalar oralig‘ida suyuqlik qayta taqsimlanadi. Nasadkali kolonnalar turli gidrodinamik rejimlarda ishlaydi. Gazning tezligi va suyuqlik sarfi kichik bo‘lganda plyonkali rejim amal qiladi. Ikkinchi rejimda gazning tezligi oshishi tufayli gaz bilan suyuqlik o‘rtasidagi ishqalanish oshadi va suyuqlik nasadkalar orasida gaz oqimi bilan ushlab qolina boshlaydi. Bu rejimda nasadkalarining ho‘llangan sirti va shunga mos ravishda modda o‘tkazishning jadalligi oshadi. Gazning tezligi yanada oshishi bilan suyuqlikning oqib tushishiga qarshilik oshadi va nasadkalarining bo‘sh hajmi suyuqlik bilan to‘ladi. Gaz ana shu suyuqlik orasidan yorib o‘tadi (barbotash qiladi.). Ko‘pik yoki emulsiya ko‘rinishidagi gaz-suyuqlik dispers sistemasi hosil bo‘ladi. Buuchinchi rejim emulsiyalash rejimi deyiladi. Bunda modda o‘tkazish maksimal jadallikka erishadi. Lekin shu bilan birga kolonaning gitravlik qarshiligi ham keskin oshadi. Agar gazning tezligi yanada oshsa, suyuqlik kolonnadan gaz bilan birga chiqib keta boshlaydi va to‘rtinchi, tashib ketish rejimi sodir bo‘ladi.

Agar absorber atmosfera bosimida ishlasa gidravlik qarshilikning oshishiga yo‘l qo‘yib bo‘lmaydi. Bunday holda kolonnani plyonkali rejimda ishlatgan ma’qul. Gidravlik qarshilikning ortishiga yo‘l qo‘yib bo‘lsa, (masalan katta bosimlarda ishlaydigan absorberlarda) kolonnani ikkinchi yoki uchinchi (emulsiyalash) rejimda ishlatish yaxshi samara beradi.

Nasadkalarining asosiy xarakteristikalari solishtirma sirti a (m^2/m^3) va erkin hajmi ϵ (m^3/m^3) hisoblanadi. Sanoatda turli shakl va o‘lchamdagi nasadkalar qo‘llaniladi (4.2-rasm.).

Xorda nasadkalar tekis taxtadan to‘g‘ri qatorlar bilan ustma-ust joylashtirib qilinadi. Xalka nasadkalar keramika yoki po‘latdan tayyorlanadi va kolonnaga tartibli yoki tartibsiz solinadi. Egarsimon, to‘siqli silindr va parrak ko‘rinishidagi nasadkalar keramikadan qilinadi va uskunaga tartibsiz to‘kiladi. Nasadkalarga quyidagi talablar qo‘yiladi: 1) Xajm birligidagi yuzasi katta bo‘lishi; 2) sug‘oriladigan suyuqlik bilan yaxshi namlanishi; 3) gidravlik qarashligi kichik bo‘lishi; 4) suyuqlikni tekkis taqsimlash; 5) gaz va suyuqlikning kimyoviy ta’siriga chidamli bo‘lishi; 6) solishtirma og‘irligi kichik bo‘lishi; 7) yuqori mexanik mustahkamlikka ega bo‘lishi; 8) narxi arzon bo‘lishi.

13.2. Klapanli tarelkalar

Klapanli tarelkalar ham sanoatda keng qo‘llaniladi. Ularning asosiy afzalliklari: gaz va suyuqlik sarflarining juda katta oraliq‘ida samarali modda almashinishi ta’minlaydi; tuzilishi oddiy; metall sarfi kam va arzon.

Klapanlar doira (disk) va to‘rtburchakli bo‘ladi. (4.6-rasm). Klapanli tarelkalar fazalarning to‘g‘ri va perpendikulyar oqimlarida ishlaydi. Diskli to‘g‘ri oqimli tarelkalarda shaxmat ko‘rinishida teshiklar joylashgan. Teshiklarning ustiga diametri 50mm atrofida bo‘lgan va 608 mm ga ko‘tarila oluvchi diskli klapanlar o‘rnatilgan. Gazning sarfi o‘zgarganda klapaning og‘irligi tufayli tarelka sirti bilan klapan orasidagi masofa avtomatik ravishda o‘zgaradi. Natijada gazning barbotaj qatlamga kirayotgan joydagi tezligi o‘zgarmaydi va gaz tezligining ortishi bilan kolonnadagi gidravlik qarshilik kamroq ortadi. To‘rt burchakli (ular plastinkali klapanlar ham deb yuritiladi) klapanlarning ham ishlash prinsipi xuddi shunday.

Ballastli tarelkalar oddiy klapanli tarelkalardan shunisi bilan farq qiladiki, ulardan engil klapan bilan chegaralovchi kronshteyn orasida kalta ustunchalarda klapaniga nisbatan og‘irroq ballastr o‘rnatilgan.

Gazning kichikroq tezligida klapan ko‘tariladi. Gaz tezligi yanada oshsa, klapan ballastga borib tiraladi va keyin u bilan birga ko‘tariladi. Ballastli tarelkalar bir maromda ishlaydi va gazning barcha tezliklarida suyuqlik pastga oqib ketmaydi (faqat quyilish qurilmasidan oqadi).

Klapanli tarelkalarning chegaralovchi elementi klapaning o‘zida bo‘lgan doira hamda silindrning bir qismi ko‘rinishidagi turlari ham uchraydi. Bu klapanlarning ham ishlash prinsipi yuqoridagi klapanlarniki bilan bir xil.

Teshikli tarelkalar

Teshikli tarelkalarining asosiy elementi aylana teshiklari bo'lgan metall diskdan iborat. Bunday tarelkalarining quyilish qurilmasi bo'lmashligi ham (4.7-rasm, a) bo'lishi ham mumkin. quyilish qurilmasi bo'lmagan tarelkalar teshiklarining diametri 4-10mm, barcha teshiklar yuzasining kolonna ko'ndalang kesim yuzasiga nisbatan esa 10-25% bo'ladi. qo'yilish qurilmasi bo'lgan teshikli tarelkalar teshiklarining diametri 2-6mm bo'ladi va ular odatda 400-4000mm diametrli kolonnalarga o'rnatiladi. Panjarali (yoriqli) tarelkalar ham teshikli tarelkalar guruhiga kiradi (4.7-rasi, b).

Bo'sh ko'ndalang kesimi (teshiklar egallagan) kattaligi va shunga mos ravishda unumdorligi yuqoriligi (qalpoqchali tarelkalarga qaraganda bu tarelkalarining gaz bo'yicha unumdorligi 30-40% katta), yasashi oddiyligi va metall sarfi kichkinaligi teshikli tarelkalarining afzalliklaridir. Ularning kamchiliklari: iflos muhitda qo'llansa, teshiklari bitib qoladi; aniq gorizontall o'rnatilmasa bir tekis ishlamaydi; gidravlik qarshiligi katta.

Panjarali tarelkalar uzunligi 40-60mm, eni 3-8mm bo'lgan yoriqlarga ega diskdan iborat. Teshiklar yuzasi tarelka yuzasining 10-30% ni tashkil etadi. YOriqlar orasidagi masofa 10¹ 36mm atrofida bo'ladi.

Kolonna ishlaganda gazning bosimi tufayli tarelka ustida suyuqlik qatlami hosil bo'ladi va gaz shu qatlam orqali yorib o'tadi (barbotaj qiladi). Bunda suyuqlikning bir qismi yoriqlardan pastga tushadi. YOriqlar davriy ishlaydi, ya'ni suyuqlik to'kiladigan va gaz chiqadigan yoriqlar tarelka bo'ylab almashib turadi.

YOriqli tarelkalarining afzalliklari: tuzilishi oddiy; metall sarfi kichkina; suyuqlik va gazni o'tkazish qobiliyati katta; yoriqlari etarlicha katta bo'lganda ularni iflos muhit sharoitida ham qo'llash mumkin bo'ladi. Lekin ularning barqaror ishlash diapazoni kichkina, gidravlik qarshiligi katta va suyuqlikni tarelka bo'ylab tekis taqsimlash qiyin.

Yo'naltirilgan oqimli tarelkalar

Sanoatda yo'naltirilgan oqimi (struyno-napravlenные) tarelkalarining asosan plastinkali va tangachali (cheshuychatые) turalari qo'llaniladi. Boshqa tarelkalardan farqli o'laroq plastinkali tarelkalarda gaz va suyuqlik bir tomonga harakatlanadi. (4.8-rasm) va shu bilan birga kolonna fazalarining qarama-qarshi oqimida ishlaydi. Bu esa kolonna unumdorligining oshishiga olib keladi. Plastinkali tarelkalarda gaz chiqadigan yoriqlarni qiya qilib o'rnatilgan plastinkalar hosil qiladi. YOriqlarda gazning tezligi 20-40 m/s atrofida bo'ladi. Plastinkalarining qiyaligi kichik (10-15°) bo'lganligi uchun chiqayotgan gaz tarelka tekisligiga deyarli parallel harakat qiladi. Bunda suyuqlikning ejeksiyalanishi sodir bo'lib, u gaz oqimi bilan mayda tomchilarga bo'lib tashlanadi va tarelka bo'ylab keyingi yoriqqa otiladi. Boshqa tarelkalarda dispers faza gaz, butun faza esa suyuqlik bo'lsa, plastinkali tarelkalarda buning teskarisi. Ularda gaz va suyuqlikning kontaktlashishi suyuqlik tomchilari va qatralari sirtida yuz beradi. Bu plastinkali tarelkalardan yig'ilgan kolonnaning gaz va suyuqlik bo'yicha unumdorligini keskin oshirish imkonini beradi. Plastinkali tarelkalarining yana quyidagi afzalliklari bor: gidravlik qarshiligi kichik; iflos muhit sharoitida qo'llash mumkin; ularni yasashga metall kam sarflanadi.

Tangachali tarelkalar yassi diskni shtampovkalab yasaladi. Bunda yarim doira shaklidagi ma'lum burchakli qiyqim hosil bo'ladi (4.9-rasm). Bunday tarelkalar odatda vertikal to'siqlar bilan seksiyalarga bo'linadi. Tangachali tarelkalarining quyilish qurilmasi bo'lmashligi ham mumkin.

Gazning tezligi 1,5m/s gacha bo'lganda bunday tarelkalar teshikli va qalpoqchali tarelkalar kabi ishlaydi. quyilish qurilmasidan suyuqlik tarelkaning ichki qismiga tushadi, gaz esa tangachalar ostidagi teshikdan kirib suyuqlik orqali yuqoriga ko'tariladi. Bunda suyuqlik juda murakkab harakat qiladi. Natijada kontaklashish yuzasi juda kattalashadi.

Sinov savollari

1. Absorbsiya jarayoni deb nimaga aytiladi?
2. Jarayonning moddiy balansi va tezligi.
3. Absorbsiya koeffitsienti.
4. Absorberlar konstruksiyalari.
5. Klapanli tarelkalar

9- ma`ruza

Mavzu: Absorberlarni hisoblash asoslari

Reja: 14.1. Absorberlarni hisoblash elementlar.

14.2. Qurilmaning samaradorligi.

15.1. Merfi koeffitsienti. Tarelkalar sonini grafik usulda hisoblash.

15.2. Tarelkalar turlari.

Tayanchiboralar: tarelka, silindrkorpus, kontaklashish, talablar, po'lat, oraliqmasofa, bo'shkesim, quyilishqurilmasi, teshikli, qalpoqchali, sarga, eyuk, asbest, qismlargaajraluvchchi, qisirma, qaytargich, taqsimlashqurilmasi, gazo'tadigantrubacha, qalpoq, disk, gaz, suyuqlik, quyilishto'sig'i, kapsullivatunnelliqalpoqchalar, gazvasuyuqliksarfi.

14.1. Absorberlarni hisoblash elementlari

Nasadkali absorberning diametri:

$$D = \sqrt{V / (0,785w)} \quad (14.1)$$

bu erda V —absorber orqali o'tadigan gazning sarfi, m^3/s ; w —gazning absorberning to'liq ko'ndalang kesim bo'yicha olingan tezligi, m/s .

Gazning ishchi tezligi:

$$w = (0,75 \div 0,9) w_t \quad (14.2)$$

bu erda w_t —suyuqlikning tiqilib qolish tezligi, m/s . U quyidagi tenglamadan topiladi:

$$\lg \left(\frac{w_m^2 \delta \rho_s \mu_c^{0,16}}{g V_{gyu}^3 \rho_c} \right) = A - 1,75 \left(\frac{L}{G} \right)^{0,25} \left(\frac{\rho_s}{\rho_c} \right)^{0,125} \quad (143)$$

bu erda δ —nasadkaning solishtirma sirti, m^2/m^3 ; $V_{bo'sh}$ —nasadkaning bo'sh hajmi, m^3/m^3 ; ρ_g va ρ_s —gaz va suyuqlikning zichligi, kg/m^3 ; μ_s —suyuqlik qovushoqligining dinamik koeffitsienti, $mPa \cdot s$; L va G —suyuqlik va gazning massa sarflari, kg/s ; A —o'zgarma, xalqa va spiral nasadkalar uchun $A=0,022$.

Nasadkali absorberning balandligi.
Plenkali rejimda fazalarning kontaktlanish yuzasi:

$$F=H_n S \delta \psi \quad (14.4)$$

bu erda N_n —nasadka qatlamining balandligi, m; $S=\pi D^2/4$ —absorberning ko'ndalang kesim yuzasi, m^2 ; δ - quruq nasadkaning solishtirma yuzasi, m^2/m^3 ; ψ —nasadkaning ho'llanganlik koeffitsienti.

$$N_n=h_{oy}n_{oy} \quad (14.5)$$

bu erda h_{oy} —o'tkazish birligi balandligi, m; n_{oy} —o'tkazish birligining umumiy soni:

$$h_{oy}=\frac{G}{K_y S \delta \psi} \quad (14.6)$$

$$n_{oy}=\frac{\bar{Y}_n - \bar{Y}_T}{\Delta \bar{Y}_{yp}} \quad (14.7)$$

Nasadkali absorberning balandligini nazariy tarelkaga ekvivalent balandlik (NTEB) orqali aniqlash:

$$N_n=h_e n_t \quad (14.8)$$

bu erda h_e —NTEB, m (tajribalar yordamida aniqlanadi va u nazariy bosqichlarga ekvivalent balandlik (NBE) deb ham yuritiladi); n_t —nazariy tarelkalar (konsentratsiyaning o'zgarish bosqichlari) soni.

15.1. Merfikoeffitsienti. Tarelkalar soni grafik usulda hisoblash.

Nazariy tarelkalar soni konsentratsiyalarning o'zgarish bosqichlari odatda grafik usulda (6.3-rasm) topiladi.

Nasadkalari tartibsiz to'ldirilgan absorberlarda plenkali rejimda massa berish koeffitsientlarini topishning kriterial tenglamalari.

a) gaz faza uchun:

$$Nu'_g=0,407 Re_g^{0,655} (Rr'_c)^{0,33} \quad (15.9)$$

bu erda $Nu'_g=\beta_g d_e/D_g$; $Re_g=4w\rho_g(\delta\mu_g)$; $Rr'_c=\mu_g/(\rho_g D_g)$; β_g —gaz uchun massa berish koeffitsienti, m/s; D_g —yutiladigan komponentning gazdagi diffuziya koeffitsienti, m^2/s .

b) suyuq faza uchun:

$$Nu'_c=0,0021 Re_s^{0,75} (Rr'_c)^{0,5} \quad (15.10)$$

bu erda $Nu'_c = \beta_s \delta_k / D_c$; $Re = 4L / (S \delta \psi \mu_c)$; $Rr'_c = \mu_s / (\rho_s D_s)$; β_s –
 suyuqlik uchun massaberish koeffitsienti, m/s; $\delta_k = [\mu_c^2 / (\rho_c^2 g)]^{1/3}$ –
 suyuqlik plenkasining keltirilgan debataladigan qalinligi, m; ψ –
 nasadkaning ho‘llanganlik koeffitsienti; S – apparatning ko‘ndalang kesim yuzasi, m².
 Absorberning suyuqlik bilan ho‘llangan kesimi perimetri:

$$P = F / H_p = S \delta \psi \quad (15.11)$$

Suyuqlik plenkasining nasadka orasidan oqim tezligi:

$$w_{s,pl} = L / (\rho_s P \delta) = L / (\rho_s S \delta \psi \delta) \quad (15.12)$$

bu erda δ – plenkaning o‘rtacha qalinligi, m.

Suyuqlik plenkasining ekvivalent diametri:

$$d_{pl} = 4P \delta / P = 4\delta \quad (15.13)$$

Nasadkali absorberlarning ishchibalandligin moddao‘tkazishning asosiy tenglamasidan ham topish mumkin:

$$H = \frac{M}{S \alpha \phi K_y \Delta Y \gamma \rho} \quad (15.14.)$$

bu erda M – o‘tkazilgan modda (yutilgan gaz) miqdori; S – kolonnaning ko‘ndalang kesim yuzasi; α –
 nasadkaning solishtirmayuzasiga ho‘llanganlik koeffitsienti; K_u –
 gazfaza uchun moddaberish koeffitsienti; ΔU_{ur} – gazfaza uchun o‘rtacha xarakteristik kuch.

Moddao‘tkazish koeffitsientlari

$$K_y = \frac{1}{(1 \setminus \beta_r) + (m \setminus \beta_c)}; \quad K_x = \frac{1}{(1 \setminus \beta_c) + (1 \setminus \beta_r m)} \quad (15.15.)$$

Kolonnaning tartibsiz solingan nasadkalar uchun moddaberish koeffitsientining gazfazadagi qiymati quyidagi tenglamalardan topilishi mumkin:

$$Nu = 0,407 Re_r^{0,655} (Pr_r)^{0,33} \quad (15.16)$$

SHungamosravishdagazfaza uchun o‘tkazish birligibalandligi

$$h_r = 0,615 d_e Re_r^{0,345} (Pr_r)^{2/3} \quad (15.17)$$

Tartibli solinadigan nasadkalar uchun

$$Nu_r = 0,167 Re^{0,74} (Pr_r)^{0,33} (\ell / d_r)^{0,47} \quad (15.18)$$

$$h_r = 1,5 d_e Re_r^{0,26} (Pr_r)^{2/3} (\ell / d_e)^{0,47}; \quad (15.19)$$

Butenglamalardavaaniqlovchigeometrikulchamsifatidasalkaningekvivalentdiametri qabulqilinadi; -gazuchundiffuziyakoeffitsientiva -gazningzichligivaqovushqoqligi; - Pranditldifuzionmezoni.

Suyuqfazadahalkanasadkalaruchunnasadkaningto'liqgeometrikyuzabirligiganisbatano linganmoddaberishkoeffitsientiquyidagichatopilishimumkin:

$$Nu = \beta r d_s / D_r \text{ va } Re_r = w_0 d_e \rho / \varepsilon \mu_r; \quad (15.20)$$

Butenlamadaaniqlovchigeometrikulchamsifatidasadkaningekvivalentdiametri $d_e = 4 \varepsilon / \alpha$ qabulqilinadi; D_r gazuchundiffuziyakoeffitsienti; ρ_r va μ_r – gazningzichligivaqovushqoqligi; Pr – Pranditldiffuzionmezoni.

Suyuqfazadaxalqanasadkalaruchunnasadkaningto'liqgeometrikyuzabirligiganisbatano linganmoddaberishkoeffitsientiquyidagichatopilishimumkin:

$$Nu_c = 0,0021 Re_c^{0,75} (Pr_c)^{0,5} \quad (15.21)$$

Butenglamada $Nu_c = \beta_c \delta_\kappa / D_c$; δ_κ -suyuqlikplenkasiningkeltirilgan qalinligi; D_c -suyuqfazauchundiffuziyakoeffitsienti;

$$\delta_\kappa = \frac{\mu_c}{\rho_c g}; \quad Re_c = \frac{4 w_c \delta \rho_c}{\mu};$$

Mosravishda
$$Nu_c = 119 \delta_\kappa Re_c^{0,25} (Pr_c)^{0,5}$$

Tarelkali kolonnalar samarali ishlaganligi uchun keng tarqalgan. Ular, ichiga gazning yuqoriga, suyuqlikning pastga oqishini ta'minlovchi gorizonttal to'siqlar-tarelkalar o'rnatilgan vertikal silindr korpusdan iborat. Tarelkalar modda almashinish uchun zarur bo'lgan, suyuq va gaz fazalarining bevosita kontaklashishini ta'minlaydi.

Tarelkali kolonnaning konstruksiyalarijuda xilma-xil. bu qayta ishlanadigan xom ashyoning assortimenti kattaligi, kolonnaning unumdorligi keng diapozonda o'zgarib turishi va turli gidravlik rejimda ishlashi bilan bog'liq. Tarelkalarga quyidagi talablar qo'yiladi:

- gaz bilan suyuqlikning yaxshi kontaklashishini ta'minlash;
- gidravlik qarshiligi kichik bo'lishi;
- gaz va suyuqlik sarfi keng diapozonda o'zgarganda ham ishlay olishi;
- konstruksiyasi oddiy, ishlatish va ta'mirlash oson bo'lishi;
- massasiengil bo'lishi.

Tarelkali kolonnalarni yasashda uglerodli va legirlangan po'latlar, ayrim hollarda rangli metallar va cho'yan ishlatiladi. Hozirgi kunda keramika, grafik va ftoroplas kabi metalmas materiallardan tayyorlanadigan kolonnalarni ishlab chiqarish ham yo'lga qo'yilmoqda.

Tarelkali kolonalarining diametri 300 mm dan 12 m gacha bo'lishi mumkin. Ularning balandligi – tarelekalar soniga va ular orasidagi masofaga bog'liq. Tarelkalar orasidagi masofani kamaytirish bilan kolonaning balandligini kamaytirish mumkin. Lekin bu pastki tarelkadan balantdagisiga suyuqlikning tashib keltirishida va natijada kolonna f.qi.ning kamayishiga olib kelishi mumkin. Kolonaning diametriga bog'liq holda tarelkalarining quyidagi masofada o'rnatish tafsifi etiladi:

Kolonna diametri: m 0,8 gacha $0,8 \div 1,6$ $1,6 \div 2$ $2 \div 2,4$ 2,4 dan katta

Tarelkalar orasidagi masofa: 200-350 $350 \div 400$ $400 \div 500$ $500 \div 600$ 600 dan katta

15.2. Tarelkalar turlari

Tarelka ustidagi suyuqlikni pastga oqib tushishni tashkil qilish usuliga qarab tarelkalar qo'yilish qurilmali (tashkil qilish tashkil qilish) va quyilish qurilmasiz (tashkil qilish tashkil qilish) kabinatlariga bo'linadi.

Quyilish qurilmasi bo'lgan tarelkalar (4.3-rasm, a) teshiklarning bir qismida gazyuqoriga, qolgan qismida nesasuyuqlikni pastga harakatlanadi. Tarelkaning barcha teshiklarini egallagan maydon (bumaydon tarelkaning bo'sh qismida bataladi) shunday talanadiki, gazoqimining tezligida teshiklarning bir qismida nesasuyuqlikni pastga oqib tushadi.

Quyilish qurilmasi bo'lgan tarelkalarda (4.3-rasm, b) suyuqlikni pastga maxsus qurilmada oqib tushadi. Gazesatarelka teshiklarida gazyuqoriga qo'yiladi. quyilish qurilmasining konstruksiyasi turlicha bo'lishi mumkin va ular suyuqlikning tarelka ustidagi harakatini belgilaydi (4.4-rasm).

Konstruksiyasi bo'yicha tarelkalar quyidagicha tashkil qilinadi: qalpoqchali, klapanli, teshikli, yo'naltirilgan oqimli va kombinatsiyali.

Qalpoqchalitarelkalar

Ishlatish qulayligi va universalligi tufayli qalpoqchalitarelkalari aqinkunlarga chaengya xshikontakt qurilmasi hisoblanib kelindi. Ularning asosiy elementigazo'tadigan trubacha (patrubka) uchun qo'yilgan teshiklipo'latdisk hisoblanadi. Trubachalar odatda diskka payvandlab mahkamlanadi va ularning ustiga diametri 60 yoki 80 mm (kam hollarda 100 yoki 150 mm) bo'lgan qalpoqchalar o'rnatiladi. qalpoqchalaraylana (kapsulli) yokibo'ylama (tunnelli) qilib tayyorlanadi. Keyingi shozirgikunda deyarli ishlatilmaydi.

Qalpoqchalitarelka quyidagicha ishlaydi (15.1-rasm). Tepadartushayotgan suyuqlik tarelkaning quyilish to'sig'iga balandligigacha to'ldiriladi. Bunda qalpoqchaning qirg'ilgan joylari (yoki yoriqlari) suyuqlikni kabinatlash keraq gaz trubachalar va qalpoqchaning teshiklaridano'tib suyuqlik qatlamiorqalib arbotaj qilib yuqoriga qo'yiladi.

Bunda gaz va suyuqlik o'zaro perpendikulyar oqimda sirlashadi : suyuqlik quyilish trubasi dan tarelka bo'ylab quyilish to'sig'iga tomon harakatlanadi va keyin pastgato'kiladi, gazesatarelka bo'ylab yuqoriga harakatlanadi. Qalpoqchalitarelkalarining qo'llanish va material haqidagi ma'lumotlar quyidagi 15.1-jadvalda keltirilgan.

15.1-rasm. Qalpoqchali tarelka:
1, 3, 4-to'ziqlar; 2-tarelka.

Kapsulliqalpoqchalitarelkalarining f.i.qnisbatanyuqori (0.75-0.8)
vagazbo'yicha unumdorlikning kattadiapazonida ishlayoladi.
Ularni gazvasuyuqlikning sarflari o'zgarib turadigan hollarda ham qo'llash mumkin.
Tunelli qalpoqchalitarelkalar sh tamplangan tarnovlardan yig'iladi.
qalpoqchalartarelka diskigashpilkalar bilan mahkamlanadi.

15.1-jadval. Tarelkalarining xarakteristikalari.

Tarelkaning nomi	Belgilari	Kolonnadi diametri	Materiali.
Aylanakapsulli qalpoqchali.	TSK I	400,500,600,800,1000.	Po'lat
Aylanakapsulli qalpoqchali.	TSK-SH	1200,1400,1600,1800.	Po'lat
Aylanakapsulli qalpoqchali, ajratiladigan	TSK-R	1000-3600	Po'lat
Ajraladigan markaziy quyilish.	TSK-RS	1400-1500	Po'lat
CHO'yan qalpoqchali.	TCHK	1000-2400	CHO'yan
Mis qalpoqchali.	TMK	500-2000	Mis
Keramika qalpoqchali.	TKK	300-1800	Keramika
Tunelli qalpoqchali.	TST	1400 dan katta	Po'lat

Qalpoqchalarning sonining kamligi va ularni tozalash osonligi bu tarelkalarining afzalligi hisoblanadi. Lekin tunelli qalpoqchali tarelkalarining ko'rsatkichlari kichik bo'lganligi uchun ularning o'rnini hozirgi kunda boshqa, zamonaviy kontakt qurilmalari egallamoqda.

Kombinatsiyali tarelkalar

Hozirgi kunda turli xil kombinatsiyali tarelkalar ham ishlab chiqarilmoqda. Ulardan biri teshikli-klapanli tarelkadir (4.10-rasm). Gidravlik qarshilikni kamaytirish va teshikli tarelkalarining barqaror ishlash diapazonini kengaytirish uchun ularning ustiga klapan qurilmasi o'natiladi. Natijada gazning kichik va katta sarflarida ham tarelkaning ishlash

samaradorligi ortadi. Gaz tezligi kichik bo'lganda bu tarelka oddiy, teshikli tarelka kabi ishlaydi. Tezlik ortishi bilan klapan va tarelka diski orasida yoriq hosil bo'ladi. Bu yoriqdan gorizontalgacha nisbatan ma'lum bir burchakda gaz chiqadi. Bunday tarelka vertikal to'siqlar bilan seksiyalarga ajratilishi ham mumkin. Seksiyalarga ajratilgan teshikli-klapanli tarelkalarining unumdorligi oddiy klapanli tarelkalarga qaraganda 1,4 martagacha, modda almashinish samaradorligi esa 1,3 martagacha yuqori bo'ladi.

Suyuqliksarfikatta (sug'orishzichligi 50m^3 / m^2 sdanyuqori) bo'lsako'pquyilishqurilmaliyokiikkontaktzonalitarelkalarniqo'llashmaqsadgamuvofiqbo'ladi.

Ikkontaktzonasibo'lgantarelkateshikliyokiklapanlitarelkabilantarelkalarorasi dagimaydo ndaqushimchategishishzonasihosilqiluvchiqurilmaningkombinatsiyasidaniborat.

Quyilishqurilmasidan (biryokibirnechta) suyuqlikkolonnaningbutunko'ndalangkesmibo'ylabplyonkako'rinishida oqibtushadi.

Gazanashuplyonkaniyoribo'tayotgandaqo'shimchakontaktlashishyuzberadi. Gaz bilan suyuqlikning asosiy tegishishi tarelka ustida amalga oshadi.

Tarelkalarni tanlashvahisoblash

Tarelkalarningturijudako'pbo'lganiuchunularningoptimalkonstruksiyasinitanlashbiozqiyyin.

quyidagi15.2-jadvaldabirnechaxiltarelkalarningulargaqo'yiladigantalablargijavobberaolishqobiliyatitib allisistemadako'rsatilgan. Bundabaholarningmazmuniquyidagicha: 0-yaroqsiz; 1-yarashishubhali; 2-yaraydi; 3-to'liqyaraydi; 4-yaxshiyaraydi; 5-a'lodarajadayaraydi.

15.2-jadval. Tarelkalarningnisbiyxarakteristikasi.

TALABLAR	Tarelkaningturi										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Gaz va suyuqlik sarfi:	2	1	4	4	4	4	4	4	4	4	5
Katta	3	3	2	3	5	5	5	2	3	3	1
Kichik											
Barqarorishlash diapazoni kattaligi	4	3	4	5	5	5	5	1	1	3	3
Gidravlik qarshilik kichikligi	0	0	3	2	3	2	2	4	3	3	5
Samaradorlik kattaligi	4	3	4	4	5	4	5	4	4	3	3
Metall sarfikamligi	2	2	4	3	4	4	3	5	5	5	5
Texnik xizmat ko'rsatish osonligi	2	1	3	2	3	3	2	5	4	3	3
Agressiv muxitlarda qo'llash mumkinligi.	2	1	3	2	2	2	2	4	4	2	2

Jadvald tarelkalarning belgilanishi quyidagicha:

- 1- aylana qalpoqchali;
- 2- to'rtburchakli qalpoqchali;
- 3- teshikli, quyilish qurilma;

- 4- teshikli, yoʻnaltiruvchi qaytargichli;
- 5- aylana klapanli;
- 6- toʻrtburchak klapanli;
- 7- ballastli;
- 8- yoriqli, quyilish qurilmasiz;
- 9- teshikli, quyilish qurilmasiz;
- 10- tangachali;
- 11- plastinkali.

Tarelkaliabsorberlarnitaqribiyhisoblashdatarelkalarsoniniquyidagitenglamadantopishmumkin (aniqroqhisoblashkeyingibobdakeltiriladi):

$$n=n_t/\eta \quad (15.22)$$

Sinov savollari:

Klapanli tarelkalarining qanday afzalliklari bor?

1. Klaponli tarelkalarining tuzilishi va ishlatishini tushuntiring;
2. Ballastlitarelkalarqandayishlaydi?
3. Teshikli tarelkalarining qanday turlari bor?
4. Teshikli va yoriqli tarelkalarining afzalliklari va kamchiliklari nimada?
5. Yoʻnaltirilgan oqimli tarelkalar boshqa tarelkalardan nimasi bilan farq qiladi?
6. Plastinkali tarelkalar qanday afzalliklarga ega?
7. Teshikli-klapanli tarelkalarining ishlash prinsipini tushuntiring;

Ikkita kontakt zonasi boʻlgan tarelkalar qanday ishlaydi.

10-ma`ruza. mavzu. Suyuqliklarni haydash

- Reja: 16.1.Suyuqliklarni haydash. U mumiy tushunchalar**
16.2.Konovalov qonuni. Jarayon diagrammalari.
16.3. Suyuqliklarni bir-birida erish qobiliyati.
16.4. Azeotrop suyuqliklar va ularning diagrammalari.

Tayanchiboralar:

Klaponlitarelkalar, suyuqlikvagazsarfi, to'g'rivaperpendikulyaroqim, klonnaningog'irligi, gidrovlikqarshilik, ballastlitarelkalar, chegaralovchielement, teshiklitarelkalar, quyilishqurilmasi, yoriqlitarelkalar, bo'shko'ndalangkesim, gazningbosimi, davriy, gidrovlikqarshilik, yo'naltirilganoqimli, plastinkali, tangachali, qarama-qarshioqim, dispersfaza, yassidisk, vertikalto'siqlar, kombinatsiyalitarelka, Teshikli-klapanli, gaz tezligi, ikki kontakt zonali tarelka, plynka.

16.1.Suyuqliklarnihaydash. Umumiytushunchalar

Suyukliklarnixaydashvarektifikatsiya—

busuyukvabug'fazalarorasidakomponentlarozaromoddaalmashinishyulibilansuyukaralash malarnikomponentlargaajratishjarayonidir. Ushbujarayonissizlikta'siridaolibborilib, komponentlarningqaynashtemperaturasixarxilbulishigaasoslanadi. Bu jarayon 2 xil bo'ladi: oddiy xaydash (distillash) va murakkab xaydash (rektifikatsiya). SHuni alohida ta'kidlash kerakli, Bunda modda suyuq fazadan bug'ra va bug'dan suyuq fazaga o'tadi.

Ikkivaundanortiquchuvchankomponentlardantarkibtopganbirjinslisuyuklikaralashmalarini ajratishuchunkullaniladiganusullardanengkentarkalganlarihaydashvarektifikatsiyadir.

Xaydash va rektifikatsiya jarayonlari kimyo, oziq - ovkat va boshqa sanoatlarda juda keng kulamda ishlatiladi. Masalan, texnik va oziq - ovkat etilspirtlarini, aromatik moddalar ishlab chikarishda, hamda aralashmalarnidagal ajratish uchun kulaniladi. Juda tula ajratish uchun rektifikatsiya jarayonidan foydalaniladi.

Xaydash va rektifikatsiya jarayonlari bir xil temperaturada aralashma komponentlarining turli uchuvchanligiga asoslangandir. YUkori uchuvchanlikka ega komponent **engil uchuvchan** past uchuvchanlikka ega komponent**kiyin uchuvchan** deb nomlanadi. Demak, engil uchuvchan komponent kiyin uchuvchanga karaganda pastrok temperaturada kaynaydi.

SHuning uchun ham, ular past va yukori temperaturada kaynaydigan komponentlar deb ataladi.

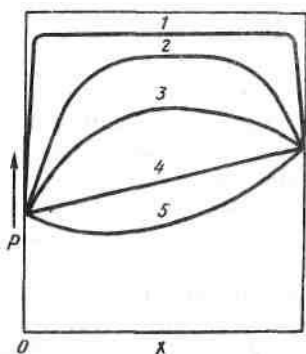
Xaydash yoki rektifikatsiya jarayonida boshlangich aralashma engil uchuvchan komponenti bilan boyitilgan distillyatva kiyin uchuvchan komponent, bilan boyitilgan **kub koldikka** ajraladi. Xaydash jarayonida xosil bulgan bug' kondensator - deflegmatorga kondensatsiyalash natijasida distillyat olinadi. Kurilma kubida esa - kub koldigi koladi.

16.2.Konovalovqonuni. Jarayondiagrammalari

Amalda ko'pincha ko'p komponentli aralashmalarni ajratishga tugri keladi, biroq jarayonning nazariyasini urganish uchun ikki komponentli, ya'ni binar aralashmani xaydash yuli bilan ajratishni kurib chikish maksadga muvofikdir. Binar aralashma engil va kiyin uchuvchan komponentlardan iborat buladi.

Binar aralashmalarning klassifikatsiyasini D. P. Konovalov ishlab chikkan (16.1-raem). Bu raemda turli binar aralashma bug'larining umumiy bosimi va suyuq faza urtasidagi bogliklik kursatilgan. Vertikal ukda uzgarmas temperaturada aralashma bug'ining umumiy bosimi berilgan bulsa, gorizontal ukda esa suyuq fazaning tarkibi (% xisobida) kursatilgan.

Agar aralashma komponentlari uzaro bir-birida erimasa (yoki juda oz miqdorda erisa), bu xolat 1-chizik orkali ifodalanadi. Bunda aralashma bug'larining bosimi toza komponentlar bug' bosimlarining yigindisiga teng buladi. Bu turdagi aralashmalarga benzol hamda suvning yoki uglerod sulfid va suvning aralashmalari misol buladi



16.1-rasm. Binar aralashmali uchuvchan suyuqliklar klassifikatsiyam:

/ — komponentlari uzaro bir-birida erimaydigan suyuqliklar; 2 — komponentlari bir-birida kisman eriydigan suyuqliklar; 3 — komponentlari bir-birida tula eriydigan va bug‘lari bosimining uzgarishi maksimum orkali utgan suyuqliklar; 4 — ideal sistemalar; 5 — komponentlari bir-birida tula eriydigan va bug‘lari bosimining uzgarishi minimum orkali utgan suyuqliklar.

16.3. Suyuqliklarni bir-birida erishqobiliyati

Binar aralashma komponentlari bir-birida kisman erisa, bunday aralashma bug‘larining bosimi 2-chizik buyicha uzgaradi. Bunday sistemalar suv-izobutil spirt, suv-izoamil spirt aralashmalari kiradi.

Komponentlari uzaro tula va istalgan nisbatlarda bir-birida eriydigan aralashmalar bug‘larining bosimi 3- chizik buyicha uzgaradi. Bunday aralashma bug‘lari bosim yigindisining uzgarishi maksimum orkali utadi, bu xolat maksimal temperatu-radagi suyuq fazaning tegishli tarkibi bilan belgilanadi/ Bu turdagi aralashmaga etil spirt — suv aralashmasi misol buladi.

Komponentlar bir-birida tula erisa, aralashma bug‘larining umumiy bosimi minimumga ega buladi (5- chizik). Bunday aralashmalar katoriga suv — chumoli kislota, atseton — xloroform aralashmalari kiradi.

Bir komponent ikkinchi komponentda tula erisa - yu, biroq bosim maksimum yoki minimumga ega bo`lmasa, bunday xolat 4-chizik orkali ifodalanadi. Bunday eritmalar ideal sistemalar deb yuritiladi (masalan: ammiak — suv; metil spirt — etil spirt).

SHunday kilib, $R = f(x)$ chizikning kurinishi sistema komponentlari molekularining uzaro ta’siri turlicha bulishi bilan boglik ekan.

Bosimning 4- chizigiga moe kelgan aralashmada bir xil va turlicha molekularning tortishish kuchi bir xil buladi. Bunday aralashmalarning xosil buliuidi xajm kichraymaydi ham, kattalashmaydi ham, komponentlarining aralashishi paytida issiklik effekti yuz bermaydi.

Ieal eritmalarining xossalari Raul konuni bilan ifodalanadi. Bu konunga kura, suyuqlik ustidagi bug‘lar tarkibidagi komponentlarning parsial bosimi toza komponent bug‘i bosimining komponentning suyuqlikdagi molyar ulushiga ko‘paytirilganiga teng:

$$p_a = P_a \cdot x_a$$

bu erda R_a — komponentning parsial bosimi; R_a — berilgan temperaturadagi toza komponent bug‘larining bosimi; x_a — komponentning suyuqlikdagi molyar ulushi.

Aralashma bug‘i bosimining uzgarishi tugri chizikdan chetga chiksa, bunday eritmalarining xosil bulishi ma’lum mikdordagi issiklik effekti orkali boradi. Bu xol komponentlar molekula-lari urtasida uzaro ta’sir kuchi borligidan dalolat beradi.

Agar bir xil bulmagan molekular urtasidagi tortishish kuchi bir xil bulgan molekular urtasidagi tortishish kuchidan kam balsa, aralashma bug‘lari bosimining chizigi ideal eritmalar chizigining yukorigi tomonida joylashadi (1-, 2- va 3-chiziklar). Agar bir xil bulmagan molekularning tortishish kuchi bir xil bulgan molekularning tortishish kuchidan katta balsa, u xolda bosimning egri chizigi ideal eritmalar tugri chizigining pastidan utadi (5- chizik).

Bir xil bulmagan molekularning uzaro tortishish kuchi juda

kichik bulsa, bunda suyuk faza ikki katlamga bulinadi. Har bir komponent suyuk, fazadan bug' fazasiga uz molekularini yuboradi. Umumiy bosim berilgan temperaturadagi toza komponentlar bosimlarining yigindisiga teng (1- va 2-chizik, -lar).

Erkinlik darajasi soni

Eng oddiy aralashma 2 ta komponentdan tarkib topgan buladi va u **binar x aralashma** deb ataladi. Binararalashmaning erkinlik darajasi soni quyidagicha teng:

$$C = K + 2 - \Phi = 2 + 2 - 2 = 2$$

bu erda K - komponentlar soni; F - fazalar soni.

Sistema xolatini uchta bir-biriga bog'lik bulmagan parametr belgilaydi: bosim, temperatura va konsentratsiya h u. Agar, istalgan ikkita parametr tanlansa, uchinchisini aniqlash kiyin emas. Demak, muvozanat chizigoni istalgan ikkita uzgaruvchi parametr orqali ifodalash mumkin, yani r va j , t va d ; r va t , x va u .

Ma'lumki, suyuklik aralashmalari uzlarining fizik-kimyoviy xarakteristikalari buyicha katta farq kiladi.

Komponentlarning uzaro erishiga karab, binar aralashmalarni 3 guruxga bulish mumkin:

- komponentlaricheksiz. eruvchan aralashmalar;
- komponentlari uzaro erimaydigan aralashmalar;
- komponentlarikisman eruvchan aralashmalar.

Komponentlari cheksiz eruvchan aralashmalar uz navbatida ideal va xakikiy eritmalarga bulinadi.

16.4. Azeotropsuyuqliklarning diagrammalari

Bug' fazasining eng ilchuvchan komponent bilan boyish darajasi asosan xaydash usuliga bog'liq. Suyukliklarni xaydash - ning ikkita prinsiplari usulibor: 1) oddiy xaydash (distillya - siya); 2) murakkab xaydash (rektifikatsiya).

Aralashma komponentlarining ilchuvchanligi urtasidagi farqancha kattabulsa, bunda oddiy xaydash usulidan foydalaniladi. Oddiy xaydash paytida suyuklikning bir marta kisman bug'lanishi yuz beradi. Odatda bu usul suyuk aralashmalarni birlamchi ajratish hamda murakkab aralashmalarni keraksiz kushimcha - lardan tozalash uchun ishlatiladi.

Suyuk aralashmalarni komponentlarga tula ajratish uchun rektifikatsiya usulidan foydalaniladi. Rektifiklash jarayoni aralashmani Bug'latishda ajralgan bug' va bug'ning kondensa - siyalanishi natijasida xosil bulgan suyuklik urtasida ko'p marotabalik kontakt paytidagi modda almashinishga asoslangan.

Suyuk aralashmalarni rektifikatsiya yordamida ajratish kolonnali apparatlarda olib boriladi, bunda bug' va suyuklik fazalari urtasida uzluksiz va ko'p marotabalik kontakt yuz beradi. Fazalar urtasida modda almashinish protsessi boradi. Suyuk fazadan engil ilchuvchan komponent bug' tarkibiga utadi, bug' fazasidagi ilchuvchan komponent esa suyuklikka utadi. Rektifikatsion kolonnaning yukorigi kismidan chikayotgan bug' asosan engil ilchuvchan komponentdan iborat bulib, u kondensatsiyaga uchragandan sung ikki kismga ajraladi. Kondensatning birinchi kismi distillyat yoki rektifikat (yukorigi maxsulot) deb ataladi. Kondensatning ikkinchi kismi esa apparatga kaytariladi va u flegma deb yuritiladi. Kaytarilgan suyuklik (flegma) pastdan kutarilayotgan bug' bilan uchrashadi. Kolonna - ning pastki kismidan, asosan, kiyin ilchuvchan komponentdan tashkil topgan koldik uzluksiz ravishda chikarib turiladi.

Hozirgi vaktida kimyoviy texnologiyaning ko'pchilik soxalarida (organik sintez,

izotoplar, polimerlar, yarim utkazgichlar va shu kabi bir kator uta toza maxsulotlar ishlab chikarishlarda) rektifikatsiya usuli keng kullanilmokda. Rektifikatsiya jarayoni spirt, neft va sintetik kauchuk ishlab chikarishda ham keng ishlatiladi. Bundan tashkari, spirt, vino, likyor — arok va efir moylari ishlab chikarishda ham rektifikatsiyadan foydalani-ladi.

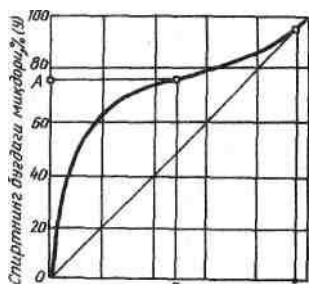
Aralashmakomponentlarningkaynashtemperaturalaribir - birigayakinbulsabundayaralashmalarniajratishanchakiyinxisoblanadi. Bunday xollarda xaydashning maxsus usullari: ekstraktiv rektifikatsiya, azeotrop rektifikatsiya, molekulyar distillash va past'temperaturali rektifikatsiya jarayonlaridan foydalaniladi.

Binar aralashmaning muvozanat egri chizigi

Binar sistemalarning muvozanat xolatdagi fazalari tarkibi D. P. Konovalov tomonidan urganilgan va ikkita konun taklif etilgan.

Konovalovning birinchi konuni kuyidagicha: «Eritma bilan muvozanatda bulgan bug‘ doim uzida shunday komponentoy ortikcha ushlaydi, bunda eritmaga shu komponentdan kushilganda uning kaynash temperaturasi pasayadi». Masalan, etil spirt — suv sistemasini kuramiz. Agar suyuk fazaga spirt kushilsa sistemaning kaynash temperaturasi pasayadi. Konovalovning birinchi konuniga asosan, bunday eritma kaynashi paytida bug‘ fazasining spirt bug‘lari bilan boyishi sodir buladi.

Bosim egri chizigi maksimum yoki minimumga ega bulgan eritmalar uchun suyuk fazaning shunday tarkibi ma‘lumki, bunday sharoitda ajralib chikayotgan bug‘larning tarkibi suyuk fazaning tarkibi bilan bir xil bulib koladi. Bunday aralashma azeotrop yoki aloxida kaynatiladigan aralashma deb ataladi. Konovalovning ikkinchi konuni azeotrop aralashma tarkibini aniklashga imkon beradi: «Aralashmaning bug‘ bosimi (yoki kaynash temperatu-ralari) ekstremularida (ya’ni egri chiziklarning maksimal chukkilarida.) suyuklik va bug‘ fazalarining tarkiblari bir xil bo‘lib koladi». —£> Etil spirt — suv sistemi azeotrop aralashmalarga misol buladi. Normal bosimda suyuk fazadagi spirtning 95,57 massaviy protsentiga bug‘ tarkibidagi spirtning 95,57 massaviy protsenta tugri keladi. Bu normal bosimdagi spirt va suvning azeotrop aralashmasi buladi (15.2-rasm).



16.2-rasm. Binar aralashmaning muvozanat egri chizigi.

Binar eritmalarining muvozanat egri chiziklari tajriba yuli bilan tuziladi. 15.2-rasmda etil spirt — suv sistemasining muvozanat egri chizigi kursatilgan. Vertikal ukda engil uchuvchan komponentning (ya’ni etil spirtning) bug‘dagi konsentratsiyasi u, gorizonta ukda esa engil uchuvchan komponentning suyuk fazadagi konsentratsiyasi x berilgan.

Konovalovning birinchi konuniga kura 15.2-rasmda kursatilgan muvozanat egri chizigi diagonalning yukorigi kismidan utadi. Natijada bug‘ tarkibida suyuklik tarkibidagiga kara-ganda spirt ko‘p mikdorda buladi. Bu konuniyatni «a» va «L» nuktalarga moe kelgan konsentratsiyalarning mikdoriga karab aniklash mumkin.

Konovalovning ikkinchi konuniga kura, muvozanat egri chizigi diagonalni azeotrop aralashmaning tarkibiga moe kelgan nuktada kesadi. Normal bosim bu nukta kaynash temperaturasi 78,15°S kiymatiga moe keladi. Normal bosimda suvning kaynash temperaturasi 100°S bulsa, etil spirtning kaynash temperaturasi esa 78,3°S. Demak,

azeotrop aralashma minimal temperaturada Kaynaydi.

Kurilayotgan sistemada bosimning uzgarishi bilan sistema muvozanatining uzgarishi yuz beradi, natijada bug' fazasining muvozanat tarkibi uzgaradi. Bu uzgarishning moxiyatini aniklash uchun M. S. Vrevskiy tomonidan ikkita konun taklif etilgan:

1. Ikki komponentli aralashmaning kaynash temperaturasi (yoki bosimi) oshirilganda bug'larning tarkibida bug'lanishi uchun katta energiya talab kiluvchi komponentning nisbiy mikdori ortadi.

2. Bug'ining uchuvchanligi maksimumga ega bulgan eritmalarining temperaturasi (yoki bosimi) oshirilganda azeotrop aralashmalarda bug'lanishi uchun katta energiya sarfini talab kiluvchi komponentning nisbiy mivdori ortadi. Bug'ining uchuvchanligi minimumiga ega bulgan eritmalarining kaynash temperaturasi oshirilganda azeotrop aralashmada bug'lanishi uchun kam energiya talab kiluvchi komponentning nisbiy mikdori ko'payadi.

Vrevskiy konuniga kura, etil spirt — suv aralashmasi uchun suyuqlikdagi spirtning konsentratsiyasi kam bulganda (21% mol gacha) sistemadagi bosim kamayishi bilan bug' tarkibidagi suv mikdori ortadi, spirtning suyuqlikdagi konsentratsiyasi yukori bulganda (21% mol dan katta) bosim kamayishi bilan bug' tarkibidagi spirt mikdori ko'payadi.

Azeotrop aralashmalarda esa sistemadagi bosim kamayishi bilan ulardagi spirt mikdori ko'payadi. Bosimning ayrim minimum kiymatida azeotrop nuktasi yukolib ketadi va xaydash natijasida suvsiz spirt olish mumkin buladi. 15.1-jadvalda turli bosimlar uchun azeotrop aralashmadagi spirt mikdorining uzgarishi keltirilgan.

16.1-jadval. Azeotrop aralashmadagi etil spirt mivdorining sistemadagi bosimga vdrab uzgarishi

Bosim, MPa	Kdynashtem- peraturasi, -s	Spirtning 1 B mivdori msh massavii %	Kaynashtem- peraturasi, "S	Spirtning mivdori, massavii %
0,009	27,92 33,35	100 0,054	63,04 78,15	96,25 95,57
0,013	39,20 47,60	99,56 1,101	87,12 95,35	95,35 95,25
0,016		98,70 1,143		
0,026		97,30 1,193		

Oddiyxaydash

SuyuklikaralashmalarinibirmarotabakismanBug'latishyulibilanajratishjarayoni**oddiyxaydash**debnomlanadi.

Oddiyxaydashjarayoninieritmakomponentlariuchuvchanligiorasidagifarq.

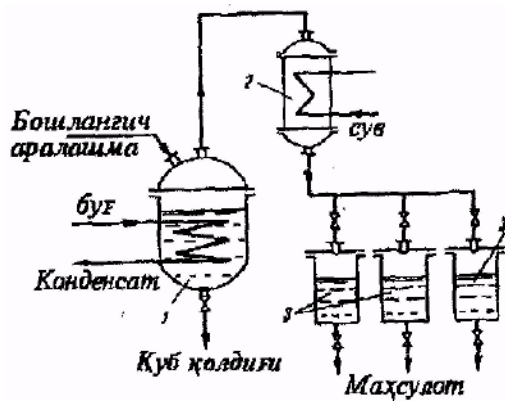
kattabulganxollardaginakullashmaksadgamuvofik, vayukorisamaraberadi.

Oddiyxaydashkuyidagiusullardaamalgaoshiriladi; fraksiyalixaidash;

deflegmatsiyabilanxaydash; suvbug'ibilanxaydash; molekulyarxaydash.

Fraksiyalixaydash

BuusuldaxaydashxaydashkubidagieritmaniastasekinBug'latishyulibilanolibboriladiganajratishjarayonidir.



16.3-rasm. Oddny xaydash kurilmasi.

1 - kub; 2 - kondensator; 3- distillyat yiggichlar.

Jarayon davomida xosil bulayotgan bug‘ kondensator 2 ga uzatiladi va u erda kondensatsiyalanib, distillyat xolatida yiggich 3 ga yuboriladi. Jarayon tugagandan sung, kub 1 dagi kub koldikka chikarib tashlanadi. Kub 1 tuyingan suvbug‘iyokitugungaelaribilankizdiriladi.

Eritmanixaydashjarayonidakubkoldigidaengiluchuvchankomponentmikdorivadistillyat tarkibidagimikdorimaksimalkiymatdanminimalgachakamayadi. SHuning uchun, xar xil tarkibli distillyat fraksiyalari turli yshtichlarga ajratib olinadi.

Xar xil tarkibli maxsulot olishga muljallangan eritmalarni ajratib olish usuli **fraksiyami xaydash** deb nomlanadi.

Oddiy xaydash davrida xosil bulayotgan but kubdan chikarib olinadi va xar bir onda kubda kalgan eritma bilan muvozanatda buladi.

Bu usulda xaydash atmosfera yoki vakuum ostida olib boriladi. Vakuum ostida xaydash usuli issiklikka chidamsiz eritmalarni ajratish imkoniyatini yaratadi, chunki bu usulda kaynash temperaturasi pasayadi. SHuning uchun hambu usulda xaydash davrida past temperaturali suv bug‘laridan foydalaniladi.

Distillyatning urtacha tarkibi moddiy balans tenglamasidan aniklanadi:

$$Fx_f = Wx_w + (F - W)x_{dyp}$$

bundan

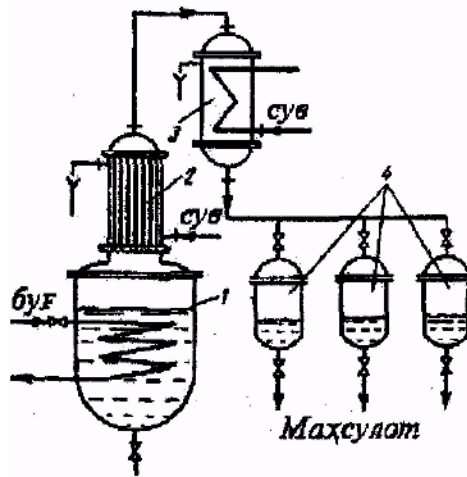
$$x_{dyp} = \frac{Fx_f - Wx_w}{F - W} \quad (5-122)$$

bu erda F - boshlangich eritma mikdori; x_f - boshlangich eritma konsentrash!yasi; W -kub koldigi mikdori; x_w - kub koldigi konsentratsiyasi.

Deflegmatsiya bilan xaydash

Bu usul eritmalarni ajratish darajasini kutarish uchun kullaniladi (16.4-rasm).

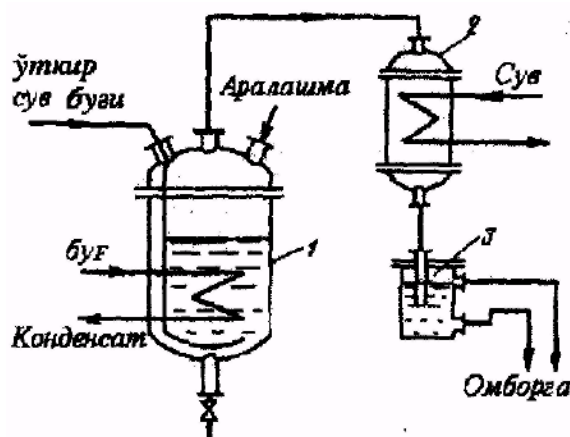
Bu usulda, kub 1 da xosil bulgan butlar deflegmator 2 ga uzatiladi va u erda kisman kondensatsiyalanadi. Kisman kondensaxxiyalanish davrida kiyin uchuvchan komponent mikdori ko‘p bulgan flegma xosil buladi va kaytadan kubga tushiriladi. Kub 1 ga tushish vaktida kutarilayotgan bug‘lar bilan uzaro ta’sirida buladi.



Engil uchuvchan komponent miqdori yuqori bulgan bug'lar kondensatorga yunaltiriladi. Kondensatsiyalanish natijasida xosil bulgan distillyat yiggich 4 ga tushadi. Kub koldigining konsentratsiyasi o'rnatilgan x_{y1} kiymatiga etgandan sung, kubdan chikarib yuboriladi.

Сув bug'i bilan xaydash

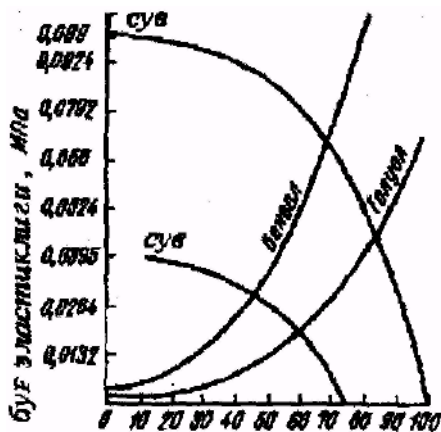
Eritmalar kaynash temperaturasini pasaytirish uchun jarayonni vakuum ostida tashkil etishusuli oldindan ma'lum edi. Lekin, eritmалarni сув bug' bilan xaydash usuli сувda erimaydigan eritmalar uchun juda kul keladi.(16.5-rasm).



SHuning uchun, eritma komponentlari сувda erimasa, unda xaydash kubiga kushimcha komponent sifatida сув bug'i yuboriladi.

Сув bug'i bilan oddiy xaydash davrida kaynash temperaturasini aniklash diagrammasi keltirilgan. Bu diagrammada kaynash temperaturasiga сув bug'ining elastiklik egri chizigi bilan turli suyukliklar elastiklik egri chiziklari kesishgan nuktasi tugri keladi. Grafikdan kurinib turibdiki, atmosfera bosimida toluol–benzol aralashmasidan benzolni сув bilan xaydash paytida jarayon temperaturasi 69,5'S, bosim $r = 0,0395$ MPa da 46*S atrofida.

16.6-rasmda aralashmalarni сув buti bilan xdydash kurilmasining sxemasi keltirilgan.

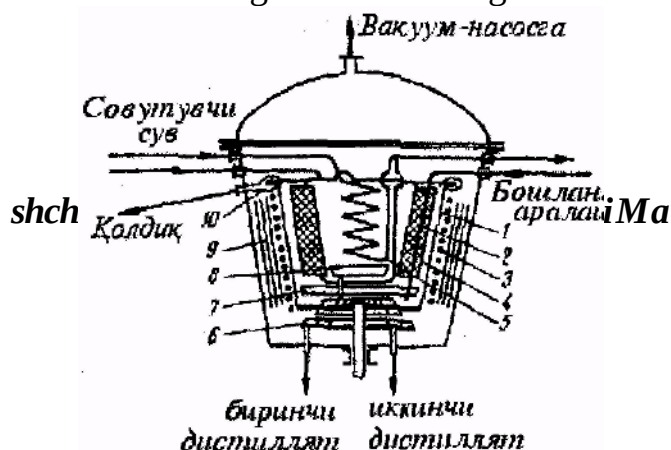


Molekulyarxaydash

Bu usul yuqori temperaturada kaynaydigan va issiklik kachidamsiz eritmalarni ajratish uchun qullaniladi.

Ushbu jarayon uta past vakuumda, ya'ni bosim 1,31...0, MPa bulgan oralikda olib briladi.

Molekulyar xaydash eritmani tashki yuzasidan Bug'latish orkali amalga oshiriladi. Jarayon bir – biriga yakin o'rnatilgan Bug'latish va kondensatsiyalash yuzalaridaruy beradi. Bug'lanish va kondensatsiyalanish yuzalari urtasidagi temperaturalar farqi 100° S atrofida bulgan aralashmalarni xaydash, ya'ni 16.7-rasmda molekulyar xaydash kurilmasining sxemasikeltirilgan.



15.7-rasm. Molekulyarxaydashkurilmasi.

1 - rotor; 2 - boshlangich eritmani uzatish trubasi; 3 - elektrisitkich; 4, 5 - kondensatorlar; 6 - xalkasimon yig'gich; 7, 8 - kondensator tagligi; 9 - konsentrik izolatsion plita; 10 - tarmoklinov.

Boshlangich eritma kurilmaga truba 2 orkali rotor 1 ning tubiga uzatiladi. Rotordagi eritma markazdan kochma kuch tasirida konus yuzasi buylab yupka katlam xolida tarkaladi. Bug'lanish yuzasidan ajralib chikkan molekullar kondensatsiyalanish yuzasiga k, arab yunaladi.

Uchuvchanligi nact komponent bug'lari kondensator 4 yuzalarida kondensatsiyalansa, uchuvchanligi yukori komponent bug'lari esa kondensator 5 yuzasida kondensatsiyalanadi. Birinchi fraksiya kondensator 4 dan taglik 8 ga, ikkinchisi esa, zmeevikda kondensatsiyalakib taglik 7 ga okib tushadi. Eritmaning bug'lanmagan kismi esa,

markazdan kochma kuch tasirida rotor chetidan tarmokli nov 10 ga toshib utadi va kurilmadan chiqarib yuboriladi. Ajratib olingan distillyat, taglik 8 chekkasidagi seksiya orkdli xalkasimon yiggichga, taglik 7 dan esa, markaziy seksiya orkali chikarib olinadi.

Sinov savollari

1. Rektifikatsiyalash jarayoni kaysi apparatda olib boriladi?
2. Xaydash deb nimaga aytiladi?
3. Rektifikatsiyalash jarayoni deb nimaga aytilad?
4. Xakikiy suyuklik aralashmalari.
5. Bir-birida ermaydigan yoki kisman eriydigan suyuklik aralashmalari.

11-12-mavzu. Rektifikatsiya

Reja: 17.1. Rektifikatsiya. Umumiytushunchalar.

17.2. Flegmavaflegmasoni.

17.3. Uzlusizishlaydiganrektifikatsionqurilmasi.

18.1. Jarayonningishchizig'i. Rektifikatsionkolonnasininghisoblashelementlari

Tayanchiboralar: Oddiyxaydash, murakkabxaydash, fraksiyalixaydash, rektifikatsiya, deflegmatsiyabilanxaydash, suvbutibilanxaydash, kismanajratish, engiluchuvchan, kiyinuchuvchan, molekulyarxaydash, uchuvchanlik, temperatura.

17.1. Rektifikatsiya. Umumiytushunchalar

Ikki va undan ortiq uchuvchan komponentlardan tarkib topgan bir jinsli suyuklik aralashmalarini ajratish uchun qullaniladigan usullardan eng keng tarkalganlarixaidash va rektifikatsiya dir.

Xaydash va rektifikatsiya jarayonlari kimyo, oziq - ovkat va boshqa sanoatlarda juda keng kulamda ishlatiladi. Masalan, texnik va oziq - ovkat etilspirtlarini, aromatik moddalar ishlab chikarishda, hamda aralashmalarnidagal ajratish uchun qullaniladi. Juda tula ajratish uchun rektifikatsiya jarayonidan foydalaniladi.

Xaydash va rektifikatsiya jarayonlari bir xil temperaturada aralashma komponentlarining turli uchuvchanligiga asoslangandir. Yuqori uchuvchanlikka ega komponent **engil uchuvchan** past uchuvchanlikka ega komponent **kiyin uchuvchan** deb nomlanadi. Demak, engil uchuvchan komponent kiyin uchuvchanga karaganda pastrok temperaturada kaynaydi.

SHuning uchun ham, ular past va yukori temperaturada kaynaydigan komponentlar deb ataladi.

Xaydash yoki rektifikatsiya jarayonida boshlangich aralashma engil uchuvchan komponenti bilan boyitilgan distillyat va kiyin uchuvchan komponent, bilan boyitilgan **kub**

koldikka ajraladi. Xaydash jarayonida xosil bulgan bug‘ kondensator - deflegmatorga kondensatsiyalash natijasida distillyat olinadi. Qurilma kubida esa - kub koldigi koladi.

17.2. Flegmavaflegmasoni

Suyuklikaralashmalarinitashkiletuvchikomponentlargabirnechamar-tak, isman Bug‘ latishvabug‘ larnikondensatsiyalashnatijasida ajratishgarektifikatsiyadeyiladi.

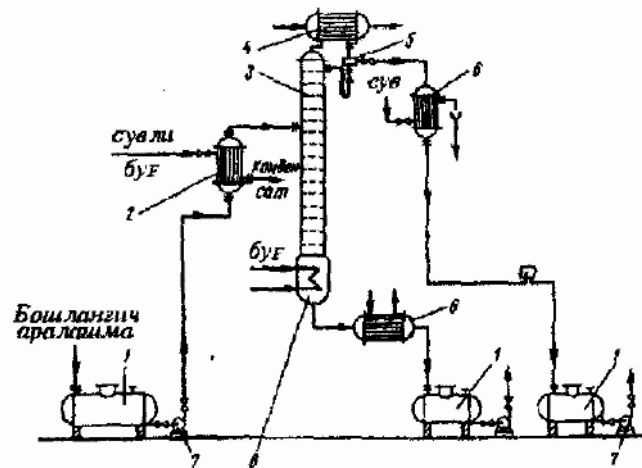
Odatda, eritmaları trla ajratishni fatsat rektifikatsiya usuli ta‘minlaydi. Bu jarayon nasadkali yoki tarelkali kolonnalarda utkaziladi. Kolonnada bug‘ va eritma karama - karshi yunalishda xarakatlantiriladi na xar bir tuknashish moslamasida bug‘ kondensatsiyalansa, eritma esa bug‘ning kondensatsiyalanish issikligi xisobiga kisman bug‘lanadi.

SHunday kilib, bug‘ engil uchuvchan komponent bilan, kolonnadam pastga okib tushayogan suyuklik esa - kiyin uchuvchan komponent bilan boyitiladi. Bug‘ va eritmaning ko‘p marta tuknashishi nisobiga distillyat butunlai engil uchuvchan, kub koldigi esa - kiyin uchuvchan komponentdan tarkib topgan buladi.

Istalgan rektifikatsion sxema tarkibida kolonna (tarelkali yoki nasadkali) va kaynatkich bo‘ladi. Odatda, kobik - trubali yoki zmeevikli issiklik almashinish qurilmasidan kaynatkich sifatida foydalaniladi. Kaynatkich kolonnaning pastki kismida yoki uning tashqarisida o‘rnatilishi mumkin. Turli sanoat korxonalarida tarelkali va nasadkali kolonnalar ko‘p ishlatiladi.

17.3. Uzlusizishlaydigan rektifikatsion qurilmasi.

Uzlusiz ishlaydigan rektifikatsion kolonnaning prinsipial sxemasi 17.1-rasmda ko‘rsatilgan. Boshlangach eritma isitkich 2 da kizdiriladi va kolonnaning ta‘minlovchi tarelkasiga o‘zatiladi. Kolonnadagi kaynatkich 8 ning issikligi ta‘sirida rektifikatsiya jarayoni sodir bo‘ladi, eritma distillyat va kub krldigiga ajraladi. Kolonnadan chikayotgan butar deflegmator 4 da kisman yoki tula kondensatsiyalanadi. Agar bug‘ tula kondensatsiyalansa, xosil bo‘lgan distillyat ajratuvchi moslama 5 da ikki kismga bulinadi.



17.1-rasm. Uzlusiz ishlaydigan rektifikatsion kolonna.

1 - yshtich; 2 - isitkich; 3 - rektifikatsion kolonna; 4 - deflegmator; 5 - ajratuvchi moslama; 6 - sovutkich; 7 - nasoslar; 8 - kaynatkich.

Birinchi kism - flegma suyuqlik tambasi orkali utib kolonnaning yuqori tarelkasida purkaladi, ikkinchi kismi esa - distillyat sovutkich 6 dan utkazilib sovutiladi va yitgich 1 da tuplanadi.

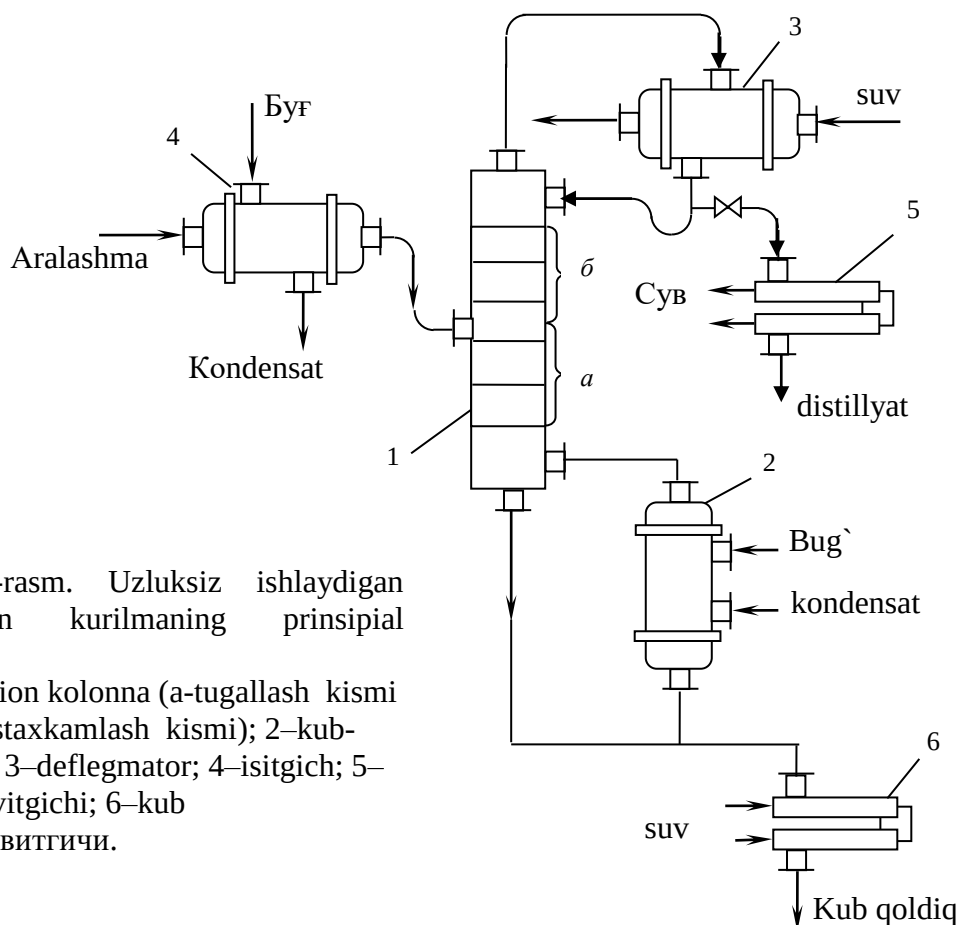
Agar, bug‘lar deflegmatorda kisman kondensatsiyalansa, ular kondensator-sovutkich orkali utkaziladi, u erda kondensatsiyalanadi va sovutiladi. Jarayon mobaynida xosil bulayotgan kub koldigi uning kimmatligi va zarurligiga karab eki yiggichda tuplanadi, yoki ok,ava suv sifatida utilizaiiyaga yo‘naltiriladi.

Odatda, sanoat mikyosida boshlangich eritma uch va undan ko‘p kislmlarga

ajratiladi.

18.1. Jarayonning ishchizig'i. Rektifikatsion kolonnasining hisoblash elementlari

Uzluksiz ishlaydigan rektifikatsion kolonnaning prinsipial sxemasi 18.1-rasmda ko'rsatilgan. Boshlangich eritma 4 isitkichda qizdiriladi va kolonnaning ta'minlovchitarelkasiga beriladi. Kolonnadagi 2 kaynatkichning issikligita'sirida rektifikatsiya jarayoni sodir bo'ladi, eritma distillyat va kub qoldigiga ajraladi. Kolonnadanchi kayotgan bug'lar 3 deflegmatorda kisman manyokitula kondensatsiyalanadi. Agar bug' to'lakondensatsiyalansa, hosil bo'lgan distillyat ajratuvchimoslamada ikki qismga bo'linadi.



18.1-rasm. Uzluksiz ishlaydigan rektifikatsion kurilmaning prinsipial sxemasi:

1-rektifikatsion kolonna (a-tugallash kismi chast, b-mustaxkamlash kismi); 2-kub-bug'latgich; 3-deflegmator; 4-isitgich; 5-distillyat sovitgichi; 6-kub qoldiq sovitgichi.

Birinchikism - flegmakolonnaning yuqori tarelkasida purkaladi, ikkinchikism esa – 5 distillyat sovitkichidan utkazilib sovitiladi va yitgich 1 da tuplanadi.

Agar, bug'lar deflegmatorda kisman kondensatsiyalansa, ular kondensator-sovitkich orkali utkaziladi, u erda kondensatsiyalanadi va sovitiladi. Jarayon mobaynida xosil bulayotgan kub qoldigi uning kimmatligi va zarurligiga karab eki yiggichda tuplanadi, yoki ok,ava suv sifatida utilizaiiyaga yo'naltiriladi.

Odatda, sanoat miqyosida boshlangich eritma uch va undan ko'p qismlarga

ajratiladi.

Ko‘p komponentli eritmalarni rektifikatsiya qilish.

Ko‘p komponentli eritmalarni rektifikatsiya qilish sxemasiko‘p kolonnalibulib, boshlangich eritmani uzluksiz ravishda uch kism, ya'ni A, V va S komponentlarga ajratishga muljallangan. Birinchi kolonna aralashmani A+VS yoki AV+S kislarga ajratadi. Aralashmani n kismga ajratish uchun n-1 ta rektifikatsion kolonnalardan tarkib topgan rektifikatsion qurilma zarur bo‘ladi.

Sinov savollari

1. Oddiy xaydash deb nimaga aytiladi?
2. Fraksiyali xaydash deb nimaga aytiladi?
3. Deflegmatsiya bilan xaydash degenda nimani tushunasiz?
4. Suvbuti bilan xaydash.
5. Molekulyar xaydashda aralashmalar kanday xaydaladi?

Rektifikatsion kolonnaning hisoblash asoslari

1. Minimal flegma soni. Haqiqiy flegma soni.
2. Tarelkalar sonini aniqlash. Nazariy va haqiqiy tarelkalar Soni

1. Minimal flegma soni. Haqiqiy flegma soni.

Ishchi chizigini u-x diagrammada tasvirlash

Eritma tarkibini xarakterlovchi X_w , X_r , X_d konsentratsiya qiymatlari abssissa ukiga kuyiladi (19.1-rasm). Agar, $x_d = u_d$ ekanligini xisobga olsak, x_d nuqtadan perpendikulyar chikarib, diagonal chiziq bilan kesishgan, koordinatla-ri $x_d = u_d$ bulgan, A nuqtasi topiladi.

Flegma soni R ma'lum bulsa, $V = X_d (R+1)$ kesma anitspanadi va u diagrammaning ordinata Ukiga kuyiladi. Sung, V kesmaning uchi bulmish nuqta b va A lar birlashtiriladi. Boshlangich eritma konsentratsiyasiga oid x/ nuqtasidan A chiziga bilan V nuqtada kesishguncha vertikal chiziq utkaziladi. AV tugri chiziq kolonna yukori kismning ishchi chizigini ifodalaidi. Keyin, jc» nuqtasidan perpendikulyar chikarilib,

diagonal bilan kesishgan S nuktani topamiz. S va 2 nuqtalarni birlashtirib, kolonna pastki kismining ishchi chizirini topamiz. Diagrammadan kurinib turibdiki, V nuqta ikkala ishchi chiziq uchun umumiy bulib, ta'minlovchi tarelkadagi bug' va suyuqlik yuzasining ishchi konsentratsiyalarini xarakterlaydi.

Eritma konsentratsiyalari X_w , X_r , X_d bulganda, ishchi chizikning holati kesma V ning qiymatiga bogliq. Uz navbatida V kesma ishchi flegma soni R ning kattaligi bilan aniqlanadi. Agar, flegma soni kamaysa, kesma V ning qiymati ortadi. Bunda ishchi va muvozanat chiziklarining Bt nukrasida kesishganda, ishchi chiziq Uzing maksimal yuqori xolati - AV ga intiladi. Ushbu nuktada jarayonni xarakatga keltiruvchi kuchi 0 buladi. Demak, rektifikatsion kolonnaning fazalar tuknashish yuzasi cheksiz katta bulishi kerak

Xakikatan ham, bunday xolatda konsentratsiyalar uzgarishining nazariy pogonalar soni cheksiz buladi va eritmani fakat cheksiz balandlikka ega shartli kolonnada ajratish mumkin. Lekin, isituvchi bur va kolonna diametri minimal kursatkichli buladi. Albatta, bunday sharoitda flegma soni ham minimal buladi va uni ushbu tenglamadan aniqlash mumkin:

$$R_{\min} = \frac{x_d - y_{f,m}}{y_{f,m} - x_f} \quad (19.1)$$

Ishchi chizigining kuyi chegaraviy xolatiga cheksiz katta flegma soni tutri keladi va u grafikda $V=0$ kesma bilan ifodalanadi. Bu xolda ikkala ishchi chizik diagonal bilan ustma-ust tushadi. Cheksiz katta flegma soniga maksimal xarakatga keltiruvchi kuch konsentratsiya uzgarish nazariy pogonalarining minimal soni va kolonnaning minimal soni, hamda kolonnaning minimal balandligi tugri keladi. Lekin, kolonnadagi bug', kaynatgichdagi isituvchi bug', deflegmatordagi sovuk suv sarfi va kurilma diametri maksimal buladi.

Xakikiy flegma sonivatarelkalar sonini hisoblash

Xaqiqiy flegma sonini tanlash uta murakkab masaladir, chunki uning mikdoriga karab rektifikatsion kolonna ulchamlari va issiklik eltkichlar sarfi uzgaradi. Kolonnalarni ishlatish uchun zarur sarflar va kapital xarajatlar, hamda energetik sarflar flegma soniga bogliq.

Kurinib turibdiki, flegma soni ortishi bilani ekspluatatsion sarflar proporsional ravishda ortadi. Kapital sarflarning flegma soniga boglikligi kolonna diametri va balandligiga teskari proporsionalligi bilan ifodalanadi. Flegma sonining ma'lum bir qiymatiga kapital sarflarning minimal kattaligi tugri keladi.

Odatda ushbu parametrlarni aniqlash konsentratsiyalar uzgarishining nazariy yoki hakikiy pogonalar soniga karab olib boriladi. Bunda, nazariy pogonada bug' va okib tushayotgan suyuqlik muvozanat xolatida buladi.

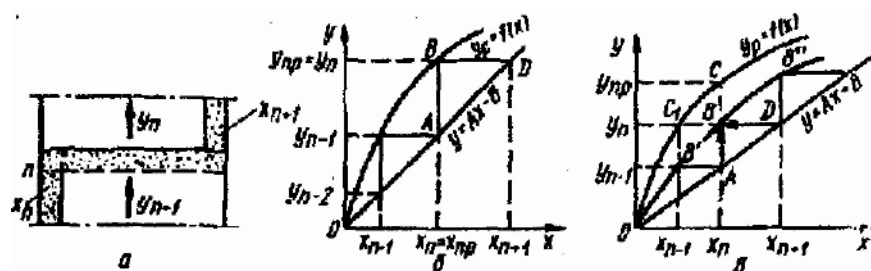
Barbotaj tarelkasining ishlash prinsipini kurib chikamiz.

Agar, konsentratsiyasi x_{n+j} bulgansuyuqlikyukoridan n — tarelkagaokibtushsa, pastdagitarelkadankonsentratsiyasi $y_{n,j}$ — bulganbug'kutariladi. Massaalmashtirishnatijasidasuyuqliklariengiluchuvchankomponentbug'gautsa, kiyinuchuvchanesabug'dansuyuqlikkautadi. Bug'dagiepgiluchuvchankomponentkonsentratsiyasi $u_{n,g}$ achaorta, suyuqlikdaesax_pdanx_ngachakamayadi.

Jarayonni taxlil qilishda quyidagi taxminlarni kabul qilamiz: tarel-
kadagi suyuqlik ideal aralashtirilgan va uning konsentratsiyasi uzgarmas x_p ga teng;

idealsikibchikarishrejimidagisuyuklikqatlamidabug‘ningkonsentratsiyasi u_n gachauzgaradi.

Rektifikatsion kolonnada o‘rnatish zarur bulgan nazariy tarelkalar sonini aniklash uchun ishchi va muvozanat egri chiziklarining A va S nuktalari orasiga pogonalar kuriladi.



19.1-rasm. Tarelkalar sonini aniklashga oid.

a - tarelkada bug‘ va suyuqlikning uzaro ta’siri; b - bug‘ va suyuqlik muvozanatga erishish jarayonini u-x diagrammada tasviri; v - bug‘ va suyuqlik muvozanatga erishmagan jarayonini u-x diagrammadagi tasviri.

Kolonnaning xakikiy tarelkasida xech kachon muvozanat konsentratsiyasiga erishib bulmaydi, ya’ni $u_n < U_{sh}$, (19.1v-rasm).

Kolonnadagi xakikiy tarelkalar sonini aniklash uchun foydali ish ko-effitsienti kullaniladi. Odatda uning kattaligi tajribaviy usul bilan topiladi.

Rektifikatsiya jarayonida massa berish koefitsientini xisoblash uchun kuyidagi tenglamalar tavsiya etiladi:

suyuk fazada:
$$Nu_{\mu c} = 540 \cdot Re_c^{0,33} \cdot Pr_{\mu c}^{0,45} \quad (19.2)$$

elaksimon tarelkalarda gaz fazasi uchun:

$$Nu_{\mu l} = 2,5 \cdot Re_l^{0,72} \cdot Pr_{\mu l}^{0,5} \cdot We^{-0,25} \quad (19.2)$$

kalpokchali tarelkalarda gaz fazasi uchun:

$$Nu_{\mu l} = 0,265 \cdot Re_l^{0,5} \cdot Pr_{\mu l}^{0,5} \cdot We^{-0,25} \quad (19.3)$$

(19.1) va (19.2) tenglamalardagi Nu_{de} va Re_e kriteriyalarda aniklovchi ulcham sifatida kapillyar konstanta $\chi = \sqrt{\sigma / \rho_c g}$ xisoblanadi.

Vayber kriteriysi $We = (\sigma / \rho_c) h_{st}^2 g$

bu erda δ - sirti taranglik, N/m; h_{st} - tarelkadagi suyuqlik katlamining statik balanligi, m.

19.2. Tarelkalar sonini aniqlash. Nazariy va haqiqiy tarelkalar soni

Ma’lumki, xalq xujaligining turli soxalarida rektifikatsiya jarayoni juda ko‘p ishlatiladi. Bu jarayonni amalga oshirishda tarelkali kolonnalardan keng kulamda foydalaniladi.

Misol tarikasida etil spirti-suv aralashmasini ajratish uchun uzluksiz ishlaydigan rektifikatsion kolonnani (tarelkali) hisoblashni kurib chiqamiz. Etil spirti-suv aralashmasining massaviy sarfi 6800 kg/soat etil spirtining boshlangich eritmadagi konsentratsiyasi $X_1 = 20\%$ (mass); etil spirtning distillyatdagi konsentratsiyasi $X_2 = 91\%$ (mass); etil spirtining kub krldigidagi konsentratsiyasi $aw \sim 2,6\%$ (mass); flegmaning

ortikchalik koeffitsienti $pR = 1,3$; $N = 0,5$; tarelkalar orasidagi masofa $A = 200$ mm; isituvchi bug' bosimi $p_b = 0,3$ MPa; rektifikatsiya jarayoni atmosfera bosimi-mida tashkil etilgan. Distillyat G_f , kub koldigi G_w va tarelkalar mikdori n , hamda kolonna balandligi N , diametri D_K va isituvchi bug' sarfi D larni aniqlash zarur.

Moddiy balans formuladan xosil bulayotgan distillyat mikdorini aniqlaymiz:

$$G_d = G_f \frac{a_f - a_w}{a_d - a_w} = 800 \frac{20 - 2,6}{91 - 2,6} = 157,4 \quad \text{kg/soat}$$

Quyidagi formuladan esa kub koldikning mikdori topiladi:

$$G_w = G_f - G_d = 800 - 157,4 = 642,4 \quad \text{kg / soat}$$

Rektifikatsiya jarayonini u-x koordinatlarida kurish uchun boshlangich aralashma, distillyat va kub koldiklari tarkibidagi engil uchuvchan komponent konsentratsiyasini quyidagi formulalar yordamida mol ulushlarda ifodalash mumkin;

$$x_{f,d,w} = \frac{\frac{a_{f,d,w}}{M_a}}{\frac{a_{f,d,w}}{M_a} + \frac{100 - a_{f,d,w}}{M_B}}$$

bu erda M_a va M_B - engil spirt va kiyin suv uchuvchan komponentlarning molekulyar massalari:

$$\begin{aligned} x_f &= \frac{20/46}{20/46 + (100-20)/18} = \frac{0,434}{0,434 + 0,44} = 0,089, \\ x_d &= \frac{91/46}{91/46 + (100-91)/18} = \frac{1,978}{1,978 + 0,5} = 0,798 \\ x_w &= \frac{2,6/46}{2,6/46 + (100-2,6)/18} = \frac{0,056}{0,056 + 5,41} = 0,01 \end{aligned}$$

Tajriba ma'lumotlari asosida u - x koordinatlarida boshlangich aralashma uchun muvozanat chizigini kuramiz.

Quyidagi formula yordamida minimal flegma sonini aniklaymiz:

$$R_{\min} = \frac{x_d - y_{fm}}{y_{fm} - x_f} = \frac{0,798 - 0,44}{0,44 - 0,089} = 1,25$$

bu erda y_{fx} - boshlangich aralashma tarkibidagi engil uchuvchan komponent bilan muvozanatda bo'lgan bug'dagi engil uchuvchan komponent konsentratsiyasi.

Kolonna yuqori kismi uchun ishchi chizishni 1^ogrish uchun haqiqiy flegma sonini xisoblaymiz:

$$R = \beta_R R_{\min} = 1,3 \cdot 1,25 = 1,629$$

$$B = \frac{x_d}{R+1} = \frac{0,798}{0,629} = 0,3$$

Sung, ordinata ukida $V = 0,3$ kesmani ulchab, uni A nuqta ($x_d = y_d$ koordinatli) bilan birlashtiramiz va kolonnaning yuqori kismi uchun ishchi chizik; olamiz. Pastki kism uchun ishchi chizik esa, V nuqtani S nuqta bilan birlashtirib aniklanadi.

Kolonna pastki va yuqori kismlaridagi konsentratsiya uzgarishi pogonalarining soni (p) ni aniqlaymiz. Buning uchun muvozanat va ishchi chiziklari orasiga A nuqtadan S gacha pogonali chiziklar utkazamiz. Tarelkasoni (5.66) formulayordamidatopiladi, yani:

$$n_x = \frac{n}{\eta} = \frac{16}{0,5} = 32$$

Kolonnaning xakikiy balandligies a

$$H = h \cdot (u_x - 1) = 0,2 \cdot 31 = 6,2$$

bu erda A - tarelkalar orasidagi masofa, m.

Qurilma diametri ushbu formuladan xisoblanadi:

$$D_K = \sqrt{\frac{V}{0,785 \cdot w_u}}$$

bu erda U - kolonnadagi bur sarfi; w_u - bug'ning ishchi tezligi.

$$\begin{aligned} V &= \frac{G_d (R + 1) \cdot (273 + t_{wp}) \cdot 22,4}{3600 \cdot M_a \cdot 273} = \\ &= \frac{157,4 \cdot 2,629 \cdot 360 \cdot 22,4}{3600 \cdot 46 \cdot 273} = 0,0738 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

bu erda t = 87°S - kolonnadagi bug'larning urtacha temperaturasi. Kolonnadagi bug'ning tezligi quyidagicha aniqlanadi:

$$w_{np} = 0,05 \sqrt{\frac{\rho_c}{\rho_\delta}}$$

bu erda ρ_s, ρ_b - suyuqlik va bug'ning urtacha zichligi. Bug'ning urtacha zichligi:

$$\rho_\delta = \frac{\rho_{\delta w} + \rho_{\delta d}}{2} = \frac{0,596 + 1,59}{2} = 1,09 \text{ kg l m}^3$$

Kubdan chikayotgan bug'ning zichligi (bug' fakat toza suvdan iborat deb taxmin qilinganda),

$$\rho_{\delta w} = \frac{M_B \cdot 273}{22,4 \cdot (273 + t_w)} = \frac{18 \cdot 273}{22,4 \cdot (273 + 95)} = 0,596 \text{ kg l m}^3$$

bu erda t_w = 95°S - kubdagi aralashmaning qaynash temperaturasi.

Deflegmatorga kirayotgan butning zichligi (bug' fakat toza spirtan iborat deb taxmin kilinganda),

$$\rho_{\delta d} = \frac{M_a \cdot 273}{22,4 \cdot (273 + t_d)} = \frac{46 \cdot 273}{22,4 \cdot 351,0} = 1,59 \text{ kg l m}^3$$

bu erda t_d = 78°S - spirtning kaynash temperaturasi kolonnadagi suyuqlikning urtacha zichligini 78°S li spirt zichligi va kubda suvning kaynash temperaturalarining urtachasini topamiz:

i unda

$$\rho_c = \frac{\rho_{cw} + \rho_{cd}}{2} = \frac{958 + 735}{2} = 846,5 \text{ кг / м}^3$$
$$w_{np} = 0,05 \sqrt{\frac{846,5}{1,09}} = 1,393 \text{ м / с}$$

Ishchi tezlikni ruxsat etilgan chegaraviy tezlikdan 20% ga kam mikdorda qabul kilamiz, ya'ni s

$$w_u = 0,8 \cdot 1,393 = 1,11 \text{ м / с}$$

Unda, kolonnaning diametri

$$D = \sqrt{\frac{0,0738}{0,785 \cdot 1,11}} = 0,291 \text{ м}$$

Issiqlikning umumiy sarfi rekgafikatsion kolonnaning issiqlik balansidan aniklanadi:

$$Q = G_d(R + 1) \cdot r_d + G_w c_w t_w - G_f c_f t_f - R G_d c_d t_d = 850 \text{ kJ/kg}$$

Sinov savollari

1. Rektifikatsiya jarayonini tashkil etish usullarini ayting.
2. Uzlüksiz ishlaydigan rektifikatsion kolonnaning ishlash pritsipini tushuntiring
3. Ko'p komponentli eritmalar kaysi usul bilan ajratiladi?
4. Rektifikatsion kolonnalarni xisoblash usulini tushuntiring.

13-ma`ruza.

Mavzu:Ekstraksiyajarayoniningasoslari

Reja: 20.1. Ekstraksiya turlari.

20.2. “Suyuqlik-suyuqlik” sistemasidagi ekstraksiya.

Tayanch iboralar: «Suyuklik – suyuklik» sistemasi, ekstraksiyalash, sistema muvozanati, jarayonini tashkil etish, usullari, ko'p pogonali ekstraksiya, Ekstraktorlar konstruksiyalari, bir pogonali, kattik materiallarni eksgraksiyalash, ajratgich, ekstragent, rafinat, ekstrakt.

20.1. Ekstraksiya turlari. U mumiyl tushunchalar

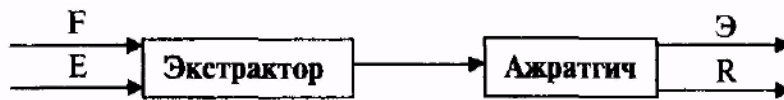
Ekstraksiya - bu eritma yoki qattiq jism tarkibidagi bir yoki bir nechta moddani biror erituvchi yordamida ajratib olish jarayonidir. Kimyo texnologiyasida «suyuqlik-suyuqlik» sistemasida amalga oshiriladigan ekstraksiya jarayoni nisbatan ko'p uchraydi.

«Suyuqlik - suyuqlik» sistemalarida eritma yoki qattiq jismlar tarkibidan bir yoki bir necha komponentlarni maxsus suyuqlik (erituvchi) yordamida ajratib olish jarayoni **ekstraksiyalash** deb nomlanadi. SHuni alohida ta'kidlash kerakki, erituvchi aralashmada erimaydi, lekin ekstraksiyalanayotgan komponentni eritadi.

Ma'lumki, ekstraksiya jarayoni 2 xil bo'ladi: 1) suyuqliklarni ekstraksiyalash; 2)

kattik materiallarni ekstraksiyalash.

Ekstraksiya jarayonining prinsipial sxemasi 5.47-rasmda keltirilgan.



20.1-rasm. Ekstraksiya jarayonining prinsipial sxemasi.

Tarkibida tarkatuvchi modda M bor boshlangich eritma F va erituvchi E lar ekstraktorga yuklanadi. Biror eritma tarkibidagi komponentlarni ajratib olish uchun kullaniladigan suyuqlik **ekstragent** (E) deb nomlanadi. Fazalar urtasida massa almashinish jarayoni ularning bevosita tuknashuvi tufayli yuz beradi. Ekstraksiya natijasida xosil bo'lgan suyuq aralashma ajratgichga yuboriladi va u erda ekstrakt(E) va rafinat (YA) ga ajratiladi.

Suyuk aralashmani ekstrakt va rafinatga ajratish uchun tindirish, separatsiyalash, sentrifugalash yoki boshqa mexanik jarayonlar kullaniladi. Ekstrakt tarkibidagi zarur komponent (maxsulot) ajratib olinadi, rafinatdan esa ekstragent qayta tiklanadi. Ekstraksiya jarayoni turli xil konstruksiyali qurilmalarda - Ekstraktorlar da utkaziladi.

Jarayon tahlili shuni kursatadiki, bu jarayon ham rektifikatsiya kabi eritmalarini ajratish uchun ishlatiladi. Agar, rektifikatsiya jarayoni issiqlik ta'sirida olib borilsa, ekstraksiya uchun esa-uning zarurati yuq. Rektifikatsiyada komponentlarga ajratish ularning turli uchuvchanligiga bog'liq. Agar, eritma komponentlarining qaynash temperaturalari bir-biriga juda yaqin bo'lsa, ekstraksiya jarayonidan foydalanish yuk, ori samara beradi. Lekin, ekstragentning zichligi, suyuq aralashma zichligidan etarli darajada farq. kilishi va kam bulishi keraq

Ekstraksiya jarayonidan kimyo, neftni qayta ishlash, neft kimyosi, ozik-ovkdt, farmatsevtika va sanoatning boshqa sox.alarida keng mikyosda foydalaniladi. Bu jarayon xilma-xil organik va neft-kimyo sintez maxsulotlarini toza xolda ajratib olish, nodir, kamyob va tarkrk elementlarni olish, okava suvlarini tozalash va boshqa soxalarda ishlatiladi. Jarayonning asosiy afzalligi shundaki, u past temperaturada o'tadi va termolabil moddalari bor elementlarni ajratish imkonini yarzgadi.

Ekstraksiya jarayoni kamchiliklardan xoli emas, ya'ni kushimcha erituvchi ishlatiladi, erituvchini qayta tiklash texnologik sxemani murakkablashtiradi va kushimcha qurilma talab etadi, x.amda jarayonni kimmatlashishiga olib keladi. Ko'pchilik xrdlarda ekstraksiya va rektifikatsiya jarayonlari ko'pincha birgalikda kullaniladi. Bunga sabab, boshlantich eritma konsentratsiyasi ortishi bilan rektifikatsiya jarayoniga zarur bo'lgan issiqlik sarfi kamayadi. Demak, avval ekstraksiya jarayonining utkazilishi, boshlangich eritmani ajratish uchun sarflanadigan issiqlikni tejashga olib keladi.

20.2. "Suyuqlik-suyuqlik" sistemasidagi ekstraksiya

«Suyuqlik - suyuqlik» sistemalarida eritma yoki qattiq jismlar tarkibidan bir yoki bir necha komponentlarni maxsus suyuqlik (erituvchi) yordamida ajratib olish jarayoni **ekstraksiyalash** deb nomlanadi. SHuni alohida ta'kidlash kerakki, erituvchi aralashmada erimaydi, lekik ekstraksiyalanayotgan komponentni eritadi.

Ma'lumki, ekstraksiya jarayoni 2 xil bo'ladi: 1) suyuqliklarni ekstraksiyalash; 2) kattik materiallarni eksgraksiyalash.

Tarkibida tarkatuvchi modda M bor boshlangich eritma F va erituvchi E lar ekstraktorga yuklanadi. Biror eritma tarkibidagi komponentlarni ajratib olish uchun kullaniladigan suyuqlik **ekstragent** (E) deb nomlanadi. Fazalar urtasida massa almashinish jarayoni ularning bevosita tuknashuvi tufayli yuz beradi. Ekstraksiya natijasida xosil bo'lgan suyuq aralashma ajratgichga yuboriladi va u erda ekstrakt(E) va rafinat (YA) ga ajratiladi.

Suyuk aralashmani ekstrakt va rafinatga ajratish uchun tindirish, separatsiyalash, sentrifugalash yoki boshqa mexanik jarayonlar kullaniladi.

Ekstrakt tarkibidagi zarur komponent (maxsulot) ajratib olinadi, rafinatdan esa ekstragent qayta tiklanadi. Ekstraksiya jarayoni turli xil konstruksiyali qurilmalarda - Ekstraktorlar da utkaziladi.

Jarayon tahlili shuni kursatadiki, bu jarayon ham rektifikatsiya kabi eritmalarini ajratish uchun ishlatiladi. Agar, rektifikatsiya jarayoni issiqlik ta'sirida olib borilsa, ekstraksiya uchun esa-uning zarurati yuq. Rektifikatsiyada komponentlarga ajratish ularning turli uchuvchanligiga bog'liq. Agar, eritma komponentlarining qaynash temperaturalari bir-biriga juda yakin bo'lsa, ekstraksiya jarayonidan foydalanish yuk, ori samara beradi. Lekin, ekstragentning zichligi, suyuq aralashma zichligidan etarli darajada farq. kilishi va kam bulishi keraq

Ekstraksiya jarayonidan kimyo, neftni qayta ishlash, neft kimyosi, ozik-ovkdt, farmatsevtika va sanoatning boshqa sox.alarida keng mikyosda foydalaniladi. Bu jarayon xilma-xil organik va neft-kimyo sintez maxsulotlarini toza xolda ajratib olish, nodir, kamyob va tarkrk elementlarni olish, okava suvlarini tozalash va boshqa soxalarda ishlatiladi. Jarayonning asosiy afzalligi shundaki, u past temperaturada o'tadi va termolabil moddalari bor elementlarni ajratish imkonini yarzgadi.

Ekstraksiya jarayoni kamchiliklardan xoli emas, ya'ni kushimcha erituvchi ishlatiladi, erituvchini qayta tiklash texnologik sxemani murakkablashtiradi va kushimcha qurilma talab etadi, x. amda jarayonni kimmatlashishiga olib keladi. Ko'pchilik xrdlarda ekstraksiya va rektifikatsiya jarayonlari ko'pincha birgalikda kullaniladi. Bunga sabab, boshlantich eritma konsentratsiyasi ortishi bilan rektifikatsiya jarayoniga zarur bo'lgan issiqlik sarfi kamayadi. Demak, avval ekstraksiya jarayonining utkazilishi, boshlangich eritmani ajratish uchun sarflanadigan issiqlikni tejashga olib keladi.

14-ma`ruza

mavzu. "Suyuqlik-suyuqlik" sistemamuvozanati

Reja: 21.1 Rozenbaum, Gibbsninguchburchakdiagrammasi.

21.2. Ekstraksiyalashningasosiyusullari.

Tayanchiboralar: «Suyuqlik – suyuqlik» sistemasi, ekstraksiyalash, sistemamuvozanati, jarayoninitashkiletish, usullari, ko'ppogonali ekstraksiya, Ekstraktorlarkonstruksiyalari, birpogonali, kattikmateriallarnieksgraksiyalash, ajratgich, ekstragent, rafinat, ekstrakt

21.1 Rozenbaum, Gibbsninguchburchakdiagrammasi.

Birsuyuqlikfazadanikkinchisigatarkaluvchimoddaningo‘tishimuvozanatxolatio‘rnat ilgo‘nchadavometadi, ya’nifazalardakimyoviypotensialartenglashgungakadar. Faraz kilaylik, jarayonda uchta komponent ($K \sim 3$) va ikkita faza ($F = 2$) katnashmokda. Unda, fazalar koidasiga binoan erkinlik darajasi $S = 3$. Lekin, odatda ekstraksiya jarayonida temperatura va bosim bir xil kilib ushlab turiladi. Bunday, ekstraksiyalash sistemasining erkinlik darajasi 1 ga teng bo‘ladi.

Demak, muvozanat xolatida bir fazadagi tarkaluvchi modda konsentratsiyasiga, ikkinchi fazadagi ma’lum bir konsentratsiya tutri keladi.

Ekstraksiya jarayonidagi muvozanat tarkalish koefitsienti $<r$ bilan xaraKTerlanadi, ya’ni ekstrakt va rafinatlardagi tarkaluvchi modda muvozanat konsentratsiyalarning nisbatiga teng.

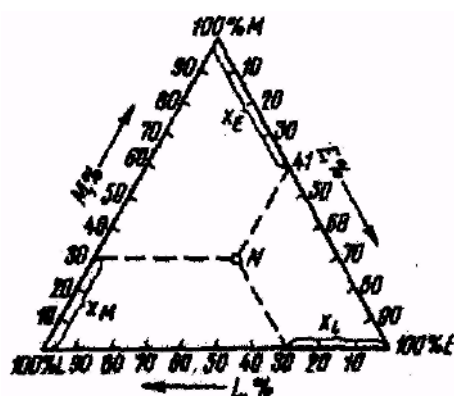
Bertlo-Nernst qonuniga buysinadigan suyultirilgan eritma uchun o‘zgarmas temperaturada tarqalish koefitsienti q , tarkaluvchi modda konsentratsiyasiga boglik, emas va r — ushbuyerdagi $u_{sh} x$ - ekstrakt va rafinatdagi tarkaluvchi modsaning muvozanat konsentratsiyalari. Bunday xollarda muvozanat tugri chizik kurinishida buladi:

$$y_M = \varphi \cdot x \quad (21.1)$$

Odatda, sanoat qurilmalarining tarqalish koefitsienti tajriba yuli bilan aniklanadi.

Agar, ikkala suyuqlik fazalar bir - birida erimasa, har bir fazani ikki komponentli eritma deb xisoblasa bo‘ladi. Bunday xolatlarda ekstraksiya jarayoni boshqa massa almashinish jarayonlari kabi $u-x$ koordinatalarida tasvirlash mumkin.

Ammo, suyuqlik fazalar bir-birida kisman erisa, xar bir fazani uch komponentli eritma deb hisoblasa bo‘ladi. Uch komponentli aralashmalar tarkibi uchburchakli koordinatalar sistemasida tasvirlanadi. Teng tomonli uchburchakning chukkilari L, M, E larda toza (100% li) komponentlar tarkibi ko‘rsatilgan: boshlangich eritma I , ekstragent E va tarkaluvchi molda M . Uchburchakning tomonlari LM, ME va EL moddalardagi xar bir nuqta ikki komponentli eritmani ifodalaydi.



5.48-рasm. Учбурчакли диаграмма.

UchburchakichkiyuzasidagiistalgannuqtaN uchkomponentlieritmatarkibinikursatadi.

EritmatarkibinianiqlashuchunN

nuqtadanuchburchaktomonlarigaparallelchiziklarugkaziladi.

Natijada, N nuqttagamoskeladiganaralashmatarkibikuyidagichabo‘ladi: erituvchi $L = 30\%$, ekstragent $E = 40\%$ va tarkaluvchimolda $M = 30\%$.

Uchburchakli diagrammada uchkomponentli aralashmatarkibidasodirbulayotgano‘zgarish lartasvirlanadi.

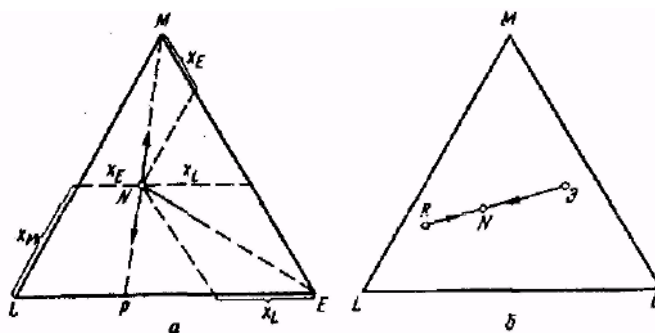
Agar,

N

nukugabilanxaraKTerlanadiganeritmagatark,aluvchimodda M kushilsa,

E va L

komponentlarmikdori o'zgarmaydidi. Lekin, M komponentning kushilish miqdoriga qarab, aralashma tarkibini aniklovchimitsdor NM kirradabo'ladivauchburchakni M chukki sigayakinlashibboradi (5.49a-rasm).



21.1-rasm. Uch komponentli aralashma tarkibi o'zgarmaydigan uchburchakli diagrammada tasvirlash.

Aralashma N dan tarkaluvchi modda M ni ajratib olish jarayonida va olingan mahsulot tarkibiga oid nuqta RM kesmada yotadi. Lekin, eritma kancha ko'p suyultirilgan bo'lsa, u uchburchakning LE uirasiga sho'nbha yasin joylashadi.

Tarkibi N bo'lgan aralashmani ekstragent E bilan suyultirish NE chizig'iga bilan xarakterlanadi.

Agar boshlang'ich aralashma miqdori va tarkibi (N nuqta) va uni ekstrakt (E nuqta) va rafinat (R nuqta) ga ajratgandan keyingi tarkiblari ma'lum bo'lsa, uchburchakli diagramma yordamida fazalarning miqdorlarini (5.49b-rasm) moddiy balans tenglamasidan aniqlash mumkin:

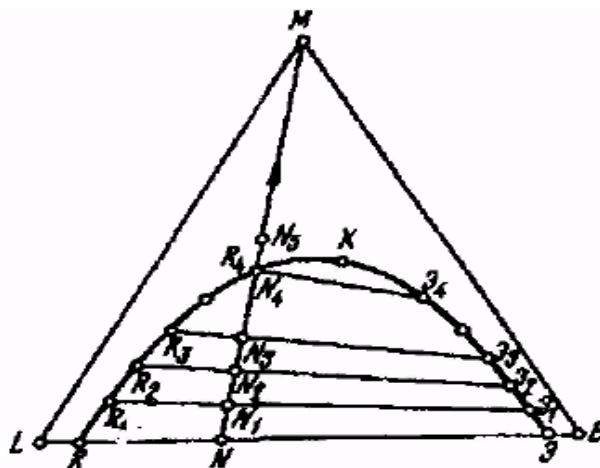
$$R + \varnothing = N \quad (21.2)$$

bu erda R, E, N - rafinat, ekstrakt va boshlang'ich aralashma massalari, kg. Richag qonuniga binoan:

$$\frac{\varnothing}{R} = \frac{RN}{EN} \quad (21.2)$$

Muvozanat chizig'ini uchburchakli diagrammada tasvirlaymiz. Buning uchun L va E suyuqlik fazalarida tarkaluvchi modda M cheksiz miqdorda eriydi deb qabul qilamiz. Lekin, erituvchilar bir-birida cheklanmagan miqdorda eriydi (21.2-rasm). Vir jinsli ikki komponentli M va L , hamda M va E eritmalari tarkibi diagrammaning LM va EN kirralarida nuqtalar bilan ifodalanadi. i va ξ erituvchilar faqat LR va EE bulaklaridagina bir jinsli eritmalar hosil qiladi. R_3 oralikda erituvchilar aralashmasi bir jinsli, ikki komponentli tuyingan eritmalar qatlamiga ajratiladi: R (E va L ning tuyingan eritmasi) va E (L va E ning tuyingan eritmasi). xar bir katlamdagi tuyingan eritmalar soni

N nuqtaning xolatiga belgilanadi.



21.2-rasm. Uchburchakli diagrammada muvozanat chizigi

Uchburchakli diagrammadagi binodal egrichizikikki (binodalchiziqostidagi) vabir (binodalchiziktashqarisidagi) fazali aralashmalarga ajratadi.

21.2-rasmdagi muvozanat diagrammasi o'zgaras temperatura uchun kurilgan va u izoterma deb nomlanadi.

Sistema muvozanatiga temperatura ham ta'sir kursatadi. Odatda, temperatura usishi bilan komponentlarning bir - birida erishi ortadi. Demak, geterogen sistemalar zonasi kamayib boradi. Temperatura ortishi bilan binodal efi chizik yaqinlashadi va chizik ostidagi yuza kamayadi.

21.2. Ekstraksiyalashning asosiy usullari

Ekstraksiya jarayonining kinetik qonunlarimassao'tkazishning asosiy qonunlaribilan belgilanadi.

Ekstraksiya jarayonnnntashkiletish usullari

Sanoatmikeyosidadavriyva ueluksizekstraksiya jarayoni quyidagisxemalarasosidatashkil etiladi: birpogonali, ko'ppogonali karama-qarshiyo'nalishli va ko'ppogonali o'zarokesishganyo'nalishli.

Bir pogonali ekstraksiya asosan ajratish koefitsientining qiymati juda katta bo'lgan xollarda ishlatiladi. Bu sxema davriy yoki uzluksiz bulishi mumkin.

Agar, fazalar bir-birida erimaydigan bo'lsa, bir pogonali ekstraksiya jarayoni u-x diagrammada AV tugri chizik bilan ifodalanadi. Ushbu tugri chizik olti burchagining tangensi boshlangich eritma va erituvchi birliklari nisbatiga tengdir:

$$\frac{L}{E} = \frac{BR}{RF} = \operatorname{tg} \alpha \quad (21.3)$$

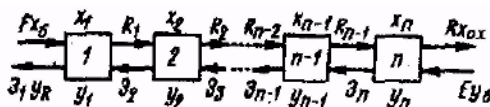
Agar, erituvchi mikdori oshirilsa, istalgan tozalik darajali rafinat olish mumkin. Lekin, ekstraktning tuyinish chegarasi uu bilan belgilanadi. Ikkala diagrammadan kurinib turibdiki, bir pogonyali ekstraksiya natijasida olingan rafinat va ekstrakt tarkiblari muvozanatda bo'ladi va boshlangich tarkibdan kam farq qiladi. SHuning uchun, bu jarayon samaradorligi past bo'ladi va sanoat korxonalarida keng kullanilmaydi.

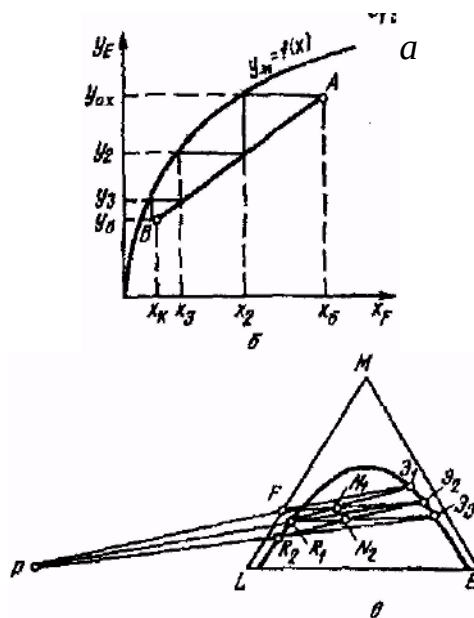
Jarayon samaradorligini oshirish uchun uni bir necha marta qaytarish kerak va xar gal yangi erituvchi o'zatish zarur.

Ko'ppogonali ekstraksiya

Ko'ppogonali ekstraksiya ko'psixiyali Ekstraktorlardautkaziladi. Bunday qurilmalardafazalariyo'nalishikarama-karshi, o'zarokesishganyokikombinatsiyalashgan bulishim mumkin.

Karama - karshiyo'nalishli ekstraksiya jarayoni turli sxemalarda amalga oshirilishi mumkin (5.51a-rasm).





21.3-rasm. Ko'ppogonali ekstraksiya (a) va jarayoni x (6) va uchburchakli (v) diagrammada tasvirlash.

Ko'p pogonali ekstraksiya qurilmalarida boshlangich eritma L va ekstragent E qurilmaning karama-karshi uchlaridan yuboriladi. Tarkaluvchi komponent konsentratsiyasi tuyinishga yaqin bo'lgan ekstrakt birinchi pogonada x_g konsentratsiyali F boshlangich eritma bilan o'zaro tuknashuvda bo'ladi. Bu komponentli aralashma birinchi pogonada ajratilgandan so'ng, $y_j = u_{ox}$ konsentratsiyali ekstrakt va x_j konsentratsiyali rafinat olinadi.

Tarkibi X_j bo'lgan rafinat qurilmaning ikkinchi pogonasida ekstrakt bilan o'zaro ta'sirda bo'ladi. Ajratilgandan so'ng, R_2 tarkibli rafinat va E_g ekstrakt xosil bo'ladi. Ekstraktorning p -pogonasida konsentratsiyasi bo'lgan rafinat yangi konsentratsiyali, ya'ni nolga yaqin ekstragent E bilan tuknashishda bo'ladi. Qurilmadan chikishda tozalangan eritma olinadi. Ko'p pogonali ekstraksiya jarayoni $u-x$ diagrammada ko'rsatilgan.

Ekstraksiya jarayonining moddiy balansi ushbu ko'rinishga ega:

$$L \cdot (x_g - x_{ox}) = E \cdot (y_{ox} - y_g) \quad (21.4)$$

($p-G$) - seksiya uchun

$$L \cdot (x_g - x_{n-1}) = E \cdot (y_{ox} - y_n) \quad (21.5)$$

Bundan, karama-qarshiyo'nalishli jarayonishchichizigining tenglamasi nikeltirib chiqarish mumkin:

$$y_n = \frac{L}{E} (x_{n-1} - x_g) + y_{ox} \quad (21.6)$$

Ushbu tenglama ogish burchagining tangensibo'lib, tugrichizikni ifodalovchi tenglamadir:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{L}{E} \quad (21.7)$$

Fazalar tuknashish pogonalarining soni va nuqtalari orasidagi pogonalar soni bilan aniklanadi.

Kinetik chizik urni qurilmadagi gidrodinamik xolat va ajratib olish koeffitsienti bilan

belgilanadi.

Ekstraksiya jarayonining tasviri 21.4-rasmda keltirilgan.

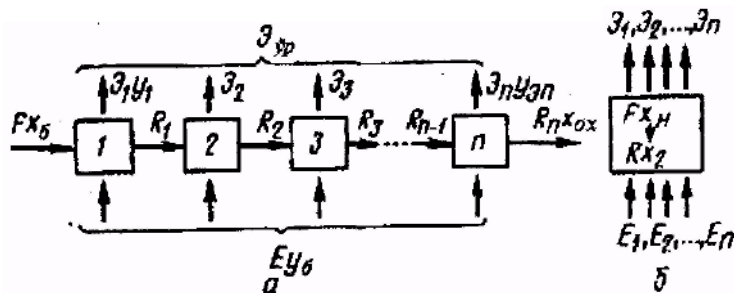
Ekstraksiya qurilmasining birinchi seksiyasida boshlangich eritma F ikkinchi pogonadan tushayotgan ekstrakt bilan uzaro tuknashuvda bo'ladi. Natijada, uch fazali nuqtali aralashma xosil bo'ladi. Ushbu aralashma separatorda ajratilishi tufayli muvozanatda bulmagan tarkibli ekstrakt E_1 va rafinat R_1 lar olinadi.

Ikkinchi pogonadagi rafinat R uchinchisi pogonadan tushayotgan ekstrakt E_2 bilan o'zaro ta'sirda bo'lib, uch fazali aralashma xosil qiladi.

Fazalarni seksiyaga kirishi va chiqishidagi tarkiblariga oid ikki nuqtalarni uzaro chiziklar bilan birlashtirib, ularning kesilish nuqtasi R ni topamiz.

Ekstraktorning boshqa seksiyalarida ham xuddi shunday jarayonlar sodir bo'ladi. Natijada, boshlangich eritma qurilmaning oxirgi p -seksiyasidan x_b , ekstragent esa - u_{ox} konsentratsiya bilan chikadi.

Oqimlar yo'nalishi o'zaro kesishgan ekstraksiya jarayonida bir seksiyada davriy (21.4a-rasm) yoki bir necha seksiyada uzluksiz (21.4b-rasm) amalga oshirilishi mumkin.



21.4-rasm. Ko'ppogonali,

okimlaryo'nalishio'zarokesishganekstraksiyalashsxemasi.

Ekstraksiyalash jarayoni uzluksiz bo'lganda boshlangich eritma F birinchi seksiyada ekstragent E bilan birga tuknashuvda bo'ladi. Undan so'ng, ajratilish natijasida rafinat R va ekstrakt E xosil bo'ladi. Keyin, rafinat R ikkinchi seksiyaga o'tadi va u erda yana yangi ekstragent E bilan qayta ishlanadi. E_x va E_u ekstraktlar qurilmadan chiqariladi, R_2 tarkibli rafinat esa keyingi seksiyaga o'tadi va jarayon yana qaytariladi. Natijada, zarur tarkibli rafinat R_n va o'zgaruvchan tarkibli ekstrakt olinadi.

Ekstraktorlarning konstruksiyalari

Ma'lumki,

ekstraksiyalash jarayonlarida massa o'tkazishning samaradorligi massa berish yuzasiga aurtac haharakatga keltiruvchi kuchga tugri proporsional.

Ekstraktorlarda massa almashinish yuzasini oshirish maksadida suyak fazalardan birit omchixolidapurkaladi,

dispers va dispersion fazalar o'rtasida massa o'tkazish jarayoni sodir bo'ladi.

Ekstraktordayukori haharakatga keltiruvchi kuchga erishish uchun jarayon dagioqimlaridealsikibc hiqarish sharoitida uzaro tuknashishitashkiletiladi.

Buning uchun ekstraksiyalash jarayoni yupkakatlamdan asadkali,

markazdanqochma ekstraktorlarda ularni seksiyalash yoki ko'ppogonali seksiyalangan qurilma

larda olibboriladi.

Olingannatijalarushbu formulagakuyiladi

$$H'_{ox} = H_{ox} + \frac{E_d}{w_x \cdot f_x} + \left(\frac{V_x}{m \cdot V_y} \right) \cdot \left(\frac{E_y}{w_y \cdot f_y} \right) = 0,381 + \frac{660 \cdot 10^9}{0,001771,06} + 0,2252 \cdot \frac{38 \cdot 10^{-4}}{0,003541,192} = 0,941 \text{ m}$$

buerda

$$\frac{V_x}{m \cdot V_y} = \frac{1}{2,22 \cdot 2} = 0,2252$$

$H'_{ox} = 0,941 \text{ m}$ kiymatgakolonnaning

$$H = H'_{ox} \cdot n_{ox} = 0,941 \cdot 5,08 = 4,78 \text{ m}$$

balandligi tugri keladi. Hisoblash natijasida olingan I va H'_{ox} lar yordamida Pekle kriteriysi, f_y va f_x koefitsientlarning anikrok kiymatlarini topamiz:

$$Pe_y = \frac{0,00354 \cdot 4,78}{38 \cdot 10^{-4}} = 4,45$$

$$Pe_y = \frac{0,00177 \cdot 4,78}{6,69 \cdot 10^{-4}} = 12,6$$

$$f_y = \left\{ 1 - \frac{[1 - \exp(-Pe_y)]^{1/3}}{Pe_y} \right\}^{-1} - \left(1 - \frac{V_x}{m \cdot V_y} \right) \cdot \frac{F_y}{w_y \cdot H'_{ox}} =$$

$$\left\{ 1 - \frac{[1 - \exp(-4,45)]^{1/3}}{4,45} \right\}^{-1} - (1 - 0,2252) \cdot \frac{38 \cdot 10^{-4}}{0,00354 \cdot 0,941} = 0,401$$

$$f_x = \left\{ 1 - \frac{[1 - \exp(-Pe_x)]^{1/3}}{Pe_x} \right\}^{-1} + \left(1 - \frac{V_x}{m \cdot V_y} \right) \cdot \frac{F_x}{w_x \cdot H'_{ox}} =$$

$$\left\{ 1 - \frac{[1 - \exp(-12,6)]^{1/3}}{12,6} \right\}^{-1} + (1 - 0,2252) \cdot \frac{6,69 \cdot 10^{-4}}{0,00177 \cdot 0,941} = 1,4$$

Ikkinchi ketma-ket yakunlashuvda o'tkazish sonining birligi quyidagi kuymatga teng buladi:

$$H'_{ox} = 0,381 + \frac{6,69 \cdot 10^{-4}}{0,00177 \cdot 1,4} + 0,2252 \cdot \frac{38 \cdot 10^{-4}}{0,00354 \cdot 0,401} = 1,25 \text{ m}$$

$H'_{ox} = 1,25 \text{ m}$ qiymatida kolonnaning zarur balandligi $N = 1,25 - 5,08 = 6,35 \text{ m}$ ga tengdir.

Sinovsavollari

1. Suyuklik– suyuklik» sistemasida ekstraksiyalashdebnimagaaytiladi?
2. «Suyuklik-suyuklik» sistemasining muvozanatiniizohlabbering.
3. Ekstraksiyajarayoninitashkiletishusullariniayting.
4. Birvako‘ppogonalipogonaliextraksiyalashjarayoninitushuntiribbering.
5. Ekstraktorlar da massa almashinish yuzasini oshirish maksadida suyuq fazalardan biri kandayxoldapurkaladi?

14-ma`ruza

mavzu. «Qattiq modda-suyuqlik» sistemasida ekstraksiyalash

Reja: 22.1. «Qattiq modda-suyuqlik» sistemasida ekstraksiyalash

23.1. Bio kriteriysi.

23.2. Ekstraktorlar.

Tayanchiboralar: «Qattiqjism - suyuqlik», sistema, ekstraksiyalash, eritishjarayoni, statistika, kinetika, iskorlabajratish, Ekstraktorlarniigkonstruksiyalari, lentaliEkstraktorlar , mavhumqaynashqatlamliEkstraktorlar , eritkichlarnihisoblash.

22.1. «Qattiq jism - suyuqlik» sistemasida ekstraksiyalash

Umumiy tushunchalar

G‘ovaksimonqattiqjism tarkibidanbiryokibirnechakomponentlarniajratibolishjarayoni«**ka ttiq jism - suyuqlik» sistemasida ekstraksiyalash**debataladi.

QattikjismdanbiryokibirnechakomponentniseleKTivlikkrbilyatigaegabo‘lganeritu vchiyordamidaajratibolishjarayonieritishdebnomlanadi.

Ushbujarayonekstraksiyalashjarayoniningxususiyxolidir.

Kime,

oziq-

ovqatvaboshqasanoatlardajudako‘pkapillyarg‘ovaklijismlar eritishjarayoniyordamidaqaytai shlanadi. Ekstraksiyalashishkor, kislota, tuzlar, kand, o‘simlikmoylar, sharbatlar, vitaminlar, turlidorilar, ranglivanodirmetallarvaxokazolarniolishdaishlatiladi. Ekstraksiyalashjarayonidakeraklikomponentqattiqfazadandiffuziyayo‘liorkalisuyuqlikfazagao‘tadi. Buninguchunshukomponentnieritadigantegishlieri-tuvchitanlabolinishikeraqSHunialohidata‘kidlashkerakki, ekstraksiyalashvaeritishjarayonlari «qattiqjism - suyuqlik» sistemasidaolibbori-ladi. Ekstraksiyalash 2 boskichdao‘tadi:

- 1) komponentningqattiqjism larichkikismidantashkiyuzasigadiffo‘ziyayulibilano‘tis hi;
- 2) komponentningdiffuziyajarayonitufayliqattiqjismyuzasidanchegaraviykatlamork

alisuyuqlikfazagao'tadi. Bu jarayon noturgo'n bo'lib, vaqt buyicha o'zgaradi.

Eritish jarayonining tezligi faqat ikkinchi boskichning karshiligiga bog'liq, cho'ngki birinchi boskichda qarshilik umuman bulmaydi. SHuning uchun, eritish jarayoni ekstraksiyalashga karaganda ancha tez boradi.

Sanoat texnologak jarayonlarida erituvchilar sifatida quyidagi suyuqliklar ishlatiladi: suv - kand lavlagidan shakarni, hamda kofe, choyni ekstraksiyalash uchun; spirt va spirt-suvli aralashmalar liker - arok, damlamasi va pivo - alkogolsiz ichimliklar ishlab chikarish sanoatida; benzin, trixloretan, dixloretan - efir moylarini ishlab chikarishda. Undan tashkari, suv va ayrim noorganik kislotalarning eritmaları ham, erituvchi sifatida ishlatiladi. Bunday jarayonlar **ishqorlanish**deb nomlanadi. Ishkorlanish mineral xom - ashyolarni kimyoviy qayta ishlash yuli bilan kimmatabaxr komponentlarni olish uchun qo'llaniladi.

Eritish jarayoni texnologik sxemalarida filtrlash, bug'latish va kristallash kabi jarayonlardan avval ishlatiladi va u birinchi boskich bo'lib hisoblanadi.

23.1. Biokriteriysi

Jarayonning mexanizmisho'ndaki, erituvchi qattiq. jism govaklariga kirib boradi va ajratilish kerak bo'lgan moddanieritadi.

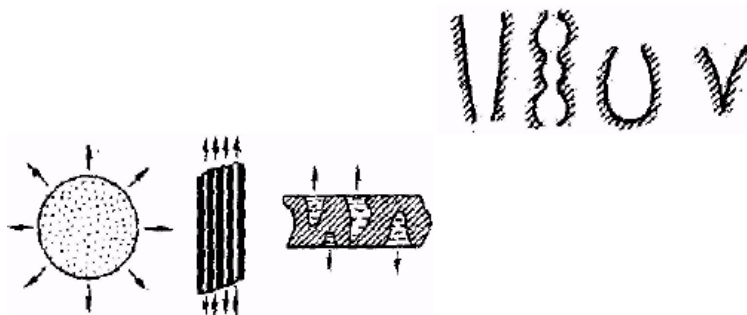
Eritilgan moddaning kimyoviy potentsialivauning qattiq jismdagikimyoviy potentsialigateng lashganda erish jarayoni muvozanatx. oligakeladi.

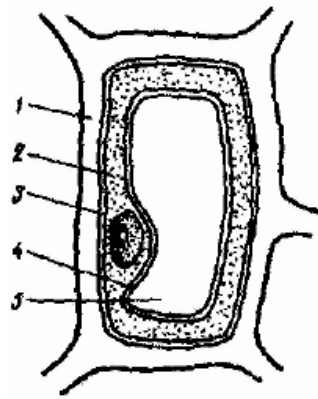
Tuyinishx. olatiga oideritmaning konsentratsiyasieruvchanlikdebataladi.

Kattik jismning tashki yuzasidagimuvozanat kiskavaqtichida o'rnatiladi.

SHuning uchun, massa almashinish jarayonlarni taxdilkilishda, "qattiq jism - erituvchi" sistemasining fazalararo yuzasidagikonsentratsiya-situyinganeritmakonsentratsiyasigatengdebqabulqilinadi. Eritish jarayoni kinetikasining aso siymasalasifazalarninguzarotuknashishvaqtinianiqlashdir, fazalartuknashishvaqtimalum bo'lgandanso'ng, Ekstraktorlarning asosiy ulchamlari xisoblanadi.

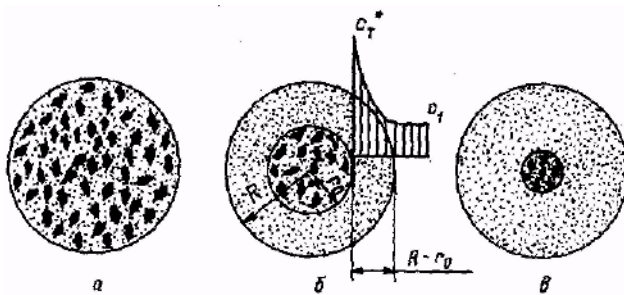
Eritish jarayoni damassa almashinishga qattiq jismning ichki tuzilishi: kapillyar shakliva ulchami (23.1-rasm), zarrachalarkimyoviy tarkibi gakatata'sirkursatadi (5.63a~rasm). Kattik jismning ichki tuzilishi massa ugkazish tezligiga hamkatta ta'sir etadi.





23.1-rasm. Fovaksimonqattiqjismtuzilishi (a), kovaklarturi (b) va usimlikhujayrasi (v). 1 — hujayrakobigi; 2 — protoplazmalar; 3,4 — utkazuvchanmembranalar; 5 - vakuol.

Qattiqgovaksimonzarrachalaro‘zidamKTsadli, kerakkomlonentniqattiquolatidasaklaydi. MaksadlikomtyunentningzarrachaxajmidatKTsimlanishiturlivariantlardabulishimumkin. Ko‘pchilikuollarda, govaksimonjismuajmidaajratibolinadigankomponentbirtekisdataksimlanganbulada. Ekstraksiya jarayonida maqsadli komlonentning uajmi sistematik ravishda kamayib boradi (23.2-rasm).



23.2-rasm. Kattiqg‘ovaksimon jismningekstraksiya jarayonida tuzilishining o‘zgarishi.

Maksadli komponent ajratib olingan hajm($R-r_0$)da, shu komponent ekstragentda erigan xolda buladi. vaqt ugishi bilan ushbu hajm ulushi ortib boradi.

Eritish jarayoni murakkab jarayon bulib, erituvchini kdgtik, jism ko-vaklariga diffo‘ziyasi, ajratib olinayotgan moddalarni eritish, katgik jism kapillyarlari orkali fazalarni ajratuvchi yuzaga ekstraksiyalanayotgan moddaning diffo‘ziyasi va fazalarni ajratuvchi yuzadan ekstragent oklmi adrosiga massaning o‘tishi kabi boskichlardan iborat.

Jarayonning qayd etilgan 4 boskichidan oxirgi ikkitasi massa almashinishning umumiy tezligini chegaralaydi. CHunki, birinchi va ikkinchi boskichlarning massa almashinish tezligi, oxirgi ikkitasinikiga karaganda ancha yuqoridir.

SHunday kilib, massa almashinish jarayonining umumiy diffuziya qarshiligi, qattiq, jism va erituvchilarning ichki diffuzion qarshiliklari yigindisidan iborat.

Kapillyar - g‘ovak jism ichidan moddaning diffuziya tezligi ushbu tenglama bilan ifodalanadi:

$$i = - \frac{dM}{F d\tau} \quad (23.1)$$

Fazalarni ajratuvchi yuzadan oqim yadrosiga massa berish tezligi (23.1) tenglama yordamida aniklanadi.

Massa o'tkazuvchanlik va berish tezliklari orasidagi nisbatni baxolash uchun Bio kriteriysidan foydalaniladi;

$$Bi = \frac{\beta \cdot l}{D}$$

Ayniksa, kapillyar - govakjislardan massa o'tkazuvchanlik tezligi juda kichik bo'ladi, Massao'tkazuvchanlik ko'effitsienti qattiq jismning ichki tuzilishiga, ekstragentning fizik xossalari, ekstraksiyalanayotgan moddaning konsentratsiyasi va jarayon temperaturasi ga bog'liq.. Massao'tkazuvchanlik ko'effitsientining yukorida qaydetilgan omillarga bog'liqligi tajribaviy usulda topiladi.

Asosiy diffuzion qarshilik suyuqlik fazada mujassam bulgan xollarda, jarayonni ifodalash uchun (5.17) tenglamalardan foydalanish mumkin.

Eritish jarayonini xarakatga keltiruvchi kuch bo'lib, qattiq jism yuzasidagi ekstraksiyalanuvchi modda konsentratsiyasi $y_k = y_{mya}$ va uning ekstragentdagi urtach konsentratsiyasi y_{ur} larning farqi > 1 xisoblanadi.

Amaliy jixatdan jarayonlarni intensivlash uchun ekstraktordagi gidrodinamik xolatni yaxshilash zarur. Masalan, mavhum qaynash katlamda qayta ishlash, pulsatsiyaviy vibratsiyata'sirettirish yullari bilan ekstraktorlarda YUqoridagi detilgan jarayonlarning samarasini kutarish mumkin. Undan tashqari, past chastotali tebranishlar, Ekstraktorlar da kechadigan massa almashinish jarayonini tezlashtiradi.

23.2. Ekstraktorlar

Ekstraksiya, eritish va ishkrrlab ajratish uchun davriy va uzluksiz ishlaydigan Ekstraktorlar kullaniladi. Qurilmadagi fazalar harakatiga karab parallel, karama-karshi va murakkab yo'nalishli bulishi mumkin.

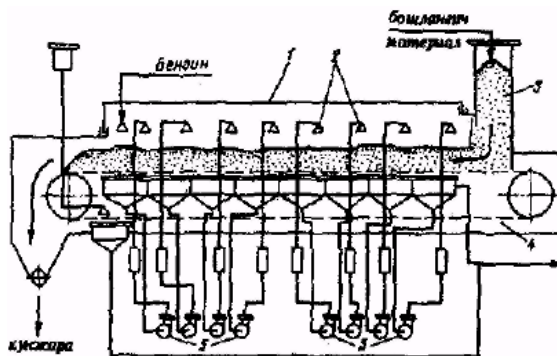
Suyuqlik fazasining qattiq materialni yuvib utish harakatiga karab o'zgarmas, mexanik aralashtirgichi bo'lgan va mavhum qaynash katlamli Ekstraktorlar bo'ladi.

Ma'lumki, davriy ishlaydigan qurilmalar ish unumdorligi kam bo'ladi. SHuning uchun, ular kichik xajmli korxonalarda kullaniladi. Lekin, sanoat miqyosida ko'pincha uzluksiz ishlaydigan qurilmalar ishlatiladi. Ekstraktor va eritkich bir-biridan katta farqlanmaydi. Agar, qurilma qattiq, govaksimon jismni ekstraksiyalash uchun kullanilsa ekstraktor deb nomlanadi. Agar, qurilma qattiq, govaksimon materialni eritish uchun ishlatilsa, unda u eritkich deb ataladi.

Uzluksiz nshlaydigan diffuzion qurilmalar kimyo, tog - kon, oziq - ovkat va boshqa sanoatlarda juda ko'p ishlatiladi. Ayniksa, kand lavlagidan shakar olishda va uning turpini chikarib tashlashda bu turdagi qurilmalar juda samarali kullanilmokda.

Lentali Ekstraktorlar

Lentali ekstraktorlarda ko'pincha tarkibida yogbormateriallardan (pista, chigitvax.) yoshi ekstraksiyalash uchun kullaniladi (23.3-rasm).



23.3-rasm. Lentali ekstraktor.

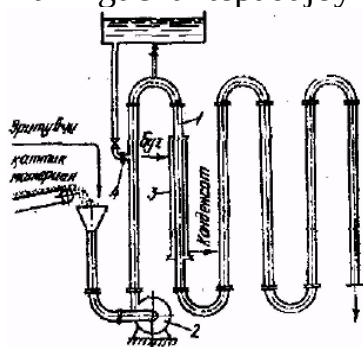
1 - kobik; 2 - soplolar; 3 — yuklovchishaxta; 4 - uzatuvchitransportmoslamasi; 5 - nasoslar.

Ekstraksiyalash jarayoni juda kichik tezlikda kechadi. Demak, xom - ashyodan to'la ajratib olish uchun ekstraksiya jarayoni bir necha pog'onali qurilmada olib borish keraq

Mavhumqaynashqatlamliekstraktorlar bu turdagi qurilmalarda qattiq material zarrachalar yuzasi butun jarayon mobaynida turbulent oqim bilan yuvilib turadi, ya'ni to'qnashuvda bo'ladi. Natijada ekstraksiyalash va eritish jarayonlari intensivlashadi.

Trubaliekstraktorketma-ketulangantruba 1 lardaniboratbo'lib, ulardanqattiqmaydazarrachalisuyuqliknasosi 2 yordamidaxaydaladi. Ma'lumki, temperaturaortishibilarayontezlashadi. SHuninguchun, trubalarbug'kobigi 3 bilano'ralgan.

Nasosto'satdanto'xtabkolganhollarda, trubaichidagiqattiqquyqularnidevorgao'tiribkolmasligiuchunyuvibyuboriladi. Buninguchuntepadajoylashganidishdantrubalargasuvyuboriladi.



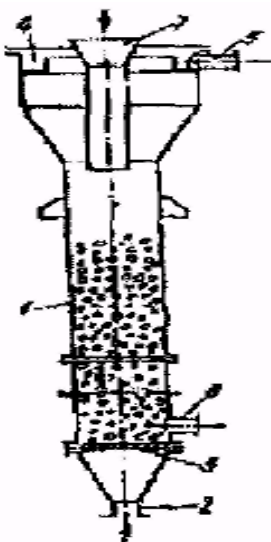
23.4-rasm. Trubaliekstraktor.

1 - truba; 2-nasos; 3 – bug' kobigi

Mavhum qaynash qatlamli ekstraktor

Silindrsimon kolonnaga pastki shtutser 2 orkali eritmauzluksiz ravishda uzatiladi. SHtutser 2 orkali kiritilgan eritmabelgilangan tezlikda taksimlovchipanjara 3 teshiklaridan utadi vamaydalangan qattiq materialqatlamini mavxum qaynash xolatigakeltiradi.

Boshlangich material qurilmaning yuklash trubasi 7 orkali mavhum qaynash qatlamiga o'zatiladi. Odatda, mavxum qaynash qatlami bir necha metr bo'ladi. Qurilmadanchikishda yuqori konsentratsiyalieritma olish mumkin. Konsentrlangan eritma zualkasimon tarnovga tushadi va shtutser 5 orkali tashqarigachiqariladi. Hosil bo'layotgan qattiqqoldik taksimlovchi panjara 3 dantushadivashtutser 5 orkali tashqarigachiqariladi.



23.5-rasm. Mavhumqaynashkatlamli ekstraktor

1 – kolonna; 2 – eritma; 3 - taksimlovchipanjara; 4 – halqasimontarnov; 5 – konsentrlanganeritma;

Bunday ekstraktorlartuzilishi sodda va kam metall sarflanadi. Undan tashqari, jarayon intensivliyuklash trubasiga katta va qattiq jismdan kerakli komponent ham ajratish darajasi yuqori.

Eritkichlarni hisoblash

Oxirgi yillarda yaratilgan qattiq jismlar ekstraksiyalash jarayonining zonal usuli, noturg'un mass o'tkazuvchanlik masalasini echishga asoslangan. Tug'ri, geometrik shakldagi jismlar ekstraksiyalash jarayonining davomiyligini hisoblash uchun ushbu formulani qullash mumkin:

$$\tau_i = \sum_i^n \frac{\ln \prod_1^s \frac{\rho_{j,i}}{E_i}}{k_i \sum_{j=1}^n \frac{\mu_{j,i}}{R_j^2}}$$

bu erda $\mu_{j,i}$ va $\beta_{j,i}$ - j yo'nalishidagi jism shakliga va namlik o'zgarishi i oraligidagi kattaliklarga bog'liq koeffitsientlar.

Lekin, massa o'tkazuvchanlik koeffitsienti buyicha tajriba ma'lumotlari etarli bulmagani uchun, ushbu usuliing amaliyotda kullanilishi ma'lum kiyinchiliklarga duch kelmokda.

SHuning uchun Ekstraktorlar ni hisoblash usuli konsentratsiya o'zgarishida nazariy pogonalar sonini aniqlashga asoslangan usul keng kulamda ish-latiladi. Hisoblash usuliga f.i.q ning kiritilishi ko'p pogonyali kurilmalarning haqiqiy pogonalar soni yoki uzunligini topish imkonini beradi.

Nazariy pogonalar soni uchburchakli diagrammadan foydalanib grafik usulda aniqlanadi.

Sinov savollari

1. Qattiq jismlarni ekstraksiyalash deb nimaga aytiladi?
2. Eritish jarayoni statistikasi deganda nimani tushunasiz?
3. Ishkorlab ajratish Ekstraktorlar iniig konstruksiyalarini tushuntirib bering.

4. Lentali Ekstraktorlar ning tuzilishini aytib bering.
5. Mavhum qaynash qatlamli Ekstraktorlar da eritma uskunaning qaysi kismidan kiritiladi.
6. Tug'ri, geometrik shakldagi jismlarni ekstraksiyalash jarayonining davomiyligini hisoblash tenglamasi?

15-ma`ruza

Mavzu: Adsorbsiya jarayoni

Reja: 24.1. Adsorbsiya. Umumiytushunchalar.

24.2. Adsorbentlar xarakteristikalar.

24.3. Jarayon muvozanat ivatezligi

Tayanch iboralar: adsorbsiya, kimyoviy adsorbsiya, ishchi chizig'i, u-x diagramma, mavhum qaynash, katlamli adsorberlar, ko'p pogonali, adsorberlarni hisoblash, davriy, uzluksiz ishlaydigan adsorber, aralashma, yutilayotgan moda, adsorbent, desorbsiya, diffuzion.

24.1. Adsorbsiya. Umumiytushunchalar

Gazaralashmalarigazyokibug'larniyokieritmalardan erigan moddalarni qattiq, govaksimon jism yordamida yutish jarayoni **adsorbsiya** deb nomlanadi.

Yutilayotgan modda **adsorbent**, yutuvchi modda esa — **adsorbent** deb ataladi.

Adsorbsiya jarayonining o'zigaxosligisho'ndaki - uselek givva qaytar jarayondir. Jarayonning qaytar bulishligitufayli adsorbent yordamida but gazaralashmalaridan bir yoki bir nechta komponentlarni yutish, so'ngesamax-sussharoitda ularni adsorbentdan ajratib olish mumkin.

Adsorbsiyaga teskari jarayon **desorbsiya** deb nomlanadi. Adsorbsiya jarayoni xalq, xujaligining turli soxalarida keng tarkalgan bo'lib, gazlarni tozalash va kisman quritish, eritmalarni tozalash va tindirish, bug' - gaz ara-lashmalarini ajratish uchun ishlatiladi.

Kime sanoatida adsorbsiya quyidagi xollarda: gazlar va eritmalarni tozalash va quritishda, eritmalardan kimmatbaxr moddalarni ajratib olish-da, neft va neft maxsulotlarini tozalashda, neftni qayta ishlashda xosil bo'ladigan gaz aralashmalaridan aromatik uglevodorodlarni (etilen, vodorod, benzin fraksiyalaridan aromatik uglevodorodlarni) ajratib olishda ishlatiladi.

Oziq - ovkat sanoatida esa kand kiyomi va diffuzion sharbatlarni tozalashda, pivo va mevalar sharbatlarini tindirish, vino, konyak, arok, va spirlarni organik va boshqa birikmalardan tozalash, kraxmal-patoka sanoatida kiyomlarni tozalashda kullanyladi.

Adsorbsiya jarayoni 2 xil bo'ladi, ya'ni fizik va kimyoviy adsorbsiya. Agar, adsorbent va adsorbentiv molekulalarining o'zaro tortishishi Van-der-Vaals kuchlari ta'siri ostida sodir bo'lsa, Bunday jarayon **fizik adsorbsiya** deb nomlanadi.

Fizik adsorbsiya jarayonida adsorbent va adsorbentivlar urtasida kimyoviy o'zaro ta'sir bulmaydi.

Adsorbsiya jarayonida bug'larning yutilishi paytida ular kondensatsiya-lanadi, ya'ni adsorbent kovaklari suyuqlik bilan tulib qoladi. Boshqacha kilib aytganda adsorbentda kapillyar kondensatsiya ruy beradi.

Kimyoviy adsorbsiya

Kimyoviy adsorbsiya yoki **xemosorbsiya** adsorbent va utilgan modda molekulalar orasida kimyoviy boglar hosil bo'lish bilan xarakterlanadi.

Bu albatto kimyoviy reaksiyaning natijasidir. Undan tashqari, xemosorbsiya jarayonida kimyoviy reaksiya tufayli kattamiqdanda issiqlik ajralib chikadi.

Odatda adsorbsiya jarayonida ajralib chikadigan issiqlik **adsorbsiya issiqligi** (J/kg) deb nomlanadi va tajribaviy usulda yoki quyidagi formulayordamida hisoblanadi:

$$r = \frac{19,16 \cdot \ln \frac{p_2}{p_1}}{\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}} \quad (24,1)$$

SHunday qilib, xemosorbsiya jarayoni yuqori temperaturada kichik tezliklarda sodir bo'ladi.

24.2. Adsorbentlar xarakteristikalar

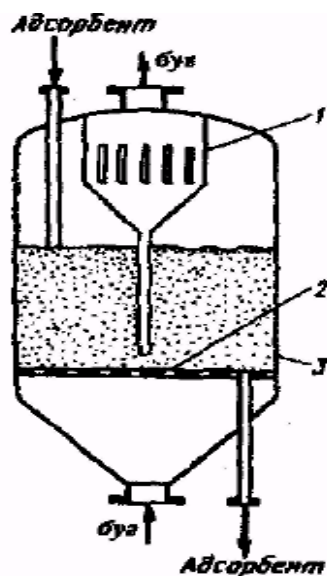
Mavhum qaynash katlamli adsorberlar

Ular bir va ko'p pogonali bo'ladi. Bir pogonali mavhum qaynash katlamli adsorber konstruksiyasi 24.1-rasmda keltirilgan. Bunday qurilmalarda adsorbent mavuum qaynash uolatida bo'ladi va u o'zluksiz ravishda tegishli panjara ustiga o'zatilib turiladi.

Adsorber vertikal silindr kobikdan va uni ichiga o'rnatilgan separator va rag'aksimlovchi panjaradan iborat. Separator chang upshash vazifasini bajaradi. Adsorbent qurilmaning tepasidagi truba orkali yuklanadi va silindrik kobikning past kismida o'rnatilgan shtutserdan chiqariladi. Boshlangich bug'-gaz aralashmasi qurilmaning konussimon tubidagi shtutserdan tegishli panjara ostiga yuboriladi. Albatta, bug'-gaz aralashmaning tezligi adsorbent zarrachasining mavuum qaynash tezligidan yuqori bulishi keraq Adsorbent bilan o'zaro ta'sirda bo'lgan bug'-gaz aralashmasi separatordan utib, tepa kismidagi shtutserdan chikib ketadi. Bunday adsorberlarda adsorbent zarrachalari intensiv aralashadivakatlamda bulish vaqti har xildir. Buesa, adsorbentning notekistuyinishiga sababchi.

Undan tashqari, fazalarning yo'nalishibirtomonlamabo'lsa, gaz fazasida adsorbent katlamidagi urtach konsentratsiya gamoskeladigan muvozanat xolidagi konsentratsiya sankam bo'lgan adsorbentning konsentratsiyasiga erishish uchun kamurakkab.

Bir pogonali adsorber kamchiliklari ko'p pogonali, karama-karshi yo'nalishli qurilmalarda bartaraf kilingan.



24.1-rasm. Uzluksezlaydigan, birpog‘onalimavhumqaynashkatlamliadsorber.
Ko‘p pogonali, mavhum qaynash qatlamli adsorber

Buqurilmakolonnatipidabo‘lib, ichidakuyilishpatrubkaligaztaksimlovchitegishlipanjaralarjoylashtirilgan. Kuyilishpatrubkalaribirvaqtningo‘zidatambavazifasiniutaydi, ya’nigazoqiminio‘zidano‘tkazmaydi. Adsorbentqurilmaningtepasidagishtutserdanengyuqoritarelkagao‘zatiladivaUndanso‘ngpast dao‘rnatilgantarelkalargakuyilishpatrub-kasiorkatshbirin-ketino‘tadi. Engpastdagitarelkadanshlyuzlitambaorkalitashqarigachikaribyuboriladi.

24.3. Jarayonmuvozanativatezligi

Adsorberlarnihisoblash

A. Davriyishlaydiganadsorberlarnixusoblashadsorbentqatlaminingba-landliganianiqlashdaniborat. Boshlantich konsentratsiyasi u_6 bo‘lgan ara-lashmaning konsentratsiyasini u_t gacha tushirish uchun zarur adsorbent mikdori moldiy balansdan topiladi:

$$G \cdot (y_6 - y_{ox}) = V_a (x_{ox} - x_6) \quad (24.2)$$

bu erda G va V_a - gaz (yoki suyuqlik) aralashmasi va adsorbentning massalari, kg; x_6 - adsorbentiv V_a va adsorbent konsentradialari, g/kg.

Agar, $x = 0$ ba $x_{ox} \rightarrow x_m$ debqabul k,ilsak, ushbu ko‘rinishga ega bulamiz:

$$V_a = G \frac{y_6 - y_{ox}}{x_{ox}} \quad (24.3)$$

yokm aralashmadagi adsorbentivning oxirgi konsentratsiyasi quyidagi tenglama-dan aniklanishi mumkin:

$$y_{ox} = -\left(\frac{V_a}{G}\right) \cdot x_{ox} + y_6 \quad (24.4)$$

Oxirgi tenglama $tg\alpha = -V_a/G$ ga teng kiyalik burchagida joylashgantugri chizikui ifodalaydm. Adsorber diametri bug' - gaz aralashma yoki eritmaning sarfi U ga karabtopiladi:

$$D = \sqrt{\frac{V}{0,785 \cdot w_0}} \quad (24.5)$$

Adsorbent balandligi esa

$$H = \frac{V_a}{0,785 \cdot D^2 \cdot \rho_r} \quad ;(24.6)$$

Yoki $H = u \cdot (\tau - \tau_0) \quad (24.7)$

bu erda ρ_m - adsorbentning tukma zichligi, kg/m^3 . Adsorbsiya jarayonining davomiyligi:

$$\tau = \frac{V_a (x_{ox} - x_0)}{w_0 \cdot 0,785 \cdot D^2 \cdot \rho \cdot (y_0 - y_{ox})} \quad (24.8)$$

Adsorbsiya ko`lamining siljish tezligini (24.8) tenglamadan topish mumkin. Kdglamning uimoyalash tasir vaqti yukotilishi t_0 ni quyidagi tenglamadan tax.minan hisoblash mumkin:

$$\tau_0 = \frac{0,5 \cdot h_0}{u} \quad (24.9)$$

bu erda h_0 - adosrbent qatlamining balandligi bo`lib, (24.6) tenglamadan aniklanadi.

Adsorbent qatlami bayaandligi va konstruKTiv ulchamlardan kelib chikdan cholda, adsorber balandligi aniklanadi.

B. Uzlüksiz ishlaydigan adsorberlarni hisoblashda kolonna balandligi, ishchi xajm, tarelkalar diametri va soni aniklanadi.

Bunday adsorberlar balandligi moddiy balans tenglamasidan aniklanadi. Moddiy balans tenglamasida tegishli o`zgarishlar va kiskartirishlardan so`ng, ushbu ko`rinishga kelimiz:

$$H = \frac{V_a}{0,785 \cdot D^2 \cdot \rho_r} \quad (24.10)$$

qurilmaning ishchi uajmi esa:

$$V_a = L \frac{x_{ox}}{\Delta y_{yp}} \cdot \frac{1}{K_y \sigma} \quad (24.11)$$

bu erda L - adsorbent sarfi, kg/s ; σ - jarayon paytidagi adsorbentnin! solishtirma yuadsi, m^2/kg ; Δy_{yp} - urtacha urakatlantiruvchi kuch bo`lib, ushbu tenglamadan topiladi:

$$\Delta y_{yp} = \frac{y - y_{ox}}{\int_{y_0}^{y_{ox}} \frac{dy}{y - y_s}} \quad (24.12)$$

bu erda y_0, y_{ox} - gaz aralashmadagi adsorbktivning boshlantich va oxirgi konsentratsiyalari; y_s - muvozanat konsentratsiyasi.

Agar, $\tau = V_a/L$ ekanligini inobatga olsak, adsorbentning adsorberda bulish vaqti:

$$\tau = \frac{1}{K_y \sigma} \cdot \frac{x_{ox}}{\Delta y_{yp}} \quad (24.13)$$

Mavhum kuynash qatlamli tarelkali adsorberlarda tarelkalar soni ushbu tenglamadan topiladi:

$$n = \frac{H}{h_\tau} \quad (24.14)$$

bu erda h_τ - tarelkadagi adsorbent qatlamining balandligi (odatda $h_\tau = 50$ mm deb kabul kilsa bo'ladi).

Sinovsavollari

1. Adsorbsiyalash jarayonidebnimagaaytiladi?
2. Desorbsiyanima?
3. Kimyoviy adsorbsiyanima?
3. Ishchichizig'ini u-x diagrammasi virlash.
4. Mavhum qaynash qatlamli adsorberlarni tuzilishini tushuntiribbering.
5. Ko'ppog'onali, mavhum qaynash qatlamli adsorberlarni tuzilishini tushuntiribbering.
6. Davriy ishlaydigan adsorberlarni xisoblash usullarini, formulalarini aytibbering.
7. O'zluksiz ishlaydigan adsorberlarni xisoblash usullarini, formulalarini aytibbering.

16-ma`ruza

mavzu. Kristallanish

Reja: 25.1. Kristallanish. Jarayon muvozanati, to'yinish darajasi.

25.2. To'yingan eritma hosil qilish usullari. Jarayonning tezligi.

Tayanch iboralar:eritma, qattiqmodda, to'yinish darajasi , adsorbsiya, kimyoviy adsorbsiya, ishchi chizig'i, u-x diagramma, mavhum qaynash, katlamli adsorberlar, ko'p pogonali, adsorberlarni hisoblash, davriy, uzluksiz ishlaydigan adsorber, aralashma, yutilayotgan moda, adsorbent, desorbsiya, diffuzion, neftkimyosi, metallurgiya, meditsina, farmatsevtika, oziq - ovkat.

25.1. Kritallanish. Jarayon muvozanati, to'yinish darajasi.

Eritmalardan erigan qattiq komponentlarni kristall xalda ajratib olish **kristallanish** jarayonid ebnomlanadi. Kristallanish gateskari jarayon eritish jarayonideyiladi.

Kristall degan daxar xil shakldagi, tekiskirralar bilan cheklangan bir jinsli qattiq moddalartushuniladi.

Kristallanish qattiq moddalarni to'za xolda olishning asosiy usuli, chunki kristallanish jarayonida xardoim shu davrya sharoityaratish mumkinki, keraksiz moddalari eritmadakrilib, fatsatto zamoddakristallanadi.

Kristallanish jarayoni kimyo, neftkimyosi, metallurgiya, meditsina, farmatsevtika, oziq - ovkatvaboshqasanoatlardamikyosdakullaniladi. Kristallanish jarayonini o'tkazishdan maksad: eritmadankristallikfazani ajratish; birvako'p bosqichlikristallarida aralashmalarni ajratish; moddalarni aralashmalardan utatozalash, minokristallaretishtirish. Kristallanish jarayonidaturliulchamlikristallar, ya'niso chiluvchan maxsulotolinadi. Xar birmoddakristallarining o'zigaxos geometrik shakllaribor. Hammasibulib 32 xil kristallarsimmetriya o'nlar sonimavjudvaular 7 takristallografikguruxga ajratilgan: kubik, trigonal, tetragonal, geksagonal, rombik, monoklin, triklin.

25.2. To'yingan eritma hosil qilish usullari. Jarayonning tezligi.

Bir kimyoviy modda bir nechaxil kristallar xosiliklari shipolimorfizmdebyuritiladi. Uztarkibidasuv molekulari nitutgankristallkristallogidratlardeyiladi.

Kristallanish jarayoni ruyberishi uchun boshlangicheritma utatuyingan holatdabulishikeraq Agar, eritmadagi erigan modda konsentratsiyasi uning eruvchanligidan yuqoribo'lsa, Bunday eritmalar utatuyingande bnomlanadi. Lekin, utatuyinganeritmalar noturgo'nsistemabo'lgani uchun, Undanerigan moddaning ortikchamik doriajralibchikadi, ya'nikristallanish jarayonisodirbo'ladi. Kristallar. ajrabchi qishitugagandankeyintuyinganeritmakrladi. Sanoat texnologik jarayoni 3 boskichdaniborat: 1) kristallanish; 2) kristallarnieritmalar dan ajratish; 3) kristallarni yuvishvaquritish.

Kristallanish jarayonining statikasi va kinetikasi

Jarayon statikasi. Temperatura ortishi bilan qattiq, moddalar eruvchanligi o'zgarishiga karab "musbat" yoki "manfiy" eruvchanlikka ega bulishi mumkin.

Agar, temperatura usishi bilan moddalar eruvchanligi ortsa, unda "musbat", aksincha bo'lsa "manfiy" eruvchanlikli bo'ladi.

Ma'lum temperaturada k, attik faza bilan muvozanatda bulgan eritma tumngan eritma deb nomlanadi. Bunday eritmalar da qattiq modda va eritma uutasida dinamik muvozanat x. olati mavjuddir.

Erigan modda konsentratsiyasi uning eruvchanligidan katta bo'lgan aralashmalarga uxa tuyingan eritmalar deb nomlanadi. Sta tuyingan eritmalar noturgo'n bo'ladi va tuyingan xolatga oson o'tadi. Bunday utish davrida uta tuyingan eritmalar dan kristallar ajralib chikdsi.

Jarayon kinetikasi. Eritmadan moddani satic fazaga o'tishi, erigan moddalarning

chegaraviy katlam orkali diffo'ziya usulida amalga oshadi. Kri-stallanish jarayonining tezligi chegaraviy katlam orkali erigan modda duf-fiziyasi yoki kristall bilan modda kushilish tezligi yoki bir vaqtning o'zida ikkala omil bilan aniklanishi mumkin.

Saxarozaning kristallanish jarayonini kurib chikamiz. Kristallar ulchami usishi jarayonida ular S kalinlikdagi uta tuyingan, metastabil eritma chegaraviy qatlami bilan uralgan bo'ladi, Ushbu uta tuyingan eritmadan ortikcha saxaroza molekulalari tezda ajralib chikadi va kristall yuzasiga yopishadi. Natijada, eritma y_n konsentratsiyali xolatiga o'tadi.

Lekin, kristallarni ma'lum bir masofada urab turgan eritmada konsentratsiyasi y_n bo'lgan uta tuyingan saxaroza saklanib turadi. Konsentratsiyalar farqi $y_n - y_n$ bo'lgani uchun eritmaning chegaraviy qatlami orkali - saxaroza diffo'ziya qiladi.

Kristall kirralariga yakinlashgan, saxaroza molekulalari kristallik panjaraga o'tadi, ya'ni fazaviy utish sodir bo'ladi. SHunday kilib, kristallar usish tezligi saxarozaning diffo'ziya va fazalarni ajratuvchi chegarada fazaviy utish tezliklari bilan belgilanadi. Agar, fazaviy utish tezligi saxarozaning diffo'ziya tezligidan yuk,ori bo'lsa, o'nda saxarozaning kristallanish jarayonini cheklovchi boskichi bo'lib uning diffo'ziyasi xisoblanadi.

Kristallarning usishi. Eritmada er i gai modda zarrachalarining -xosil bo'lgan kristallik asoslarda adsorbsiyasi xisobiga bo'ladi.

Kristallanish jarayonida kristall hamma qirralari bir vaqtda usadi, lekin usish tezligi xar xil bo'ladi. Bu xol kristallar ulchami va shaklining o'zgarishigi olib keladi.

Kristallarning shakli asosan kristallanayotgan modda tabiatiga bog'liq. Agar, kristallik asoslar erkin va bir tekisda yuvilib tursa, tugri shaklli, yaxshi kirra va tomonli kristallar uosil bo'ladi. Agar qurilma devori va aralashtirish moslamasiga kristallar ishkalanisa yoki urilsa, uning qirralari silliklanishi xisobiga kristall shakli bo'ziladi, ya'ni maxsulot sifati yomonlashadi.

Odatda, olinayotgan kristallar xar xil bulishi, eritmani yomon aralashtirilishi bilan bog'liqdir. Lekin, eritma intensiv aralashtirilishi bir tomondan kristallanish tezligini oshirsa, ikkinchi tomondan - mayda kristallar xosil bulishiga sababchi bo'ladi.

Olingan maxsulot granulometrik tarkibini yaxshilash maksadida klassifikatsiya qilinadi.

Kristallar tozaligi kristallanish jarayonini o'tkazish sharoitlariga, hamda kristallarni filtrlash va yuvishga bog-lik-

Kristallanish usullari

Kristallanish jarayonini davriy va uzluksiz tashkil etish mumkin. Davriy kristallanish jarayoni kam tonnajli, uzluksiz esa - ko'p tonnajli ishlab chiqarishda kullaniladi.

Sanoat miqyosida quyidagi kristallanish usullaridan foydalanadi: eritmaldagi erituvchining bir qismini bug'latish; eritma temperaturasini uzgartirib kristallash; kombinatsiyalangan usullardan foydalanib kristallash.

Eritmadagi erituvchinng bir knsminn bug'latib krnstallash. Erituvchining bir kismini yukotish uchun burlanish yoki mo'zlatish usulidan foydalanish mumkin. Eritma tarkibidagi suvni xaidash uchun burlanish keng kulamda ishlatiladi. Odatda bu jarayon bug'latish qurilmalarida amalga oshiriladi. Kerakli darajadagi uta tuyingan eritma xrsip bo'lgandan keyin, u shu qurilmada kristallanadi. Ushbu usul izotermik kristallanish deb ataladi.

Bu usuliing kamchiliklari: xosil bulayoggan kristallar issiqlik almashinish yuzalariga yopishib koladi; boshlangich eritma tarkibidagi aralashmalar hamquyuqlashadi. Kuritgich ichida qattiq. moddalar yopishib yoki chukib kolmasligi uchun eritmaning sirkulyasiya teeligi ko'paytiriladi.

Kristallarni ajratish va yuvish filtr yoki sentrifugalarda utkaziladi. Eritma temperaturasi uzgartirib kristallash. Bunday usul izogidrik kristallash deb nomlanadi, chunki bu jarayon eritmada erituvchi miqdori o'zgarib bolgan holatda olib boriladi.

Kime sanoatida musbat eruvchanlikka ega to'zlarini kristallash juda keng tarkalgan. Bunday eritmalarining uchi tuzinishiga uni sovitish yuli bilan erishiladi.

Jarayon davriy yoki o'zluksiz, pogonali joylashgan bir yoki ko'p korpusli qurilmalarda olib boriladi. Sovuguvchi eltkich sifatida suv ishlatiladi. Xavo yordamida sovugilganda jarayon nisbatan sekin boradi, lekin yirik va bir jinsli kristallar hosil bo'ladi. Manfiy eruvchanlikka ega eritmalarini kristallash uchun eritma kizdirilishi zarur.

Kombnatsiyalangan usullarga vakuum ostida, erituvchining bir kismini issiqlik eltkich yordamida birlatib kristallash va fraksiyalik kristallashlar kiradi. Vakuum ostida kristallash. Bu usulda erituvchi devor orkali issiqlik o'zlash yuli bilan birlatilmagan, balki eritmaning uchi fizik issikligini berish xisobiga ruy beradi. Ushbu issiqlikning bir kismini erituvchini (taxminan 10% mass) bug'lash uchun sarflanadi. Hosil bulayotgan burlar vakuum - nasos yordamida surib olinadi.

Uzatilayotgan issiq tuzingan eritma tem-peraturasi qurilmadagi bosimga tegishli eritmaning qaynash temperaturasigacha pasayadi va jarayon adiabatik kechadi.

Eritmaning uchi tuzinish holatiga uni sovitish yuli bilan erishiladi, chunki konsentratsiya bunda sezilar - sezilmas o'zgaradi. Erituvchi eritmaning fizik issikligi xisobiga, hamda kristallanish jarayonida ajralib chikayotgan issiqlik xisobiga bug'lanishi mumkin. Eritmaning sovitish va kristallanishi bilan birga burlanishi uning butun xajmida sodir bo'ladi. Bunday holat qurilma devorlarida kristallar yopishib kolishini kamaytiradi, hamda uni tozalash bilan bog'liq sarflar kiskaradi.

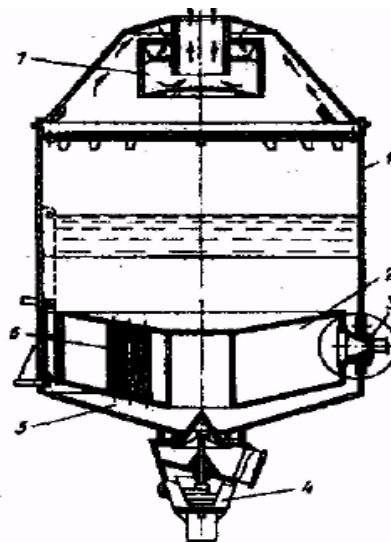
Erituvchining bir kismini issiqlik eltkich yordamida bug'lash kristallash. Bu usulda erituvchining bir kismini eritma ustida harakatlanayotgan uavo yordamida burlanadi va eritma sovugiladi.

Fraksiyalik kristallash. Agar eritma tarkibida ajratiladigan moddalar bir nechta bulsa, uni fraksiyalik kristallash usulida kayta ishlanadi. Bu usulda eritma temperatura va konsentratsiyasini o'zgartirish yuli bilan kristallar ketma - ket chuKTiriladi va ajratib olinadi.

Kristallizatorlar konstruksiyalari

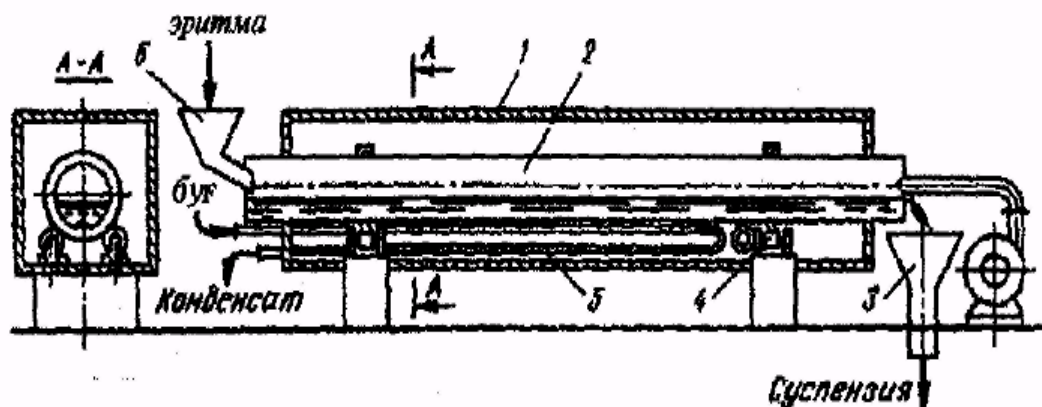
Ishlash prinsipiga karab kristallizatorlar davriy va uzluksiz qurilmalarga bulinadi. Uzluksiz ishlaydigan qurilmalar uchi navbatida erituvchining bir kismini bug'latuvchi va eritmani sovutuvchi kristallizatorlarga ajraladi. Undan tashqari, mavxum qaynash katlamli kristallizatorlar ham bo'ladi.

Tabiiy sirkulyatsiyali, davriy ishlaydigan, osma isituvchi kameralik vakuum - kristallizator 25.1-rasmda tasvirlangan. Isituvchi kamera konussimon teshikli panjara va trubalar uramidan tarkib topgan. Trubalar ushbu panjaraga razvalsovka usulida maxkamlangan. Isituvchi kameraning uchi buylab sirkulyasion truba joylantirilgan. Qurilma kobigi va isituvchi kamera orasida xalqasimon bushliq bo'lib, unda sirkulyasiya buladi. Qurilmada temperaturalar farqi tufayli chizikli uzayishlar paydo bo'ladi. SHu sababli, bug'ni uzatish uchun temperatura deformatsiyalarini kompensatsiya kiluvchi maxsus moslama o'rnatilgan. Ushbu moslama isituvchi kamera bilan kotik, birlashtirilgan bo'lsa, qurilma dobita bilan esa - temperatura ta'sirida hosil bo'ladigan uzayishlarni bartaraf kiluvchi membrana yordamida birlashtiriladi. Utfel sirkulyasiyasini yaxshilash maksadida isituvchi kamera ostiga bug' yordamida puflash kullaniladi.



25.1-rasm. O'zluksiz nshlayadigantish bir vaqtda olib boriladi. kristallizator.

Barabanli kristallizatorlar tarkibida suv yoki xavoli sovitish mosla-mali bo'ladi. Xavo yordamida sovutilganda, eritmadan xavoga issiqlik berish koeffitsienti kichik bo'ladi. Barabanlikristallizatoraylanuvchi, silindrikbarabandantashkiltopgan (25.2-rasm).



25.2-rasm. Barabanli kristallizator.

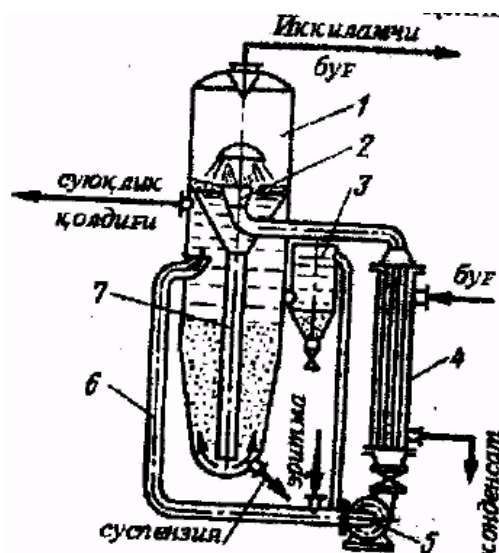
I - kobik; 2 - baraban; 3 - suspenziya; 4 - gildirakcha; 5 - zmeevik; 6 - voronka.

Eritma barabanning tepa kismiga beriladi va xosil bulgan kristallar uning pastki uchidan tukiladi. Baraban aylanishi paytida uning devorlari eritma bilan xullanadi va natijada suvning bug'lanish yuzasi ortadi.

Baraban kobik ichiga joylashtirilgan bulib, ular orasidagi xalqasimon bushlikka sovuqlik eltkichlar, yagni suv yoki xavo yuboriladi. Eritma va sovukdik eltkich qarama - karshi yo'nalishda harakatlanadi. I m³ eritmani sovitish uchun taxminan 5 m³suv sarflanadi. Qurilma devorlarida kristallar chukib yoki epishib kolish oldini olish maksadida barabanning pastki kismi kizdirib turiladi. Buning uchun kobik, va baraban orasidagi bushlikka zmeevik o'rnatiladi.

Mavxum kaynash katlamli kristallizatorlar kristallash jarayonini intensiv rejimlarda o'tkazish imkoniyatini beradi (25.3-rasm).

Kristallanish jarayoni erituvchining bir kismini bug'latib yukotish yoki eritmani sovitish usullarida tashkil etilishi mumkin.



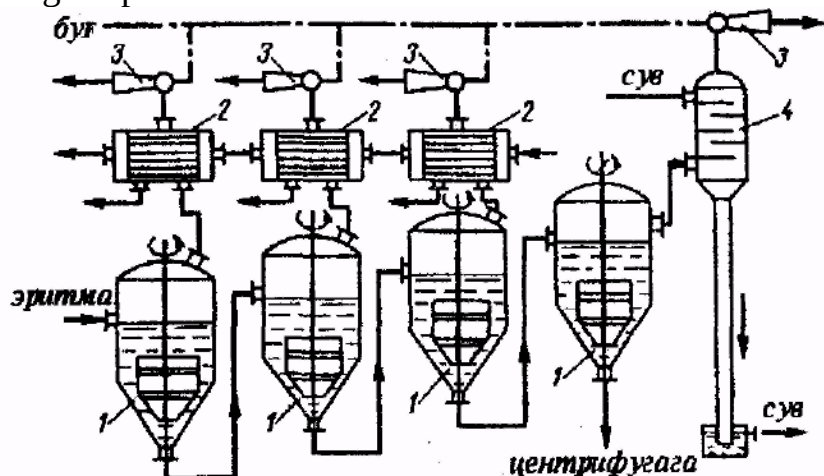
25.3-rasm. Mavhum kaynash katlamli kristallizator.

1 - kobik; 2- qaynash trubasi; 3 - yiggich; 4 - issilik almashinish kurilmasi; 5 - nasos; 6- sirkulyasion kaynash trubasi; 7 sirkulyasion truba.

Jarayon mobaynida xosil bo'lgan uta tuyingan eritma kristallizatorning pastki kismiga tushadi. Bu erda, eritmaning sirkulyasiyasi xisobiga mavhum qaynash katlami paydo bo'ladi. Xosil bo'lgan yirik (2 mm gacha) kristallar qurilma tubiga chukadi va ular chikarib yuboriladi.

Mavhum qaynash qatlamida suspenziyaning intensiv aralashishi tufayli eritmada moddaning diffuziya tezligi ortadi va kristallarning usish jarayoni tezlashadi. Bunda, eritmaning uta tuyinish darajasi kamayadi va kristallarning usish tezligi kristallash markazlari xosil bulish tezligiga nisbatan katta bo'ladi. Maveuum kaynash katlamida kristallash jarayonida boshqa usullarga nisbatan yaxshi granulometrik tarkibli kristallar olinadi.

Ko'p korpusli vakuum — kristallash qurilmasi 25.4-rasmda keltirilgan. Odatda Bunday qurilmalar tarkibida 3...4 ta aralashtirgichli vakuum kristallizator bo'ladi. Eritma, xar bir quyidagi joylashgan korpusdan yuqoridagi korpusga vakuum xisobiga surib olinadi, xar bir korpus sirtiy kondensator va bug' oqimchali nasos bilan ta'minlangan. Oxirgi korpusdagi vakuum, barometrik kondensator yordamida xosil qilinadi. Sirtiy kondensatorlar boshlankich eritma yordamida sovutiladi. Suspenziyaesa, oxirgikorpusdanchikariladi.



25.4-rasm. Ko'p korpusli vakuum-kristallash sxemasi.

1 - vakum-kristallizatorlar; 2 - sirtiy kontensatorlar; 3 — oqimchali nasos; 4 - barometrik kondensator.

Ko'p korpusli vakuum - kristallizatorlar tuzilishi sodda, iktisodiy jixatdan samarador va yirik ko'p tonnajli korxonalarda ishlatiladi.

Sinov savollari

1. Kristallanish deb nimaga aytiladi?
2. Kristallanish jarayonining statikasi.
3. Kristallanish jarayonining kinetikasi.
3. Kristallanish usullari.
4. Kristallizatorlar konstruksiyalari.

17-18-ma`ruza

Mavzu:Qattiq materiallarni maydalash va klassifikatsiyalash

Reja: 26.1. Mexanikjarayonlarningturlari

26.2. Qullanilishi, Maydalash.

27.1. Maydalagichvaklassifikatorlarkonstruksiyalari.

27.2. Sochiluvchanmoddalarklassifikatsiyasi

Tayanchiboralar: jarayon, maydalash, chopish, ezish, saralash, nafismaydalash, kristallanish, kristallanishjarayoniningstatikasi, kinetikasi, kristallanishusullari, maydalagichlarkonstruksiyalari, kristallizatorlar, eritma, tozamodda, kimyo, neftkimyosi, metallurgiya, meditsina, farmatsevtika, elash, yuvish, quritish, kattikmodda .

26.1. Mexanikjarayonlarningturlari

Mexanikjarayonlarga materiallarni maydalash, uzatish, aralashtirish, presslashgranullashvaklassifikatsiyalashlarkiradi. Bu jarayonda materialning fizik kimyoviy xarakteristikalarini o'zgarmaydi, ammo ularning shakli o'zgaradi.

Bu jarayonlarning tezligi qat'iy jismlarning mexanika qonuniyatlaribilan ifodalanadi va ularning harakatga keltiruvchi kuchi mexanik kuchlarta'siridir.

Maydalash bu qat'iy jism bo'laklarini kerakli o'lchamlarga keltirish, parchalash va yuzasini oshirishdir. Maydalash jarayoni qattiq jismningmayda zarrachalar (atom va molekulalar) o'zaro tortishish kuchlarini engadigan tashqi kuchlar ta'sirida o'tadi. Maydalash natijasida ishlov berilayotgan jism yuzasi sezilarli darajada ko'payadi, ko'p jarayonlar, shu jumladan eritish, kuvdirish kabi katga yuza talab qiladigan jarayonlar tezligi ortadi.

Maydalash kon-metallurgiya, kimyo, oziq-ovqat, kurilish va sanoatning boshqa

tarmoqlarida keng qo'llaniladi.

Hozirgi paytda qatgiq jismlarni maydalash uchun har xil turdagi mashinalar qo'llaniladi. Katta hajmli (2 m^3) palaxsalarini maydalaydigan jag'li maydalagichlardan boshlab, to zarracha o'lchamini $0,1 \text{ mkm}$ gacha maydalaydigan kolloid tegirmonlar texnologik jarayonlarda ishlatiladi.

Maydalash jarayoni qatgiq jismning boshlang'ich va oxirgi o'lchamiga qarab yanchish va tortishga bo'linadi. Yanchish va tortish jarayonlari maydalash darajasi bilan xarakterlanadi.

Maydalash darajasi jismning boshlang'ich o'rtacha diametri D ning maydalangan zarrachalar o'rtacha diametri d ga nisbati bilan ifodalanadi.

Hajmiy maydalash darajasi esa, ularning hajmlari nisbati bilan aniqlanadi:

Berilgan modda bo'laklari va yanchilgan zarrachalar to'g'ri shaklga ega bo'lmaydi. SHuning uchun, amalda ularning o'lchamlari elakli tahlil orqali aniqlanadi, ya'ni zarracha o'lchami u o'tgan elak teshiklari o'lchamiga teng deb olinadi.

Issiklik almashinish kurilmalarini mexanik xisoblash

Bu xisoblash, kurilmaning detal, kism va bulaklarini mustaxkamlikka tekshirishdan iboratdir.

Silindrik obechaykani xisoblash

Ichki bosim ostida ishlaydigan kurilmalar obechaykasining mustaxkamligi ushbu formula yordamida xisoblanadi:

$$S = \frac{p_{\kappa\kappa} \cdot D_{\kappa\kappa}}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma_{p.3}] - p_{\kappa\kappa}} + C + C_1$$

bu yerda s – obechaykadevorining kalinligi, m ; $p_{\kappa\kappa}$ - xisoblab aniqlangan bosim, MPa ; $D_{\kappa\kappa}$ - kurilmaning ichki diametri, m ; φ - payvandlash chokining mustaxkamligi; S – korroziya xisobga olgankushimchakalinlik, m ; C_1 - texnologik, montajlarni xisobga oluvchi yaxlitlangankushimchakalinlik, m ; $\sigma_{p.3}$ - materialning ruxsat etilgankuchlanishi. Ba'zi materiallar uchun 2.15 – rasmda $\sigma_{p.3}$ - son qiymatlari keltirilgan.

$\varphi = 1,0$ – bunday mustaxkamlikni uchma-uch va tavrli

birikmalarni ikki tomonlama, avtomatik payvandlash beradi;

$\varphi = 0,95$ – bunday mustaxkamlikni uchma-uch va tavrli

ikki tomonlama kulda payvandlash beradi;

$\varphi = 0,9$ – bunday mustaxkamlikni uchma-uch va tavrli

birikmalarini bir tomonlama payvandlash beradi;

$\varphi = 0,8$ – bunday mustaxkamlikni ustma-ust va tavrli

birikmalarni ikki tomonlama, avtomatik payvandlash beradi;

Xisoblangan kalinlikka beriladigan kushimcha kalinlikning mikdori korroziya tezligi va kurilmaning ishlatish davomiyligiga boglikdir. Masalan: 10 yil mobaynida ishlatiladigan kurilmada korroziya tezligi $0,1 \text{ mm/yil}$ bulsa, $S = 1 \text{ mm}$ ga teng buladi.

Agressiv muxitning korroziya ta'siri tufayli beriladigan materialga kushimcha kalinlik ushbu formula bilan aniklanadi:

$$C = II \cdot \tau_a$$

P – korroziya tezligi, mm/yil; τ_a - amortizatsiya muddati, yil.

Mustaxkamlanmagan teshik va payvandlash choklari tufayli obechayka mustaxkamligining kamayishi φ ko'effitsienti xisobga oladi.

Teshik sababli obechaykani mustaxkamligining kamayishini esa, ushbu formuladan topish mumkin:

$$\varphi_o = \frac{D_{uq} - d_o}{D_{uq}}$$

Ruxsat etilgan bosim kuyida keltirilgan formuladan aniklanadi:

$$P_{o3} = \frac{2 \cdot \varphi [\sigma_{p3}] \cdot (S - C)}{D + S - C}$$

YUkorida berilgan s va σ_{p3} formulalar ushbu shart bajarilgandagina kullanadi:

$$\frac{S - C}{D} \leq 0,1$$

Qopqoqlarni hisoblash

Elliptik shakldagi kopkok devorining kalinligi kuyidagi formula yordamida aniklanadi:

$$S_1 = \frac{P_{xuc} \cdot C}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma_{p3}] - 0,5 \cdot p_{xuc}} + C + C_1$$

bu erda $R = D^2 / 4H$. Standart kopkoklar uchun $N = 0,25 \cdot D$ bulganda, $R = D_{uq}$
Ruxsatetilganbosimesa,

$$P_{p3} = \frac{2 \cdot (s_1 - C) \cdot \varphi \cdot [\sigma_{p3}]}{R + 0,5 \cdot (s_1 - C)}$$

YUqorida berilgan s_1 va P_{p3} formulalar ushbu shart bajarilgandagina kullanadi:

$$\frac{S - C}{D} \leq 0,1 \text{ va } H \geq 0,2 \cdot D_{uq}$$

Konuslikokpkoning l_{kon}

$$l_{kon} = 0,5 \cdot \sqrt{\frac{D_{uq} \cdot (s_1 - C)}{\cos \alpha}}$$

masofadagi kalinligi s_1 manna bu tenglamadan topish mumkin:

$$s_1 = \frac{P_{xuc}}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma_{p3}] - p_{xuc}} \cdot \frac{D_{uq}}{\cos \alpha} + C + C_1$$

Silindrikkismining l_μ

$$l_\mu = 0,5 \sqrt{D_{uq}} \cdot (s_1 - C)$$

masofadagi kalinligi s_1 esa ushbu formuladan aniklanadi:

$$s_1 = \frac{P_{xuc} \cdot D_{uq} \cdot y}{4 \cdot \varphi \cdot [\sigma_{p3}]} + C + C_1$$

YUkoridakeltirilgan,

konusvasilindrikkismlariningkalinliklarinintegishli formulalardaxisoblabchikilgan s_1 larningengkattasikabulkilinadi, lekin s_1 obechaykaningkalinligi s dankambulishimumkinemas, ya'ni ($s_1 < s$).
Dumalok, yassi kopkoklar kalinligi ushbu formuladan aniklanadi:

$$s_1 = \left(\frac{K}{K_o} \right) \cdot D_{uq} \cdot \sqrt{\frac{P_{xuc}}{[\sigma_{p3}]}} + C + C_1$$

bu erda K – kopkok konstruksiyasiga boglik va u maxsus adabiyotlardagi jadvaldan tanlanadi [30,31].

27.1. Maydalagichvaklassifikatorlarkonstruksiyalari.

a) kurulma va uskunalarga xizmat kilayotgan eleKTrodvigatellarning bir soatlik kuvvati kuyidagiga teng:

$$N_{coam} = N_1 + N_2 + \dots + N_n, \quad [\text{kBm}]$$

Birsutkasiga esa,

$$N_{coam} = N \cdot \tau$$

b) kurulma va uskunalarga ishlatilayotgan bug' sarfi:

$$D_{coam} = D_1 + D_2 + \dots + D_n, \quad [\text{kg/soat}]$$

Bir sutkasiga esa,

$$D_{cym} = D \cdot \tau$$

v) kurulma va uskunalardagi suv sarfi:

$$W_{coam} = W_1 + W_2 + \dots + W_n, \quad [\text{kg/soat}]$$

Bir sutkasiga esa,

$$W_{cym} = W \cdot \tau$$

27.2. Sochiluvchanmoddalar klassifikatsiyasi

Ushbuxisoblashdaboltlar (yokishpilkalar) diametri, ularningsoninivaflanetselementlariningulchamlarinianiklashdaniboratdir. Ishchi sharoitda boltlarga ta'sir etayotgan chuzuvchi kuchlarning mikdori kuyidagi formuladan xisoblanadi:

$$P_o = \frac{\pi \cdot D_n^2}{4} \cdot p + P_n$$

D_n - kistirmaning urtacha diametri, m; P_n - zichlashtirish yuzasiga tushayotgan kuch, MN;

r – ishchi bosim, MPa.

Tugri turtburchak kundalang kesimli kistirmaning zichlash uchun zarur sikilish kuchi ushbu tenglamadan topiladi:

$$P_n = \pi \cdot D_n \cdot b \cdot k \cdot p$$

b – kistirmaning effeKTiv eni, m; k – kistirmaning materiali va shakliga boglik koeffitsient (tekis rezina uchun $k = 2,5$).

Flanetsdagi bolt uchun teshiklar aylanasing diametrini quyidagi formula bilan topish mumkin:

$$D_6 = (1,1 + 1,2) \cdot D_{u\phi}^{0,933}$$

$D_{u\phi}$ - flanetsning ichki diametri, odatda u kurilmaning tashki diametriga teng buladi.
Boltlarning diametri ushbu

$$d_6 = \frac{D_6 - D_T}{2} - 0,006$$

Formuladan topiladi va kam son kiymat tomoniga yaxlitlanadi. Bu erda D_T - flanets payvandlash chokining diametri, m.

Boltlar soni ushbu formuladan aniklanadi:

$$z = \frac{P_{\phi}}{\sigma_{p3} \cdot F_{\phi}} z$$

bu erda F_{ϕ} - bolt rezbasining ichki diametri buyicha aniklangan kundalang kesim yuzasi, m^2 ;

σ_{p3} - boltlar chuzilishiga ruxsat etilgan kuchlanish.

Xisoblab topilgan boltlar soni yakindagi butun songacha yaxlitlanadi. Bu son 4 karra bulishi keraq

Flanets tashki diametri esa, ushbu tenglama orkali xisoblanadi:

$$D_{\phi} = D_6 + (1,8 \div 2,5) \cdot d_6$$

Tekis flanetsning balandligini topish uchun dastlab quyidagi kiymatlar aniklanadi:
Ishchi sharoitda flanetsga tushayotgan yuklama

$$P = \frac{D_{\phi}}{D_{\phi} - D_{u\phi}} \cdot \left[P_{\phi} \frac{D_{u\phi}}{D_{\phi}} \cdot \left(\frac{D_{\phi}}{D_n} - 1 \right) + \frac{\pi \cdot D_n^2}{4} p \cdot \left(1 - \frac{D_{\phi}}{D_n} \right) \right], \quad [MH]$$

$$\Phi = \left(\frac{P}{\sigma_T} \right) \cdot \psi_1, \quad [M^2]$$

$$A = 2 \cdot \psi_2 \cdot \delta^2, \quad [M^2]$$

σ_T - ishchi temperaturada flanets materialining okuvchanlik chegarasi, MN/m^2 ; δ - flanets bilan birlashtirilgan obechaykaning qalinligi, m; ψ_1, ψ_2 - koeffitsientlar.

Sinov savollari

1. Mexanik jarayonlar deb nimaga aytiladi?
2. Mexanik jarayonning qo'llanilishi.
3. Mexanik jarayon turlari.
4. Sochiluvchan moddalar klassifikatsiyasi.
5. Flanets nima?
6. Ishchi bosim nima?

Qo'llanilgan adabiyotlar

1. YU. Usupbekov N.R., Nurmuhamedov X.S., Zakirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalar. - T.: SHarq, 2003. - 644 b.
2. Kasatkin A.G. Osnovnye protsessy i apparaty khimicheskoy tekhnologii. - M.: Alyans, 2005. - 750 s.
3. YU. Usupbekov N.R., Nurmuhamedov X.S., Ismatullaev P.R. Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarining jarayon va qurilmalari fanidan hisoblar va misollar. - T.: NISIM, 1999. - 351 b.
4. Dreyser G. A., Isaev S. A., Lobanov I. E. Raschet konvektivnogo teploobmena v trubax s periodicheskimi vystupami // Problemy gidrodinamiki i teploobmena v energeticheskix ustanovkax. M.: Izd. MEI. 2003. T.1. 57-60 s.;
5. Pavlov K.F., Romankov P.G., Noskov A.A. Primery i zadachi po kursu protsessy i apparaty khimicheskoy tekhnologii. - M.-L.: Ximiya, 1983. - 576s.
6. Romankov P.G., Kurochkina M.I. Raschetnye diagrammy i nomogrammy po kursu "Protsessy i apparaty khimicheskoy tekhnologii". - L.: Ximiya, 1985. - 56 s.
7. Teterevnikov A.I. i dr. O boroudovaniya zavodov neorganicheskix veshchestv: Sb. primerov i zadach. - Minsk.: Vyssh. shk., 1984.-196s.
8. Pozin M.E. Tekhnologiya mineralnykh udobreniy: 5-e izd. ,pererab. -L.: Ximiya, 1983.- 336s.
9. Osnovnye protsessy i apparaty khimicheskoy tekhnologii: Posobie po proektirovaniyu/G. S. Borisov, V.P. Brykov, YU.I. Dytnerskiy i dr.; Pod red. YU.I. Dytnerskogo. 2-e izd. - M.: Ximiya, 1995. -496 s.
7. Kasatkin A.G. Osnovnye protsessy i apparaty khimicheskoy tekhnologii. - M.: Ximiya, 1973.-754 s.
8. Planovskiy A.N., Ramm B.M., Kagan S.Z. Protsessy i apparaty khimicheskoy tekhnologii. - M.: Ximiya, 1968. - 847 s.
10. Ramm V.M. Absorbsiya gazov. -M.: Ximiya, 1976. -655 s.
11. Metody rascheta protsessov i apparatov khimicheskoy tekhnologii (Primery i zadachi): Ucheb. Posobie dlya vuzov/P.G. Romankov, V.F. Frolov, O.M. Flisyuk, M.I. Kurochkina. - SPb.: Ximiya, 1993. -496 s.

12. Общій курс протсессов і apparatov ximicheskoy texnologii. Kn. 1,2./V.G. Aynshteyn, M.K. Zaxarov, G.A. Nosov i dr.; Pod red. V.G. Aynshteyna. –M.: Logos; Vysshaya shkola, 2003. -912 s.
13. Дытнерский YU.I. Protssessы і apparatы ximicheskoy texnologii: Uchebnik dlya vuzov. 2–e izd. CH. 1, 2. - M.: Ximiya, 1995. -400; -368 s.
14. Spravochnik ximika. 2–e izd., pererab i dop. T V. -L.: Ximiya, 1966.-972 s.
15. Protssessы і apparatы ximicheskoy texnologii (Osnovy injenernoy ximii): Uchebnik dlya vuzov/N.N. Smirnov, M.I. Kurochkina i dr.; Pod red. N.N. Smirnova. -SPb.: Ximiya, 1996. -408 s.
15. T.A Otaqo‘ziev., M. Iskandarova., R.A. Raximov, E.T. Otaqo‘ziev. Jixozlar ooyihalash asoslari. Darslik. Toshkent. “O‘zbekiston faylasuflari milliy jamiyati”, 2010 y.- 320 b.
16. Xusnitdinov V.A. i dr. Oborudovanie proizvodstv neorganicheskix veshchestv. - L.: Ximiya. 1987. -265 s.
17. Otaqo‘ziev T.A., Turobjonov S.M. Jixozlar va loyihalash asoslari. Darslik. Toshkent. “Faylasuflar”, 2014. -320b.
18. Teterevko A.I., Pechkovskiy V.V.Oborudovanie zavodov neorganicheskix veshchestv i osnovы proektirovaniya. - Minsk: V/SN. 1981. -335 s.
19. Otaqo‘ziev T.A., Turobjonov S.M., Muxamedbaeva Z.A. Kimyo sanoati jixozlari va ishlab chiqarishning ekologik muammolari. Toshkent. TDTU nashriyoti, 2002y, 121 b.
20. Лащинский A.A., Толчинский A.R. Osnovy konstruirovaniya i raschetы ximicheskoy apparaturы. Spravochnik. L., Mashinostroenie, 1970.
21. Genkin A.E. Oborudovanie ximicheskix zavodov. M., Vysshaya shkola, 1978.
22. Teterevko A.I. Oborudovanie proizvodstv neorganicheskix veshchestv. Sb. primerov i zadach - Minsk: Ximiya. 1984. -196 s.

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
NAVOIY KON-METALLURGIYA KOMBINATI
NAVOIY DAVLAT KONCHILIK INSTITUTI

**«Kimyoviy injiniring jarayonlari va qurilmalari»
fanidan**

amaliy mashg‘ulotlarni

bajarish bo‘yicha uslubiy qo‘llanma

5320400 «Kimyoviy texnologiya»,
5311000 – Texnologik jarayonlar va ishlab
chiqarishni avtomatlashtirish
va boshqarish (ishlab chiqarish turlari bo‘yicha)

Navoiy 2020

Tuzuvchi: dots. Xudoyberdieva N.SH.

Uslubiy qo'llanma bakalavriatning «Kimyoviy texnologiya» yunalishi bo'yicha ta'lim olayotgan talabalarga mo'ljallangan. Kimyo va konchilik sohasi texnologiyasining jarayonlari va uskunalari hisoblashda amaliy yordam ko'rsatish qo'llanmaning asosiy maqsadi hisoblanadi.

Talabalarning ishlarini engillashtirish maksadida ma'lumotnomalar, jadvallar, nomagrammalar va grafiklar keltirildi.

Uslubiy ko'rsatma bakalavriatning 5320400 «Kimyoviy texnologiya» (ishlab chiqarish turlari bo'yicha) bakalavriat yunalishida ta'lim olayotgan talabalarga muljallangan.

Uslubiy ko'rsatma Navoiy davlat konchilik instituti o'quv-uslubiy kengashi tomonidan foydalanishga tavsiya qilingan.
(bayonnoma N __ «__» _____ 20__ yil).

Takrizchilar: NDKI, «Kimyoviy texnologiya» kafedrası,
prof. Umırov F.E.

Navoiyazot OAJ, _____.

Mundarija

Kirish.....	4
1. Gidromexanik jarayonlar.....	
2. Gidravlika asoslari va amaliyotda kullanilishi.....	5
3. Gidrodinamika. Trubalarda suyuqliklarni okishi.....	17
4. Qo‘zg‘almas va mavhum kaynash qatlamning gidrodinamikasi.....	25
5. Suyuqliklarni uzatish va uning kurilmalari.....	27
6. Gazlarni siqish va kompressorlar.....	
7. CHo‘ktirish, sentrifugalash va aralashtirish. Filtrlash..	32
8. Issiqlik almashinish jarayonlari. Issiklik o‘tishining turlari.....	49
9. Issiklik o‘tkazuvchanlik. Konveksiya va nurlanish.....	57
10. YUzali isitgichlarda issiklik berish. Issiklik o‘tkazish.....	61
11. Ko‘p komponentli sistemalarni bug‘latish.....	67
12. Eritmalarning kristallanishi.....	74
13. Isitish, suyuqliklarni sovitish va bugni kondensatsiyalanishi.....	76
Qo‘llanilgan adabiyotlar.....	79

Kirish

Respublikamizning industrial rivojlanishida kime sanoatining ahamiyati bekiyosdir. O‘z navbatida kimyo sanoatining rivoji, ishlab chikarilayotgan maxsulotning kupayishi yangi uskunalarni yaratish, ishlab chikarishda ishlab turgan uskunalarni takomillashtirish, ishlab chikarilayotgan maxsulotning sifatini yaxshilash bilan amalga oshiriladi.

Kimyoviy texnologiya zamonaviy uskunar bilan ta‘minlanishi keraq Jarayonlar va uskunalarni urganishda «Asosiy texnologik jarayon va kurilmalari» fani aloxida urin

tutadi. 5320400 «Kimyoviy texnologiya» (ishlab chiqarish turlari bo'yicha) yunalishi bakalavriat buyicha ta'lim olayotgan talabalar uchun uzbek tilida amaliyot darslariga oid uslubiy kursatmalar zarur. Ushbu yunalishda ta'lim olayotgan xar bir talaba kime va metallurgiya sanoatida kullaniladigan jarayon turlari va ularni amalga oshirish kurilmalarining tuzilishi, ishlash prinsipi, ularni xisoblash va loyixalash asoslarini bilishlari shart. SHu bilan birgalikda shu kurilmalarni xisoblash yullarini kengrok urganishlari uz soxasining etuk mutaxassisi bulib etishishiga imkoniyat tugdiradi.

«Kimyoviy injiniring jarayonlari va kurilmalari» fanidan amaliy mashg'ulotlarga oid uslubiy kursatma yukoridagi maksadlarga erishishga yordam beradi.

Gidromexanik jarayonlar. Gidravlika asoslari va uning amaliyotda qo'llanilishi

1. Asosiy tenglamalar

Sanoat jarayoni - ma'lum natijaga erishish uchun amalga oshiriladigan ketma-ket xarakatlarning majmuasi va yigindisi.

Texnologiya - bu xom-ashyodan avvaldan belgilangan xossalarga ega maxsulot olish maksadida utkaziladigan bir kator usullardir. Texnologiyaning fan sifatidagi maksadi eng samarador va tejamkor texnologik jarayonlarni aniklash va amalyyotda kullash uchun fizik, kimyoviy, mexanik va boshka konuniyatlarini urganishdir.

Texnologik kurilma - texnologik jarayonlarni utkazish uchun muljallangan **kurilma"**, **uskuna** yoki **moslama** yoki **jixoz**.

Mashina — energiya yoki materialni uzgartirish uchun mexanik xarakat kiladigan **uskuna** yoki **moslama**.

Kimyo, ozik-ovkat va boshka texnologiyalarni kup kirrali, turli asosiy jarayonlarning **utish** konuniyatlariga karab asosan 6 guruxga ajratsa buladi: 1) *gidromexanik* jarayonlar; 2) *issiklik almashinish* jarayonlar; 3) *massa almashinish* jarayonlar; 4) *mexanik* jarayonlar; 5) *kimyoviy va biokimyoviy* jarayonlar; 6) *sovitish* jarayonlar.

Gidromexanik jarayonlar - bu shunday jarayonlarki, ularning tezligi mexanika va gidrodinamika konunlari bilan belgilanadi.

Ularga truba va kurilmalarda gaz va suyuqliklarni uzatish, suyuqliklarni aralashtirish, emulsiya va suspenziyalarni chuktirish, filtrlash, sentrifugalash kabi usullarida ajratish, teskari osmos va ultrafiltrlash, donador, sochiluvchan materiallarni mavxum kaynashi kabi jarayonlar kiradi.

Xar bir sanoatda kaysi jarayon bulishidan kat'iy nazar, uning tezligini oshirishga xarakat kilinadi, chunki jarayon tezligini kupayishi kurulmaning ish unumdorligini usishiga olib keladi. Gidromexanik, issiklik va massa almashish, xamda kimyoviy jarayonlarning kinetik konuniyatlari kuyidagi umummy konun kurinishida ifodalanishi mumkin: jarayonning tezligi xarakatlantiruvchi kuchga tugri va karshilikka teskari proporsional.

Agar, karshilikka teskari kattalikni tezlik koeffitsienta deb belgilasak, gidromexanik jarayonlar uchun kinetik tenglama ushbu kurinishga ega buladi:

$$\frac{dV}{F d\tau} = \frac{\Delta P}{R_1} = K_1 \cdot \Delta P$$

bu erda V – okib utadigan suyuqlik mikdori; F - kundalang kesim yuzasi; τ - vakt; K_1 - jarayonning tezlik koeffitsienta; ΔP - xarakatga keltiruvchi kuch (bosimlar farki); R_1 - gidravlik karshiliq

Issiklik almashinish jarayonlari - bu shunday jarayonlarki, ularda, temperaturasi yukori jism (yoki muxit) dan temperaturasi past jismga (yoki muhitga) issiklik utadi. Ularga isitish, pasterizatsiya, sterilizatsiya, sovitish, bug'latish, kondensatsiyalash va boshkalar kiradi. Issiklik almashinish jarayonlarining tezligi issiklik utkazish konunlari bilan aniklanadi va kuyidagi kinetik tenglama orkali ifodalanadi:

$$\frac{dQ}{F d\tau} = \frac{\Delta t}{R_2} = K_2 \cdot \Delta t$$

bu erda Q - utkazilgan issiklik mikdori; F - issiklik almashinish yuzasi; K_2 issiklik utkazish koeffitsienta; R_2 - termik karshilik; Δt - urtacha temperaturalar farki.

O'lovbirliklar sistemasi

Xar qanday jarayon va apparatlarni xisoblashda moddalarning fizik xususiyatlarini (zichlik, solishtirma og'irlik, qovushoqlik va boshqalar) va modda xolatining harakatini

xarakterlovchi parametrlarni (tezlik, bosim va boshqalar) bilish kepak.

Mamlakatimizda va O'YUQ (SEV) ga a'zo bo'lgan va a'zo bo'lmagan bir qancha davlatlarda o'lchov birligining yagona sistemasi sifatida 1980 yilning yanvaridan boshlab universal Xalkaro birliklar sistemasi (SI) kabul qilindi. SI ning joriy etilishi bilan shu sistemada nazarda tutilgan va uning tarkibiga kirmaydigan birliklarning ilmiy tadqiqotlar natijalarini hisoblashda, ishlab chiqarish apparatlarini loyihalashda, shuningdek, o'quv ta'limot ishlarida ancha qiyinchiliklar tug'dirayotgan o'lchov birliklaridagi xilma - xillikka bar ham beriladi.

SI ning avvalgi sistemalarga nisbatan muxim 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 ettita asosiy kattalik va shularga mos ettita asosiy (o'lchamlari maxsus ta'riflar bilan belgilangan) birliklar, shuningdek, ikkita qo'shimcha, anchagina hosilaviy kattaliklar va ularga mos qo'shimcha hamda hosilaviy birliklar bor. Xalqaro birliklar sistemasining asosiy kattaliklar va birliklari quyidagilar: uzunlik birligi - metr (m), massa birligi - kilogramm (kg), vaqt birligi - sekunda (s), elektr tok kuchi birligi - amper (A), Kelvin termodinamik temperaturasi birligi kelvin (K), yoruklik kuchi birligi kandela (kd), modda miqdori birligi - mol (mol).

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

Quyidagi 1.1 – jadvalda Xalqaro birliklar sistemasining asosiy qo'shimcha va tez – tez ishlatilib turadigan ba'zi hosilaviy birliklari keltirilgan.

1.1 – jadvalda Xalqaro birliklar sistemasining asosiy, qo'shimcha va ba'zi hosilaviy birliklari

Kattalikning nomi	Birliklarning nomi	Birliklarning belgisi(o'zbekcha)
	Asosiy kattaliklar	
1. Uzunlik	Metr	m
2. Massa	Kilogramm	kg
3. Vaqt	Sekund	s
4. Elektr tok kuchi	Amper	A

5. Termodinamik temperatura	Kelvin	K
6. Modda miqdori	Mol	Mol
7. YOrug‘lik kuchi	Kandela	kd
	Qo‘shimcha kattaliklar	
1. YAssi burchak	Radian	rad
2. 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 (joul taqsim gradus)	J/K (J/°S)
Solishtirma issiqlik sig‘im(issiqlik sig‘im)	joul taqsim kilogramm – kelvin	J/ (kg * K)

		$[J / (kg \cdot ^\circ S)]$
Issiqlik almashinuv (issiqlik uzatish) koeffitsienti	vatt taqsim metr kvadrat – kelvin	$Vt / (m^2 \cdot K)$ $[Vt / (m^2 \cdot ^\circ S)]$
Issiqlik o'tkazuvchanlik	vatt taqsim metr – kelvin	$Vt / (m \cdot K)$
Sirt taranglik	Joul taqsim metr kvadrat	$[Vt / (m \cdot ^\circ S)]$
Diffuziya koeffitsienti	Metr kvadrat taqsim sekund	J / m^2 m^2 / s
Entalpiya	joul taqsim kilogramm	J / kg

Bulardan tashkari, xalkaro birliklar sistemasining karrali va ulushli kiymatlaridan xam 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.

1.2-жадвал. Олд қўшимчалар ва уларнинг

Қўпайтувчи	Олд қўшимча		
	Номи	Белгиси	
		Халқаро	Ўзбекча
$1000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000 = 10^{18}$	экса	Е	Э
$1\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000 = 10^{15}$	пета	Р	П
$1\ 000\ 000\ 000\ 000 = 10^{12}$	тера	Т	Т
$1\ 000\ 000\ 000 = 10^9$	гига	Q	Г
$1\ 000\ 000 = 10^6$	мега	М	М
$1\ 000 = 10^3$	кило	к	к
$100 = 10^2$	гекто	h	г
$10 = 10^1$	дека	da	да
$0,1 = 10^{-1}$	деци	d	Д
$0,01 = 10^{-2}$	сант	c	с
$0,001 = 10^{-3}$	МИЛЛИ	m	м
$0,000\ 001 = 10^{-6}$	микро	И-	мк
$0,000\ 000\ 001 = 10^{-9}$	на но	n	н
$0,000\ 000\ 000\ 001 = 10^{-12}$	пико	P	п
$0,000\ 000\ 000\ 000\ 001 = 10^{-15}$	фемто	f	ф
$0,000\ 00Q\ 000\ 000\ 000\ 001 = 10^{-18}$	атто	a	а

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 urniga pikofarad (pF) ni ishlatish lozim. Pi-kofarad 10^{-12} F ga, ya’ni faradning billiondan bir ulushiga teng.

Xalkaro birliklar sistemasida ishlatiladigan old" qo‘shimchalar va ularning kupaytuvchilari 1.2-jadvalda keltirilgan.

1.3-jadvalda esa SI birliklari bilan ayrim eskirgan birliklar o‘rtasidagi nisbatlarga misollar keltirilgan.

Kattaliklar nomi	SI ga binoan birligi	SI birliklariga o‘tkazish koeffitsientlari
1	2	3
U zunlik	M	$1\ mkm = 10^{-6}m$ $1\ A = 10^{-9}mA$

<i>Oirlik kuchi (ogirlik)</i>	<i>N</i>	<i>1 kgk = -9,81 N</i> <i>1 din = 10~«N</i> <i>1 texnik kuch = 9,81- 10³N</i>

1	2	3
Динамик қовушоқлик	Па·с	$1 \text{ П (пуаз)} = 10^{-1} \text{ Па·с}$ $1 \text{ сП} = 10^{-3} \text{ Па·с}$ $1 \frac{\text{кгк·с}}{\text{м}^2} = 9,81 \text{ Па·с}$
Кинематик қовушоқлик	м ² /с	$1 \text{ ст (стокс)} = 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$
Осим	Па (паскаль)	$1 \text{ дин/см}^2 = 0,1 \text{ Па}$ $1 \frac{\text{кгк}}{\text{см}^2} = 1 \text{ ат} = 9,81 \cdot 10^4 \text{ Па} = 735$ мм сим. устун $1 \text{ кгк/м}^2 = 9,81 \text{ Па}$ $1 \text{ атм} = 1,033 \text{ кгк/м}^2 = 1,033 \cdot 10^5 \text{ Па}$ $1 \text{ атм} = 760 \text{ мм' сим. устун} = 10,33$ мм сув ўст. $1 \text{ бар} = 10^5 \text{ Па}$
Қувват	Вт	$1 \text{ кгк·м/с} = 9,81 \text{ Вт}$ $1 \text{ эрг/с} = 10^{-7} \text{ Вт}$ $1 \text{ ккал/соат} = 1,163 \text{ Вт}$
Зичлик	кг/м ³	$1 \text{ кгк·с}^2/\text{м}^4 = 9,81 \text{ кг/м}^3$ $1 \text{ т/м}^3 = 1 \text{ кг/дм}^3 = 1 \text{ г/см}^3 \cdot 10^3$ кг/м^3
Солиштирма оғирлик	Н/м ³	$1 \text{ кгк/м}^3 = 1,163 \text{ Н/м}^3$
Иш, энергия, иссиқлик миқдори	Ж (жоуль)	$1 \text{ кгк·м} = 9,81 \text{ Ж}$ $1 \text{ эрг} = 10^{-7} \text{ Ж}$ $1 \text{ кВт·соат} = 3,6 \cdot 10^5 \text{ Ж}$ $1 \text{ ккал} = 4187 \text{ Ж} = 4,19 \text{ кЖ}$
Солиштирма иссиқлик сифими	Ж/(кг·К) Ж/(кг·°С)	$1 \text{ ккал/ (кг·°С)} = 4,19 \text{ кЖ/(кг·К)}$ $1 \text{ эрг/гк} = 10^{-4} \text{ Ж/кг·К)}$
Иссиқлик бериш ва ўтказиш коэффициентлари	Вт/(м ² ·К) Вт/(м ² ·°С)	$1 \text{ ккал/(м}^2 \cdot \text{соат} \cdot \text{°С)} = 1,163 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$
Иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентлари	Вт/(м·К) Вт/(м·°С)	$1 \text{ ккал/(м} \cdot \text{соат} \cdot \text{°С)} = 1,163 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$
Айланишлар частотаси	Гц	$1 \text{ с}^{-1} = 1 \text{ Гц}$ $1 \text{ айл/с} = 1 \text{ Гц}$ $1 \text{ айл/мин} = \frac{1}{60} \text{ Гц}$
Солиштирма энтальпия	Ж/кг	$1 \text{ ккал/кг} = 1 \text{ кал/г} = 4,19 \text{ кЖ/кг}$

1.1. 1980 yil 1 yanvarda Butunjaxon birliklar sistemasi (Mejdunarodnaya sistema edinit, SI) qabul qilingan. Unda asosiy birliklar: uzunlik – metr (m), og‘irlik – kilogramm (kg), vaqt – sekund (s), elektr tok kuchi – amper (A), temperatura – Kelvin (K), yorug‘lik kuchi – kandela (kd), modda miqdori – mol, hamda 2 ta qo‘shimcha birliklardan iborat. Turli sistemalarda zichlik birliklarining uzaro bog‘liqligi:

$$1 \frac{\kappa \mathcal{Z}}{\mathcal{M}^3} = 0.102 \frac{\kappa \mathcal{Z} \cdot \mathcal{C}^2}{\mathcal{M}^4} = 10^{-3} \text{ g/sm}^3$$

1.2. Dinamik kovushoklik koeffitsintining (kelgusida shunchaki kovushoklik deb yuritiladi) ulchovbirligi:

$$\begin{aligned} [\mu]_{cu} &= \frac{H \cdot c}{\mathcal{M}^2} = Pa \cdot c = \frac{\kappa \mathcal{Z}}{\mathcal{M} \cdot c}; \\ [\mu]_{c\mathcal{Z}c} &= \frac{\partial u_H \cdot c}{c \mathcal{M}^2} = \frac{\mathcal{Z}}{c \mathcal{M} \cdot c} = \Pi \text{ (puaz)} \\ [\mu]_{\mathcal{M} \kappa \mathcal{Z} c c} &= \frac{\kappa H c \cdot c}{\mathcal{M}^2} \end{aligned}$$

Hisoblashlarda mikropuaz (1mkP=10⁻⁶P), millipuaz (1mP=10⁻³ P) va santipuaz (1sP=10⁻²P) kabi kichik birliklar xam uchraydi.

$$1sP=10^{-3}PA \bullet s \frac{1}{9810} \frac{\kappa \mathcal{Z} \cdot c}{\mathcal{M}^2}$$

1.3 Solishtirma issiklik sigimining (1kg moddani 1K ga istish uchun ketadigan issiklik mikdori) birligi:

$$[c] = \left[\frac{\mathcal{H}}{\kappa \mathcal{Z} \cdot K} \right]$$

3.1. Zichlik (xajm birligidagi massa):

$$\rho = \frac{m}{V} ; \quad \left[\frac{\kappa \mathcal{Z}}{\mathcal{M}^3} \right] \quad (3.1)$$

bu erda m- moddaning massasi, kg; V - uning xajmi, m³.

3.1.1. Normal sharoitdagi toza gazning zichligi:

$$\rho_0 = \frac{\mathcal{M}}{22,4} ; \left[\frac{\kappa \mathcal{Z}}{\mathcal{M}^3} \right] \quad (3.2)$$

bu erda M- molekulyar massa, kg/kmol

3.1.2. Gazlarning ishchi xolatdagi zichligi:

$$\rho = \rho_o \frac{T_0 P}{T P_0} ; \quad \left[\frac{\kappa \mathcal{Z}}{\mathcal{M}^3} \right] \quad (3.3)$$

bu erda $T_0=273$ K normal sharoitdagi temperatura; R -ishchi bosim, Pa ; T .- ishchi temperatura, Q; $R_0=0,1$ MPa – atmosfera bosimi.

3.1.3. Gaz aralashmasining zichligi:

$$\rho_{ap} = Y_1\rho_1 + Y_2\rho_2 + \dots + Y_n\rho_n \quad (3.4)$$

bu erda $Y_1, Y_2, \dots, Y_n$ – gaz aralashmasi komponentlarining xajmiy ulushi (mol ulushi), kmolA/kmol (A+V); $\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_n$ – komponentlarning zichliklari.

3.1.4. Suyuklik aralashmasining zichligi (aralashmaning tarkibi fizik-kimyoviy

uzgarmagan xollarda):

$$\frac{1}{\rho_{ap}} = \frac{\bar{X}_1}{\rho_1} + \frac{\bar{X}_2}{\rho_2} + \dots + \frac{\bar{X}_n}{\rho_n} \quad (3.5)$$

bu erda $\bar{X}_1, \bar{X}_2, \dots, \bar{X}_n$ - aralashma komponentlarining massa ulushi, kgA/kg (A+V);

$\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_n$ - aralashma komponentlarining zichliklari.

3.1.5. Suspenziyaning (tarkibida kattik zarrachalari bulgan suyuklik) zichligi:

$$\frac{1}{\rho_c} = \frac{\bar{X}}{\rho_k} + \frac{1-\bar{X}}{\rho} \quad (3.6)$$

bu erda $\bar{X}$ - suspenziyadagi kattik jismning massa ulushi; ρ_k va ρ - kattik jism va suyuklikning zichligi

3.1.6. Zichlik va solishtirma ogirlik orasidagi bog'liqlik:

$$\rho = \frac{\gamma}{g} \quad (3.7)$$

bu erda γ - solishtirma ogirlik (xajm birligidagi ogirlik), N/m³;
 $g=9,81$ m/s²- erkin tushish tezlanishi.

3.1.7. Nisbiy zichlik (modda zichligining suvning zichligiga nisbati):

$$\Delta = \frac{\rho}{\rho_{cys}} = \frac{\gamma}{\gamma_{cys}} \quad (3.8)$$

3.1.8. Zichlikga teskari bulgan kattalik solishtirma xajim deyiladi:

$$\nu = \frac{1}{\rho} : \left[\frac{m^3}{\kappa} \right] \quad (3.9)$$

3.2.1. Kovushoklikning kinematik koeffitsienti:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} ; \left[\frac{m^2}{c} \right] \quad (3.10)$$

3.2.2. Gaz aralashmasining kovushokligi quyidagi formuladan topiladi:

$$\frac{M}{\mu_{ap}} = \frac{y_1 M_1}{\mu_1} + \frac{y_2 M_2}{\mu_2} + \dots + \frac{y_n M_n}{\mu_n} \quad (3.11)$$

bu erda M_{ar} , M_1 , M_2 , ... M_n - aralashma va uning komponentlarining mol massalari; μ_{ar} , μ_1 , μ_2 , ... μ_n - aralashma va uning komponentlarining kovushkokliklari.

Gaz aralashmasini kg mol massasini quyidagicha topish mumkin:

$$M_{ar} = U_1 M_1 + U_2 M_2 + \dots + U_n M_n \quad (3.12)$$

3.2.3. Gazlarning T ishchi temperaturadagi kovushkokligi:

$$\mu = \mu_0 \frac{273 + C}{T + C} \left(\frac{T}{273} \right)^{3/2} \quad (3.13)$$

bu erda μ_0 - 0°S dagi kovushoklik; S - Saterlend doimiysi (ma'lumotnomalardan olinadi); T ishchi temperatura, K .

3.2.4. Suyuklik aralashmalarining kovushokligi:

$$\lg \mu_{ap} = x_1 \lg \mu_1 + x_2 \lg \mu_2 + \dots + x_n \lg \mu_n \quad (3.14)$$

yoki

$$\frac{1}{\mu_{ap}} = \frac{x_1}{\mu_1} + \frac{x_2}{\mu_2} + \dots + \frac{x_n}{\mu_n} \quad (3.14^1)$$

3.2.4 Suspenziyalarning kovushokligi:

a) kattik jism konsentratsiyasi 10% (xajm) dan kichik bulganda:

$$\mu_c = \mu(1 + 2,5\varphi) \quad (3.15)$$

v) kattik jism konsentratsiyasi 30% (xajm) gacha bulganda:

$$\mu_c = \mu \frac{0,59}{(0,77 - \varphi)^2} \quad (3.15^1)$$

bu er

da μ - suyuklikning kovushokligi; φ - kattik fazaning suspenziyadagi xajmiy ulushi.

3.2.5. Suyuklikning turli ikki temperaturadagi kovushokligi anik bulsa quyidagi chiziklilik koidasi asosida uning xar kanday temperaturadagi kovushokligini topish mumkin:

$$\frac{t_{\mu_1} - t_{\mu_2}}{\theta_{\mu_1} - \theta_{\mu_2}} = K \quad (3.16)$$

bu erda t_{μ_1} va t_{μ_2} - kovushkokligi topiladigan suyuklikning temperaturalari; θ_{μ_1} va θ_{μ_2} - etalon suyuklikning kovushkokligi izlanayotgan suyuklikning μ_1 va μ_2 kovushkokligiga mos keladigan temperaturalari.

3.3.1. Eritmalarning solishtirma issiklik sigimini (SIS) takriban kuydagicha topish mumkin.

$$c = c_1 \bar{x}_1 + c_2 \bar{x}_2 + \dots + c_n \bar{x}_n \quad (3.17)$$

bu erda $s_1, s_2, \dots, s_n$ - komponentlarning SIS; $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n$ - komponentlarning massa ulushlari.

3.3.2. Suvli eritmalarning SIS:

a) erigan moddaning konsentratsiyasi $\bar{x} < 0,2$:

$$C = 4190(1 - \bar{x}) \quad (3.18)$$

b) $\bar{x} > 0,2$ bulganda

$$C = 4190(1 - \bar{x}) + C_{cs} \bar{x} \quad (3.18^1)$$

bu erda S_{SE} – suvsiz moddaning SIS.

3.3.3. Gazlar uchun issiklik sigimi ikki xil buladi:

uzgarmas bosimdagi (xisoblarga ishlatiladi) va uzgarmas xajimdagi. Ular orasidagi bogliklik:

$$C_p = \frac{8314,4}{M} - C_v; \left[\frac{\mathcal{H}}{\kappa^2 \cdot K} \right] \quad (3.19)$$

bu erda S_v -uzgarmas xajimdagi SIS.

3.4 Issiklik utkazuvchanlik (IU) ning ulchov birligi:

$$[\lambda] = \left[\frac{Bm}{M \cdot \kappa} \right]$$

3.4.1. IU ning kiymati ma'lumotnomalarda berilmagan bulsa uni kuyidagi tenglamalardan topish mumkin:

$$\lambda = Ac\rho \sqrt[3]{\rho/M} \quad Ac\rho \sqrt[3]{\rho/M} \quad (3.20)$$

bu erda A-suyuklikning assotsialanishi darajasiga bog'liq bulgan koeffitsient; s-SIS; ρ - suyuklikning zichligi; M - molekulyar ogirlik;

$$A = 3,5 \cdot 10^{-8} \frac{M^3}{\kappa \text{mol}^{1/3} \cdot C} \text{ -assotsialangan suyukliklar (masalan suv) uchun;}$$

$$A = 4,22 \cdot 10^{-8} \frac{M^3}{\kappa \text{mol}^{1/3} \cdot C} \text{ -assotsialanmagan suyukliklar (masalan benzol)}$$

uchun.

3.4.2. Gazlarning IU:

$$\lambda = B c_V \mu \quad (3.21)$$

bu erda V= 0,25 (9K-5)-koeffitsient; K= S_R/S_V -adiabata kursatkichi: S_V - uzgarmas xajimdagi SIS; μ - gazning kovushokligi. Bir atomli gazlar uchun $V=2,5$; ikki atimlilar uchun $V = 1,9$ va uch atomlilar uchun $V = 1,72$

3.5. Eritmalar va organik suyukliklarning kaynash temperaturalari.

Moddalarning kaynash temperaturasini kuyidagi usullar yordamida topish mumkin

a) suyuklikning mos bosimlardagi ikki kaynash temperaturasi ma'lum bulsa chiziklik koidasi (3.16)-tenglama) yoki Kireev tenglamasi kulaniladi:

$$\frac{t_{P_1} - t_{P_2}}{\theta_{P_1} - \theta_{P_2}} = K \quad (3.22)$$

bu erda t_{P_1} va t_{P_2} - suyuklikning R_1 va R_2 bosimlardagi kaynash temperaturalari; θ_{P_1} va θ_{P_2} - etalon suyuklikning (masalan suvning) usha bosimlardagi kaynash temperaturasi.

Kuyidagi Kireev tenglamasi bo'yicha S koeffitsient topiladi va undan suyuklikning istalgan temperaturadagi tuyingan buglar bosimini aniklash mumkin:

$$\frac{\ell g P_{A_1} - \ell g P_{A_2}}{\ell g P_{B_1} - \ell g P_{B_2}} = C \quad (3.23)$$

bu erda P_{A_1} va P_{B_1} -A va V suyukliklarning bir xil, ya'ni t_1 temreraturadagi tuyingan buglarining bosimlari; P_{A_2} va P_{B_2} - shu suyukliklarning t_2 temperaturadagi tuyingan buglarining bosimlari.

b) suyuklikning fakat bitta bosimdagi kaynash temperaturasi anik bulsa Babo koidasi kulaniladi:

$$\left(\frac{P}{P_0} \right)_t = const \quad (3.24)$$

bu erda R - eritma bugining bosimi; R_0 - toza erituvchi bugining usha temperaturadagi bosimi.

Bu koida past konsentratsiyali eritmalar uchungina tugri natija beradi. Kuyuk

eritmalar uchun unga tuzatma koeffitsent kiritiladi.

Masalalar echish

2-masala. Suyuqlik birinchi qavatda o'rnatilgan rezervuardan ikkinchi qavatga ko'tarilayotgan bo'lsa, ushbu rezervuarda qanday miqdorda vakuum hosil qilish kerak? Umumiy so'rish balandligi 8 m (gidravlik qarshiliklarni inobatga olmasa ham bo'ladi). Suyuqlikning nisbiy zichligi 1,25 ga teng.

Echish:

Suyuqlik ma'lum balandlikka suyuqlikni ko'tarish uchun zarur bo'lgan vakuum miqdori quyidagi tenglamadan topiladi:

$$P_h = \rho g(10 - H_c) = 1000 \cdot 9,81(10 - 8) = 19620 \text{ Pa}$$

Kontrol masalalar

3.1. Tarkibida xajm bo'yicha 50%-N₂, 40%-SO₂, 5%-N₂, 5%-CO₂ bulgan 90 °S temperaturali va 1,2 kgs/sm² bosimli absolyut gazning mol.massasini va zichligini aniklang. (Javob: $M=15,8$; $\rho=0,616 \text{ kg/m}^3$)

3.2. Uglerod ikki oksidining 85 °S va $R_{\text{ort}} = 2 \text{ kgs/sm}^2$ dagi zichligini toping. (Javob: $4,43 \text{ kg/m}^3$)

3.3. Tarkibida 18 % (massa) kvars zarrachalari bo'lgan suspenziyaning zichligini toping.

3.4. Kuyidagi moddalarning issiklik utkazuvchanligini aniklang:

a) 20 °S dagi suyuq xloroformning;

b) 160 °S va 0,1 MPa dagi xavoning ;

v) 25% li kalsiy xlorid eritmasining 30°S dagi. (Javob: $0,14 \text{ Vt/(m.K)}$; $0,017 \text{ Vt/(m.K)}$; $0,48 \text{ Vt/9m.K}$)).

3.5. Tarkibida 12% rodanit nagriy bulgan suvli eritmaning issiklik sigimini toping.

Gidrodinamika. Trubalarda suyuqliklarning oqishi

1. Asosiy tenglamalar

1.1. Suyuklik okimining rejimi.

Suyuklik okimining rejimi Reynolds kriteriysiga boglik:

$$Re = \frac{\omega d \rho}{\mu}; \quad (5.1)$$

Re < 2300 bulganda okim rejimi laminar;
 2300 < Re < 10 000 bulganda oralik (utish);
 Re > 10 000 bulganda turbulent okim buladi.

2. Idish ichidagi suyuqlik satxi uzgarmas bulganda tagidagi kichkina teshikdan okib tushayotgan suyuqlik tezligi:

$$\omega = \varphi \sqrt{2gH}, [m/c] \quad (5.2)$$

bu erda φ - ulchamsiz, tezlik koeffitsient; N – teshik markaziga nisbatan olingan suyuqlik satxi balandligi, m.

Agar idish ichidagi suyuqlik sirtidagi R_0 bosim, okim tushayotgan maydondagi R bosimdan fark kilsa (5.10) – tenglamadagi N kattalik urniga kuyidagi N^1 kattalik kuyiladi:

$$H^1 = H + \frac{P_0 - P}{\rho g} \quad (5.3)$$

Satx uzgarmas va $R_0 = R$ bulganda idish tagidan okib tushayotgan suyuqlik sarfi:

$$V = \alpha f_0 \sqrt{2gH} \quad (5.4)$$

bu erda $\alpha = \varphi \varepsilon$ - sarf koeffitsienti; f_0 – teshikning yuzasi, m^2 ;
 ε - okimning sikilish koeffitsienti.

(5.10) va (5.12) – tenglmalardagi φ , α , ε - ulchamsiz koeffitsientlar tajribalar yordamida aniklanadi. Suv va kovushokligi suvnikiga yaqin bulgan suyuqliklar uchun tekis teshik bulsa $\alpha \approx 0,62$, agar teshikka kichkina trubacha (nasadka) urnatilgan bulsa $\alpha \approx 0,82$ deb olish mumkin.

3. Kundalang kesimi f uzgarmas bulgan usti ochik idish tagidagi f_0 yuzali teshikdan suyuqlik okayotgan bulsa, idishning bushashiga ketadigan vakt:

$$r = \frac{2 f \sqrt{H}}{\alpha f_0 \sqrt{2g}}, [c] \quad \alpha f_0 \Rightarrow \alpha \cdot f_0 \quad (5.5)$$

bu erda N – suyuqlikning boshlangich satxi, m.

3. Standart diafragmadan okib utayotgan suyuqlik (gaz) sarfi:

$$V = \alpha k f_0 \sqrt{2gH \frac{\rho_M - \rho}{\rho}}, \left[\frac{m^3}{c} \right] \quad (5.6)$$

bu erda α - diafragmaning sarf koeffitsienti (ma'lumotnomalardan olinadi); k – kuvur devori gadir-budurligini xisobga oluvchi tugrilash kupaytmasi (ma'lumotnomalardan olinadi); f_0 – diafragma teshigining yuzasi, m^2 ; N – diafragma ulangan difmanometrda

suyuklik satxlari farki, m; ρ_M – difmanometr suyukligining zichligi, kg/m³; ρ - kuvurdan okayotgan suyuklikning zichligi, kg/m³.

5. Kuvurdan okayotgan suyuklikning urtacha va maksimal tezliklari orasidagi bogliklik:

a) laminar okim uchun: $\omega = 0,5 \omega_{maks}$; (5.7)

b) turbulent okim uchun: $\omega = (0,8 \div 0,9) \omega_{maks}$ (5.8)

Kuvur markazidagi, ya'ni maksimal tezlikni P_i to – Prandtl trubasi yordamida ulchash mumkin:

$$\omega_{maks} = \sqrt{2gH \frac{\rho_M - \rho}{\rho}} \quad (5.9)$$

Pito – prandtl trubkasi xam kuvurlardan okayotgan suyukliklar va gazlarning xajmiy sarfini ulchash uchun ishlatiladi, ya'ni ulchangan maksimal tezlikdan (5.9) – tenglamadan urtacha tezlik va keyin (5.1) – tenglamadan V topiladi.

6. Tarmokning umumiy gidravlik karshiligi (izotermik okim uchun):

$$\Delta P_T = \Delta P_{mez} + \Delta P_{uuu} + \Delta P_{M.K.} + \Delta P_K + \Delta P_{an} + \Delta P_{kyu}, [IIa] \quad (5.10)$$

bu tenglamadagi kushiluvchilarni topish kuyida kursatilgan:

a) okimning tezligini xosil kilish uchun sarflangan bosim:

$$\Delta P_{mez} = \frac{\rho \omega^2}{2}; \quad (5.11)$$

b) tugri kuvurdagi ishkalanishni engish uchun kerakli bosim:

$$\Delta P_{uuu} = \lambda \frac{L}{d} \cdot \frac{\rho \omega^2}{2} \quad (5.12)$$

bu erda λ - ishkalanish koeffitsienti; L – kuvurning uzunligi, m.

- laminar okim uchun:

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad (5.13)$$

-

- sillik kuvur ichidagi turbelent okim uchun (shisha, mis):

$$\lambda = \frac{0,316}{Re^{0.25}} \quad (5.14)$$

-

- gadir-budirlikka ega bulgan (pulat, chugun) kuvurlar ichidagi turbulent okim uchun:

$$\frac{1}{\lambda} = -2\lg \left[\frac{\varepsilon}{3.7} + \left(\frac{6.81}{\text{Re}} \right)^{0.9} \right] \quad (5.15)$$

bu erda $\varepsilon = e/d_e$ – nisbiy gadir-budirlik; e – dunglikchalarning urtacha balandligi (ma'lumotnomalardan olinadi); d_e – ekvivalent diametr (doira kundalang kesimli trubalar uchun $d_e = d$).

Zmeeviklar uchun ishkalanishda yukotilgan bosimni topishda tugri truba uchun (5.12) – tenglamadan topilgan $\Delta P_{uu}\psi$ koefitsientga kupaytiriladi:

$$\psi = 1 + 3,54 \frac{d}{D} \quad (5.16)$$

bu erda D – zmeevik uramining diametri;

v) maxalliy karshiliklarni engishga sarflanadigan bosim:

$$\Delta P_{M.K.} = \xi \frac{\rho \omega^2}{2} \quad (5.17)$$

bu erda ξ - maxalliy karshilik koefitsienti (ma'lumotnomalardan olinadi);

g) suyaklikni bir nuktadan ikkinchisiga kutarish, ya'ni gidrostatik bosimni engishga ketadigan bosim:

$$\Delta P_K = \rho g H$$

bu erda N – kutarish balandligi, m;

d) ΔP_{an} - kurilmalarning gidravlik karshiligini engishga sarflanadigan bosim (kuyida kuriladi);

e) ΔP_{kyu} - kuvur oxiridagi kushimcha bosim (apparat ichida bosim xosil kilish, suyaklikni sachratib yuborish va boshkalar uchun kerak buladi).

YUkoridagilarni (2.17) – tenglamaga kuysak:

$$\Delta P_T = \frac{\omega^2 \rho}{2} \left(1 + \frac{\lambda L}{d} + \sum \xi \right) + \rho g H + \Delta P_{an} + (P_2 - P_1) \quad (5.18)$$

7. Kojuxtrubali issiklik almashtirgichlarning gidravlik karshiligi:

a) trubalar ichidagi bushlik uchun (issiklik almashtirgichning trubalari orasidagi bushlikda tusiklar bulmagan xollarda u erdagi gidravlik karshilikni xisoblashda xam kullaniladi):

$$\Delta P = \lambda \frac{nL^1}{d_3} \frac{\omega^2 \rho}{2} + \sum \xi \frac{\omega^2 \rho}{2}; \quad (5.19)$$

bu erda L^1 - bir yulning uzunligi, m; n – yullar soni.

Maxalliy karshilik koeffitsientining kiymatlari:

- trubalar ichida

kirish va chikish kameralari $\xi = 1,5$

180° ga burilishlar 2,5

trubalarga kirish va chikish 1,0

- trubalar orasida

bushlikka kirish va undan chikish 1,5

tusiklar tufayli 180° ga burilish 1,5

90° ga burilish 1,0

b) trubalar orasida tusiklar bor xollar uchun:

- trubalari turtburchak shaklida urnatilgan dastalar uchun:

$$\Delta P = \rho \omega^2 \cdot \epsilon (3 + 4,5m) \left(\frac{S_1}{d_T} \right)^{-0.23} Re^{-0.26} \quad (5.20)$$

- shaxmat shaklida urnatilgan trubali dastalar uchun:

$$\frac{S_1}{d_T} < \frac{S_2}{d_T} \text{ bulganda}$$

$$\Delta P = \rho \omega^2 \epsilon (2 + 3,3m) Re^{-0.28} \quad (5.21)$$

$$\frac{S_1}{d_T} > \frac{S_2}{d_T} \text{ bulganda}$$

$$\Delta P = \rho \omega^2 \epsilon (2,7 + 1,7m) Re^{-0.28} \quad (5.22)$$

bu tenglamalarda v – truba uki bilan okim yunalishi orasidagi burchakka boglik bulgan tuzatma koeffitsient; m – okim yunalishdagi trubalar katori soni; d_T – trubalarning tashki diametri, m; S_1 va S_2 – trubalarning kundalang va buylama kadamlari.

Tuzatma koeffitsient v ning kiymatlari:

φ^0	10	30	40	50	60	70	80	90
v	0,15	0,38	0,53	0,69	0,83	0,95	1	1

2.11.Nasadkali kolonnalarning gidravlik karshiligi:

$$\Delta P = \Delta P_{K.H} \cdot 10^{EU} \quad (5.23)$$

bu erda ΔR_{QN} – kuruk (namlanmagan) nasadkaning karshiligi, Pa;

S – koeffitsiet; U – sugorish zichligi, $m^3/(m^2 \cdot s)$.

Koeffitsient S ning kiymatlari (Rashig xalkalari uchun):

- to'g'ri terilgan nasadkalar:

nasadka ulchami, mm	50	80	100
S koefitsient	173	144	119

- tartibsiz tuldirilgan nasadkalar:

nasadka o'lchami, mm	25	50
S koefitsient	184	169

Quruq nasadkaning gidravlik qarshiligi:

$$\Delta P_{K.H} = \lambda \frac{H}{d_{\vartheta}} \frac{\omega_r^2 \rho}{2} \quad (5.24)$$

bu erda λ - nasadkalarining karshilik koefitsienti; N – nasadka katlamining balandligi, m; d_E – ekvivalent diametr, m; ω_r – nasadkaning bush kesimidagi (xakikiy) tezlik, m/s; ρ_r – gazning zichligi, kg/m³.

$$d_{\vartheta} = \frac{4V_{\delta}}{\delta_H}; \quad \omega_r = \omega / V_{\delta};$$

bu tenglamalarda V_b – bush xajm, m³/m³; δ_N – nasadkaning solishtirma bushligi, m²/m³ (bu ikkala kattalikning qiymati ma'lumotnomalardan olinadi); ω - kolonnaning tulik kundalang kesimiga nisbatan olingan, ya'ni mavxum (fiktiv) tezlik, m/s.

(2.24) – tenglamani quyidagicha yozish mumkin:

$$\Delta P_{K.H} = \lambda H \delta_H \rho \omega^2 / 8V_{\delta} \quad (5.25)$$

Nasadkalarining karshilik koefitsienti quyidagicha topiladi:

a) tartibsiz tukilgan nasadkalar uchun:

$$Re < 40 \text{ bulganda } \lambda = 140 / Re \quad (5.26)$$

$$Re > 40 \text{ bulganda } \lambda = 16 / Re^{0,2} \quad (5.27)$$

tug'ri terilgan nasadkalar uchun:

$$\lambda = A / Re^{0,375} \quad (5.28)$$

bu erda

$$A = 3,12 + 17 \frac{d_{\vartheta}}{H} \left(\frac{d_U}{d_T} \right)^{1,37} \quad (5.29)$$

bu erda d_U va d_T – nasadkaning ichki va tashqi diametrlari, m.

8. Tarelkali kolonnalarning gidravlik qarshiligi:

$$\Delta R_{tar} = \Delta R_{KT} + \Delta R_{\delta} + \Delta R_{r,e} \quad (5.30)$$

a) kuruk tarelka gidravlik karshiligi

$$\Delta P_{\kappa.m} = \xi \frac{\omega_T \rho_f}{2} \quad (5.31)$$

bu erda ω_T – tarelka teshiklaridagi tezlik, m/s.

Tarelkalarning karshilik koefitsientlari

Kalpokchali tarelka $\xi = 4,5 \div 5,0$

Teshikli tarelka $\xi = 1,45 \div 1,82$

Panjarali tarelka $\xi = 1,5 \div 1,5$

b) sirt taranglik kuchlari tufayli xosil buladigan karshilik:

$$\Delta P_{\delta} = 4\delta / d_{\vartheta} \quad (5.32)$$

bu erda δ - sirt tarangligi, N/m; d_E – teshikning ekvivalent diametri, m.

$$d_{\vartheta} = \frac{4f}{\Pi} \quad (5.33)$$

bu erda f – teshik yoki yorik bush kesimining yuzasi; P – uning perimetri (teshikli tarelkalar uchun d_E teshik diametriga, panjarali tarelkalar uchun yorik kengligining ikkilanganiga teng).

v) tarelka ustidagi gaz-suyuklik aralashmasining (kupik) karshiligi:

- kalpokchali tarelkalar:

$$\Delta P_{r.c.} = 1,3k\rho_c \left(\ell + \frac{e}{2} + \Delta h \right) g \quad (5.34)$$

bu erda $k \approx 0,5$ – kupikning nisbiy zichligi; ρ_s – suyuklik zichligi, kg/m³;

ℓ - kalpokcha yorigining eng baland nuktasidan kuyilish ostonasigacha

bulgan masofa, m; e – kalpokcha yorigining balandligi, m; Δh – kuyilish ostonasidan suyuklik (kuyilayotgan) sirtigacha bulgan masofa, m.

- teshikli tarelkalar:

$$\Delta P_{r.c.} = 1,3k\rho_c (h_0 + \Delta h) g \quad (5.35)$$

bu erda h_0 – kuyilish ostonasining balandligi, m.

$$\Delta h = \left(\frac{V_c}{1,85\Pi k} \right)^{2/3} \quad (5.36)$$

bu erda V_s – suyuklik sarfi, m³/s; P – kuyilish perimetri, m;

$k = 0,5$ (yukoriga karang).

1. Masalalar echish

1. Gorizontol kuvurning 2 nuqtasiga simobli shisha U – simon difmanometr ulangan. Simob satxlari orasidagi fark $h = 26 \text{ mm}$. Kuvurdan suv okayotgan bulsa, uning ikki nuqtasi orasidagi bosimlar farki nimaga teng buladi (difmanometrda simob saxilaridan kuvur ukigacha bulgan masofalar mos ravishda h_1 va h_2 ga teng).

Echish. Simobning kichkina (past) satxiga mos keluvchi kesimda difmanometrning ikkala trubasida xam bosimning tengligidan kelib chiksak:

$$P_1 + h_1 \rho g = P_2 + h_2 \rho g + h \rho_m g$$

$h_2 = h_1 - h$ ga teng, demak

$$P_1 - P_2 = h(\rho_m - \rho)g = 0,026(13600 - 1000)9,81 = 3220 \text{ Pa}$$

2. Navoiy shaxrida urnatilgan balandligi 19 m tutun trubasidan tarkibida xajm bo'yicha 12,7% - SO_2 , 4,9% - O_2 , 77,5% - N_2 va 4,9% - N_2O bulgan gaz aralashmasi chikarib yuboriladi. Tutun trubasining va gorizontol gaz kuvurining ichki diametrlari bir xil va ulardagi karshilik koefitsientlarining yigindisi:

$$\frac{\lambda_r L_r}{d_g} + \frac{\lambda_T H}{d} + \sum \xi = 27,3$$

bu erda λ_r va λ_T – ishkalanish koefitsientlari; L_r va d_e – gaz kuvurining uzunligi va ekvivalent diametri; d – tutun trubasining ichki diametri. CHikindi gazning temperatura 250°S ga teng bulgan xol uchun, uning tezligini toping.

Echish. Gazning normal sharoitdagi zichligi:

$$\rho_0 = \frac{M_{ap}}{22,4} = \frac{1}{22,4} (M_1 y_1 + M_2 y_2 + \dots + M_n y_n) = \frac{1}{22,4} (44 \cdot 0,127 + 32 \cdot 0,049 + \\ + 28 \cdot 0,775 + 18 \cdot 0,049) = 1,328 \text{ kg} / \text{m}^3$$

Gazning 250°S dagi zichligi:

$$\rho_r = \rho_0 \frac{T_0}{T} = 1,328 \frac{273}{273 + 250} = 0,693 \text{ kg} / \text{m}^3$$

Gorizontol gaz kuvurining ukiga (I) va tutun trubasining balanddagi chetiga (II) mos keluvchi kesimlar uchun Bernulli tenglamasini yozamiz:

$$P_{\text{6ap}}^I + \frac{\rho_r \omega^2}{2} = P_{\text{6ap}}^I + \rho_r g H + \frac{\rho_r \omega^2}{2} + \Delta P_{\text{ii}}$$

Gaz kuvurining satxiga mos keladigan barometrik bosim:

$$P_{\delta ap}^I = P_{\delta ap}^{II} + \rho_x gH$$

bu erda ρ_x – xavoning zichligi (ish sharoiti uchun):

$$\rho_x = 1,293 \frac{273}{273 + 20} = 1,2 \text{ kg} / \text{m}^3$$

bu erda 20°S – Navoiy shaxri uchun xavoning urtacha temperaturasi.

$P_{\delta ap}^I$ ni Bernulli tenglamasiga kuysak:

$$\Delta P_{ii} = (\rho_x - \rho_r)gH$$

Gaz kuvuri va tutun turbalarining karshiligi:

$$\Delta P_{ii} \left(\frac{\lambda_r L_r}{d} + \frac{\lambda_T H}{d} + \sum \xi \right) \frac{\rho_r \omega^2}{2} = 27,3 \frac{\rho_r \omega^2}{2}$$

Oxirgi ikki tenglamaning ung tomonlarini tenglashtirsak:

$$27,3 \frac{\rho_r \omega^2}{2} = (\rho_x - \rho_r)gH$$

Kattaliklarning kiymatlarini kuysak:

$$27,3 \frac{0,693 \cdot \omega^2}{2} = (1,2 - 0,693) \cdot 9,81 \cdot 19$$

Bundan tezlikni topamiz:

$$\omega = 3,2 \text{ m/s}$$

2.5 – masala. Zichligi 1200 kg/m^3 , kovushokligi $2 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ bulgan suyuqlik, ichida satx uzgarmas bulgan bakdan reaktorga okib tushadi. Suyuqlikning maksimal (kran tulik ochik bulgandagi) sarfini toping. Bakdagi suyuqlik satxidan reaktorga kiradigan nuktagacha bulgan masofa $N = 6 \text{ m}$. Kuvur alyumin trubadan kilingan bulib, uning diametri 50 mm . Kuvurning tulik uzunligi $16,4 \text{ m}$ va unda 3 ta koleno va 1 ta kran bor. Bakdagi va reaktordagi bosim atmosfera bosimiga teng.

Echish. Bakdagi suyuqlik satxiga mos keluvchi kesimni birinchi, reaktorga suyuqlik kiritayotgan nuktaga mos keluvchi kesmini ikkinchi deb olib, shu kesimlar uchun Bernulli tenglamasini yozamiz:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{\omega_1^2}{2g} - h_{ii} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{\omega_2^2}{2g}$$

$R_1 = R_2$ va $\omega_1 \ll \omega_2$ bulganligi uchun

$$Z_1 + Z_2 = \frac{\omega_2^2}{2g} - h_u = \frac{\omega_2^2}{2g} + h_{uu} + h_{m.k}$$

$$\text{yoki } H\rho g = \frac{\omega^2 \rho}{2} \left(1 + \lambda \frac{L}{d} + \sum \xi \right)$$

ya'ni, Npg bosim gidravlik karshiliklarga sarflanadi. Oxirgi tenglamada 2 ta no'malum: ω va λ . Texnik sillik alyumin truba uchun jadvaldan gadir-budirlikni topamiz: $e=0,06$ mm. U xolda $d/e = 50/0,06 = 840$. Dastlab $\lambda = 0,022$ deb olamiz (keyin tekshirib kuriladi).

Jadvaldan maxalliy karshiliklarni topamiz:

Suyuqlikning kuvurga kirishida	$\xi = 0,5$
Kranda	$\xi = 2,0$
Kolenoda (3 ta)	$\xi = 1,1 \cdot 3 = 3,3$
	yigindisi $\sum \xi = 5,8$

Oxirgi tenglamaga kattaliklarning qiymatlarini kuyamiz;

$$6 \cdot 1200 \cdot 9,81 = \frac{1200\omega^2}{2} \left(1 + \frac{0,022 \cdot 16,4}{0,05} + 5,8 \right)$$

bundan $\omega = 2,9$ m/s ekanligini aniklaymiz.

Suyuqlik sarfi:

$$V = \omega \cdot f = 2,9 \cdot 0,785 \cdot 0,05^2 = 0,0057 m^3 / c = 20,5 m^3 / coam$$

Ishkalanish karshiligi λ ning qiymatini tekshirib kuramiz. Bu uchun Reynolds sonini aniklaymiz:

$$Re = \frac{\omega d \rho}{\mu} = \frac{2,9 \cdot 0,05 \cdot 1200}{2 \cdot 10^{-3}} = 87000$$

$Re = 87000$ va $d / e = 840$ bulgan xol uchun $\lambda = 0,02$ ga teng (ma'lumotnomalar-dagi grafikdan aniklanadi). Demak, λ tugri kabul kilingan.

2. Kontrol masalalar

1. Diametri 57x3,5 mm bulgan kuvurdan 200 l/soat 38⁰S li sirka kislotasi okayapti. Kuvur ukidagi maxalliy tezlikni toping.
(Javob: 0,056 m/s).

2. Ichki diametri 320 mm bulgan kuvurda Pito-Prandtl trubasi urnatilgan va unga ulangan suvli difmonometr satxlari orasidagi fark 5,8 mm. Kuvurdan 21⁰S li kuruk xavo atmosfera bosimida xarakatlanadi. Xavoning massa sarfini toping. (Javob: 2840 kg/s).

3. Usti ochik, diametri 800 mm bulgan idishning ostidagi 10 mm li teshikdan 1 soatda 750 dm^3 suyuqlik okib tushadi. Idish ichidagi satx uzgarmas bulib, u 900 mm ga teng. Sarf koeffitsientini toping. Agar idishga suyuqlik berilmasa u kancha vaktdan keyin bushaydi?

(Javob: $\tau = 1$ soat 13 min; $\alpha = 0,632$).

4. Ichki diametri 200 mm bulgan gorizontal kuvurdan nisbiy zichligi 0,9 bulgan moy okadi. Kuvur sarf koeffitsienti 0,61, teshigining diametri 76 mm bulgan utkir kirrali diafragma urnatilgan. Diafragma ulangan simobli difmanometr 102 mm satxlar farkini kursatayotgan bulsa, moyning kuvurdagi tezligi va sarfini aniklang. (Javob: $\omega = 0,47 \text{ m/s}$; $G = 47800 \text{ kg/s}$).

5. Uzunligi 10 m, diametri 19x2 mm bulgan latun trubadan 2 m/s tezlik bilan 55°S li suv okayapti. Truba gadir-budirligini $e = 0,005 \text{ mm}$ deb olib ishkalanish tufayli yukotiladigan bosimni aniklang. (Javob: $2,88 \cdot 10^4 \text{ Pa}$)

6. Kuvurdan okayotgan bugning absolyut bosimi 0,6 MPa, tezligi 25 m/s. Uzunligi 50 m, diametri 108x4 mm pulat kuvurda ishkalahga yukotilgan bosimni toping. (Javob: $1,15 \cdot 10^4 \text{ Pa}$ ($e = 0,2 \text{ mm}$))

6.150 m uzunlikdagi gorizontal kuvurdan $10 \text{ m}^3/\text{soat}$ suyuqlikni uzatish zarur. Yukotiladigan naporning ruxsat etiladigan kiymati 10 m. Ishkalanish koeffitsienti $\lambda = 0,03$ deb olib kuvurning diametrini aniklang.

(Javob: 50 mm)

7. Uzunligi 90 m, diametri 100 mm bulgan kuvurdan 75°S va 2 kgs/sm^2 bosimli (manometr bo'yicha) uglerod ikki oksidi $30 \text{ kg/(m}^2\text{s)}$ massa tezligi bilan xarakatlanadi. Trubaning gadir-budirligi $e = 0,7 \text{ mm}$. Kuvurda 4 ta 90° burchakli kolenolar va zadvijka urnatilgan bulsa, uning gidravlik karshiligi kancha buladi. (Javob: $\Delta R = 3360 \text{ Pa}$)

8. Ulchamlari 15x15x2 mm keramik xalkalardan xosil kilingan, balandligi 3 m bulgan kuruk nasadka katlamining gidravlik karshiligini aniklang. Nasadka orkali atmosfera bosimida 20°S li xavo $0,4 \text{ m/s}$ fiktiv tezlik bilan xarakatlanadi. (Javob: 354 Pa).

Ko'zg'almas va mavxum kaynash qatlamning gidrodinamikasi

1. Asosiy tenglamalar

Kimyo, oziq-ovqat va boshqa sanoatlarning texnologik, jarayonlarida ayrim elementlardan tarkib topgan qo'zg'almas qatlam materiallari orqali tomchili suyuqlik yoki gazlar oqib o'tadi. Donador qatlam elementlarining shakli va o'lchami turli tuman ko'rinishga ega: masalan, filtrlar cho'kma qatlamining mayda zarrachalari; granula; tabletka, katalizator yoki adsorbent bo'laklari; absorpsion va rektifikatsion kolonnalardagi yirik nasadkalar. Biror qatlam zarrachalarining o'lchami bir xil yoki turlicha bo'lishiga qarab, donador qatlamlar monodispers yoki polidispers bo'lishi mumkin. Donador qatlam orqali suyuqlik harakati davrida qatlam zarrachalari orasidagi bo'shliqlar suyuqlik bilan to'lib turadi. Bunda, suyuqlik qatlamning zarrachalarini, elementlarini yuvib va noto'gri shaklli kanallar orqali oqib o'gadi. Bunday harakat gidrodinamikaning aralash masalasini tashkil etadi.

Qo'zg'almas donador va g'ovak qatlamlar orqali suyuqlik harakati

Gaz energiyasi hisobiga qattiq zarrachalarning bir biriga nisbatan tartibsiz harakatiga, ya'ni qatlam xudsi qaynayotgandek bo'lib ko'rinishiga «qatgiq jism — gaz» ikki fazali sistemaning mavhum qaynashi deb ataladi. Ishchi eltkich ta'sirida hosil bo'lgan mavhum qaynash sistemasining mavhum qaynash yoki qaynash qatlami deb nomlanishining kelib chiqish sabablaridan biri, ushbu qatlamga tomchili suyuqliklar ko'p xossalarning mosligidir. Agar, qatgiq material qatlamining mavhum qaynash holatini ta'minlovchi tezlik bilan yuqoriga qarab ishchi eltkich harakat qilsa, mavhum qaynash qatlami hosil bo'ladi. Oxirgi vaqtda kimyo, oziq-ovqat va boshqa sanoatlarning barcha korxonalarida mavhum qaynash jarayonlari keng ko'lamda qo'llanilmokda. Ushbu jarayon aralashtirish, uzatish, sochiluvchan materiallarni klassifikatsiyalash, issiqlik almashinish, kuritish, adsorbsiya, absorbsiya, granullash, kristallanish va boshqa jarayonlarda yuqori natijalar bermoqda. Bunday ijobiy natijalar mavhum qaynash jarayonining kuyidagi afzalliklari bilan belgilanadi:

1. Qattiq zarrachalar intensiv aralashishi, kurilmaning butun hajmi bo'ylab material temperaturasi va konsentratsiyalarining tekislanishiga olib keladi. Bu hol o'z navbatida jarayonni optimal tashkil etishga halaqit beruvchi qattiq zarrachalarni lokal o'ta qizib ketish oldini oladi;
2. Mavhum qaynash qatlamining yuqori okuvchanligi materialni beto'xtov uzatuvchi va tayyor mahsulotni to'kuvchi, ya'ni uzluksiz ravishda ishlaydigan kurilmalarni yaratish imkonini beradi;
3. Kichik o'lchamli, katta solishtirma yuzali zarrachalar qayta ishlanganda issiqlik va massa almashinish yuzalari keskin ortadi, hamda diffuzion qarshilik kamayadi. Bu hol o'z navbatida kurilmaning ish unumdorligini oshirishga olib keladi;
4. Issiqlik almashinish jarayonlari intensivlashadi, bu esa issiqlik almashinish kurilmalari ishchi hajmlarini kamaytirish imkonini yaratadi;
5. Mavhum qaynash qatlamli kurilmalar gidravlik qarshiligi kichik bo'ladi va gaz oqimining tezligiga bog'liq emas;
6. Qattiq zarrachalar va ishchi eltkichlar xossalari juda keng oralikda o'zgaradigan, hamda suspenziya va pasgasimon materiallar ham mavhum qaynash jarayonida qayta ishlanishi mumkin;
7. Mavhum qaynash qatlamli kurilmalar tuzilishi sodsa, ixcham va oson avvgomatlashtiriladi.

Donasimon zarrachalar orasidagi bo'shliq hajmining qatlam hajmiga nisbati bo'sh hajm yoki g'ovaklilik (ε) deyiladi va u o'lchamsiz kattalikdir:

$$\varepsilon = \frac{V_k - V}{V_k}$$

bu erda V - donasimon qatlam hajmi, m^3 ; V_k - qatlam zarrachalari egallagan hajm, m^3 .

Агар, бирор қурилмада донасимон материаллар баландлиги H (м) кўндаланг кесим юзаси F (m^2) бўлса, унда қатлам ҳажми $V = FH$ ва заррачалар эгаллаб турган ҳажм $V_0 = FH(1-\varepsilon)$ га тенг бўлади. Тегишли қатламнинг бўш ҳажми $V_{\text{бх}} = FH\varepsilon$, заррачалар юзаси эса - FHa га тенг.

Қатлам каналларининг кўндаланг кесимлар йиғиндиси ёки қатламнинг бўш кўндаланг кесимини топиш учун $V_{\text{бх}}$ ни канал узунлигига бўлиш керак. Агар, каналларнинг ўртача узунлиги қатлам баландлигидан α_3 марта ортиқ бўлса, каналлар узунлиги $\alpha_k H$ ва қатламнинг бўш кўндаланг қесими $FH\varepsilon/\alpha_3$, $H = F\varepsilon/\alpha_3$ (бу ерда α_3 - каналларнинг эгрилик коэффиценти).

Бўш кўндаланг кесимнинг ҳўлланган периметри каналлар умумий юзасини уларнинг ўртача узунлигига бўлиш йўли билан топилади, яъни $\Pi = FHa/\alpha_k H = Fa/\alpha_k$.

Агар, қатламнинг бўш кўндаланг қесими ва ҳўлланган периметри маълум бўлса, эквивалент диаметрни ушбу тенгламадан аниқласа бўлади:

$$d_3 = \frac{4F}{\Pi} = \frac{4 \left(\frac{F\varepsilon}{\alpha_k} \right)}{Fa} = \frac{4\varepsilon}{a}$$

Эквивалент диаметр d_3 қатлам заррачалари ўлчамлари орқали ҳам ифодаланиши мумкин. Агар, қатлам ҳажми $1 m^3$, заррачалари сони n та бўлса, уларнинг ҳажми $(1-\varepsilon)$ ва юзаси a га тенг деб ҳисоблаймиз. Унда, битта заррачанинг ўртача ҳажми:

$$V_3 = \frac{1-\varepsilon}{n} = \frac{\pi d^3}{6}$$

юзаси эса:

$$F_3 = \frac{a}{n} = \frac{\pi d^2}{f}$$

бу ерда d - заррача ҳажмига тенг эквивалент шарнинг диаметри; f - шакл коэффиценти (шар учун $f = 1$).

Унда, заррача юзасининг ҳажмига нисбати ушбу кўринишдан топилади:

$$\frac{a}{1-\varepsilon} = \frac{6}{df}$$

$$a = \frac{6(1-\varepsilon)}{fd} \quad (3.79)$$

Агар, (3.79) ни (3.78) тенгламага қўйсак, қуйидаги формулани оламиз:

$$d_s = \frac{2fed}{3(1-\varepsilon)} \quad (3.80)$$

Донасимон қатлам заррачалари орасидаги каналларда ҳаракатланаётган оқимнинг ҳақиқий тезлиги w ни аниқлаш жуда қийин. Шунинг учун, аввал суюқликнинг мавҳум тезлиги w_0 топилади. Ҳақиқий ва мавҳум тезликлар орасида қуйидаги боғлиқлик бор:

$$w = \frac{w_0}{\varepsilon} \quad (3.82)$$

Суюқлик донасимон қатламга ҳаракат қилганда, (ишқаланиш қаршилиги) гидравлик қаршиликни, босим йўқотилишини ҳисоблаш формуласи (2.48) дан топиш мумкин:

$$\Delta P_{\text{ук}} = \lambda \frac{l}{d_s} \frac{\rho w^2}{2} = \lambda \left[\frac{H}{\frac{2fed}{3(1-\varepsilon)}} \right] \frac{\rho \left(\frac{w_0}{\varepsilon} \right)^2}{2}$$

ёки

$$\Delta P = \frac{3(1-\varepsilon)}{2\varepsilon^3 f} \lambda \frac{H}{d} \frac{\rho w_0^2}{2} \quad (3.83)$$

Маълумки, гидравлик қаршилик коэффиценти λ гидродинамик режимга боғлиқ бўлиб, Рейнольдс критерийси қиймати билан белгиланади.

Агар (3.82) дан w ва (3.80) дан d_s ларнинг қийматларини Re қўйсак, ушбу кўринишдаги Рейнольдс критерийсини оламиз:

$$Re = \frac{w d_s \rho}{\mu} = \frac{w_0 4\varepsilon \rho}{\varepsilon a \mu}$$

$$Re = \frac{4w_0\rho}{a\mu} = \frac{4W}{a\mu} \quad (3.84)$$

бу ерда W - қурилманинг 1 м^2 кўндаланг кесимиға тўғри келадиган суюқликнинг массавий тезлиги, $\text{кг}/(\text{м}^2\text{с})$.

Олинган формуладаги солиштирма юза a ўрниға (3.79) тенгламадаги қийматни ёки Re формуласига d_3 нинг қийматини (3.80) дан тўғридан-тўғри қўйсак, қуйидаги кўринишға эға бўламиз:

$$Re = \frac{2}{3} \cdot \frac{f}{1-\varepsilon} \cdot \frac{w_0 d \rho}{\mu} = \frac{2}{3} \cdot \frac{f}{1-\varepsilon} \cdot Re_0 \quad (3.85)$$

бу ерда:

$$Re_0 = \frac{w_0 d \rho}{\mu} \quad (3.86)$$

$$\lambda \approx 2,34 = const \quad (3.88a)$$

Донадор қатлам бўш ҳажми ёки ғоваклилиги ε қурилмага материални юклаш услубига боғлиқ. Масалан, шарсимон материаллар эркин тўкиб юкланганда қатламнинг ғоваклилиги ўртача $\varepsilon \approx 0,4$ га тенг. Лекин, амалиётда ε нинг қиймати 0,35 дан 0,45 гача бўлади.

Ундан ташқари, донадор қатламнинг ε катталиги заррача диаметри d ва қурилма диаметри D орасидаги нисбатга боғлиқдир. Бунга сабабчи девор олди эффектидир, яъни девор яқинида заррачалар зичланиши ҳар доим кам бўлади. Шунинг учун, девор олдида қатламнинг ғоваклилиги қурилма маркази ғоваклигидан ҳар доим юқоридир. Ушбу фарқ d/D ортиши билан кўпайиб боради.

Sanoat donador katlamli kurilmalarni modellashtirishda model qurilma diametri material zarrachalari diametridan eng kamida 8...10 marta katta bo'lishi shart.

Шарсимон шакли ($f \approx 1$), ғоваклилиги $\varepsilon \approx 0,4$ бўлган қатлам мавҳум қайнашининг бошланиш тезлиги проф. О.М.Тодес формуласи ёрдамида аниқланиши мумкин:

$$Re = \frac{Ar}{1400 + 5,22\sqrt{Ar}} \quad (3.90)$$

бу ерда

$$Re_{mk} = \frac{w_{mk} d}{\mu}$$

Мавҳум қайнаш бошланиш тезлиги:

$$w_{mk} = \frac{Re_{mk} \mu}{d\rho}$$

Ўзгармас қатлам H_k ва мавҳум қайнаш қатлами баландликлари H_{mk} ўртасида қуйидаги боғлиқлик бор.

$$H_{mk}(1 - \varepsilon_{mk}) = H_k(1 - \varepsilon_k) \quad (3.94)$$

бу ерда ε_k ва ε_{mk} - қўзғалмас ва мавҳум қайнаш қатламларининг ғоваклилиги.

Қатламдаги босимлар фарқи ушбу тенгламадан аниқланади:

$$\Delta p = g\rho(1 - \varepsilon)H \quad (3.95)$$

$$\varepsilon = 1 - \frac{\rho_k}{\rho_3} \quad (3.96)$$

бу ерда ρ_k - қатлам зичлиги, кг/м³; ρ_3 - қаттиқ заррачалар зичлиги, кг/м³.

Қўзғалмас қатлам ғоваклилиги эса:

$$\varepsilon_0 = 1 - \frac{\rho_T}{\rho_3}$$

Masalalar echish

1-masala. (.26.)Apparatda silikagelning mavhum qatlami bo‘lib, uning tarkibi quyidagicha:

Fraksiya, ml:	-2+1,5	-1,5+1	-1+0,5	0,5+0,25
Tarkibi, % (massa)	43	28	17	12

Silikagelning zichligi $\rho = 650 \text{ kg/m}^3$, zarrachalar zichligi $\rho = 1100 \text{ kg/m}^3$. Havoning temperaturasi 150° S . Mavhum son $K_w=1,6$. Havoning kritik, ishchi, haqiqiy tezligini toping.

Echish:

Masalani ishlashda quyidagi tenglamalardan foydalanamiz:

Havoning **kritik tezligini** topishda quyidagi tenglamadan foydalanamiz:

$$\omega_{kp} = \sqrt[3]{\frac{LY_{kp} \cdot \mu_c \cdot \rho \cdot g}{\rho_c^2}}$$

Havoning **ishchi tezligini** topishda quyidagi tenglamadan foydalanamiz:

$$\omega = K_{\omega} \omega_{kp}$$

$K_w=1,6$ bo‘lganda mavhum qatlam g‘ovakligini topishda quyidagi tenglamadan foydalanamiz:

Havoning **haqiqiy tezligini** topishda quyidagi tenglamadan foydalanamiz:

$$\omega_d = \omega / \epsilon$$

Tezliklarni aniqlash uchun 3.8 rasmning (Ar kriteriysini hisoblagandan keyin, uning qiymati asosida) Lu_{kr} ni qiymatini topamiz.

Avval silikagelning ekvivalent diametrini aniqlaymiz.

Fraksiyaning elaklarda elab olingan o‘rtacha (srednesitovnye) diametri:

$$d_1 = \frac{2 + 1.5}{2} = 1.75 \text{ mm} \quad d_2 = \frac{1.5 + 1}{2} = 1.25 \text{ mm}$$

$$d_3 = \frac{1 + 0.5}{2} = 0.75 \text{ mm} \quad d_4 = \frac{0.5 + 0.25}{2} = 0.37 \text{ mm}$$

Har xil diametrli zarrachalar diametrini quyidagi tenglamadan topamiz:

$$d_3 = \frac{1}{\sum \frac{x_i}{d_i}} = \frac{1}{\frac{0,43}{1,75} + \frac{0,28}{1,25} + \frac{0,17}{0,75} + \frac{0,12}{0,37}} \approx 1,0 \text{ mm.}$$

150° S dagi havoning dinamik qovushqoqligi $\mu = 0.024 \cdot 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$ (6 rasm)

$$\text{Havoning zichligi } \rho = 1.293 \frac{273}{273 + 150} = 0.835 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$Ar = \frac{1^3 \cdot 10^{-9} \cdot 1.1 \cdot 10^3 \cdot 0.835 \cdot 9.81}{2.4^2 \cdot 10^{-10}} = 1.565 \cdot 10^4$$

$Ar = 1.565 \cdot 10^4$ bo'lganda $LY_{kp} = 3 \cdot 10^{-2}$ ga teng.

$$\omega_{kp} = \sqrt[3]{\frac{LY_{kp} \cdot \mu_c \cdot \rho \cdot g}{\rho_c^2}} = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 10^{-2} \cdot 0.024 \cdot 10^{-3} \cdot 1.1 \cdot 10^3 \cdot 9.81}{0.835^2}} = 0.224 \text{ m/s}$$

Endi havoning ishchi tezligini topamiz:

$$\omega = K_w \omega_{kp} = 1.6 \cdot 0.224 = 0.358 \text{ m/c.}$$

$K_w = 1.6$ bo'lganda mavhum qatlam g'ovakligini topamiz:

$$Ly = K_w^3 Ly_{kp} = 1.6^3 \cdot 3 \cdot 10^{-2} = 1.23 \cdot 10^{-1}.$$

$Lu = 1.23 \cdot 10^{-1}$ va Arximed $Ar = 1.565 \cdot 10^4$ bo'lganda 3.8-rasmdan $\varepsilon = 0.47$ ekanligini topamiz.

Qatlamning erkin qismida havoning haqiqiy tezligini topamiz:

$$\omega_d = \omega / \varepsilon = 0.358 / 0.47 = 0.762 \text{ m/c.}$$

2-masala. (3.27) Oldingi masala shartiga asosan apparatning o'lchami va gidravlik qarshiligini aniqlang. Silikagelning apparat ichida bo'lish vaqti 10 minut, unumdorligi 2,5 t/soat. Havoning ishchi holatdagi sarfi 4300 m³/soat. Panjara yuzasi 0,015 teshik diametri 0,8 mm, panjara qalinligi 2 mm.

Echish:

Apparat diametrini aniqlaymiz. Havoning sekundli sarfi.

$$V = \frac{4300}{3600} = 1.195 \text{ m}^3/\text{s}$$

Apparatning yuzasi

$$S = \frac{V}{W} = \frac{1.195}{0.385} = 3.34 \text{ m}^2$$

$$\text{Apparatning diametri : } D = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3.34}{3.14}} = 2.06 \text{ m}$$

Apparatdagi qatlam balandligini aniqlaymiz. Apparatdagi silikagel miqdori:

$$M = L \tau_0 = 2500 \cdot 10 / 60 = 417 \text{ kg}$$

Silikagelning qo'zg'almas qatlam hajmi:

$$V_c = M / \rho_{nas} = 417 / 650 = 0.642 \text{ m}^3$$

Qo'zg'almas qatlam balandligi:

$$h_0 = V_c / S = 0.642 / 3.34 = 0.192 \text{ m.}$$

Qo'zg'almas qatlam bo'shlig'i:

$$e_0 = 1 - (\rho_{\text{Hac}}/\rho) = 1 - (650/1100) = 0,41.$$

$K_W = 1.6$ bo'lganda mavhum qaynash qatlami balandligi:

$$h = \frac{1 - e_0}{1 - e} h_0 = \frac{1 - 0,41}{1 - 0,47} 0,192 = 0,214 \text{ m.}$$

Apparatning gidravlik qarshiligini aniqlaymiz. Qatlam gidravlik qarshiligi:

$$\Delta p_{\text{cл}} = \rho (1 - e_0) g h_0 = 1100 (1 - 0,41) 9,81 \cdot 0,192 = 1200 \text{ Па.}$$

$\varphi = 0,015$ bo'lganda panjara teshigidan o'tadigan havoning tezligi:

$$w_0 = w/\varphi = 0,358/0,015 = 23,9 \text{ м/с.}$$

Panjara teshigi $d = 0.0008 \text{ m}$, panjara qalinligi $\delta = 0.002 \text{ m}$, $\frac{d}{\delta} = 0.4$ bo'lganda 3,7 rasmdan $S = 0,63$ ni topdik. Panjara qarshiligi:

$$\Delta p_{\text{perm}} = 0,503 \cdot 23,9^2 \cdot 0,835 (1 - 0,015^2)/0,63^2 = 605 \text{ Па.}$$

Apparatning umumiy gidravlik qarshiligini aniqlaymiz:

$$\Delta p = \Delta p_{\text{cл}} + \Delta p_{\text{perm}} = 1200 + 605 = 1805 \text{ Па, т. е. } 184 \text{ мм вод. ст.}$$

3-masala. 1 m/s tezlik va 20°S temperaturada mavhum qatlam holatiga o'tgan kvars bo'lakchalarining diametrini aniqlang. Uning zichligi 2640 kg/m^3 ga teng.

Echim: Arximed tenglamasidan topamiz. Lyashenko kriteriysini yozamiz.:

$$Ly_{\text{kr}} = \frac{w_{\text{кр}}^3 \cdot \rho_c^2}{\mu_c \cdot g \rho} = \frac{1^3 \cdot 1.205^2}{0.018 \cdot 9.81 \cdot 2640 \cdot 10^{-3}} = 3.14$$

Bu erda $\rho_s = 1.283(273/293) = 1.205 \text{ kg/m}^3$ $\mu_s = 0.018 \cdot 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$

$Ly_{\text{kr}} = 3.14$ bo'lganda 3.8-rasmdan $Ar = 9 \cdot 10^5$ ga tengligini topamiz.

Endi Ar tenglamasidan d ni topamiz.

$$d = \sqrt[3]{\frac{Ar \cdot \mu_c^2}{\rho \cdot \rho_c \cdot g}} = \sqrt[3]{\frac{9 \cdot 10^5 \cdot 1.8^2 \cdot 10^{-4} \cdot 10^{-6}}{2640 \cdot 1.205 \cdot 9.81}} = 2.1 \text{ м}$$

3.28-masala. Zichligi 2640 kg/m^3 bo'lgan shar shaklidagi kvars bo'laklarining diametrini

aniqlang. SHar shaklidagi kvars bo‘laklari 20⁰S va 1 m/s da mavhum qaynash holatiga o‘tadi.

Echim. SHar shaklidagi kvars bo‘laklarining diametrini Ly_{kr} kriteriysini xisoblab topgandan keyin Ar kriteriysini topamiz (P.G. Romankov va b., 3.8-rasm):

$$Ly_{kr} = \frac{\omega_{kp}^3 \rho_c^2}{\mu_c g \rho} = \frac{1^3 \cdot 1,205^2}{0,018 \cdot 9,18 \cdot 2640 \cdot 10^{-3}} = 3,14,$$

bu erda $\rho_c = 1,293(273/293) = 1,205 \text{ kg/m}^3$; $\mu_c = 0,018 \cdot 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$ ga teng.

$Ly_{kr} = 3,14$ bo‘lganda, 3.8-rasm bo‘yicha $Ar = 9 \cdot 10^5$ ga teng.
Kvars bo‘laklarining diametri:

$$d = \sqrt[3]{\frac{Ar \mu_c^2}{\rho \rho_c g}} = \sqrt[3]{\frac{9 \cdot 10^5 \cdot 1,8^2 \cdot 10^{-4} \cdot 10^{-6}}{2640 \cdot 1,205 \cdot 9,81}} = 0,0021 \text{ m} = 2,1 \text{ mm}$$

7-masala. Gorizonta trubaning 2 joyida simob bilan tuldirilgan U – obrazli manometr o‘rnatilgan. Difmanometrdagi simoblar orasidagi farq $h = 26 \text{ mm}$. Difmanometrdagi bosimlar farkini aniqlang. Quvurda havo: a) suv; b) atmosfera bosimida va 20⁰S temperaturada harakatlanadi.

$$R_1 - R_2 = ?$$

Echish:

Gidrostatikaning asosiy tenglamasini a-a balandlik uchun yozamiz:

$$R_1 + h_1 \rho g = R_2 + h_1 \rho g + h \rho_m g$$

h_2 ni $(h_1 - h)$ deb yozamiz va bosimlar farkini topamiz:

$$R_1 - R_2 = h (\rho_m - \rho) g$$

Simob zichligi - $\rho_m = 13600 \text{ kg/m}^3$, $h = 0,026 \text{ m}$.

Suv uchun - $\rho_s = 1000 \text{ kg/m}^3$

$$R_1 - R_2 = 0,026 (13600 - 1000) 9,81 = 3220 \text{ Pa}$$

Xavo uchun $\rho = 29 \cdot 273 / (22,4 \cdot 293) = 1,2 \text{ kg/m}^3$

$$R_1 - R_2 = 0,026 (13600 - 1,2) 9,81 \approx 3470 \text{ Pa}$$

7. Kontrol masalalar

7.1. Suyuklikning 50⁰S da dinamik kovushoklik koefitsienti 30 mPa · s isbiy zichligi 0,9. Uning kinematik kovushokligini toping. (Javob: $v = 0,33 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$)

7.2. Tarkibida 75 % - N_2 , 25 % - N_2 bulgan (xajm bo‘yicha) gaz aralashmasining 20⁰S dagi kovushokligini toping ($1,5 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$).

7.3. Moyning dinamik kovushoklik koefitsienti 30⁰S da 0,331 P ga, 50⁰S dagisi 0,176 P ga teng. CHiziklilik koidasidan foydalanib (etalon suyuklik sifatida 100% glitserin oling) uning 90⁰S dagi dinamik kovushokligini aniklang ($0,07P = 0,007 \text{ Pa} \cdot \text{s}$)

7.4. $0,4 \text{ kgk/sm}^2$ absolyut bosimli NH_4NO_3 ning 42,5% li suvli eritmasining kaynash temperaturasi aniqlang.

Mavzu: Suyuqliklarni uzatish va uning qurilmalari

1. Asosiy tenglamalar

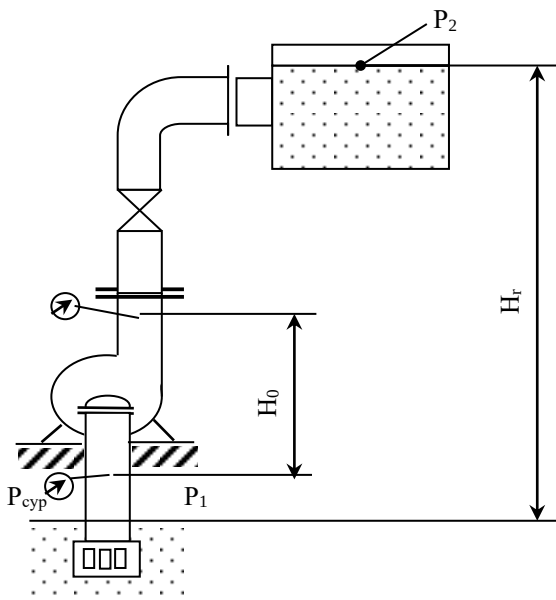
1.1. Nasos yordamida suyuqlikka beriladigan tulik napor:

$$H = \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + H_r + h_u, [\text{m}] \quad (9.1)$$

bu erda P_2 va P_1 – xaydash va surish maydonlaridagi bosimlar, Pa;

ρ – xaydaladigan suyuqlik zichligi, kg/m^3 ; N_g – suyuqlik kutarilishining geometrik balandligi, m; h_y – tezlik xosil qilishga xamda ishkalanish va maxalliy karashliklarni engishga sarflanadigan napor, m.

Napor nasos yordamida suyuqlikning ogirlik birligiga beriladigan solishtirma energiyani ifodalaydi, ya'ni uni, nasos bergan energiya xisobiga 1 kg suyuqlik kutariladigan balandlik deb karash mumkin. SHuning uchun napor suyuqlikning solishtirma ogirligiga xam, zichligiga xam bog'lik emas.



(7.1) – tenglamani quyidagicha ham yozish

mumkin:

$$H = \frac{P_x - P_{суп}}{\rho g} + H_o + \frac{\omega_x^2 - \omega_{суп}^2}{2g} \quad (4.2)$$

bu erda P_x va $P_{суп}$ – suyuqlik nasosdan chikaytgan va unga kiraytgan joylardagi bosimlar, Pa; H_o – bosimlar ulchanadigan nuqtalar orasidagi masofa, m; ω_x va $\omega_{суп}$ – xaydash²³⁸ va surish quvurlaridagi tezliklar.

4.1 – rasm. Markazdan kochma nasos sxemasi.

1.2. Nasos dvigateli iste'mol kiladigan kuvvat

$$N = \frac{V\rho gH}{1000 \cdot \eta}, [\text{kvt}] \quad (9.3)$$

bu erda V – nasosning unumdorligi, m^3/s ; ρ - xaydalayotgan suyuqlikning zichligi, kg/m^3 ; N – tulik napor, m ; η – nasos kurilmasining umumiy f.i.q:

$$\eta = \eta_H \eta_y \eta_{og} \quad (4.4)$$

bu erda η_n – nasosning f.i.k; η_u – uzatmaning f.i.k; η_{gv} dvigatelning f.i.q

Markazdan kochma nasoslarning f.i.q 0,4-0,7 (kichik unumdorli nasoslar uchun); 0,7÷0,9 (katta nasoslar uchun); porshenli nasoslarniki 0,65-0,85 oraliqida bulishi mumkin.

Xisoblashlarda dvigatelning f.i.q, uning nominal kuvvatiga karab kuyidagi oraliklarda olinishi mumkin.

N, kVt	0,4÷1	1÷3	3÷10	10÷30	30÷100	100÷200
η_{dv}	0,7÷0,78	0,78÷0,83	0,83÷0,87	0,87÷0,90	0,90÷0,92	0,92÷0,94

Odatda nasos tanlaganda uning kuvvati kuyidagi mikdorda ortikcharok kilib olinadi:

$$N_{ur} = \beta N \quad (9.3)$$

bu erda β - ortikchalik koeffitsienti:

N, kvt	<1	1÷5	5-50	>50
β	1,5÷2	1,2÷1,5	1,15÷1,2	1,1

1.3. Porshenli nasosning nazariy surish balandligi:

$$N_{sur} \leq A - h_t - \Sigma h \quad (9.5)$$

bu erda A – atmosfera bosimi m ; h_t – xaydaladigan suyuqlik tuyingan bugining bosimi (suyuqlik temperaturasiidagi), m ; Σh – surish balandligining yukotilishi (suyuqlikka tezlik berish uchun xamda surish kuvuri ishkalanish va maxalliy karshiliklarini echish uchun), m .

Atmosfera bosimi A = kiymati nasos urnatilgan joyning dengiz satxidan kancha balandlikda ekanligiga boglik bulib, u 8÷11 mm.suv.ust. oraligida uzgaradi.

Xaydalayotgan suyuqlik tuyingan bugining bosimi suyuqlik temperaturasiga bog'lik xolda quyidagicha topiladi:

T, °C	5	10	20	30	40	50	60	70	80	100
h_t, kPa	0,88	1,18	2,36	4,22	7,36	12,26	19,82	31,1	47,3	101,3

Porshenli nasosning surish balandligi ma'lumotnomalarda xam berilgan.

1.4. Porshenli nasosning unumdorligi:

a) Oddiy xarakatli va differensial nasoslarniki:

$$V = \eta_v \frac{FSn}{60} \quad (9.6)$$

b) ikki xarakatli nasoslarniki:

$$V = \eta_v \frac{(2F - f)sn}{60} \quad (9.7)$$

bu erda $\eta_v = 0,8 \div 0,9$ – uzatish ko'effitsienti; F- porshenning ish maydoni (kundalang kesim yuzasi), m²; f – shtokning kundalang kesim yuzasi, m²; S – porshenning yuli, m; n aylanish chastotasi, ya'ni 1 minutdagi ikki yulliklar soni.

Markazdan kochma nasosning (ventilyatorlarning xam) aylanishlari soni n₁ dan n₂ gacha uzgarsa uning unumdorligi V, nabori N va iste'mol kiladigan kuvvati quyidagicha uzgaradi:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{n_1}{n_2}; \quad \frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2; \quad \frac{N_1}{N_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3 \quad (9.8)$$

1.5. Markazdan kochma nasosning surish balandligi:

$$N_s \leq A - h_t - h_{y.sur} - h_{kav} \quad (9.9)$$

bu erda A – atmosfera bosimi, m; h_t – suyuqlik tuyingan bugining bosimi, m; h_{y.sur} – surish kuvirining gidravlik karshiligiga va suyuqlikka tezlik berishga sarflangan energiya, m; h_{kav} – kavitatsiya uchun kiritilgan kushimcha:

$$h_{kav} = 0,00125 (Qn^2)^{0,67}$$

2. Masalalar echish

2.1. Bir minutda 8,4 m³ suvni xaydayotgan nasosning xaydash kuvurida urnatilgan manometr 0,38 MPa bosimni kursatayapti. Surish kuvuridagi vakuummetrning kursatishi 21 sm sim.ust. Manometr bilan vakuummetr urnatilgan joylar orasidagi masofa 410 mm.

Surish kuvurining diametri 350 mm, xaydash kuvurini 300 mm. Nasos xosil kiladigan naporni toping.

Echish. Naporni (7.2) – tenglamadan topamiz. SHuning uchun bu tenglamaga kirgan kattaliklarni aniklaymiz:

- suvning surish va xaydash kuvurlaridagi tezliklarini:

$$\omega_{cyp} = \frac{V}{f} = \frac{8,4}{60 \cdot 0,785 \cdot 0,35^2} = 1,45 \text{ m/c}$$

$$\omega_{xai} = \frac{8,4}{60 \cdot 0,785 \cdot 0,3^2} = 1,98 \text{ m/c}$$

- xaydash kuvuridagi bosim:

$$P_x = P_0 + P_{opt} = 0,1 + 0,38 = 0,48 \text{ MPa}$$

- surish kuvuridagi bosim:

$$P_{cyp} = P_0 - P_{vak} = (0,76 - 0,21) \cdot 133,3 \cdot 1000 = 0,074 \text{ MPa}$$

Nasos xosil kiladigan napor:

$$H = \frac{(0,48 - 0,074) \cdot 10^6}{1000 \cdot 9,81} + 0,41 + \frac{1,98^2 - 1,45^2}{2 \cdot 9,81} = 40,8 + 0,41 + 0,09 = 41,3 \text{ m suv.ust.}$$

2.2. Porshenining diametri 160 mm, yuli 200 mm bulgan oddiy xarakatli porshenli nasos erdamida nisbiy zichligi 0,93 bulgan 430 dm³/min mikdorli suyuklikni ichidagi bosimi $R_{ort} = 3,2 \text{ kgk/sm}^2$ bulgan apparatga xaydash keraq Yigish idishdagi bosim atmosfera bosimiga teng. Kutarish balandligi 19,5 m. Naporning yukotilishi: surish kuvurida 1,7 m va xaydash kuvurida 8,6 m. Agar uzatish koeffitsientini 0,85; nasosning f.i.q ni 0,8; elektrodvigatelning va uzatmaning f.i.q ni 0,95 deb olsak nasosga kaday aylanish chastotasi berish va kaday kuvvatli dvigatel urnatish keraq

Echish. (9.6) – tenglamadan topamiz:

$$n = \frac{V \cdot 60}{\eta_v FS} = \frac{0,00717 \cdot 60}{0,85 \cdot 0,0201 \cdot 0,2} = 126 \text{ a\ddot{u} / min}$$

bu tenglikdagi kiymatlar:

$$V = \frac{430}{1000 \cdot 60} = 0,00717 \text{ m}^3 / \text{c}; \quad F = 0,785 \cdot 0,16^2 = 0,0201 \text{ m}^2$$

(9.1) – tenglamadan nasos xosil kiladigan naporni topamiz:

$$H = \frac{3,2 \cdot 9,81 \cdot 10^4}{930 \cdot 9,81} + 19,5 + 10,3 = 64,2 \text{ m}$$

Nasos elektrodvigateli istemol kiladigan kuvvat:

$$N = \frac{0,43 \cdot 930 \cdot 9,81 \cdot 64,2}{60 \cdot 1000 \cdot 0,72} = 5,82 \text{ kNm}$$

bu erda 0,72 – nasos kurulmasining umumiy f.i.q:

$$\eta = \eta_H \cdot \eta_y \cdot \eta_{os} = 0,8 \cdot 0,95 \cdot 0,95 = 0,72$$

Talab kilinadigan (*urnatilgan*) kuvvat (7,3) – tenglamadan:

$$N_{yp} = \beta N = 1,17 \cdot 5,82 = 6,8 \text{ kNm}$$

3. Kontrol masalalar

3.1. Nasos yordamida 30% li sulfat kislota xaydaladi. Xaydash kuvuridagi manometrning kursatishi 1,8 kgs/sm², surish kuvuridagi vakuummetrning kursatishi 29 mm.sum.ust. Ikkala asbob orasidagi masofa 0,5 m. Kuvurlarning diametrlari bir xil. Nasos kancha napor xosil kiladi?

(Javob: 15,6 m)

3.2. Nasos atmosfera bosimli idishdagi, zichligi 960 kg/m³ bulgan suyuklikni ichidagi ortikcha bosim 3,7 MPa bulgan apparatga xaydaydi (7.1-rasm). Kutarish balandligi 16 m. Surish va xaydash kuvurlarining umumiy karshiligi 65,6 m. Nasosning tulik naporini toping.

(Javob: 467 m)

3.3. Nasosning unumdorligi 14 dm³/s; suyuklikning nisbiy zichligi 1,16; tulik napor 58 m; f.i.q lari: nasosniki 0,64; uzatmaniki 0,97; elektrodvigatelniki 0,95 bulsa nasosga kanday kuvvatli dvigatel ulanishi kerak?

(Javob: 18,3 kVm)

3.4. Suvni xaydashga muljallangan markazdan kochma nasosning parametrlari kuyidagicha: V=56 m³/soat, N=42 m, N=10,9 kVt va n=1140 ay/min. Kuyidagilarni aniklang: a) nasosning f.i.qni; b) n=1450 ay/min bulgandagi unumdorligi, napor va iste'mol kiladigan kuvvatili (f.i.q uzgarmaydi deb olib).

(Javoblar: $\eta=0,59$; V=71,2 m³/soat; N=68 m).

3.5. Markazdan kochma nasosni tekshirishda kuyidagi kattaliklar olingan:

V, l/min	0	100	200	300	400	500
N, m	37,2	38,0	37,0	34,5	31,8	28,5

SHu nasos uzunligi 355 m, diametri 76x4 mm bulgan kuvurdan kancha suyuklikni xaydaydi? Kutarish balandligi 4,8 m, ishkalanish koefitsienti $\lambda=0,03$; kushimcha karshiliklar yuk, ya'ni $\Delta R_{kush}=0$. shuningdek nasosning xarakteristikalarini kuring.

(Javob: $V=0,4 \text{ m}^3/\text{min}$)

3.6. YUkoridagi masala shartlari uchun kutarish balandligi 19 m bulsa, nasosning unumdorligi kanchaga uzgaradi?

(Javob: $0,3 \text{ m}^3/\text{min}$)

Gazlarni siqish va kompressorlar

1. Asosiy tenglamalar

1.1. Xavoni siqishda ventilyator xosil kiladigan bosim:

$$\Delta P = (P_2 - P_1) + (\Delta P_{\text{cyp}} + \Delta P_{\text{xaii}}) + \frac{\omega^2 \rho}{2}, \quad (11.1)$$

yoki

$$\Delta P = \left(P_{\text{cm.x}} + \frac{\omega_x^2 \rho}{2} \right) - \left(P_{\text{cm.cyp}} + \frac{\omega_{\text{cyp}}^2 \rho}{2} \right) \quad (11.2)$$

bu erda R_1 va R_2 – ventilyator xavoni oladigan va xaydaydigan fazolardagi bosimlar, Pa ; ΔR_{sur} va ΔR_{koy} – surish va xaydash kuvurlaridagi gidravlik karshiliklar, Pa; ω - xavoning

tarmokdan chikayotgan joydagi tezligi, m/s; $R_{st.x}$ va $R_{st.sur}$ – ventilyatordan keyingi va undan oldingi statik bosimlar, Pa; ω_x va ω_{sur} – xavoning xaydash va surish kuvurlaridagi tezliklari, m/s; ρ - xavoning zichligi, kg/m³.

Agar ventilyator yordamida xavodan boshka biror gaz sikilayotgan bulsa (3.10) – tenglamaning ung tomoniga kuyidagi kattalik kushiladi:

1.2. Ventilyator kurulmasi iste'mol kiladigan kuvvat:

$$\Delta P_{kuyu} = (\rho - \rho_{xavo})gz$$

bu erda z – xaydash va surish balandliklari farki, m.

$$N = \frac{V\Delta P}{1000 \cdot \eta}; \quad (11.3)$$

bu erda V – unumdorlik, m³/s; ΔR – bosimning ortishi, Pa; η -ventilyatorning tulik f.i.q:

$$\eta = \eta_s \cdot \eta_y \cdot \eta_{gs}$$

1.3. Bir kg gazni adiabatik (izoentropik) siqish uchun bir boskichli kompressor sarflaydigan ishning L_{ad} nazariy kiymati:

$$L_{ag} = \frac{k}{k-1} P_1 V_1 \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right] = \frac{k}{k-1} RT_1 \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right] \quad (9.4)$$

$$\text{yoki } L_{ag} = i_2 - i_1 \quad (9.5)$$

Ababatik sikilgan gazning oxirgi temperaturasi kuyidagi tenglikdan topiladi:

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{K-1}{K}} \quad (9.6)$$

bu tenglamalarda $K = S_R/S_V$ – adiabata kursatkichi; R_1 va R_2 – gazning boshlangich va oxirgi bosimlari, Pa; V_1 – gazning boshlangiya sharoitdagi (R_1 va T_1) solishtirma xajmi, m³/kg; i_1 va i_2 – gazning boshlangich va oxirgi entalpiyalari, j/kg; R – gaz doimiysi: $R = 8310/\text{m}; \text{j}/(\text{kg} \cdot \text{K})$; M – gazning molekulyar massasi.

1.4. G kg gazni 1 soatda R_1 bosimdan R_2 bosimgacha siqishda bir boskichli kompressor iste'mol kiladigan kuvvat.

$$N = \frac{GL_{ag}}{3600 \cdot 1000 \eta} = \frac{G(i_2 - i_1)}{3600 \cdot 1000 \cdot \eta} \quad (9.7.)$$

bu erda η - kompressor kurulmasining umumiy f.i.q

1.5. Oddiy xarakatli porshenli kompressorning unumdorligi:

$$V = \lambda \frac{FSn}{60}, \left[\frac{m^3}{c} \right] \quad (9.8.)$$

bu erda λ -uzatish koeffitsienti; F – porshen maydoni, m^2 ; S – porshen yulining uzunligi, m ; n – aylanishlar soni, ay/min .

$$\lambda = (0,8 \div 0,95) \lambda_0$$

bu erda λ_0 - kompressorning xajmiy f.i.q:

$$\lambda_0 = 1 - \varepsilon_0 \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{1}{m}} - 1 \right] \quad (9.9.)$$

bu erda ε_0 – silindr xavfli (ulik) xajmining, porshen xarakatlanadigan xajmiga nisbati (uning kiymati odatda porshen xarakatlanadigan xajmining $5 \div 7\%$ atrofida buladi); m – xavfli bushlikda kolgan sikilgan gaz kengayishining politropasi kursatkichi: $m = 1,2 \div 1,3$.

3. Masalalar echish

3.1. Normal sharoitdagi sarfi $460 \text{ m}^3/\text{soat}$ bulgan ammiakni $R_{\text{xak}} = 2,5 \text{ kgs/sm}^2$ dan $R_{\text{xak}} = 12 \text{ kgs/sm}^2$ bosimgacha siqishda bir boskichni porshenli kompressor iste'mol kiladigan kuvvatni toping. Ammiakning boshlangich temperaturasi – 10°S ; kompressorning f.i.q $0,7$ ga teng. SHuningdek sikilgan ammiakning temperaturasini aniklang.

Echish. (8.4.) – tenglamadan adiabatik siqishdagi kompressorning nazariy ishini topamiz [jadvaldan $K=1,29$; $R=8310/17=489 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$ ekanligini aniklaganimizdan keyin]:

$$L_{ad} = \frac{1,29}{0,29} 489 \cdot 263 \left[\left(\frac{12}{2,5} \right)^{\frac{0,29}{1,29}} - 1 \right] = 240000 \text{ J/kg}$$

Bu kattalikni (8.5) – tenglamadan xam topish mumkin. Ammiakning T-S diagrammasidan $t_1 = -10^\circ\text{C}$, $P_1 = 2,5 \text{ kgs/sm}^2$ bulgan xol uchun $i_1 = 1440 \text{ kJ/kg}$ topiladi. Bu nuktadan vertikal ($S = \text{const}$) chizik o'tkazib $R_2 = 12 \text{ kgs/sm}^2$ izobara bilan tutashgan nuktani va unga tegishli $i_2 = 1673 \text{ kJ/kg}$ ni aniklaymiz va L_{ad} ni topamiz:

$$L_{ad} = 1\,673\,000 - 1\,440\,000 = 233\,000 \text{ J/kg}$$

(topilgan kiymalar bir-biriga yakin, ya'ni fark 3% atrofida)

Ammiakning massa sarfi:

$$G = V \cdot \rho = 460 \cdot 0,76 = 350 \text{ кг/ч}$$

bu $\rho = 0,76 \text{ kg/m}^3$ –ammiakning normal sharoitdagi zichligi.

Kompressor iste'mol kiladigan kuvvat:

$$N = \frac{GL_{ad}}{3600 \cdot 1000 \eta} = \frac{350 \cdot 240000}{3600 \cdot 1000 \cdot 0,7} = 33,4 \text{ кВт}$$

Sikilgan gazning temperaturasi

$$T_2 = 263 \left(\frac{12}{2,5} \right)^{\frac{0,29}{1,29}} = 374 \text{ K} = 101^\circ \text{C}$$

3.2. Suvli ochik idishdan 5 m balandlikda urnatilgan markazdan kochma nasos 0,1 MPa ortikcha bosim ostida ishlayotgan reaktorga 45 m³/soat suvni xaydashi keraq Suv kutarilishining geometrik balandligi 20 m. Uning temperaturasi 20⁰S. Uzunligi 35 m bulgan xaydash kuvurida 2 ta 90⁰ va 5 ta 110⁰ li otvod, shuningdek 2 ta normal va 1 ta tugri okimli ventil urnatilgan. Surish kuvurida (uzunligi 15 m) 2 ta tugri okimli ventil va 3 ta 90⁰ li otvod urnatilgan (barcha otvodlar kaytish burchagining kuvur ichki diametriga nisbati 4 ga teng). Talab kilinadigan napor va kuvvatga karab nasos tanlang.

Echish. Surish va xaydani kuvurlarida suvning tezligini 1,5 m/s deb olib, ularning diametrini topamiz:

$$d = \sqrt{\frac{V}{0,785 \omega}} = \sqrt{\frac{45}{3600 \cdot 0,785 \cdot 1,5}} = 0,103 \text{ m}$$

Gadir-budirlik katta bulmagan pulat kuvur tanlaymiz.

Suvning okim rejimi

$$Re = \frac{\omega d \rho}{\mu} = \frac{1,5 \cdot 0,103 \cdot 998}{1,005 \cdot 10^{-3}} = 153420$$

Gadir-budirlik (jadvaldan) $e = 0,2 \text{ mm}$; nisbiy gadir-budirlik $d_E/e = 103/0,2 = 515$ va $Re = 153420$ bulgan xolda ishkalanish koefitsienti $\lambda = 0,0235$ ga teng.

Surish kuvuri maxalliy karshiliklarining yigindisi:

$$\sum \xi_{cyp} = \xi_1 + 2\xi_2 + 3\xi_3 = 0,5 + 2 \cdot 0,5 + 3 \cdot 0,11 = 1,83$$

bu erda $\xi_1 = 0,5$ – kuvurga kirish; $\xi_2 = 0,5$ – tugri okimli ventil;

$\xi_3 = A V = 1,0 \cdot 0,11$ - 90⁰ li otvod uchun maxalliy karshilik koefitsientlari.

Surish kuvurining gidravlik karshiligi:

$$\Delta P_{cyp} = \left(\lambda \frac{L_{cyp}}{d} + \sum \xi_{cyp} \right) \frac{\rho \omega^2}{2} = \left(0,0235 \frac{15}{0,103} + 1,83 \right) \frac{998 \cdot 1,5^2}{2} = 5894 Pa$$

Surish kuvurida yukotilgan napor:

$$H_{\ddot{u}.cyp} = \frac{\Delta P_{cyp}}{\rho g} = \frac{5894}{998 \cdot 9,81} = 0,6 \text{ m}$$

Xuddi shunday xaydash kuvuri uchun:

$$\Delta P_x = \left(0,0235 \frac{35}{0,103} + 10,52 \right) \frac{998 \cdot 1,5^2}{2} = 20777 Pa$$

$$H_{\ddot{u}.cyp} = \frac{20777}{998 \cdot 9,81} = 2,12 \text{ m}$$

Yukotilgan umumiy napor

$$H_{\ddot{u}} = H_{\ddot{u}.cyp} + H_{\ddot{u}.xai} = 0,6 + 2,12 = 2,72 \text{ m}$$

Nasos xosil kiladigan tulik napor

$$H = \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + H_r + H_{\ddot{u}} = \frac{0,1 \cdot 10^6}{998 \cdot 9,81} + 20 + 2,72 = 32,93 \text{ m}$$

Nasosning foydali kuvvati

$$N = V \rho g H = 45 \cdot 998 \cdot 9,81 \cdot 32,93 / 3600 = 4030 \text{ Bm} = 4,03 \text{ kBm}$$

Urtacha unumdorlikka ega markazdan kochma nasos uchun $\eta = \eta_N \eta_{uz} \eta_{dv} = 0,6$ deb olamiz va nasos dvigateli iste'mol kiladigan kuvvatni topamiz:

$$N_{\partial\partial} = N / \eta = 4,03 / 0,6 = 6,7 \text{ kBm}$$

Katalog yoki jadvaldan X45/54 markali nasosni tanlaymiz. Bunday nasosning kursatkichlari: $V = 1,25 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}$; $N = 42 \text{ m}$, $\eta_N = 0,6$. nasos A02-62-2 markali (17 kVm, $\eta_{dv} = 0,88$ va $n = 48,3 \text{ ay/s}$) dvigatel bilan ta'minlangan.

Nasosning surish balandligini teshirib kuramiz. Kavitatsiyani kompensatsiyalash uchun napor:

$$H_{\kappa\partial\partial} = 0,3(V \cdot n^2)^{2/3} = 0,3(0,0125 \cdot 48,3^2)^{2/3} = 2,84 \text{ m}$$

Ruxsat etilgan surish balandligi

$$H_{cyp} \leq A - h_t - H_{cyp} - H_{\kappa o b} \leq 10,25 - 0,24 - 0,6 - 2,84 = 6,57 \text{ m}$$

bu erda $A=10,25$ m.suv.ust.-atmosfera bosimi; $h_t= 0,24$, 20^0S dagi suv tuyingan bugining bosimi M ; N_{sur} – surish kuvurida yukotilgan bosim, m.

Nasos 5m balandlikda urtalishi mumkin, ya'ni

$$H_{cyp} = 5 \text{ m} \leq 6,57 \text{ m}$$

3. Kontrol masalalar

3.1. Unumdorligi $110 \text{ m}^3/\text{min}$, tulik nabori 834 Pa , f.i.q $0,47$ bulgan ventilyatorga kanday kuvvatli dvigatel urnatish kerak?

(Javob: $4,2 \text{ kVt}$).

3.2. Markazdan kochma ventilyatorning gildiragi 960 ay/min tezlik bilan aylanib, $3200 \text{ m}^3/\text{soat}$ xavoni xaydaydi va bunda $0,8 \text{ kVt}$ tok iste'mol kiladi. Ventilyator xosil kiladigan ortikcha bosim 44 mm.suv.ust. SHu ventilyator uchun $n=1250 \text{ ay/min}$ ga uzgarsa, uning unumdorligi, bosimi, f.i.q va sarflaydigan kuvvati kancha buladi?

(Javoblar: $\eta=0,48$; $V=4170 \text{ m}^3/\text{soat}$; $\Delta R=734 \text{ Pa}$; $N=1,77 \text{ kVt}$).

3.3. Temperaturasi 0^0S bulgan xavo 1 kgs/sm^2 (absolyut bosim) dan $3,5 \text{ kgs/sm}^2$ gacha adiabatik sikilganda necha gradusgacha isishini analitik usulda va T-S diagrammadan aniklang. SHuningdek 1 kg xavoni siqish uchun zarur buladigan ishni toping.

(Javoblar: 117^0S , 118 kJ/kg).

Turli jinsli sistemalarni ajratish. CHuktirish

1. Asosiy tenglamalar

1.1. Siklonning diametiri:

$$D = \sqrt{V / (0,785 \omega_y)} \quad (13.1)$$

bu erda V -gazning sarfi m^3 / s ; ω_y - siklon silindr kismining tulik kundalang kesimi bo'yicha olingan shartli tezlik, ($\omega_s=2,5 \div 4 \text{ m/s}$ oraligida kabul kilinadi)

1.2. Siklonning gidravlik karshiligi:

$$\Delta P = \zeta_0 \frac{\omega^2 \cdot \rho}{2} \quad (13.2)$$

bu erda ζ_0 -siklonning karshilik koefitsenti; ρ -gazning zichligi.

1.3. CHo'kmadagi kuruk moddaning mikdori:

$$G = V \cdot c = V\rho x / (1 - mx) \quad (13.3)$$

1.4. Suspenziyadagi kattik fazaning konsentratsiyasi:

$$x = \frac{(\rho_c - \rho)\rho_k}{(\rho_k - \rho)\rho_c} \quad (13.4.)$$

bu erda ρ_s , ρ va ρ_k – suspenziyaning, suyuqlikning va kattik fazaning zichliklari.
Suspenziyaning zichligi:

$$\rho_c = \frac{n+1}{\left(\frac{1}{\rho_k}\right) + \left(\frac{n}{\rho}\right)} = \frac{\rho(1+n)\rho_k}{\rho + \rho_k n} \quad (13.5)$$

bu erda n – kattik faza massasi birligiga mos keluvchi ($K:S=1:n$) suspenziyadagi suyuq fazaning massasi.

1.5. Engli filtrlarning talab kilinadigan ish yuzasi:

$$F = \frac{V}{V_{\text{co}n}} \quad (13.6)$$

bu erda V – changli gazning xajmiy sarfi; V_{sol} – filtrlovchi materialning 1m^2 yuzasiga mos keluvchi changli gazning solishtirma xajmiy sarfi. V_{sol} ning qiymati odatda $0,2 \div 1\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ oraligida, kattik zarralari yirik changlarni tozalashda $2,5\text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ gacha kabul kilinadi.

2. Masalalar echish

2.1. Kuritgichdan chikayotgan 2000 kg/soat mikdordagi va 100°S temperaturali xavo tarkibidagi 80 mkm kattalikdagi zarrachalarni ushlab kolishga muljallangan siklonni xisoblang.

Echish. $\Delta P / \rho_e = 740$ deb kabul kilamiz va $\Delta P / \rho_e = \xi_0 \omega_y^2 / 2$ tenglamadan ω_s ni topamiz. Buning uchun 80 mkm kattalikdagi zarralari bulgan gazni tozalash uchun SN – 15 markali siklonni tanlaymiz. Bunday uskuna uchun $\xi_0=160$ ga teng.

$$\omega_y = \sqrt{740 \cdot 2 / 160} = 3,04\text{ m/c}$$

Xavoning zichligi

$$\rho_r = 1,293 \frac{273}{373} = 0,95\text{ kg/m}^3$$

Siklonning diametri

$$D = \sqrt{2000 / (0,95 \cdot 3600 \cdot 0,785 \cdot 3,04)} = 0,496\text{ m}$$

$D=0,5$ m deb kabul kilamiz va siklonning gidravlik karshiligini aniklaymiz:

$$\Delta P_y = \xi_0 \cdot (\rho_e \omega_y^2 / 2) = 160 \cdot (0,95 \cdot 3,04^2 / 2) = 703 \text{ Pa}$$

2.2. Suspenziyani ramali filtpressda filtrlab 3 soatda 5 m^3 filtrat olinadi. Tajribalarda filtrning 1 m^2 yuzasiga nisbatiga olingan filtrlash konstantalari aniklangan: $K = 20,7 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/r$ va $C = 1,45 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{m}^2$. Filtpressning talab kilinadigan ulchamlarini aniklang.

Echish. Filtrlash tenglamasidan (3.21) 1 m^2 yuzali filtpressning unumdorligini topamiz:

$$V^2 + 2 \cdot 0,145 \cdot 10^{-2} V = 20,7 \cdot 10^{-4} \cdot 3$$

$$V = -0,145 \cdot 10^{-2} + \sqrt{(0,145 \cdot 10^{-2})^2 + 62,1 \cdot 10^{-4}} =$$

$$= -0,145 \cdot 10^{-2} + 7,88 \cdot 10^{-2} = 7,73 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3/\text{m}^2$$

6 m^3 filtrat olish kerak buladigan filtrash yuzasi:

$$F = 6 / 0,0773 = 77,5 \text{ m}^2$$

2.3. Uzlüksiz ishlovchi baranli vakuum – filtrga 17,6% kattik fazasi bulgan $8,5 \text{ m}^3/\text{soat}$ suvli suspensiya beriladi. Koldikning oxirgi namligi 34% bulishi keraq Vakuumning kiymati 600 mm.sim.ust 510 mm.sim.ust gan vakuumda tajribalar utkazilganda chukmaning talab kilinadigan namligiga 32 sek da erishilgan. Bunda 1 m^2 yuzaga keltirilgan filtrlash konstantalari kuyidagiga teng bulgan: $K = 11,2 \text{ m}^6/(\text{m}^4 \cdot \text{cek})$ va $C = 6 \text{ m}^3/\text{m}^2$. Suspenziyaning zichligi 1120 kg/m^3 . Filtrning talab kilinadigan yuzasini va barabanning aylanish chastotasini aniklang.

Echish. Filrlash konstantasi K ni 600 mm.sim.ust ga teng vakuum uchun kayta xisoblaymiz:

$$\frac{K}{K^1} = \frac{600}{510} = 1,17 \Rightarrow K = 11,2 \cdot 1,17 = 13,1 \text{ m}^6/(\text{m}^4 \cdot \text{cek})$$

Filtrlash vaktini 32 sek deb olib filtrlash zonasining solishtirma unumdorligini aniklaymiz:

$$V^2 + 2 \cdot 6 \cdot V = 13,1 \cdot 32$$

$$V = -6 + \sqrt{36 + 420} = -6 + 21,4 = 15,4 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

Filtrlash zonasining 1 sek dagi solishtirma unumdorligi: $15,4/32 = 0,482 \text{ dm}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$

Topilgan suspensiya bo'yicha unumdorlikdan filtrat bo'yicha unumdorlik aniklanadi.

CHukmaning namligi 34% bulganda nam va kuruk chukmalarning massa nisbatlari kuyidagiga teng buladi:

$$m = \frac{1}{1 - 0,34} = 1,52$$

suspenziyaning sarfi $G_c = V_c \rho_c = 8,5 \cdot 1120 = 9500 \text{ kg} / \text{soat}$

Nam chukmaning massasi: $G_r = G_c \cdot m = 9500 \cdot 0,176 \cdot 1,52 = 2540 \text{ kg} / \text{soat}$

Filtrat massasi: $G_\phi = G_c - G_r = 9500 - 2540 = 6960 \text{ kg} / \text{soat}$

Filtratning zichligi $\rho = 1000 \text{ kg} / \text{m}^3$ bulgani uchun uning xajmiy sarfi $6960 \text{ dm}^3 / \text{soat}$ yoki $6960 / 3600 = 1,93 \text{ dm}^3 / \text{sek}$ buladi.

Filtrlash zonasidagi kerakli yuza:

$$F_\phi = 1,93 / 0,482 = 4 \text{ m}^2$$

Barobanli vakuum filtrlarda filtrlash zonasining yuzasi odatda umumiy yuzaning $\approx 35\%$ ga teng buladi. SHuning uchun barabanning umumiy yuzasi

$$F = 4,0 / 0,35 = 11,43 \text{ m}^2$$

Katalogdan kuyidagi filtrni tanlaymiz: $F = 12 \text{ m}^2$; $D_b = 2,1 \text{ m}$; $L = 1,8 \text{ m}$.

Berilgan filtrlash vakti 32 sek ni ta'minlovchi barabanning 1 min dagi aylanishlari soni kuyidagi proporsiyadan topiladi:

$$\begin{array}{l} 32 \longrightarrow 0,35 \\ 60 \longrightarrow n \end{array} \quad n = \frac{60 \cdot 0,35}{32} = 0,655 \text{ a} \ddot{\text{u}} / \text{min}.$$

3. Kontrol masalalar

3.1. Normal sharoitdagi sarfi $5100 \text{ m}^3 / \text{soat}$, temperaturasi 50°S bulgan changli xavoni tozalash uchun siklon tanlang. CHang zarrachalarining zichligi $1200 \text{ kg} / \text{m}^3$, ulchami 15 mkm dan oshmaydi. SHuningdek siklonning gidravlik karshiligini toping. ($\xi_0 = 160$) (Javob: $\Delta R = 808 \text{ Pa}$).

3.2. Nisbiy solishtirma ogirligi $1,12$, tarkibida 20% (massa) kattik fazasi bulgan 10 m^3 suspenziyani filtrlaganda kancha 25% li namlikka ega bulgan chukma xosil buladi? (Javob: 2990 kg)

3.3. Tarkibida 20% (massa) kattik fazasi bulgan suspenziyani filtrlaganda 15 m^3 filtrat olingan. CHukmaning namligi 30% . Kuruk moddaga xisoblaganda kancha chukma xosil bulgan? (Javob: 4200 kg)

3.4. Ramali filtr-pressda 20 m^3 eritma $2,5$ soatda filtrlanadi. CHukmani 2 m^3 suv bilan yuvish uchun taxminan kancha vakt kerak buladi. YUvish tezligi filtrlash tezligidan 4 marta kichiq Filtrlovchi gazlamaning karshiligini e'tiborga olmang. Filtrat va suvning kovushokliklari bir xil. (Javob: 2 soat)

3.5. Oldingi masalaning shartida filtratning kovushokligi $\mu = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$, suvniki $\mu = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$ ga uzgarsa yuvish vakti kanchaga uzgaradi.

(Javob: 1 soat 20 min.).

3.6. Kuyidagi shartlarda filtrning unumdorligi kanday uzgaradi:

- 1) filtrlash yuzasi 2 marta oshirilsa;
- 2) bosim 2 marta oshirilsa;
- 3) kattik fazaning suspenziyadagi konsentratsiyasi 2 marta oshirilsa;
- 4) filtrat kovushokligi 2 marta kamaytirilsa;
- 5) barabanning aylanish vakti 2 marta oshirilsa (ya'ni *nichukmaning kalinligi oshirilsa*):

Sentrifugalash va aralashtirish

1. Asosiy tenglamalar

1.1. Kattik zarrachalarning suspenziya xajmida tekis tarkalishini ta'minlaydigan korgichning aylanish chastotasi:

$$n_0 = C_1 \sqrt{d_z (\rho_z - \rho_c) / \rho_c} (D^{X_1} / d_K^{Y_1}) [a\ddot{u} / cek] \quad (15.1)$$

bu erda ρ_z va ρ_c – zarrachalarning va muxitning (suspenziyaning) zichliklari; d_z – kattik zarrachalarning diametri; D va d_M – apparat ichki diametri va korgich parraging diametri.

1.2. Emulsiyani aralashtirishda korgichning aylanish chastotasi:

$$n_0 = C_2 (\rho_z - \rho_c)^{0,315} \delta^{0,185} D^{X_2} / (\rho_c^{0,5} d_K^{Y_2}) \quad (15.2)$$

bu erda δ - sirt tarangligi, J/m².

YUkoridagi tenglamalardagi koeffitsientlarning kiymatlari kuyidagi 7.1.-jadvalda kursatilgan.

7.1-jadval

Korgich	Suspenziya			Emulsiya		
	S ₁	X ₁	U ₁	S ₂	X ₂	U ₂
Parrakli	46,4	0	1	3,02	1,3	2,17
<i>Propellerli</i>	20,5	1	2	6,05	0,67	1,4
<i>Turbinali yonik</i>	14,7	1	2	4,72	0,67	1,54

1.3. Aralashtirish jarayoni uchun uxshashlik kriteriylari kuyidagicha aniklanadi:

Korgich uchun Reynolde kriteriysi: $Re_k = \rho n d_k^2 / \mu$ (15.3)

Reynolde kriteriysining kritik kiymati $Re_{qkr} \approx 50$

Frud kriteriysi: $Fr_s = n^2 d_k / g$ (15.4)

Kuvvat kriteriysi (Eyler kriteriysi xam deyiladi): $K_N = N / (\rho n^3 d_k^3);$
(15.5)

Bu kriteriylarda: N – korgich iste'mol kiladigan kuvvut, Vt; ρ -suyuklikning zichligi,

kg/m³; μ -suyuklik•kovushokligining= =dinamik koeffitsienti, Pa•s; n-korgichning aylanish chastotasi; sek⁻¹; d_k-korgichning diametri, m.

1.4. Korgich iste'mol kiladigan kuvvat kuyidagi kriterial tenglamadan topiladi:

$$K_N = C / \text{Re}_k^m \quad (15.6)$$

bu erda S va m – korgichlarning turiga bogliq bulgan doimiylar bulib ularning kiymatlari 7.2 – jadvalda keltirilgan.

Agar apparat ichidagi suyuklik satxi, uning diametridan fark kilsa 15.5 va 15.6-tenglamalardan topilgan N kuvvatning kiymati kuyidagi tuzatma koeffitsientga kupaytiriladi:

$$f_A = \sqrt{H/D} \quad (7.7)$$

7.2-jadval

Korgich	Korgichning xarakteristiklari			Doimiylar	
	N_0/d_k	D/d_k	h/d_k	S	m
Ichki parrakli $\text{Re}_k < 20$	2	2	0,36	111,0	1,0
$\text{Re}_k = 100 \div 5 \cdot 10^4$				14,35	0,31
YAkori	1,11	1,11	0,11	6,2	0,25
Propellerli ikki parrakli	3	3	0,33	0,985	0,15
Propellerli uch parrakli $\text{Re}_k < 30$	3,5	3,8	1	230	1,67
$\text{Re} < 3000$				4,63	0,35
$\text{Re} > 3000$				1,19	0,15
Turbinali uch parrakli	3	3	0,33	3,9	0,2

1.5. Elektrovigatelning talab kiladigan kuvvat:

$$N_{\text{og}} = 1,3 N f_n f_{ui} f_{3M} f_r / (1000 \eta) \quad (7.8)$$

bu erda 1,3=f_n– ishga tushirish vakti uchun xisobga olinadigan koeffitsient; f_{sh} = 1,1÷1,2 – gadir-budir devorli kurilmalari uchun; f_{zm}=2÷3 – apparatning ichida zmeevik bulgan xollar uchun; f_r – apparatning ichida termometr trubkasi bor xollar uchun; f_n – (7.8) – tenglamadan topiladigan koeffitsient; $\eta=0,8 \div 0,95$ uzatmaning f.i.q

2. Masalalar echish

2.1. Aralashtirgichda suspenziyaga suv kuyib suyultiriladi. Xosil buladigan suspenziyada kattik va suyuk fazalarning massa nisbatlari $K : S = 1 : 20$. Eritmaning zichligi $\rho = 1230 \text{ kg/m}^3$; kattik zarrachalarniki $\rho_z=3200 \text{ m/m}^3$; zarrachalarning ulchamlari $d_z=74 \cdot 10^{-6} \text{ m}$. Uskunaning ulchamlari: $N=D=5 \text{ m}$, $d_k=1,5 \text{ m}$. Turbinali korgichning aylanish

chastotasini aniklang.

Echish. 3.33 – tenglamadan va 3.1 – jadvaldan foydalanamiz:

$$n_0 = 14,7 \sqrt{(3200-1230)74 \cdot 10^{-6} / 1230} \quad 5,0/1,5 = 0,349 \text{ c}^{-1}$$

$$\text{yoki } n_0 = 0,349 \cdot 60 \approx 21 \text{ айл/мин}$$

2.2. Tusiklari bulmagan, 75% gacha tuldirilgan apparatda ($D=1200$ mm, $N=1500$ mm) kislotalarning aralashmasi tayyorlanadi (zichligi 1600 kg/m^3 dinamik kovushkokligi $2 \cdot 10^{-2} \text{ Pa}\cdot\text{s}$). Uskunada propellerli korgich urnatilgan bulib, uning aylanish chastotasi $3,5 \text{ s}^{-1}$. Elektrodvigatel talab kiladigan kuvvatni aniklang.

Echish: standart korgichning diametri:

$$d_k = D/3 = 1,2/3 = 0,4 \text{ m}$$

Aralashtirish rejimini aniklaymiz (3.60-tenglama):

$$\text{Re} = \frac{\rho n d^2}{\mu} = \frac{1600 \cdot 3,5 \cdot 0,4^2}{20 \cdot 10^{-3}} = 44800$$

Turbulent rejim. 7-rasmdan quvvat kriteriysini topamiz - $K_N = 0,27$. Turbulent rejimlarda aralashtirgichning talab qilinadigan quvvati:

$$N_p = K_N \rho n^3 d^5 = 0,27 \cdot 1600 \cdot 3,5^3 \cdot 0,4^5 = 200 \text{ Vt} = 0,2 \text{ kVt.}$$

Aralashtirgichning quvvati ishchi holatda 2-3 barobar ko‘p olinadi:

$$N_{\text{umum}} = 2N_p = 0,4 \text{ kVt.}$$

Elektrodvigatelning f.i.k. 0,95, ortiqchv quvvatni 20 % deb qabul qilib barqaror rejim quvvatini topamiz:

$$N_{\text{dop}} = 0,4 \cdot 1,2 / 0,95 \approx 0,5 \text{ kVt.}$$

2.3. Aylanish tezligini 240 ayl/min gachakamaytiribberuvchiuzatmagaulangan 16,5 kVtkuvvatlidvigateloltikurakliochikturbinakorgichnixarakatlantiradi.

Apparatningtusiklaribulib, diametri1630 mm.

Korgichjadalaralashirilayotganmoddaningzichligi 1200 kg/m^3 , kovushkokligi $\mu=1,6 \text{ Pa}\cdot\text{s}$.

Korgichningdiametrikanchabulishikerak?

Echish:Modda jadal aralashtirilayotgani uchun korish rejimi turbulent buladi. Korgichning konstruksiyasi va okim rejimiga boglik bulgan xolda kuvvat kriteriysini grafikdan (ilovadan keltirilgan) topamiz: $K_N=6,9$ va 10.5 – tenglamadan:

$$d_k = \sqrt[5]{\frac{N}{K_N \cdot \rho \cdot n^3}} = \sqrt[5]{\frac{16,5 \cdot 10^3}{6,9 \cdot 1,2 \cdot 10^3 \cdot 4^3}} = \sqrt[5]{3120 \cdot 10^{-5}} = 0,5 \text{ m}$$

D/d_k nisbatni tekshirib kuramiz:

$$D/d_m = 1,63/0,5 = 3,26$$

3. Kontrol masalalar

3.1. Diametri 900 mm va balandligi 1100 mm apparat $3/4$ xajmigacha zichligi 930 kg/m^3 , kovushokligi $18 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ bulgan suyuklik bilan tuldirilgan, xamda uch parrakli propeller korgich bilan jixozlagan. Korgichning aylanish chastotasi 3 s^{-1} bulganda, uning dvigateli kancha kuvvat sarflaydi. (Javob: 137 Vt).

3.2. Suyuk eritma olish uchun tuz $64 \text{ }^0\text{S}$ li suv bilan parrakli korgich yordamida jadal aralashtiriladi. Korgichning diametrini $0,5 \text{ i}$, dvigatel iste'molo kiladigan kuvvatini $0,8 \text{ kVt}$ deb olib aylanish chastotasini aniklang. Eritmaning fizik xossalari suvniki bilan bir xil. (Javob: 240 ayl/min).

3.3. $d_1 = D/3$ ulchamli parrakning korgich $d_2 = D/4$ ulchamligiga almashtirilganda va dvigatelning kuvvati uzgarmaganda korgichning aylanish chastotasi kanchaga uzgaradi? Aralashtirish ikkala xolda xam laminar rejimda amalga oshiriladi. (Javob: $1,3 \text{ marta kupayadi}$)

3.4. Zichligi 1200 kg/m^3 , kovushokligi $1,6 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ bulgan glitserinni jadal aralashtiruvchi korgichning diametri kancha bulishi kerak? Uskuna diametri 1750 mm , $n = 8,3 \text{ s}^{-1}$ va sarflanadigan kuvvat 17 kVt (Javob: $0,58 \text{ m}$).

Filtrlash

1. Asosiy tenglamalar

1.1. Filtrlash vakti (davomiyligi, $\Delta R = \text{sonst}$):

$$\tau = \frac{V^2 + 2CV}{K} \quad (18.1)$$

bu erda V -filmtratybyu xajmi, μ^3 ; S -filtrlovchi tusikning gidravlik karshiligini xarakterlovchi filtrlash konstantasi, m^3/m^2 ; K -suspensiya va koldikning fizik-kimyoviy xususiyatlari, xamda filtrlash rejimini xarakterlovchi konstanta m^2/s .

1.2. Filtrlash tezligi.

$$\omega = \frac{dV}{dr} = \frac{K}{2(V+C)} = \frac{2}{K}V + \frac{2C}{K} \quad (18.2)$$

1.3. 1 m^2 filtrlash sirtiga nisbatan olingan va $\Delta R = \text{const}$ bulgandagi K filtrlash konstantasi:

$$K = 2\Delta P / (\mu cr) \quad (18.3)$$

bu erda ΔR -fildirdagi bosimning yukotilishi Pa ; μ -filtrat kovushokligining dinamik koeffitsienti, $\text{Pa}\cdot\text{s}$; τ - chukmaning solishtirma karshiligi, m/kg ; $s^{-1} \text{ m}^3$ filtrat okib utganda filtr ustida koladigan kuruk kattik moddaning massasi, kg/m^3 :

$$c = \frac{\bar{\rho x}}{1 - m\bar{x}} \quad (18.4)$$

bu erda ρ - filtratning zichligi, kg/m^3 ; $\bar{x}$ - kattik fazaning suspenziyadagi massa konsentratsiyasi, kg/kg ; m -nam koldikning massasi (uning tarkibidagi 1kg kuruk moddaga nisbatan) kg/kg .

(18.3) va (18.4)- tenglamalardan quyidagini olamiz:

$$k = \frac{2\Delta\rho(1-mx)}{\mu r x \rho} \quad (18.5.)$$

1.4. Koldikning solishtirma karshiligi.

$$\tau = \frac{2\Delta P(1-mx)}{K\mu x \rho} \quad (18.6)$$

1.5. Filtrlash konstantasi S:

$$C = r_M / (rc) \quad (18.7)$$

bu erda r_M – filtrlovchi materialning solishtirma (1m^2 sirtga nisbatan) karshiligi, m/m^2 ;

$$C = r_M(1-mx) / rx\rho \quad (18.8)$$

2. Masalalar echish

2.1. 10 dm^3 suyuqlikni 1m^2 yuzali filtirda tozalash uchun kerakli vakti aniklang. SHu filtrni sinashda quyidagi mikdorda filtrat olingan: 2,25 min da 1dm^3 va 14,5 min da 3 dm^3 .

Echish. Sinashlarda olingan natijalarni (3.21) – tenglamaga kuyamiz:
ikkala tenglamadan K va S ni topamiz:

$$K = 0,77 \text{ дм}^6 / (\text{м}^4 \cdot \text{мин}) \quad \text{ва} \quad C = 0,37 \text{ дм}^3 / \text{м}^2$$

$$\tau = \frac{10^2 + 2 \cdot 10 \cdot 0,37}{0,77} = 140 \text{ мин ёки } 2 \text{ соат } 20 \text{ мин}$$

3. Kontrol masalalar

3.1. Normal sharoitdagi sarfi $5100 \text{ m}^3/\text{soat}$, temperaturasi 50°S bulgan changli xavoni tozalash uchun siklon tanlang. CHang zarrachalarining zichligi 1200 kg/m^3 , ulchami 15 mkm dan oshmaydi. SHuningdek siklonning gidravlik karshiligini toping.

($\xi_0=160$) (Javob: $\Delta R=808 \text{ Pa}$).

3.2. Nisbiy solishtirma ogirligi $1,12$, tarkibida 20% (massa) kattik fazasi bulgan 10 m^3 suspenziyani filtrlaganda kancha 25% li namlikka ega bulgan chukma xosil buladi?

(Javob: 2990 kg)

Issiqlik almashinish jarayonlari. Issiqlik o'tishining turlari

1. Asosiy tenglamalar

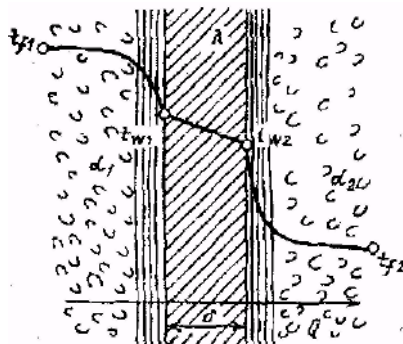
Issiqlik almashinish jarayonlarida ko'pincha issiqlik energiyasi bir suyuqlikdan ikkinchisiga ularni ajratib turuvchi devor orkali uzatiladi. Temperaturasi yuk,ori bo'lgan suyuqlikka devor orkali issiqlikning uzatilishi **issiqlik utkazish** deyiladi. Ushbu yul bilan uzatilgan issiqlik mikdori issiqlik o'tkazishning asosiy tenglamasidan aniklanadi:

$$Q = K \Delta t_{yp} F \quad (9.1)$$

bu erda K issiqlik o'tkazish koefitsienti, $\text{Vt}/(\text{m}^2 \text{ K})$; Δt_{yp} - issiqlik va sovuklik eltkichlar temperaturalarining farki, K ; F — ajratib turuvchi devor yuzasi, m^2 .

Tekis devorning issiqlik o'tkazishi. 9.1-rasmda kalinaligi b va materialining issiqlik ugkazuvchanlik koefitsienti λ bo'lgan tekis devor tasvirlangan.

Devorning bir tomonidan temperaturasi t_{f1} (okim o'zagida) bo'lgan issiqlik eltkich, ikkinchi tomonidan esa - temperaturasi t_{f2} bo'lgan sovuqlik eltkich okib utmokda.



9.1-rasm. Tekis devor orkali issiqlik ugkazish jarayonida temperaturaning o'zgarish xarakteri.

Devor yuzalarining temperaturasi t_{w1} va t_{w2} - issiqlik berish koefitsientlari α_1 va α_2

typgyn jarayonda *F*yuza orkali birinchi issiqlik eltkich o‘zagidan devorga uzatilayotgan issiqlik mikdoridevordan utgan va devordan ikkinchi issiqlik eltkich o‘zagiga o‘zatilayotgan issiqlik mikdoriga teng bo‘ladi.

Ushbu issiqlik mikdorini quyidagi tenglamalardan topish mumkin:

$$Q = \alpha_1 (t_{f1} - t_{w1}) \cdot F$$

$$Q = \frac{\lambda}{\delta} (t_{w1} - t_{w2}) \cdot F$$

$$Q = \alpha_2 (t_{w2} - t_{f2}) \cdot F$$

YUkorida keltirilgan tenglamalardan quyidagi ifodalarni olish mumkin:

$$t_{f1} - t_{w1} = \frac{1}{\alpha_1} \cdot \frac{Q}{F}$$

$$t_{w1} - t_{w2} = \frac{\delta}{\lambda} \cdot \frac{Q}{F} \quad (9.2)$$

$$t_{w2} - t_{f2} = \frac{1}{\alpha_2} \cdot \frac{Q}{F}$$

Tenglamalar chap va o‘ng tomonlarini qushish natijasida, ushbu ko‘rinishga erishamiz:

$$t_{f1} - t_{f2} = \frac{Q}{F} \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \right) \quad (9.3)$$

Bundan:

$$Q = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \cdot (t_{f1} - t_{f2}) \quad (20.3')$$

Issiqlik o‘tkazish koeffitsienti kuyidagi tenglamadan topiladi:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (9.4)$$

bu erda *K*— issiqlik o‘tkazish koeffitsienti, Vt/(m²-K).

Unda, tekis devor uchun issiqlik eltkichning o‘zgarmas temperaturalarida issiqlik o‘tkazish tenglamasi ushbu kurinishni oladi:

$$Q = KF\tau \cdot (t_{f1} - t_{f2}) \quad (20.5)$$

uzluksiz jarayonlar uchun esa:

$$Q = KF(t_{f1} - t_{f2}) \quad (20.6)$$

(12.4) tenglamaga binoan issiqlik o'tkazish koefitsientining ulchov birligi:

$$K = \left[\frac{Q}{F \tau (t_{f1} - t_{f2})} \right] = \left[\frac{\mathcal{K}}{M \cdot c \cdot K} \right] = \left[\frac{Bm}{M^2 \cdot K} \right] \quad (9.5) \text{ tenglamadan}$$

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \quad (9.7)$$

SHunday kilib issiqlik o'tkazish koefitsienti K temperaturasi yuqori bo'lgan issiqlik eltkichdan, temperaturasi past eltkichga vaqt birligida ajratuvchi devorning $1m^2$ yuzasidan eltkichlar temperaturasi $1K$ bo'lganda utkazilgan issiqlikning mikdorini bildiradi.

Issiqlik o'tkazish koefitsientiga teskari bo'lgan kattalik termik karshilik deb nomlanadi. $1/\alpha_1$ va $1/\alpha_2$ lar issiqlik berishning termik karshiligi bulsa, δ/λ devorning termik karshiligi issiqlik o'tkazishning termik karshiligi issiqlik berish va devorning termik karshiliklar yigindisiga teng.

Devorning termik karshiligini aniqlashda, unga utirib kolgan kuyka va iflosliklarning termik karshiligini xam hisobga olish zarur:

$$r_{uf\lambda} = \frac{\delta_{uf\lambda}}{\lambda_{uf\lambda}}$$

Kup katlamli tekis devordan issiqlik utish jarayonida xar bir katlamning termik kdrshiligi xisobga olinishi zarur. Bunday devorlar uchun K ni quyidagi tenglamadan aniqlash lozim:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (20.8)$$

bu erda i - katlamning tartib raqami; n - qatlamlar soni.

SHuni alohida ta'kidlash kerakki, xar doim issiqlik o'tkazish koef-fitsienti eng minimal issiqlik berish koefitsienta qiymatidan kichik bo'ladi.

Silindrik devorning issiqlik o'tkazishi

Ma'lumki, sanoatning turli soxalarida issiqlik almashinish truba orkali o'tadi (12.1-rasm). Trubadan temperaturasi t_1 bo'lgan suyuqlik harakat kilsa, tashkarisidan esa t_2 temperaturali suyuqlik oqib utsin, yani $t_1 > t_2$ dan. Temperaturasi yuqori suyuqlikdan truba ichki devoriga issiqlik berish ko'effitsienti α_1 , tashk,i yuzasidan sovuk suyuqlikka issiqlik berish ko'effitsienta - α_2 , truba balandligi L , ichki radiusi r_1 va tashki radiusi r_2 bo'lsa, silindrik yuzadan uzatilgan issiqlik mikdori quyidagicha aniklanadi:

$$Q = K_R 2\pi L \cdot (t_1 - t_2) \quad (20.9)$$

Issiqlik o'tkazish ko'effitsienti K ni esa ushbu tenglamadan topiladi:

$$K_R = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 r_1} + \frac{1}{\lambda} 2.3 \lg \frac{r_2}{r_1} + \frac{1}{\alpha_2 \cdot r_2}} \quad (20.10)$$

bu erda K_R - issiqlik o'tkazish ko'effitsienti, $\text{Wt}/(\text{mK})$.

K ning K_R dan farki shundaki, K devorning yuza birligiga nisbatan olinsa, ikkinchisi K_R - truba uzunligining birligiga nisbatan olinadi.

Issiqlik o'tkazuvchanlik. Konveksiya va nurlanish

1. Asosiy tenglamalar

Issiqlik almashinish jarayonlarini harakatga keltiruvchi kuchi - issiqlik eltkichlarning temperaturalar farki- ushbu fark ta'siri ostida issiqlik temperaturasi yuqori muxitdan temperaturasi past muxitga utadi.

Uzgarmas temperaturada issiqlik o'tkazish jarayoni juda kam tarkalgan. Bunday jarayonlar, bir tomonida bug' kondensatsiyalansa, ikkinchisida esa suyuqlik kaynashi ruy beradi. Lekin, sanoatda kupchilik jarayonlar issiqlik eltkichlarning o'zgaruvchi temperaturalarida sodir bo'ladi.

Bir qatlamli tekis devordan issiqlik o'tkazuvchanlik tufayli o'tgan issiqlik oqimining zichligi (solishtirma issiqlik yuklamasi):

$$q=Q/F=(T-t)/r = \lambda(T-t)/\delta \quad [Vt/m^2] \quad (22.11)$$

bu erda Q -issiqlik oqimi (sarfi), Vt ; F -devor sirti yuzasi, m^2 ; T va t -devorning issiq va sovuq sirtlari temperaturalari, K yoki $^{\circ}S$; $r = \delta/\lambda$ - devorning termik qarshiligi, $(m^2 K)/Vt$; δ -devorning qalinligi, m ; λ -issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti, $Vt/(mK)$.

Bir qatlamli silindr devor orqali issiqlik o'tkazuvchanlik tufayli o'tgan issiqlik:

$$Q = \lambda(T-t)F_{o,r}/\delta = 2\pi\lambda(T-t)L/\ln(d_2/d_1); \quad (22.12)$$

bu erda L - silindrning uzunligi, m ; d_1, d_2 -silindrning ichki va tashqi diametrlari, m .

Issiqlik berish jarayonini hisoblashda qo'llaniladigan o'xshashlik kriteriylari:

$$\text{Nusselt kriteriysi: } Nu = \alpha l / \lambda \quad (22.13)$$

$$\text{Prandtl kriteriysi: } Pr = c\mu / \lambda = \nu / \alpha \quad (22.14)$$

$$\text{Reynolds kriteriysi: } Re = \omega l \rho / \mu = \omega l / \nu \quad (22.15)$$

$$\text{Galiley kriteriysi: } Ga = gl^3 \rho^2 / \mu^2 = gl^3 / \nu^2 \quad (22.16)$$

$$\text{Grasgof kriteriysi: } Gr = gl^3 \beta \Delta t / \nu^2 \quad (22.17)$$

$$\text{Pekle kriteriysi: } Pe = \omega l / a = \omega l c \rho / \lambda \quad (22.18)$$

Bu kriteriylarga kirgan kattaliklar: α -issiqlik berish koeffitsienti, $Vt/(m^2K)$; l -aniqlovchi geometrik o'lcham, m ; λ -issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti, $Vt/(mK)$; s -issiklik sig'imi, $J/(kg K)$; μ, ν -qovushoqlikning dinamik va kinematik koeffitsientlari, $Pa \cdot s$ va m^2/s ; $a = \lambda/(s \rho)$ -temperatura o'tkazuvchanlik koeffitsienti, m^2/s ; ρ -zichlik, kg/m^3 ; g -erkin tushish tezlanishi, m/s^2 ; β -hajmiy kengayish koeffitsienti, K^{-1} ; Δt -devor va suyuqlik temperaturalari farqi, K .

Oqimning turbulent rejimida to'g'ri truba va kanallar ichida issiqlik berish (tenglama soddalashtirildi):

$$Nu = 0,021 Re^{0,8} Pr^{0,43} \quad (22.19)$$

Aniqlovchi temperatura - suyuqlik (gaz)ning o'rtacha temperaturasi, aniqlovchi geometrik o'lcham-trubaning diametri (yoki ekvivalent diametr).

O'rama trubalar (zmeevik) ichidagi issiqlik berishni hisoblashda (4.9)-tenglamadan topilgan α koeffitsient χ tuzatmaga ko'paytiriladi:

$$\alpha_{zm} = \chi \alpha; \quad x = 1 + 3,54(d/D) \quad (22.20)$$

bu erda d -trubaning ichki diametri, m ; D - o'ramning diametri, m .

To'g'ri truba va kanallar ichida $Re < 10000, GrPr < 8 \cdot 10^5$ bo'lgan hollarda issiqlik berish:

$$Nu = 1,55(Pe \cdot d/L)^{1,3} \quad (22.21)$$

To'g'ri truba va kanallar ichida $Re < 10000$, $Gr \cdot Pr > 8 \cdot 10^5$ bo'lgan hollarda issiqlik berish:

a) gorizontalar trubalar uchun:

- $Re < 3500$ bo'lganda

$$Nu = 0,8 (Pe \cdot d / L)^{0,4} (Gr \cdot Pr)^{0,1} \quad (22.22)$$

- $Re > 3500$ bo'lganda

$$Nu = 0,022 Re^{0,8} \cdot Pr^{0,4} \quad (22.23)$$

b) vertikal trubalar uchun:

$$Nu = 0,037 Re^{0,75} \cdot Pr^{0,4} \quad (22.24)$$

Silliqlik trubalarni ko'ndalang kesib o'tadigan (trubalar orasidagi bo'shliqda) oqimning issiqlik berishi:

a) paralel o'rnatilgan trubalar dastasida:

- $Re < 1000$ bo'lganda:

$$Nu = 0,56 E Re^{0,5} \cdot Pr^{0,36} \quad (22.25)$$

- $Re > 1000$ bo'lganda:

$$Nu = 0,22 E Re^{0,65} \cdot Pr^{0,36} \quad (22.26)$$

b) shaxmat ko'rinishida o'rnatilgan trubalar dastasida:

$$Nu = 0,4 E Re^{0,6} \cdot Pr^{0,36} \quad (22.27)$$

Bu tenglamalardagi E ko'effitsient oqimning truba o'qiga nisbatan qanday φ burchak ostida yo'nalganiga bog'liq bo'lib quyidagiga teng:

φ	90°	80°	70°	60°	50°	40°	30°	20°	10°	
E	1	1	0,98	0,94	0,88	0,78	0,67	0,52	0,42	

Trubalar orasida oqimning tezligi quyidagi tenglamadan aniqlanadi:

$$\omega = V / S_T \quad (22.28)$$

bu erda V-suyuqlikning sarfi, m^3/s ; S_T -to'siqlarning kesik qism i yuzasi, m^2 .

Vertikal dasta trubalari tashqi sirtida bug' kondensatsiyalangandagi issiqlik berish:

$$\alpha_{\text{конд}} = 2,04 \sqrt[4]{\frac{\lambda^3 \rho^2 r}{\mu \Delta t H}} = 3,78 \lambda_3 \sqrt[4]{\frac{\rho^2 dn}{\mu G}} \quad (9.29)$$

bu erda r -kondensatsiya issiqligi, J/kg; λ -kondensatning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti, Vt/(m·K); ρ -kondensatning zichligi, kg/m³; μ -kondensat qovushoqligining dinamik koeffitsienti, Pas; Δt - kondensatsiyalanish va truba tashqi sirti temperaturalar farqi, K; N - trubalarning balandligi, m; d - trubalarning tashqi diametri, m; n - trubalar soni; G - bug'ning massa sarfi, kg/s.

2. Masalalar echish

1. Bir yulli kojuxtrubali issiklik almashtirgichning trubalari ichidan (trubalar soni $n = 100$, tashqi diametri 20 mm, devorining kalinligi 2 mm) urtacha temperaturasi 50⁰S va manometr kursatayotgan bosimi 2 kg/sm² bulgan xavo 9 m/s tezlik bilan okib utadi. Barometrik bosimni 740 mm.sim.ust. deb olib kuyidagilarni aniklang: a) xavoning massa sarfini; b) ish sharoitidagi xajmiy sarfini; v) normal sharoitdagi xajmiy sarfini.

Echish. Xavoning normal sharoitdagi zichligi 1,293 kg/m³ (jadvaldan olinadi yoki xisoblab topiladi).

Ishchi absolyut bosim:

$$P = P_{\text{бар}} + P_{\text{ман}} = 740 \cdot 133,3 + 98100 \cdot 2 = 294800 \text{ Па},$$

yoki $P = P_{\text{бар}} + P_{\text{ман}} = 740 + 735 \cdot 2 = 2210 \text{ mm sim.ust.}$

Xavoning ish sharoitdagi zichligi (1.3 - tenglama):

$$\rho = \rho_0 \frac{PT_0}{P_0T} = 1,293 \frac{294800 \cdot 273}{101300(273 + 50)} = 3,18 \text{ кг/м}^3,$$

Xavoning massa sarfi (2.2 va 2.3 tenglamalar):

$$G = V\rho = \omega f\rho = n\omega 0,785d^2 \cdot \rho = 100 \cdot 9 \cdot 0,785 \cdot 0,016^2 \cdot 3,18 = 0,57 \text{ кг/с},$$

Xavoning ish sharoitdagi xajmiy sarfi:

$$V = M / \rho = 0,57 / 3,18 = 0,18 \text{ м}^3 / \text{с},$$

Xavoning normal sharoitdagi xajmiy sarfi:

$$V_0 = M / \rho_0 = 0,57 / 1,293 = 0,44 \text{ м}^3 / \text{с}$$

2. Barometrik kondensatorga urnatilgan vakuummetr 60 sm.sim.ust. ni kursatayapti. Barometrik bosimni 748 mm.sim.ust. ga teng deb olib kuyidagilarni toping: a) kondensator ichidagi absolyut bosimning Pa va kgs/sm² lardagi kiymatini; b) barometrik trubada suvning kanday N balandlikka kutarilishini.

Echish. Kondensator ichidagi absolyut bosim:

$$P = P_0 - P_{\text{вак}} = 748 - 600 = 148 \text{ мм.сум.усл.} = 148 \cdot 133,3 = 19700 \text{ Па}$$

$$P = \frac{19700}{9,81 \cdot 10^4} = 0,201 \text{ kZK} / \text{cm}^2$$

Barometrik truba ichidagi suvning balandligi $R_0 = R + \rho g H$ (2.6 va 2.7 - tenglamalar) tenglamadan topiladi:

$$H = \frac{P_0 - P}{\rho g} = \frac{600 \cdot 133,3}{1000 \cdot 9,81} = 8,16 \text{ m}$$

2. Kontrol masalalar

1. 5,6 m³/soat uglerod oksidini 20 dan 70 kgs/sm² gacha (absolyut bosim) siqishga mulljallangan porshenli kompressor kancha kuvvat iste'mol qiladi? Boshlangich temperatura – 15⁰S, f.i.q 0,65. masalani analitik usulda va T-S diagramma yordamida eching.

(Javob: 4.6 kVt)

2. Boshlangich temperaturasi 20⁰S bulgan vodorodni 1,5 dan 17 kgs/sm² gacha siqishda kancha ish sarflanadi?

(Javob: 4,28 • 10³ kJ/kg)

3. Sinovlarda kompressor ballonga 42,4 l xavoni xaydaydi. 10,5 min ichida ballondagi xavoning bosimi 0 dan 52 kgs/sm² gacha, temperaturasi 17 dan 37⁰S gacha oshdi. Normal sharoitlarda kompressorning unumdorligi kancha buladi?

(Javob: 10,7 m³/soat)

4. Uzunligi 90 m, diametri 100 mm bulgan kuvurdan 75⁰S va 2 kgs/sm² bosimli (manometr bo'yicha) uglerod ikki oksidi 30 kg/(m²s) massa tezligi bilan xarakatlanadi. Trubaning gadir-budirliги e = 0,7 mm. Kuvurda 4 ta 90⁰ burchakli kolenolar va zadviyka urnatilgan bulsa, uning gidravlik karshiligi kancha buladi. (Javob: $\Delta R = 3360 \text{ Pa}$)

5. Ulchamlari 15x15x2 mm keramik xalkalardan xosil kilingan, balandligi 3 m bulgan kuruk nasadka katlamining gidravlik karshiligini aniklang. Nasadka orkali atmosfera bosimida 20⁰S li xavo 0,4 m/s fiktiv tezlik bilan xarakatlanadi. (Javob: 354 Pa).

YUzali isitgichlarda issiqlik berish. Issiqlik o'tkazish

1. Asosiy tenglamalar

1.3 Issiqlik berish jarayonini hisoblashda qo'llaniladigan o'xshashlik kriteriylari:

$$\text{Nusselt kriteriysi: } Nu = \alpha l / \lambda \quad (24.3)$$

$$\text{Prandtl kriteriysi: } Pr = c\mu / \lambda = \nu / \alpha \quad (24.4)$$

$$\text{Reynolds kriteriysi: } Re = \omega l \rho / \mu = \omega l / \nu \quad (24.5)$$

$$\text{Galiley kriteriysi: } Ga = gl^3 \rho^2 / \mu^2 = gl^3 / \nu^2 \quad (24.6)$$

$$\text{Grasgof kriteriysi: } Gr = gl^3 \beta \Delta t / \nu^2 \quad (24.7)$$

Pekle kriteriysi: $Pe=\omega l/a=\omega l c_p/\lambda$ (24.8)

Bu kriteriyilarga kirgan kattaliklar: α -issiqlik berish koeffitsienti, $W/(m^2K)$; l -aniqlovchi geometrik o'lcham, m; λ -issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti, $W/(mK)$; s -issiklik sig'imi, $J/(kg K)$; μ, ν -qovushoqlikning dinamik va kinematik koeffitsient/i, Pas va m^2/s ; $a=\lambda/(s \rho)$ -temperatura o'tkazuvchanlik koeffitsienti, m^2/s ; ρ -zichlik, kg/m^3 ; g -erkin tushish tezlanishi, m/s^2 ; β -hajmiy kengayish koeffitsienti, K^{-1} ; Δt -devor va suyuqlik temperaturalari farqi, K .

1.4. Oqimning turbulent rejimida to'g'ri tuba va kanallar ichida issiqlik berish (tenglama soddalashtirildi):

$$Nu=0,021 Re^{0,8} Pr^{0,43} \quad (24.9)$$

Aniqlovchi temperatura - suyuqlik (gaz)ning o'rtacha temperaturasi, aniklovchi geometrik o'lcham-trubaning diametri (yoki ekvivalent diametr).

O'rama trubalar (zmeevik) ichidagi issiqlik berishni hisoblashda (4.9)-tenglamadan topilgan α koeffitsient χ tuzatmaga ko'paytiriladi:

$$\alpha_{zm} = \chi \alpha; \quad x=1+3,54(d/D) \quad (24.10)$$

bu erda d -trubaning ichki diametri, m; D - uramning diametri, m.

1.5. To'g'ri tuba va kanallar ichida $Re < 10000, GrPr < 8 \cdot 10^5$ bo'lgan hollarda issiqlik berish:

$$Nu=1,55(Pe \cdot d/L)^{1,3} \quad (24.11)$$

1.6 To'g'ri tuba va kanallar ichida $Re < 10000, Gr \cdot Pr > 8 \cdot 10^5$ bo'lgan hollarda issiqlik berish:

a) gorizonta trubalar uchun:

- $Re < 3500$ bo'lganda

$$Nu=0,8(Pe \cdot d/L)^{0,4}(Gr \cdot Pr)^{0,1} \quad (24.12)$$

- $Re > 3500$ bo'lganda

$$Nu=0,022 Re^{0,8} Pr^{0,4} \quad (24.13)$$

b) vertikal trubalar uchun:

$$Nu=0,037 Re^{0,75} Pr^{0,4} \quad (24.14)$$

1.7 Silliqlik trubalarni ko'ndalang kesib o'tadigan (trubalar orasidagi bo'shliqda) oqimning issiqlik berishi:

a) paralel urnatilgan trubalar dastasida:

- $Re < 1000$ bo'lganda:

$$Nu = 0,56 E Re^{0,5} Pr^{0,36} \quad (24.15)$$

- $Re > 1000$ bo'lganda:

$$Nu = 0,22 E Re^{0,65} Pr^{0,36} \quad (24.16)$$

b) shaxmat ko'rinishida o'rnatilgan trubalar dastasida:

$$Nu = 0,4 E Re^{0,6} Pr^{0,36} \quad (24.17)$$

Bu tenglamalardagi E koeffitsient okimning truba o'qiga nisbatan qanday φ burchak ostida yo'nalganiga bog'liq bo'lib quyidagi teng:

φ	90^0	80^0	70^0	60^0	50^0	40^0	30^0	20^0	10^0
E	1	1	0,98	0,94	0,88	0,78	0,67	0,52	0,42

Trubalar orasida oqimning tezligi quyidagi tenglamadan aniqlanadi:

$$\omega = V/S_T \quad (24.18)$$

bu erda V-suyuklikning sarfi, m^3/s ; S_T -to'siklarning kesik kismi yuzasi, m^2 .

1.8 Vertikal dasta trubalari tashqi sirtida bug' kondensatsiyalangandagi issiklik berish:

$$\alpha_{\text{конд}} = 2,04 \sqrt{\frac{\lambda^3 \rho^2 r}{\mu \Delta t H}} = 3,78 \lambda_3 \sqrt{\frac{\rho^2 dn}{\mu G}} \quad (10.19)$$

bu erda r- kondensatsiya issiqligi, J/kg; λ -kondensatning issiqlik o'tkazuvchilik koeffitsienti, $Vt/(mK)$; ρ -kondensatning zichligi, kg/m^3 ; μ -kondensat qovushoqligining dinamik koeffitsienti, Pas; Δt - kondensatsiyalanish va truba tashqi sirti temperaturalari farqi, K; N- trubalarning balandligi, m; d- trubalarning tashqi diametri, m; n- trubalar soni; G- bugning massa sarfi, kg/s.

1.9. Qaynashda issiqlik berish [2]:

$$\alpha_{\text{kay}} = 780 q^{0,6} (\lambda^{1,3} \rho^{0,5} \rho^{0,06}) / (\delta^{0,5} r^{0,6} \rho_0^{0,66} c^{0,3} \mu^{0,3}) \quad (24.20)$$

bu erda $\lambda, \rho, \delta, s, \mu$ - mos ravishda suyuqlik issiklik utkazuvchanligi, zichligi, sirt tarangligi, issiklik sigimi va kovushokligi, $Vt/(mK)$; kg/m^3 , n/m , $j/(kgK)$, Pas, ρ_b -bug'ning zichligi, kg/m^3 , r-bug xosil bulishining solishtirma issiqligi, j/kg , ρ_0 -bug'ning atmosfera bosimidagi zichligi, kg/m^3 , q-issiqlik oqimi zichligi, Vt/m^2

1.10. Issiqlik o'tkazish tenglamasi

$$Q = KF \Delta t_{\text{ur}} \quad (24.21)$$

bu erda Q - issiqlik oqimi (uzatilgan issiqlik miqdori), Vt ; K -issiqlik o'tkazish koeffitsienti, $Vt/(m^2 K)$; F - $\pi d n l$ issiqlik o'tkazish sirti yuzasi, m^2 ; Δt_{ur} - issiq va sovuq issiqlik tovushchilar temperaturalarining o'rtacha farqi, K ; n -truba/ soni; l - trubalarning uzunligi, m .

Solishtirma issiqlik oqimi:

$$q=Q/F=K\Delta t_{ur} \quad (24.22)$$

Issiqlik o'tkazish koeffitsienti:

$$K=1/(1/\alpha_1 + \Sigma r_g + 1/\alpha_2) \quad (24.23)$$

bu erda α_1, α_2 – issiq va sovuq issiqlik tashuvchilar uchun issiklik berish koeffitsienti, $Vt/(m^2 K)$; Σr_g -devor va uning ikala tomonidagi chukma qatlamlarining termik karshiliklari yigindisi, $(m^2 K)/Vt$.

1.11 Temperaturalarning o'rtacha farki:]

$$\Delta t_{ur}=(\Delta t_{kat}-\Delta t_{kich})/(2,3 \lg \Delta t_{kat}/\Delta t_{kich}) \quad (24.24)$$

bu erda $\Delta t_{kat}=T_1-t_2$ va $\Delta t_{kich}=T_2-t_1$ - issiklik almashtirgich chet/idagi temperaturalarning kata va kichik farqlari; T_1 va T_2 - issik modaning boshlangich va oxirgi temperaturalari

1.12 Issiklik balansi tenglamalari:

a) issiklik tashuvchilarning agregat xolati uzgarmagonda:

$$Q=Gc(t_1-t_2) \quad (24.25)$$

b) agregat xolati uzgarmagonda $Q=Gr$ (24.26)

bu tenglama/da G - issiklik tashuvchi ning massa sarfi, kg/s ; s -uning solish tirma issiklik sigimi, $J/(kg K)$; r - bug xosil bulishining (kondensatsiyalanishining) solishtirma issiklik, J/kg .

B. MISOLLAR

1.1. Diametri 2m va balandligi 5 m bulgan apparat 75 mm. kalinlikdagi asbest bilan issiklik izolyasiyasi kilingan. Apparat devorining temperaturasi $146^\circ S$, izolyasiya tashki sirtiniki $40^\circ S$. Izolyasiya orkali utgan issiklik sarfini (okimini) aniklang.

Echish. Issiklik utadigan urtacha yuza:

$$F_{ur}=\pi(D_{ur}L+2D^2/4)=3,14(2,075*5+0,5*2^2)=38,8 m^2$$

Asbestning issiklik utkazuvchanligi jadvaldan topiladi: $\lambda=0,151 Vt/(m*K)$

Izolyasiyadan utgan issiklik miqdori:

$$Q = \lambda(t_{is} - t_{sov})F_{ur}/\delta = 0,151(146 - 40) \cdot 38,8 / 0,075 = 8280 \text{ Vt}$$

1.2 Issiklik almashtirgich (IA) ichidagi suyuklikning temperaturasi $t_1 = 80^\circ\text{S}$, tashki xavoning temperaturasi $t = 10^\circ\text{S}$. Apparat $\delta_d = 5$ mm kalinlikdagi pulatdan kilingan va δ izning 50 mm kalinlikda material bilan izolyasiyalangan. Suyuklikdan apparat devoriga issiklik berish koefitsienti $\alpha_1 = 232 \text{ Vt}/(\text{m}^2 \text{ K})$, izolyasiya sirtidan xavoga issiklik berish koefitsienti $\alpha_2 = 10,4 \text{ Vt}/(\text{m}^2 \text{ K})$, Pulatning issiklik utkazuvchanligi $\lambda_p = 46,5 \text{ Vt}/(\text{m} \cdot \text{K})$, izolyasiyaniki $\lambda_{iz} = 0,12 \text{ Vt}/(\text{m} \cdot \text{K})$. IA devorining ichki t_2 vatashki t_3 , xamda izolyasiya tashki sirtining t_4 temperaturalarini toping.

Echish. Issiklik utkazish koefitsienti:

$$K = 1/(1/\alpha_1 + \delta_d/\lambda_d + \delta_{iz}/\lambda_{iz} + 1/\alpha_2) = 1/(1/232 + 0,005/46,5 + 0,05/0,12 + 1/10,4) = 1,86 \text{ Vt}/(\text{m}^2 \text{ K})$$

Solishtirma issiklik okimi:

$$Q = K(t_1 - t_5) = 1,86(80 - 10) = 130 \text{ Vt}/\text{m}^2$$

t_2, t_3, t_4 temperatura/ kuyidagi tenglama/ sistemasi topiladi:

$$q = \alpha_1(t_1 - t_2) = \lambda_d(t_2 - t_3)/\delta_d = \alpha_2(t_4 - t_5)$$

Apparat devori ichki sirtining temperaturasi:

$$t_2 = t_1 - (q/\alpha_1) = 80 - 130/232 = 79,4^\circ\text{S}$$

Devor tashki sirtining temperaturasi:

$$t_3 = t_2 - (q\delta_d/\lambda_d) = 79,4 - (130 \cdot 0,005/46,5) = 79,4^\circ\text{S}$$

Izolyasiya tashki sirtining temperaturasi:

$$t_4 = (q/\alpha_2) + t_5 = (130/10,4) + 10 = 22,4^\circ\text{S}$$

1.3 Karama-karshi okimli trubasi kondensatorda 200 kg/soat mikdordagi $R_{abs} = 1,19 \text{ mPa}$ bosimli va 95°S temperaturali ammiak suyultiriladi, va suyulish temperaturasida apparatdan chikadi. Kondensator 15°S temperaturada kiraetgan suv bilan sovtiladi. Ammiak bilan suv temperaturalarining eng kichik farki 5K bulsa, kondensatorga kancha suv berish kerak va u kanday temperaturada chikadi?

Echish. Ammiakning T-S diagrammasining uning $1,19 \text{ mPa}$ bosimdagi suyuklanish temperaturasi 30°S ekanligini aniklaymiz. Demak apparatga kiraetgan ammiak bugi (95°S) uta kizigan xolatda buladi. Uning $R_{abs} = 1,19 \text{ mPa}$ uzgarmas bosimda 95°S da kondensatsiyalanish temperaturasigacha, ya'ni 30°S gacha sovtilishida olinadigan issiklik:

$$Q_1 = [200(1647 \cdot 10^3 - 1467 \cdot 10^3)]/3600 = 10000 \text{ Vt}$$

bu erda $1647 \cdot 10^3 \text{ J/kg}$ va $1467 \cdot 10^3 \text{ J/kg}$ – ammiak bugi solishtirma entalpiyalarining

$R_{abs}=1,19$ mPa bosim 95°S va 30°S temperaturalardagi kiymati.

Ammiak bugining suyulishida olinadigan issiklik:

$$Q_2=[200(1467 \cdot 10^3 - 323 \cdot 10^3)]/3600=63600 \text{ Vt}$$

bu erda $323 \cdot 10^3$ j/kg-suyuk ammiak $R_{abs}=1,19$ mPa va $t=30^{\circ}\text{S}$ dagi solishtirma entalpiyasi.

Suv olishi kerak bulgan umumiy issiklik:

$$Q=Q_1+Q_2=10000+63600=73600 \text{ Vt}$$

Kondensatorning ammiakning suyuklanishi boshlanadigan kesimida ammiak va suv temperaturalarning farki eng kichik buladi. Masala shartidankelib chikib suvningshu kesimdagi temperaturasi $30-5=25^{\circ}\text{S}$ ga teng buladi.

U xolda suvning sarfi kuyidagiga teng buladi:

$$G_{suv}=63600/4190(25-15)=1,515 \text{ kg/s}$$

bu erda 4190 j/kg*K-suvning solishtirma issiklik sigimi. Suvning kondensatordan chikaetgandagi t_2 temperaturasi kuyidagi tenglamadan topiladi:

$$Q=Gc(t_2-t_1)$$

yoki
$$t_2=Q/Gc+t_1=73600/1,515 \cdot 4190+15=26,6^{\circ}\text{S} \text{ eki } 299,6 \text{ K}$$

1.4. IA da suyuklik 25°S dan 175°S gacha gaz erdamida issitiladi. Bundan gaz 300°S dan 200°S gacha soviydi. Uskuna ichida temperaturalarning urtacha farkini toping.

Echish. Temperaturalarning urtacha farki Δt_{ur} ni ikki xol uchun aniklaymiz.

1. Tugri okim, ya'ni suyuklik va gaz bir tomonga xarakatlanadi:

$$\begin{array}{ll} 300 & -200 \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} 25 & -175 \end{array}$$

$$\Delta t_{kat}=275 \quad \Delta t_{kich}=25^{\circ}\text{S}$$

$$\Delta t_{ur}=(275-25)/2,3 \lg(275/25)=104 \text{ K}$$

2. Karama-karshi okim-suyuklik va gaz bir-biriga karama-karshi yunalgan:

$$\begin{array}{ll} 300 & -200 \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} 175 & -25 \end{array}$$

$$\Delta t_{kich}=125 \quad \Delta t_{kat}=175$$

$$T_{ur}=(175-125)/2,3 \lg(175/125)=149 \text{ K}$$

1.5. Diametri $40 \cdot 2,5$ mm li trubalardanyigilgan IA da urtacha temperaturasi $47,5^{\circ}\text{S}$, tezligi 1 m/s bulgan suv isitiladi. Trubalarning uzunligi 2 m, ichki sirtining temperaturasi 95°S . Suv uchun issiklik berish koefitsientini toping.

Echish. Suvning okim rejimi:

$$Re = \omega d \rho / \mu = 1 * 0,035 * 989 / 0,57 * 10^{-3} = 60800$$

$Re > 10000$ bulgani uchun issiklik berish koeffitsientini (4.9)- tenglamadan topamiz:

$$Nu = 0,021 Re^{0,8} Pr^{0,43} = 0,021 * 60800^{0,8} * 1,85^{0,43} = 300$$

YUkoridagi tenglamalarda suvning xossalari (zichligi, kovushokligi) va Prandtl soni 47,5 °S da ma'lumotnomadan olinadi.

$$A = Nu \lambda / d = 300 * 0,643 / 0,035 = 5510 \text{ Vt/(m}^2 \text{ K)}$$

bu erda $\lambda = 0,643 \text{ Vt/(m}^2 \text{ K)}$ suv = 47,5 °S dagi issiklik utkazuvchanlik koeffitsienti.

1.6. 20 t/soat toluolni 21 dan 98 °S gacha isichshiga muljallangan kojux-trubali issiklik almashtirgichni xisoblang. Situvchi suv bugining absolyut bosimi 0,16 mPa va uning tarkibida 0,5% xavo bor.

Echish. Trubalar orasidagi bushlik uchun «1» va trubalar ichidagi bushlik uchun esa «2» indekslarini kullaymiz. Jadvaldanisituvchi Bugningkondensatsiyalanish temperaturasini topamiz tkondning 112,7 °S

Temperaturalar farkiningurtacha kiymatini topamiz:.

$$112,7 \quad 112,7$$

$$21 \quad 98$$

$$\Delta t_{\text{kat}} = 91,7 \quad \Delta t_{\text{kich}} = 14,7$$

$$\Delta t_{\text{ur}} = (\Delta t_{\text{kach}} - \Delta t_{\text{kich}}) / (2,3 \lg \Delta t_{\text{kach}} / \Delta t_{\text{kich}}) = (91,7 - 14,7) / (2,3 \lg 91,7 / 14,7) = 42,1 \text{ } ^\circ\text{S}$$

Toluolning urtacha temperaturasi

$$t_2 = t_1 - \Delta t_{\text{ur}} = 112,7 - 42,1 = 70 \text{ } ^\circ\text{S}$$

Toluolning sarfi

$$G_2 / 20000 / 3600 = 5,56 \text{ kg/s}$$

$$V_2 = G_2 / \rho_2 = 5,56 / 820 = 0,00678 \text{ m}^3/\text{s}$$

bu erda $\rho_2 = 820 \text{ kg/m}^3$ –toluolning 70 °S dagi zichligi.

Isitishga sarflanadigan issiklik mikdori:

$$Q = G_2 c_2 (t_{2\text{ox}} - t_{2\text{b}}) = 5,56 * 1800 (98 - 21) = 771000 \text{ Vt}$$

bu erda s_2 -toluolning urtacha solishtirma issiklik sigimi.

Bugning sarfini 7% issiklik yukotilishi sharti b-n topamiz:

$$G_1 = 1,07 Q / r = 1,07 * 771000 / 2227 * 10^3 = 0,37 \text{ kg/s}$$

bu erda r-suv bugi kondensatsiyalanishining solishtirma issikligi.

Talab kilinadigan issiklik almashinish yuzasining maksimal qiymatini topamiz. Buninguchun jadvaldan issiklik utkazish koeffitsientining minimal qiymatini olamiz: suv bugidan organik suyukliklarga issiklik bershida

$$:K_{\min}=120 \text{ Vt/(m}^2 \text{ K)} \text{ Demak:}$$

$$F_{\max}-Q/(K_{\min} \cdot \Delta t_{\text{ur}})=771000/120 \cdot 42,1=150 \text{ m}^2$$

$F_{\max}$ ning qiymatiga karab katologdan eki jadvaldankuyidagi issiklik almashtirgichni tanlaymiz:

diametri $D=600 \text{ mm}$

trubalarining diametri $d=25 \cdot 2 \text{ mm}$

trubalari soni nning 210

okim(yul)lari soni $z=4$

bir yuldagi trubalar soni $n'=210/4=52,5$

joylashishi –gorizontal

Toluol uchun issiklik berish koeffitsientini aniklash. Reynolds kriteriysi:

$$Re_2=\omega_2 d \rho_2 / \mu = 0,37 \cdot 0,021 \cdot 820 / 0,36 \cdot 10^{-3} = 17800$$

Toluolning trubalarichidagi tezligi:

$$\omega_2 = V/F = 0,00678 / 0,785 \cdot 0,021^2 \cdot 52,5 = 0,37 \text{ m/s}$$

Toluol uchun prondtl kriteriysi (70°S dagi)

$$Pr_2 = c_2 \mu_2 / \lambda = 1800 \cdot 0,36 \cdot 10^{-3} / 0,1248 = 5,19$$

$Re > 10000$ bulganligi uchun:

$$Nu = 0,021 Re_2^{0,8} Pr_2^{0,43} = 0,021 \cdot 17800^{0,8} \cdot 5,19^{0,43} = 112$$

SHunday kilib:

$$\alpha_2 = Nu_2 \lambda / d_2 = 112 \cdot 0,1248 / 0,021 = 669 \text{ Vt/(m}^2 \text{ K)}$$

Gorizontal trubalardastasi sirtida kindensatsiyalanaetgan suv bugi uchun issiklik berish koeffitsienti

$$\alpha_1 = 3,78 \lambda \sqrt{\rho^2 d n / \mu G} = 3,78 \cdot 0,685 \sqrt{951^2 \cdot 0,025 \cdot 210 / 256 \cdot 10^{-3} \cdot 0,37} = 9400 \text{ Vt/(m}^2 \text{ K)}$$

Issiklik utkazish koeffitsienti (truba devoridagi chukmalarning termik karshiliklarini xisobga olmaymi):

$$K = 1 / (1/\alpha_1 + BD + \lambda_d + 1/\alpha_2) = 1 / (1/9400 + 0,002/46,5 + 1/669) = 500 \text{ Vt/(m}^2 \text{ K)}$$

bu erda BD -devorining kalinligi, m; λ_d -truba materialining issiklik utkazuvchanlik

koeffitsienti, $Vt/(mK)$

Issiklik almashish yuzasi

$$F=Q/(K\Delta t_{ur})=771000/(500*42,1)=36,4 \text{ m}^2$$

Tanlangan issiklik almashtirgich trubalarininguzunligi 3m bulganining issiklik almashish yuzasi:

$$F=\pi d n l=3,14*0,021*210*3=41,56 \text{ m}^2$$

Demak shu uskuna toluolni kerakli temperaturagacha kizdira oladi.

V. Kontrol masalalar

1.1 Diametri 38*2,5 mm bulgan trubadanuralgan zmeevik 0,5 mm kalinlikdagi emal bilan kollansa uningtermik karshiligi necha marta ortadi? Devorni tekis deb xisoblang. emalning issiklik utkazuvchanligi 1,05 $Vt/(m^2K)$. (javob 10 marta)

1.2 Uzunligi 40 m, diametri 51*2,5 mm bulgan Bug kuvuri 30 mm kalinlikdagi izolyasiya bilan uralgan. Izolyasiya ichki sirtiningtemperaturasi 175 $^{\circ}S$, tashki sirtiniki 45 $^{\circ}S$. Izolyasiyaning issiklik utkazuvchanlik koeffitsientini 0,116 $Vt/(m^2K)$ deb olib 1 soatda yukotiladigan issiklik mikdorini aniklang (javob 1,75 kj)

1.3 Bosimi $R_{abs}=0,2mPa$, 2,5 soatdagi sarfi 200 kg bulgan Bug bilan isitilaetgan 2t kalitsiy xlor eritmasi necha gradusgacha isiydi? Atrofga yukotilgan issiklik mikdori 2030 Vt . Eritmaning boshlangich temperaturasi 10 $^{\circ}S$, solishtirma issiklik sigimi 2500j/(kg*K), (javob 94,7 $^{\circ}S$).

1.4 Kondensatorga $R_{abs}=6 mPa$ bosimli kuruk, tuyincha uglerod ikki oksidi bugi beriladi. Suyuk SO_2 uskunadan shu bosimda kondensatsiyalanish temperaturasida chikadi. Suvning kondensatordan chikish joyida uglerod ikki oksid iva suv temperatura/i farkini 5K deb kabul kilib, uskunaga 10 $^{\circ}S$ da kiraetgan suvning sarfini aniklang. (Javob 582 kg/soat)

1.5 IA da eritma suv erdamida 106 $^{\circ}S$ dan 60 $^{\circ}S$ gacha sovichiladi. Bunda suv 15 $^{\circ}S$ dan 50 $^{\circ}S$ gacha isiydi. Tugri va karama-karshi okimlar uchun temperaturalarning urtacha farkini toping. (Javob tugri okimda 36,7 $^{\circ}S$; karama-karshi okimda 50,5 $^{\circ}S$)

1.6 Karama-karshi okimli issiklik almashtirgichda 1930 kg/soat butil spirti 18 $^{\circ}S$ da kiraetgan suv erdamida 90 dan 50 $^{\circ}S$ gacha sovitiladi. Uskunadagi issiklik utkazish koeffitsienti 230 $Vt/(m^2 K)$ bulsa kancha sovituvchi suv kerak buladi. (Javob 4,2 m^3 /soat)

1.7 Jixozlar omborxonada diametri 18*2 mm, uzunligi 1,2 m 19 ta latun trubadan yigilgan kojux-trubali IA bor. Uningyuzasi 350 kg/soat etil spirti tuyingan bugimi suyultirish uchun etarlimi? Kondensatordagi issiklik utkazish koeffitsienti 700 $Vt/(m^2 K)$, unda suv 15 dan 35 $^{\circ}S$ gacha isiydi. Spirtningsuyulishi atmosfera bosimida amalga oshiriladi va suyuk spirt suyuklanish temperaturasida uskunadanchikadi. (Javob etarli emas)

1.8 Kojux-trubali issiklik almashtirgichning truba/i orasidagi bulilikdan0,5 mPa bosimli metan 4,5 m/s tezlik bilan xarakatlanadi. Uningurtacha temperaturasi 75 $^{\circ}S$.IA 18*2 mm diametrli 37 ta Pulat trubadanyigilgan, kojuxiningichki diametri 190mm. Issiklik berish koeffitsientini aniklang. (Javob 112 $Vt/(m^2 K)$)

1.9 Atmosfera bosimida kaynaetgan 20% natriy xlor eritmaning issiklik berish koeffitsientini xisoblang. Isituvchi spirt va kaynaetgan eritma temperatura/ining farki 10K.

Eritmaning issiklik utkazuvchanlik koeffitsienti $\lambda=0,658 \text{ Vt/(m}^2\text{K)}$. (Javob 2340 $\text{Vt/(m}^2 \text{ K)}$)

1.10 Tuyingan suv bugi tashki diametri 38 mm bulgan truba/dan yigilgan gorizontal dastaning tashki sirtida kondensatsiyalanadi. Trubalar shaxmat usulida joylashtirilgan. Balandlik buyicha trubalar soni 11 ta. Kondensatsiya temperaturasi 160°S . Trubalar tashki sirtining temperaturasi 152°S deb kabul kilib, urtacha issiklik berish koeffitsientini aniqlang. Bug tarkibida 0,5 nisbiy foiz xavo bor. (Javob 5035 $\text{Vt/(m}^2 \text{ K)}$).

Ko'p komponentli sistemalarni bug'latish

1. Asosiy tenglamalar

Bug'latish qurilmalarining ish samaradorligiga qanday omillar ta'sir kysratishni anlab etish uchun ularni xisoblash tenglamalarini bilish kerak byladi. Quyida ana shu bo'liqlar haqida kiskacha tixtalamiz.

1. Buqlatishning maddiy balans tenglamasi:

$$G_b = G_{ox} + W \quad (27.1)$$

$$G_b X_b = G_{ox} X_{ox} \quad (27.2)$$

$$W = G_b (1 - X_b / X_{ox}) \quad (27.3)$$

bu erda G_b , G_{ox} - eritma massa sarfining boshlan'ich va oxirgi qiymatlari kg/s ; W - buqlatilgan suvning sarfi, kg/s ; X_b va X_{ox} - eritma tarkibidagi erigan moddaning boshlan'ich va oxirgi massa ulushlari.

2. Buqlatish apparatining issiklik balansi:

$$Q = G_b s_b (t_{ox} - t_b) + W (i_2 - s_c t_{ox}) + Q_y \quad (27.4)$$

bu erda Q - buqlatishga sarflanadigan issiklik, Vt ; s_b va s_s - boshlan'ich eritmaning va suvning solishtirma issiklik siqimlari, J/(kg K) ; t_b va t_{ox} - eritmaning apparatga kirayotgandagi boshlan'ich va undan chikayotgandagi oxirgi temperaturalar, $^\circ\text{S}$; i_2 - ikkilanchi buq entalpiyasi, J/kg ; Q_y - atrof muxitga yikotilgan issiklik, uning qiymatini umumiy issiklikning 3 – 5 % ga teng deb olish mumkin), Vt .

3. Buqlatish apparatidagi isituvchi buqning sarfi:

$$G_b = Q / r_{ib} X \quad (27.5)$$

yoki solishtirma sarfi

$$d = G_{ib}/W$$

bu erda r_{ib} - isituvchi bufl kondensatsiyalanishining solishtirma issiqligi, J/kg; x – isituvchi buflning kurluklik darajasi.

4. Bir korpusli buflatish apparatining temperatura rejimi.

Temperatura va bosimlarni quyidagicha belgilab olamiz:

Barometrik kondensatorda $t_o P_o$

Separatorda $t_1 P_1$

Separatorda eritma kanyashi $t_{ox} P_1$

Truba ichidagi kanyash $t_{kay} P_{yr}$

Isituvchi bufl $t_{i.b.} P_{i.b.}$

Temperaturalar nisbati : $t_{i.b.} > t_{kay} > t_{ox} > t_1 > t_o$

$$t_1 = t_o + \Delta t_{gd}; \quad P_1 = P_o + \Delta P_{gd} \quad (27.6)$$

bu erda Δt_{GD} gidravlik depressiya, ya'ni kichiklanchi bufl kuyuridagi gidravlik karshilik tufayli separator kondensator oraliida kichiklanchi bufl temperaturasi ning yzgarishi.

$$\Delta t_{gd} = t_1 - t_o \quad (27.7)$$

Gidravlik depressiyaning kiyimati 0,5 – 1,5 K deb olish mumkin.

Eritma buflatish apparatidan separator dagi kanyash temperaturasi da chikadi va u quyidagicha teng

$$t_{ox} = t_1 + \Delta t_{dep} \quad (27.8)$$

bu erda Δt_{dep} - temperatura depressiyasi, ya'ni eritmaning kanyash temperaturasi ning toza erituvchi (suv) kanyash temperaturasi ga nisbatan oshishi (bir xil bosim dagi):

$$\Delta t_{dep} = (t_{er} - t_s)_r \quad (27.9)$$

Uzluksiz ishlaydigan buflatish apparati uchun Δt_{dep} eritmaning oxirgi (

apparatdan chikayotgandagi) konsentratsiyasi uchun olinadi.

Eritmaning kaynash temperaturasi ma'lumotnomalardan topishning iloji bo'lmasa quyidagi ikki usul yordamida hisoblash mumkin.

1 – usul. Agar eritmaning ixtiyoriy ikki bosimdagi kaynash temperaturasi ma'lum bo'lsa, quyidagi tenglamadan foydalanish mumkin:

$$(\lg R_{A1} - \lg R_{A2}) / (\lg R_{V1} - \lg R_{V2}) = C \quad (27.10)$$

bu erda R_{A1} va R_{V1} - ikkita suyuqlikning bir xil t_1 temperaturadagi qaynash bosimlarining bosimlari; R_{A2} va R_{V2} - shu suyuqliklarning t_2 temperaturadagi qaynash bosimlarining bosimlari: S – yzgarmas son.

SHu suyuqlikning kaynash temperaturasi chiziqlik koidasidan foydalanib ham topish mumkin:

$$(t_{R1} - t_{R2}) / (\Theta_{R1} - \Theta_{R2}) = K \quad (27.11)$$

bu erda t_{R1} va t_{R2} - eritmaning R_1 va R_2 bosimlardagi kaynash temperaturasi; Θ_{R1} va Θ_{R2} - etalon suyuqlikning (odatda geksan olinadi) shu bosimlardagi kaynash temperaturasi.

2-usul. Agar suyuqlikning bir bosimdagi kaynash temperaturasi ma'lum bo'lsa Babo koidasidan foydalanib boshqa bosimdagi kaynash temperaturasi aniqlash mumkin:

$$(R / R_0)_t = \text{const} \quad (27.12)$$

Eritmaning trubalar ichidagi yrtacha kaynash temperaturasi:

$$t_{\text{kay}} = t_{\text{ox}} + \Delta t_{\text{g.e.}} \quad (27.13)$$

bu erda $\Delta t_{\text{g.e.}}$ - gidrostatik depressiya, ya'ni suyuqlik kaynash temperaturasi, uning satxi gidrostatik bosimi tufayli ortishi (gidrostatik effeKT).

Bo'latish apparati trubalarining turli balandligida kaynash temperaturasi turlicha

býladi. Odatda ýrtacha káynash temperaturasi gidrostatik bosimni xisobga olgan xolda trubaningýrta kismi uchun olinadi. Bu kismdagi ýrtacha bosim:

$$R_{\dot{y}r} = R_1 + 0,5 \rho_e g N_s = R_1 + \Delta R_{g.e.} \quad (12.14)$$

bu erda $\Delta R_{g.e.}$ - suyu klik bosimining satx $N_s / 2$ chukurligida uning sirtidagi kiymatiga nisbatan ortishi, Pa; ρ_e – eritma zichligi, kg / m³; N_s – eritma satxi, m.

Tabiiy sirkulyasiyali buflatish apparatlari uchun bir fazali suyu klikning optimal satxi:

$$N_{opt} = [0,26 + 0,0014 (\rho_e - \rho_s)] N_{tr} \quad (27.15)$$

bu erda ρ_s -suvning t_{kay} temperaturasidagi zichligi, kg/m³; N_{tr} -trubaning balandligi, m.

Gidrostatik depressiya

$$\Delta t_{g.e.} = t_{\dot{y}r} - t_1 \quad (27.16)$$

Eritma káynashiningýrtacha temperaturasi:

$$T_{kay.} = t_{ox} + \Delta t_{g.e.} = t_o + \Sigma \Delta t_y \quad (27.17)$$

Yykotilgan temperaturaning yi rindisi:

$$\Sigma \Delta t_y = \Delta t_{g.s} + \Delta t_{dep.} + \Delta t_{g.e} \quad (27.18)$$

5. Temperaturalarning umumiy va foydali far klari:

$$\Delta t_{um} = t_{i.b} - t_o. \quad (27.19)$$

$$\Delta t_f = t_{i.b} - t_{kay.} = \Delta t_{um} - \Sigma \Delta t_y \quad (27.20)$$

6. Buflatish apparatining isitish sirti yuzasi:

$$F = Q/K\Delta t_f \quad (27.21)$$

B. MISOLLAR

1. NaOH ning boshlang'ich (xom ashyo) eritmasi tarkibida 79 g/l suv bor. Bug'latilgan eritmaning 30°Cdagi zichligi 1,555 g/sm³. Bu eritmaning konsentratsiyasi 840 g/l bo'lganiga to'g'ri keladi. 1t boshlang'ich eritma bug'latilganda qancha suv ajralib chiqishini aniqlang.

Echish: Erigan moddaning boshlang'ich va oxirgi eritmalaridagi massa ulushlari:

$$X_{\delta} = \frac{79}{1000 + 79} = 0,0733 \quad X_{ox} = \frac{840}{1555} = 0,54$$

Bug'latilgan suv miqdori

$$W = G_{\delta} \left(1 - \frac{X_{\delta}}{X_{ox}} \right) = 1000 \left(1 - \frac{0,0733}{0,54} \right) = 865 \text{ kg}$$

2. CHiziqlilik qoidasidan foydalanib anilinning 0,8 kZK/cm² vakuumdagi ($P_{\text{atm}} \approx 0,02 \text{ MPa}$) qaynash temperaturasi aniqlang. Anilin to'yingan bug'ining 160 °S dagi bosimi 390 mm.sim. ust va atmosfera bosimidagi qaynash temperaturasi 184 °S ekanligi ma'lum.

Echish: Etalon suyuqlik sifatida geksanni olib, diagrammadan uning 2 xil bosimdagi qaynash temperaturalarini topamiz:

$$P_1 = 390 \text{ mm.sim. ust} \quad \theta = 49,2^\circ \text{C}$$

$$P_2 = 760 \text{ mm.sim. ust} \quad \theta = 69^\circ \text{C}$$

U holda

$$K = \frac{t_{p_1} - t_{p_2}}{\theta_{p_1} - \theta_{p_2}} = \frac{160 - 184}{49,2 - 69} = 1,21$$

Geksanning $P_{\text{atm}} = 0,02 \text{ MPa} \approx 0,2 \text{ kZK/cm}^2 = 0,2 \cdot 735 = 147 \text{ mm.sim.}$ dagi qaynash temperaturasi 24,5 °S ga teng. Demak

$$\frac{160 - t}{49,2 - 24,5} = 1,21 \quad \text{bundan} \quad t = 130,1^\circ \text{C}$$

3. Babo qoidasidan foydalanib, 25% li kalsiy xlor eritmasi uchun temperatura depressiyasini aniqlang. Eritma ustidagi absolyut bosim

$$P_1 = 0,36 \text{ kZK/cm}^2 \approx 0,036 \text{ MPa}$$

Echish: 1. Eritma ustidagi absolyut bosim $P_1 = 0,03 \text{ MPa}$ bo'lgandagi eritmaning qaynash temperaturasi topamiz:

Jadvaldan 25% kalsiy xlor eritmasi atmosfera bosimida $107,5^\circ\text{S}$ da qaynashini aniqlaymiz. Bunday temperaturada to'yingan suv bug'ining bosimi $\approx 0,1345 \text{ MPa}$ ga teng.

Eritma ustidagi bug'ning P'_1 va suv bug'ining P'_c bosimlari bir xil $107,5^\circ\text{S}$ dagi nisbati:

$$\left(\frac{P'_1}{P'_c}\right)_{107,5} = \frac{1,033}{1,345} = 0,77$$

Babo qoidasiga ko'ra bu nisbat eritma qaynash temperaturalarining barcha qiymatlarida saqlanib qoladi. Izlanayotgan qaynash temperaturasi uchun ($P_1 = 0,036 \text{ MPa}$):

$$\left(\frac{P_1}{P_e}\right)_t = \left(\frac{0,36}{P_e}\right) = 0,77$$

$$P_1 = \frac{0,36}{0,77} = 0,467 \text{ kPa/cm}^2 = 0,0467 \text{ MPa} = 343 \text{ ммс.м.у.с.м.}$$

bunday bosimda suvning qaynash temperaturasi $79,2^\circ\text{S}$ ga teng. Eritma ustidagi bosim $0,36 \text{ kgk/sm}^2$ bo'lgandagi 25 % li kalsiy xlor eritmasi shunday qaynash temperaturasiga ega bo'ladi.

Temperatura depressiyasini aniqlaymiz.

Jadvaldan $0,36 \text{ kgk/sm}^2$ bosimdagi suvning qaynash temperaturasi $72,9^\circ\text{S}$ ekanligini aniqlaymiz. U xolda

$$\Delta t_{\text{den}} = t_s - t_c = 79,2 - 72,9 = 6,3^\circ\text{C} = 6,3\text{K}$$

V. MASALALAR

1. Atmosfera bosimida va $0,8 \text{ kgk/sm}^2$ vakuumda suvni bug'latish uchun zarur isituvchi bug'ning solishtirma sarfini aniqlang. Isituvchi bug'ning absolyut bosim $0,2 \text{ MPa}$. Suv bug'latishga: a) 15°S ga; b) qaynash temperaturasida kiritiladi. (Javoblar: I. a) $1,184 \text{ kg/kg}$; b) $1,023 \text{ kg/kg}$;

II. a) $1,152 \text{ kg/kg}$; b) $1,067 \text{ kg/kg}$).

2. 1500 kg kalsiy xlor eritmasi konsentratsiyasini 8 dan 30% (massa) gacha oshirishda qancha suvni bug'latish kerak (Javob: 1100 kg)

3. Babo koidasidan va jadvaldan foydalanib 42,5% li NH_4NO_3 eritmasining $R_{\text{abs}} = 0,04 \text{ mPa}$ bosimdagi qaynash temperaturasi aniqlang. (Javob: $81,5^\circ\text{S}$).

4. Vakuum bug'latish apparatiga 10 t/soat 8 % li NH_4NO_3 eritmasi 74°S da kiritiladi va 42,5 % gacha bug'latiladi. Qaynayotgan eritmaning o'rta sathidagi absolyut bosim $0,04 \text{ mPa}$. To'yingan isituvchi bug'ning ortiqcha bosimli $0,1 \text{ mPa}$. Quyidagilar qabul qilinadi: $t_{g,e} = 6,1\text{K}$; $K = 950 \text{ Vt/(m}^2 \text{ K)}$; $Q_i = 3\%$. Bug'latish apparatining issiqlik almashinish yuzasini toping (Javob: 149 m^2).

5. Oldingi masala shartidagi kattaliklar uchun $t_{g,s} = 1\text{K}$ deb olib barometrik kondensatordagi absolyut bosimni aniqlang (Javob: $31,7 \text{ kPa}$).

Eritmalarning kristallanishi

1. Asosiy tenglamalar

1. Sarf tenglamasi

2. Suyuklikning (gazning) xajmiy sarfi (vakt birligi ichida okib utgan suyuklik xajmi):

$$V = \omega f; [m^3 / c] \quad (29.1)$$

bu erda ω - okimning urtacha tezligi, m/s; f – uning kundalang kesim yuzasi, m^2 .

3. Suyuklikning (gazning) massa sarfi (vakt birligi ichida okib utgan suyuklik massasi):

$$G = V\rho = \omega f\rho; [kg / c] \quad (29.2)$$

bu erda ρ - suyuklikning zichligi, kg/m^3 .

4. Doira kundalang kesimiga ega bulgan kuvurdan okib utayotgan suyuklik uchun:

$$V = 0.785d^2 \omega \quad (29.3)$$

bu erda d – kuvurning ichki diametri, m.

5. Bosim (yuza birligiga ta'sir kiluvchi kuch):

$$P = \frac{F}{f}; [Pa] \quad (29.4)$$

2. Masalalar echish

1-masala. (5.12).Kristallizatorida 10 t potashning suvli eritmasi (suv bug'lanmaganda) 80°S dan 35°S gacha sovitilganda kancha kristall ajralib chiqadi.

Echish. Egri eruvchanlik bo'yicha potashning suvli eritmaning to'yingan suvli eritmasining konsentratsiyasini topamiz:

80°S da 10 mol K_2CO_3 /1000g suv

» 35°S 8,15

K_2CO_3 malyar massasi 138 kg/kmolga teng.

$$x_{80} = \frac{10 \cdot 138}{1000 + 10 \cdot 138} = 0,58 \text{ кг/кг};$$

$$\frac{M}{M_{kp}} = \frac{138}{174} = 0,793,$$

Bu erda 174 – $K_2CO_3 \cdot 2N_2O$ ning molyar massasi, kg/mol.

Ajralib chiqqan kristallar miqdori:

$$G_{\text{kp}} = \frac{10000(0,58 - 0,53)}{0,793 - 0,53} = 1900 \text{ кг.}$$

2-masala (5.13.) 5000 kg/soat miqdorli $NaNO_3$ suvli eritmasini 90 °S dan 40 °S gacha kristallizatorida sovitganda ajralib chikayotgan issiqlik miqdorini toping. 90°S li 1000 g suv miqdorida 16 mol $NaNO_3$ mavjud. Eritmani sovitish jarayonida 3 % suv ajralib chikadi.

Echish. Eruvchanlik egri chizigi buyicha 40°S li 1000 g suv tarkibida 12,3 mol $NaNO_3$ ning tuyingan konsentratsiyasi bor.

Eritma 40°S gacha sovitilganda ajralib chikkan kristallar miqdori G_{kr} (kg/sek):

$$G_{\text{kp}} = \frac{G_1(x_2 - x_1) - Wx_3}{x_2 - x_{\text{kp}}}$$

Massa kismda konsentratsiya:

$$x_1 = \frac{16 \cdot 85}{1000 + 16 \cdot 85} = 0,576 \text{ кг/кг}$$

$$x_2 = \frac{12,3 \cdot 85}{1000 + 12,3 \cdot 85} = 0,511 \text{ кг/кг.}$$

Bu erda 85- $NaNO_3$ ning molyar massa, kg/mol.

$x_{\text{kr}}=1$, bulganda $NaNO_3$ suvsiz xolatda xosil buladi. Demak:

$$G_{\text{kp}} = \frac{5000(0,511 - 0,576) - 0,03 \cdot 5000 \cdot 0,511}{3600(0,511 - 1)} = 0,229 \text{ кг/с.}$$

Issiklikmiqdori:

$$Q = G_1 c(t_1 - t_2) + G_{\text{kr}} q - W_r,$$

Bu erda W - bug‘langan suv miqdori, kg/s; r -suvning solishtirma issiqlik sig‘imi, Dj/kg.

$NaNO_3$ kristall holatidagi q solishtirma issiqlik miqdorini $21000 \cdot 10^3$ Dj/kmol ga teng deb olamiz.

Eritmaning S solishtirma issiqlik sig‘imini, hamda qattiq tuzning S_1 solishtirma issiqlik sig‘imini topamiz:

$$s_1 = (26,0 + 26,0 + 3 \cdot 16,8) / 85 = 1,2 \text{ kDj}/(\text{kg} \cdot \text{K}).$$

$x = 57,6\%$ bo'lganda

$$s = 4190 \cdot 0,424 + 1200 \cdot 0,576 = 2470 \text{ Dj}/(\text{kg} \cdot \text{K}).$$

CHiqayotgan issiqlik miqdori:

$$Q = \frac{5000}{3600} 2,47 \cdot 10^3 (90 - 40) + 0,229 \frac{21000 \cdot 10^3}{85} - \frac{0,03 \cdot 5000 \cdot 2345 \cdot 10^3}{3600} = 130000 \text{ BT},$$

Bu erda $2345 \cdot 10^3 \text{ Dj/kg} - (90 + 40) / 2 = 65^\circ \text{S}$ dagi suvning solishtirma issiqlik sig'imi.

3-masala. (5.14.) Oldingi masala shartiga asosan kristallizatoridagi sovitish yuzasini hamda suvning sarfini aniqlang. Issiqlik o'tkazish koeffitsienti $100 \text{ Vt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ga teng.

Suv kristallizator ko'ylagiga 15°S bilan kirib 20°S da chiqib ketadi.

Sovitish va isitish agentlari bir-biriga karama-karshi xarakatlanadi.

Echish. Sovitishning yuzasi:

$$F = \frac{Q}{K \Delta t_{cp}}.$$

Temperatura sxema tuzamiz:

$90 \rightarrow 40$

$20 \leftarrow 15,$

Demak

$$\Delta t_{yp} = \frac{(90 - 20) - (40 - 15)}{2,3 \lg \frac{90 - 20}{40 - 15}} = 36,2 \text{ } ^\circ \text{C} = 36,2 \text{ K}.$$

YUza

$$F = \frac{130000}{100 \cdot 36,2} = 36 \text{ m}^2.$$

Suvning sarfi:

$$G_s = \frac{130000}{4,19 \cdot 10^3 (20 - 15)} = 6,33 \frac{\text{kg}}{\text{c}} = 22400 \text{ kg/ч}.$$

2.1. Tarkibida 10 m^3 suv va 1 t. benzidin bulgan suspenziyaning 20°S dagi kovushokligining dinamik koeffitsientini aniklang. Kattik fazaning nisbiy zichligi 1,2 ga teng.

Echish. Kattik fazaning xajmi:

$$V = \frac{G}{\rho} = \frac{1000}{1,2 \cdot 1000} = 0,833 \text{ m}^3$$

Kattik fazaning suspenziyadagi xajmiy konsentratsiyasi:

$$\varphi = \frac{0,833}{10 + 0,833} = 0,077$$

20°S da suvning kovushokligi $1 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ ga teng.

(1.15) va (1.15¹) – tenglamalardan suspenziyaning kovushokligini topamiz:

$$\mu_c = \mu(1 + 2,5\varphi) = 1(1 + 2,5 \cdot 0,077) = 1,19 \cdot 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$$

$$\mu_c = \mu \frac{0,59}{(0,77 - \varphi)^2} = \frac{1 \cdot 0,59}{(0,77 - 0,077)^2} = 1,23 \cdot 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$$

2.2. Anilinning tuyingan bugining 160°S dagi bosimi 390 mm. sim.ustuniga, atmosfera bosimidagi kaynash temperaturasi 184°S ga tengligi ma'lum. CHiziklilik koidasidan foydalanib uning 0,02 MPa xakikiy bosimga (0,08 MPa vakuum) mos keluvchi kaynash tempraturasini toping.

Echish. Etalon suyuqlik sifatida geksanni olib, diagrammadan uning ikki xil bosimdagi kaynash temperaturalarini aniklaymiz:

$$P_1 = 390 \text{ mm sim.ust.} \quad \theta_1 = 49,2^\circ \text{C}$$

$$P_2 = 760 \text{ mm sim.ust.} \quad \theta_2 = 69^\circ \text{C}$$

u xolda

$$K = \frac{t_{P_1} - t_{P_2}}{\theta_{P_1} - \theta_{P_2}} = 1,21$$

Geksanning 0,02 MPa yoki $0,2 \cdot 735 = 147 \text{ mm}$ simob ustunidagi kaynash temperaturasi $24,5^\circ\text{S}$ ga teng (diagrammadan olinadi).

$$\frac{160 - t}{49,2 - 24,5} = 1,21 \text{ yoki } t = 130,1^\circ \text{C}$$

Demak, geksanning 0,02 MPa bosimdagi kaynash temperaturasi $130,1^\circ\text{S}$ ga teng.

2.3. Babo koidasidan foydalanib 25 % li kalsiy xlor eritmasining $0,36 \text{ kgs/m}^2$ absalyut bosimdagi kaynash temperaturasini aniklang.

Echish. Jadvaldan 25% kalsiy xlorning $P_1' = 1,033 \text{ kZC} / \text{cm}^2$ atmosfera bosimidagi kaynash temperaturasi $107,5^\circ \text{S}$ ekanligini aniklaymiz. Bunday temperaturada suvning tuyingan bugining bosimi $P_c' = 1,345 \text{ kZC} / \text{cm}^2$ ga teng.

Eritma va suv buglarining $107,5^\circ \text{S}$ dagi bosimlari nisbati:

$$\left(\frac{P_1'}{P_c'} \right)_{107,5} = \frac{1,033}{1,345} = 0,77$$

Babo koidasiga asosan (1.24 tenglama) bu nisbatning kiymati eritmaning barcha kaynash temperaturalarida xam uzgarmaydi

$R_1 = 0,36 \text{ kgs/sm}^2$ bosim uchun

$$\left(\frac{P_1}{P_c} \right)_t = \frac{0,36}{P_c} = 0,77$$

bundan

$$P_c = \frac{0,36}{0,77} = 0,467 \text{ kZC} / \text{cm}^2 = 343 \text{ мм.с.и.м.уст.}$$

Bunday bosimda suv $79,2^\circ \text{S}$ da kaynaydi. Absolyut bosim $0,36 \text{ kgs/sm}^2$ bulganda 25 % kalsiy xlor xam $79,2^\circ \text{S}$ temperaturada kaynaydi.

3. Kontrol masalalar

3.1. Kuvurdan okayotgan bugning absolyut bosimi $0,6 \text{ MPa}$, tezligi 25 m/s . Uzunligi 50 m , diametri $108 \times 4 \text{ mm}$ pulat kuvurda ishtalashga yukotilgan bosimni toping. (Javob: $1,15 \cdot 10^4 \text{ Pa}$ ($e = 0,2 \text{ mm}$))

3.2. 150 m uzunlikdagi gorizontal kuvurdan $10 \text{ m}^3/\text{soat}$ suyulikni uzatish zarur. Yukotiladigan naporning ruxsat etiladigan kiymati 10 m . Ishkalanish koeffitsienti $\lambda = 0,03$ deb olib kuvurning diametrini aniklang. (Javob: 50 mm)

3.3. Uzunligi 90 m , diametri 100 mm bulgan kuvurdan 75°S va 2 kgs/sm^2 bosimli (manometr bo'yicha) uglerod ikki oksidi $30 \text{ kg/(m}^2\text{s)}$ massa tezligi bilan xarakatlanadi. Trubaning gadir-budirliги $e = 0,7 \text{ mm}$. Kuvurda 4 ta 90° burchakli kolenolar va zadviyka urnatilgan bulsa, uning gidravlik karshiligi kancha buladi. (Javob: $\Delta R = 3360 \text{ Pa}$)

3.4. Ulchamlari $15 \times 15 \times 2 \text{ mm}$ keramik xalkalardan xosil kilingan, balandligi 3 m bulgan kuruk nasadka katlamining gidravlik karshiligini aniklang. Nasadka orkali atmosfera bosimida 20°S li xavo $0,4 \text{ m/s}$ fiktiv tezlik bilan xarakatlanadi. (Javob: 354 Pa).

1. Asosiy tenglamalar

1. Kuvurlar va idishlar ichidagi absolyut (xakikiy) bosim:

a) idish ichida ortikcha bosim bulganda:

$$P_{abs} = P_0 + P_{ort} \quad (31.5)$$

b) idish ichida vakuum bulganda:

$$P_{abs} = P_0 - P_{vak} \quad (31.6)$$

bu tenglamalarda P_0 – atmosfera bosimi; P_{ort} – ortikcha bosim; P_{vak} – idish ichidagi vakuum.

2. Suyuklikning gidrostatik bosimi

$$P_r = \rho gh \quad (31.7)$$

bu erda $g=9,81 \text{ m}^2/\text{s}^2$ – erkin tushish tezlanishi; h – suyuklik satxi, m.

2. Masalalar echish

2.1. Bir yulli kojuxtrubali issiklik almashtirgichning trubalari ichidan (trubalar soni $n = 100$, tashki diametri 20 mm, devorining kalinaligi 2 mm) urtacha temperaturasi 50°C va manometr kursatayotgan bosimi 2 kg/cm^2 bulgan xavo 9 m/s tezlik bilan okib utadi. Barometrik bosimni 740 mm.sim.ust. deb olib kuyidagilarni aniklang: a) xavoning massa sarfini; b) ish sharoitidagi xajmiy sarfini; v) normal sharoitdagi xajmiy sarfini.

Echish. Xavoning normal sharoitdagi zichligi $1,293 \text{ kg/m}^3$ (jadvaldan olinadi yoki xisoblab topiladi).

Ishchi absolyut bosim:

$$P = P_{бар} + P_{ман} = 740 \cdot 133,3 + 98100 \cdot 2 = 294800 \text{ Па},$$

yoki $P = P_{бар} + P_{ман} = 740 + 735 \cdot 2 = 2210 \text{ mm sim.ust.}$

Xavoning ish sharoitdagi zichligi (1.3 - tenglama):

$$\rho = \rho_0 \frac{PT_0}{P_0T} = 1,293 \frac{294800 \cdot 273}{101300(273+50)} = 3,18 \text{ kg/m}^3,$$

Xavoning massa sarfi (2.2 va 2.3 tenglamalar):

$$G = V\rho = \omega f \rho = n\omega 0,785d^2 \cdot \rho = 100 \cdot 9 \cdot 0,785 \cdot 0,016^2 \cdot 3,18 = 0,57 \text{ kg/s},$$

Xavoning ish sharoitidagi xajmiy sarfi:

$$V = G / \rho = 0,57 / 3,18 = 0,18 \text{ m}^3/\text{s},$$

Xavoning normal sharoitdagi xajmiy sarfi:

$$V_0 = M / \rho_0 = 0,57 / 1,293 = 0,44 \text{ m}^3 / \text{c}$$

3. Kontrol masalalar

3.1. Kuritish minorasidagi vakuum zichligi 1800 kg/m^3 bulgan sulfat kislota bilan tuldirilgan U – simon difmanometr yordamida ulchanadi. Asbobning kursatishi 3 sm bulganda minoradagi absolyut bosim necha Pa buladi? Borometrik bosimni 750 mm sim.ust. deb oling.

(Javob: $0,995 \cdot 10^5 \text{ Pa}$)

3.2. Suyuklik tula kuvurda o'rnatilgan manometr $0,18 \text{ kgs/sm}^2$ ni kursatayapti. Trubaga urnatilgan ochik pezometrda suyuklik manometr ulangan joydan kancha balandlikka kutariladi, agar bu suyuklik: a) suv; b) Ccl_4 bulsa?

(Javob: a) 1,8m; b) 1,1m).

1.2. Diametri 20x2 mm bulgan 19 ta trubadan yasalgan sovitgichning trubalari ichiga 57x3,5 mm diametrli kuvurdan suv beriladi. Kuvurdagi suvning tezligi 1,4 m/s. Uskunada suv pastdan bulandga xarakatlanadi. Suvning sovitgich trubalari ichidagi tezligini toping. (Javob: 0,72 m/s).

Adabiyotlar

1. YUsupbekov N.R., Nurmuxamedov X.S., Zokirov S.G. «Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va kurilmalari», Toshkent SHark, 2003 y., adadi 500.
2. YUsupbekov N.R., Nurmuxamedov X.S. va b. «Kimyo va ozik- ovkat sanoatlari-ning jarayonlari va kurilmalari fanidan xisoblar va misollar », Toshkent Kimyo texnologiya inst., 1999 y., adadi 1000.
3. YUsupbekov N.R., Nurmuxamedov X.S. va b. «Kimyo va ozik- ovkat sanoatlarining asosiy jarayonlari va kurilmalarini xisoblash va loyixalash», Toshkent Kimyo texnologiya inst., 1999 y., adadi 900.
4. Kasatkin A.G «Основные процессы и аппараты химической технологии», 8izd, M, Ximya, 1971, 784s
5. Salimov Z, Tuychiev I. «Kimeviy texnologiya protsesslari va apparatlari» T, Ukituvchi, 1987, 408s

6. Pavlov K.F Romankov P.G «Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии», L, Химия . 1981 . 560s
« Основные процессы и аппараты химической технологии», пособие по проектированию
под ред. И. Дыгнерского, М . Химия, 1983 , 272s .
7. Salimov Z. « Кимевий texnologiyaning asosiy jaraenlari va kurilmalari» , 2 tom, T,
Uzbekiston, 1995.

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI

NAVOIY KON-METALLURGIYA KOMBINATI

NAVOIY DAVLAT KONCHILIK INSTITUTI

«Kimyoviy injiniring jarayonlari va qurilmalari»

fanidan amaliymashg‘ulotlarnibajarish bo‘yicha

uslubiy ko‘rsatma

532040- Kimyoviy texnologiya, 5311000 – Texnologikjarayonlarvaishlab
chiqarishniavtomatlashtirish
vaboshqarish (ishlabchiqarishturlaribo‘yicha)

Navoiy 2020

**Tuzuvchilar: t.f.d., prof.BaxronovHSH.,
XudoyberdievaN.SH.**

**Uslubiy qo‘llanma bakalavriatning «Kimyoviy texnologiya», hamda
Texnologik jarayonlar va ishlab chiqarishni avtomatlashtirish va boshqarish yo‘nalishi bu
yichata’lim olayotgan talabalarga muljallangan. Kimyoviy texnologiya ning jarayonlari
va uskunalari ni xisoblashda amaliy yordam kursatish kullanmaning asosiy maksadi
xisoblanadi.**

**Talabalarning ishlarini engillashtirish maksadida ma’lumot nomalar, jadvallar,
nomagrammalar va grafiklar keltirildi.**

**Uslubiy ko‘rsatma Navoiy davlat konchilik instituti o‘quv-uslubiy kengashi
tomonidan foydalanishga tavsiya kilingan.**

**Takrizchilar: NDKI, «Kimyoviy texnologiya” kafedrasi,
kafedra mudiri Vaboyev H.M.**

“Navoiyazot” AJ, 201-sex boshlig‘i Umarov D.

Kirish

Respublikamizning industrial rivojlanishida kimyo sanoatining ahamiyati bekiyosdir.

O'znavbatidakimesanoatiningrivoji,
 ishlabchikarilayotganmaxsulotningko'payishiyangiuskunalariniyaratish,
 ishlabchiqarishdaishlabturganuskunalarinitakomillashtirish,
 ishlabchikarilayotganmaxsulotningsifatiniyaxshilashbilanamalgaoshiriladi.
 Kimyoviyteknologiyazamonaviyuskunalarbilanta'minlanishikeraqJarayonlarvauskunalarini
 o'rganishda «Kimyoviy texnologiyajarayonvaqurilmalar» fanialohidaurintutadi. 5320400-
 «Kimyoviyteknologiya», hamda5311000-
 “Texnologikjarayonlarvaishlabchiqarishniavtomatlashtirishvaboshqarish
 (ishlabchiqarish turlaribo'yicha)”yo'nalishibakalavriatbo'yichata'lim olayotgan talabalar
 uchun o'zbektilidaamaliyotdarslarigaoiduslubiyko'rsatmalarzarur.
 Ushbu yo'nalishdata'limolayotganxar birtalabakimevametallurgiyasanoatidakullaniladiganj
 arayonturlarivaularniamalgaoshirishqurilmalariningtuzilishi, ishlashprinsipi,
 ularnixisoblashvaloyixalashasoslarinibilishlarishart.
 SHubilanbirgalikdashuqurilmalar nixisoblashyullarinikengrokurganishlariuzsoxasiningetuk
 mutaxassisibulibetishishigaimkoniyattugdiradi.

«Asosiyteknologikjarayonvaqurilmalar»

fanidanamaliymashg'ulotlargaoiduslubiykursatmayukoridagimaksadlargaerishishgayorda
 mberadi.

Ko'rsatma 3 bo'lim, asosiy tenglamalar, misollar,
 hamdakontrolmasalalarnio'zichigaoladi.

Talabalariningishlariniengillashtirishmaksadidama'lumotnomalar, jadvallarkeltirilgan.

1-mavzu. BUG‘LATISH (6 soat)

Birkorpuslibug‘latish

A. Hisoblash formulalarivaasosiybog‘liqliklar
 Bug‘latishjarayoniningmoddiybalanstenglamasi:

$$G_b = G_{ox} + W \quad (1.1)$$

$$G_b X_b = G_{ox} X_{ox} \quad (1.2)$$

buyerdag_b, G_{ox}-
 dastlabkierit maboshlang‘ichvabug‘latilganeritmaoxirgimassasarfiningqiymatlarikg/s; X_b,
 X_{ox}-eritmatarkibidagieriganmoddaningboshlang‘ichvaoxirgimassaulushlari; V-

bug‘latilgansuvningsarfi, kg/s[48];

$$V = Gb(1-Xb/Xox) \quad (1.3)$$

1.2.Bug‘latishapparatinigissiqlikbalanstenglamasi:

$$Q=Gbsb(tox-tb)+W(ii.b-sctox)+Qy \quad (1.4)$$

buyesdaQ-bug‘latishgasarflanadiganissiqlik, V_t ; sbvass-boshlang‘icheritmaningvasuvningsolishtirmaissiqliksig‘imlari, $D_j/(kgK)$; t_{bvatox} -eritmaningapparatgakirayotgandagiboshlang‘ichvaundanchiqayotgandagioxirgitemperatur alari, °C; ii.b.-ikkilamchibug‘entalpiyasi, D_j/kg ; Q_y -atrofmuhitgayo‘qotilganissiqlik, (uningqiymatiniumumiyissiqlikning 3 - 5 % gatengdebolishmumkin), V_t .

Bug‘latishapparatidagisituvchibug‘ningsarfi:

$$Gb=Q/ribx \quad (1.5)$$

yokisolishtirmasarfi

$$d=Gib/w \quad (1.6)$$

buyedarib- isituvchibug‘kondensatsiyalanishiningsolishtirmaissiqligi, J/kg ; x- isituvchibug‘ningquruqlikdarajasi.

1.4.Birkorpuslibug‘latishapparatinigtemperaturarejimi.

Temperaturavabosimlarniquyidagichabelgilabolarimiz:

Barometrikkondensatordato, P_o

Separatordat1, P_1

Separatordaeritmaqaynashtox, P_1

Trubaichidagiqaynashtqay, P_o ‘r

Isituvchibug‘ti.b, . $P_i.b$.

Temperaturalarnisbatiti.b> t_{kay} > t_{ox} > t_1 > t_o

$$t_1 = t_o + \Delta t_{gd}; \quad P_1 = P_o + \Delta P_{gd} \quad (1.7)$$

buyesda Δt_{gd} -gidravlikdepressiya,

ya’niikkilamchibug‘quvuridagigidravlikqarshiliktufayliseparator-kondensatororalig‘idaikkilamchibug‘temperaturasiningo‘zgarishi.

$$\Delta t_{gd} = t_1 - t_o \quad (1.8)$$

Gidravlikdepressiyaningqiymatini 0,5 - 1,5 Kdebolishmumkin.

Eritmabug‘latishapparatidanseparatordagiqaynashtemperaturasidachiqadivauquyidagigate ngbo‘ladi:

$$t_{ox} = t_1 + \Delta t_{dep} \quad (1.9)$$

buyesda Δt_{dep} -temperaturadepressiyasi, ya’nieritmaningqaynashttemperatura-

siningtozaerituvchi (suv) qaynashtemperaturasiganisbatanoshishi (birxilbosimdagi):

$$\Delta t_{dep} = (t_{er} - t_s) r \quad (1.10)$$

Uzlüksizishlaydigan bug‘latish apparati uchun Δt_{dep} eritmaning oxirgi (apparatdanchiqayotgandagi) konsentratsiyasi uchun olinadi.

Eritmaning qaynashtemperaturasini ma'lumotnomalardan topishning ilojibo'lmasa quyidagi ikki usul yordamida hisoblash mumkin.

1-usul. Agar eritmaning ixtiyoriy ikki bosimdagi qaynashtemperaturasini ma'lum bo'lsa, quyidagi tenglamadan foydalanish mumkin:

$$(\lg R_{A1} - \lg R_{A2}) / (\lg P_{V1} - \lg P_{V2}) = C \quad (1.11)$$

bu yerda R_{A1} va R_{V1} -

ikkita suyuqlikning bir xil t_1 temperaturadagi to'yingan bug'larining bosimlari; R_{A2} va R_{V2} - shu suyuqliklarning t_2 temperaturadagi to'yingan bug'larining bosimlari; S - o'zgarmasson. Shu suyuqlikning qaynashtemperaturasini chiziqlilik qoidasidan foydalanib ham topish mumkin:

$$(t_{R1} - t_{R2}) / (\Theta_{R1} - \Theta_{R2}) = K \quad (1.12)$$

bu yerda t_{R1} va t_{R2} - eritmaning R_1 va R_2 bosimlardagi qaynashtemperaturalari; Θ_{R1} va Θ_{R2} - etalon suyuqlikning (odatdageksan olinadi) shu bosimlardagi qaynashtemperaturalari.

2-usul.

Agar suyuqlikning bir bosimdagi qaynashtemperaturasini ma'lum bo'lsa, Baboqoidasidan foydalanib boshqa bosimdagi qaynashtemperaturasini aniqlash mumkin:

$$(R/R_0)^t = \text{const} \quad (1.13)$$

Eritmaning trubalar ichidagi o'rtacha qaynashtemperaturasini:

$$t_{qay} = t_{ox} + \Delta t_{g.e.} \quad (1.14)$$

bu yerda $\Delta t_{g.e.}$ - gidrostatik depressiya, ya'ni suyuqlik qaynashtemperaturasining, uning sathigidrostatik bosimni tufayli o'rtishi (gidrostatik effekt).

Bug'latish apparati trubalarining turlibalandligida qaynashtemperaturasini turlicha bo'ladi.

Odatda o'rtacha qaynashtemperaturasini gidrostatik bosimni hisobga olgan holda trubaning o'rtaq sathiga olinadi. Bu qismdagi o'rtacha bosim:

$$R_y = R_1 + 0,5 p_{eg} N_s = R_1 + \Delta R_{g.e.} \quad (1.15)$$

bu yerda $\Delta R_{g.e.}$ - suyuqlik bosimining sath $N_s/2$

chuqurligida uning sirtidagi qiymatiga nisbatan o'rtishi, Pa; p_e - eritmazichligi, kg / m³; N_s - eritmasathi, m.

Tabiiy sirkulyasiyalibug'latish apparatlari uchun bir fazali suyuqlikning optimal sathi:

$$N_{opt} = [0,26 + 0,0014(p_e - p_s)] N_{tr} \quad (1.16)$$

buyerdaps-suvningtqaytemperaturasidagizichligi, kg/m³: Ntr-trubaningbalandligi, m.
Gidrostatikdepressiya

$$\Delta t_{g.e.} = t_y - t_1 \quad (1.17)$$

Eritmaqaynashiningo'rtachatemperaturasi:

$$T_{qay.} = t_{ox} + \Delta t_{g.e.} = t_o + \Sigma \Delta t_y \quad (1.18)$$

Yo'qotilgatemperaturaningyig'indisi:

$$\Sigma \Delta t_y = \Delta t_{g.s.} + \Delta t_{dep.} + \Delta t_{g.e.} \quad (1.19)$$

Temperaturalarningumumiyvafoydalifarqlari:

$$\Delta t_{um} = t_{i.b.} - t_o. \quad (1.20)$$

$$\Delta t_f = t_{i.b.} - t_{kay.} = \Delta t_{um} - \Sigma \Delta t_y \quad (1.21)$$

Bug'latishapparatiningsitishsirtiyuzasi:

$$F = Q / K \Delta t_f \quad (1.22)$$

B. Misollar

1.1-misol. NaOH ningboshlang'ich (xomashyo) eritmasitarkibida 79 g/l suvbor.

Bug'latilganeritmaning 30 oC dagizichligi 1,555 g/sm³. Bueritmaningkonsentratsiyasi 840 g/lbo'lganigato'g'rikeladi.

Itboshlang'icheritmabug'latilgandaqanchasuvajralibchiqishinianiqlang.

Yechish: Eritganmoddaningboshlang'ichvaoxirgieritmalaridagimassaulushlari:

$$X = 79 / (100 + 79) = 0,0733$$

$$X_{ox} = 840 / 1555 = 0,54$$

Bug'latilgansuvmiqdori

$$W = G_b (1 - X_b / X_{ox}) = 1000 (1 - 0,0733 / 0,54) = 865 \text{ kg}$$

1.2-misol. Chiziqlilikqoidasidanfoydalanibanilinning 0,8 kg / cm^3 vakuumdagi ($P = 0,02$ MPa) qaynashtemperaturasinianiqlang. Anilinto'yinganbug'ining 160 °C dagibosimi 390 mmsim. ust. vaatmosferabosimidagiqaynashtemperaturasi 184 °C ekanligima'lum.

Yechish: Etalonsuyuqliksifatidageksanniolib, diagrammadanuning 2 xilbosimdagiqaynashtemperaturalarinitopamiz:

$$R_1 = 390 \text{ mmsim. ust. } \Delta \theta = 49,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$R1=760 \text{ mmsim. ust. da } \theta=69^\circ\text{C}$$

Uholda

$$K=(tP1-tP2)/(\theta P1-\theta P2)=160-184/49,2-69=1,21$$

Geksanning 0,02 MPayoki 0,2735=147 mmsim.ust. dagiqaynashtemperaturasini 24,5 °C gateng [13].

$$(160-t)/(49,2-24,5)=1,21 \quad \text{yokit}=130,1^\circ\text{C}$$

Demak, geksanning 0,02 MPabosimdagiqaynashtemperaturasini 130,1 °Cgateng.

1.3-misol.Baboqoidasidanfoydalanib 25 foizlikalsiyyxlorigitmasining 0,36 kgs/sm² absolyutbosimdagiqaynashtemperaturasini aniqlang.

Yechish.Jadvaldan 25% kalsiyyxloriging $P1=1,033$

kgs/sm²atmosferabosimdagiqaynashtemperaturasini 107,5 °C ekanligini aniqlaymiz.

Bundaytemperaturadasuvningto'yinganbug'iningbosimi $P_s=1,345$ kgs/sm²gateng.

Eritmavasuvbug'larining 107,5 °C dagibosimlarinisbatini:

$$(P1/P_c)=1,033/1,345=0,77$$

Baboqoidasigaasosanbunisbatningqiymatieritmaningbarchaqaynashtemperaturalaridahamo 'zgarmaydi.

$$R1=0,36 \text{ kgs/sm}^2\text{bosimuchun}$$

$$(P1/P_c)=0,36/ P_c =0,77$$

$$\text{bundan } P_c=0,36/0,77=0,467 \text{ kgk/sm}^2$$

Bundaybosimdasuv 79,2 °C daqaynaydi. Absolyutbosim 0,36 kgk/sm²bo'lganda 25 % kalsiyyxlorigam 79,2 °C temperaturadaqaynaydi [13].

Uxolda

$$\Delta t_{\text{dep}}=t-t_c=79,2-72,9=6,3^\circ\text{C}$$

V. Nazoratmasalalar

1.1.Atmosferabosimidava 0,8 kgk/sm²

vakuumdadasuvnibug'latishuchunzarurisituvchibug'ningsolishtirmasarfini aniqlang.

Isituvchibug'ningabsolyutbosim 0,2 MPa. Suvbug'latishga: a) 15°C ga; b)

qaynashtemperaturasidakiritiladi. (Javoblar: I. a) 1,184 kg/kg; b) 1,023 kg/kg;

II. a) 1,152 kg/kg; b) 1,067 kg/kg).

1.2.1500 kgkalsiyyxlorigitmasikonsentratsiyasini 8 foizdan 30 foiz (massa)

gachaoshirishdaqanchadasuvnibug'latishkerak. (Javob: 1100 kg).

1.3.Baboqoidasidanvajadvaldanfoydalanib 42,5 foizli NH₄NO₃ eritmasining $R_{\text{abs}}=0,04$ mPabosimdagiqaynashtemperaturasini aniqlang. (Javob: 81,5 °C).

1.4.Vakuumbug'latishapparatiga 10 t/soat 8 foizli NH₄NO₃ eritmasini 74 °C dakiritiladiva

42,5 foizgachabug‘latiladi. Qaynayotganeritmaningo‘rtasathidagiabsolyutbosim 0,04 mPa. To‘yinganisituvchibug‘ningortiqchabosimi 0,1 mPa. Quyidagilarqabulqilinadi: $t_{g.e}=6,1$ K; $K=950Vt/(m^2K)$; $Q_i=3$ foiz. Bug‘latishapparatiningissiqlikalmashinishyuzasinitoping. (Javob: 149 m²).

1.5.Oldingimasalashartidagikattaliklaruchuntgs=1Kdebolibbarometrikcondensatordagiabsolyutbosimnianiqlang. (Javob: 31,7kPa).

1.6.Bug‘latishapparatidagieritmaustidagivakuum 0,7 kgk/sm².

Bug‘latishgaberilayotgansuvlieritmaningboshlang‘ichkonsentratsiyasi 12 foiz (massa).

Barometrikcondensatorga 12 °C li 38,6 m³/soatsuvberiladi.

Bug‘quvurininggidravlikqarshiligitemperatradepressiyasinihisobgaolmaganxoldasovitu vchisuvningcondensatordanchiqayotgandagitemperaturasinitoping(Javob: 35 °C).

1.7.Issituvchibug‘ningortiqchabosimi 0,23 mPa, condensatordagiqoldiqbosim 147 mmsim. ust. bo‘lgandako‘pkorpuslibug‘latishqurilmasidanechtakorpusbo‘lishimumkin.

Barchakorpuslardagitemperaturalaryo‘qotilishiningyig‘indisini $\Sigma t_y=41$ Kdeboling.

Harbirkorpusdatemperaturalarningfoydalifarqi 8 Kdankambo‘lmasligikerak. (Javob: 4 takorpus).

5.2. Birkorpuslibug‘latishqurilmasininghisobi

Topshiriq.Kalsiyxloreritmasini 15 foizdan 25

foizgachabug‘latishimkoniniberadiganbug‘latishapparatiningisitishyuzasinivaisituvchisuvbug‘isarfinianiqlang. Boshlang‘icheritmabo‘yichaunumdorlik 20 000 kg/soat, isituvchibug‘bosimi (absolyut) 1,4 km/sm², bug‘ningnamligi 5 %.

Borometrikcondensatordagiabsalyutbosim $P_o=0,345$ kgk/sm².

Boshlang‘icheritmauskunagatb=75°C dakiradi. Issiqliko‘tkazishkoeffitsientini 1000 $Vt/(m^2K)$, yo‘qotilganissiqlikni 5 % deboling.

Yechish:1. Temperaturarejimi

Ikkilamchibug‘ningseparatordagibosimi ($\Delta t_{gs}=1$ Kdebolamiz)

$$t_1 = t_0 + \Delta t_{g.s} = 71,7 + 1 = 72,7 \text{ °C}$$

buyerdato=71,7 °C to‘yingansuvbug‘ining $R_o=0,345$ kgk/sm² dagitemperaturasi.

Eritmaningoxirgi (separatordagiqaynash) temperaturasi:

$$t_{ox} = t_1 + \Delta P_{ben} = 72,7 + 6,3 = 79 \text{ °C}$$

Eritmaningtrubalarichidagio‘rtachaqaynashtemperaturasi

$$t_{aa} = t_{ox} + \Delta P_{g.e} = 79 + 8,2 = 87,2 \text{ °C}$$

Bug‘latilgansuvningmiqdori:

$$W = G_b(1 - X_b/X_{ox}) = 20000/3600(1 - 15/25) = 2,22 \text{ kg/s}$$

Issiqlikmiqdori

$$Q = G_{bcb}(t_{ox} - t_b) + W(i_2 - C_{ctox}) + Q_y = 1,05[C_{bsb}(t_{ox} - t_b) + W(i_2 - C_{ctox})] = 1,05[(20000/3600)3560(79 - 75) + 2.22(2496 \cdot 103 - 4190 \cdot 79)] = 5,12 \cdot 10^6 \text{ Vm}$$

$buyerdas_b = 4190(1 - X_b) = 4190(1 - 0,15) = 3560 \text{ J/(kgK)}$ -
 boshlang'icheritmaningsolishtirmaissiqliksig'imi; $i_2 = 2496 \text{ Dj/kg}$ -
 ikkilamchibug'ning $t_1 = 72,7^\circ \text{C}$ dagisolishtirmaentalpiyasi; $S_s = 4190 \text{ J/(kgK)}$ -
 suvningolishtirmaissiqliksig'imi.
 Isituvchibug'ningsarfi:

$$G_{u.b.} = Q / (r_{ub} X_{ub}) = 5,12 \cdot 10^6 / (2237 \cdot 103 \cdot 0,95) = 2,4 \text{ kg/s}$$

$buyerdari.b = 2237 \cdot 103 \text{ Dj/kg}$ isituvchibug'ning $1,4 \text{ kg/sm}^2$
 dagikondensatsiyalanishningsolishtirmaissiqligi (jadvaldanolinadi).

7. Temperaturalarining umumiy va foydalifarlari

$$\Delta t_{um} = t_{u.b.} - t_0 = 108,7 - 71,7 = 37^\circ \text{C} = 37 \text{ K}$$

$$\Delta t_f = t_{u.b.} - t_{kay} = 108,7 - 87,2 = 21,5^\circ \text{C} = 21,5 \text{ K}$$

$buyerdari.b = 108,7^\circ \text{C}$ to'yinganbug'ning $R_{abs} = 0,14 \text{ MPa}$ bosimdagitemperaturasi.
 Tekshiribko'ramiz:

$$\sum t_y = \Delta t_{g.s.} + \Delta t_{den} + \Delta t_{g.e.} = 1 + 6,3 + 8,2 = 15,5^\circ \text{C}$$

$$\Delta t_f = t_{um} - \sum \Delta t_y = 37 - 15,5 = 21,5^\circ \text{C} = 21,5 \text{ K}$$

Bug'latish apparatining issiqlik mashinasi yuzasi

$$F = Q / (K \cdot \Delta t) = 5,12 \cdot 10^6 / (1000 \cdot 21,5) = 238,1 \text{ m}^2$$

4-mavzu. Ko'p korpusli bug'latish (6 soat)

A. Hisoblash formulalarivaasosiy bog'liqliklar

3.1. Ko'p korpusli bug'latish qurilmalari uchun Δt_{um} -
 birinchi korpus gaberilayotgan isituvchibug'va oxirgi korpusdanchiqayotgan ikkilamchibug'ni
 ng kondensatsiyalanish temperaturalariorasidagifارق;
 Δt_y sabarcha korpuslardagitemperaturalar yo'qotilishining yig'indisi.
 Kondensator gaberiladigan suvning miqdori issiqlik bilan tenglamasidan topiladi [48]:

$$G_s = W(i'' - i') / [s_c(t_{c.ox} - t_{s.b})] \quad (3.1)$$

$buyerdai''$ - ikkilamchibug'ning solishtirmaentalniyasi, Dj/kg ; i' -
 kondensator danchiqayotgan kondensatning solishtirmaentalpiyasi, Dj/kg ; s_s -
 suvning solishtirmaissiqliksig'imi, $Dj/(kgK)$; $t_{s.b}$ va $t_{c.ox}$ -
 suvning boshlang'ich va oxirgi temperaturalar, $^\circ \text{C}$.

3.2. Barometrik kondensatorlar uchun (1) tenglamani quyidagicha yozish mumkin:

$$G_s = W(i_{11} - s_{t.c.ox}) / [s(t_{c.ox} - t_{s.b})] \quad (3.2)$$

3.3. Vakuum- nasos yordamida kondensator dano's ribolinadigan havoning miqdori:

$$G_x = 0,000025(W + G_s) + 0,01W \quad (3.3)$$

3.4. Barometrik trubaning balandligi vakuumning qiymatiga bog'liq bo'lib quyidagi tenglamalardan topiladi:

$$N = N_0 + N_{g.s.} + 0,5 \quad (3.4)$$

$$\text{buyerdan } N_0 = 10,33b/760$$

$$N_{g.s.} = (w^2/2g)/(1 + \lambda H/d + 1,5)$$

butenglamalarda b - kondensator dagi bosim, mm sim. ust; w - trubada gisuvning tezligi, m/s; λ - ishqalanish koeffitsienti; d - trubaning diametri, m.

5.4. Uch korpusli bug'latish qurilmasini hisoblash usuli

Topshiriq. NaNO_3 ning 12 foiz leri tmasini 5

t/soat sarfdak konsentratsiyalash uchun uch korpusli tabiiy sirkulyasiya qurilmasini hisoblab chiqilsin. Eritmaning oxirgi konsentratsiyasi 40 % (mass.).

Bug'latish qurilmasida qaynashtemperatura siigan eritma bug'latish uchun uzatiladi.

To'yingan isituvchi suv bug'ining absolyut bosimi 4 kg/sm². Isituvchi trubalar uzunligi 4 m.

Barometrik kondensator dagi vakuum 0,8 kg/sm² gateng.

Yechish. 1. Uchala qurilmada bug'lanayotgan erituvchining umumiy miqdori:

$$w = G \cdot (1 - X_{\text{bosh}}/X_{\text{ox}}) = 5000/3600 \cdot (1 - 12/40) = 3500 \text{ kg/ch} = 0,97 \text{ kg/s}$$

2. Har bir korpusga yuklamani taksimlash.

Nazariy tahlil va sanoat dagi ko'pyillik natijalar asosida, har bir korpusdagi ikkilamchi bug'ning miqdorini aniqlaymiz.

$$W_1 : W_2 : W_3 = 1,0 : 1,1 : 1,2$$

Har bir korpusdagi hosil bo'lgan ikkilamchi bug' miqdorini topamiz:

$$\text{1-korpusda} \quad W_1 = 3500 \cdot 1/3600 \cdot (1 + 1,1 + 1,2) = 0,295 \text{ kg/s}$$

$$\text{2-korpusda} \quad W_2 = 3500 \cdot 1,1/3600 \cdot (1 + 1,1 + 1,2) = 0,324 \text{ kg/s}$$

$$\text{3-korpusda} \quad W_3 = 3500 \cdot 1,2/3600 \cdot (1 + 1,1 + 1,2) = 0,351 \text{ kg/s}$$

$$\text{Jami: } W = 0,97 \text{ kg/s}$$

3. Korpuslar bo'yicha eritmaning konsentratsiyasini hisoblash eritmaning boshlang'ich konsentratsiyasi X_{bosh} . Birinchi korpusdan ikkinchisigaki rayotgan eritmaning miqdori:

$$G1=G_{bosh}-W1=5000/3600-0,295=1,09 \text{ kg/s}$$

konsentratsiyaesa,

$$x1=G_{bosh} \cdot X_{bosh} / G_{bosh} \cdot X_{bosh}-1,39 \cdot 12/1,39-0,295=15,2 \%$$

Ikkinchikorpusdanuchinchisigakirayotganeritmamiqdori:

$$G2=G_{bosh}-W1-W2=1,39-0,295-0,324=0,77 \text{ kg/s}$$

konsentratsiyasiesa,

$$x1=G_{bosh} \cdot X_{bosh} / G_{bosh}-X_{bosh}-1,39 \cdot 12/1,39-0,295=15,2\%$$

Uchinchikorpusdanchiqayotganeritmamiqdori,

$$G2=G_{bosh}-W1-W2=1,39-0,295-0,324=0,77 \text{ kg/s}$$

$$\text{konsentratsiyasiesa, } x2=1,39 \cdot 12/0,77=21,6\%$$

Korpuslarbo'yichaisituvchibug'bosiminingtaqsimlanishi.

Birinchikorpusvabarometrik kondensatorlardagiisituvchibug'bosimlariningfarqi.

$$\Delta P=4,0-0,2=3,8 \text{ kgk/sm}^2$$

Dastlab, ushbubosimlarfarqinikorpuslaro'rtasidabarobartaksimlaymiz, ya'ni

$$\Delta P=3,8/3=1,27 \text{ kgk/sm}^2$$

Bunda, korpuslardagiabsolyutbosimquyidagichabo'ladi.

$$r3 =0,2 \text{ kgk/sm}^2 \text{ (berilgan)}$$

$$r2 =0,2+1,27=1,47 \text{ kgk/sm}^2$$

$$r1=1,47+1,27=2,74 \text{ kgk/sm}^2$$

Isituvchibug'bosimi:

$$P=2,74+1,27 \approx 4 \text{ kgk/sm}^2$$

Jadvallardan,

korpuslardaqabulqilinganbosimlaruchunsuvningto'yinganbug'itemperaturalarivasolishtirmabug'hosilqilishissiqliklarinitopamiz.

Korpuslar	Tuyinganbug'temperaturasi, oC	Solishtirmabug'hosilqilishissiqligi
1-korpusda	129,4	2179
2-korpusda	110,1	2234
3-korpusda	59,7	2357
Isituvchibug'	148	2241

Ushbu temperaturalar,
 korpuslar bo'yicha ikkilamchi bug'larning kondensatsiya temperaturalarini beradi.
 5. Korpuslar buyicha temperaturaning pasayishini hisoblash.
 A) temperaturada depressiya.

Korpuslar	NaNO ₃ konsentrlangan	Qaynashtemperaturasi, oC	Depressiya oC yoki K
1-korpusda	15,2	102	2,0
2-korpusda	21,6	103	3,0
3-korpusda	40,0	107	7,0

Uch korpus bo'yicha depressiya

$$\Delta t_{denp} = 2 + 3 + 7 = 12 \text{ oC}$$

B) gidrostatik effekt depressiyasi 20 °C temperaturada NaNO₃ eritmasining zichligi tanlanadi:

NaNO ₃ konsentratsiyasi, foizda	15,2	21,6	40,0
Zichlik, kg/m ³	1098	1156	1317

Eritmani trubalar ichida qaynash holatida hisob-kitoblarni amalga oshiramiz.

I korpusda

$$N_{opt} = [0,26 + 0,0014(p_{er} - p_s)]^4 = [0,26 + 0,0014(1098 - 1000)]^4 = 1,589 \text{ m}$$

$$p_{o'r} = R + 0,5 \cdot R_h \cdot g \cdot H_{opt} = 2,74 + (0,5 \cdot 1098 \cdot 9,81 \cdot 1,589) / (9,81 \cdot 104) = 2,827 \text{ kgk/sm}^2$$

$$r_1 = 2,74 \text{ kgk/sm}^2 \text{ da } t_{qay} = 129,4 \text{ oC va } p_{o'r} = 2,827 \text{ kgk/sm}^2 \text{ da } t_{qay} = 130,6 \text{ oC}$$

$$\Delta t_{g.ef} = 130,6 - 129,4 = 1,2 \text{ oC} = 1,2 \text{ K}$$

II korpusda

$$N_{opt} = [0,26 + 0,0014(1156 - 1000)]^4 = 1,91 \text{ m}$$

$$p_{o'r} = 1,47 + (0,5 \cdot 1156 \cdot 9,81 \cdot 1,91) / (9,81 \cdot 104) = 1,58 \text{ kgk/sm}^2$$

$$r_1 = 1,47 \text{ kgk/sm}^2 \text{ da } t_{qay} = 110,1 \text{ oC va } p_{o'r} = 1,58 \text{ kgk/sm}^2 \text{ da } t_{qay} = 112,3 \text{ oC}$$

$$\Delta t_{g.ef} = 112,3 - 110,1 = 2,2 \text{ oC} = 2,2 \text{ K}$$

III korpusda

$$N_{opt} = [0,26 + 0,0014(1317 - 1000)]^4 = 2,81 \text{ m}$$

$$p_{o'r} = 0,2 + (0,5 \cdot 1317 \cdot 9,81 \cdot 2,81) / (9,81 \cdot 104) = 0,385 \text{ kgk/sm}^2$$

$$r_1 = 0,385 \text{ kgk/sm}^2 \text{ da } t_{qay} = 74,39 \text{ oC va } p_{o'r} = 0,2 \text{ kgk/sm}^2 \text{ da } t_{qay} = 59,7 \text{ oC}$$

$$\Delta t_{g.ef} = 74,39 - 59,7 = 14,69 \text{ oC} = 14,69 \text{ K}$$

$$\text{Jami } \Sigma \Delta t_{g.ef} = 1,2 + 2,2 + 14,69 = 18,09 \text{ } ^\circ\text{C} = 18,09 \text{ K}$$

Gidravlik qarshilik depressiyasi. Har bir korpus oralig'ida temperaturalar pasayishini 1 K deb qabul qilamiz. Oraliqlar hammasi bo'lib 3 ta (I-II, II-III, III -kondensator). Demak,

$$\Delta t_{g.q.} = 1 \cdot 3 = 3 \text{ K}$$

Butun qurilma uchun temperaturalar yo'qotilishining yig'indisi:

$$\Sigma \Delta t_{yo'q} = 12 + 18,09 + 3 = 33,1 \text{ K}$$

6. Foydalite temperaturalarining farqi.

Umumiy temperaturalar farqi: $143 - 59,7 = 83,3 \text{ } ^\circ\text{C} = 83,3 \text{ K}$.

Demak temperaturalarining foydali farqi

$$\Delta t_f = 83,3 - 33,09 = 50,21 \text{ K}$$

7. Korpuslarda qaynash temperaturasini topamiz:

3-korpusda	$t_3 = 59,7 + 1 + 7 + 14,69 = 82,4 \text{ } ^\circ\text{C}$
2-korpusda	$t_2 = 110,1 + 1 + 3 + 2,2 = 116,3 \text{ } ^\circ\text{C}$
1-korpusda	$t_1 = 129,4 + 1 + 2 + 1,2 = 133,6 \text{ } ^\circ\text{C}$

8. Korpuslarda issiqlik o'tkazish koeffitsientini hisoblaymiz.

Qurilmadagi eritmalarning konsentratsiyasi va qaynash temperaturasiga qarab maxsus adabiyotlarga qarab eritmaning fizik xossalari (zichlik, qovushoqlik, issiqlik o'tkazuvchanlik, issiqlik sig'imi va shu kabilar) aniqlanadi. Isitish trubalarining turiga qarab qabul qilinadi. So'ngra kondensatsiyalanayotgan bug' va qaynayotgan eritma uchun tegishli kriterial tenglamalar yordamida issiqlik berish koeffitsientlaridan issiqlik o'tkazish koeffitsienti topiladi.

Hisoblash paytida trubalarda qaynash natijasida hosil bo'lgan qoplama qalinligini ($\sigma = 0,5$) hisobga olish kerak.

Dastlabki hisoblar asosida quyidagi qiymatlarni qabul qilamiz:

I korpusda	$K_1 = 100 \text{ Wt/m}^2 \cdot \text{K}$
II korpusda	$K_2 = 990 \text{ Wt/m}^2 \cdot \text{K}$
III korpusda	$K_2 = 580 \text{ Wt/m}^2 \cdot \text{K}$

Tuzning suvli erimalarini bug'latish jarayonida korpuslar bo'yicha issiqlik o'tkazish koeffitsientlarining taxminiy nisbati quyidagicha

$$K_1 : K_2 : K_3 = 1 : 0,58 : 0,34$$

9. Korpuslar bo'yicha issiqlik balans tenglamalarini tuzamiz.

Taxminiy hisoblashlarni soddalashtirish maqsadida issiqlik balanslarni issiqlik

yo‘qotilishini hisobga olmagan holda tuzamiz va bir korpusdan ikkinchisiga eritma o‘rtacha qaynash temperaturasida o‘tadi deb qabul qilamiz.

Shartga binoan I korpusga eritmani qaynash temperaturasiga qizdirilgan holda uzatiladi.

I korpusda issiqlik sarfining miqdori

$$Q_1 = W_1 r_1 = 0,295 \cdot 2179 \cdot 103 = 643000 \text{ Vt}$$

II Ikkinchi korpusga eritma o‘ta qizdirilgan holda beriladi va unda issiqlik sarfining miqdori

$$Q_2 = W_2 r_2 - G_1 \cdot c_1 (t_1 - t_2) = 0,324 \cdot 2234 \cdot 103 - 1,09 \cdot 4190 \cdot 0,848 (133,6 - 116,3) = 657000 \text{ Vt}$$

Birinchi korpusdan chiqayotgan ikkilamchi bug‘ beradigan issiqlik miqdori $W_1 r_1 = 643000 \text{ Vt}$. Issiqlik kirishi va sarf bo‘lishining farqi 1 % ga teng.

III korpusda issiqlik miqdorining sarfi

$$Q_3 = W_3 r_3 - G_2 \cdot c_2 (t_2 - t_3) = 0,351 \cdot 2357 \cdot 103 - 0,77 \cdot 4190 \cdot 0,784 (116,3 - 82,7) = 743000 \text{ Vt}$$

10. Birinchi korpusda isituvchi bug‘ sarfi

$$G_{i.b} = 643000 / 2141 \cdot 103 = 0,3 \text{ kg/s}$$

Bug‘ ning solishtirmas sarfi

$$d = G_{i.b} / W = 0,3 / 0,97 = 0,31 \text{ kg/kg}$$

11. Foydalitemperaturalar farqining korpuslar bo‘yicha taqsimlanishi.

Buni ikki sulyordamida ishlash mumkin,

hamma eritmalarning isitish yuzasini bir xil bo‘lgan sharoitdava umumiy isitish yuzasi eng kam bo‘lgan sharoitlarga topish mumkin, ya‘ni proporsionallik shartiga ko‘ra Q/K gava $(Q/K)_{0,5}$ ga teng.

Proporsionallik faktorlarini topamiz.

Nisbat $Q/K \quad (Q/K) \cdot 103$

I korpus	$643000 / 1700 = 378$	615
II korpus	$657000 / 990 = 664$	815
III korpus	$743000 / 580 = 1280$	1131
$\Sigma Q/K = 2322$	$\Sigma = (Q/K) \cdot 103$	

Korpuslar bo‘yicha foydalitemperaturalar farqi:

Korpuslarning isitish yuzasini bir xil variant	Umumiy isitish yuzasi eng kam variant
$\Delta t_1 = 50,21 \cdot 378 / 2322 = 8,174$	$\Delta t_1 = 50,21 \cdot 615 / 2561 = 12,057$
$\Delta t_2 = 50,21 \cdot 664 / 2322 = 14,358$	$\Delta t_2 = 50,21 \cdot 815 / 2561 = 15,978$
$\Delta t_3 = 50,21 \cdot 1280 / 2322 = 27,682$	$\Delta t_3 = 50,21 \cdot 1131 / 2561 = 22,174$

$\Sigma \Delta t_f = 50,21 \text{ K}$	$\Sigma \Delta t_f = 50,21 \text{ K}$

12. Harbirkorpusning isitish yuzasi

Korpuslarning isitish yuzasi bir xil variant	Umumiy isitish yuzasi
$\Delta t_1 = 643000 / 1700 \cdot 8,14 = 46,27$	$\Delta t_1 = 643000 / 1700 \cdot 12,057 = 31,37$
$\Delta t_2 = 657000 / 990 \cdot 14,358 = 46,22$	$\Delta t_2 = 657000 / 990 \cdot 15,978 = 41,53$
$\Delta t_3 = 743000 / 580 \cdot 27,682 = 46,28$	$\Delta t_3 = 743000 / 580 \cdot 22,174 = 57,77$
$\Sigma F = 138,8 \text{ m}^2$	$\Sigma F = 130,7 \text{ m}^2$

Demak korpuslarning bir xil issiqlik almashinish yuzalari bo'lganda, umumiy isitish yuzasi 6 % ga ko'p. Shuning uchun korpuslarning bir xil variant isitish yuzasi qabul qilinadi, chunki bu variant qurilmalarning bir xil ligini ta'minlaydi.

Korpuslar bo'yicha bosim va ikkilamchi bug' temperaturasi tekshiramiz:

Korpus	Qaynashtemperatura si, °C $t_{qay} = t_i \cdot b - \Delta t_f$	Ikkilamchi bug'ning kondensatsiya lanishtemperat urasi, °C $t_0 = t_{qay} - \Sigma \Delta t_y$	Bosim, Rabs, kgk/sm ²
I	$143,0 - 10,1 = 132,9$	$132,9 - 3,59 = 129,3$	2,7
II	$129,3 - 17,6 = 111,7$	$111,7 - 4,96 = 106,7$	1,31
III	$106,7 - 33,4 = 73,3$	$73,3 - 13,32 = 60$	0,2

Shundan so'ng atrof muhitga issiqlik yo'qotilishini va temperatura, bosimlarning korpuslar bo'yicha taqsimlanishining biroz o'zgarganligini hisobga olib, korpuslarning isitish yuzalarini topilgan tufayli qurilmaning aniq hisobio'tkaziladi.

Mavzu:

Massa almashinish jarayonlari. Massa almashinish turlari (6 soat)

Asosiy tenglamalar

1. Ikki komponentli fazalar tarkibi 4.1-jadvalda keltirilgan konsentratsiyalar yordamida ifodalanadi.

4.1-jadval

Konsentratsiya	A komponent konsentratsiyasining belgilanishi	
	Suyuq fazada	Gaz fazada
Mol ulushi, $\frac{\text{кмолл} A}{\text{кмолл} (A + B)}$	x	u

Massaulushi, $\frac{\text{кг}A}{\text{кг}(A+B)}$	$\bar{x}$	$\bar{y}$
Nisbiymolulushi, $\frac{\text{кмол}A}{\text{кмол}B}$	X	U
Nisbiymassaulushi, $\frac{\text{кг}A}{\text{кг}B}$	$\bar{X}$	$\bar{Y}$
Hajmiymolulushi, $\frac{\text{кмол}A}{\text{м}^3(A+B)}$	S_x	S_u
Hajmiymassaulushi, $\frac{\text{кг}A}{\text{м}^3(A+B)}$	$\bar{C}_x$	$\bar{C}_y$

Bir konsentratsiyadan ikkinchisiga o'tish tenglamalari suyuq faza misolida (gazlar uchun ham ular o'rinli) 4.2-jadvalda keltirilgan.

2. Komponentning gaz fazadagi konsentratsiyasini uning parsial bosimi orqali ham ifodalash mumkin. Klayperon va Dalg'ton tenglamalariga asosan ideal gaz aralashmasi ixtiyoriy komponentning mol (hajmiy) ulushi quyidagiga teng:

$$u=r/P \quad (4.1)$$

bu erda R – aralashma komponentning parsial bosimi; $P=R_A+R_V+R_S+\dots$ - barcha komponentlari parsial bosimlarining yig'indisiga teng bo'lgan gaz yoki bug' aralashmasining umumiy bosimi.

3. Ideal eritmalar uchun fazalar aro muvozanat qonunlari.

a) Genri qonuni:

$$r^*=E_X \quad (4.2)$$

bu erda r^* – x konsentratsiyali eritma bilan muvozanatda bo'lgan gaz faza komponentning parsial bosimi; E – suyuqlik va gazning tabiati hamda temperaturaga bog'liq bo'lgan Genri koeffitsienti (uning qiymati ma'lumotnomalarda keltirilgan).

(8.1) – tenglamani $r^*=u^*P$ deb xam yozish mumkin.

U xolda

$$u^*=\frac{E}{P} X = mX \quad (4.3)$$

bu erda u^* - suyuqlik bilan muvozanatda bo'lgan gaz faza komponentning mol ulushi; m – tarqalish koeffitsienti, o'lchamsiz, $t=\text{const}$ va $P=\text{const}$ bo'lganda bir gaz – suyuqlik sistemasi uchun o'zgarmas.

Ikki fazali, uch komponentli (gaz faza: $A+V$, suyuq faza: $A+S$) sistemalar uchun (6.3)-tenglamani nisbiy konsentratsiyalar orqali yozsak, quyidagini olamiz.

$$U^*/(1+U^*)=mX/(1+X) \quad (4.4)$$

$$\bar{y}^*/\left(\bar{y}^* + \frac{M_A}{M_B}\right) = m\bar{X}/\left(\bar{X} + \frac{M_A}{M_C}\right) \quad (4.5)$$

bu erda M_A – fazalarda tarqalgan A komponentning mol massasi; M_V – V komponentning binar gaz aralashmasidagi mol massasi; M_S – S komponentning binar suyuqlik aralashmasidagi mol massasi.

Tarqalayotgan komponentning gaz va suyuqlikdagi konsentratsiya juda kichik, ya'ni $U^* \ll 1$ va $X \ll 1$ bo'lganda (6.4) tenglamaning maxrajidagi U^* va X kattaliklarni hisobga olmasa ham bo'ladi, u holda:

$$U^*= mX \quad (4.6)$$

SHunga o'xshash $\bar{Y}^* \ll (M_A / M_B)$ va $\bar{X} \ll (M_A / M_C)$ bo'lganda (6.5) – tenglama quyidagi ko'rinishga keladi:

$$U^* = m \frac{M_C}{M_B} \bar{X} \quad (4.7)$$

b) Raul qonuni:

$$r^* = Vx \quad (4.8)$$

bu erda r^* - komponentning muvozanat sharoitida suyuqlik ustidagi bug' gaz aralashmasidagi parsial bosimi; V – toza komponent tuyingan bugining bosimi; x – komponentning suyuqlikdagi mol ulushi.

(4.8) – tenglamaga (4.1) – tenglamani $r^* = u^*P$ ko'rinishda qo'ysak:

$$u^* = Vx/P \quad (4.9)$$

bu erda u^* - komponentning suyuqlik bilan muvozanatda bo'lgan bug' gaz fazadagi mol ulushi.

Ikki komponentli fazalarning ikkala komponenti xam Raul konuniga amal kiladigan balsa (4.9) – tenglama kuyidagi kurinishga keladi:

$$y_A^* = \alpha x_A / [1 + (\alpha - 1)x_A] \quad (4.10)$$

bu erda $\alpha = B_A/B_B$ – nisbiy uchuvchanlik koeffitsienti; V_A – ko'proq uchuvchan (tez qaynovchi) komponentning o'sha temperaturadagi tuyingan bug'ining bosimi; V_V – kamroq uchuvchan (yuqori qaynovchi) komponentning o'sha temperaturadagi tuyingan bug'ining bosimi.

4. Turli eritmalar uchun suyuqlik bilan bug'ning muvozanat tarkiblari haqidagi kattaliklar ma'lumotnomalarda keltirilgan.

5. Modda o'tkazish tenglamalari:

$$M = K_u \Delta u_{ur} F \text{ yoki } M = K_x \Delta x_{ur} F \quad (4.11)$$

bu erda M – bir fazadan ikkinchisiga o'tgan komponentning sarfi, kmol/s; K_u va K_x – gaz va suyuq $\Delta u_{ur} = u^* - u$ va $\Delta x_{ur} = x - x^*$ – butun jarayon uchun o'rtacha harakatlantiruvchi kuchlar; F – massa o'tkazish sirti yuzasi, m².

(6.11) – tenglamalarga mol sarf va konsentratsiyalar o'rniga boshqa konsentratsiyalarni ham qo'yish mumkin.

6. Modda o'tkazish va modda berish koeffitsientlari o'rtasidagi bog'lanishlar:

$$K_y = \frac{1}{\frac{1}{\beta_y} + \frac{m}{\beta_x}} \quad K_x = \frac{1}{\frac{1}{m\beta_y} + \frac{1}{\beta_x}} \quad (4.12)$$

Oxirgi tenglamalarning maxrajlari gaz va suyuq fazalardagi diffuzion qarshiliklarning yig'indisiga teng bo'lgan umumiy diffuzion qarshilikni ifodalaydi.

Asosiy diffuzion qarshilik gaz fazada to'plangan, ya'ni $(m/\beta_x) \ll (1/\beta_y)$ bo'lsa:

$$K_u \approx \beta_u \quad (4.13)$$

Asosiy diffuzion qarshilik suyuq fazada mujassamlashgan, ya'ni $[1/(m\beta_y)] \ll (1/\beta_x)$

bo'lsa:

$$K_x \approx \beta_x \quad (4.14)$$

(6.12) – tenglamadan quyidagi kelib chikadi:

$$K_u = K_x / m \quad (4.15)$$

7. Turg'un modda berish jarayonlarining asosiy diffuzion kriteriylari

a) Nusselt diffuzion kriteriysi:

$$Nu' = \beta l / D \quad (4.16)$$

b) Pekle diffuzion kriteriysi

$$Re' = Wl / D \quad (4.17)$$

v) Prandtl diffuzion kriteriysi

$$Rr' = Re' / Re = v / D \quad (4.18)$$

bu kriteriylarda β - modda berish koefitsienti, m/s; l – chiziqli o'lcham, m; D – molekulyar diffuziya koefitsienti, m^2/s ; W – gaz yoki suyuqlikning tezligi, m/s; v - qovushoqlikning kinematik koefitsienti, m^2/s .

Modda berish koefitsientlari o'lchov birliklari quyidagicha ham bo'lishi mumkin:

$$\frac{\text{KMOJI}}{M^2 \cdot c \frac{\text{KMOJI}}{M^3}} \quad \text{ёku} \quad \frac{\text{K}^2}{M^2 \cdot c \frac{\text{K}^2}{M^3}}$$

(1) – tenglamani $r^* = u^* P$ deb xam yozish mumkin.

U xolda

$$u^* = \frac{E}{\Pi} X = mX \quad (3)$$

bu erda u^* - suyuqlik bilan muvozanatda bulgan gaz faza komponentining mol ulushi; m – tarkalish koefitsienti, ulchamsiz, $t = \text{const}$ va $P = \text{const}$ bulganda bir gaz – suyuqlik sistemasi uchun uzgarmas.

Ikki fazali, uch komponentli (gaz faza: AdanV, suyuqlik faza: AdanS) sistemalar uchun (3)-tenglamani nisbiy konsentratsiyalar orkali yozsak, quyidagini olamiz.

$$U^* \setminus (1 \text{ dan } U^*) = mX \setminus (1 \text{ dan } X) \quad (4)$$

$$\bar{y}^* / \left(\bar{y}^* + \frac{M_A}{M_B} \right) = m \bar{X} / \left(\bar{X} + \frac{M_A}{M_C} \right) \quad (5)$$

bu erda M_A – fazalarda tarkalgan A komponentning mol massasi; M_V – V komponentning binar gaz aralashmasidagi mol massasi; M_S – S komponentning binar suyuqlik aralashmasidagi mol massasi.

Tarkalayotgan komponentning gaz va suyuqlikdagi konsentratsiya juda kichik, ya'ni $U^* \ll 1$ va $X \ll 1$ bulganda (4) tenglamaning maxrajidagi U^* va X kattaliklarni xisobga olmasa xam buladi, u xolda:

$$U^* = mX \quad (6)$$

SHunga uxshash $\bar{y}^* \ll (M_A / M_B)$ va $\bar{X} \ll (M_A / M_C)$ boshlaganda (5) – tenglama kuyidagi kurinishga keladi:

$$U^* = m \frac{M_C}{M_B} \bar{X} \quad (7)$$

b) Raul konuni:

$$r^* = Vx \quad (8)$$

bu erda r^* - komponentning muvozanat sharoitida suyuqlik ustidagi bug gaz aralashmasidagi parsial bosimi; V – toza komponent tuyingan bugining bosimi; x – komponentning suyuqlikdagi mol ulushi.

(8) – tenglamaga (1) – tenglamani $r^* = u^*P$ kurinishda kuysak:

$$u^* = Vx/P \quad (9)$$

bu erda u^* - komponentning suyuqlik bilan muvozanatda boʻlgan bug gaz fazadagi mol ulushi.

Ikki komponentli fazalarning ikkala komponenti xam Raul konuniga amal kiladigan balsa (9) – tenglama kuyidagi kurinishga keladi:

$$y_A^* = \alpha x_A / [1 + (\alpha - 1)x_A] \quad (10)$$

bu erda $\alpha = B_A/B_B$ – nisbiy uchuvchanlik koefitsienti; V_A – kuprok uchuvchan (tez kaynovchi) komponentningusha temperaturadagi tuyingan bugining bosimi; V_V – kamrok uchuvchan (yukori kaynovchi) komponentning usha temperaturadagi tuyingan bugining bosimi.

1. Turli eritmalar uchun suyuqlik bilan bugning muvozanat tarkiblari xakidagi kattaliklar ma'lumotnomalarda keltirilgan.

5. Modda utkazish tenglamalari:

$$M = K_u \Delta u_{ur} F \quad \text{yoki} \quad M = K_x \Delta x_{ur} F \quad (11)$$

bu erda M – bir fazadan ikkinchisiga utgan komponentning sarfi, kmol/s; K_u va K_x – gaz va suyuq $\Delta u_{ur} = u^* - u$ va $\Delta x_{ur} = x - x^*$ – butun jarayon uchun urtacha xarakatlantiruvchi kuchlar; F – massa utkazish sirti yuzasi, m².

(11) – tenglamalarga mol sarf va konsentratsiyalar urniga boshka konsentratsiyalarni xam kuyish mumkin.

6. Modda utkazish va modda berish koefitsientlari ırtasidagi boglanishlar:

$$K_y = \frac{1}{\frac{1}{\beta_y} + \frac{m}{\beta_x}} \quad K_x = \frac{1}{\frac{1}{m\beta_y} + \frac{1}{\beta_x}} \quad (12)$$

Oxirgi tenglamalarning maxrajleri gaz va suyuq fazalardagi diffuzion karshiliklarning yiindisiga teng bulgan umumiy diffuzion karshilikni ifodalaydi.

Asosiy diffuzion karshilik gaz fazada tuplangan, ya'ni $(m/\beta_x) \ll (1/\beta_y)$ bulsa:

$$K_u \approx \beta_u \quad (13)$$

Asosiy diffuzion karshilik suyuq fazada mujassamlashgan, ya'ni $[1/(m\beta_y)] < (1/\beta_x)$ bo'lasa:

$$K_x \approx \beta_x \quad (14)$$

(12) – tenglamadan kuyidagi kelib chikadi:

$$K_u = K_x / m \quad (15)$$

7. Turgun modda berish jarayonlarining asosiy diffuzion kriteriylari

a) Nusselt diffuzion kriteriysi:

$$\text{Nu}' = \beta l / D \quad (16)$$

b) Pekle diffuzion kriteriysi

$$\text{Re}' = W/\text{larD} \quad (17)$$

v) Prandtl diffuzion kriteriysi

$$Rr'=Re'/Re=v/D \quad (6.18)$$

bu kriteriyalarda β - modda berish koeffitsienti, m/s; l – chizikli ulcham, m; D – molekulyar diffuziya koeffitsienti, m^2/s ; W – gaz yoki suyuklikning tezligi, m/s; v - kovushoklikning kinematik koeffitsienti, m^2/s .

Modda berish koeffitsientlari ulchov birliklari quyidagicha xam bulishi mumkin:

$$\frac{\text{КМОЛ}}{\text{М}^2 \cdot \text{С}} \quad \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3}$$

Absorberning moddiy balansi:

$$M = G(\bar{Y}_n - \bar{Y}_T) = L(\bar{X}_n - \bar{X}_T) \quad (19)$$

bu erda M – yutilgan komponent sarfi, kglars; G va L – inert gaz va suyuq yutuvchining sarflari, kg/s; $\bar{Y}_n$ va $\bar{Y}_r$ - yutiladigan komponentning gaz fazadagi, absorberning pastki va tepa kismidagi konsentratsiyalari, kg/kg; $\bar{X}_n$ va $\bar{X}_r$ - yutiladigan komponentning suyuq fazadagi, absorberning past va tepa kismidagi konsentratsiyalari, kg/kg.

$\bar{Y} - \bar{X}$ koordinatalarda (19) – tenglama G va L sarflar ıızgarmas bulganda $V(\bar{X}_n, \bar{Y}_n)$ va $A(\bar{X}_r, \bar{Y}_r)$ nuktalardan ııttuvchi tugri chizik bulagini ifodalaydi.

1-rasm. Absorberning ishchi va muvozanat chiziklari:

AV – ishchi chizik (yutuvchi sarfi L bulgandagi); AS – yutuvchining sarfi minimal bulgandagi ishchi chizik; OS - $\bar{Y}^*$ ningf($\bar{X}$) muvozanat chizigi.

Ishchi chizik tenglamasi:

$$\bar{Y} = \bar{Y}_n + \frac{L}{G}(\bar{X} - \bar{X}_n) \quad (20)$$

yoki

$$\bar{Y} = \bar{Y}_r + \frac{L}{G}(\bar{X} - \bar{X}_r) \quad (21)$$

bu erda $\bar{Y}$ va $\bar{X}$ - absorberning ma’lum bir kesimida uzaro ta’sirlashayotgan (tegishayotgan), muvozanatda bulmagan gaz va suyuqlikdagi yutiladigan komponentning, kolonnaning balandligi buyicha uzgaradigan konsentratsiyalari.

Suyuq yutuvchining sarfi:

$$L_{\text{ning}} \varphi L_{\text{min}} \quad (22)$$

bu erda $\varphi > 1$ – yutuvchining ortikchalik koefitsienti; L_{min} – yutuvchining nazariy minimal sarfi (grafik yoki analitik usulda topiladi):

$$L_{\text{min}} \text{ning} M_{\text{lar}}(\bar{X}^* - \bar{X}_r) \quad (23)$$

YUtilish (chikarib olish) darajasi:

$$s_{\text{yu}} = (\bar{Y}_n - \bar{Y}_r) / \bar{Y}_n \quad (24)$$

Uzluksiz kontaktli absorberdagi ıırtacha xarakatlantiruvchi kuch.

KONTROL MASALALAR

1. Diametri 0,5 m bulgan skrubberga 550 m³/soat (760 mm.sim.ust. va 20⁰S da) mikdorda tarkibida 2,8 % (‘ajm) ammiak bulgan xavo beriladi. Ammiak atmosfera bosimida suvga yutiladi. YUtilish koefitsienti 0,95. Suvning sarfi nazariy minimal kiymatidan 40 % kup. Nasadkaning xullanganlik koefitsienti $\psi = 0,9$. Kuyidagilarni

toping: 1) Suvning sarfini; 2) n_{oy} umumiy utkazish birligi sonini; 3) 50 x 50 x 5 mm ulchamli nasadkalardan xosil kilingan katlamning balandligini. Massa utkazish koeffitsienti: $K_u=0,001$ kmol ammiak lar $[m^2 \cdot s \text{ (kmol ammiaklar kmol xavo)}]$. Suyuklikvagazkonsentratsiyalariningmuvozanattarkiblarikuyidagicha:

X	0	0,005	0,01	0,0125	0,015	0,02	0,023
U*	0	0,0045	0,0102	0,0138	0,0183	0,0273	0,0327

(Javob: $L=760$ kg/soat; $N_n=1,93$ m; $n_{ou}=4,68$).

2. Suv bilan sugoriladigan, solishtirma yuzasi $89,5 \text{ m}^2/\text{m}^3$ bulgan nasadka bilan tuldirilgan skrubberdan ammiakli xavo utkaziladi. Nasadkaning bush xajmi $0,79 \text{ m}^3/\text{arm}^3$. Absorbsiya temperaturasi 28°S , absolyut bosim $0,1\text{MPa}$. Ammiakning gaz aralashmasidagi urtacha konsentratsiyasi $5,8 \%$ (xajm). Gazning absorberning tulik kundalang kesimi buyicha olingan massa tezligi $1,1 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$. Skrubber plenkali rejimda ishlaydi deb kabul kilib gaz faza uchun modda berish koeffitsientini aniklang. (Javob: $0,038 \text{ m/s}$).

Moddaalmashinishjarayonlarigadoirmasallaarechish

B. MISOLLAR

6.1. Tarkibida 14% (xajm) atsetileni bulgan xavo atmosfera bosimida va 25°S da tarkibida a) $0,29 \cdot 10^{-3} \text{ kg/kg}$ suv; b) $0,153 \cdot 10^{-3} \text{ kg/kg}$ suv mikdorda erigan atsetilen bulgan suv bilan tegishtirilgan. Atmosfera bosimi $765 \text{ mm.sim.ust.ga}$ teng. Atsetilenning gaz va suyuk fazalardagi muvozanat konsentratsiyalari Genri konuni bilan aniklanadi. Kuyidagilarni aniklang: 1) atsetilen kaysi fazadan boshkasiga utishini; 2) jarayonning boshlangich paytdagi (nisbiy mol konsentratsiyalarda) xarakatlantiruvchi kuchini.

Echish. Atsetilenning xavodagi parsial bosimi:

$$R=uP=0,14 \cdot 765=107 \text{ mm.sim.ust.}$$

a) $\bar{X}=0,29 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$ atsetilenlarkg suv bulganda atsetilenning suvdagi mol ulushi (6.2-jadval):

$$X = \frac{\bar{X}}{\bar{X} + \frac{M_{an}}{M_{cyB}}} = \frac{0,29 \cdot 10^{-3}}{\left(0,29 \cdot 10^{-3} + \frac{26}{18}\right)} = 0,2 \cdot 10^{-3}$$

Masala 2 xil usul bilan echiladi.

I. Muvozanat sharoitida atsetilenning suyuklik ustidagi gaz fazadagi parsial bosimi (Genri konuniga kura):

$$r^*=Ex=1,01 \cdot 10^6 \cdot 0,2 \cdot 10^{-3}=202 \text{ mm.sim.ust.}$$

bu erda $E = 1,01 \cdot 10^6 \text{ mm.sim.ust.}$ – Genri koeffitsienti, jadvaldan topiladi.

$R=107 \text{ mm.sim.ust.} < R^*=202 \text{ mm.sim.ust.}$ bulgani uchun atsetilen suvdan xavoga utadi.

Jarayonning xarakatlantiruvchi kuchi, atsetilenning parsial bosimi birligida:

$$\Delta R = R^* - R = 202 - 107 = 95 \text{ mm.sim.ust.}$$

mol ulushlarda

$$\Delta u = u^* - u = (202 \text{lar} 765) - 0,14 = 0,264 - 0,14 = 0,124$$

nisbiy mol konsentratsiyalarda

$$\Delta U = U^* - U = \frac{y^*}{(1-y^*)} - \frac{y}{(1-y)} = \frac{0,264}{(1-0,264)} - \frac{0,14}{(1-0,14)} = 0,196 \frac{\text{кмол ацетилен}}{\text{кмол хаво}}$$

II. Tarkibida parsial bosimi 107 mm.sim.ust. ga teng atsetileni bulgan gaz faza bilan muvozanatda bulgan suvda Genri konuniga kura kuyidagicha (mol ulushlarda) atsetilen erigan birligi kerak.

$$x^* = R \text{lar} E = 107 \text{lar} (1,01 \cdot 10^6) = 0,106 \cdot 10^{-3}$$

$$x = 0,2 \cdot 10^{-3} > x^* = 0,106 \cdot 10^{-3}$$

Demak, atsetilen suvdan xavoga utadi.

Jarayonning xarakatlantiruvchi kuchi:

$$\Delta x = x - x^* = 0,2 \cdot 10^{-3} - 0,106 \cdot 10^{-3} = 0,094 \cdot 10^{-3}$$

$$\text{yoki } \Delta X = X - X^* = \frac{x}{1-x} - \frac{x^*}{1-x^*} = \frac{0,2 \cdot 10^{-3}}{1-0,2 \cdot 10^{-3}} - \frac{0,106 \cdot 10^{-3}}{1-0,106 \cdot 10^{-3}} = 0,094 \cdot 10^{-3}$$

b) atsetilenning suvdagi mol ulushi:

$$X = \frac{\bar{X}}{\bar{X} + \frac{M_{\text{аи}}}{M_{\text{суб}}}} = \frac{0,153 \cdot 10^{-3}}{0,153 \cdot 10^{-3} + \frac{26}{18}} = 0,106 \cdot 10^{-3}$$

$X = x^* = 0,106 \cdot 10^{-3}$; $u = u^* = 0,14$ bulganligi uchun atsetilen bir fazadan ikkinchisiga utmaydi, chunki fazalar muvozanatda turibdi.

6.2. Ichidagi absolyut bosimi $3,1 \text{ kgs/sm}^2$ bulgan modda almashtirish apparatidagi modda berish koeffitsientlari kuyidagiga teng: $\beta_u = 1,07 \text{ kmol/[m}^2 \cdot \text{soat}(\Delta u = 1)]$; $\beta_x = 22 \text{ kmol/[m}^2 \cdot \text{soat}(\Delta x = 1)]$. Suyuk va gaz fazalarning muvozanat tarkibi $r^* = 0,08 \cdot 10^6 x$ tenglama bilan ifodalanadigan Genri konuniga amal kiladi. Kuyidagilarni aniklang: a) K_u

va K_x modda utkazish koefitsientlarini; b) suyuq fazaning diffuzion karshiligi gaznikidan necha marta fark kilishini.

Echish. Muvozanat tenglamasini $u^*=mx$ kurinishiga keltiramiz:

$$y^* = \frac{0,08 \cdot 10^6}{3,1 \cdot 735} = 35,1x$$

Massa utkazish koefitsientlari:

$$K_y = \frac{1}{\frac{1}{\beta_y} + \frac{m}{\beta_x}} = \frac{1}{\frac{1}{1,07} + \frac{35,1}{22}} = 0,396 \frac{\text{кмол}}{\text{м}^2 \text{с} \Delta y (\Delta y = 1)}$$

$$K_x = \frac{1}{\frac{1}{m\beta_y} + \frac{1}{\beta_x}} = \frac{1}{\frac{1}{35,1 \cdot 1,07} + \frac{1}{22}} = 13,9 \frac{\text{кмол}}{\text{м}^2 \text{с} \Delta x (\Delta x = 1)}$$

Tekshirish: $K_x/K_y = 13,9/0,396 = 35,1 = m$

Fazalar diffuzion karshiliklarining nisbati:

$$\frac{m}{\beta_x} : \frac{1}{\beta_y} = \frac{1,595}{0,935} = 1,71$$

Xuddi shunday nisbat Δx xarakatlantiruvchi kuch uchun xam buladi.
Suyuq fazaning diffuzion karshiligi gaz fazanikidan 1,71 marta katta.

V. KONTROL MASALALAR

6.1. (6.1) – misolning shartlari buyicha massa utkazish jarayonining boshlangich vaktidagi xarakatlantiruvchi kuchni gaz va suyuq fazalar xajmiy mol va ‘xajmiy massa konsentratsiyalari uchun aniklang.

(Javoblar: $\Delta S_u = 5,15 \cdot 10^{-3}$; $\Delta \bar{C}_y = 0,1340 \text{ kg } S_2N_2 / \text{m}^3 \text{ gaz}$; $\Delta S_x = 5,26 \cdot 10^{-3}$; $\Delta \bar{C}_x = 0,1369 \text{ kg } S_2N_2 / \text{m}^3 \text{ suyuqlik}$).

6.2. Tarkibida 50 % xloroform va 50 % (mol) benzol bulgan bug aralashmasi 44 % xloroform va 56 % benzoldan tarkib topgan suyuqlik bilan atmosfera bosimida kontaktlashadi. Suyuklik va gazning muvozanat tarkiblarini jadvaldan olib quyidagilarni toping:

a) xloroform va benzol kaysi fazadan boshkasiga utadi; b) bugning suyuqlikka kirish joyidagi xarakatlantiruvchi kuchni (mol ulushlarda), bug va suyuqlik buyicha (Javob: $\Delta x=0,08$ kmol xloroformlarkmol aralashma; va $\Delta u=0,1$ kmol xloroformlarkmol aralashma).

6.3. Suv bilan sugoriladigan absorberda bosim $R_{abs}=1,07$ kgslarsm², $\beta_u=2,76 \cdot 10^{-3}$ kmol / (m² · soat · kPa), $\beta_x=1,17 \cdot 10^{-4}$ m/s va muvozanat chizigining tenglamasi mol ulushlarda $u^*=1,02$ x. Massa utkazish koefitsientini toping. [Javob: 0,00122 kmol/(m² · soat · kPa)].

6.4. Skrubberda atmosfera bosimida (760 mm.sim.ust.) inert gaz (azot) tarkibidan oltingugurt ikki oksidi suvga yutiladi. SO₂ ning gazdagi boshlangich konsentratsiyasi 5 % (xajm). Suvning temperaturasi 20⁰S, uning sarfi nazariy minimal kiymatidan 20 % kup. Gazdan 90% SO₂ yutiladi. Kuyidagilarni toping:

1) 1000 kglarsoat gazni yutishga etarli suvning sarfini; 2) jarayonning urtacha xarakatlantiruvchi kuchini; 3) n_{oy} umumiy utkazish birligi sonini. Muvozanat chizigi tugri chizik, uning koordinatalari: a) SO₂ ning gazdagi parsial bosimi $r=39$ mm.sim.ust., $\bar{X}=0,007$ kg SO₂kg/ suv; b) $r=26$ mm.sim.ust., $\bar{X}=0,005$ kg SO₂kg/suv.

6.5. Diametri 0,5 m bulgan skrubberga 550 m³/soat (760 mm.sim.ust. va 20⁰S da) mikdorda tarkibida 2,8 % (‘ajm) ammiak bulgan xavo beriladi. Ammiak atmosfera bosimida suvga yutiladi. YUtilish koefitsienti 0,95. Suvning sarfi nazariy minimal kiymatidan 40 % kup. Nasadkaning xullanganlik koefitsienti $\psi=0,9$. Kuyidagilarni toping: 1) Suvning sarfini; 2) n_{oy} umumiy utkazish birligi sonini; 3) 50 x 50 x 5 mm ulchamli nasadkalardan xosil kilingan katlamning balandligini. Massa utkazish koefitsienti: $K_u=0,001$ kmol ammiak lar [m² · s (kmol ammiaklar kmol xavo)]. Suyuklik va gaz konsentratsiyalarining muvozanat tarkiblari kuyidagicha:

X	0	0,005	0,01	0,0125	0,015	0,02	0,023
U*	0	0,0045	0,0102	0,0138	0,0183	0,0273	0,0327

(Javob: $L=760$ kg/soat; $N_n=1,93$ m; $n_{ou}=4,68$).

6.6. Suv bilan sugoriladigan, solishtirma yuzasi 89,5 m²/m³ bulgan nasadka bilan tuldirilgan skrubberdan ammiakli xavo utkaziladi. Nasadkaning bush xajmi 0,79 m³larm³. Absorbsiya temperaturasi 28⁰S, absolyut bosim 0,1MPa. Ammiakning gaz aralashmasidagi urtacha konsentratsiyasi 5,8 % (xajm). Gazning absorberning tulik kundalang kesimi buyicha olingan massa tezligi 1,1 kg/ (m² · s). Skrubber plenkali rejimda ishlaydi deb kabul kilib gaz faza uchun modda berish koefitsientini aniklang. (Javob: 0,038 m/s).

5,6-7-mavzu

Absorbsiya.

Qurilmaning konstruktivo lchamlarinixisoblash

Nasadkali kolonna apparatlari

Modda utkazishning umumiy tenglamasida:

$$F=M/(K_y \Delta \bar{Y}_{ur}) \quad (25)$$

bu erda F – absorberning massa utkazish yuzasi, m^2 ; M – yutiladigan moddaning sarfi, kg/s ; K_u – massa utkazish koeffitsienti, $kg/(m^2 \cdot s \cdot \frac{kg}{kg \text{ инерт газ}})$; $\Delta \bar{Y}_{ur}$ – urtacha xarakatlantiruvchi kuch.

Konsentratsiyaning $\bar{X}_t$ dan $\bar{X}_n$ gacha oraligida muvozanat chizigi tugri chizigi (6.2-rasm) bulganligi uchun:

$$\Delta \bar{Y}_{ur} = \frac{\Delta \bar{Y}_n - \Delta \bar{Y}_t}{2,3 \lg(\Delta \bar{Y}_n / \Delta \bar{Y}_t)} \quad (26)$$

bu erda $\Delta \bar{Y}_n$ va $\Delta \bar{Y}_t$ – absorber chetlaridagi xarakatlantiruvchi kuchlar: $\Delta \bar{Y}_n = \bar{Y}_n - \bar{Y}_n^* - \bar{X} = \bar{X}_n$ bulgandagi, absorber pastidagi; $\Delta \bar{Y}_t = \bar{Y}_t - \bar{Y}_t^* - \bar{X} = \bar{X}_t$ bulgandagi, absorber tepasidagi.

Nasadkali absorberning diametri:

$$D = \sqrt{V / (0,785W)} \quad (27)$$

bu erda V – absorber orkali utadigan gazning sarfi, m^3/s ; W – gazning absorberning tulik kundalang kesimi buyicha olingan tezligi, m/s .

Gazning ishchi tezligi:

$$W = (0,75 \div 0,9) W_t \quad (28)$$

bu erda W_t – suyuqlikning tikilib kolish tezligi, m/s : U kuyidagi tenglamadan topiladi:

$$\lg \left(\frac{W_t^2 \delta \rho_r \mu_c^{0,16}}{g V_{\text{бш}}^3 \rho_c} \right) = A - 1,75 \left(\frac{L}{G} \right)^{0,25} \left(\frac{\rho_r}{\rho_c} \right)^{0,125} \quad (29)$$

bu erda δ - nasadkaning solishtirma sirti, m^2/m^3 ; $V_{\text{бш}}$ – nasadkaning bush xajmi, m^3/m^3 ; ρ_g va ρ_s – gaz va suyuqlikning zichligi, kg/m^3 ; μ_s – suyuqlik kovushokligining dinamik koeffitsienti, $mPa \cdot s$; L va G – suyuqlik va gazning massa sarflari, kg/s ; A – uzgarmas, xalka va spiral nasadkalar uchun $A=0,022$.

11. Nasadkali absorberning balandligi.

Plenkali rejimda fazalarning kontaktlanish yuzasi:

$$F=H_n S \delta \psi \quad (30)$$

bu erda N_n – nasadka katlamining balandligi, m; $S=\pi D^2/4$ –absorberning kundalang kesim yuzasi, m^2 ; δ - kuruk nasadkaning solishtirma yuzasi, m^2/m^3 ; ψ - nasadkaning xullanganlik koeffitsienti.

$$N_n=h_{oy}n_{oy} \quad (31)$$

bu erda h_{oy} – utkazish birligi balandligi, m; n_{oy} – utkazish birligining umumiy soni:

$$h_{oy}=\frac{G}{K_y S \delta \psi} \quad (32)$$

$$n_{oy}=\frac{\bar{Y}_n - \bar{Y}_T}{\Delta \bar{Y}_{yp}} \quad (33)$$

Nasadkali absorberning balandligini nazariy tarelkaga ekvivalent balandlik (NTEB) orkali aniklash:

$$N_n=h_e n_t \quad (34)$$

bu erda h_e – NTEB, m (tajribalar yordamida aniklanadi va u nazariy boskichlarga ekvivalent balandlik (NBEB) deb xam yuritiladi); n_t – nazariy tarelkalar (konsentratsiyaning uzgarish boskichlari) soni.

Nazariy tarelkalar soni – konsentratsiyalarning uzgarish boskichlari odatda grafik usulda (2-rasm) topiladi.

2-rasm. Absorberda nazariy tarelkalar sonini grafik usulda topish:

AV – ishchi chizik (21 va 22-tenglamalar asosida kuruladi); OS – muvozanat chizigi.

12. Nasadkalari tartibsiz tutildirilgan absorberlarda plenkali rejimda massa berish koeffitsientlarini topishning kriterial tenglamalari.

a) gaz faza uchun:

$$Nu_r' = 0,407 Re_r^{0,655} (Pr_r^1)^{0,33} \quad (35)$$

bu erda $Nu_r' = \beta_g d_e / D_g$; $Re_g = 4w\rho_g(\delta\mu_g)$; $Pr_r^1 = \mu_g / (\rho_g D_g)$;

β_g – gaz uchun massa berish koeffitsienti, m/s; D_g – yutiladigan komponentning gazdagi diffuziya koeffitsienti, m²/s.

b) suyuq faza uchun:

$$N = 0,021 Re_c^{0,75} (Pr_c^1)^{0,5} \quad (36)$$

$Nu_c^1 = \beta_c \delta_k / D_c$; $Re = 4L / (S\delta\psi\mu_c)$; $Pr_c^1 = \mu_s / (\rho_s D_s)$;

β_s – suyuqlik uchun massa berish koeffitsienti, m/s;

$\delta = [\mu_c^2 / (\rho_c^2 g)]^{1/3}$ - suyuqlik plyonkasining keltirilgan deb ataladigan kalinligi, m; ψ - nasadkaning kullanganlik koeffitsienti; S – apparatning kundalang kesim yuzasi, m².

Absorberning suyuqlik bilan kullangan kesimi perimetri:

$$P = F / H_p = S\delta\psi \quad (37)$$

Suyuqlik plenkasining nasadka orasidan okim tezligi:

$$W_{s.pl.} = L / (\rho_s P\delta) = L / (\rho_s S\delta\psi\delta) \quad (38)$$

bu erda δ - plenkaning urtacha kalinligi, m.

Suyuqlik plenkasining ekvivalent diametri:

$$d_{pl} = 4P\delta / P = 4\delta \quad (39)$$

Tarekali absorberlarni takribiy xisoblashda tarekalar sonini quyidagi tenglamadan topish mumkin (anikro xisoblash keyingi bobda keltiriladi):

$$N = n_t / \eta \quad (40)$$

6.3. Xavoni quritishga ishlatiladigan sulfat kislota sarfini quyidagi sharoitlar uchun aniqlang. Skrubberning unumdorligi 500 m³/soat (normal sharoitdagi kuruk xavo xisobida). Xavodagi namlik miqdori: boshlang'ich 0,016 kg/(kg quruqxavo); oxirgi 0,06 kg/(kg quruqxavo). Kislota tarkibidagi suvning miqdori: boshlang'ich 0,6 kg/(kg monogidrat); oxirgi 1,4 kg/(kg monogidrat). Quritish atmosfera bosimida amalga oshiriladi.

Echish. Xavoning massa sarfi:

$$G = V \cdot \rho = 500 \cdot 1,293 = 646 \text{ kg/soat}$$

Sulfat kislota sarfi (6.19-tenglamadan):

$$L = \frac{G(\bar{Y}_n - \bar{Y}_r)}{\bar{X}_n - \bar{X}_r} = \frac{646(0,016 - 0,006)}{1,4 - 0,6} = 8,1 \text{ kg/coam}$$

6.4. Xavo tarkibidagi atsetonni yuttirishga mo'ljallangan skrubberga 3000 kg/soat suv beriladi. Skrubberdagi o'rtacha temperatura 20⁰S. Unga kirayotgan xavoning bosimi atmosfera bosimiga teng va 6% ('ajm) atsetoni bor. Toza xavoning sarfi 1400 m³/soat (normal sharoitda). Skrubberda 98 % atseton yutiladi. Muvozanat chizigi tenglamasi $u^* = 1,68x$ bulib, x va u^* /kmol atsetonlar kmol xavo (yoki suv) birliklari bilan ifodalanadi. Uskuna 25 x 25 x 3 mm ulchamli nasadkalar bilan tuldirlgan. Suvning tikilib kolish tezligi $W_t = 1,56$ m/s, ishchi tezligini undan 25 % kam kilib oling. Massa utkazish koeffitsienti $K_u = 0,4$ kmol atsetonlar(m² · soat · kmol atseton larkmol xavo). Nasadkaning kullanganlik koeffitsienti birga teng. Skrubberning diametri va balandligini toping.

Echish. YUtiladiganatsetonmikdori:

$$M = \frac{V y_n c_{ю}}{(1 - y_n) 22,4} = \frac{1400 \cdot 0,06 \cdot 0,98}{0,94 \cdot 22,4} = 3,9 \text{ кмол/coam}$$

Skrubberga kirayotgan suvdagi atseton mikdori $X_t = 0$, chikayotgandagisi:

$$X_n = \frac{M}{(L / M_c)} = \frac{3,9}{3000/18} = 0,0234 \text{ кмол ацетон/кмол сув}$$

Skrubberga kirayotgan 'avodagi atsetonning boshlangich konsentratsiyasi:

$$Y_n = y_n / (1 - y_n) = 0,06 / 0,94 = 0,0639 \text{ kmol atsetonlarkmol 'avo}$$

CHikayotgan xavodagi atseton konsentratsiyasi:

$$Y_r = \frac{y_n(1 - c_{ю})}{1 - y_n} = \frac{0,06(1 - 0,98)}{1 - 0,06} = 0,00128 \text{ кмол ацетон/кмол 'avo}$$

Topilgan A (U_t ; X_t) va V (U_p ; X_p) nuktalar buyicha ishchi chizigini va $U^* = 1,68 x$ tenglama buyicha muvozanat chizigini kurib undan $Y_n^* = 0,0393$ kmol atsetonlar kmol xavo ekanligini aniklaymiz.

Skrubberning pastidagi xarakatlantiruvchi kuch:

$$\Delta U_p = U_p - y_n^* = 0,0639 - 0,0393 = 0,0246 \text{ kmol atsetonlarkmol xavo}$$

U^* ning qiymatini quyidagicha topsa xam buladi:

$$y_n^* = 1,68 X_p = 1,68 \cdot 0,0234 = 0,0393 \text{ kmol atsetonlarkmol xavo}$$

Skrubber tepasidagi xarakatlantiruvchi kuch:

$$\Delta U_t = U_t - y_t^* = 0,0639 - 0,0393 = 0,0246 \text{ kmol atsetonlarkmol xavo}$$

urtacha xarakatlantiruvchi kuch:

$$\Delta U_{ur} = \frac{\Delta Y_n - \Delta Y_t}{2,3 \lg(\Delta Y_n / \Delta Y_t)} = \frac{0,0246 - 0,00128}{2,3 \lg(0,0246 / 0,00128)} = 0,0079 \frac{\text{кмол ацетон}}{\text{кмол хаво}}$$

Talab kilinadigan modda utkazish yuzasi:

$$F = \frac{M}{K_y \Delta Y_{yp}} = \frac{3,9}{0,4 \cdot 0,0079} = 1230 \text{ м}^2$$

Bunday yuzani xosil kiladigan keramik xalkaning xajmi:

$$V_x = N_n S = F / \delta = 1230 / 204 = 6 \text{ м}^3$$

bu erda δ - 204 m²/m³ – nasadkaning solishtirma yuzasi (jadvaldan olinadi).

Skrubberdagi ishchi tezlik (masala shartiga kura):

$$W = 0,75 W_t = 0,75 \cdot 1,56 = 1,17 \text{ m/s}$$

Skrubberning kundalang kesim yuzasi:

$$S = \frac{G}{3600 W \rho_r} = \frac{1400 \cdot 1,293}{3600 \cdot 1,17 \cdot 1,293 \cdot (273 / 293)} = 0,358 \text{ м}^2$$

Skrubberning diametri

$$D = \sqrt{S/0.785} = \sqrt{0.358/0.785} = 0.675 \text{ m}$$

Nasadkaning talab kilinadigan balandligi:

$$H_n = V_x l / S = 6 / 0.358 = 16.8 \text{ m.}$$

6.5. Atmosfera bosimida inert gaz (azot) tarkibidan oltingugurt ikki oksidini yuttirishga muljallangan nasadkali absorberdagi gaz faza uchun massa berish koeffitsientini aniqlang. Uskunadagi temperatura 20°S bulib, u plenkali rejimda ishlaydi. Absorber koks bulaklari bilan tuldirilgan ($\delta = 42 \text{ m}^2/\text{m}^3$, $V_{\text{bush}} = 0.58 \text{ m}^3/\text{m}^3$), undagi fiktiv tezlik 0.35 m/s .

Echish. (6.31)-tenglamaga asosan:

$$Nu_r^1 = 0.407 Re_r^{0.655} (Pr_r^1)^{0.33}$$

bu erda $Re_g = 4W\rho_g/(\delta\mu_g) = 4 \cdot 0.35 \cdot 1.16 / (42 \cdot 0.0175 \cdot 10^{-3}) = 2210$

$\rho_g = 28 \cdot 273 / (22.4 \cdot 293) = 1.16 \text{ kg/m}^3$ – azotning zichligi

$\mu_g = 0.175 \cdot 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$ – azot kovushokligining dinamik koeffitsienti (jadvaldan olinadi).

Diffuziya koeffitsienti D_g ni ‘avonikiga teng deb kabul kilamiz:

$$D_g \text{ ning } 10.3 \cdot 10^{-6} (293/273)^{1.5} = 11.45 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$Rr' = \mu_g / (\rho_g D_g) = 0.0175 \cdot 10^{-3} / (1.16 \cdot 11.45 \cdot 10^{-6}) = 1.32$$

Nusseltdiffuzionkriteriysi:

$$Nu_r' = \beta_r d_g / D_r = 0.407 \cdot 2210^{0.655} \cdot 1.32^{0.33} = 69$$

Ekvivalent diametr

$$d_e = 4V_{\text{bush}}/\delta = 4 \cdot 0.58 / 42 = 0.055 \text{ m}$$

Massa berish koeffitsienti:

$$\beta_r = \frac{Nu'_r D_r}{d_s} = \frac{69 \cdot 11,45 \cdot 10^{-6}}{0,055} = 144 \cdot 10^{-4} \text{ } m/c$$

KONTROL MASALALAR

1. Suv bilan sugoriladigan absorberda bosim $R_{abs}=1,07 \text{ kgslarsm}^2$, $\beta_u=2,76 \cdot 10^{-3} \text{ kmol} / (\text{m}^2 \cdot \text{soat} \cdot \text{kPa})$, $\beta_x=1,17 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$ va muvozanat chizigining tenglamasi mol ulushlarda $u^*=1,02 x$. Massa utkazish koeffitsientini toping. [Javob: $0,00122 \text{ kmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{soat} \cdot \text{kPa})$].

2. Skrubberda atmosfera bosimida (760 mm.sim.ust.) inert gaz (azot) tarkibidan oltingugurt ikki oksidi suvga yutiladi. SO_2 ning gazdagi boshlangich konsentratsiyasi 5 % (xajm). Suvning temperaturasi 20°S , uning sarfi nazariy minimal kiymatidan 20 % kup. Gazdan 90% SO_2 yutiladi. Kuyidagilarni toping:

1) 1000 kglarsoat gazni yutishga etarli suvning sarfini; 2) jarayonning urtacha xarakatlantiruvchi kuchini; 3) n_{oy} umumiy utkazish birligi sonini. Muvozanat chizigi tugri chizik, uning koordinatalari: a) SO_2 ning gazdagi parsial bosimi $r=39 \text{ mm.sim.ust.}$, $\bar{X}=0,007 \text{ kg SO}_2\text{kg/suv}$; b) $r=26 \text{ mm.sim.ust.}$, $\bar{X}=0,005 \text{ kg SO}_2\text{kg/suv}$.

Absorberqurilmalari

Absorberning moddiy balansi:

$$M=G(\bar{Y}_n - \bar{Y}_t) = L(\bar{X}_n - \bar{X}_t) \quad (6.19)$$

bu erda M – yutilgan komponent sarfi, kg/s ; G va L – inert gaz va suyuq yutuvchining sarflari, kg/s ; $\bar{Y}_n$ va $\bar{Y}_t$ - yutiladigan komponentning gaz fazadagi, absorberning pastki va tepa qismidagi konsentratsiyalari, kg/kg ; $\bar{X}_n$ va $\bar{X}_t$ - yutiladigan komponentning suyuq fazadagi, absorberning past va tepa qismlaridagi konsentratsiyalari, kg/kg .

$\bar{Y}-\bar{X}$ koordinatalarda (6.19) – tenglama G va L sarflar o'zgaras bo'lganda $V(\bar{X}_n, \bar{Y}_n)$ va $A(\bar{X}_t, \bar{Y}_t)$ nuqtalardan o'tuvchi to'g'ri chiziq bo'lagini ifodalaydi.

6.1-rasm. Absorberning ishchi va muvozanat chiziqlari:

AV – ishchi chiziq (yutuvchi sarfi L bo'lgandagi); AS – yutuvchining sarfi minimal bo'lgandagi ishchi chiziq; OS - $\bar{Y}^*=f(\bar{X})$ muvozanat chizig'i.

Ishchi chiziq tenglamasi:

$$\bar{Y} = \bar{Y}_n + \frac{L}{G}(\bar{X} - \bar{X}_n) \quad (6.20)$$

yoki

$$\bar{Y} = \bar{Y}_t + \frac{L}{G}(\bar{X} - \bar{X}_t) \quad (6.21)$$

bu erda $\bar{Y}$ va $\bar{X}$ - absorberning ma'lum bir kesimida o'zaro tahsirlashayotgan (tegishayotgan), muvozanatda bo'lmagan gaz va suyuqlikdagi yutiladigan komponentning, kolonnaning balandligi bo'yicha o'zgaradigan konsentratsiyalari.

Suyuq yutuvchining sarfi:

$$L = \varphi L_{\min} \quad (6.22)$$

bu erda $\varphi > 1$ – yutuvchining ortiqchalik koeffitsienti; $L_{\min}$ – yutuvchining nazariy minimal sarfi (grafik yoki analitik usulda topiladi):

$$L_{\min} = M / (\bar{X}^* - \bar{X}_r) \quad (6.23)$$

YUtitish (chiqarib olish) darajasi:

$$s_{yu} = (\bar{Y}_n - \bar{Y}_r) / \bar{Y}_n \quad (6.24)$$

9. Uzlaksiz kontaktli absorberdagi o'rtacha harakatlantiruvchi kuch.

Modda o'tkazishning umumiy tenglamasida:

$$F = M / (K_y \Delta \bar{Y}_{o'r}) \quad (6.25)$$

bu erda F – absorberning massa o'tkazish yuzasi, m^2 ; M – yutiladigan moddaning sarfi, kg/s ; K_u – massa o'tkazish koeffitsienti, $kg/(m^2 \cdot s \cdot \frac{kg}{kg \text{ инерт газ}})$; $\Delta \bar{Y}_{o'r}$ – o'rtacha harakatlantiruvchi kuch.

Konsentratsiyaning $\bar{X}_r$ dan $\bar{X}_n$ gacha oralig'ida muvozanat chizig'i to'g'ri chizig'i (6.2-rasm) bo'lganligi uchun:

$$\Delta \bar{Y}_{o'r} = \frac{\Delta \bar{Y}_n - \Delta \bar{Y}_r}{2,3 \lg(\Delta \bar{Y}_n / \Delta \bar{Y}_r)} \quad (6.26)$$

bu erda $\Delta \bar{Y}_n$ va $\Delta \bar{Y}_r$ – absorber chetlaridagi harakatlantiruvchi kuchlar: $\Delta \bar{Y}_n = \bar{Y}_n - \bar{Y}_n^* - \bar{X} = \bar{X}_n$ bo'lgandagi, absorber pastidagi; $\Delta \bar{Y}_r = \bar{Y}_r - \bar{Y}_r^* - \bar{X} = \bar{X}_r$ bo'lgandagi, absorber tepasidagi.

10. Nasadkali absorberning diametri:

$$D = \sqrt{V / (0,785W)} \quad (6.27)$$

bu erda V – absorber orqali o'tadigan gazning sarfi, m^3/s ; W – gazning absorberning to'liq ko'ndalang kesimi bo'yicha olingan tezligi, m/s .

Gazning ishchi tezligi:

$$W = (0,75 \div 0,9) W_t \quad (6.28)$$

bu erda W_t – suyuqlikning tiqilib qolish tezligi, m/s : U quyidagi tenglamadan topiladi:

$$\lg \left(\frac{W_t^2 \delta \rho_r \mu_c^{0,16}}{g V_{\text{bush}}^3 \rho_c} \right) = A - 1,75 \left(\frac{L}{G} \right)^{0,25} \left(\frac{\rho_r}{\rho_c} \right)^{0,125} \quad (6.29)$$

bu erda δ - nasadkaning solishtirma sirti, m^2/m^3 ; V_{bush} – nasadkaning bo'sh hajmi, m^3/m^3 ; ρ_g va ρ_s – gaz va suyuqlikning zichligi, kg/m^3 ; μ_s – suyuqlik qovushoqligining dinamik koeffitsienti, $mPa \cdot s$; L va G – suyuqlik va gazning massa sarflari, kg/s ; A – o'zgarmas, xalqa va spiral nasadkalar uchun $A=0,022$.

11. Nasadkali absorberning balandligi.

Plenkali rejimda fazalarning kontaktlanish yuzasi:

$$F = H_n S \delta \psi \quad (6.30)$$

bu erda N_n – nasadka qatlamining balandligi, m; $S = \pi D^2/4$ – absorberning ko‘ndalang kesim yuzasi, m^2 ; δ – quruq nasadkaning solishtirma yuzasi, m^2/m^3 ; ψ – nasadkaning ho‘llanganlik koeffitsienti.

$$N_n = h_{oy} n_{oy} \quad (6.31)$$

bu erda h_{oy} – o‘tkazish birligi balandligi, m; n_{oy} – o‘tkazish birligining umumiy soni:

$$h_{oy} = \frac{G}{K_y S \delta \psi} \quad (6.32)$$

$$n_{oy} = \frac{\bar{Y}_n - \bar{Y}_T}{\Delta \bar{Y}_{yp}} \quad (6.33)$$

Nasadkali absorberning balandligini nazariy tarelkaga ekvivalent balandlik (NTEB) orqali aniqlash:

$$N_n = h_e n_t \quad (6.34)$$

bu erda h_e – NTEB, m (tajribalar yordamida aniqlanadi va u nazariy bosqichlarga ekvivalent balandlik (NBEB) deb ham yuritiladi); n_t – nazariy tarelkalar (konsentratsiyaning o‘zgarish bosqichlari) soni.

Nazariy tarelkalar soni – konsentratsiyalarning o‘zgarish bosqichlari odatda grafik usulda (6.2-rasm) topiladi.

6.2-rasm. Absorberda nazariy tarelkalar sonini grafik usulda topish:

AV – ishchi chiziq (6.21 va 6.22-tenglamalar asosida ko‘riladi); OS – muvozanat chizig‘i.

12. Nasadkalari tartibsiz to‘ldirilgan absorberlarda plenkali rejimda massa berish koeffitsientlarini topishning kriterial tenglamalari.

a) gaz faza uchun:

$$Nu'_r = 0,407 Re_r^{0,655} (Pr_r^1)^{0,33} \quad (6.35)$$

bu erda $Nu'_r = \beta_g d_e / D_g$; $Re_g = 4w\rho_g(\delta\mu_g)$; $Pr_r^1 = \mu_g/(\rho_g D_g)$;

β_g – gaz uchun massa berish koeffitsienti, m/s; D_g – yutiladigan komponentning gazdagi diffuziya koeffitsienti, m^2/s .

b) suyuq faza uchun:

$$Nu'_c = 0,0021 Re_c^{0,75} (Pr_c^1)^{0,5} \quad (6.36)$$

$Nu'_c = \beta_c \delta_k / D_c$; $Re = 4L/(S\delta\psi\mu_c)$; $Pr_c^1 = \mu_s/(\rho_s D_s)$;

β_s – suyuqlik uchun massa berish koeffitsienti, m/s;

$\delta = [\mu_c^2 / (\rho_c^2 g)]^{1/3}$ – suyuqlik plenkasining keltirilgan deb ataladigan qalinligi, m; ψ – nasadkaning ho‘llanganlik koeffitsienti; S – apparatning ko‘ndalang kesim yuzasi, m^2 .

Absorberning suyuqlik bilan ho‘llangan kesimi perimetri:

$$P = F/H_p = S\delta\psi \quad (6.37)$$

Cuyuqlik plenkasining nasadka orasidan oqim tezligi:

$$W_{s,pl.}=L/(\rho_s P \delta)=L/(\rho_s S \delta \psi \delta) \quad (6.38)$$

bu erda δ - plenkaning o'rtacha qalinligi, m.

Suyuqlik plenkasining ekvivalent diametri:

$$d_{pl}=4P\delta/P=4\delta \quad (6.39)$$

13. Tarelkali absorberlarni taqribiy hisoblashda tarelkalar sonini quyidagi tenglamadan topish mumkin (aniqroq hisoblash keyingi bobda keltiriladi): $n=n_t/\eta$

KONTROL MASALALAR

1. Suv bilan sugoriladigan absorberda bosim $R_{abs}=1,07 \text{ kgslarsm}^2$, $\beta_u=2,76 \cdot 10^{-3} \text{ kmol} / (\text{m}^2 \cdot \text{soat} \cdot \text{kPa})$, $\beta_x=1,17 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$ va muvozanat chizigining tenglamasi mol ulushlarda $u^*=1,02 x$. Massa utkazish koefitsientini toping. [Javob: $0,00122 \text{ kmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{soat} \cdot \text{kPa})$].

2. Skrubberda atmosfera bosimida (760 mm.sim.ust.) inert gaz (azot) tarkibidan oltingugurt ikki oksidi suvga yutiladi. SO_2 ning gazdagi boshlangich konsentratsiyasi 5 % (xajm). Suvning temperaturasi 20°S , uning sarfi nazariy minimal kiymatidan 20 % kup. Gazdan 90% SO_2 yutiladi. Kuyidagilarni toping:

1) 1000 kglarsoat gazni yutishga etarli suvning sarfini; 2) jarayonning urtacha xarakatlantiruvchi kuchini; 3) n_{oy} umumiy utkazish birligi sonini. Muvozanat chizigi tugri chizik, uning koordinatalari: a) SO_2 ning gazdagi parsial bosimi $r=39 \text{ mm.sim.ust.}$, $\bar{X}=0,007 \text{ kg SO}_2\text{kg/suv}$; b) $r=26 \text{ mm.sim.ust.}$, $\bar{X}=0,005 \text{ kg SO}_2\text{kg/suv}$.

(6.40)

6-amaliyot

Mavzu: Rektifikatsiya va haydash

1. Tarkibida 14% (hajm) atsetileni bo'lgan havo atmosfera bosimida va 25⁰S da tarkibida a) $0,29 \cdot 10^{-3}$ kg/kg suv; b) $0,153 \cdot 10^{-3}$ kg/kg suv miqdorda erigan atsetilen bo'lgan suv bilan tegishtirilgan. Atmosfera bosimi 765 mm.sim.ust.ga teng. Atsetilenning gaz va suyuq fazalardagi muvozanat konsentratsiyalari Genri qonuni bilan aniqlanadi. Quyidagilarni aniqlang: 1) atsetilen qaysi fazadan boshqasiga o'tishini; 2) jarayonning boshlang'ich paytdagi (nisbiy mol konsentratsiyalarda) harakatlantiruvchi kuchini.

Echish. Atsetilenning havodagi parsial bosimi:

$$r = uP = 0,14 \cdot 765 = 107 \text{ mm.sim.ust.}$$

a) $\bar{X} = 0,29 \cdot 10^{-3}$ kg atsetilen/kg suv bo'lganda atsetilenning suvdagi mol ulushi (6.2-jadval):

$$X = \frac{\bar{X}}{\bar{X} + \frac{M_{\text{at}}}{M_{\text{cyb}}}} = \frac{0,29 \cdot 10^{-3}}{\left(0,29 \cdot 10^{-3} + \frac{26}{18}\right)} = 0,2 \cdot 10^{-3}$$

Masala 2 xil usul bilan echiladi.

I. Muvozanat sharoitida atsetilenning suyuqlik ustidagi gaz fazadagi parsial bosimi (Genri qonuniga ko'ra):

$$r^* = E_X = 1,01 \cdot 10^6 \cdot 0,2 \cdot 10^{-3} = 202 \text{ mm.sim.ust.}$$

bu erda $E = 1,01 \cdot 10^6$ mm.sim.ust. – Genri koeffitsienti, jadvaldan topiladi.

$R = 107$ mm.sim.ust. $< R^* = 202$ mm.sim.ust. bo'lgani uchun atsetilen suvdan havoga o'tadi.

Jarayonning harakatlantiruvchi kuchi, atsetilenning parsial bosimi birligida:

$$\Delta R = R^* - R = 202 - 107 = 95 \text{ mm.sim.ust.}$$

mol ulushlarda

$$\Delta u = u^* - u = (202/765) - 0,14 = 0,264 - 0,14 = 0,124$$

nisbiy mol konsentratsiyalarda

$$\Delta U = U^* - U = \frac{y^*}{(1-y^*)} - \frac{y}{(1-y)} = \frac{0,264}{(1-0,264)} - \frac{0,14}{(1-0,14)} = 0,196 \frac{\text{кмол ацетилен}}{\text{кмол хаво}}$$

II. Tarkibida parsial bosimi 107 mm.sim.ust.ga teng atsetileni bo'lgan gaz faza bilan muvozanatda bo'lgan suvda Genri qonuniga ko'ra quyidagicha (mol ulushlarda) atsetilen erigan bo'lishi kerak.

$$x^* = R/E = 107/(1,01 \cdot 10^6) = 0,106 \cdot 10^{-3}$$

$$x = 0,2 \cdot 10^{-3} > x^* = 0,106 \cdot 10^{-3}$$

Demak, atsetilen suvdan havoga o'tadi.

Jarayonning harakatlantiruvchi kuchi:

$$\Delta x = x - x^* = 0,2 \cdot 10^{-3} - 0,106 \cdot 10^{-3} = 0,094 \cdot 10^{-3}$$

$$\text{yoki } \Delta X = X - X^* = \frac{x}{1-x} - \frac{x^*}{1-x^*} = \frac{0,2 \cdot 10^{-3}}{1-0,2 \cdot 10^{-3}} - \frac{0,106 \cdot 10^{-3}}{1-0,106 \cdot 10^{-3}} = 0,094 \cdot 10^{-3}$$

b) atsetilenning suvdagi mol ulushi:

$$X = \frac{\bar{X}}{\bar{X} + \frac{M_{\text{au}}}{M_{\text{cyb}}}} = \frac{0,153 \cdot 10^{-3}}{0,153 \cdot 10^{-3} + \frac{26}{18}} = 0,106 \cdot 10^{-3}$$

$x=x^*=0,106 \cdot 10^{-3}$; $u=u^*=0,14$ bo'lganligi uchun atsetilen bir fazadan ikkinchisiga o'tmaydi, chunki fazalar muvozanatda turibdi.

2. Ichidagi absolyut bosimi $3,1 \text{ kgs/sm}^2$ bo'lgan modda almashtirish apparatidagi modda berish koeffitsientlari quyidagiga teng: $\beta_u=1,07 \text{ kmol/[m}^2 \cdot \text{soat}(\Delta u=1)]$; $\beta_x=22 \text{ kmol/[m}^2 \cdot \text{soat}(\Delta x=1)]$. Suyuq va gaz fazalarning muvozanat tarkibi $r^*=0,08 \cdot 10^6 x$ tenglama bilan ifodalanadigan Genri qonuniga amal qiladi. Quyidagilarni aniqlang: a) K_u va K_x modda o'tkazish koeffitsientlarini; b) suyuq fazaning diffuzion qarshiligi gaznikidan necha marta farq qilishini.

Echish. Muvozanat tenglamasini $u^*=mx$ ko'rinishiga keltiramiz:

$$y^* = \frac{0,08 \cdot 10^6}{31 \cdot 735} = 35,1x$$

Massao'tkazishkoeffitsientlari:

$$K_y = \frac{1}{\frac{1}{\beta_y} + \frac{m}{\beta_x}} = \frac{1}{\frac{1}{1,07} + \frac{35,1}{22}} = 0,396 \frac{\text{kmol}}{\text{m}^2 \cdot \text{soat}(\Delta y = 1)}$$

$$K_x = \frac{1}{\frac{1}{m\beta_y} + \frac{1}{\beta_x}} = \frac{1}{\frac{1}{35,1 \cdot 1,07} + \frac{1}{22}} = 13,9 \frac{\text{kmol}}{\text{m}^2 \cdot \text{soat}(\Delta x = 1)}$$

Tekshirish: $K_x/K_u=13,9/0,396=35,1=m$

Fazalar diffuzion qarshiliklarining nisbati:

$$\frac{m}{\beta_x} : \frac{1}{\beta_y} = \frac{1,595}{0,935} = 1,71$$

Xuddi shunday nisbat Δx harakatlantiruvchi kuch uchun ham bo'ladi.

Suyuq fazaning diffuzion qarshiligi gaz fazanikidan 1,71 marta katta.

3. Havoni quritishga ishlatiladigan sulg'fat kislota sarfini quyidagi sharoitlar uchun aniqlang. Skrubberning unumdorligi $500 \text{ m}^3/\text{soat}$ (normal sharoitdagi quruq havo hisobida). Havodagi namlik miqdori: boshlang'ich $0,016 \text{ kg/(kg quruq havo)}$; oxirgi $0,06 \text{ kg/(kg quruq havo)}$. Kislota tarkibidagi suvning miqdori: boshlang'ich $0,6 \text{ kg/(kg monogidrat)}$; oxirgi $1,4 \text{ kg/(kg monogidrat)}$. Quritish atmosfera bosimida amalga oshiriladi.

Echish. Havoning massa sarfi:

$$G = V \cdot \rho = 500 \cdot 1,293 = 646 \text{ kg/soat}$$

Sulg'fat kislota sarfi (6.19-tenglamadan):

$$L = \frac{G(\bar{Y}_n - \bar{Y}_r)}{\bar{X}_n - \bar{X}_r} = \frac{646(0,016 - 0,006)}{1,4 - 0,6} = 8,1 \text{ kg/coam}$$

4. Havo tarkibidagi atsetonni yuttirishga mo'ljallangan skrubberga 3000 kg/soat suv beriladi. Skrubberdagi o'rtacha temperatura 20°S . Unga kirayotgan havoning bosimi atmosfera bosimiga teng va 6% (hajm) atsetoni bor. Toza havoning sarfi $1400 \text{ m}^3/\text{soat}$ (normal sharoitda). Skrubberda 98 % atseton yutiladi. Muvozanat chizig'i tenglamasi

$u^*=1,68x$ bo'lib, x va u^* lar kmol atseton/kmol havo (yoki suv) birliklari bilan ifodalanadi. Uskuna $25 \times 25 \times 3$ mm o'lchamli nasadkalar bilan to'ldirilgan. Suvning tiqilib qolish tezligi $W_t=1,56$ m/s, ishchi tezligini undan 25 % kam qilib oling. Massa o'tkazish koeffitsienti $K_u=0,4$ kmol atseton/($m^2 \cdot \text{soat} \cdot \text{kmol atseton /kmol havo}$). Nasadkaning ho'llanganlik koeffitsienti birga teng. Skrubberning diametri va balandligini toping.

Echish. YUtiladiganatsetonmiqdori:

$$M = \frac{V y_n c_{ю}}{(1 - y_n) 22,4} = \frac{1400 \cdot 0,06 \cdot 0,98}{0,94 \cdot 22,4} = 3,9 \text{ кмол/ч}$$

Skrubberga kirayotgan suvdagi atseton miqdori $X_t=0$, chiqayotgandagisi:

$$X_n = \frac{M}{(L / M_c)} = \frac{3,9}{3000/18} = 0,0234 \text{ кмол ацетон/кмол сув}$$

Skrubberga kirayotgan havodagi atsetonning boshlang'ich konsentratsiyasi:

$$Y_n = y_n / (1 - y_n) = 0,06 / 0,94 = 0,0639 \text{ кмол atseton/kmol havo}$$

CHiqayotgan havodagi atseton konsentratsiyasi:

$$Y_T = \frac{y_n(1 - c_{ю})}{1 - y_n} = \frac{0,06(1 - 0,98)}{1 - 0,06} = 0,00128 \text{ кмол ацетон/кмол havo}$$

Topilgan A (U_t ; X_t) va V (U_p ; X_p) nuqtalar bo'yicha ishchi chizig'ini va $U^*=1,68 x$ tenglama bo'yicha muvozanat chizig'ini ko'rib undan $Y_n^*=0,0393$ kmol atseton/kmol havo ekanligini aniqlaymiz.

Skrubberning pastidagi harakatlantiruvchi kuch:

$$\Delta U_p = U_p - Y_n^* = 0,0639 - 0,0393 = 0,0246 \text{ кмол atseton/kmol havo}$$

U^* ning qiymatini quyidagicha topsa ham bo'ladi:

$$Y_n^* = 1,68 X_p = 1,68 \cdot 0,0234 = 0,0393 \text{ кмол atseton/kmol havo}$$

Skrubber tepasidagi harakatlantiruvchi kuch:

$$\Delta U_t = U_t - Y_T^* = 0,0639 - 0,0393 = 0,0246 \text{ кмол atseton/kmol havo}$$

O'rtacha harakatlantiruvchi kuch:

$$\Delta U_{o,r} = \frac{\Delta Y_n - \Delta Y_T}{2,3 \lg(\Delta Y_n / \Delta Y_T)} = \frac{0,0246 - 0,00128}{2,3 \lg(0,0246 / 0,00128)} = 0,0079 \frac{\text{кмол ацетон}}{\text{кмол хаво}}$$

Talab qilinadigan modda o'tkazish yuzasi:

$$F = \frac{M}{K_y \Delta Y_{yp}} = \frac{3,9}{0,4 \cdot 0,0079} = 1230 \text{ м}^2$$

Bunday yuzani hosil qiladigan keramik halqaning hajmi:

$$V_x = N_n S = F / \delta = 1230 / 204 = 6 \text{ м}^3$$

bu erda $\delta = 204 \text{ м}^2/\text{м}^3$ – nasadkaning solishtirma yuzasi (jadvaldan olinadi).

Skrubberdagi ishchi tezlik (masala shartiga ko'ra):

$$W = 0,75 W_t = 0,75 \cdot 1,56 = 1,17 \text{ м/с}$$

Skrubberning ko'ndalang kesim yuzasi:

$$S = \frac{G}{3600 W \rho_r} = \frac{1400 \cdot 1,293}{3600 \cdot 1,17 \cdot 1,293 \cdot (273 / 293)} = 0,358 \text{ м}^2$$

Skrubberning diametri

$$D = \sqrt{S / 0,785} = \sqrt{0,358 / 0,785} = 0,675 \text{ м}$$

Nasadkaning talab qilinadigan balandligi:

$$H_n = V_x / S = 6 / 0,358 = 16,8 \text{ m.}$$

5. Atmosfera bosimida inert gaz (azot) tarkibidan oltingugurt ikki oksidini yuttirishga mo'ljallangan nasadkali absorberdagi gaz faza uchun massa berish koeffitsientini aniqlang. Uskunadagi temperatura 20°S bo'lib, u plenkali rejimda ishlaydi. Absorber koks bo'laklari bilan tuldirilgan ($\delta = 42 \text{ m}^2/\text{m}^3$, $V_{\text{bush}} = 0,58 \text{ m}^3/\text{m}^3$), undagi fiktiv tezlik $0,35 \text{ m/s}$.

Echish. (6.31)-tenglamaga asosan:

$$\text{Nu}_r^1 = 0,407 \text{Re}_r^{0,655} (\text{Pr}_r^1)^{0,33}$$

bu erda $\text{Re}_g = 4W\rho_g/(\delta\mu_g) = 4 \cdot 0,35 \cdot 1,16 / (42 \cdot 0,0175 \cdot 10^{-3}) = 2210$

$\rho_g = 28 \cdot 273 / (22,4 \cdot 293) = 1,16 \text{ kg/m}^3$ – azotning zichligi

$\mu_g = 0,175 \cdot 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$ – azot qovushoqligining dinamik koeffitsienti (jadvaldan olinadi).

Diffuziya koeffitsienti D_g ni havonikiga teng deb qabul qilamiz:

$$D_g = 10,3 \cdot 10^{-6} (293/273)^{1,5} = 11,45 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\text{Rr}' = \mu_g / (\rho_g D_g) = 0,0175 \cdot 10^{-3} / (1,16 \cdot 11,45 \cdot 10^{-6}) = 1,32$$

Nusselg' diffuzion kriteriysi:

$$\text{Nu}_r' = \beta_r d_s / D_r = 0,407 \cdot 2210^{0,655} \cdot 1,32^{0,33} = 69$$

Ekvivalent diametr

$$d_e = 4V_{\text{bush}}/\delta = 4 \cdot 0,58 / 42 = 0,055 \text{ m}$$

Massa berish koeffitsienti:

$$\beta_r = \frac{\text{Nu}_r' D_r}{d_s} = \frac{69 \cdot 11,45 \cdot 10^{-6}}{0,055} = 144 \cdot 10^{-4} \text{ m/c}$$

V. KONTROLMASALALAR

1. (6.1) –

misolning shartlari bo'yicha massao'tkazish jarayonining boshlang'ich vaqtidagi harakatlantiruvchi kuchni gaz vasuyuq fazalar hajmiy mol va hajmiy massakonsentratsiyalari uchun aniqlang. (Javoblar: $\Delta S_u = 5,15 \cdot 10^{-3}$; $\Delta \bar{C}_y = 0,1340 \text{ kg S}_2\text{N}_2 / \text{m}^3 \text{ gaz}$; $\Delta S_x = 5,26 \cdot 10^{-3}$; $\Delta \bar{C}_x = 0,1369 \text{ kg S}_2\text{N}_2 / \text{m}^3 \text{ suyuqlik}$).

2. Tarkibida 50 % xloroform va 50 % (mol) benzol bo'lgan bug' aralashmasi 44 % xloroform va 56 % benzoldan tarkib topgan suyuqlik bilan atmosfera bosimida kontaktlashadi. Suyuqlik va gazning muvozanat tarkiblarini jadvaldan olib quyidagilarni toping:

a) xloroform va benzol qaysi fazadan boshqasiga o'tadi; b) bug'ning suyuqlikka kirish joyidagi harakatlantiruvchi kuchni (mol ulushlarda), bug' va suyuqlik bo'yicha (Javob: $\Delta x = 0,08 \text{ kmol xloroform/kmol aralashma}$; va $\Delta u = 0,1 \text{ kmol xloroform/kmol aralashma}$).

3. Suv bilan sug'oriladigan absorberda bosim $R_{abs}=1,07 \text{ kgs/sm}^2$, $\beta_u=2,76 \cdot 10^{-3} \text{ kmol / (m}^2 \cdot \text{soat} \cdot \text{kPa)}$, $\beta_x=1,17 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$ va muvozanat chizig'ining tenglamasi mol ulushlarda $u^*=1,02 x$. Massa o'tkazish koeffitsientini toping. [Javob: $0,00122 \text{ kmol/(m}^2 \cdot \text{soat} \cdot \text{kPa)}$].

4. Skrubberda atmosfera bosimida (760 mm.sim.ust.) inert gaz (azot) tarkibidan oltingugurt ikki oksidi suvga yutiladi. SO_2 ning gazdagi boshlang'ich konsentratsiyasi 5 % (hajm). Suvning temperaturasi 20°S , uning sarfi nazariy minimal qiymatidan 20 % ko'p. Gazdan 90% SO_2 yutiladi. Quyidagilarni toping:

1) 1000 kg/soat gazni yutishga etarli suvning sarfini; 2) jarayonning o'rtacha harakatlantiruvchi kuchini; 3) n_{oy} umumiy o'tkazish birligi sonini. Muvozanat chizig'i to'g'ri chiziq, uning koordinatalari: a) SO_2 ning gazdagi parsial bosimi $r=39 \text{ mm.sim.ust.}$, $\bar{X}=0,007 \text{ kg SO}_2/\text{kg suv}$; b) $r=26 \text{ mm.sim.ust.}$, $\bar{X}=0,005 \text{ kg SO}_2/\text{kg suv}$.

5. Diametri 0,5 m bo'lgan skrubberga $550 \text{ m}^3/\text{soat}$ (760 mm.sim.ust. va 20°S da) miqdorda tarkibida 2,8 % (hajm) ammiak bo'lgan havo beriladi. Ammiak atmosfera bosimida suvga yutiladi. YUtilish koeffitsienti 0,95. Suvning sarfi nazariy minimal qiymatidan 40 % ko'p. Nasadkaning ho'llanganlik koeffitsienti $\psi=0,9$. Quyidagilarni toping: 1) Suvning sarfini; 2) n_{oy} umumiy o'tkazish birligi sonini; 3) $50 \times 50 \times 5 \text{ mm}$ o'lchamli nasadkalardan hosil qilingan qatlamning balandligini. Massa o'tkazish koeffitsienti: $K_u=0,001 \text{ kmol ammiak / [m}^2 \cdot \text{s (kmol ammiak/ kmol havo)]}$. Suyuqlikvagazkonsentratsiyalariningmuvozanattarkiblari quyidagicha:

X	0	0,005	0,01	0,0125	0,015	0,02	0,023
U*	0	0,0045	0,0102	0,0138	0,0183	0,0273	0,0327

(Javob: $L=760 \text{ kg/soat}$; $N_n=1,93 \text{ m}$; $n_{ou}=4,68$).

KONTROL MASALALAR

1. Suv bilan sug'oriladigan absorberda bosim $R_{abs}=1,07 \text{ kgs/sm}^2$, $\beta_u=2,76 \cdot 10^{-3} \text{ kmol / (m}^2 \cdot \text{soat} \cdot \text{kPa)}$, $\beta_x=1,17 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$ va muvozanat chizigining tenglamasi mol ulushlarda $u^*=1,02 x$. Massa utkazish koeffitsientini toping. [Javob: $0,00122 \text{ kmol/(m}^2 \cdot \text{soat} \cdot \text{kPa)}$].

2. Skrubberda atmosfera bosimida (760 mm.sim.ust.) inert gaz (azot) tarkibidan oltingugurt ikki oksidi suvga yutiladi. SO_2 ning gazdagi boshlang'ich konsentratsiyasi 5 % (xajm). Suvning temperaturasi 20°S , uning sarfi nazariy minimal kiymatidan 20 % kup. Gazdan 90% SO_2 yutiladi. Kuyidagilarni toping:

1) 1000 kglarsoat gazni yutishga etarli suvning sarfini; 2) jarayonning urtacha xarakatlantiruvchi kuchini; 3) n_{oy} umumiy utkazish birligi sonini. Muvozanat chizigi tugri chizik, uning koordinatalari: a) SO_2 ning gazdagi parsial bosimi $r=39 \text{ mm.sim.ust.}$, $\bar{X}=0,007 \text{ kg SO}_2/\text{kg suv}$; b) $r=26 \text{ mm.sim.ust.}$, $\bar{X}=0,005 \text{ kg SO}_2/\text{kg suv}$.

7-8 mavzu. Ekstraksiyalash

1. «Suyuqlik - suyuqlik», «Qattiqjism - suyuqlik» sistemasida ekstraksiyalash Umumiy tushunchalar

Gʻovaksimon qattiqjism tarkibidan biri yoki bir nechta komponentlarni ajratib olish jarayoni «**qattiq jism - suyuqlik» sistemasida ekstraksiyalash** deb ataladi.

Qattiq jismdan biri yoki bir nechta komponentni selektivlik krbiyatiga ega boʻlgan erituvchiyordamida ajratib olish jarayoni **eritish** deb nomlanadi.

Ushbu jarayon ekstraksiyalash jarayonining xususiy xolidir.

Kime, oziq-
ovqat va boshqa sanoatlarda juda katta miqdordagi qattiq jismlar eritish jarayoni yordamida qayta ishlanadi. Ekstraksiyalash hishkor, kislota, tuzlar, kand, oʻsimlik moylar, sharbatlar, vitaminlar, turlidori, rangli va nodir metallar va xokazolarni olishda ishlatiladi. Ekstraksiyalash jarayonidagi kerakli komponentni qattiq fazadani diffuziya yoʻli orqali suyuqlik fazaga oʻtadi. Buning uchun shu komponentni eritadigan tegishli erituvchi tanlab olinishi kerak. SHuni alohida taʼkidlash kerakki, ekstraksiyalash va eritish jarayonlari «qattiq jism - suyuqlik» sistemasida olib boriladi. Ekstraksiyalash 2 bosqichda oʻtadi:

- 3) komponentning qattiq jismlar ichki qismidan tashkari yuzasiga diffuziya yoʻli bilan oʻtishi;
- 4) komponentning diffuziya jarayonini tufayli qattiq jismini yuzasidan chegaraviy katlam orqali suyuqlik fazaga oʻtadi. Bu jarayon noturgoʻn boʻlib, vaqt buyicha oʻzgaradi.

Eritkichlarni hisoblash

Oxirgi yillarda yaratilgan qattiq jismlar ekstraksiyalash jarayonining zonal usuli, noturgoʻn massa oʻtkazuvchanlik masalasini echishga asoslangan.

Tugʻri,

geometrik shakldagi jismlar ekstraksiyalash jarayonining davomiyligini hisoblash uchun ushbu formulani qullash mumkin:

$$\tau_i = \sum_i^n \frac{\ln \prod_1^s \frac{\rho_{j,i}}{E_i}}{k_i \sum_{j=1}^n \frac{\mu_{j,i}}{R_j^2}}$$

bu erda $\mu_{j,i}$ va $\rho_{j,i}$ - j-yoʻnalishidagi jism shakliga va namlik oʻzgarishi i oraligidagi

Lekin, massa o'tkazuvchanlik koeffitsienti buyicha tajriba ma'lumotlari etarli bulmagani uchun, ushbu usuliing amaliyotda kullanilishi ma'lum kiyinchiliklarga duch kelmokda.

SHuning uchun ekstraktorlarni hisoblash usuli konsentratsiya o'zgarishida nazariy pogonalar sonini aniqlashga asoslangan usul keng kulamda ish-latiladi. Hisoblash usuliga f.i.k. ning kiritilishi kup pogonyali qurilmalarning haqiqiy pogonalar soni yoki uzunligini topish imkonini beradi.

Nazariy pogonalar soni uchburchakli diagrammadan foydalanib grafik usulda aniqlanadi.

ROTOR-DISKLI EKSTRAKTOR HISOBI

Benzin yordamida suvdagi fenol ajratib olinayotgan ekstraksiya jarayonini amalga oshirish uchun mo'ljallangan rotor-diskli ekstrakorning asosiy o'lchamlari quyidagi sharoitlarda aniklansin [6]:

- aralashma sarfi $V_x = 0,001389 \text{ m}^3/\text{s}$ yoki ($5 \text{ m}^3/\text{soat}$);
- suvdagi fenolning boshlangich konsentratsiyasi $S_{bk} = 0,3 \text{ kg/m}^3$;
- suvdagi fenolning oxirgikonsentratsiyasi $S_{ok} = 0,009 \text{ kg/m}^3$; (97%);
- ekstragent tarkibidagi fenolning boshlang'ich konsentratsiyasi $S_{un} = 0,01 \text{ kg/m}^3$;
- ekstraktordagi temperatura $t = 25 \text{ }^\circ\text{S}$.

$$V_u = V_d = 0,002778 \text{ m}^3/\text{s}; \quad m = 2,22; \quad m_n = 0;$$

$$r_s = 997 \text{ kg/m}^3; r_l = 874 \text{ kg/m}^3; \quad \Delta r = 123 \text{ kg/m}^3$$

$$\mu = 0,894 \text{ mPas}, \quad \mu = 0,6 \text{ mPa s}, \quad D_c = 1,05 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s};$$

$$D_d = 2 \cdot 10^{10-9} \text{ m/s}, \quad \sigma = 0,0341 \text{ N/m} \quad F = 0,382.$$

Bunday ajratib olish darajasi bo'lganda benzoldagi fenolning oxirgi konsentratsiyasi quyidagiga teng buladi:

$$S_{uo} = S_{ub} + (V_x/V_u) \cdot (S_{xb} - S_{xo}) =$$

$$= 0,01 + (0,001389/0,002778) \cdot (0,3 - 0,009) = 0,1555 \text{ kg/m}^3$$

Rotor-diskli ekstraktorlarni hisoblashda faqat kolonnaning diametri va ishchi qismining balandligini anikpash etarli emas. SHuning uchun uning ichki qurilmalarning o'lchamlari (disk va stator halqalar diametrlari, disklar orasidagi masofa) va diskning aylanish chastotasini xam aniklash kerak. Rotor-diskli ekstraktorlarni hisoblash uchun 3.6 - rasmda keltirilgan sxemadagi uslubdan foydalaniladi:

Kurilmaning ichki uskuna uyachamlari uchun quyidagi nisbatlarni kabul qilamiz:

$$D_r/D=2/3$$

$$D_s/D=3/4$$

$$h/D=L/3$$

va $nDp = 0,2$ m/s sharoitda ishlayotgan ekstraktorning o'lchamlarini hisoblaymiz.

Tomchilarning o'rtacha diametrini aniqlash uchun seksiyalar (disklar) sonini bilim kerak. SHuning uchun seksiyalar sonini $N = 20$ deb qabul qilib olamiz va unda quyidagi natijani olamiz:

$$d=16,7((0,894 \cdot 10^{-3})(0,0341)^{0,3})/(0,2^{0,9} \cdot 997^{0,8} \cdot 9,81^{0,2} \cdot 20^{0,28})=0,00203 \text{ m}=2,03 \text{ mm}$$

$N=1$ ko'ysak, tomchilarning o'rtacha o'lchami $d = 2,08$ mm ligini bilamiz va bu o'lcham $N = 20$ dagi d qiymatidan 25% ga farq qiladi. Tomchilarning o'lchami va ekstraktorning qolgan boshqa gidrodinamik parametrini qaytadan hisoblashga o'rinyo'q, chunki bunday chetgacha qishyuqorndak eltirilgan tenglamaning aniklik doirasida joylashgan. Kolonnaning balandligi ga bog'liq bo'lgan dispersiya yuzadagi modda berish koeffitsientini xam mutlaqo'z garmaydi.

Agar hisoblash natijasida ekstraktorning balandligi boshida olingan qiymatdan farq qilganda, xam mahisoblashni takrorlashga to'g'ri keladi.

Tomchining o'rtacha o'lchamini aniqlashdan tortib ekstraktordagi kolonnaning balandligini hisoblash natijalarini shuniko'rsatadiki bo'ylama aralashtirishning salmog'ianchakatta. Bo'ylama aralashtirish yuqoriligi sababli kerakli ishchi zonasining balandligi 3 marta ortadi.

Ushbu misolda rotor-diskli ekstraktor hisobi $n-DF = 0,2$ m/s bo'lgan shart-sharoit uchun bajarilgan.

Ammo rotor-diskli ekstraktorni loyixalashda hisoblar $n-DP$ ko'paytmaning turli qiymatlari uchun bajarilishi kerak va olingan natijalardan optimal varianti tanlanishi zarur.

Sinov savollari

1. Qattiq jismlarni ekstraksiyalash deb nimaga aytiladi?
2. Eritish jarayoni statistikasi degan nima ni tushunasiz?
3. Ishkorlab ajratish ekstraktori nima ni konstruksiyalarini tushuntirib bering.
4. Lentali ekstraktori nima ni tuzilishini aytib bering.
5. Mavhum qaynash qatlamli ekstraktorda eritma uskunaning qaysi qismini dani kiritiladi.
6. Tug'ri, geometrik shakldagi jismlarni ekstraksiyalash jarayonining davomiyligini hisoblash tenglamasi?

Kristallanish

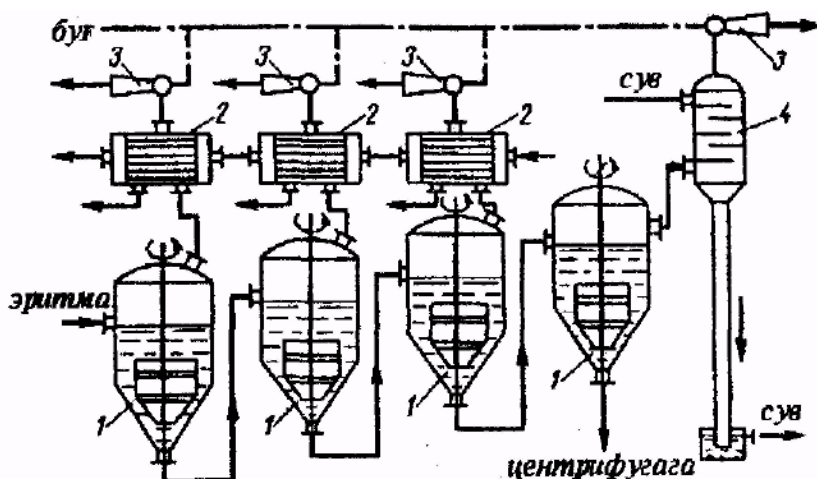
Eritmalardan erigan qattiq komponentlarni kristall xalda ajratib olish **kristallanish** jarayonid ebnomlanadi. Kristallanish gateskari jarayon eritish jarayonide yiladi.

Kristall degan daxar xil shakldagi, tekiskirralar bilan cheklangan bir jinsli qattiq moddalartushuniladi.

Kristallanish qattiq moddalarni toza xolda olishning asosiy usuli, chunki kristallanish jarayonida xardoim shu vday sharoit yaratish mumkinki, keraksiz moddalar eritmadakrilib, fatsatto zamodda kristallanadi.

Kristallanish jarayoni kimyo, neft kimyosi, metallurgiya, meditsina, farmatsevtika, ozik. - ovkat va boshqa sanoatlardami kyosdakuullaniladi. Kristallanish jarayonini o'tkazishdan maksad: eritmadankristallik fazani ajratish; birvakup boskichlik kristallarida aralashmalarni ajratish; moddalarni aralashmalardan utatozalash, minokristallaretishtirish. Kristallanish jarayonidaturliulchamlilikristallar, ya'nisochiluvchan maxsulotolinadi. Xar birmoddakristallarining o'zigaxos geometrik shakllaribor. Xammasibulib 32 xil kristallarsimmetriya o'nlaronimavjudvaular 7 takristallografikguruxga ajratilgan: kubik, trigonal, tetragonal, geksagonal, rombik, monoklin, triklin.

Kup korpusli vakuum — kristallash qurilmasi 5.130-rasmda keltirilgan. Odatda Bunday qurilmalar tarkibida 3...4 ta aralashtirgichli vakuum kristallizator bo'ladi. Eritma, xar bir quyidagi joylashgan korpusdan yuqoridagi korpusga vakuum xisobiga surib olinadi, xar bir korpus sirtiy kondensator va bug' oqimchali nasos bilan ta'minlangan. Oxirgi korpusdagi vakuum, barometrik kondensator yordamida xosil qilinadi. Sirtiy kondensatorlar boshlankich eritma yordamida sovutiladi. Suspenziya esa, oxirgi korpusdanchikariladi.



5.130-rasm. Kup korpusli vakuum-kristallash sxemasi.

1 - vakum-kristallizatorlar; 2 - sirtiy kontensatorlar; 3 — oqimchali nasos; 4 - barometrik kondensator.

Kup korpusli vakuum - kristallizatorlar tuzilishi sodda, iktisodiy jixatdan samarador va yirik kup tonnajli korxonalarda ishlatiladi.

9-10-mavzu

Nam materiallarni quritish

Kattiqvapastasi monmateriallarni suvsizlantirish yoʻlibilanolargaza'rur xossalarni berish, transport vositalarida uzatish va uzoq muddat davomida saqlash imkoniyatini beradi.

Suvsizlantirishni 3 xil usulda amalga oshirish mumkin:

1. Mexanik (siqish, choʻktirish, filtrlash, sentrifugalash va x..);
2. Fizik-kimyoviy (suvni oʻziga tortib oluvchi moddalar yordamida, ma-salan, kalsiy xlorid, sulfat kislota va x..);
3. Issiqlik taʼsirida suvsizlantirish, yaʼni quritish.

3. Nam xavoning asosiy parametrlari

Kuruk havoning suv bugʻi bilan aralashmasi **nam havo** deb nomlanadi. Nam xavo absolyut va nisbiy namlik, nam saklash, entalpiya, kuruk na havotermometr temperaturalari, parsial bosim kabi parametrlar bilan xarakterlanadi.

Absolyut namlik deb 1 m^3 nam xavo xajmidagi suv bugʻi (kg) miqdoriga aytiladi.

Agar parsial bosim p_6 da suv bush butoʻn xajmi, masalan 1 m^3 ni, egal-lasa, oʻnda, absolyut namlik suv buti zichligi ρ_6 ga teng.

Nisbiy namlik deb xavo absolyut namligining, tu'yinish paytidagi absolyut namlik nisbatiga aytiladi:

$$\varphi = \frac{\rho_6}{\rho_m} (1)$$

bu erda ρ_6 - tuyingan suv bugʻining zichligi, kg/m^3 ; ρ_m - suv bugʻaning zichligi, kg/m^3 .

Gaz tarkibidagi bugʻ-lar parsial bosimi, uning miqdoriga proporsional boʻlgani uchun, nisbiy namlik bir xil temperatura va bosimda uavodagi suv bugʻi parsial bosimi p_6 ning tu'intn suv bugʻ-lari bosimi p_x ga nisbati sifatida ifodalanishi

mumkin:

$$\varphi = \frac{p_{\delta}}{p_r} \text{ yoki } p_{\delta} = \varphi \cdot p_r \quad (2)$$

Nam saklash deb 1 kg absolyut kuruk. xavoga tugri keladigan suv bug‘lari (1 kg) mikdoriga aytiladi.

Nam uavoning solishtirma nam saklashi $\text{JC}(\text{kg/kg})$ yoki (i/kg) bilan belgilanadi. Xavoning nam saklashi ushbu nisbat orkali aniklanadi:

$$x = \frac{m_{\delta}}{m_{\text{akx}}} = \frac{\rho_{\delta}}{\rho_{\text{akx}}} \quad (3)$$

bu erda m_{δ} va m_{akx} - suv bug‘i va absolyut havohavo massalari, kg.

4. Namsaklashvanisbiynamliklarorasidagibog‘liqlik

Mendeleev

Klapeyronidealgazlarxolatiningtenglamasigabinoannamsaklashvanisbiynamliklarorasidagibog‘liqliknianiqlaymiz. Suv bug‘i va kuruk xavo zichliklarini ushbu tenglamalardan topish mumkin:

$$\rho_{\delta} = \frac{p_{\delta} \cdot M_{\delta}}{RT} \text{ va } \rho_{\text{akx}} = \frac{p_{\text{akx}} \cdot M_{\text{akx}}}{RT} \quad (4)$$

bu erda M_{δ} va M_{akx} -] mol suv bug‘a va absolyut kuruk. uavolar massalari, kg/kmol; p_{akx} - biror temperaturadagi kuruk. uvoning parsial bosimi, Pa; $R = 8314$ - gaz-ning universal doimiysi, J/(kmolK).

(4) ni (3) ga kuyib, ushbu kurinishli tenglamani olamiz:

$$x = \frac{M_{\delta}}{M_{\text{akx}}} \left(\frac{p_{\delta}}{p_{\text{akx}}} \right)$$

(5.195) Dalton **qonuniga** binoan $P = p_n + p_{\text{akx}}$. O‘nda:

$$p_{\text{akx}} = P - p_{\text{akx}} \quad (6)$$

(5.192) tenglamadan bilamizki, $p_{\delta} = \varphi p_m$

Agar, p_{akx} va p_{δ} qiymatlarini (5.195) ga 1uuysak:

$$x = \frac{18}{29} \frac{\varphi \cdot p_m}{P - \varphi p_m} = 0,622 \frac{\varphi \cdot p_m}{P - \varphi p_m} \quad (7)$$

bu erda $M_{\text{akx}} = 29 \text{ kg/mol}$; $M_{\text{g}} = 18 \text{ kg/mol}$

Entalpiya termodinamik sistemaning xolat fo'nsiyasi bo'lib, E xarfi bilan belgilanadi.

Nam xavo entalpiyasi kuruk xavo bilan shu nam zavoda bo'lgan suv bug'aning entalpiyalari yigindisiga teng:

$$I = c_{\text{akx}} \cdot t + x I_{\text{g}} \quad (8)$$

bu erda S_j - absolyut kuruk xavoning urtacha temperagurasya; $s_{\text{ts}} = 1000 \text{ J/(kg-K)}$; 1_v - suv bug'ining solishtirma entalpiyasi, J/(kg-K) .

Quritish jarayonida $x_{\text{g\&o}}$ bilan aralashmada bo'lgan suv bugi uta kizdirilgan xolatda bo'ladi. Uning solishtirma bug' xosil kilishi $r_{\text{g}} = 2493 \cdot 10^3 \text{ J/kg}$ bo'lsa, uta kizdirilgan suv bugining solishtirma issiqlik sigimi esa, $c_{\text{g}} \approx 1,97 \cdot 10^3 \text{ J/(kg-K)}$

Uta kizdirilgan suv butining solishtirma entalliyasi:

$$I_{\text{g}} = r_{\text{g}} + c_{\text{g}} I \approx 2493 \cdot 10^3 + 1,97 \cdot 10^3 \cdot t \quad (9)$$

Agar, (5.199) ni (5.198) ga fuysak, ushbu kurinishlagi tenglamaga erisha-miz:

$$I = (1000 + 1,97 \cdot 10^3 \cdot x) \cdot t + 2493 \cdot 10^3 \cdot x \quad (10)$$

5. Zichlik

Zichlik. Nam xavoning zichligi ρ_{akx} absolyut kuruk xuvo ρ_{akx} va suv bush ρ_{g} zichliklari yigindisiga tsng. Agar, $\rho_{\text{g}} = x \cdot \rho_{\text{akx}}$ ekanligini inobatga olsak, ushbu tenglamani olamiz:

$$\rho_{\text{akx}} = \rho_{\text{akx}} + \rho_{\text{g}} = \rho_{\text{akx}} (1 + x) \quad (11)$$

Mendeleev - Klapayronning xolat tenglamasiga binoan absolyut kuruk xavo zichligi quyidagi tenglamadan aniklanadi:

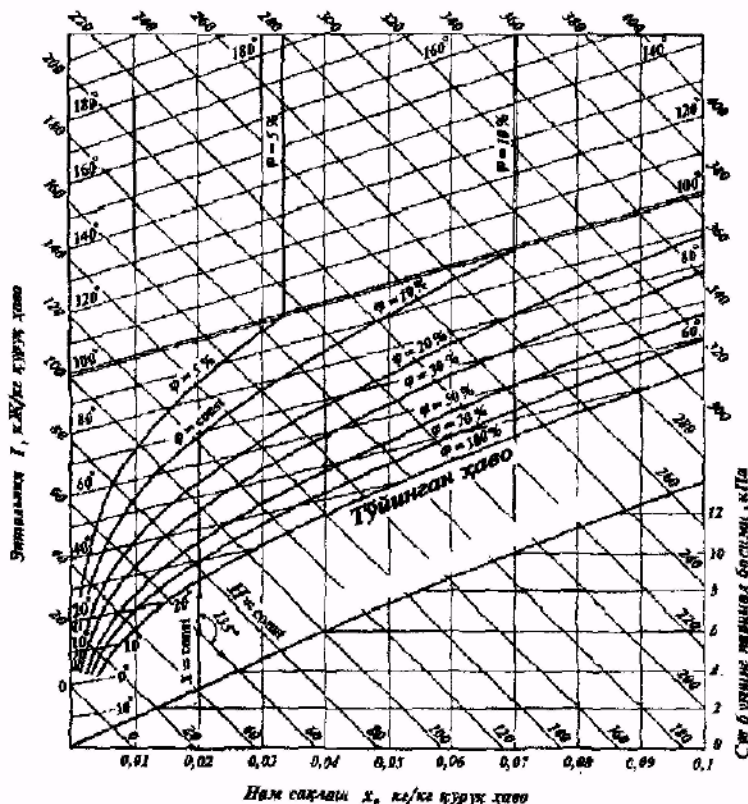
$$\rho_{\text{akx}} = \frac{M_{\text{akx}} \cdot p_{\text{akx}}}{RT} = \frac{29 p_{\text{akx}}}{8314 \cdot T} = \frac{P - p}{287T} \quad (12)$$

(17) tenglamadan x va (12) dan ρ_{akx} kiymatlarini olib (11) ga kuysak, ushbu kurinishli ifodani olamiz:

$$\rho_{ux} = \frac{P - 0,378 \cdot p_6}{287T} (13)$$

Isitish, sovitish va quritish jarayonlarida xavoning asosiy xossalari uzgarishi tasvirlangan va texnik xisoblashlar uchun etarli aniklikda L.K. Ramzinning entalpiya diagrammasi yordamida aniklanishi mumkin.

I - xdiagramma o'zgarmas bosim $p = 745 \text{ mm.sim.ust.}$ (-99 kPa) uchun kurilgan (3-rasm). Diagramma entalpiya / (ordinata uki) - nam saklash (abssissa uki) koordinatalarida kurilgan.



3-rasm. Ramzshshiyag 1-x diagrammasi.

Koordinata φ lari 135° burchak ostida joylashtirilgan. Diagrammadan foydalanish kulay bulishi uchun nam saklash qiymatlari ordinata ukiga perpendikulyar, ya'ni kushimcha gorizontalar ;ukga proeksiyalangan.

Diagrammaga quyidagi chiziklar utkazilgan: ordinata *ukiga* parallel ($x=const$), uzgarmas nam saklash vertikal chiziklar; kushimchaabssissa ukiga 135° burchakda o'tkazilgan o'zgarmas entalpiya ($I=const$) n;iya chiziklari; o'zgarmas temperatura (izoterma) chiziklari; o'zgarmas nisbiy namlik ($\varphi=const$) chiziklari; nam xavodagi suv bug'aning parsial bosim p_6 chiziklari.

O'zgarmas temperatura chiziklari (10) tenglama yordamida kuriladi. Buning uchun x_1

va x_2 parametrlarning istalgan qiymatlari kabul kilinib, ularga tegiishi I_1 va I_2 qiymatlari xisoblanadi.

O‘ndan keyin, diagrammada koordinatlari I_1 , x , va I_2 , x_2 bo‘lgan nuqtalar aniklanadi. Topilgan nuqtalar turi chizik. bilan birlashtiriladi va u izoterma deb nomlanadi.

O‘zgarmas nisbiy namlik chiziklari (7) tenglama yordamida kuriladi. $\varphi = \text{const}$ chiziklari koordinatalari $t = -273^\circ\text{C}$ va $d = 0$ bo‘lgan nuqtadan tarkiduvchi egri chiziklar dastasini xosil qiladi.

Xavoning suv bugi bilan tuyinish, chizigi, ya’ni $\varphi = 100\%$, diagrammani tuyinmagan nam xavo va chizik ostida joylashgan, suv buri bilan *fratuyingan* xavo zonalariga ajratadi.

Suv bug‘ining parsial bosim chiziklari (2) tenglamani inobatga olgan xolda (7) tenglamadan aniklanadi:

$$p_6 = \frac{p_x}{0,622 + x} \quad (4)$$

Suv bug‘ining **parsial bosimi** **1-x** diagrammaning pastki qismida joylashgan. Diagramma yordamida nam havoning istalgan ikki parametri ma’lum bulsa, k.olgan parametrlarini topish mumkin.

1-x diafamma yordamida, nam havoning istalgan ikki parametri orkali solgan parametrlarini topish mumkin. Masalan: xavo temperaturasi $t = 55^\circ\text{C}$ va nisbiy namligi $\varphi = 70\%$ bo‘lgan parametrlar uchun nuqta A ni aniqlaymiz (3a-rasm). Bu nuqta uchun nam saklash parametri $x = 0,0608 \text{ kg namlik/kg kuruk xavo}$ va entalpiyasi $h = 207,25 \text{ kJ/kg kuruk xavo}$.

Xavoninguzgarmasnam saklash parametr idasovishi,
uningsuv bug‘laribilanbutunlaytuyinishinatijasida,
xavoyokigaz tarkibidagisuvbukpariningkondensatsiyalanishiruyberadi.
Ushbutemperaturashudringnuqtasideb nomlg nadi.

11-12-mavzu

Mexanik jarayonlar. Qattiq jismlarni maydalash

Issiklik mashinish qurilmalarini mexanik xisoblash.

Buxisoblash, qurilmaning detal, kismvabulaklarini mustaxkamlikka tekshirishdan

iboratdir.

Silindrik obechaykani xisoblash.

Ichki bosim ishlaydigan qurilmasining obechaykasida mustaxkamligi ushbu formula yordamida xisoblanadi.

$$S \frac{P_{\text{кис}} \cdot D_{\text{иц}}}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma_{\text{пэ}}] - P_{\text{кис}}} + C + C_1$$

Bu erda s – obechayka devorining kalinligi, m; $r_{\text{кис}}$ – xisoblab aniklanadigan bosim, MPa; $D_{\text{иц}}$ – qurilmaning ichki diametri, m; φ - payvandlash chokining mustaxkamligi; C – texnologik, montajlarni xisobga oluvchi yaxlitlangan kushimcha kalinlik, m

$\sigma_{\text{пэ}}$ - materialning ruxsat etilgan kuchlanishi. Ba'zi materiallar uchun 2 – rasmda $\sigma_{\text{пэ}}$ - son kiymatlari keltirilgan.

$\varphi = 1,0$ – bunday mustaxkamlikni uchmu-uch va tavrli birikmalarni ikki tomonlama, avtomatik payvandlash beradi;

$\varphi = 0,95$ - bunday mustaxkamlikni uchmu-uch va tavrli birikmalarni ikki tomonlama kulda payvandlash beradi;

$\varphi = 0,9$ - bunday mustaxkamlikni uchmu-uch va tavrli birikmalarni ikkibir tomonlama payvandlash beradi;

$\varphi = 0,8$ - bunday mustaxkamlikni uchmu-uch va tavrli birikmalarni ikki tomonlama, avtomatik payvandlash beradi;

Xisoblanadigan kalinlikka beriladigan kushimcha kalinlikning mikdori korroziya tezligi va qurilmaning ishlatish davomiyligiga boglikdir. Masalan: 10 yil mobaynida ishlatiladigan qurilmada korroziya tezligi 0,1 mm/yil bulsa, $S = 1\text{mm}$ ga teng buladi.

Agressiv muxitning korroziya ta'siri tufayli beriladigan materialga kushimcha kalinlik ushbu formula bilan aniklanadi:

2-rasm. St.3 (1) va X18N10T (2) pulatlar uchun $\sigma_{\text{пэ}}$

$$S = P \cdot \tau_a$$

P – korroziya tezligi, mm/yil; τ_a amortizatsiya muddati, yil.

Mustaxkamlanmagan teshik va payvandlash choklari tufayli obechayka mustaxkamligining kamayishin φ koefitsienti xisobga oladi.

Teshik tufayli obechaykaning mustaxkamligining kamayishin esa, ushbu formuladan topish mumkin:

$$\varphi_o = \frac{D_{u\chi\kappa u} - d_o}{D_{u\chi\kappa y}}$$

Ruxsat etilgan bosim kuyida keltirilgan formuladan aniklanadi:

$$P_{o3} = \frac{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma_{p3}] \cdot (S - C)}{D + S - C}$$

YUkorida keltirilgan S va σ_{p3} formulalar ushbu shart bajarilgandagina
Kullaniladi:

$$\frac{S - C}{D} \leq 0,1$$

Kopkoklarni xisoblash

Elliptik shakldagi devorning kopkok devorining kalinaligi kuyidagi formula yordamida aniklanadi:

$$S_1 = \frac{P_{xuc} \cdot R}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma_{p3}] - 0,5 \cdot P_{xuc}} + C + C_1$$

Bu erda $R = D^2/4H$. Standart kopkoklar uchun $N = 0,25$ bulganda, $R = D_{ich}$.
Ruxsat etilgan bosim esa,

$$P_{p3} = \frac{2 \cdot (s_1 - C) \cdot \varphi \cdot [\sigma_{p3}']}{R + 0,5 \cdot (s_1 - C)}$$

YUkorida berilgan S_1 va R_{re} formulalar ushbu bajarilgandagina kullaniladi:

$$\frac{s_1 - C}{D_{u\chi}} \leq 0,1 \quad \text{va} \quad N \geq 0,2 \cdot D_{u\chi}$$

Konusli kopkokning 1_{kop}

$$1_{kop} = 0,5 \sqrt{\frac{D_{u\chi} \cdot (s_1 - C)}{\cos \alpha}}$$

Masofadagi kalinaligi s_1 mana bu tenglamadan topish mumkin:

$$S_1 = \frac{P_{xuc}}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma_{p3}] - P_{xuc}} \cdot \frac{D_{uq}}{\cos \alpha} + C + C_1$$

Silindrik kismining 1_μ

$$l_\eta = 0,5 \cdot \sqrt{D_{uq} \cdot (s_1 \cdot -C)}$$

Masofadagi kalinligi s_1 esa ushbu formuladan aniklanadi.

$$S_1 = \frac{P_{xuc} \cdot D_{uq} \cdot Y}{4 \cdot \varphi \cdot [\sigma_{p3}]} + C + C_1$$

YUkorida keltirilgan konus va silindrik kismlarning kalinliklarini tegishli formulalarda xisoblab chikilgan s_1 larning eng kattasi kabul kilinadi, lekin s_1 obechaykaning kalinligi s dan kam bulishi mumkin emas, ya'ni ($s_1 > s$)

Dumalok, yassi kopkoklar kalinligi ushbu formulajdan aniklanadi:

$$S_1 = \left(\frac{K}{K_o} \right) \cdot D_{uq} \cdot \sqrt{\frac{P_{xuc}}{[\sigma_{p3}]}} + C + C_1$$

Bu erda K – kopkok konstruksiyasiga boglik va u maxsus adabietlardagi jadvaldan tanlanadi [30,31].

Energetik sarflarni xisoblash

a) qurilma va uskunalarga xizmat kilayotgan elektrodvigatellarning bir soatlik kuvvati kuyidagiga teng:

$$N_{soat} = N_1 + N_2 \dots + N_n \text{ [kVm]}$$

Birsutkasigaesa,

$$N_{cym} = N \cdot \tau$$

b) qurilma va uskunalarga ishlayotgan bug sarfi:

$$D_{soat} = D_1 + D_2 \dots + D_n \quad \text{[kg/soat]}$$

Bir sutkasiga esa,

$$D_{cym} = D \cdot \tau$$

v) qurilma va u kunalardagi suv sarfi:

$$W_{soat} = W_1 + W_2 + \dots + W_n \text{ [kg/soat]}$$

Bir sutkasiga esa,

$$W_{cym} = W \cdot \tau$$

Flanetsli birikmalarni xisoblash.

Ushbu xisoblashda boltlar (yoki shpilkalar) diametri, ularning sonini va flanens elementlarining ulchamlarini aniklashdan iboratdir.

Ishchi sharoitida boltlarga ta'sir etayotgan chuzuvchi kuchlarning mikdori quyidagi formuladan xisoblanadi.

$$P_{\sigma} = \frac{\pi \cdot D_n^2}{4} \cdot p + P_n$$

D_n - kistirmaning urtacha diametri, m; R_n - zislashtirish yuzasiga tushayotgan kuch, MN; p - ishchi bosim, MPa.

Tugri turtburchak kundalang kesimli kistirmaning zichlash uchun zarur sikilish kuchi ushbu tenglamadan topiladi.

$$P_n = \pi \cdot D_n \cdot b \cdot k \cdot p$$

b - kistirmaning effektiv eni, m; k - kistirmaning materiali va shakliga bogliq koeffitsient (tekis rezina uchun $k=1,0$; ftoroplast, paronit, charm uchun $k=2,5$).

Flanetsdagi bolt uchun teshiklar aylanasi diametrini quyidagi formula bilan topish mumkin:

$$D_{\sigma} = (1,1 + 1,2) \cdot D_{uq\phi}^{0,933}$$

D_{ichf} - flanetsning ichki diametri, odatda qurilmaning tashqi diametriga teng buladi. Boltlarning diametri ushbu

$$d_o = \frac{D_{\sigma} - D_r}{2} - 0,006$$

Formuladan topiladi va kam son kiyamat tomoniga yaxlitlanadi. Bu erda D_g - flanets payvandlash chokining diametri, m.

Boltlar soni ushbu formuladan aniklanadi:

$$z = \frac{P_{\sigma}}{\sigma_{p\sigma} \cdot F_{\sigma}}$$

Bu erda F_b bolt rezbasining ichki diametri buyicha aniklangan kundalang kesim yuzasi, m²; $\sigma_{p\sigma}$ - boltlar chuzilishiga ruxsat etilgan kuchlanish.

Xisoblab topilgan boltlar soni yaqinidagi butun songacha yaxlitlanadi. Bu son 4 karra bulishi kerak.

Flanets tashki diametri esa, ushbu tenglama orkali xisoblanadi:

$$D_f = D_b + (1,8 \div 2,5) d_b$$

Tekis flanetsning balandligini topish uchun dastlab quyidagi qiymatlar aniqlanadi.
Ishchisharoitidaflanetsgatushayotganyuklama

$$P = \frac{D_\phi}{D_\phi - D_{uq}} \cdot \left[P_\phi \frac{D_{uq}}{D_\phi} \cdot \left(\frac{D_\phi}{D_n} - 1 \right) + \frac{\pi \cdot D_n^2}{4} \cdot p \cdot \left(1 - \frac{D_\phi}{D_n} \right) \right], \quad [\text{MN}]$$

$$\Phi = \left(\frac{P}{\sigma_T} \right) \cdot \psi_1, \quad [\text{m}^2]$$

$$A = 2 \cdot \psi_2 \cdot \delta^2, \quad [\text{m}^3]$$

σ_T - ishchi temperaturada flanets materialining okuvchanlik chegarasi, MN/m²;
 δ - flanets bilan birlashtirilgan obechaykaning kalinligi, m; ψ_1, ψ_2 - koeffitsientlar, 1 – rasmdan topiladi.

1-rasm. ψ_1 va ψ_2 koeffitsientlari aniqlash uchun grafiklar.

Issiklik almashinish qurilmalarini mexanik xisoblash

Bu xisoblash, qurilmaning detal, kism va bulaklarini mustaxkamlikka tekshirishdan iboratdir.

Silindrik obechaykani xisoblash.

Ichki bosim ostida ishlaydigan qurilmalar obechaykasining mustaxkamligi ushbu formula yordamida xisoblanadi:

$$S = \frac{p_{\kappa uc} \cdot D_{uq}}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma_{p3}] - p_{\kappa uc}} + C + C_1$$

buerda s – obechaykadevorining kalinligi, m; $p_{\kappa uc}$ - xisoblabaniklangan bosim, MPa; D_{uq} - qurilmaning ichki diametri, m; φ - payvandlash chokining mustaxkamligi; S – korroziya xisobga olgankushimchakalinlik, m; C_1 - texnologik, montajlarni xisobga oluvchi yaxlitlangankushimchakalinlik, m.

$\sigma_{p.3}$ - materialning ruxsat etilgan kuchlanishi.

$\varphi = 1,0$ – bunday mustaxkamlikni uchma-uch va tavrli birikmalarni ikki tomonlama, avtomatik payvandlash beradi;

$\varphi = 0,95$ – bunday mustaxkamlikni uchma-uch va tavrli ikki tomonlama kulda payvandlash beradi;

$\varphi = 0,9$ – bunday mustaxkamlikni uchma-uch va tavrli birikmalarini bir tomonlama payvandlash beradi;

$\varphi = 0,8$ – bunday mustaxkamlikni ustma-ust va tavrli birikmalarni ikki tomonlama, avtomatik payvandlash beradi;

Xisoblangan kalinlikka beriladigan kushimcha kalinlikning mikdori korroziya tezligi va qurilmaning ishlatish davomiyligiga boglikdir. Masalan: 10 yil mobaynida ishlatiladigan qurilmada korroziya tezligi 0,1 mm/yil bulsa, $S = 1$ mm ga teng buladi. Agressiv muhitning korroziya ta'siri tufayli beriladigan materialga kushimcha kalinlik ushbu formula bilan aniklanadi:

$$C = P \cdot \tau_a$$

P – korroziya tezligi, mm/yil; τ_a - amortizatsiya muddati, yil.

Mustaxkamlanmagan teshik va payvandlash choklari tufayli obechayka mustaxkamligining kamayishi φ koeffitsienti xisobga oladi.

Teshik sababli obechaykani mustaxkamligining kamayishini esa, ushbu formuladan topish mumkin:

$$\varphi_o = \frac{D_{uq} - d_o}{D_{uq}}$$

Ruxsat etilgan bosim kuyida keltirilgan formuladan aniklanadi:

$$P_{o3} = \frac{2 \cdot \varphi [\sigma_{p3}] \cdot (S - C)}{D + S - C}$$

YUkorida berilgan s va $\sigma_{p.3}$ formulalar ushbu shart bajarilgandagina kullanadi:

$$\frac{S - C}{D} \leq 0,1$$

Kopkoklarni xisoblash.

Elliptik shakldagi kopkok devorining kalinligi quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$S_1 = \frac{P_{xuc} \cdot C}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma_{p3}] - 0,5 \cdot p_{xuc}} + C + C_1$$

bu erda $R = D^2 / 4H$. Standart kopkoklar uchun $N = 0,25 \cdot D$ bulganda, $R = D_{uq}$
Ruxsatetilgan bosimesa,

$$P_{p3} = \frac{2 \cdot (s_1 - C) \cdot \varphi \cdot [\sigma_{p3}]}{R + 0,5 \cdot (s_1 - C)}$$

YUkorida berilgan s_1 va P_{p3} formulalar ushbu shart bajarilgandagina kullanadi:

$$\frac{S - C}{D} \leq 0,1 \text{ va } H \geq 0,2 \cdot D_{uq}$$

Konuslikopkokning l_{kon}

$$l_{kon} = 0,5 \cdot \sqrt{\frac{D_{uq} \cdot (s_1 - C)}{\cos \alpha}}$$

masofadagi kalinligi s_1 manna bu tenglamadan topish mumkin:

$$s_1 = \frac{P_{xuc}}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma_{p3}] - p_{xuc}} \cdot \frac{D_{uq}}{\cos \alpha} + C + C_1$$

Silindrikkismining l_{μ}

$$l_{\mu} = 0,5 \sqrt{D_{uq}} \cdot (s_1 - C)$$

masofadagi kalinligi s_1 esa ushbu formuladan aniqlanadi:

$$s_1 = \frac{P_{xuc} \cdot D_{uq} \cdot y}{4 \cdot \varphi \cdot [\sigma_{p3}]} + C + C_1$$

YUkoridakeltirilgan,

konusvasilindrikkismlarining kalinliklarini tegishli formulalar daxisoblabchikilgan s_1

larning eng kattasi qabul kilinadi,

lekin s_1 o'bechaykaning kalinligi s

dankam bulish imkon emas, ya'ni ($s_1 < s$).

Dumalok, yassi kopkoklar kalinligi ushbu formuladan aniqlanadi:

$$s_1 = \left(\frac{K}{K_o} \right) \cdot D_{uq} \cdot \sqrt{\frac{P_{xuc}}{[\sigma_{p3}]} + C + C_1}$$

bu erda K — kopkok konstruksiyasiga bog'liq va maxsus adabiyotlardagi jadvaldan tanlanadi [30,31].

Sochiluvchan material qatlamining dispersligi

Sochiluvchan material mexanikasining asoslarida dispersion tarkibi-sochiluvchan material polidispers sistemabo'lib, uning dispersligini baholash uchun zarrachalarning kuyidagi xarakteristikalaridan foydalaniladi.

Maydalangan materialning dispersion tarkibini Rozin-Rommler formulasi yordamida aniqlash mumkin.

Agar, zarrachalar o'lchami turlicha bo'lsa, material bir necha raksiyalarga elab ajratiladi. So'ng, har bir fraksiya uchun zarracha o'lchami L_j , fraksiyalar ning massaviy ulushlari j_c , larni aniqlab, G 'ni hisoblash mumkin:

Sochiluvchan materiallarning "to'kma" zichligi r - jism massasining uga allab turgan hajm nisbatiga aytiladi. "To'qma" zichlik p_j va material zichligi r orasida kuyidagi bog'liqlik bor:

Tabiiy qiyalik burchagi α - sochiluvchan material tekis yuzaga to'kilishi natijasida hosil bo'lgan konus chizig'i va uning asosi orasidagi burchak. Odatda, α ning son qiymati $30...40^\circ$ oraligida bo'ladi.

Energetika sarflarini hisoblash

a) qurilma va uskunalarga xizmat kilayotgan elektrodvigatellarning bir soatlik kuvvati kuyidagiga teng:

$$N_{\text{coam}} = N_1 + N_2 + \dots + N_n, \quad [\text{kBm}]$$

Bir sutkasiga esa,

$$N_{\text{coam}} = N \cdot \tau$$

b) qurilma va uskunalarga ishlatilayotgan bug sarfi:

$$D_{\text{coam}} = D_1 + D_2 + \dots + D_n, \quad [\text{kg/soat}]$$

Bir sutkasiga esa,

$$D_{\text{cym}} = D \cdot \tau$$

v) qurilma va uskunalardagi suv sarfi:

$$W_{\text{coam}} = W_1 + W_2 + \dots + W_n, \quad [\text{kg/soat}]$$

Bir sutkasiga esa,

$$W_{\text{cym}} = W \cdot \tau$$

Flanetsli birikmalarni hisoblash

Ushbu hisoblashda boltlar (yokishpilkalar) diametri, ularning soni va flanets elementlarining ulchamlari aniqlashdan iboratdir. Ishchi sharoitda boltlarga ta'sir etayotgan chuzuvchi kuchlarning mikdori kuyidagi formuladan hisoblanadi:

$$P_{\phi} = \frac{\pi \cdot D_n^2}{4} \cdot p + P_n$$

D_n - kistirmaning urtacha diametri, m; P_n - zichlashtirish yuzasiga tushayotgan kuch, MN; r – ishchi bosim, MPa.

Tugri turtburchak kundalang kesimli kistirmaning zichlash uchun zarur sikilish kuchi ushbu tenglamadan topiladi:

$$P_n = \pi \cdot D_n \cdot b \cdot k \cdot p$$

b – kistirmaning effektiv eni, m; k – kistirmaning materiali va shakliga boglik koeffitsient (tekis rezina uchun $k = 2,5$).

Flanetsdagi bolt uchun teshiklar aylanasi diametrini quyidagi formula bilan topish mumkin:

$$D_6 = (1,1 + 1,2) \cdot D_{u\phi}^{0,933}$$

$D_{u\phi}$ - flanetsning ichki diametri, odatda u qurilmaning tashki diametriga teng buladi.

Boltlarning diametri ushbu

$$d_6 = \frac{D_6 - D_T}{2} - 0,006$$

Formuladan topiladi va kam son kiymat tomoniga yaxlitlanadi. Bu erda D_T - flanets payvandlash chokining diametri, m.

Boltlar soni ushbu formuladan aniklanadi:

$$z = \frac{P_{\phi}}{\sigma_{p3} \cdot F_{\phi}} z$$

bu erda F_{ϕ} - bolt rezbasining ichki diametri buyicha aniklangan kundalang kesim yuzasi, m^2 ;

σ_{p3} - boltlar chuzilishiga ruxsat etilgan kuchlanish.

Xisoblab topilgan boltlar soni yakindagi butun songacha yaxlitlanadi. Bu son 4 karra bulishi kerak.

Flanets tashki diametri esa, ushbu tenglama orkali xisoblanadi:

$$D_{\phi} = D_6 + (1,8 \div 2,5) \cdot d_6$$

Tekis flanetsning balandligini topish uchun dastlab quyidagi kiymatlar aniklanadi:

Ishchi sharoitda flanetsga tushayotgan yuklama

$$P = \frac{D_{\phi}}{D_{\phi} - D_{u\phi}} \cdot \left[P_{\phi} \frac{D_{u\phi}}{D_{\phi}} \cdot \left(\frac{D_{\phi}}{D_n} - 1 \right) + \frac{\pi \cdot D_n^2}{4} p \cdot \left(1 - \frac{D_{\phi}}{D_n} \right) \right], \quad [MH]$$

$$\Phi = \left(\frac{P}{\sigma_T} \right) \cdot \psi_1, \quad [M^2]$$

$$A = 2 \cdot \psi_2 \cdot \delta^2, \quad [M^2]$$

σ_T - ishchi temperaturada flanets materialining okuvchanlik chegarasi, MN/m^2 ; δ - flanets bilan birlashtirilgan obechaykaning kalinaligi, m; ψ_1, ψ_2 - koeffitsientlar, 1 – rasmdan topiladi.

Adabiyotlar

1. Kasatkin A.G. Основные процессы и аппараты химической технологии / 12 – изд. стереотип., доп. - М.: Альянс, 2005. – 750 с.
2. Плановский А.Н., Николаев Р.И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии. 3-е изд. - М.: Химиya, 1987. – 540 с.
3. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии. Кн. 1,2. / В. Г. Айнштейн, М.К. Захаров, Г.А. Носов и др.; Под ред. В.Г. Айнштейна. – М.: Logos; Высшая школа, 2003. - 912 с.
4. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов. 2 – е изд. Ч. 1, 2. - М.: Химиya, 1995. - 400; - 368 с.
5. Фролов В.Ф. Лекции по курсу «Процессы и аппараты химической технологии». – СПб.: ХИМИЗДАТ, 2003. – 608 с.
6. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии (Примеры и задачи): Учеб. пособие для вузов / П.Г. Романков, В.Ф. Фролов, О. М. Флисюк, М.И. Курочкина. - СПб.: Химиya, 1993. - 496 с.
7. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: Учеб. пособие для вузов / Под ред. П.Г. Романкова. 10 – е изд. - Л.: Химиya, 1987. - 576 с.
5. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию / Г.С. Борисов, В.Р. Врыков, Ю.И. Дытнерский и др.; Под ред. Ю.И. Дытнерского. 2 – е изд. - М.: Химиya, 1995. - 496 с.
6. Процессы и аппараты химической технологии (Основы инженерной химии): Учебник для вузов / Н. Н. Смирнов, М. И. Курочкина и др.; Под ред. Н.Н. Смирнова. - СПб.: Химиya, 1996. - 408 с.
7. Руководство к практическим занятиям в лаборатории процессов и аппаратов химической технологии. 5-е изд. / Под ред. П.Г. Романкова. - Л.: Химиya, 1979. - 256 с.

Кушимча адабияотлар

1. Аксельруд Г.А., Молчанов А.Д. Растворение твердых веществ. - М.: Химиya, 1977. - 272 с.
2. Багатуров С.А. Основы теории и расчета перегонки и ректификации. 3-е изд. - М.: Химиya, 1974. - 439 с.
3. Брагинский Л.Н., Бегачев В.И., Барабаш В.М. Перемешивание жидких сред. - Л.: Химиya, 1984. - 336 с.
4. Гукман А.А. Введение в теорию подобия. 2-е изд. - М.: Высшая школа, 1973. - 295 с.
5. Жуikov В.А. Фильтрование. 4-е изд. - М.: Химиya, 1980. 440 с.
6. Исаченко И.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. - М.: Энергия, 1975. - 480 с.

7. Kafarov V.V. Osnovy massoperedachi (Sistemy gaz - jidkost, par - jidkost, jidkost - jidkost). 3-e izd. - M.: Vysshaya shkola, 1979. - 439 s.
8. Kafarov V.V., Petrov V. L., Meshalkin V. P. Printsipy matematicheskogo modelirovaniya ximiko-texnologicheskix sistem. - M.: Ximiya, 1974. - 344 s.
9. Kel'sev N.V. Osnovy adsorbsionnoy tekhniki. - M.: Ximiya, 1976. - 512 s.
10. Kutepov A.M., Sterman L.S., Styushin N.G. Gidrodinamika i teploobmen pri paroobrazovanii. 3-e izd. - M.: Vysshaya shkola, 1986. - 352 s.
11. Mankovskiy O.N., Tolchinskiy A.R., Aleksandrov M. V. Teploobmennaya apparatura ximicheskix proizvodstv / Pod red. P.G. Romankova i M.I. Kurochkinoy. - L.: Ximiya, 1976. - 367 s.
12. Orekhov I.I., Obrezkov V.D. Xolod v protsessax ximicheskoy tekhnologii. - L.: Izd-vo LGU, 1980. - 256 s.
13. Osnovy jidkostnoy ekstraktsii / Pod red. G.A. YAgodina. - M.: Ximiya, 1981. - 400 s.
14. Planovskiy A.N., Mushtaev V.I., Ulyanov V.M. Sushka dispersnykh materialov v ximicheskoy promyshlennosti. - M.: Ximiya, 1979. - 287 s.
15. Protodyakonov I.O., Marsulevich N.A., Markov A.V. YAvleniya perenosa v protsessax ximicheskoy tekhnologii. - L.: Ximiya, 1982. - 272 s.
16. Protodyakonov I.O., Siparov S.V. Mexanika protsessa adsorbsii v sistemax gaz - tverdoe telo. - L.: Nauka, 1985. - 282 s.
17. Psevdoojijenie / Pod red. V.G. Aynshteyna, A.P. Baskakova. - M.:Ximiya,1991. - 440 s.
18. Ramm V.M. Absorbsiya gazov. - M.: Ximiya, 1976. - 655 s.
19. Pomankov P.G., Kurochkina M.I. Gidromexanicheskie protsessy ximicheskoy tekhnologii. 3-e izd. - L.: Ximiya, 1982. - 288 s.
20. Pomankov P.G., Kurochkina M. I. Ekstragirovanie iz tverdykh materialov. - L.: Ximiya, 1983. - 256 s.
21. Pomankov P.G., Frolov V.F. Massoobmennye protsessy ximicheskoy tekhnologii (sistemy s tverdoy fazoy). - L.: Ximiya, 1990. - 388 s.
22. Pomankov P.G., Frolov V.F. Teploobmennye protsessy ximicheskoy tekhnologii. - L.: Ximiya, 1982. - 288 s.
23. Sajin B.S. Osnovy tekhniki sushki. - M.: Ximiya, 1984. - 319 s.
24. Sokolov V.M. Sentrifugirovanie. - M.: Ximiya, 1976. - 408 s.
25. Taubman E.I. Vyparivanie. - M.: Ximiya, 1982. - 388 s.
26. Todes O.M., Seballo V.A., Golsiker A.D. Kristallizatsiya rastvorov. - L.: Ximiya, 1984. - 232s.
27. SHERkasskiy V.M. Nasosy, ventilyatory, kompressory. - M.: Energiya, 1977. - 424 s.

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI

NAVOIY KON-METALLURGIYA KOMBINATI

NAVOIY DAVLAT KONCHILIK INSTITUTI



**“Kimyoviy injiniring jarayonlari
va qurilmalari”**

fanidan

laboratoriya ishlarini bajarish

bo‘yicha uslubiy qo‘llanma

5320400-«Kimyoviy texnologiya»,
5311000-“Texnologik jarayonlar va ishlab chiqarishni
avtomatlashtirish va boshqarish”
yo‘nalishida ta’lim olayotgan talabalarga
mo‘ljallangan

Navoiy-2020 y.

Ushbu uslubiy qo‘llanma “Kimyoviy injiniring jarayonlari va qurilmalari” fanidan tajriba ishlarini bajarishga mo‘ljallangan bo‘lib, tajriba qurilmasining yozuvi, ishni bajarish tartibi, hamda tajriba ishlarini umumlashtirish va xisobot tuzish bo‘limlarini o‘z

ichiga oladi. Talabalar tajriba ishida o‘rganadigan jarayonni mustaqil ravishda chuqurroq o‘zlashtirishlari uchun shu jarayonning nazariyasi, uni hisoblash usullari va ma’lumotnomalardan olinishi kerak bo‘lgan ba’zi kattaliklar ham berilgan.

Uslubiy qo‘llanma bakalavriatning 5311000-“Texnologik jarayonlar va ishlab chiqarishni avtomatlashtirish va boshqarish” yo‘nalishida ta’lim olayotgan talabalarga mo‘ljallangan 5320400-«Kimyoviy texnologiya» yo‘nalishida ta’lim olayotgan talabalarga mo‘ljallangan.

Tuzuvchi: dots. Xudoyberdieva N. SH.

uslubiy qo‘llanma Navoiy davlat konchilik instituti o‘quv-uslubiy kengashi tomonidan foydalanishga tavsiya qilingan.
(bayonnoma N 3 __ «_26__»_02____2020_ yil).

Taqrizchilar: Navoiyazot AJ,
Turganov A.E.
NDKI, «Kimyoviy texnologiya» kafedrası
dots.v.b. Umurzoqov A.T.

Mundarija

Kirish.....	4
1. Tajriba ishlarini bajarish bo‘yicha umumiy ko‘rsatmalar.....	4
2. Laboratoriya ishlarini bajarish tartibi.....	5

3. Hisobot tuzish tartibi.....	5
4. 1-tajriba ishi. Suyuqliklarning oqish rejimlarini aniqlash.....	6
5. 2-tajriba ishi. Quvurlarning mahalliy va ishqalanish qarshiliklarini aniqlash.....	12
6. 3-tajriba ishi. Suyuqliklarning tezligi va sarfini Pito-Prandtlya naychasi bilan o'lchash.....	19
7. 4-tajriba ishi. Suyuqliklarning nasadka va teshiklardan oqishini o'rganish.....	24
8. 5-tajriba ishi. Mavxum kaynash qatlamining gidrodinamikasini o'rganish.....	30
9. 6-tajriba ishi. Markazdan qochma nasoslarning xarakteristikasini o'rganish.....	36
10. 7-tajriba ishi. Markazdan qochma ventilyatorning xarakteristikasini o'rganish.....	41
11. 8-tajriba ishi. Filtrlash doimiysini aniqlash.....	46
12. 9-tajriba ishi. "Truba ichida truba" tipidagi issitkichdagi issiqlik berish koeffitsientini aniqlash.....	51

2-qism.

13. "Труба ичида труба" типидagi иситкичdagi иссиқлик бериш коэффициентини аниқлаш.
14. "Труба ичида труба" типидagi иситкичнинг иссиқлик ўтказиш коэффициентини аниқлаш.
15. Эритмаларнинг температура депрессиясини аниқлаш.
16. Қуритиш қурилмасида қуриш жараёнини ўрганиш.
17. Қуритиш жараёнининг кинетикаси.
18. Ҳаракатчан насадкали колонналарда масса бериш ва ўтказиш коэффициентини аниқлаш.
19. Ярим сферик актив кўмир қатламли адсорбер гидродинамикасини ўрганиш;
20. Сочилувчан материалларнинг солиштирма юзасини аниқлаш ва элақларда фракцияларга ажратиш.
21. Қаттиқ жисмларни майдалаш.

Qo'llanilgan adabiyotlar ro'yxati.....	59

Kirish

Hozirgi kunda kimyo sanoati xalq xo'jaligining muxim tarmoqlaridan biri hisoblanadi va u jadal rivojlanib bormoqda. Yangi kimyoviy texnologiyalar yaratilmoqda, amaldagi texnologik jarayonlarning samaradorligi oshirilmoqda, yuqori unumli uskunalar joriy qilinmoqda. Bularning hammasiga shu sohada ishlaydigan muxandislar ham ulkan hissa qo'shmoqdalar.

Bunday xodimlarni tayyorlashda esa "Kimyoviy injiniring jarayonlari va qurilmalari" fanining ahamiyati katta. Bu fanni o'zlashtirish laboratoriya mashg'ulotlarini sifatli o'tkazish bilan chambarchas bog'liqdir.

Zamonaviy jihozlangan laboratoriya qurilmalarida amaliy mashg'ulot o'tkazish talabalarning texnologik jarayonlarning fizik-kimyoviy mohiyatini chuqur tushunishlariga yordam beradi. Jihozlar va qurilmalarning ishlash unumdorligiga qaysi omillar ta'sir ko'rsatishini ular amalda ko'radilar. Bundan tashqari ba'zi laboratoriya ishlarini bajarib, olingan natijalarni ishlash natijasida kimyoviy jihozlarni loyixalashda qo'llaniladigan xisoblash tenglamalari keltirib chiqariladi. SHuning uchun tajriba ishlarini bajarish talabalarda ilmiy-tekshirish ishiga ham ko'nikma tug'diradi.

SHunday qilib laboratoriyada o'tkazilgan amaliy mashg'ulotlar talabalarning nazariy bilimlarini mustahkamlaydi.

Tajriba ishlarini bajarish bo'yicha umumiy ko'rsatmalar

Laboratoriya mashg'ulotlarida talabalar avvalambor kimyoviy jihozlarning asosiy turlari isitgich, sovutgich, bug'latish va quritish qurilmalari, rektifikatsiyalash kolonnalari, absorberlar va boshqa qurilmalar bilan tanishadilar. Ular ma'lum texnologik jarayonni amalga oshirishda ishlatiladigan asosiy va qo'shimcha jihozlarning o'zaro bog'lanishi va har xil omillarning jarayonning borishiga ta'sirini tajribada ko'rishlari keraq Jarayonlar va uskunalar laboratoriyasidagi qurilmalar butun ishlab chiqarishni ifodalashi shart emas. Balki ular soddaroq bo'lib ma'lum bir jarayonni amalga oshirishga va uni o'rganishga moslashgan bo'lgani ma'sul. SHuningdek, tajriba mashg'ulotlari talabalar uchun laboratoriya qurilmalaridan sanoatda qo'llanadigan jixozlarga olib o'tadigan ko'priq bo'lib xizmat qiladi. Laboratoriya o'tkaziladigan amaliy mashg'ulotlarning asosiy vazifalaridan yana biri talabalarni mustaqil, erkin mushohada qilishga o'rgatish.

SHuningdek laboratoriya ishlarini talabalarning o'zlari bajarishlari, ya'ni ular qurilmalarni ishga tushirishlari, kerakli tartibni o'rnatishlari, qurilmani to'xtatishlari lozim. Jihozlar qismlarini bir-biriga ulashni ham talabalarning o'zlari bajarishi foydadan xoli emas. Bu narsalar talabalarni jarayonlarning mohiyatini chuqur anglashiga yordam beradi. CHunki talaba o'zi mustaqil ishlaganda uning oldiga qo'yilgan texnik vazifani bajarishga qattiq kirishadi, o'zi fikrlaydi, nima uchun shundayligi bilan qiziqadi. Natijada u mashina va jixozlarni samaraliroq ishlatadigan ijodkor mutaxassis bo'lib etishadi.

SHuni ham eslatib o'tish zarurki sinalayotgan mashina va qurilmalarni xar tomonlama o'rganish uchun, tajribalarni turli xil ish tartiblarida o'tkazish lozim. Bunga erishish uchun laboratoriya qo'llanmalari zamonaviy nazorat – o'lchov asboblari bilan ta'minlangan bo'lishi va talabalar ham shu asboblardan foydalanishni bilishlari keraq

O'lchashlarni amalga oshirishda va ularni qayd qilishda ixtiyoriy o'lchov birliklaridan foydalanish mumkin. Lekin hisoblashlarni faqatgina SI sistemasida amalga oshirish kerak.

Laboratoriya ishlarini bajarish tartibi

O'qituvchi birinchi laboratoriya darsida talabalarga texnika xavfsizligi bo'yicha instruktaj o'tkazib, maxsus jurnaliga instruktaj o'tkazilgan sana, talabaning familiyasi, ismi-sharifi, imzosi, hamda o'qituvchining imzosi tushiriladi. Texnika xavfsizligi ko'rigidan o'tgan talabalarga laboratoriya ishlarini bajarishga ruxsat beriladi. Talabalar ishning maqsadi, qurilmaning tuzilishi va ishlash prinsipini, nazorat-o'lchov asboblariidan foydalanishni, qanday kattaliklarni o'lchash lozimligini aytib berganlaridan keyingina o'qituvchining ruxsati bilan laboratoriya ishlarini bajarishga kirishishlari mumkin.

Ishni bajarish davomida qurilmada kamchiliklar kuzatilsa, darxol o'qituvchiga yoki o'quv ustasiga xabar qilish lozim. Agar jixozlarni tuzatish lozim bo'lib qolsa, bu ishni faqat qurilmani to'xtatgandan keyingina amalga oshirish keraq SHuningdek ishlab turgan jihozlarni qarovsiz qoldirish ham ta'qiqlanadi. Laboratoriya ishini bajarib bo'lganligini talaba o'quv ustasiga bildirishi va tajriba qurilmasini unga topshirishi shart.

Laboratoriya ishi haqidagi hisobot umumiy daftarga yoki 210x297 mm varaqlarga yoziladi. Daftarning birinchi sahifasida oliygoh va fakultetning nomi, talabaning ismi-sharifi, guruh raqamlari ko'rsatilgan bo'lishi kerak.

Hisobot tuzish tartibi

Tajriba ishlarining hisoboti quyidagilarni uz ichiga olishi shart:

- ishning maqsadi;
- qurilmaning chizmasi va yozuvi;
- o'lchangan va hisoblangan kattaliklar yozilgan jadval;
- tajribalar natijalarining grafik ifodasi;
- nazorat savollari.

Talabalar ishni bajarib, hisobot yozib bo'lganlaridan keyin nazorat savollariga javob beradilar. SHundan keyin o'qituvchi ularning hisobotlarini qabul qiladi va shu ish himoya qilingan hisoblanadi.

Laboratoriya ishining hisobotini talabalar dars davomida tugatishlari maqsadga muvofikdir. CHunki bunda ularning bilimini, mustaqil ishlash qobiliyatini kuzatish mumkin bo'ladi.

Xisobot tuzishda tajriba natijalarini umumlashtirish uchun xisoblash mashinkalari (mikrokalkulyatorlar) ishlatiladi. SHuning uchun laboratoriya mashg'ulotlariga talabalar hisoblash mashinkalari olib kelishlari zarur.

1- TAJRIBA ISHI

Suyuqliklarning oqish rejimlarini aniqlash

Reja:

1. Nazariy kism.
2. Ishning maqsadi.

3. Tajriba qurilmasi.
4. Ishni bajarish tartibi.
5. Tajriba natijalarini umumlashtirish va hisobot tuzish.
6. Sinov savollari.

1. Nazariy qism

Issiqlik yoki modda almashinish kabi jarayonlarning borishiga gazlar va suyuqliklarning harakati, oqim tezligi katta ta'sir ko'rsatadi va bu jarayonlarni xisoblashda oqim xarakterini xisobga olish kerak bo'ladi.

Quvur yoki boshqa shakldagi kanaldan oqayotgan suyuqlikning tartiboti ikki xil bo'lishi mumkin: laminar yoki turbulent. Agar suyuqlikning barcha qatlamlari yoki zarrachalari parallel va to'g'ri chiziqli bo'ylab harakat qilsa bu oqim laminar oqim deyiladi. Aksincha agar suyuqlik qatlamlari va zarrachalari bir-biri bilan keskin aralashib, tartibsiz harakat qilsa, bunday oqim turbulent oqim deyiladi. Bunday aralashuvga sabab suyuqlik oqimi tezligining pulsatsiyasidir (ya'ni berilgan kesimlarda tezlikning tez-tez o'zgarib turishi).

Oqim tartibotini o'rgangan olim O.Reynolds shunday xulosaga keladiki, oqimning harakat tartibotini $\frac{d\omega\rho}{\mu}$ ko'rinishdagi o'lchamsiz kattalik bilan ifodalash mumkin ekan. Bu kattalik shu olim sharafiga Reynolds soni deb yuritiladi va qo'yidagicha ifodalanadi:

$$Re = \frac{d\omega\rho}{\mu} \quad (1.1)$$

Ko'rinib turibdiki, Reynolds soni tezlik, kanal diametri va zichlikka to'g'ri, qovushoqlikka esa teskari proporsional. Bu son oshib borishi bilan suyuqlikning oqish rejimi laminar harakatdan turbulent tomonga o'tib boradi. O'tish nuqtasiga mos keladigan Reynolds soni uning kritik qiymati deyiladi. To'g'ri quvurlar uchun:

$$Re_{kp} = 2320 \quad (1.2)$$

SHuni qayd qilish kerakki, Reynolds sonining kritik qiymati shartli qabul qilingan. Chunki laminar tartibotdan turbulentga o'tish keskin bo'lmaydi va ikki tartibot oralig'ida o'tish soxasi kuzatiladi. Bu soxaga mos keladigan Reynolds soni $2320 \div 10\ 000$ chegarasida bo'ladi.

$Re > 10\ 000$ bo'lsa, oqim harakati rivojlangan (turg'un) turbulent tartibot xisoblanadi. Reynolds soni oqim tartibotini belgilash bilan birga tezlik tufayli yuzaga keladigan ichki ishqalanish kuchini xam aniqlashga yordam beradi.

Oqim ko'ndalang kesimining turli nuqtalarida oqim tezligi xar xil bo'ladi. quvur devoriga yaqin joylarda tezlik kichik va uning o'qida esa eng katta qiymatga erishadi. Tajribalarda aniqlanganki, oqimning maksimal va o'rtacha tezliklari nisbati oqim tartibotiga bog'liq ekan.

Laminar oqimda tezlikning bir ko'ndalang kesimdagi tarqalish shakli parabolasimon ko'rinishda bo'lib, o'rtacha tezlik maksimal tezlikning yarmiga teng, ya'ni $\omega_{o'r} = 0,5 \omega_{max}$. Turbulent holatda esa tezlik shakli parabolasimon ko'rinishdan farq qilib, egri chiziqli uchi ancha kengayadi va $\omega_{o'r} = (0,8 \div 0,9) \omega_{max}$ bo'ladi.

2. Ishning maqsadi:

1. Suyuklikning oqim xolatlarini tajribada kuzatish;
2. Suyuklik oqimiga ta'sir qiluvchi kattaliklarni o'rganish;
3. Reynolds kriteriysining qiymatlarini tajribada aniqlash asosida suyuqlik oqimining rejimini belgilash.

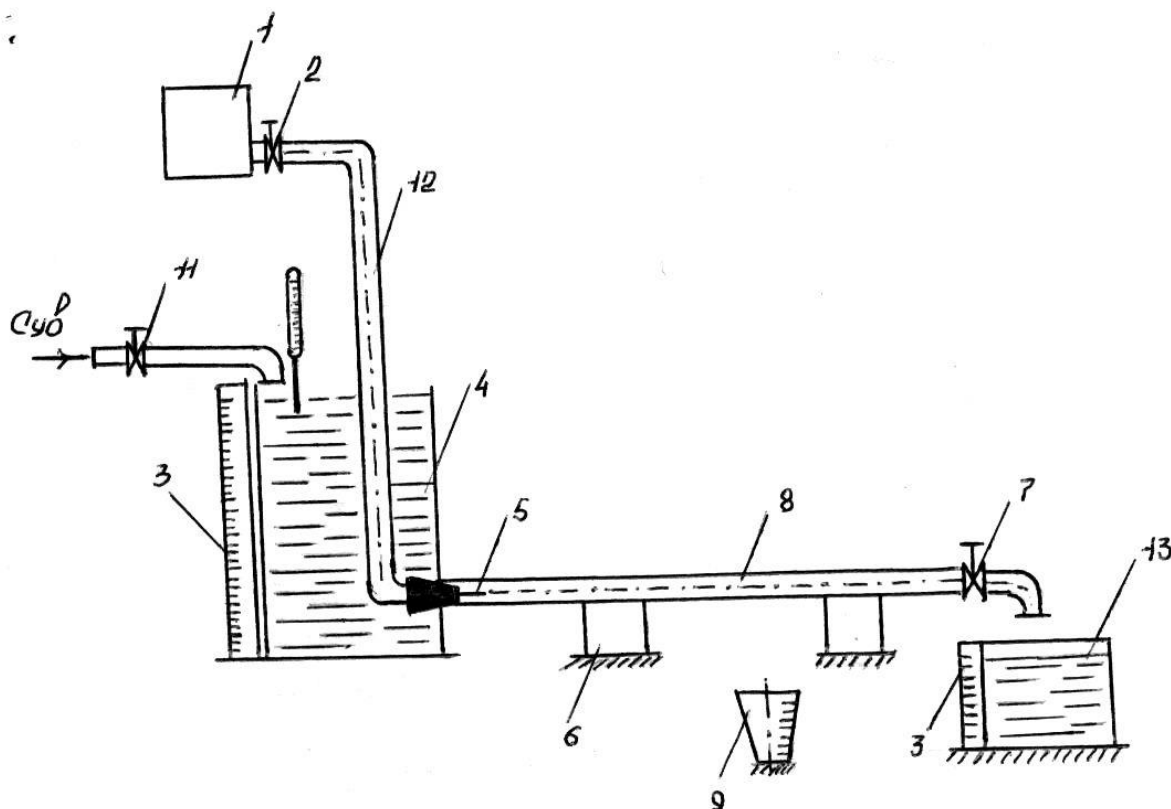
3. Tajriba qurilmasi

Tajriba o'tkaziladigan qurilmaning tuzilishi 1.1-rasmda kursatilgan. Qurilma rangli suyuqlik solingan idishcha (1), suv tuldirilgan shisha idish (4), kuzgalmas tayanch yuzaga (6) o'rnatilgan shisha truba (8), ulchov idishi (13) va stakanidan (9) iborat. Idishdagi suv xarorati termometr (10) bilan ulchanadi. Trubada oqayotgan suv sarfini jumrak (7) yordamida uzgartirish mumkin. Rangli suyuqlik (1) idishdan shaffof naycha (12) orkali shisha truba (8) ichiga uzatiladi.

Naycha uchiga shisha truba markaziga nisbatan rostlangan igna (5) o'rnatilgan. Rangli suyuqlik sarfi jumrak (2) orkali rostlanadi. Suv sarfini tajriba mobaynida o'lchash uchun ulchov stakani (9) yoki o'lchov tasmasi (3) va sekundomerdan foydalaniladi. Vodoprovod jumragi (11) yordamida shisha idishdagi (4) suv sarfi tajriba paytida bir maromda ushlab turiladi.

1. Ishni bajarish tartibi

Tajriba ishining birinchi qismida shisha (8) trubadagi suvning harakatini rostlab turuvchi jo'mrak (7) asta sekin ochiladi. Jo'mrak (2) ochilib shisha trubaga igna orqali rangli suyuqlik yuboriladi. Agar trubadagi suv oqimining tezligi kichik bo'lsa, rangli suyuqlik suvga aralashmasdan to'g'ri chizik bo'ylab gorizontaal ip shaklida harakat qiladi. Bunda shisha trubadan oqayotgan suv va rangli suyuqlikning tezliklari bir xilda bo'ladi. Kuzatilayotgan oqim rejimi laminar bo'ladi. Kelgusida rostlovchi jumrakni kuprok ochib suv oqimining tezligi ko'paytiriladi. Bunda rangli suyuqlik shisha truba buylab tulkinsimon harakat kilib (turbulent rejim) undagi suvning butun xajmi buyicha aralashadi. SHu tarika rostlovchi jumrak orkali suv oqimi rejimlarining barcha turlari kuzatiladi.



1.1-rasm. Tajriba qurilmasi: 1-rangli suyuqlik idishi; 2,7 va 11-joʻmraklar; 3-oʻlchov lineykasi; 4 va 13-suv uchun sigimli idishlar; 5-igna; 6-kuzgalmas taglik; 8-shisha truba; 9-oʻlchov stakani; 10-termometr; 12-shaffof shlang (naycha).

Tajribaning ikkinchi kismida Reynolds kriteriysining qiymati aniqlanadi. Buning uchun jumrak (7) orkali suvning oqimi laminar xolatga keltiriladi. Shisha idishdagi (4) suv satxi ushbu davrda uzgarmas bulishiga jumrak (11) orkali erishiladi. Rostlovchi jumrak (7) orkali oqayotgan suv miqdori ulchov stakani (9) yoki tasmasi (3) yordamida aniqlanadi. Stakan yoki ulchov tasmali idishning (13) tulishi uchun ketgan vakt sekundomer bilan ulchanadi. Tajriba 4-5 marotaba takrorlanadi. Xuddi shunday ulchashlar tulkinsimon oqim xolati uchun xam takrorlanadi. Ulchov ishlari tugagandan sung rostlovchi jumraklar berkitiladi va xisoblash ishlari bajariladi.

5. Tajriba ishlarini xisoblash va xisobot tuzish

Shisha trubadan oqayotgan suvning xarakat tezligi quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$v = 4G / (\pi d^2 \rho) = 4V / (\pi d^2 t)$$

bu erda G -suvning massaviy sarfi, kg/sek; V -suvning xajmiy sarfi m^3 /sek; d -shisha trubaning ichki diametri, m; ρ -suvning zichligi, kg/m³.

Suvning zichligi ρ va kovushkokligi μ , uning oʻlchangan xarorati buyicha ushbu ishning 1-ilovasidagi 2-jadvaldan aniqlanadi. Suvning fizik kattaliklari qiymati aniqlangandan sung Reynolds kriteriysining qiymati (1-1) ifodadan hisoblanadi.

Tajriba natijalari asosida Reynolds kriteriysi bilan suvning oqish tezligi o'rtasidagi bog'lanishni ifodalovchi $Re=f(v)$ grafik chiziladi. Bu grafikda suvning kritik (chegaraviy) tezligi V_{kr} aniqlanadi.

Kuzatuvlar va hisoblashlar natijalari quyidagi 1.1-jadvalga yoziladi.

1.1-jadval

Tartib soni	Suvning parametrlari				Re mezon	Oqim xolati
	sarfi	xarorati	qovushqoqligi	tezligi		
	G, kt/sek	t, c°	μ , Pa s	V, M/sek		
1						
2						
3						
4						
5						

Tajriba natijalari asosida Reynoldskriteriysi bilan suvning oqish tezligi o'rtasidagi bog'lanishni ifodalovchi $Re=f(v)$ grafik chiziladi. Bu grafikda suvning kritik tezligi V_{kr} aniqlanadi.

6. Sinov savollari

1. Kuvurlardan oqayotgan suyuqlik tezligini aniqlash uslubini tushuntirib bering.
2. Kanday oqimlar laminar oqimlar deb tavsiflanadi?
3. Reynolds kriteriysining mohiyati nimada?
4. Kanday oqimlar turbulent deb tavsiflanadi?
5. Suyukliklarni ifodalovchi fizik kattaliklarni sanab o'ting, ularning mohiyatini tushuntirib bering.
6. Reynolds kriteriysi kanday amaliy maqsadlar uchun aniqlanadi?
7. Suyuqlikning massaviy va xajmiy sarfi o'rtasidagi farqni tushuntirib bering.
8. Reynolds kriteriysi o'lchamsiz kattalik (son kismati) ekanligini isbotlab bering.
9. «Ekvivalent diametr» tushunchasini izoxlab bering. Ushbu tushuncha kanday xolatlarida qo'llanishini misollar orqali tushuntiring.

Tavsiya etilgan adabiyotlar ro'yxati

1. YUsupbekov N.R., Nurmuxamedov X.S., Zokirov S.G. Kimeviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalar. – Darslik. -T.: SHarq, 2003. – 644 b.
2. Salimov Z. «Kimyoviy texnologiyaning asosiy jarayonlari va qurilmalari». T.1. Toshkent. «O'zbekiston». 1994 y. 23-26, 31 va 72-75 betlar.
3. Salimov Z., Tuxchiev I. «Kimyoviy texnologiya protsesslari va apparatlari». Toshkent. «O'kituvchi». 1987 y. 26-28 betlar.
4. Lipatov N.N. «Protsessy i apparaty pishchovykh proizvodstv». M. «Ekonomika». 1987g. 33-36 str.
5. Kasatkin A.G. «Osnovnye protsessy i apparaty khimicheskoy tekhnologii». 8-e izd. pererab. i dop. M. «Ximiya». 1971. 38-49 str.

Ilova: 1.2-jadval. Suvning fizik parametrlari

T	r	$\mu \cdot s$	$\nu \cdot 10^6$
S°	kg/m ³	Pa·s	M ² /sek
0	1000	1790	1.79
10	1000	1310	1.31
20	998	1000	1.01
30	996	804	0.81
40	992	657	0.66

bu erda t-harorat; ρ -zichlik; μ -dinamik qovushoqlik koeffitsienti; ν -kinematik qovushoqlik koeffitsienti.

2- TAJRIBA ISHI

Quvurlarning mahalliy va ishqalanish qarshiliklarini aniqlash

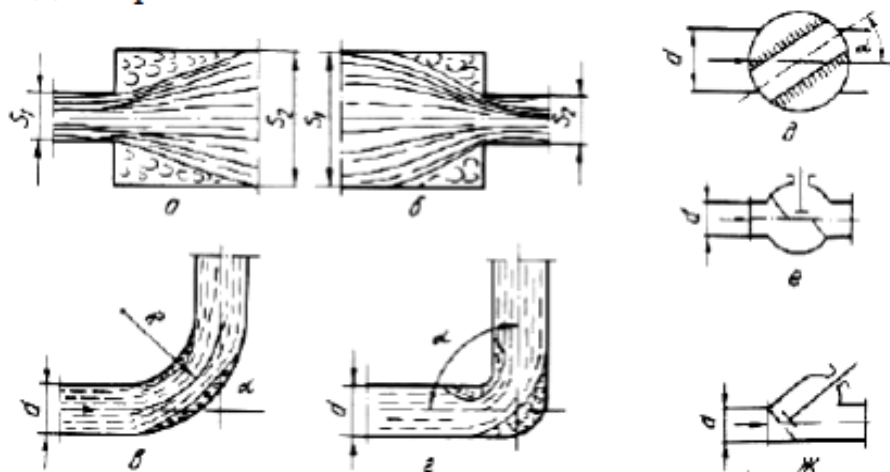
Reja:

1. Nazariy kism.
2. Ishning maqsadi.
3. Tajriba qurilmasi.
4. Ishni bajarish tartibi.
5. Tajriba natijalarini umumlashtirish va hisobot tuzish.
6. Sinov savollari.

1. Nazariy kism

Haqiqiy suyuqliklar trubadan yoki kanallardan oqayotganda bosimning bir qismi ichki ishqalanish kuchini engish uchun harakat yo'nalishini o'zgartiradi va oqim tezligi

o'zgarganda yo'qoladi. Demak, bosimning yo'qolishi ichki ishqalanish qarshiligini va mahalliy qarshilikni engish uchun sarf bo'ladi.



2.1-rasm. Mahalliy qarshiliklar.

a-trubaning birdan kengayishi; b-trubaning birdan torayishi; v-trubaning birdan tekis burchak ostida burilishi; g-to'g'ri burchak ostida trubaning birdan burilishi; d-tiqinli kran; e-standart ventily; j-to'g'ri ventily (egilgan shpindel bilan).

Gidravlik qarshiliklarni hisoblash katta ahamiyatga ega. Yo'qotilgan bosimni bilmasdan nasos va kompressorlar yordamida suyuqlik va gazlarning uzatish uchun kerak bo'lgan energiya sarfini hisoblash qiyin. Trubadan suyuqlik oqayotganda ichki ishqalanish kuchi trubaning butun uzunligi bo'ylab mavjud bo'ladi. Uning kattaligi suyuqlikning oqish rejimi (laminar, turbulent)ga bog'liq. Suyuqlik oqimining harakat yo'nalishi va tezligi o'zgarganda u mahalliy qarshiliklarga duch keladi. Trubadagi ventillar, tirsak, jo'mrak, toraygan, hamda kengaygan qismlar va xar xil to'siqlar mahalliy qarshiliklar deyiladi (1-rasm). Truba va kanallardan ichki ishqalanish va mahalliy qarshiliklar uchun yo'qotilgan bosim Darsi-Veysbax tenglamasi orqali topiladi.

$$\Delta P = \lambda \frac{l \rho w^2}{d \cdot 2} \quad (2.1)$$

Bu erda ishqalanish koeffitsienti; λ - truba uzunligi; w -oqimning o'rtacha tezligi; d_e -trubkaniing ekvivalent diametri; ρ -suyuqlikning zichligi, kg/m^3 . To'g'ri silliq trubalardan suyuqlik oqimi laminar harakatda bo'lsa, ishqalanish koeffitsienti trubaning g'adirbudirligiga bog'liq bo'lmaydi va quyidagi tenglik orqali topiladi:

$$\lambda = \frac{A}{\text{Re}} \quad (2.2)$$

bu erda: A -truba shaklini xisobga oluvchi koeffitsient dumalok trubalar uchun $A=64$, kvadrat kanallar uchun $A=57$; Re -Reynolds kriteriysi gidravlik jixatdan silliq trubalar uchun Rening kiymati $4 \cdot 10^3$ dan 10^4 gacha bo'lganda ishqalanish koeffitsientini Blazius tenglamasi orkali

aniklash mumkin:

$$\lambda = \frac{0.316}{Re^{1/4}} \quad (2.3)$$

Turbulent oqimda ishkalanish koeffitsientining kattaligi rejimga xamda trubaning gadir-budirlikiga boglik. Trubaning gadir-budirlik absalyut geometrik va nisbiy gadir-budirlik bilan xarakterlanadi. Truba devorlaridagi gadir-budirliklar oʻrtacha balandliklarning truba uzunligi buyicha ulchanishi absalyut geometrik gadir-budirlik deyiladi.

Truba devorlaridagi gadir-budirliklar balandligining (Δ) trubaning ekvivalent diametriga (d_e) nisbati nisbiy gadir-budirlik deyiladi va ε bilan ifodalanadi.

$$\varepsilon = \frac{A}{D_s} \quad (2.4)$$

Turbulent rejim uchun ishkalanish koeffitsienti X ni topishda quyidagi tenglamadan foydalanish mumkin:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2.1g \left[\frac{\varepsilon}{3.7} + \left(\frac{6.81}{Re} \right)^{0.9} \right] \quad (2.5)$$

Maxalliy qarshiliklardagi bosimning yukotilishi quyidagi formula orkali topiladi:

$$\Delta P_{mk} = \sum \xi_{mk} \frac{\rho \omega^2}{2} \quad (2.6)$$

bu erda maxalliy qarshilik koeffitsienti ξ_{mk} (2.1-jadvalga qarang) uning qiymati tajriba yoʻli bilan aniqlanadi.

Ichki ishqalanish va maxlliy qarshiliklarning engish uchun umumiy sarf boʻlgan bosim quyidagiga teng:

$$\Delta P = \left(\lambda \frac{l}{d_s} + \sum \xi_{mk} \right) \frac{\rho \omega^2}{2}$$

Oʻrama quvurlar uchun ishqalanish qarshiligi tufayli yuqotilgan bosim qoʻyidagi tenglamadan topiladi:

$$\Delta P_{yrama} = \Delta P \left(1 + 3.54 \frac{d}{D} \right) \quad (2.7)$$

bu erda d – quvur diametri, m; D – quvur oʻramining diametri, m.

Maxalliy qarshiliklar tufayli yo‘qotilgan bosim qo‘yidagicha ifodalanadi:

$$\Delta P_M = \Sigma \xi \left(\frac{\rho \omega^2}{2} \right) \quad (2.8)$$

bu erda ξ —maxalliy qarshilik koeffitsienti. Bu koeffitsientning qiymati adabiyotlarda berilgan.

Suyuqliklar quvurlardan oqqanda yo‘qotgan umumiy bosimi (napori) qo‘yidagi tenglamalardan topiladi:

1) uzunlik birligida

$$H = (\omega^2 / 2g) \cdot (\lambda / d + \Sigma \xi) \quad (2.9)$$

2) bosim birligida

$$\Delta P = (\rho \omega^2 / 2) \cdot (\lambda / d + \Sigma \xi) \quad (2.10)$$

2. Ishning maqsadi

1. Quvurlarda yo‘qotilgan bosimni aniqlash.
2. Quvurlarning ishqalanish koeffitsientini aniqlash.
3. Maxalliy qarshiliklarni hisoblash.

2.1-jadval. Mahalliy qarshilik koeffitsientlari

Maxalliy qarshilik turlari	Maxalliy qarshiliklar koeffitsientini qiymatlari
Trubaga kirish	0.5
Trubadan chiqish	1.0
Kran tula ochiq bulganda	0.2
Tirsak uchun	1.1
Normal ventil	4.5-5.5
Truba burilishi 90° burchak ostida balsa	0.14

3. Tajriba qurilmasi

Tajriba qurilmasi quyidagi qismlardan iborat (2.2-rasmda ko‘rsatilgan).

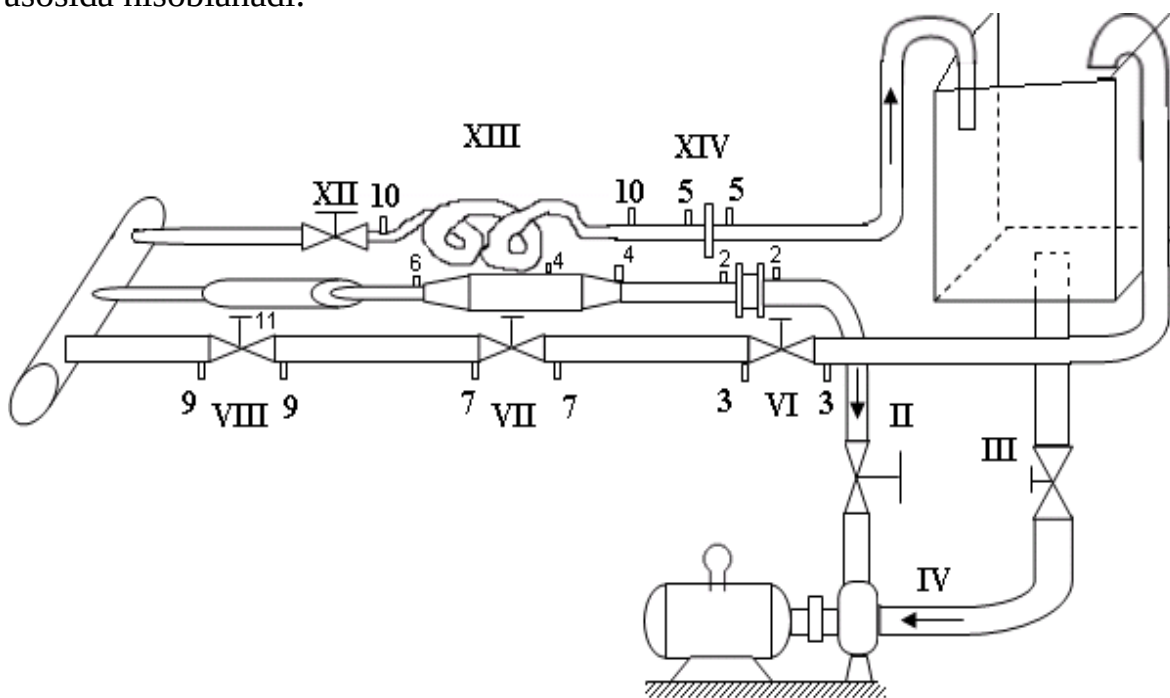
- I-o‘zgarmas suyuqlik idish;
- II-haydash yo‘lidagi jo‘mrak;
- III-so‘rish yo‘lidagi jo‘mrak;
- IV-markazdan qochma nasos;
- V-sinalayotgan tekis burchak ostidagi to‘g‘ri burilish ($l=900$ mm);
- VI- sinalayotgan jumrak ($l=1750$ mm);
- VII- sinalayotgan jumrak ($l=375$ mm);
- VIII-tikinli jumrak ($d_{sh}=50$ mm);

IX-ulchovli diafragma ($d_{sh}=50\text{mm}$, $a_0=37\text{ mm}$);
 X-asta-sekin kengayish va torayish $F_0/ F_1 = 0,3$;
 XI-sinalayotgan birdan kengayish va torayish, $d_{bk}=98\text{ mm}$, $\alpha_t=50\text{ mm}$, $F_0/ F_1=0,5$;
 XII-sinalayotgan zmeevik ($D=380\text{ mm}$, $d_{tr}=50\text{ mm}$);
 XIII-sinalayotgan flanetsli birlashtirgich;
 XIV-simobli U –simon manometr.

4. Ishni bajarish tartibi

SHundan keyin quyidagi ketma-ketliklar bajariladi:

1. Suyuklik uzatuvchi bak suv bilan to'ldiriladi.
2. So'rish yulidagi kran 3 ochiladi, xaydash yulidagi kran oxirigacha yopiladi 3 yoki 12 kranlardan biri sinalayotgan qarshiliklarning xiliga karab ochib kuyiladi.
3. Nasos ishga tushiriladi.
4. Kran 2 ochib, suvning eng kichik sarfi o'rnatiladi va suv sinalayotgan qarshilik orkali o'tkaziladi.
5. Simobli U- simon manometr 15 yordmida bosimning yo'qotilishi o'lchanadi,so'ngra suvning issiqligi aniqlanadi.
6. Kran 2 ochish orqali suvning sarfi asta-sekin ko'paytirib boriladi va U - simon manometrlarning ko'rsatkichi o'lchanadi.
7. Suvnin sarfi o'lchov diafragmasiga ulangan U– simon manometrning ko'rsatkichi asosida hisoblanadi.



2.2-rasm. Tajriba qurilmasi.

Idimdag (I) suv markazdan qochma nasos yordamida (IY) yordamida truba va turli xil maxalliy qarshiliklar sistemasi orkali o'tkazilib, yana (I) idishga kaytariladi. Tajriba qurilmasida (2.2-rasm) uchta maxalliy qarshiliklar bor. Suyuklikning tezligi xaydash yulidagi jumraklarning yopish yoki ochi shorkali amalga oshiriladi. Suyuklikning tezligi

0,5 m/s dan 2,5 m/s gacha uzgartirilishi mumkin. Qurilmadagi truba va jumraklarning shartli diametri 50 mm .

Hajmiy sarf oʻlchovchi diagrammaga (IX) ulangan simobli differensial manometrning kursatkichiga karab aniklanadi. Maxalliy qarshiliklarda bosimning yoʻqolishi ham U – simon simobli differensial manometrlar yordamida topiladi. Suyuqlikning temperaturasi simobli termometrda oʻlchanadi.

5.Tajriba natijalarini umumlashtirish va hisobot tuzish

Oqimning oʻrtacha tezligi sekundli sarf tenglamasi orkali aniqlanadi:

$$\omega_{yp} = V_c / F$$

Suyuqlikning sarfini quyidagicha topish mumkin:

Tajriba natijalarini umumlashtiriladi va quyidagi 2.2-hisobot jadvaliga toʻldiriladi.

2.2-jadval

	Oʻlchov birligi	1- natija	2-natija	3-natija	4- natija
Suyuqlikning xajmiy sarfi	m ³ /s				
U-simon manometrning kursatkichi	mm.sim.ust.				
Trubaning kundalang kesim yuzasi	m ²				
Oqimning urtacha tezligi, F	m/s				
Suvning temperaturasi ω_{yp}	s ⁰				
Suvning dinamik qovushqoqligi μ	Ns/m ²				
Renolds soni, Re					

Maxalliy qarshilikni engish uchun yuqotilgan bosim, ΔR_{mk}	mm.sim.ust				
Tug'ri kanalarda ishqalanishni engish uchun yuqotilgan bosim, ΔR_n					
Ishqalanish koefsentini λ					
Maxalliy qarshilik koefsentini ζ					

6. Sinov savollari

1. Bernulli tenglamasi.
2. Ishqalanish qarshiligi.
3. Maxalliy qarshiliklar.
4. Laminar va turbulent rejimlarda, xamda utish soxasida ishqalanish koefitsentlarini aniklash.
5. Gadir-budirlik va gidravlik sillik trubalar.
6. Bernulli tenglamasining keltirib chikaring. Uning fizik ma'nosi.
7. Oqimning uzluksiz tenglamasi.

Tavsiya etiladigan adabiyotlar

1. YUsupbekov N.R., Nurmuxamedov X.S., Zokirov S.G. Kimeviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalar. – Darslik. -T.: SHarq, 2003. – 644 b.
2. Salimov Z. «Kimyoviy texnologiyaning asosiy jarayonlari va qurilmalari». T.1. Toshkent. «Uzbekiston». 1994 y.
3. Kasatkin A.G. «Основные процессы и аппараты химической технологии». 8-e izd. pererab. i dop. M. «Ximiya». 1973. 572 s

3- TAJRIBA ISHI

Suyuqliklarning tezligi va sarfini Pito-Prandtllya naychasi bilan o'lchash

Reja:

1. Nazariy kism
2. Ishning maqsadi
3. Tajriba qurilmasi
4. Ishni bajarish tartibi
5. Tajriba natijalarini umumlashtirish va hisobot tuzish
6. Sinov savollari

1. Nazariy qism

Sanoatda suyuqlik va gazlarning sarfini o'lchashda asosan toraytiruvchi (drossel) sarf o'lchagichlar ishlatiladi. Ularga o'lchagich diafragma, soplo va Venturi quvurlari kiradi. Toraytiruvchi sarf o'lchagichlarning ishlashi ular o'rnatilgan joyda quvur kesimining torayishi natijasida yuzaga keladigan bosimlar farqini o'lchashga asoslangan.

Oqim sun'iy toraytirilganda, shu toraygan joyda tezlik va shunga mos ravishda oqimning kinetik energiyasi oshadi va bosimning potensial energiyasi kamayadi. SHunga asoslanib differensial manometr yordamida toraygan kesimdagi va undan oldingi bosimlar farqini o'lchab, tezlikning o'zgarishini, undan esa oqayotgan modda sarfini aniqlash mumkin.

Diafragma o'rtasida aylana shaklidagi teshigi bo'lgan yupqa diskdan iborat. Kuvurning ichida o'rnatilganda diafragma teshigining markazi quvur o'qi bilan mos tushishi kerak. O'lchagich soplo diafragmaga o'xshash bo'lsada suyuqlik oqadigan qismi oqim yo'nalishi bo'yicha qaytarilgan bo'lib silindr hosil qilgan. Suyuqlik kiradigan qism silliqqlangan bo'ladi.

Venturi trubasi dastlab ravon toraygan va yana oldingi o'lchamigacha asta-sekin kengaygan quvur bo'lib uzunligi anchagacha bo'lishi mumkin. Venturi quvurida yo'qotilgan bosimning qiymati diafragma va soploga nisbatan ancha kichik.

Toraytiruvchi sarf o'lchagich yordamida sarf yoki tezlikni o'lchash Bernulli

tenglamasini qo'llashga asoslanadi. Ideal suyuqliklar uchun bu tenglama qo'yidagicha yoziladi:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{\omega_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{\omega_2^2}{2g} \quad (3.1)$$

Tenglamadagi $(Z + P/\rho g + \omega^2/2g)$ kattalik to'liq gidrodinamik napor deyiladi. Bernulli tenglamasidagi har bir hadning energetik hamda fizik ma'nolari bor:

Z -geometrik napor yoki nivelir balandlik bo'lib, holatning berilgan nuqtadagi (kesimdagi) solishtirma potensial energiyasini ifodalaydi;

$P/\rho g$ – statik yoki p'ezometrik napor deyiladi va berilgan nuqtada (kesimda) bosimning solishtirma potensial energiyasini ifodalaydi.

$\omega^2/2g$ – dinamik yoki tezlik napori deyiladi va berilgan nuqtadagi (kesimdagi) solishtirma kinetik energiyani xarakterlaydi.

Bernulli tenglamasidagi barcha hadlar uzunlik birligida ifodalanadi. Tenglamaning fizik ma'nosi: ideal suyuqliklarning turg'un harakatida oqimning ko'ndalang kesimi o'zgarsa ham, to'liq gidrodinamik napor ya'ni dinamik, statik va geometrik naporlar yig'indisi o'zgarmaydi. Energetik ma'nosi: ideal suyuqliklarning turg'un harakatida oqimning ko'ndalang kesim yuzi o'zgarsa ham potensial $(Z + P/\rho g)$ va kinetik $(\omega^2/2g)$ energiyalari yig'indisi o'zgarmaydi.

Diafragma yordamida suyuqlikning sarfini o'lchaganda qo'yidagi tenglamadan foydalaniladi:

$$V_x = \alpha k S_T \sqrt{\Delta P / \rho} = \alpha k S_T \sqrt{2gH(\rho_m - \rho) / \rho} \quad (3.2)$$

bu erda α – diafragmaning sarf koeffitsienti; k -quvur devorining g'adir-budirligini hisobga oluvchi ko'paytma; S_T –diafragma teshigining yuzasi, m^2 , H –diafragma ulangan difmanometr ichidagi suyuqlik sathlarining farqi, m ; ρ_m –difmanometrda suyuqlikning zichligi, kg/m^3 ; ρ –suyuqlikning (yoki gazning) zichligi, kg/m^3 ; Diafragmaning sarf koeffitsienti, uning teshigidagi tezlik, teshikdan keyin hosil bo'ladigan oqimning kesimi eng kichraygan joydagi tezlikdan kichikligini hisobga olish uchun kiritilgan. Chunki, oqimning tezligi eng kichraygan joydagi kesim yuzi noma'lum bo'lgani uchun (2.) – tenglamada diafragma teshigining ko'ndalang kesim yuzi S_T ishlatiladi.

Sarf koeffitsienti Reynolds soniga va diafragma teshigi diametrining quvur diametriga nisbatiga bog'liq. Bu koeffitsientning qiymati tajriba yo'li bilan topilgan va maxsus adabiyotlarda keltirilgan.

2. Ishning maqsadi

- normal diafragmaning sarf koeffitsientini tajriba yo'li bilan topish va uning Reynolds soniga bog'likligini o'rganish.

3. Tajriba qurilmasi

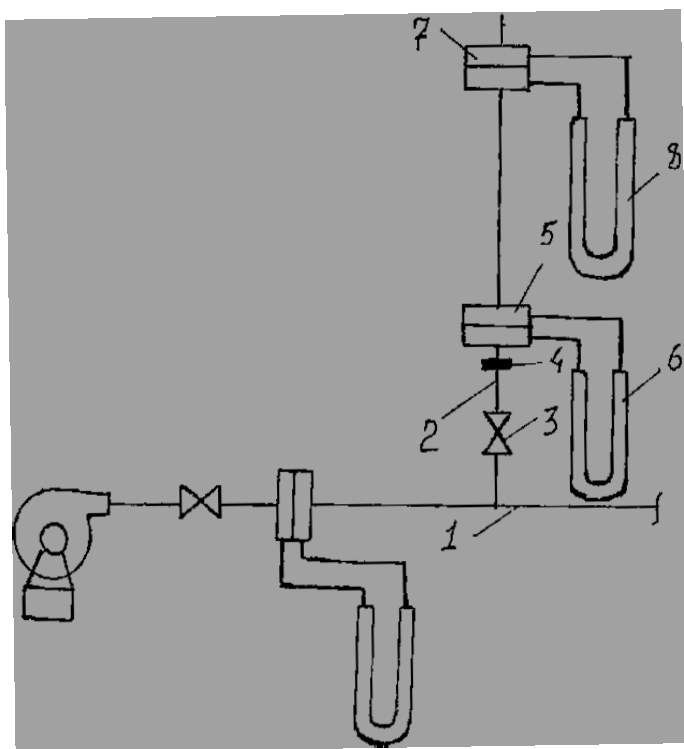
Tajriba qurilmasi asosan 1-umumiy havo kuvuridan va uning ustiga vertikal holda o'rnatilgan 57x3,5 mm diametrli 2-kuvurdan iborat. Ventilyator bilan yuborilgan havo 1-

gorizontal quvur orqali 2-vertikal quvurga keladi. Bu quvurda havo sarfini nazorat qilib turuvchi ventil 3, sarfini o'lchash uchun normal diafragma 5, hamda ular oralig'idagi havo oqimini barqarorlashtirib turish uchun taqsimlovchi panjara 4-o'rnatilgan.

4. Ishni bajarish tartibi

Ventilyator qo'shilib qurilmaga havo yuboriladi. Havoning sarfi (tezligi) 5-diafragma bilan o'lchanadi va 3-ventil bilan o'zgartirib turiladi. Dastlab 3-ventil ozroq ochiladi va havoning tezligi (6-difmanometr yordamida) hamda 8-difmanometrning ko'rsatishi daftarga qayd qilinadi. Keyingi tajribalarda tezlik oshirilib boriladi va o'lchashlar takrorlanadi (3.1-rasm).

Etтинchi diafragmaning birinchi diski tekshirib bo'lingandan keyin echib olinadi va o'rniga boshqasi o'rnatiladi. Kamida uchta diafragmaning sarf koeffitsienti aniqlanadi. Har bir diafragma uchun o'lchashlar 5-6 marta takrorlanadi. Tekshirilayotgan diafragmalarning diametri ham jadvalga yoziladi. Tajriba tugagandan keyin ventilyator o'chiriladi.



3.1-rasm. Tajriba qurilmasi: 1-umumiy havo quvuri; 2-tajriba o'tkaziladigan quvur; 3-ventil; 4-taqsimlovchi panjara; 5-sarfini o'lchash uchun o'rnatilgan normal diafragma; 6,8-U-simon suvli difmanometrlar; 7-sarf koeffitsienti topiladigan diafragma.

Bundan tashqari 2-quvurning yuqori qismida sarf koeffitsienti aniqlanishi kerak bo'lgan diafragma 7 o'rnatilgan. Ikkala diafragma ham U-simon suvli 6 va 8-difmanometrlarga ulangan. 2-quvurning pastki qismidagi 5-diafragma xarakteristikalari ma'lum bo'lib, unga ulangan 6-difmanometr sathlari orasidagi farq bo'yicha jadvaldan birdaniga gaz tezligi olinadi.

Ishni bajarish davomida 7-diafragma diskleri o'qituvchining topshirig'i bilan almashtiriladi. Bunda uni to'g'ri o'rnatishga e'tibor berish kerak.

5. Tajriba natijalarini umumlashtirish va hisobot tuzish

Diafragmaning sarf koeffitsienti qo'yidagi tenglamadan topiladi:

$$\alpha = \frac{V_x}{k S_T \sqrt{2gH \frac{\rho_m - \rho}{\rho}}}$$

Bu tenglamada hajmiy sarf qo'yidagicha topiladi: $V_x = \omega S$.

bu erda ω –havoning kuvur ichidagi tezligi, m/s, (6-difmanometrning ko'r-satishiga qarab jadvaldan olinadi); S-quvurning ko'ndalang kesim yuzi, m².

Tajriba natijalarini umumlashtirishda quvur devorining g'adir-budirligini hisobga olish uchun kiritilgan. k koeffitsientni birga teng deb olish mumkin.

O'lchangan va hisoblangan kattaliklar quyidagi 3.1.-jadvalga yoziladi.

3.1-jadval.

№	O'lchangan kattaliklar					Hisoblangan kattaliklar	
	havo-ning quvur-dagi tezligi ω , m/s	7-diafragma diski teshigining diametri d_T , m	8-difmanometrning ko'rsatishi N mm.suv. ust.	havoning quvurdagi sarfi, V_x , m ³ /s	7-diafragma teshigining yuzasi, S_t , m ²	Diafragma-ning sarf koeffitsienti, α	Reynolds soni, Re
1.							

Jadvaldan tashqari tajriba natijalari $\alpha = f(Re)$ bog'lanishi ko'rinishida millimetrli qog'ozga chiziladi.

6.Sinov savollari

1. Toraytiruvchi (drossel) sarf o'lchagichlarning ishlash prinsipi nimaga asoslangan?
2. U-simon difmanometrlarning ishlashini tushintiring.
3. Toraytiruvchi sarf o'lchagichlarning qanday turlari bor?
4. Bernulli tenglamasining fizik va energetik ma'nolarini aytib bering.
5. Diafragma sarf koeffitsientining mohiyati qanday?
6. Ish bo'yicha xulosa.

Tavsiya etiladigan adabiyotlar

1. YUsupbekov N.R., Nurmuxamedov X.S., Zokirov S.G. Kimeviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalar. – Darslik. -T.: SHarq, 2003. – 644 b.

2. Salimov Z. «Kimyoviy texnologiyaning asosiy jarayonlari va qurilmalari». T.1. Toshkent. «Uzbekiston». 1994 y.
3. Kasatkin A.G.«Оснoвные процессы и аппараты химической технологии». 8-е изд. перераб. и доп. М. «Химия». 1973. 572 стр.

4- TAJRIBA ISHI

Suyuqliklarning nasadka va teshiklardan oqishini o‘rganish

Reja:

1. Nazariy kism.
2. Ishning maqsadi.
3. Tajriba qurilmasi.
4. Ishni bajarish tartibi.
5. Tajriba natijalarini umumlashtirish va hisobot tuzish
6. Sinov savollari.

1. Nazariy qism

Suyuqliklarning idishning yupqa tagidagi teshigidan oqib chiqishi amalda ko‘p uchraydi. Oqib chiqish 2 xil sharoitlarda ro‘y berishi mumkin: idishdagi suyuqlik satxi o‘zgarmas yoki o‘zgaruvchan bo‘lganda. Oqib chiqish birinchi xolda oqiyotgan suyuqlikning sarfi, ikkinchi xolda esa suyuqlik sathining o‘zgarishiga ketgan vaqt bilan xarakterlanadi.

Idish ichidagi suyuqlikning satxi o‘zgarmas bo‘lganda uning tagidagi yupqa teshigidan oqib tushayotgan suyuqlik sarfini nazariy aniqlaymiz.

Idish tagiga paralel qilib 0-0 tekisligini o‘tkazamiz, suyuqlikning balandgi sathiga mos keladigan 1-1 kesim va oqib chiqayotgan suyuqlik eng kichkina kesimiga mos keladigan 2-2 tekislik uchun Bernulli tenglamasini yozamiz (suyuqlikni ideal deb hisoblaymiz):

$$z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{\omega_1}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{\omega_2}{2g} \quad (4.1)$$

Ochiq idish bo‘lgani uchun $P_1 = P_2$; satx o‘zgarmaganligi uchun $\omega_1 = 0$; SHuningdek $Z_1 - Z_2 \approx H$. U xolda, (1) tenglama quyidagi ko‘rinishga keladi:

$$\frac{\omega_2^2}{2g} = H \quad \text{yoki} \quad \omega_2 = \sqrt{2gH} \quad (4.2)$$

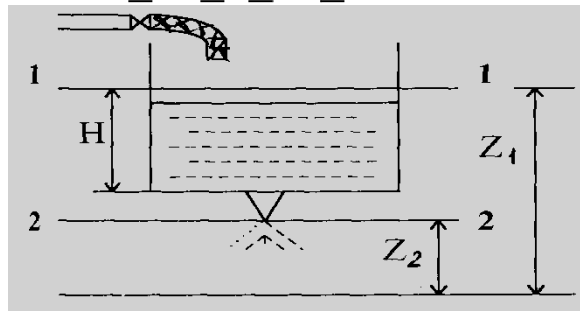
Real suyuqliklar uchun bu tenglamaning o‘ng tomoniga $\varphi < 1$ soni ko‘paytiriladi, ya’ni: $\omega_2 = \varphi \sqrt{2gH}$. Suyuqlikning idish teshigidan oqib chiqish tezligi uning 2-2 kesimidagi tezligidan kichik bo‘ladi, chunki bu kesimdan teshikning ko‘ndalang kesimi katta. SHuning uchun

$$\omega_2 = \varepsilon \omega_2 = \varepsilon \varphi \sqrt{2gH} = \alpha \sqrt{2gH}$$

Yoki xajmiy sarf:

$$V_x = \alpha S_T \sqrt{2gH} \quad (4.3)$$

bu erda $\varepsilon = S_2 / S_T$ - oqimning siqilish koeffitsienti; $\alpha = \varphi \varepsilon$ - sarf koeffitsienti; S_T - teshikning ko'ndalang kesim yuzasi, m².



4.1-rasm. Sath o'zgaras bo'lganda suyuqlikning oqib chiqishi.

Sarf koeffitsienti tajribalar yordamida topilgan. qovushoqligi suvnikiga yaqin bo'lgan suyuqliklar tagi tekis idish teshigidan oqib chiqqanda $\alpha = 0,62$, agar teshikka quvurcha yoki nasadka o'rnatilsa, $\alpha = 0,82$ bo'ladi.

YUqorida olingan tenglamadan ko'rinib turibdiki idishdagi suyuqlik satxi o'zgaras bo'lganda uning yupqa tagidagi teshigidan oqib chiqayotgan suyuqlik sarfi uning satxiga va teshikning o'lchamlariga bog'liq bo'lib, idishning shakliga bog'liq emas.

Endi idishdagi suyuqlik satxi N_1 dan N_2 gacha o'zgarishiga ketgan vaqtni topayliq Buning uchun juda kichkina $d\tau$ vaqt ichida oqib chiqqan suyuqlik sarfini yozamiz:

$$dV = V_x d\tau = \alpha S_T \sqrt{2gH} d\tau \quad (4.4)$$

SHu $d\tau$ vaqt ichida suyuqlik satxi xam dH ga kamayadi va idishning ko'ndalang kesimi o'zgaras bo'lgan xol uchun suyuqlik xajmining kamayishi qo'yidagiga teng bo'ladi:

$$dV = -SdH$$

bu erda S – idishning ko'ndalang kesimi yuzasi, m².

Tenglamaning o'ng tomonidagi manfiylik ishorasi suyuqlik satxining kamayishini ko'rsatadi.

YUqoridagi ikki bog'liqlikni tenglashtiramiz:

$$\alpha S_T \sqrt{2gH} d\tau = -SdH; \quad d\tau = -\frac{SdH}{\alpha S_0 \sqrt{2gH}}$$

Bu tenglamalarni integrallab qo'yidagini olamiz:

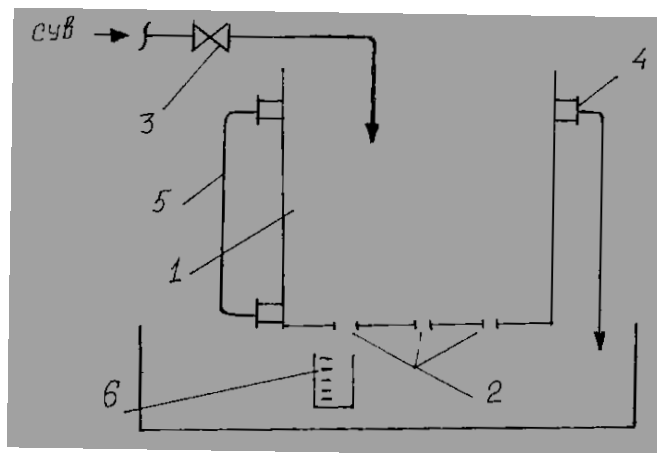
$$\tau = \frac{2S(\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2})}{\alpha S_T \sqrt{2g}} \quad (4.5)$$

2. Ishning maqsadi

1. Idishdagi saxh o'zgaruvchan bo'lganda suyuqlikning oqib chiqish vaqtini nazariy va amaliy aniqlash, ularni taqqoslash.
2. Idishdagi satx o'zgarmas bo'lganda oqib chiqqan suyuqlik sarfini aniqlash.

3. Tajriba qurilmasi

SHaxar suv tarmog'idan quvur orqali 1-idishga suv keladi. Bu suvning sarfi 3-ventil orqali sozlanadi. Idishning yon tomonida 5-ko'rish shishasi, tagida esa uchta har xil diametrli 2-teshiklar bor (4.2-rasm).



4.2-rasm. Tajriba qurilmasi:

1-idish; 2-xar xil o'lchamli teshiklar; 3-ventil; 4-oqish quvuri; 5-ko'rish shishasi; 6-o'lchagich idish.

Ish ikki qismdan iborat bo'lib, 1-qismda 1-idish ichidagi suyuqlik satxi o'zgaruvchan bo'ladi. Har safar tajribani boshlashdan oldin 1-idish ixtiyoriy balandlikkacha suvga to'ldiriladi va shundan keyin 3-ventil yopiladi.

Ishning ikkinchi qismida suyuqlik satxi ham o'zgarmas, ham o'zgaruvchan bo'lgan hollar uchun suyuqlikning sarf koeffitsienti topiladi. Idishdagi suvning sathini bir xil tutib turish uchun 4-oqish quvuri o'rnatilgan bo'lib ortiqcha suv shu quvurdan chiqib ketadi. Ishni bajarish davomida 3-ventil ochiq turadi. Teshikdan oqib tushgan suvning sarfi 6-o'lchagich idish yordamida aniqlanadi. Ishning ikkinchi qismini bajarishda 1-idish tagidagi teshiklarning faqat bittasidan (eng kattasidan) foydalaniladi. Bunda idish tagi tekis bo'lgan, xamda teshikka nasadka (quvur bo'lagi) o'rnatilgan xollar uchun sarf koeffitsienti topiladi. SHuning uchun tajriba qurilmasida 1-idish tagidagi eng katta teshikka nasadka o'rnatish va chiqarib olish ko'zda tutilgan.

1-qism

4. Ishni bajarish tartibi

Ishning birinchi qismida 3-ventil ochilib, 1-idish ixtiyoriy N_1 satxigacha suvga to'ldiriladi. Bunda idish tagidagi teshiklar yopiq bo'lishi keraq Tanlangan N_1 balandlik

daftarga qayd qilib qo'yiladi. SHundan keyin 1-idish tagidagi teshiklardan biri ochiladi va ayni paytda sekund o'lchagich yuritiladi. Suv biroz oqqandan keyin teshik zudlik bilan yopiladi va sekund o'lchagich ham to'xtatiladi. Suvning idishdagi keyingi N_2 satxi, hamda sekund o'lchagichning ko'rsatishi daftarga yoziladi. Tajribani har qaysi teshik uchun kamida ikki marta takrorlash kerak

Hamma o'lchashlar tugatilgandan keyin hisobot tuzishga kirishiladi.

5. Tajriba natijalarini umumlashtirish va hisobot tuzish

Idish tagidagi teshikdan suyuqlik oqib chiqqanda suyuqlik satxining N_1 dan N_2 balandlikka kamayishiga ketgan vaqt qo'yidagi tenglamadan topiladi:

$$\tau = \frac{2S(\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2})}{\alpha S_T \sqrt{2g}}$$

bu erda S – idishning ko'ndalang kesim yuzasi, m^2 .

Barcha o'lchangan va xisoblangan kattaliklar 4.1-hisobot jadvaliga yoziladi.

4.1- jadval.

T/r	O'lchangan kattaliklar			Xisoblangan kattaliklar		
	Suv-ning dastlabki satxi N_1 , m	Suvning keyingi satxi N_2 , m	Tajriba dan olingan vaqt τ , s	Idishning ko'ndalang kesim yuzasi S , m^2	Teshikning ko'ndalang kesim yuzasi S_T , m^2	Xisoblab topilgan oqish vaqti, sek $\tau = \frac{2S(\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2})}{\alpha S_T \sqrt{2g}}$
1.						

2-qism

Ishni bajarish tartibi

Ishni boshlashdan oldin idishdagi 2-teshiklar yopiladi va 3-ventil ochib qo'yiladi. Bunda eng katta teshikning nasadkasi olib qo'yilgan bo'lishi kerak Dastlab 1-idishdagi satx o'zgaruvchan bo'lgan xol uchun tajriba o'tkaziladi. Buning uchun 3-ventil ochilib 1-idish ixtiyoriy N_1 satxgacha suvga to'ldiriladi va 3-ventil yopiladi. N_1 balandlik daftarga yozib qo'yiladi. SHundan keyin 2-idish tagidagi eng katta teshik ochiladi va darhol sekund o'lchagich ham yuritiladi. Suvning satxi ixtiyoriy N_2 qiymatgacha pasaygandan keyin teshik yopiladi va sekund o'lchagich to'xtatiladi. Satxning N_1 dan N_2 gacha kamayishiga ketgan vaqt daftarga yoziladi. Idish yana qaytadan N_1 balandlikkacha to'ldiriladi va tajriba 3-4 marta takrorlanadi.

Keyin 2-idishdagi suyuqlik satxi o'zgaras bo'lgan xol uchun tajriba o'tkaziladi. Ishni boshlashdan oldin 1- idish teshiklari yopiladi. 3 –ventilni ochib, 1-idish 4-quvur satxigacha suvga to'ldiriladi. Ish davomida 3-ventil shunday kattalikda ochiq bo'lishi

kerakki, tarmoq quvuridan tushayotgan suvning sarfi, idish tagidagi teshikdan oqayotgan suvning sarfidan ozgina ko'proq bo'lsin.

SHundan keyin 1–idish tagidagi eng katta teshik ochiladi. Teshikdan oqib chiqqan suvning xajmi 6- idish yordamida, xamda shu suvning oqishiga ketgan vaqt sekund o'lchagich yordamida o'lchanadi va daftarga yoziladi. Bunda xam tajribalar 3-4 marta takrorlanadi.

Tajribalarning keyingi bosqichida 1-idish tagidagi tekshirilgan teshikka nasadka o'rnatiladi va yuqorida yozilgan tartibda tajribalar 6-8 marta takrorlanadi. SHundan keyin tajriba natijalarini ishlashga kirishiladi.

2-kism bo'yicha tajriba natijalarini umumlashtirish va xisobot tuzish

Suyuqlik sathi o'zgaruvchan bo'lgan hol uchun sarf koeffitsienti (5) tenglamadan, satx o'zgarmas bo'lgan xol uchun esa (3) tenglamadan topiladi.

(3) bog'liqlikdagi xajmiy sarf quyidagi tenglamadan topiladi:

$$V_x = V/\tau$$

bu erda V – teshikdan oqib tushgan suvning hajmi; τ -oqib tushish vaqti, s.

Satx o'zgaruvchan bo'lgan xol uchun o'lchangan va xisoblangan kattaliklar 4.2 jadvalga, satx o'zgarmas bo'lgan hol uchun esa 4.3- jadvalga yoziladi.

4.2-jadval

N	O'lchangan kattaliklar			Hisoblangan kattaliklar	
	Suvning dastlabki sathi N_1, m	Suvning keyingi sathi N_2, m	Tajribadan olingan vaqt τ, s	Sarf koeffitsienti $\alpha = \frac{2S(\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2})}{\tau S_T \sqrt{2g}}$	qo'shimcha
1.					

4.3-jadval

N	O'lchangan kattaliklar			Hisoblangan kattaliklar		
	Suvning xajmi V, m^3	Suvning oqib chiqish vaqti τ, s	Suvning satxi H, m	Suvning sarfi $V_x, m^3/s$	Sarf koeffitsienti $\alpha = \frac{V_x}{S_T \sqrt{2gH}}$	qo'shimcha

1.						
2.						
3.						

6.Sinov savollari

1. Idishdagi suyuqlik satxi o'zgarmas bo'lganda uning tagidagi teshikdan oqayotgan suyuqlik sarfi nimalarga bog'liq?
2. Idish tagidagi teshikdan suyuqlik oqib uning ichidagi suyuqlik satxi kamaysa, ana shu kamayishga ketgan vaqt nimaga teng?
3. Sarf koeffitsienti idish ichidagi suyuqlik satxining o'zgarmas yoki o'zgaruvchanligiga bog'liqmi?
4. Ish bo'yicha xulosa.

Tavsiya etiladigan adabiyotlar

1. YUsupbekov N.R., Nurmuxamedov X.S., Zokirov S.G. Kimeviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalar. – Darslik. -T.: SHarq, 2003. – 644 b.
2. Salimov Z. «Kimyoviy texnologiyaning asosiy jarayonlari va qurilmalari». T.1. Toshkent. «O'zbekiston». 1994 y.
3. Kasatkin A.G.«Оснoвные процессы и аппараты химической технологии». 8-e izd. pererab. i dop. M. «Ximiya». 1973. 572 str.

5- TAJRIBA ISHI

Mavhum qaynash qatlamining gidrokinamikasini o'rganish

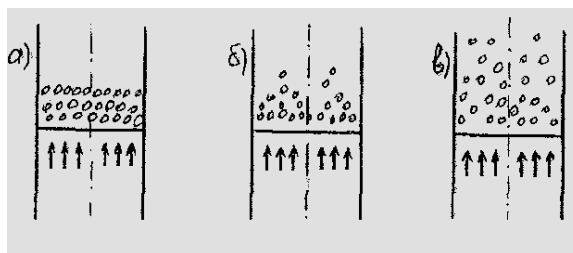
Reja:

1. Nazariy kism.
2. Ishning maqsadi.
3. Tajriba qurilmasi.
4. Ishni bajarish tartibi.
5. Tajriba natijalarini umumlashtirish va hisobot tuzish.
6. Sinov savollari.

1. Nazariy kism

Donador qatlam orasidan yuqoriga qarab suyuqlik yoki gaz oqimi o'tsa, bu qatlam

o'tuvchi oqimning tezligiga bog'liq ravishda, qo'zg'almasdan qolishi yoki qaynash holatiga o'tishi mumkin. Bunday qaynash suyuqliklarning qaynashiga o'xshasada, mohiyati bilan undan farq qiladi. SHuning uchun bunday qaynash mavhum qaynash deb ataladi.



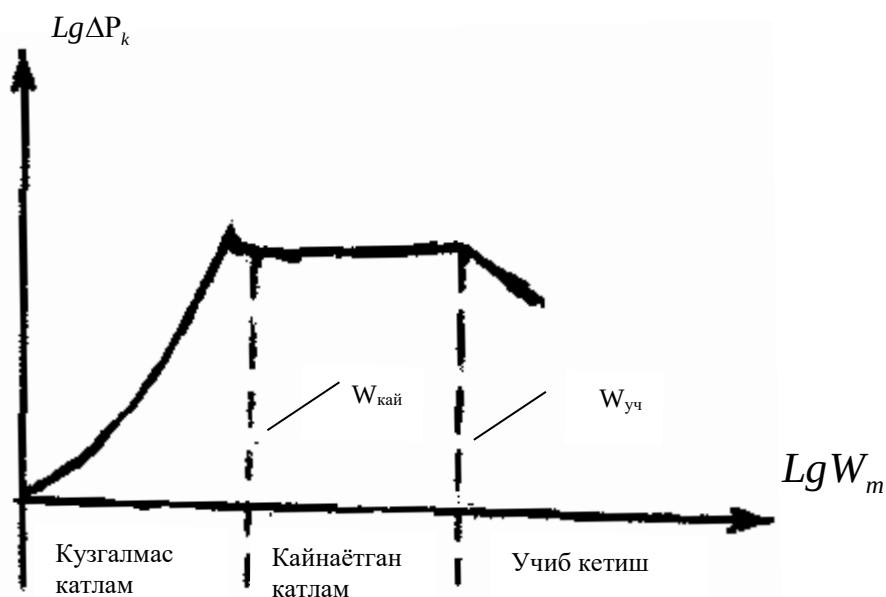
5.1-rasm. Gaz (suyuqlik) ning qattiq zarrachalar qatlami orqali harakati. a- qo'zg'almas qatlam; b-qaynayotgan qatlam; v-zarrachalarning uchirilib ketishi.

Gazning tezligi nisbatan kichik bo'lganda qattiq zarrachalar qo'zg'almaydi. Lekin tezlik oshib borib o'zining shunday bir kritik nuqtasiga etadiki, bunda zarrachalar qatlamining balandligi oshadi, ular qaynash holatiga o'tadi. Bu holatda qattiq zarrachalar yuqoriga qarab jadal harakat qiladi. Agar gazning tezligi yana ham oshirilsa, u o'zining yangi kritik qiymatiga erishadi va bunda zarralar gaz oqimi bilan uchirilib olib ketiladi.

Gazning qattiq zarrachalar qaynash holatiga o'tgandagi birinchi kritik tezligi qaynash tezligi va zarrachalarning uchib ketishiga to'g'ri keladigan kritik qiymati uchib ketish tezligi deyiladi.

Mavhum qaynash qatlamining muhim xususiyatlaridan biri shundaki, uning gidravlik qarshiligi nisbatan kichik. Donador qatlamning gidravlik qarshiligi bilan gazning mavhum tezligi orasidagi bog'liklik 9.2-rasmida ko'rsatilgan. Jihozning to'liq ko'ndalang kesim yuziga nisbatan olingan tezligi mavhum tezlik deyiladi:

$$W_m = \frac{V_x}{S} \quad (5.1)$$



5.2-rasm. Donador qatlam gidravlik qarshiligi bilan gazning mavhum tezligining

bog'liqligi.

Rasmda ko'rinib turibdiki, qattiq zarrachalar qo'zgalmas bo'lganda gaz tezligi oshishi bilan qatlamning qarshiligi ham oshadi. Tezlik W_{KAY} dan W_{UCH} gacha o'zgarganda, ya'ni donador qatlam qaynab turganda gidravlik qarshilik o'zgarmay qoladi. Qattiq zarrachalar gaz bilan birga uchib keta boshlaganda ΔR_K ham kamaya boshlaydi.

Gazning zarrachalarga dinamik ta'sir kuchi R zarrachalar G og'irligidan Arximed ko'tarish kuchi A ni ayirmasiga teng bo'lganda qatlam qaynash holatiga o'tadi:

$$P = G - A \quad (5.2)$$

Agar zarrachalar shar shaklida bo'lsa,

$$P = \xi \cdot \frac{\pi d^2}{4} \cdot \frac{W^2 \rho_m}{2} \quad (5.3)$$

$$G = \frac{\pi d^3}{6} \cdot \rho g \quad (5.4)$$

$$A = \frac{\pi d^3}{6} \cdot \rho_m g \quad (5.5)$$

bu erda ξ —qarshilik koeffitsienti; d —zarrachalarning diametri, m; W —zarrachalar orasidan o'tayotgan muhitning haqiqiy tezligi, m/s; ρ, ρ_m —qattiq zarrachaning va muhit (gaz) ning zichligi, kg/m³.

YUqoridagi tenglikdan:

$$G - A = \frac{\pi d^3}{6} (\rho - \rho_m) g \quad (5.6)$$

Agar qattiq zarrachalar orasidan o'tayotgan muhit gaz bo'lsa, u holda zichligining zarrachalar zichligiga nisbatan juda kichik bo'lgani uchun bu zichlikni hisobga olmasak ham bo'ladi.

Unda: $P = G$

Zarrachalar qaynash hoholatiga o'tganda, gazning qatlamdan oldingi bosimi jihozning f -ko'ndalang kesim yuziga mos keladigan zarrachalar og'irligini engib o'tishi kerak, ya'ni

$$\Delta P_k = \frac{G_k}{f} \quad (5.7)$$

bu erda G_k — barcha zarrachalarning og'irligi, N.

Bu tenglamadan ko'rinib turibdiki, zarrachalar qaynash holatida bo'lganda ΔP_q o'zgarmas bo'lib qoladi, ya'ni tezlikka bog'liq bo'lmaydi. Chunki W_m oshishi bilan qaynayotgan qatlamning hajmi va zarrachalar orasidagi masofa oshadi.

Qattiq zarrachalar qatlamining muhim xossalari biri g'ovaklik ε , ya'ni zarrachalar orasidagi gazning hajmiy ulushi hisoblanadi:

$$\varepsilon = \frac{g - g_3}{g} = 1 - \frac{g_3}{g} \quad (5.8)$$

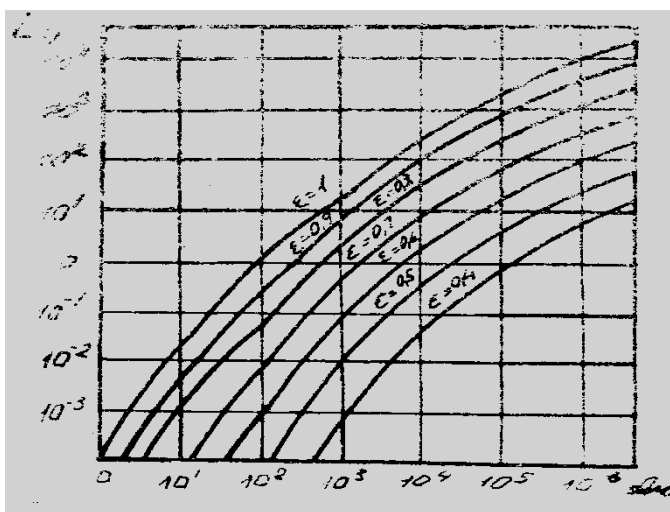
bu erda g -butun qatlam egallagan hajm, m^3 ; g_3 -faqat qattiq zarrachalar egallagan hajm, m^3 .

SHar ko‘rinishidagi zarrachalar uchun qatlam qo‘zg‘almas bo‘lganda g ‘ovaklik 0,4 ga yaqin bo‘ladi. Mavhum qaynash holatida gaz sarfi ko‘payib borishi bilan g ‘ovaklik ham oshadi. Zarrachalarni tashib ketish tartibi o‘rnatilganda g ‘ovaklikning qiymati birga teng bo‘ladi.

Mavhum qaynash qatlamli jihozlarni hisoblashda Lyaçenko va Arximed kriteriylari orasidagi $L_y = f(Ar)$ bog‘lanishdan (5.3-rasm) foydalanish katta qulaylik tug‘diradi. Bu kriteriylar quyidagicha ifodalanadi:

$$L_y = \frac{W_M^3 \cdot \rho_M^2}{\mu_M (\rho - \rho_M) g} \quad (5.9)$$

$$Ar = \frac{d^3 \cdot \rho_M \cdot (\rho - \rho_M) \cdot g}{\mu_M^2} \quad (5.10)$$



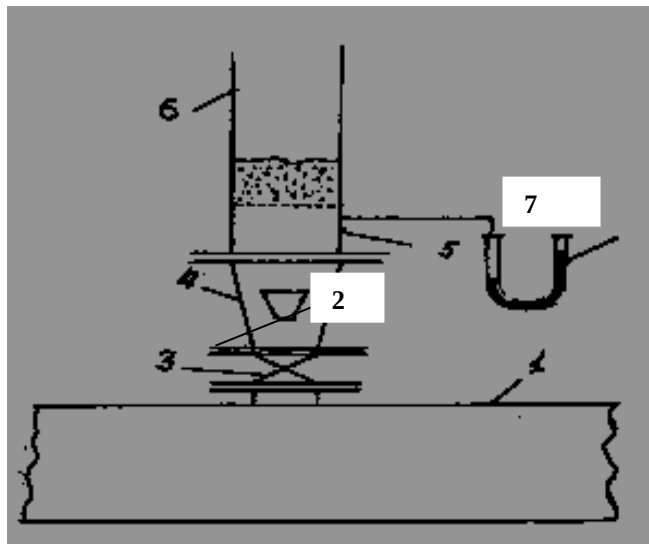
5.3-rasm. Lyaçenko va Arximed mezonlarining bog‘liqligi.

2. Ishning maqsadi

1. Donador qatlam qarshiligi bilan gaz tezligining bog‘lanishini tajriba yo‘li bilan qurish;
2. Gaz tezligining ikkala kritik qiymatlari (W_{kay} , W_{uch}) va zarrachalarning o‘rtacha diametrini aniqlash.

3. Tajriba qurilmasi

Tajriba qurilmasi 1-umumiy havo kuvuri ustiga o‘rnatilgan 57x3,5 mm



5.4-rasm. Tajriba qurilmasi.

1-umumiy havo quvuri; 2-quvur; 3-yopqich; 4-rotametr; 5-shisha quvur; 6-donador qatlam; 7-U- simon difmanometr.

diametrli 2-kuvurdan iborat. Bu kuvur ichida havo sarfini o'zgartirib turish uchun 3-yopqich, va havo sarfini o'lchash uchun 4-rotametr o'rnatilgan. Bundan tashqari 2-kuvurning ustida ichki diametri 80 mm bo'lgan va ichiga 6-qattiq zarrachalar (nasadkalar) solingan 5-shisha kuvur joylashtirilgan. Kattik zarrachalar panjara ustiga tartibsiz tukulgan.

Donador qatlamni almashtirish oson bo'lishi uchun shisha kuvur 2-kuvurga erkin o'rnatilgan, ya'ni qotirib mahkamlanmagan. SHuning uchun ishni bajarayotganda ehtiyot bo'lish zarur. Bundan tashqari 3-yopqichni birdaniga ko'p ochmaslik kerak. CHunki havo qattiq zarrachalarni uchirib ketishi mumkin. Donador qatlamning gidravlik qarshiligi 7-U simon difmanometr yordamida o'lchanadi. Qatlam ustidagi bosim atmosfera bosimiga teng bo'lgani uchun bu difmanometrning bir tomoni ochiq qoldirilgan.

4. Ishni bajarish tartibi

Ishni boshlashdan oldin 3-yopqich yopib quyiladi. SHundan keyin ventilyator ishga tushirilib, 3-yopqich ozroq ochiladi. Havoning sarfi, panjara va qatlamning umumiy gidravlik qarshiligi, hamda qatlamning balandligi o'lchanadi. O'lchash natijalari hisobot jadvaliga yozilgandan keyin 3-yopqich yordamida havoning sarfi ozroq ko'paytiriladi va o'lchashlar yana amalga oshiriladi. SHunday qilib havo sarfi ozginadan ko'paytirib boriladi va o'lchashlar takrorlanadi. Havo sarfining eng yuqori qiymati zarrachalarning uchib keta boshlashiga to'g'ri kelishi lozim.

SHuningdek tajribalar soni 7-8 martadan kam bo'lmasligi kerak. Ishni tugatgandan keyin 3-yopqich yopiladi va ventilyator to'xtatiladi.

5. Tajriba natijalarini umumlashtirish va hisobot tuzish

Sarf tenglamasidan shisha quvur ichidan o'tayotgan havoning mavhum tezligi topiladi:

$$W_m = \frac{V_x}{S}$$

bu erda V_x -rotametr yordamida o'lchangan havo sarfi, m^3/s ; S —shisha quvurning ko'ndalang kesim yuzasi, m^2 .

Donador qatlam va uning ostidagi panjaraning umumiy gidravlik qarshiligi 7-difmanometr ko'rsatishiga qarab olinadi. Bunda panjaraning qarshiligi juda kichik bo'lgani uchun hisobga olinmaydi.

SHundan keyin o'lchangan va hisoblangan kattaliklar quyidagi jadvalga tushiriladi. Hisobot jadvali asosida qatlam gidravlik qarshiligining havoning mavhum tezligiga bog'liqlik grafigi quriladi. CHizilgan chizmadan havoning kritik tezligi topiladi va Lyamenko kriteriysining shu tezlikka mos qiymati hisoblanadi:

$$L_y = \frac{W_{kp}^3 \cdot \rho_m^2}{\mu_m \cdot \rho g} \quad (5.11)$$

SHundan keyin $L_y = f(A_r)$ bog'lanish chizmasidan (5.3-rasm) $\varepsilon = 0,4$ bo'lgan hol uchun Arximed soni topiladi va bu son orqali berilgan qattiq zarrachalarning (nasadkalarining) diametri hisoblanadi. Bundan tashqari shu zarrachalarning uchib ketishiga mos keluvchi, ya'ni $\varepsilon = 1$ bo'lgandagi Lyamenko sonining qiymati aniqlanadi. O'z navbatida bu son orqali zarrachalarning W_{uch} uchib ketish tezligi va bu tezlikka mos havo sarfi V_x topiladi.

5.1-jadval

T/r	Havo carfi $V_x, m^3/s$	Zarrachalarning gidravlik qarshiligi ΔR		Donador qatlamning balandligi N, m	Havoning mavhum tezligi $W_m, m/s$
		mm.suv.ust.	Pa		
1.					
2.					
3.					

6. Sinov savollari

1. Suyuqliklarning (gazlarning) donador qatlam orqali yuqoriga ko'tarilishda qanday o'zgarishlar sodir bo'lishi mumkin?
2. Gazning mavhum, haqiqiy va kritik tezliklari nima?
3. G'ovaklik nima?
4. Ta'sir qiluvchi kuchlarning qanday nisbatida zarrachalar mavhum qaynash holatiga o'tadi?
5. Gazning kritik tezliklari nimalarga bog'lik?
6. Donador qatlam gidravlik qarshiligi bilan uning orasidan o'tayotgan gaz tezligining bog'lanishi qanday?
7. Havo sarfi o'zgarmaganda, zarrachalarining diametri katta bo'lgan qaynovchi qatlamning g'ovakligi kattami yoki zarrachalarining diametri kichkina bo'lganinikimi?
8. Ish bo'yicha xulosa.

Tavsiya etiladigan adabiyotlar

1. YUsupbekov N.R., Nurmuxamedov X.S., Zokirov S.G. Kimeviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalar. – Darslik. -T.: SHarq, 2003. – 644 b.
2. Salimov Z. «Kimyoviy texnologiyani asosiy jarayonlari va qurilmalari». T.1. Toshkent. «Uzbekiston». 1994 y.
3. Kasatkin A.G.«Оснoвные процессы и аппараты химической технологии». 8-е изд. перераб. и доп. М. «Химия». 1973. 572 стр.

6- TAJRIBA ISHI

Markazdan qochma nasoslarning xarakteristikasini o‘rganish

Reja:

1. Nazariy kism.
2. Ishning maqsadi.
3. Tajriba qurilmasi.
4. Ishni bajarish tartibi.
5. Tajriba natijalarini umumlashtirish va hisobot tuzish.
6. Sinov savollari.

1. Nazariy qism

Kimyo sanoatining barcha tarmoqlarida suyuqliklar gorizontal va vertikal trubalar orqali uzatiladi. Suv, neft, benzin, kerosin, moylar va boshqa suyuqliklarni uzatishga mo‘ljallangan mashinalar (qurilmalar) nasoslar deyiladi. Trubalarning boshlang‘ich va oxirgi nuqtalardagi bosimlar farqi suyuqlikning oqishining harakatlantiruvchi kuch hisoblanadi. Suyuqlik oqimining trubalardagi harakatlantiruvchi kuchi gidravlik mashinalar yoki nasoslar orqali hosil qilinadi. Nasoslar elektr dvigatelning mexanik energiyasini yoki harakatlantirilayotgan suyuqlik energiyasiga aylantirib bosimini oshiradi. Nasoslar xalq xo‘jaligining barcha sohalarida: metallurgiyada, kimyo sanoatida va ko‘pchilik boshqa tarmoqlarda keng qo‘llaniladi.

Markazdan qochma nasoslarda suyuqlik ish g‘ildiraklarining markazidan uning chetiga karab 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, shesternyali, plastinali va vintsimon nasoslar kiradi.

Sanoatda suyuqliklarni siqilgan gaz (yoki havo) yordamida uztish uchun gazlift va montejoyular ham ishlatiladi. Nasoslardan foydalanish unumdorlik, napor va quvvat kabi kattaliklar bilan belgilanadi.

Vaqt birligi ichida uzatib beriladigan suyuqlik miqdori nasos unumdorligi (yoki sarfi) deyiladi ($Q, m^3/s$).

Nasosning massa birligiga ega bo'lgan suyuqlikka bergan solishtirma energiyasi zsa napor deb yuritiladi (N, m). Napor oqimning nasosga kirish va chiqishdagi solishtirma energiyalari ayirmasiga teng.

Suyuqlikka energiya berish uchun sarflangan nasosning foydali quvvati N_f suyuqlik sarfi $\gamma \cdot Q$ ning solishtirma energiyaga ko'paytirilganiga teng.

$$N_\phi = \gamma \cdot Q \cdot H = \rho g Q H \quad (6.1)$$

Nasos o'qidagi quvvat foydali quvvatdan kattaroq bo'ladi, chunki nasosda energiyaning bir qismi yo'koladi. Energiyaning yo'qolishi nasosning foydali ish koeffitsienti (FIK) η_n bilan baholanadi. Demak, nasosning o'qidagi quvvat quyidagi tenglama bilan topiladi:

$$N_e = \frac{N_\phi}{\eta_n} = \frac{\rho g Q H}{\eta_n} \quad (6.2)$$

Foydali ish koeffitsienti η_n nasosdagi quvvatning nisbiy yo'qolishini, nasos konstruksiyasining mukammalligini va uni ishlatishning samaradorligini ifodalaydi, hamda quyidagi ko'paytma orqali topiladi.

$$\eta = \eta_v \cdot \eta_r \cdot \eta_M \quad (6.3)$$

bu erda η_v -uzatish FIK; η_r -gidravlik FIK; η_M -mexanik FIK.

Uzatish FIK nasos haqiqiy unumdorligining nazariy ish unumdorlikka nisbatiga teng bo'lib, nasos konstruksiyasining zich bo'lmagan joylaridan sizib chiqqan suyuqlikning miqdorini belgilaydi.

Gidravlik FIK suyuqlikning nasos orqali o'tishida gidravlik va mahalliy qarshiliklarni engishi uchun sarf bo'lgan naporning yo'qolishini ifodalaydi.

Mexanik FIK nasos mexanizmlaridagi ishqalanish tufayli sarflangan quvvatning yo'qolishini belgilaydi.

Dvigatel iste'mol qiladigan quvvat (yoki dvigatelning nominal quvvati) nasos o'qidagi quvvatdan ortiqroq bo'ladi, chunki quvvatning bir qismi elektr dvigatelning o'qida va elektr dvigateldan mexanik energiya nasosga berilayotganda sarf bo'ladi.

$$N_{\phi} = \frac{N_e}{\eta_{ym} \cdot \eta_{\phi}} = \frac{N_\phi}{\eta_H \cdot \eta_{ym} \cdot \eta_{\phi}} = \frac{N_\phi}{\eta} \quad (6.4)$$

Ko'paytma $\eta_H \cdot \eta_{mm} \cdot \eta_{\phi}$ - nasos qurilmasining to'la FIK deb yuritiladi va η bilan belgilanadi. Dvigatelning o'rnatishquvvati zarurati tufayli nasosni ishga tushirishda vujudga keladigan ortiqcha yuklamalarni hisobga olish uchun kiritilgan.

$$N = \beta N_{\phi} \quad (6.5)$$

bu erda β - quvvatning zapas koeffitsienti, bu koeffitsientning qiymati dvigatelning

nominal kuvvatiga nisbatan topiladi:

$N_{\text{ог}}, \text{кВт}$	<1	1-5	5-50
ρ	2-1,5	1,5-1,2	1,1

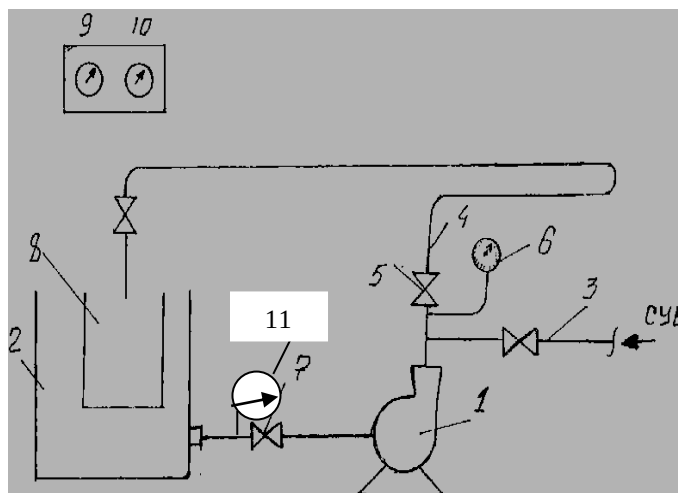
Ishning maqsadi

1. Markazdan qochma nasos qurilmasi bilan tajriba orqali tanishish;
2. Tajriba natijalari bo'yicha nasos hosil qiladigan bosim, quvvat va F.I.K.ning nasos unumdorligiga bog'liqligini aniqlash.

2. Tajriba qurilmasi

Tajriba qurilmasi asosan 1-markazdan qochma nasos, 2-sarf idish, 8-hajm o'lchash idishi va o'lchov –nazorat asboblardan iborat (6.1-rasm).

Ishni boshlashdan oldin 3-shahar suv quvurining jumragini ochib 2-sarf idish suvga to'ldiriladi. Bu idishdagi suvning nasosga borishi 7-jo'mrakni ochish orqali amalga oshiriladi. So'rish quvuridagi bosim 11-vakuummetr yordamida o'lchanadi. haydash quvuridagi nasos hosil qilgan bosimni o'lchash uchun 6-manometr o'rnatilgan. Nasosning unumdorligi 8-hajm o'lchash idishi yordamida amalga oshiriladi. Nasos iste'mol qiladigan elektr tokining kuchi 9-ampermetr, kuchlanishi esa 10-voltmetr yordamida o'lchanadi. Tajribalarni bajarishda suv sarf idishi-nasos-sarf idishidan iborat yopiq konturda harakat qiladi. Nasosni sinash davomida elektr dvigatelining aylanishlari soni o'zgartirilmaydi.



6.1-rasm. Tajriba qurilmasi: 1-markazdan qochma nasos; 2-sarf idishi; 3-suv keladigan truba; 4-haydash trubasi; 5,7-ventillar; 6-haydash quvuridagi manometr; 8-hajmiy o'lchash idishi; 9- ampermetr; 10-voltmetr; 11-so'rish quvuridagi vakuummetr.

Ishni boshlashdan oldin 7-jo'mrak ochib qo'yiladi. Keyin 3-jo'mrakni ochib sarf idishi, 1-nasos va aylanish quvuri suvga to'ldiriladi va keyin 3 va 5-ventillar yopiladi. Nasos ishga tushiriladi va ko'p vaqt o'tkazmasdan 5-ventil asta-sekin ochiladi. Natijada suvning yopiq kontur bo'ylab harakati ta'minlanadi. Har bir tajribada so'rish va haydash quvurlaridagi bosimlar 11 va 6-manometrlar, dvigatel iste'mol qilayotgan elektr tokining kuchi hamda kuchlanishi 9-ampermetr va 10-voltmetr yordamida o'lchanadi. Nasosning unumdorligini aniqlash 8-o'lchov idishiga vaqt birligida tushgan suv hajmini o'lchash orqali amalga oshiriladi. Vaqtni aniqlashda sekund o'lchagichdan foydalaniladi.

Tajribalarning keyingi bosqichida 5-ventil yordamida nasosning unumdorligi o'zgartiriladi va o'lchashlar takrorlanadi. SHunday qilib nasos unumdorligining 4-5 qiymati uchun tajribalar bajariladi.

5. Tajriba natijalarini umulashtirish va hisobot tuzish

1. Nasosning to'liq nabori N quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$H = P_x + P_c + h + \frac{\omega_x^2 - \omega_c^2}{2g} \quad (6.6)$$

bu erda, R_x –haydash liniyasidagi manometr ko'rsatishi, m.suv.ust; R_s -so'rish kuvuridagi vakuummetr kursatishi, m.suv.ust; h -manometr va vakuummetr orasidagi vertikal masofa, m; ω_x - suvning haydash trubasidagi tezligi, m/s; ω_c -suvning so'rish trubasidagi tezligi, m/s; g - erkin tushish tezlanishi, m/s².

So'rish va haydash trubalari diametri bir xil bo'lganda (1) formula quyidagi ko'rinishga keladi:

$$H = P_x + P_c + h \quad (6.7)$$

2. Nasos unumdorligi:

$$Q = \frac{V}{\tau} \quad (6.8)$$

bu erda: V -suvning 8-idish yordamida o'lchangan hajmi, m³; τ -qayd qilingan hajm hosil bo'lishiga ketgan vaqt, s:

3. Nasos qurilmasi iste'mol qilayotgan quvvat, kVt:

$$N = \frac{U \cdot I}{1000}, \quad (6.9)$$

bu erda : U –kuchlanish, V; I -tok kuchi, A.

4. Nasos qurilmasining foydali ish ko'effitsienti;

$$\eta = \frac{Q\rho gH}{1000 \cdot N} \quad (6.10)$$

bu erda: ρ - suyuqlik zichligi, kg/m³.

Markazdan qochma nasos xarakteristikasini aniqlash bo'yicha olingan tajriba natijalari 6.1-jadvalga yoziladi.

6.1-jadval

N	Nasos unumdorligi Q , m/s	So‘rish quvuridagi bosim R_s , mm, suv ust	Haydash quvuridagi bosim R_h , mm, suv. ust	To‘liq napor N , mm, suv. ust	Quvvat N , kBt	FIK η
1.						

Olingan natijalar asosida markazdan qochma nasosning xarakteristikasi quriladi.

6. Sinov savollari

1. Markazdan qochma nasoslarning tuzilishi va ishlash prinsipi qanday?
2. Markazdan qochma nasosda suyuqlik bosimining ortishi qaysi qonuniyat bilan ifodalanadi?
3. Mavrkazdan qochma nasoslarni ishga tushirishning asosiy sharti nimada?
4. Qanday bog‘liqliklar nasos xarakteristikasi deyiladi?
5. Qachon ko‘p bosqichli markazdan qochma nasos qo‘llaniladi.
6. Ish bo‘yicha xulosa?

Tavsiya etiladigan adabiyotlar

1. YUsupbekov N.R., Nurmuxamedov X.S., Zokirov S.G. Kimeviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalar. – Darslik. -T.: SHarq, 2003. – 644 b.
2. Salimov Z. «Kimyoviy texnologiyaning asosiy jarayonlari va qurilmalari». T.1. Toshkent. «Uzbekiston». 1994 y.
3. Kasatkin A.G.«Основные процессы и аппараты химической технологии». 8-е изд. перераб. и доп. М. «Химия». 1973. 572 стр.

7- TAJRIBA ISHI

Markazdan qochma ventilyatorning xarakteristikasini o‘rganish

Reja:

1. Nazariy kism.

2. Ishning maqsadi.
3. Tajriba qurilmasi.
4. Ishni bajarish tartibi.
5. Tajriba natijalarini umumlashtirish va hisobot tuzish.
6. Sinov savollari.

1. Nazariy kism

Kimyo sanoati korxonalarida ko'p miqdorda gaz va gaz aralashmalarini qayta ishlashga to'g'ri keladi. Ko'pgina kimyoviy jarayonlarning atmosfera bosimdan farqli bosim ostida olib borilishi, jarayon tezligini oshiradi, qurilma o'lchamlarini kichik bo'lishiga va xokozolarga olib keladi.

Gazlarni siqish yordamida ularni quvurlarda va qurilmalarda harakati ta'minlanadi yoki vakuum hosil qilinadi. Bundan tashqari, havo va gazlarni siqish, ularni aralashtirish, suyuqliklarni purkash uchun ishlatiladi.

Gazlarni siqish va uzatish uchun mo'ljallangan mashinalar kompressor mashinalar deyiladi.

Kompressor mashinalar hosil qiladigan oxirgi bosim R_2 ning gazni so'rilish paytidagi bosim R_1 ga nisbati siqish ko'rsatkichi deyiladi. Siqish ko'rsatkichi bo'yicha kompressor mashinalar qo'yidagi turlarga bo'linadi:

- 1) ventilyatorlar (R_2 / R_1) < 1,1-katta miqdordagi gazlarni kichik bosimda uzatish uchun;
- 2) gazoduvkalar $1,1 < R_2 / R_1 < 3$ - nisbatan katta gidravlik qarshilikka ega quvurlardan gazlarni uzatish uchun;
- 3) kompressorlar $R_2 / R_1 > 3$ yuqori bosim hosil qilish uchun;
- 4) vakuum – nasoslar - atmosfera bosimidan kichik bo'lgan bosimlarda gazlarni so'rib olish uchun;

Kompressor mashinalar ishlash usuli (prinsipi) bo'yicha porshenli, rotorli, markazdan qochma va o'qli mashinalarga bo'linadi.

Rotorli mashinalarda gazlarni siqish eksentrik joylashgan rotorning aylanishi tufayli hajmning kamayishi oqibatida hosil bo'ladi.

Porshenli mashinalarda gazlarni siqish hajmning kamayishi hisobiga amalga oshadi. Bunda porshenning ilgarilama–qaytma harakati tufayli gazning bosimi oshiriladi. Kam miqdordagi gazlarni katta bosimlarga (0,5÷20 MPa va undan yuqori) siqishda ishlatiladi.

Markazdan qochma mashinalarda ishchi (ular turbokompressorlar xam deyiladi) g'ildirakning aylanishida hosil bo'ladigan inersiya kuchlari yordamida gaz siqiladi.

O'qli mashinalarda ishchi g'ildirak va yo'naltiruvchi qurilma uzunligi bo'ylab, gaz harakatlanganda uning siqilishi sodir bo'ladi.

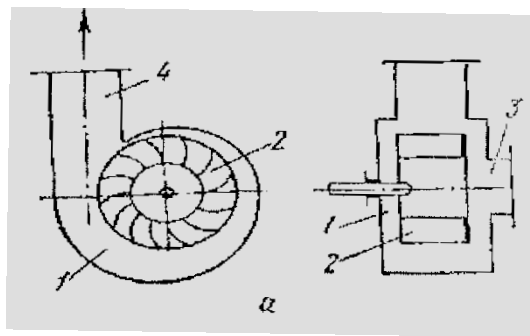
Vakuum – nasos sifatida har qanday kompressordan foydalanish mumkin. Vakuum – nasos bilan kompressor orasidagi farq shundaki, vakuum-nasosda so'rish bosimi atmosfera bosimidan kam bo'lsa, uzatish esa atmosfera bosimi atrofida bo'ladi.

Turbokompressorlar esa, katta miqdordagi gazlarni nisbatan past bosimlarda (0,15÷1,5 MPa) uzatib berishga mo'ljallangan.

Markazdan qochma ventilyatorlar shartli ravishda kichik ($R < 10^3$ Pa), o'rta bosimli ($R = 10^3 \div 3 \cdot 10^3$ Pa) va yuqori bosimli ($R = 10^3 \div 10^4$ Pa) ventilyatorga bo'linadi (7.1-rasm).

Kichik bosimli ventilyatorlarning spiral ko'rinishidagi qobig'ida 1 bir nechta

kurakchali ishchi g'ildiragi (2) aylanadi.



7.1-rasm. Markazdan qochma ventilyator.

1-qobiq; 2-ishchi g'ildirak; 3-so'rish patrubi; 4-haydash patrubi.

Gaz g'ildirak o'qi orqali patrubi (3) yordamida so'rib olinadi va uzatish patrubi (4) orqali haydash quvuriga chiqarib beriladi. O'rta va yuqori bosimli ventilyatorlar ishchi g'ildiraklarining eni nisbatan keng bo'lib, kurakchalari oldinga egilgan bo'ladi.

Markazdan qochma ventilyatorlar xarakteristikasi shunday konstruksiyali nasoslarniki bilan bir xil. Q , H va N kabi parametrlar ning aylanishlar soni n ga bog'liq va quyidagi tenglamalar yordamida aniqlanadi. Ventilyatorda hosil bo'ladigan bosim N (1) yoki (5) tenglamalar yordamida hisoblanadi:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{c_2'}{c_2''} = \frac{n_1}{n_2} \quad (7.1)$$

$$\frac{H_1}{H_2} \approx \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2 \quad (7.2)$$

$$\frac{N_1}{N_2} \approx \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^3 \quad (7.3)$$

$$H = H + \frac{(P_2 - P_1)}{\rho q} + \frac{(\omega_{cy}^2 - \omega_{y3}^2)}{2q} + h_{iyc} \quad (7.4)$$

yoki

$$H = \frac{P_1 - P_2}{\rho q} + H + h_{iyc} \quad (7.5)$$

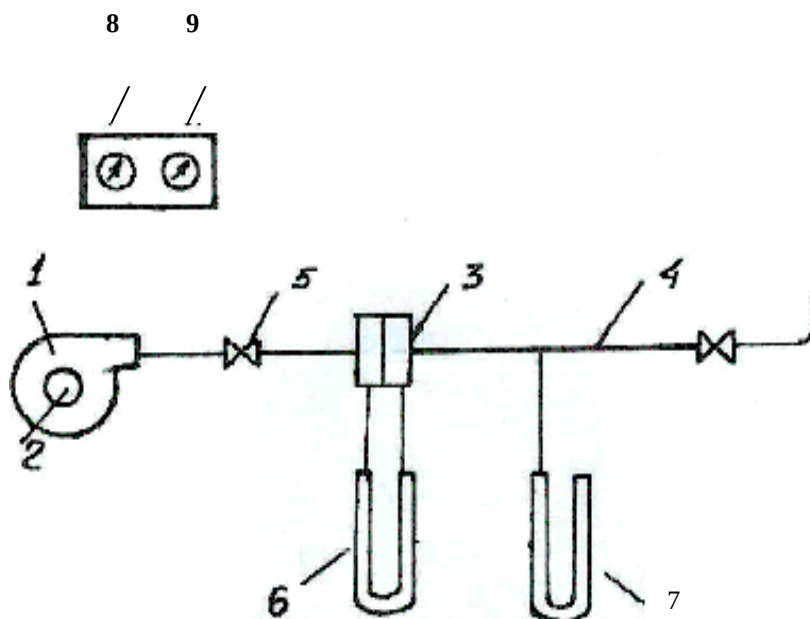
2. Ishning maqsadi

1. Markazdan qochma ventilyatorning xarakteristikasini qurish.

3. Tajriba qurilmasi

Tajriba qurilmasi 1-markazdan qochma ventilyator; 2-so'rish quvuri; 4- haydash

quvuri va o'lchov asboblardan tashkil topgan. Ventilyatorning unumdorligi 6-difmanometrga ulangan 3-diafragma bilan o'lchanadi va 5-zadvijka yordamida o'zgartiriladi. Haydash quvuridagi bosim suvli U-simon 7-difmanometr bilan o'lchanadi. Ventilyator dvigateli iste'mol qiladigan elektr tokining kuchi va kuchlanishi mos ravishda 8-ampermetr va 9-voltmetrlar yordamida o'lchanadi.



7.2-rasm. Tajriba qurilmasi. 1-markazdan qochma ventilyator; 2-so'rish quvuri; 3-haydash quvuridagi diafragma; 4-haydash quvuri; 5-zadvijka; 6,7-difmanometrlar; 8-ampermetr; 9-voltmetr.

Ish davomida elektr dvigatelining aylanishlari soni o'zgartirilmaydi. Haydash quvurining davomida boshqa tajriba qurilmalari o'rnatilgan.

Havoning atmosferaga chikib ketishini ta'minlash maqsadida shu qurilmalarning birortasining ventilini ochib qo'yish kerak.

Ishni bajarishda 5-zadvijkani ozroq ochib qo'yib ventilyator ishga tushiriladi. 6- va 7-difmanometrlarning, 8-ampermetr va 9-voltmetrlarning ko'rsatishlari daftarga qayd qilinadi. Keyin 5-zadvijka yordamida ventilyatorning unumdorligi o'zgartiriladi va ulchashlar takrorlanadi.

4. Ishni bajarish tartibi

Ulchashlar takrorlanadi. SHunday qilib ventilyator unumdorligining 8-10 ta qiymati uchun tajribalar o'tkaziladi. Ish ventilyatorni to'xtatish bilan yakunlanadi.

5. Tajriba natijalarini umumlashtirish va hisobot tuzish

1. Ventilyator qurilmasi iste'mol qiladigan quvvat quyidagi tenglamadan topiladi:

$$N = UI \quad (7.6)$$

bu erda U- tok kuchlanishi, V; I-tok kuchi, A.

2. Ventilyator qurilmasining f.i.q topiladi;

$$\eta = \frac{Q\Delta P}{N} \quad (7.7)$$

bu erda Q-ventilyatorning unumdorligi, ya'ni haydalgan havoning hajmiy sarfi, m/s; ΔP – havoning haydash va so‘rish quvurlaridagi bosimi, Pa. So‘rish quvuridagi bosim atmosfera bosimiga teng bo‘lganligi uchun ΔP bir uchi haydash quvuriga, ikkinchi uchi atmosferaga ulangan 7-difmanometr yordamida o‘lchanadi.

O‘lchangan va hisoblangan kattaliklar qo‘yidagi 7.1-jadvalga yoziladi va ular asosida millimetrli qog‘ozda markazdan qochma nasosning xarakteristikasi quriladi.

7.1-jadval

T/r	Ventilyatorning unumdorligi		Ventilyator hosil qilgan bosim, R_2		Quvvat N, Vt	F.I.Q η
	mm suv. ust.	m ³ /s	mm suv. ust.	Pa		
1.						
2.						

6.Sinov savollari

1. Markazdan qochma ventilyatorning tuzilishi va ishlash prinsipini tushuntirib bering.
2. So‘rish va haydash quvurlaridagi havoning zichligi bir-biridan farq qiladimi?
3. Haydash quvuridagi 7-difmanometr qanday bosimni ko‘rsatadi?
4. Ventilyator tarmog‘i nima?
5. Tarmoq va ventilyator xarakteristikalari bir-biridan qanday farq qiladi?
6. Ish bo‘yicha xulosa.

Tavsiya etiladigan adabiyotlar

1. YUsubbekov N.R., Nurmuxamedov X.S., Zokirov S.G. Kimeviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalar. – Darslik. -T.: SHarq, 2003. – 644 b.
2. Salimov Z. «Kimyoviy texnologiyani asosiy jarayonlari va qurilmalari». T.1. Toshkent. «Uzbekiston». 1994 y.
3. Kasatkin A.G.«Оснoвные процессы и аппараты химической технологии». 8-e izd. pererab. i dop. M. «Ximiya». 1973. 572 str.

8-TAJRIBA ISHI

Filtrlash doimiysini aniklash

Reja:

1. Nazariy kism.
2. Ishning maqsadi.
3. Tajriba qurilmasi.
4. Ishni bajarish tartibi.
5. Tajriba natijalarini umumlashtirish va hisobot tuzish.
6. Sinov savollari.

1. Nazariy kism

Filtrlash jarayonida suspenziya yoki changli aralashmalar maxsus filtr-to'siklar orkali o'tkazilib tarkibiy kislarga ajratiladi; ular tarkibidagi kattik jism zarrachalari filtrlovchi material yuzasida yoki uning govaklarida ushlanib qoladi. Jarayon samaradorligi va filtrlovchi apparatning ish unumdorligi filtrlash tezligi bilan tavsiflanadi. Filtrlash tezligi vakt birligi dt ichida birlik yuza dF orkali ajratilgan filtrat xajmini dV ko'rsatadi. Uning qiymati ajratilgan suspenziyaning fizik-kimyoviy xossalriga, xosil bo'layotgan cho'kmaning xarakteriga, filtratning xossasiga, filtrlash rejimiga va boshqa kattaliklarga bog'lik.

Filtrlash tezligi dV/dt xar kanday vakt birligida bosimlar farkiga DR tugri, suspenziyaning kovushkokligiga m , cho'kmaning R_{ch} va filtrlovchi tusikning R_f gidravlik qarshiliklariga teskari proporsional bo'ladi.

Filtrlash jarayonida vakt o'tishi bilan bosimlar farqi va cho'kmaning gidravlik qarshiligi ortib boradi. SHu sababli filtrlash tezligi differensial ko'rinishda quyidagicha amalga oshiriladi.

$$dV/F d\tau = \Delta P / [\mu(R_{\tau} + R_{\phi})], \quad (8.1)$$

bu erda F -filtrlash yuzasi, m^2 ; V -filtrat xajmi, m^3 ; t -jarayon davri, s ; μ -suspenziya kovushkokligi, $Pa \cdot s$; R_{ch} va R_f –cho'kma qatlamining va filtrlovchi to'sikning gidravlik qarshiliklari, Pa ; ΔR -filtr-to'sik yuzasining yukori va quyi tomonlaridagi bosimlar farqi, Pa .

Ushbu laboratoriya ishida filtrlash jarayonining xarakatlantiruvchi kuchi, ya'ni bosimlar farki, filtrlovchi tusik ostida siyraklanish xosil kilish yuli bilan amalga oshiriladi. Uning kiymati tajriba mobaynida doimiy ushlab turiladi. CHo'kindi qatlamining gidravlik qarshiligi quyidagicha aniqlanishi mumkin:

$$R_{\tau} = r_0 x_0 (V/F), \quad (8.2)$$

bu erda r_0 -chukmaning qarshiligi, m^{-2} ; x_0 -1 m^3 filtrat ajratilganda xosil bo'ladigan chukmaning mikdori, m^3 . CHo'kmaning gidravlik qarshiligi ifodasini xisobga olgan xolda (1) tenglama quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$dV/(F d\tau) = \Delta P / [\mu(r_0 x_0 (V/F) + R_{\phi})], \quad (8.3)$$

Ushbu tenglama $0-V$ va $0-\tau$ chegarada integrallanilsa quyidagi ifodaga erishiladi:

$$V^2 + 2 R_{\phi} F V / (r_0 x_0) = \Delta P F^2 \tau / (\mu r_0 x_0), \quad (8.4)$$

Bu tenglamadan $[R_f F / (r_0 x_0)] = C$ va $[\Delta P F^2 \tau / (\mu r_0 x_0)] = K$ deb belgilasak quyidagi ifoda xosil bo'ladi:

$$V^2 + 2 C V = K \tau, \quad (8.5)$$

bu erda S -filtrlash doimiysi, filtr-tusikni gidravlik qarshiligini ifodalaydi, m^3/m^2 ; K -filtrlash doimiysi, filtrat va cho'kmaning fizik-kimyoviy xossalari hamda filtrlash rejimini hisobga oluvchi kattalik $(m^3/m^2)/s = m^2/sek$.

Filtrlash doimiylari S va K har kanday turdagi filtrlar uchun tajriba o'tkazish yuli bilan aniqlanadi. CHunki filtrlarni hisoblash va loyihalash jarayonida filtrlash tezligiga ta'sir etuvchi omillarning ayrimlarini analitik yo'l bilan aniqlash murakkab masaladir. Vaqt

bo'yicha filtrlash tezligini V_f o'zgarishi yuqoridagi (5) tenglama asosida quyidagi ifodadan hisoblanishi mumkin:

$$V_{\phi} = dV/d\tau = K/2(V+C), \quad (8.6)$$

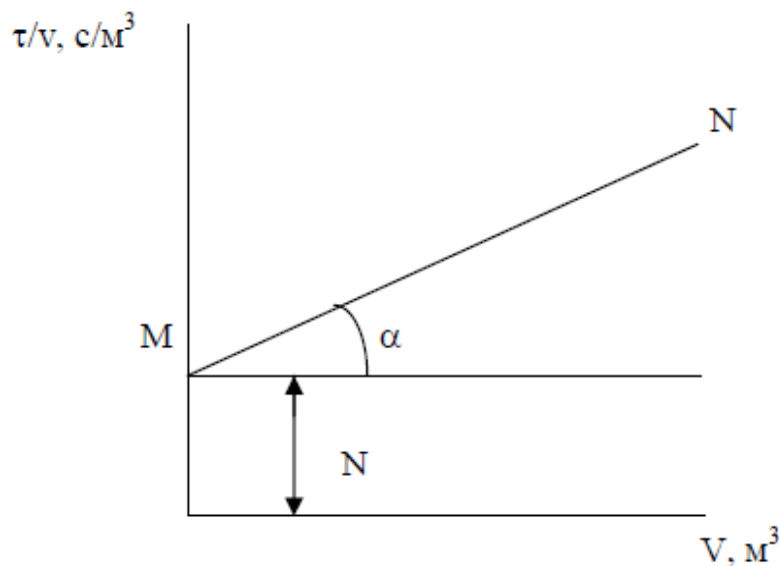
Ushbu tenglamani o'zgartirilgan shakli:

$$\tau/V = 2V/K + 2C/K, \quad (8.7)$$

bu tenglama dt/dV va V kattaliklar o'rtasidagi to'g'ri chiziqli bog'lanishni ifodalaydi. Undan tajriba natijalariga ko'ra S va K doimiylarini aniqlash maqsadida foydalaniladi. Ushbu kattaliklar o'rtasidagi $\tau/v-v$ bog'lanish grafigi (8.1-rasm) quyidagicha quriladi. Tajriba mobaynida vakt buyicha o'lchangan filtrat miqdorlari $V_1, V_2, V_3, \dots, V_n$ absissalar o'qiga,

ordinatalar ukiga esa $\tau_1/v_1, \tau_2/v_2, \dots, \tau_n/v_n$ kiymatlar belgilanadi. Hosil bo'lgan nuqtalar bo'ylab to'g'ri chiziq MN o'tkazilib jarayon doimiylari quyidagi ifodalar bo'yicha aniqlanadi:

$$\operatorname{tg} \alpha = 2 / K; \quad N = 2 C / K. \quad (8.8)$$



8.1-rasm. $\tau/v-v$ bog'liqlik grafigi.

2. Ishning maqsadi

1. Filtrat jarayoni nazariyasini o'rganish;
2. Tajriba qurilmasida sinovlar o'tkazish va ularning natijalariga ko'ra:
 - a) filtrlash doimiylarini aniqlash;
 - b) filtrlash tezligini aniqlash;
 - v) filtrlash doimiylari grafigini qurish.

3. Tajriba qurilmasi

Qurilmaning tuzilishi 8.2-rasmda ko'rsatilgan. Uning tarkibi elektr vakuum nasos (6), filtrat yig'iladigan idish (3), oraliq idish (4) va suspenziya uchun voronkasimon idish

(1)dan iborat. Sistemadagi siyraklanish darajasi monovakuummetr (5) yordamida o'lanadi. Ajratuvchi material sifatida filtr-kog'ozdan foydalaniladi .

4.Ishni bajarish tartibi

1. Qurilmaning germetikligi tekshiriladi.
 2. Suspenziya idishining voronkasiga filtr-kog'oz o'rnatiladi.
 3. Voronkaga oldindan tayyorlangan suspenziya kuyiladi.
 4. Elektr vakuum nasos ishga tushirilib sistemada siyraklanish xosil kilinadi. Auditoriyadagi xavo bosimi barometr bilan, filtrlovchi tusik ostidagi siyraklanish esa monovakuummetr bilan o'lanadi.
 5. Filtrat hajmining o'zgarishi ma'lum vaqt oraligida (o'qituvchi ko'rsatmasiga binoan) o'lanadi.
 6. Cho'kmaning umumiy hajmi aniqlanadi.
 7. Filtratning umumiy hajmi aniqlanadi.
- Olingan natijalar quyidagi 8.1-jadvalga kiritiladi

8.1-jadval

F,m ²	ΔR,Pa	ρ	V	τ	τ/V	V _f m ³	X ₀ =V _r /V _f	M	N	r ₂	R _f

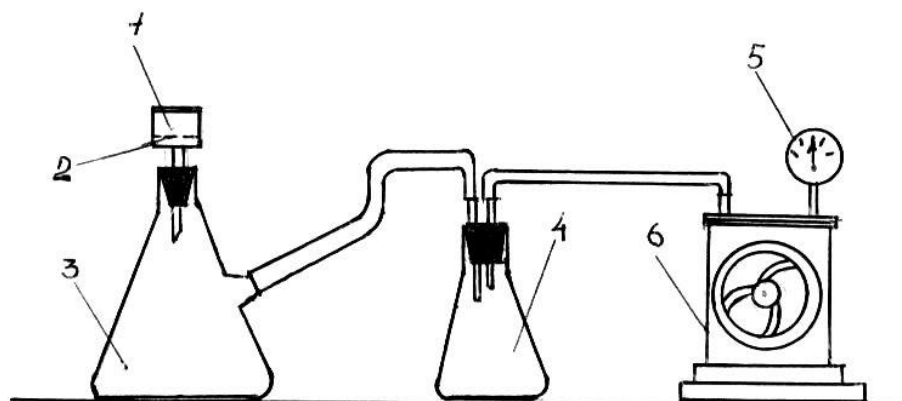
5.Tajriba natijalarini umulashtirish va hisobot tuzish

1. Filtrlovchi to'sik yuzasi hisoblanadi.
2. Ma'lumotnomalardan suspenziyaning aniq haroratlardagi qovushqoqligining dinamik koeffitsientini aniqlanadi.
3. Jarayon doimiylari o'rtasidagi τ/v-v bog'lanish grafigi quriladi.
4. Grafikdan filtrlash jarayoni doimiylarining kiymatlari aniqlanadi.
5. Quyidagi ifodalar turkumidan cho'kmaning solishtirma hajmiy qarshiligi r₀ va filtrlovchi to'sikning qarshiligi R_f aniqlanadi:

$$C=R_{\Phi}/(\Delta P x_0);$$

$$N=R_{\Phi}\mu/(\Delta P F);$$

$$K=2\Delta P/(\mu r_0 x_0)$$



8.2-rasm. Tajriba qurilmasining sxemasi: 1-suspenziya idishi; 2-filtrlovchi material; 3-filtrat idishi; 4-oraliq idish; 5-monovakuummetr; 6-vakuum nasos.

6.Sinov savollari

- 1.Turli jinsli sistemalarning qaysi bir turlarini filtrlash usullari bilan ajratish mumkin?
- 2.Filtrlash jarayoni mohiyatini tushuntirib bering.
- 3.Siz bilgan sanoat korxonalarida filtrlash jarayonlaridan kanday foydalanilishi to'g'risida misollar keltiring.
- 4.Filtrlash tezligiga tavsif bering va unga ta'sir etuvchi omillarni sanab o'ting.
- 5.Filtrlash doimiylarining fizik ma'nosini tushuntirib bering.
- 6.Filtrlash jarayonini xarakatga keltiruvchi kuch xakida nimalarni bilasiz?
- 7.Filtrlash jarayonining samaradorligini oshirish maksadida qo'llaniladigan tadbirlar to'g'risida fikringizni bayon qiling.
- 8.Filtrlash uslublari haqida nimalarni bilasiz?
- 9.Filtrlovchi materiallarning turlari va ularga quyiladigan talablar haqida gapirib bering.

Tavsiya etiladigan adabiyotlar ro'yxati

1. Salimov Z. "Kimyoviy texnologiyaning asosiy jarayonlari va qurilmalari".T.1. Toshkent. "O'zbekiston". 1994 y. 157-162 betlar.
2. Kavetskiy G.D., Vasilev B.V. "Protsessy i apparaty pishchevoy texnologii".2-e izd. pererab. i dop. M. "Kolos". 1999 g. 139-145 str.
3. Salimov Z., Tuychiev I.«Ximiyaviy texnologiya jarayonlari va apparatlari». Toshkent. "O'qituvchi". 1987 y. 59-67 betlar.
3. Stabnikov V.N., Popov V.D. i dr. "Protsessy i apparaty pishchevyykh proizvodstv"3-e izd. pererab. i dop. M. "Pishhevaya promyshlennost". 1976 g. 195-208 str.

9- TAJRIBA ISHI

"Truba ichida truba" tipidagi issitkichdagi issiqlik berish koefitsientini aniqlash

Reja:

1. Nazariy kism.
2. Ishning maqsadi.
3. Tajriba qurilmasi.
4. Ishni bajarish tartibi.
5. Tajriba natijalarini umumlashtirish va hisobot tuzish.
6. Sinov savollari.

1. Nazariy kism

Issiqlik almashinish jarayonlariga isitish, sovutish, ondensatsiyalash, bug'lanish va bug'latishlar kiradi. Ushbu jarayonlarni amalgam oshirish uchun mo'ljallangan qurilmalar issiqlik almashinish qurilmalari deb ataladi.

Temperaturasi yukori bo'lgan suyuqlikka devor orkali issiqlikning uzatilishiga issiqlik o'tkazish deyiladi. Ushbu yo'l bilan uzatilgan issiqlik mikdori issiqlik o'tkazishning asosiy tenglamasidan aniklanadi:

$$Q = K \Delta t_{\text{tr}} F$$

bu erda K -issiqlik o'tkazish koefitsienti; Δt_{tr} -issiqlik va sovuqlik eltkichlar temperaturalarining farqi, K ; F - ajratib turuvchi devor yuzasi, m^2 .

Issiqlik o'tkazish koefitsienti K temperaturasi past eltkichga vakt birligida ajratuvchi devorning 1 m^2 yuzasidan eltkichlar temperaturasi 1K bo'lganda o'tkaziladigan issiqlikning mikdorini bildiradi.

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

Issiqlik o'tkazish koefitsientiga teskari bo'lgan kattalik termik qarshilik xisoblanadi. $1/\alpha_1$ va $1/\alpha_2$ lar issiqlik berishning termik qarshiligi, δ/λ devorning termik qarshiligi bo'lsa, issiqlik o'tkazishning termik qarshiligi issiqlik berish va devorning termik qarshiliklari yig'indisiga teng.

Issiqlik eltkichlarning qurilmaga kirishda, parallel yo'nalishda local xarakatga keltiruvchi kuch maksimal kiymatga ega: $\Delta t_{\text{max}} = t_1' - t_2'$, Qurilmadan chikishda esa minimal: $\Delta t_{\text{min}} = t_1'' - t_2''$.

U xolda issiqlik mikdori kuyidagiga teng bo'ladi:

$$Q = KF \frac{(t'_1 - t'_2) - (t''_1 - t''_2)}{\ln \frac{t'_1 - t'_2}{t''_1 - t''_2}}$$

yoki

$$Q = KF \frac{\Delta t_{\max} - \Delta t_{\min}}{\ln \frac{\Delta t_{\max}}{\Delta t_{\min}}}$$

Ushbu issiqlik o'tkazishning asosiy tenglamalarini solishtirish natijasida issiqlik o'tish jarayonining o'rtacha harakatga keltiruvchi kuchini topish mumkin:

$$\Delta t_{yp} = \frac{\Delta t_{\max} - \Delta t_{\min}}{\ln \frac{\Delta t_{\max}}{\Delta t_{\min}}}$$

Agar $\Delta t_{\max} / \Delta t_{\min} \leq 2$ issiqlik eltkichlarning tezligi kichik bo'lganda, temperaturalarning farqi o'rtacha arifmetik kilib xisoblanadi:

$$\Delta t_{yp} = \frac{(\Delta t_{\max} + \Delta t_{\min})}{2}$$

Muxitning massaviy sarfi quyidagi formula orkali topiladi:

$$G = V \cdot \rho$$

Buni Reynolds kriteriysi bilan bog'laganda, quyidagi tenglama kelib chikadi:

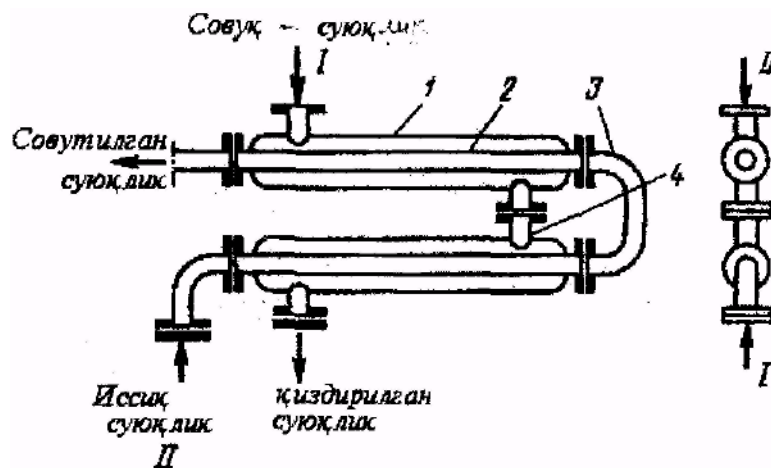
$$Re = wd\rho / \mu = G / 0,785nd\mu$$

2. Ishning maksadi

1. Suv uchun issiqlik o'tkazish koefitsienti K ni Reynolds kriteriysiga umumiy bog'liqligini aniqlash

3. Tajriba qurilmasi

Issiqlik almashinish qurilmalari tuzilishi, ishlash printsiplari va ularda jarayonning tashkil kilinishiga karab bir nechta sinflarga bo'linadi. Ulardan biri "truba ichida truba" tipidagi issiqlik almashinish qurilmasidir.



9.1-rasm. "Truba ichida truba" tipidagi ajralmas, bir oqimli issiqlik almashinish qurilmasi: 1-tashki truba; 2-ichki truba; 3-kalach; 4-patrubka; I-II - issiqlik eltkichlar.

Bu qurilma katta diametrli tashki truba va konsentrik xolda joylashgan ichki trubadan iborat. Bir-biri bilan issiqlik almashinayotgan uxitlarning birtasi ichki trubadan xarakat kilsa, trubalararo bo'shlikdan esa ikkinchi muxit xarakat qiladi. Issiqlik ichki trubaning devori orkali bir muxitdan ikkinchisiga o'tkaziladi. Ichki trubaning va trubalararo bo'shlikning ko'ndalang kesimlari kichik bo'lganligi sababli kichik sarflarda xam issiqlik tashuvchi agentlardan katta tezliklar bilan o'tkazish mumkin. SHuning uchun bunday isitkichlarda yukori ko'rsatkichli issiqlik o'tkazish koeffitsientiga erishish imkoniyati bo'ladi.

Qurilmaning massa birligiga o'g'ri keladigan issiqlik mikdori kobik trubali, zmeevikli va g'iloqli isitkichlarga nisbatan yukori bo'ladi.

Bundan tashkari issiqlik tashuvchi agentlarning tezligi katta bo'lgani uchun trubalarning yuzasida xar xil iflosliklar xosil bo'lmaydi.

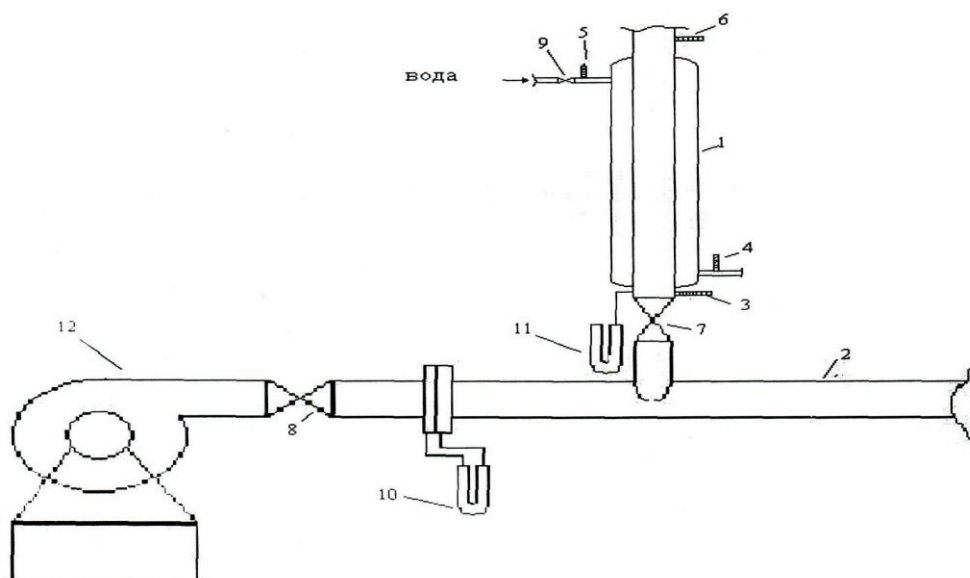
Bu qurilmaning konstruktiv tuzilishining soddaligi va tayyorlashning osonligi, sababli ishlab chikarish xajmi kichik bo'lgan korxonalar uchun juda kulay xisoblanadi.

4. Ishni bajarish tartibi

Tajriba qurilmasi "truba ichida truba" tipidagi vertikal issiqlik almashinish qurilmasi 1 (9.1-rasm), markazdan kochma ventiyator 12 va tekshiruv- o'lchov asboblardan tashkil topgan. Issiqlik almashinish qurilmasi po'lat trubalarining diametri: tashki - 80 x 4,5 mm, ichki - 57 x 3,5mm. Umumiy ishchi uzunligi 0,5m.

Havo issiqlik almashinish qurilmasini ichki trubasiga pastdan tepaga karab yo'naltiriladi. Uning chikishi vintel 7 bilan boshkariladi va U-simon difmanometrغا ulangan diafragma bilan ulchanadi. Issiqlik lmashtirgichdan oldingi truboprovoddagi xavoning bosimi esa U-simon manometr bilan o'lchanadi. Xavo issiqlik almashtirgichdan atmosferaga atmosfera bosimida chikib ketadi, manometr 11 oldingi va keyingi xavo bosimlari farki shuningdek, issiqlik almashtirgichning gidravlik qarshiligini ΔR ni kursatadi. Undagi kirish va chikish xavo xaroratlari 3 va 6 simobli termometrlar orkali o'lchanadi.

Qizdirilgan suv issiqlik almashtirgichdagi trubalararo oralikga tepadan kiradi va pastga karab xarakatlanadi, uning kirish va chikishdagi xarorati 4 va 5 simobli termometr bilan o'lchanadi. Issiqlik almashtirgichdan chikayotgan suv kanalizatsiyaga yo'naltiriladi.



9.2- расм. Тажриба курилмаси:

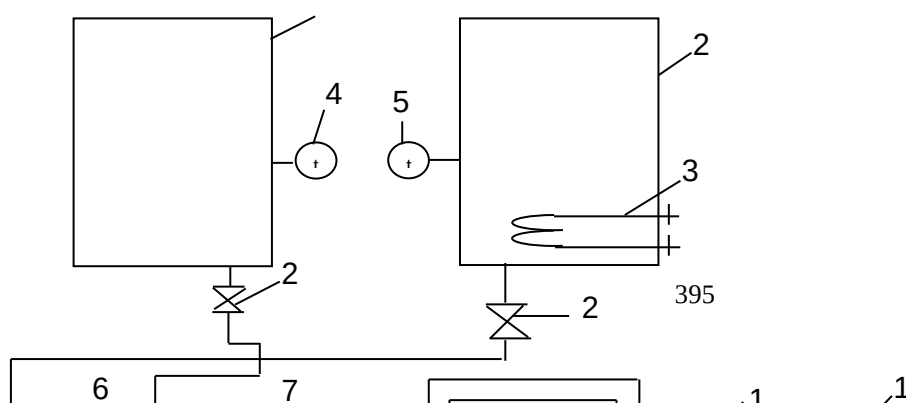
1 - "Труба ичида труба" типидagi иссиқлик алмашиниш курилмаси; 2 - умумий напор коллектори; 3, 4, 5, 6 - термометрлар; 7, 8, 9 - вентиллар; 10, 11 - У-симон дифманометрлар; 12 -арказдан кочма вентилятор.

Ishning boshlanishida eng kam belgilangan xavo sarfi o'rnatiladi. Undan so'ng belgilangan minimal suv sarfi o'rnatiladi va xavo sarfini kat'iy doimiy tarzda ushlab, xarorat o'lchami olinadi. So'ngra keyingi eng ko'p havo sarfi o'rnatiladi va xarorat va sarf o'lchovi takrorlanadi. SHu yo'l bilan doimiy issiq suv chikish sharoitida 5-6 xavo sarfi uchun ma'lumot olinadi.

Keyin suvning sarfi oshirilib, yukorida ko'rsatilgan uslub bo'yicha tajribalar kaytariladi. Tajribalar xar 5-6 xavo sarfida kamida uch marta issiq suv chikishi bilan olib boriladi.

5. Tajriba natijalarini umumlashtirish va hisobot tuzish

1. Suvning massaviy sarfi G , kg/s aniklanadi.
2. Trubalardagi suv tezligi v , m/s xisoblanadi.
3. Qurilmadagi o'rtacha xaroratlar farki Δt_{or} , $^{\circ}\text{C}$ aniklanadi.
4. Xavoni isitish uchun sarflanadigan issiqlik mikdori K , Vt topiladi.
5. Issiqlik o'tkazish koeffitsienti K , $\text{Vt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ aniklanadi.
6. Suv uchun Reynolds kriteriysi Re xisoblanadi.



Tajriba va xisoblashlar natijasida olingan kattaliklar asosida 9.1-xisobot jadvali to'ldiriladi.

9.1-jadval

№	Kattaliklarning nomi	ulchovlar					Izox
		1	2	3	...	n	
1.	Issiq suv sarfi V , m^3/ch						
2.	Suvning almashtirgichgacha issiqlik bo'lgan xarorati T_{bosh} , $^{\circ}S$						
3.	Suvning almashtirgichdan issiqlik keyingi xarorati T_{oxr} , $^{\circ}S$						
4.	Xavoning almashtirgichgacha issiqlik bo'lgan xarorati T_{bosh} , $^{\circ}S$						
5.	Xavoning almashtirgichdan issiqlik keyingi xarorati T_{oxr} , $^{\circ}S$						
Xisoblangan kattaliklar							
6.	Suvning massaviy sarfi G , kg/s						
7.	Trubadagi suvning tezligi w , m/s						
8.	Qurilmadagi xaroratlarning boshlang'ich farki $\Delta t_{Bosh} =$						

	$T_{\text{bosh}} - t_{\text{oxr}}$						
9.	Qurilmadagi xaroratlarning oxirgi farki $\Delta t_{\text{Oxr}} = T_{\text{bosh}} - t_{\text{oxr}}$						
10	Qurilmadagi xaroratlarning o'rtacha farki $\Delta t_{\text{O'r}}$						
11	Xavoni isitish uchun sarflanadigan issiqlik miqdori Q, V_t						
12	Issiqlik o'tkazish koeffitsienti $K, V_t(m^2 \cdot K)$						
13	Suv uchun Reynolds kriteriysi Re						

uv
va
xav
onin
g u
yoki
bu
sarfl
arid
a
xaro

ratlarini o'lchash muvozanat xolati boshlanguncha davom etadi, bunda kattaliklar vaqt o'tishi bilan bir xaroratda doimiy bo'lib qoladi. Xaroratning oxirgi ko'rsatkichi daftarga yozib olinadi, shuningdek, oxirgi xarorat o'lchovi olinganda suv sarfi o'lchovi ham takrorlanadi.

6. Sinov savollari

1. Issiqlik almashinish jarayoniga ta'rif bering.
2. "Truba ichida truba" tipidagi issiqlik almashinuvi qurilmalarining afzalliklarini ayting.
3. Moddalarning massaviy sarfi va Reynolds kriteriysi o'rtasida qanday bog'liqlik mavjud?
4. Termik qarshilik nima?
5. Issiqlik o'tkazish koeffitsienti qanday topiladi?
6. Ish bo'yicha xulosa.

2- qism tajriba ishlari

Laboratoriya ishi № 1

"Truba ichida truba" tipidagi issitkichning issiqlik o'tkazish koeffitsientini aniqlash

Nazariy kism

Issiklik almashinish jarayonlariga isitish, sovutish, ondensatsiyalash, bug'lanish va bug'latishlar kiradi. Ushbu jarayonlarni amalga oshirish uchun mo'ljallangan kurilmalar **issiqlik almashinish kurilmalari** deb ataladi.

Temperaturasi yuqori bo'lgan suyuqlikka devor orkali issiklikning uzatilishiga issiklik o'tkazish deyiladi. Ushbu yo'l bilan uzatilgan issiklik miqdori issiklik o'tkazishning asosiy tenglamasidan aniqlanadi:

$$Q = K \Delta t_{\text{yp}} F$$

Bu erda K - issiklik o'tkazish koeffitsienti; $\Delta t_{o,r}$ - issiklik va sovuklik eltkichlar temperaturalarining farki, K; F - ajratib turuvchi devor yuzasi, m².

Issiklik o'tkazish koeffitsienti K temperaturasi past eltkichga vakt birligida ajratuvchi devorning 1 m² yuzasidan eltkichlar temperaturasi 1K bo'lganda o'tkaziladigan issiklikning mikdori bildiradi.

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

Issiklik o'tkazish koeffitsientiga teskari bo'lgan kattalik termik karshilik xisoblanadi. $1/\alpha_1$ va $1/\alpha_2$ lar issiklik berishning termik karshiligi, δ/λ devorning termik karshiligi bo'lsa, issiklik o'tkazishning termik karshiligi issiklik berish va devorning termik karshiliklari yig'indisiga teng.

Issiklik eltkichlarning kurilmaga kirishda, parallel yo'nalishda local xarakatga keltiruvchi kuch maksimal kiymatga ega: $\Delta t_{max} = t_1' - t_2'$, Kurilmadan chikishda esa minimal: $\Delta t_{min} = t_1'' - t_2''$.

U xolda issiklik mikdori kuyidagiga teng bo'ladi:

$$Q = KF \frac{(t_1' - t_2') - (t_1'' - t_2'')}{\ln \frac{t_1' - t_2'}{t_1'' - t_2''}}$$

Yoki

$$Q = KF \frac{\Delta t_{max} - \Delta t_{min}}{\ln \frac{\Delta t_{max}}{\Delta t_{min}}}$$

Ushbu issiklik o'tkazishning asosiy tenglamalarini solishtirish natijasida issiklik o'tish jarayonining o'rtacha xarakatga keltiruvchi kuchini topish mumkin:

$$\Delta t_{yp} = \frac{\Delta t_{max} - \Delta t_{min}}{\ln \frac{\Delta t_{max}}{\Delta t_{min}}}$$

Agar $\Delta t_{max}/\Delta t_{min} \leq 2$ issiklik eltkichlarning tezligi kichik bo'lganda, temperaturalarining farki o'rtacha arifmetik kilib xisoblanadi:

$$\Delta t_{yp} = \frac{(\Delta t_{max} + \Delta t_{min})}{2}$$

Muxitning massaviy sarfi kuyidagi formula orkali topiladi:

$$G = V \cdot \rho$$

Buni Reynolds kriteriysi bilan bog'laganda, kuyidagi tenglama kelib chikadi:

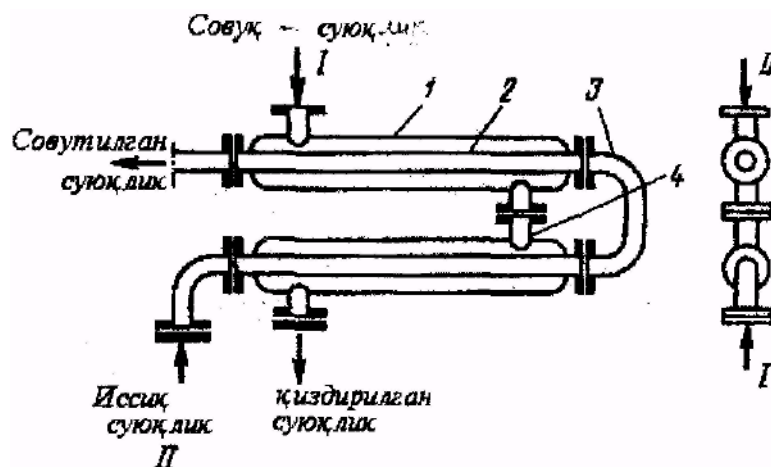
$$Re = wd\rho/\mu = G/0,785nd\mu$$

Ishdan maksad:

Suv uchun issiklik o'tkazish koeffitsienti K ni Reynolds kriteriysiga umumiy bog'likligini aniklash

Tajriba kurilmasi:

Issiklik almashinish kurilmalari tuzilishi, ishlash printsipli va ularda jarayonning tashkil kilinishiga karab bir nechta sinflarga bo'linadi. Ulardan biri "truba ichida truba" tipidagi issiklik almashinish kurilmasidir.



4.1-rasm. "Truba ichida truba" tipidagi ajralmas, bir okimli issiklik almashinish kurilmasi: 1-tashki truba; 2-ichki truba; 3-kalach; 4-patrubka; I,II - issiklik eltkichlar.

Bu kurilma katta diametrli tashki truba va konsentrik xolda joylashgan ichki trubadan iborat. Bir-biri bilan issiklik almashinayotgan uxitlarning birtasi ichki trubadan xarakat kilsa, trubalararo bo'shlikdan esa ikkinchi muxit xarakat kiladi. Issiklik ichki trubaning devori orkali bir muxitdan ikkinchisiga o'tkaziladi. Ichki trubaning va trubalararo bo'shlikning ko'ndalang kesimlari kichik bo'lganligi sababli kichik sarflarda xam issiklik tashuvchi agentlardan katta tezliklar bilan o'tkazish mumkin. SHuning uchun bunday isitkichlarda yukori ko'rsatkichli issiklik o'tkazish koeffitsientiga erishish imkoniyati bo'ladi.

Kurilmaning massa birligiga to'g'ri keladigan issiklik mikdori kobik trubali, zmeevikli va g'ilofli isitkichlarga nisbatan yukori bo'ladi.

Bundan tashkari issiklik tashuvchi agentlarning tezligi katta bo'lgani uchun trubalarning yuzasida xar xil iflosliklar xosil bo'lmaydi.

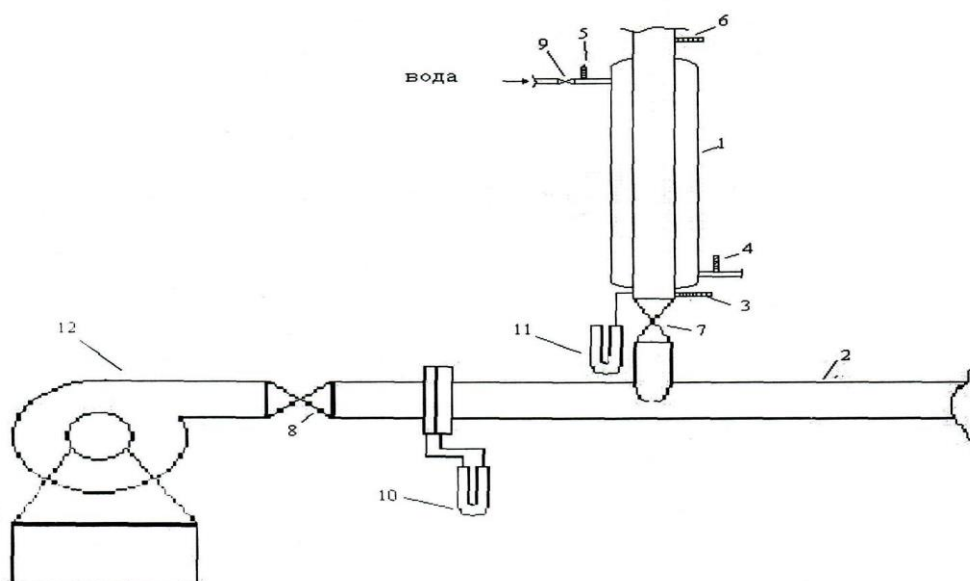
Bu kurilmaning konstruktiv tuzilishining soddaligi va tayyorlashning osonligi, sababli ishlab chikarish xajmi kichik bo'lgan korxonalar uchun juda kulay xisoblanadi.

Tajriba kurilmasi "truba ichida truba" tipidagi vertikal issiklik almashinish kurilmasi 1 (10.1-rasm), markazdan kochma ventiyator 12 va tekshiruv- o'lchov asboblariidan tashkil topgan. Issiklik almashinish kurilmasi po'lat trubalarining diametri: tashki - 80 x 4,5 mm, ichki - 57 x 3,5mm. Umumiy ishchi uzunligi 0,5m.

Xavo issiklik almashinish kurilmasini ichki trubasiga pastdan tepaga karab yo'naltiriladi. Uning chikishi vintel 7 bilan boshkariladi va U-simon difmanometrغا ulangan diafragma bilan ulchanadi. Issiklik lmashtirgichdan oldingi truboprovoddagi xavoning bosimi esa U-simon manometr bilan o'lchanadi. Xavo issiklik almashtirgichdan atmosferaga atmosfera bosimida chikib ketadi, manometr 11 oldingi va keyingi xavo bosimlari farki shuningdek, issiklik almashtirgichning gidravlik karshiligini ΔR ni kursatadi. Undagi kirish va chikish xavo xaroratlari 3

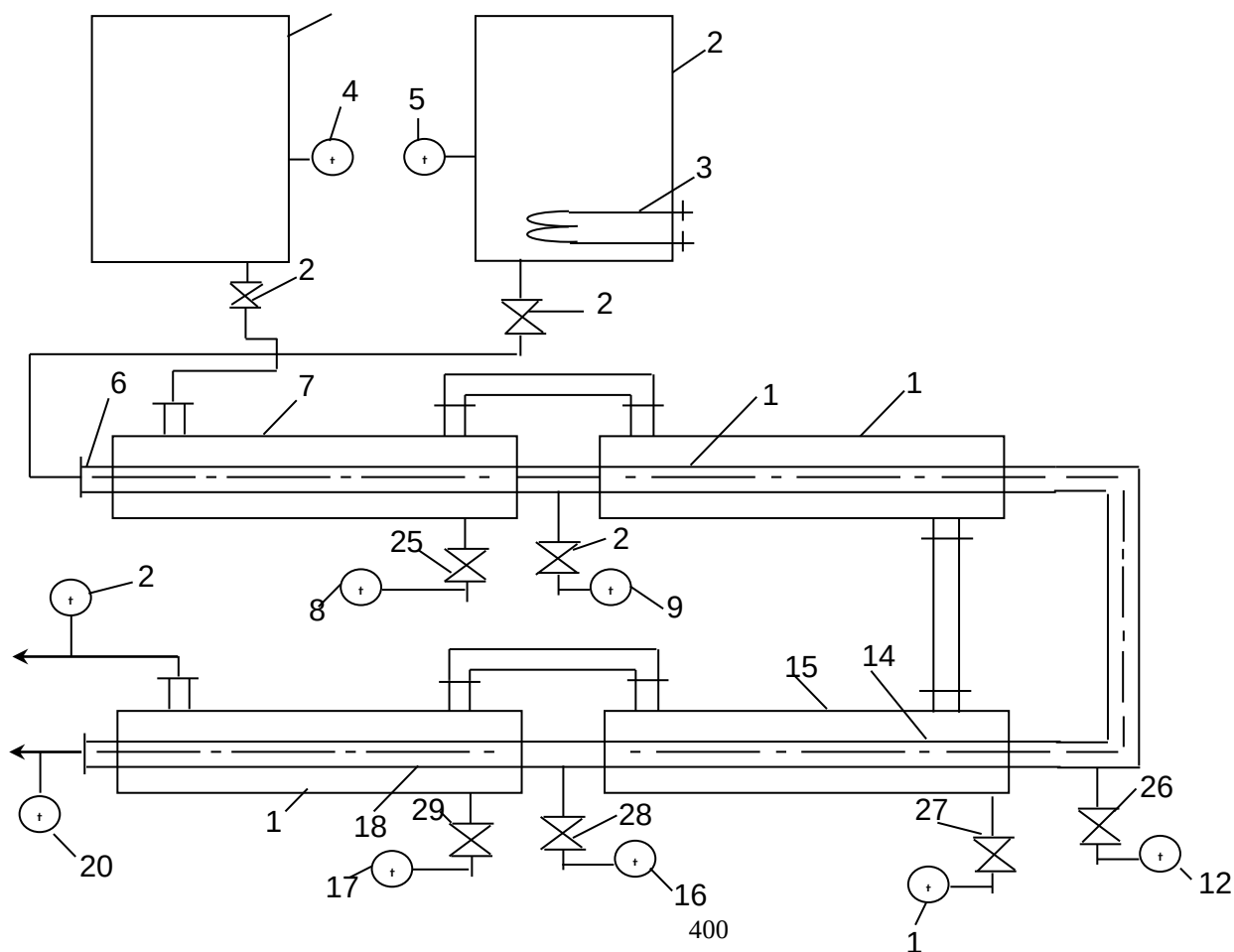
va 6 simobli termometrlar orkali ulchanadi.

Kizdirilgan suv issiklik almashtirgichdagi trubalararo oralikka tepadan kiradi va pastga karab xarakatlanadi, uning kirish va chikishdagi xarorati 4 va 5 simobli termometr bilan o'lchanadi. Issiklik almashtirgichdan chikayotgan suv kanalizatsiyaga yo'naltiriladi.



4.2- расм. Тажриба курилмасининг схемаси:

1 - "Труба ичида труба" типдаги иссиqlik алмашиниш курилмаси; 2 - умумий напор коллектори; 3, 4, 5, 6 - термометрлар; 7, 8, 9 - вентиллар; 10, 11 - У-симон дифманометрлар; 12 -арказдан кочма вентилятор.



Ishning boshlanishida eng kam belgilangan xavo sarfi o'rnatiladi. Undan so'ng belgilangan minimal suv sarfi o'rnatiladi va xavo sarfini kat'iy doimiy tarzda ushlab, xarorat o'lchami olinadi. So'ngra keyingi eng ko'p xavo sarfi o'rnatiladi va xarorat va sarf o'lchovi takrorlanadi. SHu yo'l bilan doimiy issik suv chikish sharoitida 5-6 xavo sarfi uchun ma'lumot olinadi.

Keyin suvning sarfi oshirilib, yukorida ko'rsatilgan uslub bo'yicha tajribalar kaytariladi. Tajribalar xar 5-6 xavo sarfida kamida uch marta issik suv chikishi bilan olib boriladi.

Tajriba natijalarini umumlashtirish va xisobot tuzish

1. Suvning massaviy sarfi G , kg/s aniklanadi.
2. Trubalardagi suv tezligi v , m/s xisoblanadi.
3. Kurilmadagi o'rtacha xaroratlar farki Δt , $^{\circ}\text{C}$ aniklanadi.
4. Xavoni isitish uchun sarflanadigan issiklik mikdori K , Vt topiladi.
5. Issiklik o'tkazish koeffitsienti K , $\text{Vt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ aniklanadi.
6. Suv uchun Reynolds kriteriysi Re xisoblanadi.

Tajriba va xisoblashlar natijasida olingan kattaliklar asosida quyidagi hisobot jadvaliga to'ldiriladi.

Hisobot jadvali

№	Kattaliklarning nomi	ulchovlar					Izox
		1	2	3	...	n	
1.	Issik suv sarfi V , m^3/ch						
2.	Suvning issiklik almashtirgichgacha bo'lgan xarorati T_{bosh} , $^{\circ}\text{S}$						
3.	Suvning issiklik almashtirgichdan keyingi xarorati T_{oxr} , $^{\circ}\text{S}$						
4.	Xavoning issiklik almashtirgichgacha bo'lgan xarorati T_{bosh} , $^{\circ}\text{S}$						
5.	Xavoning issiklik almashtirgichdan keyingi xarorati T_{oxr} , $^{\circ}\text{S}$						
Xisoblangan kattaliklar							
6.	Suvning massaviy sarfi G , kg/s						

7.	Trubadagi suvning tezligi w , m/s							
8.	Kurilmadagi xaroratlarning boshlang'ich farki $\Delta t_{Bosh} = T_{bosh} - t_{oxr}$							
9.	Kurilmadagi xaroratlarning oxirgi farki $\Delta t_{Oxr} = T_{bosh} - t_{oxr}$							
10	Kurilmadagi xaroratlarning o'rtacha farki $\Delta t_{O'r}$							
11	Xavoni isitish uchun sarflanadigan issiklik mikdori Q , Vt							
12	Issiklik o'tkazish ko'effitsienti K , $Vt(m^2 \cdot K)$							
13	Suv uchun Reynolds kriteriysi Re							

Suv va xavonin g u yoki bu sarflarid a xaroratlari n o'lc has h muv oza nat

xolati boshlanguncha davom etadi, bunda kattaliklar vak t o'tishi bilan bir xaroratda doimiy bo'lib koladi. Xaroratning oxirgi ko'rsatkichi daftarga yozib olinadi, shuningdek, oxirgi xarorat o'lchovi olinganda suv sarfi o'lchovi xam takrorlanadi.

Sinov savollari

1. Issiklik almashinish jarayoniga ta'rif bering.
2. "Truba ichida truba" tipidagi issiklik almashinuvi kurilmalarining afzalliklarini ayting.
3. Moddalarning massaviy sarfi va Reynolds kriteriysi o'rtasida kanday bog'liklik mavjud?
4. Termik karshilik nima?
5. Issiklik o'tkazish ko'effitsienti kanday topiladi?
6. Ish bo'yicha xulosa.

Laborotoriya ishi №2

Erkin konveksiya davrida havoning issiqlik berish ko'effitsientini aniqlash

Nazariy kism

Issiklik almashinish jarayonlariga isitish, sovutish, ondensatsiyalash, bug'lanish va bug'latishlar kiradi. Ushbu jarayonlarni amalgam oshirish uchun mo'ljallangan kurilmalar **issiklik almashinish kurilmalari** deb ataladi.

Temperaturasi yukori bo'lgan suyuqlikka devor orkali issiklikning uzatilishiga issiklik o'tkazish deyiladi. Ushbu yo'l bilan uzatilgan issiklik mikdori issiklik o'tkazishning asosiy

tenglamasidan aniklanadi:

$$Q = K \Delta t_{yp} F$$

Bu erda K - issiklik o'tkazish ko'effitsienti; $\Delta t_{o'r}$ - issiklik va sovuklik eltkichlar temperaturalarining farki, K ; F - ajratib turuvchi devor yuzasi, m^2 .

Issiklik o'tkazish ko'effitsienti K temperaturasi past eltkichga vakt birligida ajratuvchi devorning $1 m^2$ yuzasidan eltkichlar temperaturasi $1K$ bo'lganda o'tkaziladigan issiklikning mikdori bildiradi.

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

Issiklik o'tkazish ko'effitsientiga teskari bo'lgan kattalik termik karshilik xisoblanadi. $1/\alpha_1$ va $1/\alpha_2$ lar issiklik berishning termik karshiligi, δ/λ devorning termik karshiligi bo'lsa, issiklik o'tkazishning termik karshiligi issiklik berish va devorning termik karshiliklari yig'indisiga teng.

Issiklik eltkichlarning kurilmaga kirishda, parallel yo'nalishda local xarakatga keltiruvchi kuch maksimal qiymatga ega: $\Delta t_{max} = t_1' - t_2'$, Kurilmadan chikishda esa minimal: $\Delta t_{min} = t_1'' - t_2''$.

U xolda issiklik mikdori quyidagiga teng bo'ladi:

$$Q = KF \frac{(t_1' - t_2') - (t_1'' - t_2'')}{\ln \frac{t_1' - t_2'}{t_1'' - t_2''}}$$

Yoki

$$Q = KF \frac{\Delta t_{max} - \Delta t_{min}}{\ln \frac{\Delta t_{max}}{\Delta t_{min}}}$$

Ushbu issiklik o'tkazishning asosiy tenglamalarini solishtirish natijasida issiklik o'tish jarayonining o'rtacha xarakatga keltiruvchi kuchini topish mumkin:

$$\Delta t_{yp} = \frac{\Delta t_{max} - \Delta t_{min}}{\ln \frac{\Delta t_{max}}{\Delta t_{min}}}$$

Agar $\Delta t_{max}/\Delta t_{min} \leq 2$ issiklik eltkichlarning tezligi kichik bo'lganda, temperaturalarning farki o'rtacha arifmetik kilib xisoblanadi:

$$\Delta t_{yp} = \frac{(\Delta t_{max} + \Delta t_{min})}{2}$$

Muxitning massaviy sarfi quyidagi formula orkali topiladi:

$$G = V \cdot \rho$$

Buni Reynolds kriteriysi bilan bog'laganda, quyidagi tenglama kelib chikadi:

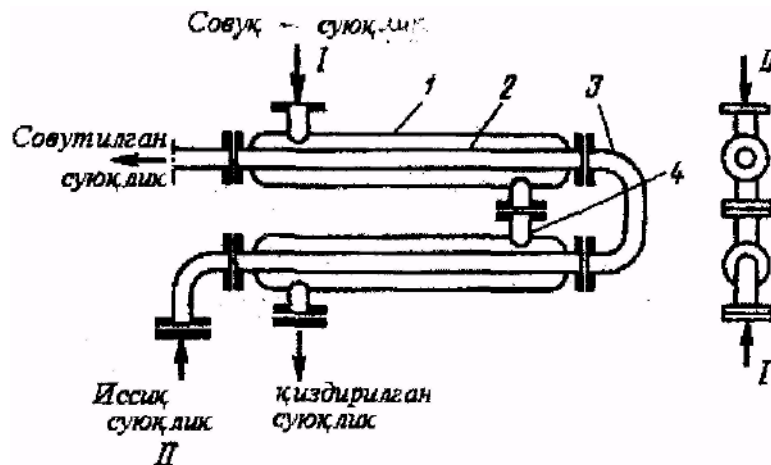
$$Re = wd\rho/\mu = G/0,785nd\mu$$

Ishdan maksad:

Suv uchun issiklik o'tkazish koeffitsienti K ni Reynolds kriteriysiga umumiy bog'likligini aniklash

Tajriba kurilmasi:

Issiklik almashinish kurilmalari tuzilishi, ishlash printsipli va ularda jarayonning tashkil kilinishiga karab bir nechta sinflarga bo'linadi. Ulardan biri "truba ichida truba" tipidagi issiklik almashinish kurilmasidir.



4.1-rasm. "Truba ichida truba" tipidagi ajralmas, bir okimli issiklik almashinish kurilmasi: 1-tashki truba; 2-ichki truba; 3-kalach; 4-patrubka; I,II - issiklik eltkichlar.

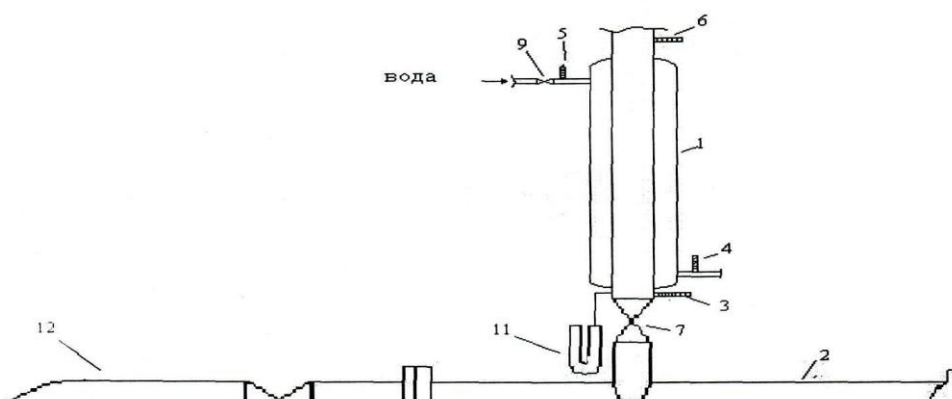
Bu kurilma katta diametrli tashki truba va konsentrik xolda joylashgan ichki trubadan iborat. Bir-biri bilan issiklik almashinayotgan uxitlarning birtasi ichki trubadan xarakat kilsa, trubalararo bo'shlikdan esa ikkinchi muxit xarakat kiladi. Issiklik ichki trubaning devori orkali bir muxitdan ikkinchisiga o'tkaziladi. Ichki trubaning va trubalararo bo'shlikning ko'ndalang kesimlari kichik bo'lganligi sababli kichik sarflarda xam issiklik tashuvchi agentlardan katta tezliklar bilan o'tkazish mumkin. SHuning uchun bunday isitkichlarda yukori ko'rsatkichli issiklik o'tkazish koeffitsientiga erishish imkoniyati bo'ladi.

Kurilmaning massa birligiga to'g'ri keladigan issiklik mikdori kobik trubali, zmeevikli va g'iloqli isitkichlarga nisbatan yukori bo'ladi.

Bundan tashkari issiklik tashuvchi agentlarning tezligi katta bo'lgani uchun trubalarning yuzasida xar xil iflosliklar xosil bo'lmaydi.

Bu kurilmaning konstruktiv tuzilishining soddaligi va tayyorlashning osonligi, sababli ishlab chikarish xajmi kichik bo'lgan korxonalar uchun juda kulay xisoblanadi.

Tajriba kurilmasi "truba ichida truba" tipidagi vertikal issiklik almashinish kurilmasi 1 (10.1-rasm), markazdan kochma ventiyator 12 va tekshiruv- o'lchov asboblardan tashkil topgan. Issiklik almashinish kurilmasi po'lat trubalarining diametri: tashki - 80 x 4,5 mm, ichki - 57 x 3,5mm. Umumiy ishchi uzunligi 0,5m.



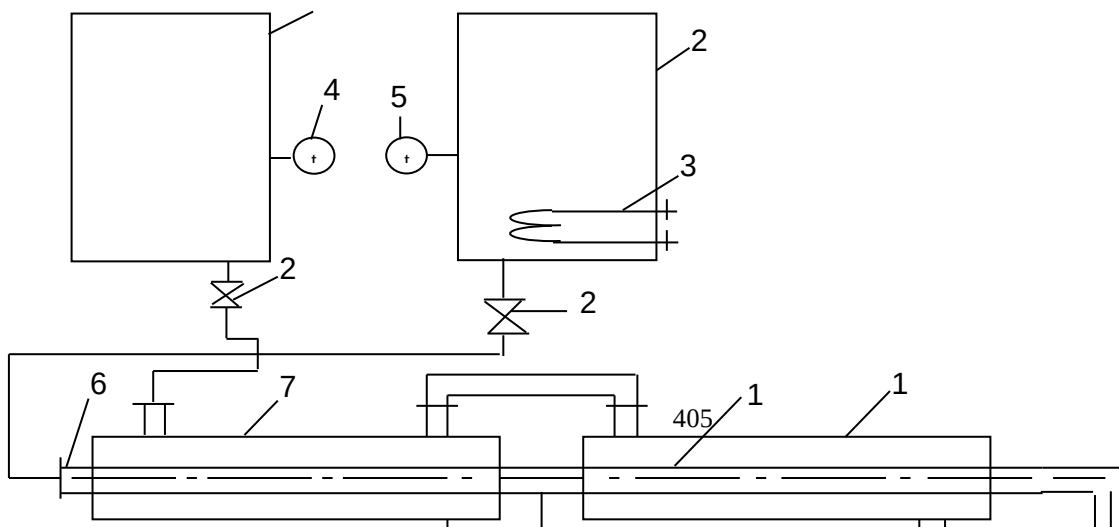
Ishni bajarish tartibi

Xavo issiklik almashinish kurilmasini ichki trubasiga pastdan tepaga karab yo'naltiriladi. Uning chikishi vintel 7 bilan boshkariladi va U-simon difmanometrga ulangan diafragma bilan ulchanadi. Issiklik lmashtirgichdan oldingi truboprovoddagi xavoning bosimi esa U-simon manometr bilan o'lchanadi. Xavo issiklik almashtirgichdan atmosferaga atmosfera bosimida chikib ketadi, manometr 11 oldingi va keyingi xavo bosimlari farki shuningdek, issiklik almashtirgichning gidravlik karshiligini ΔR ni kursatadi. Undagi kirish va chikish xavo xaroratlari 3 va 6 simobli termometrlar orkali ulchanadi.

Kizdirilgan suv issiklik almashtirgichdagi trubalararo oralikga tepadan kiradi va pastga karab xarakatlanadi, uning kirish va chikishdagi xarorati 4 va 5 simobli termometr bilan o'lchanadi. Issiklik almashtirgichdan chikayotgan suv kanalizatsiyaga yo'naltiriladi.

Ishning boshlanishida eng kam belgilangan xavo sarfi o'rnatiladi. Undan so'ng belgilangan minimal suv sarfi o'rnatiladi va xavo sarfini kat'iy doimiy tarzda ushlab, xarorat o'lchami olinadi. So'ngra keyingi eng ko'p xavo sarfi o'rnatiladi va xarorat va sarf o'lchovi takrorlanadi. SHu yo'l bilan doimiy issik suv chikish sharoitida 5-6 xavo sarfi uchun ma'lumot olinadi.

Keyin suvning sarfi oshirilib, yukorida ko'rsatilgan uslub bo'yicha tajribalar kaytariladi. Tajribalar xar 5-6 xavo sarfida kamida uch marta issik suv chikishi bilan olib boriladi.



Tajriba natijalarini umumlashtirish va xisobot tuzish

1. Suvning massaviy sarfi G , kg/s aniklanadi.
2. Trubalardagi suv tezligi v , m/s xisoblanadi.
3. Kurilmadagi o'rtacha xaroratlar farki Δt_{or} , $^{\circ}C$ aniklanadi.
4. Xavoni isitish uchun sarflanadigan issiklik miqdori K , Vt topiladi.
5. Issiklik o'tkazish koeffitsienti K , Vt/(m²·K) aniklanadi.
6. Suv uchun Reynolds kriteriysi Re xisoblanadi.

Tajriba va xisoblashlar natijasida olingan kattaliklar asosida xisobot jadvali tuldirladi.

№	Kattaliklarning nomi	ulchovlar					Izox
		1	2	3	...	n	
1.	Issik suv sarfi V , m ³ /ch						
2.	Suvning issiklik almashtirgichgacha bo'lgan xarorati T_{bosh} , $^{\circ}S$						
3.	Suvning issiklik almashtirgichdan keyingi xarorati T_{oxr} , $^{\circ}S$						
4.	Xavoning issiklik almashtirgichgacha bo'lgan xarorati T_{bosh} , $^{\circ}S$						
5.	Xavoning issiklik almashtirgichdan keyingi xarorati T_{oxr} , $^{\circ}S$						
Xisoblangan kattaliklar							
6.	Suvning massaviy sarfi G , kg/s						

7.	Trubadagi suvning tezligi w , m/s							Hisobot jadvali
8.	Kurilmadagi xaroratlarning boshlang'ich farki $\Delta t_{Bosh} = T_{bosh} - t_{oxr}$							
9.	Kurilmadagi xaroratlarning oxirgi farki $\Delta t_{Oxr} = T_{bosh} - t_{oxr}$							
10	Kurilmadagi xaroratlarning o'rtacha farki $\Delta t_{O'r}$							
11	Xavoni isitish uchun sarflanadigan issiklik mikdori Q , Vt							
12	Issiklik o'tkazish koeffitsienti K , $Vt(m^2 \cdot K)$							
13	Suv uchun Reynolds kriteriysi Re							
Suv va xavonining u yoki bu sarflarida xaroratlarni								

o'lchash muvozanat xolati boshlanguncha davom etadi, bunda kattaliklar vak t o'tishi bilan bir xaroratda doimiy bo'lib koladi. Xaroratning oxirgi ko'rsatkichi daftarga yozib olinadi, shuningdek, oxirgi xarorat o'lchovi olinganda suv sarfi o'lchovi xam takrorlanadi.

Sinov savollari

1. Issiklik almashinish jarayoniga ta'rif bering.
2. "Truba ichida truba" tipidagi issiklik almashinuvi kurilmalarining afzalliklarini ayting.
3. Moddalarning massaviy sarfi va Reynolds kriteriysi o'rtasida kanday bog'liklik mavjud?
4. Termik karshilik nima?
5. Issiklik o'tkazish koeffitsienti kanday topiladi?
6. Ish bo'yicha xulosa.

Laboratoriya ishi №3

Eritmalarning temperatura depressiyasini aniqlash

Nazariy kism

Issiklik almashinish jarayonlariga isitish, sovutish, ondensatsiyalash, bug'lanish va bug'latishlar kiradi. Ushbu jarayonlarni amalgam oshirish uchun mo'ljallangan kurilmalar **issiklik almashinish kurilmalari** deb ataladi.

Temperaturasi yukori bo'lgan suyuqlikka devor orkali issiklikning uzatilishiga issiklik o'tkazish deyiladi. Ushbu yo'l bilan uzatilgan issiklik miqdori issiklik o'tkazishning asosiy tenglamasidan aniklanadi:

$$Q = K \Delta t_{\text{yr}} F$$

Bu erda K - issiklik o'tkazish koeffitsienti; Δt_{yr} - issiklik va sovuklik eltkichlar temperaturalarining farki, K; F - ajratib turuvchi devor yuzasi, m².

Issiklik o'tkazish koeffitsienti K temperaturasi past eltkichga vakt birligida ajratuvchi devorning 1 m² yuzasidan eltkichlar temperaturasi 1K bo'lganda o'tkaziladigan issiklikning miqdorini bildiradi.

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

Issiklik o'tkazish koeffitsientiga teskari bo'lgan kattalik termik karshilik xisoblanadi. $1/\alpha_1$ va $1/\alpha_2$ lar issiklik berishning termik karshiligi, δ/λ devorning termik karshiligi bo'lsa, issiklik o'tkazishning termik karshiligi issiklik berish va devorning termik karshiliklari yig'indisiga teng.

Issiklik eltkichlarning kurilmaga kirishda, parallel yo'nalishda local xarakatga keltiruvchi kuch maksimal kiyamatga ega: $\Delta t_{\text{max}} = t_1' - t_2'$, Kurilmadan chikishda esa minimal: $\Delta t_{\text{min}} = t_1'' - t_2''$.

U xolda issiklik miqdori kuyidagiga teng bo'ladi:

$$Q = KF \frac{(t_1' - t_2') - (t_1'' - t_2'')}{\ln \frac{t_1' - t_2'}{t_1'' - t_2''}}$$

Yoki

$$Q = KF \frac{\Delta t_{\text{max}} - \Delta t_{\text{min}}}{\ln \frac{\Delta t_{\text{max}}}{\Delta t_{\text{min}}}}$$

Ushbu issiklik o'tkazishning asosiy tenglamalarini solishtirish natijasida issiklik o'tish jarayonining o'rtacha xarakatga keltiruvchi kuchini topish mumkin:

$$\Delta t_{yp} = \frac{\Delta t_{max} - \Delta t_{min}}{\ln \frac{\Delta t_{max}}{\Delta t_{min}}}$$

Agar $\Delta t_{max}/\Delta t_{min} \leq 2$ issiklik eltkichlarning tezligi kichik bo'lganda, temperaturalarning farki o'rtacha arifmetik kilib xisoblanadi:

$$\Delta t_{yp} = \frac{(\Delta t_{max} + \Delta t_{min})}{2}$$

Muxitning massaviy sarfi kuyidagi formula orkali topiladi:

$$G = V \cdot \rho$$

Buni Reynolds kriteriysi bilan bog'laganda, kuyidagi tenglama kelib chikadi:

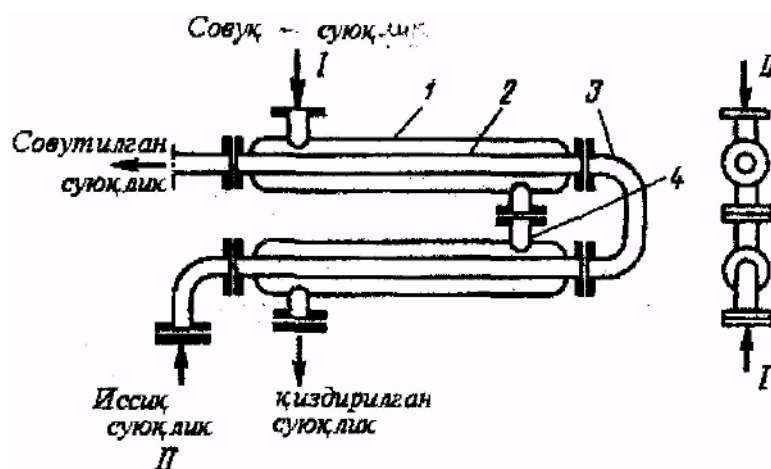
$$Re = wd\rho/\mu = G/0,785nd\mu$$

Ishdan maksad:

Suv uchun issiklik o'tkazish ko'effitsienti K ni Reynolds kriteriysiga umumiy bog'likligini aniklash

Tajriba kurilmasi:

Issiklik almashinish kurilmalari tuzilishi, ishlash printsipi va ularda jarayonning tashkil kilinishiga karab bir nechta sinflarga bo'linadi. Ulardan biri "truba ichida truba" tipidagi issiklik almashinish kurilmasidir.



4.1-rasm. "Truba ichida truba" tipidagi ajralmas, bir okimli issiklik almashinish kurilmasi: 1-tashki truba; 2-ichki truba; 3-kalach; 4-patrubka; I,II - issiklik eltkichlar.

Bu kurilma katta diametrli tashki truba va konsentrik xolda joylashgan ichki trubadan iborat. Bir-biri bilan issiklik almashinayotgan uxitlarning birtasi ichki trubadan xarakat kilsa, trubalararo bo'shlikdan esa ikkinchi muxit xarakat kiladi. Issiklik ichki trubaning devori orkali bir muxitdan ikkinchisiga o'tkaziladi. Ichki trubaning va trubalararo bo'shlikning ko'ndalang kesimlari kichik bo'lganligi sababli kichik sarflarda xam issiklik tashuvchi agentlardan katta tezliklar bilan o'tkazish mumkin. SHuning uchun bunday isitkichlarda yukori ko'rsatkichli issiklik o'tkazish ko'effitsientiga erishish imkoniyati bo'ladi.

Kurilmaning massa birligiga to'g'ri keladigan issiklik mikdori kobik trubali, zmeevikli va g'ilofli isitkichlarga nisbatan yukori bo'ladi.

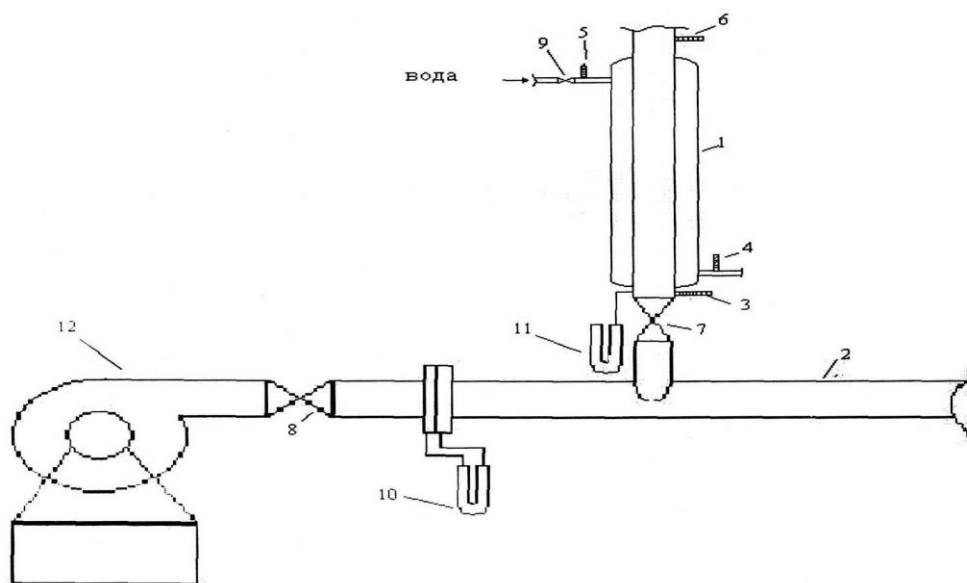
Bundan tashkari issiklik tashuvchi agentlarning tezligi katta bo'lgani uchun trubalarning yuzasida xar xil iflosliklar xosil bo'lmaydi.

Bu kurilmaning konstruktiv tuzilishining soddaligi va tayyorlashning osonligi, sababli ishlab chikarish xajmi kichik bo'lgan korxonalar uchun juda kulay xisoblanadi.

Tajriba kurilmasi "truba ichida truba" tipidagi vertikal issiklik almashinish kurilmasi 1 (10.1-rasm), markazdan kochma ventilyator 12 va tekshiruv- o'lchov asboblardan tashkil topgan. Issiklik almashinish kurilmasi po'lat trubalarining diametri: tashki - 80 x 4,5 mm, ichki - 57 x 3,5mm. Umumiy ishchi uzunligi 0,5m.

Xavo issiklik almashinish kurilmasini ichki trubasiga pastdan tepaga karab yo'naltiriladi. Uning chikishi vintel 7 bilan boshkariladi va U-simon difmanometrga ulangan diafragma bilan ulchanadi. Issiklik lmashtirgichdan oldingi truboprovoddagi xavoning bosimi esa U-simon manometr bilan o'lchanadi. Xavo issiklik almashtirgichdan atmosferaga atmosfera bosimida chikib ketadi, manometr 11 oldingi va keyingi xavo bosimlari farki shuningdek, issiklik almashtirgichning gidravlik karshiligini ΔR ni kursatadi. Undagi kirish va chikish xavo xaroratlari 3 va 6 simobli termometrlar orkali ulchanadi.

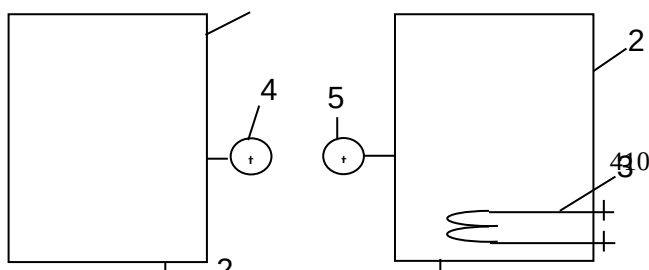
Kizdirilgan suv issiklik almashtirgichdagi trubalararo oralikga tepadan kiradi va pastga karab xarakatlanadi, uning kirish va chikishdagi xarorati 4 va 5 simobli termometr bilan o'lchanadi. Issiklik almashtirgichdan chikayotgan suv kanalizatsiyaga yo'naltiriladi.



4.2- расм. Тажриба курилмасининг схемаси:

1 - "Труба ичида труба" типидagi исиклик алмашиниш курилмаси; 2 - умумий напор коллектори; 3, 4, 5, 6 - термометрлар; 7, 8, 9 - вентиллар; 10, 11 - У-симон дифманометрлар; 12 - арказдан кочма вентилятор.

Ishni bajarish tartibi



Ishning boshlanishida eng kam belgilangan xavo sarfi o'rnatiladi. Undan so'ng belgilangan minimal suv sarfi o'rnatiladi va xavo sarfini kat'iy doimiy tarzda ushlab, xarorat o'lchami olinadi. So'ngra keyingi eng ko'p xavo sarfi o'rnatiladi va xarorat va sarf o'lchovi takrorlanadi. SHu yo'l bilan doimiy issik suv chikish sharoitida 5-6 xavo sarfi uchun ma'lumot olinadi.

Keyin suvning sarfi oshirilib, yukorida ko'rsatilgan uslub bo'yicha tajribalar kaytariladi. Tajribalar xar 5-6 xavo sarfida kamida uch marta issik suv chikishi bilan olib boriladi.

Tajriba natijalarini umumlashtirish va xisobot tuzish

1. Suvning massaviy sarfi G , kg/s aniklanadi.
2. Trubalardagi suv tezligi v , m/s xisoblanadi.
3. Kurilmadagi o'rtacha xaroratlar farki Δt , $^{\circ}\text{C}$ aniklanadi.
4. Xavoni isitish uchun sarflanadigan issiklik mikdori K , Vt topiladi.
5. Issiklik o'tkazish koeffitsienti K , $\text{Vt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ aniklanadi.
6. Suv uchun Reynolds kriteriysi Re xisoblanadi.

Tajriba va xisoblashlar natijasida olingan kattaliklar asosida xisobot jadvali to'ldiriladi

№	Kattaliklarning nomi	ulchovlar	Izox

		1	2	3	...	n	
1.	Issik suv sarfi $V, m^3/ch$						
2.	Suvning issiklik almashtirgichgacha bo'lgan xarorati $T_{bosh}, ^\circ S$						
3.	Suvning issiklik almashtirgichdan keyingi xarorati $T_{oxr}, ^\circ S$						
4.	Xavoning issiklik almashtirgichgacha bo'lgan xarorati $T_{bosh}, ^\circ S$						
5.	Xavoning issiklik almashtirgichdan keyingi xarorati $T_{oxr}, ^\circ S$						
Xisoblangan kattaliklar							
6.	Suvning massaviy sarfi $G, kg/s$						
7.	Trubadagi suvning tezligi $w, m/s$						
8.	Kurilmadagi xaroratlarning boshlang'ich farki $\Delta t_{Bosh} = T_{bosh} - t_{oxr}$						
9.	Kurilmadagi xaroratlarning oxirgi farki $\Delta t_{Oxr} = T_{bosh} - t_{oxr}$						
10.	Kurilmadagi xaroratlarning o'rtacha farki $\Delta t_{O'r}$						
11.	Xavoni isitish uchun sarflanadigan issiklik miqdori Q, Vt						
12.	Issiklik o'tkazish koeffitsienti $K, Vt(m^2 \cdot K)$						
13.	Suv uchun Reynolds kriteriysi Re						

Hisobot jadvali

Suv va xavonin g u yoki bu sarflarid a xaroratlarini o'lc has h muv oza nat xola ti bos hlan gun cha dav om etad i, bun da katt

aliklar vak t o'tishi bilan bir xaroratda doimiy bo'lib koladi. Xaroratning oxirgi ko'rsatkichi daftarga yozib olinadi, shuningdek, oxirgi xarorat o'lchovi olinganda suv sarfi o'lchovi xam takrorlanadi.

Sinov savollari

1. Issiklik almashinish jarayoniga ta'rif bering.
2. "Truba ichida truba" tipidagi issiklik almashinuvi kurilmalarining afzalliklarini ayting.

3. Moddalarning massaviy sarfi va Reynolds kriteriysi o'rtasida kanday bog'liklik mavjud?
4. Termik karshilik nima?
5. Issiklik o'tkazish koeffitsienti kanday topiladi?
6. Ish bo'yicha xulosa.

Qo'llanilgan adabiyotlar

1. YUsupbekov N.R., Nurmuhamedov X.S., Zakirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalar. - T.:SHarq, 2003. - 644 b.
2. Kasatkin A.G. Osnovnye protsessy i apparaty ximicheskoy texnologii. - M.: Alyans, 2005. - 750 s.
2. YUsupbekov N.R., Nurmuhamedov X.S., Ismatullaev P.R. Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarining jarayon va qurilmalari fanidan hisoblar va misollar. - T.: NISIM, 1999. - 351 b.
3. Dreyser G. A., Isaev S. A., Lobanov I. E. Raschet konvektivnogo teploobmena v trubax s periodicheskimi vystupami // Problemy gidrodinamiki i teploobmena v energeticheskix ustanovkax. M.: Izd. MEI. 2003. T.1. 57-60 s.;
4. Pavlov K.F., Romankov P.G., Noskov A.A. Primery i zadachi po kursu protsessy i apparaty ximicheskoy texnologii. - M.-L.: Ximiya, 1983. - 576s.
5. Romankov P.G., Kurochkina M.I. Raschetnye diagrammy i nomogrammy po kursu "Protsessy i apparaty ximicheskoy texnologii". - L.: Ximiya, 1985. - 56 s.
7. Teterevko A.I. i dr. O boroudovaniya zavodov neorganicheskix veshchestv: Sb. primerov i zadach. - Minsk.: Vyssh. shk. ,1984.-196s.
8. Pozin M.E. Texnologiya mineralnykh udobreniy: 5-e izd. , pererab. -L.:Ximiya, 1983.-336s.
9. Osnovnye protsessy i apparaty ximicheskoy texnologii: Posobie po proektirovaniyu/G. S. Borisov, V.P. Brykov, YU.I. Dytnerskiy i dr.; Pod red. YU.I. Dytnerskogo. 2-e izd. - M.: Ximiya, 1995. -496 s.
6. Kasatkin A.G. Osnovnye protsessy i apparaty ximicheskoy texnologii. - M.:Ximiya, 1973.-754 s.
7. Planovskiy A.N., Ramm B.M., Kagan S.Z. Protsessy i apparaty ximicheskoy texnologii. - M.: Ximiya, 1968. - 847 s.
10. Ramm V.M. Absorbsiya gazov. -M.: Ximiya, 1976. -655 s.
11. Metody rascheta protsessov i apparatov ximicheskoy texnologii (Primery i zadachi): Ucheb. Posobie dlya vuzov/P.G. Romankov, V.F. Frolov, O.M. Flisyuk, M.I. Kurochkina. - SPb.: Ximiya, 1993. -496 s.
12. Obshchiy kurs protsessov i apparatov ximicheskoy texnologii. Kn. 1,2./V.G. Aynshteyn, M.K. Zaxarov, G.A. Nosov i dr.; Pod red. V.G. Aynshteyna. -M.: Logos; Vysshaya shkola, 2003. -912 s.
13. Dytnerskiy YU.I. Protsessy i apparaty ximicheskoy texnologii: Uchebnik dlya vuzov. 2-e izd. CH. 1, 2. - M.: Ximiya, 1995. -400; -368 s.
14. Spravochnik ximika. 2-e izd., pererab i dop. T V. -L.: Ximiya, 1966.-972 s.
15. Protsessy i apparaty ximicheskoy texnologii (Osnovy inzhenernoy ximii): Uchebnik dlya vuzov/N.N. Smirnov, M.I. Kurochkina i dr.; Pod red. N.N. Smirnova. -SPb.: Ximiya, 1996. -408 s.

Laboratoriya ishi №4

QURITISH QURILMASIDA QURISH JARAYONINI TASVIRLASH

Ishning nazariy asoslari

Quritish – qattiq va pastasimon materiallarni qurituvchi agent yordamida suvsizlantirish jarayoniga aytiladi. Quritish asosan ikki usulda olib boriladi.

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.

Quritish jarayonida materialdan namlik bug'lanadi va ana shu bug'lar gaz, havo bilan qo'shilib, bir jinsli aralashma xosil qiladi, qaysiki bunga termodinamikaning asosiy qonunlari qo'llaniladi.

Demak: nam, quruq havo va suv bug'larining aralashmasidan iborat, quritish jarayonida, (asosan nam havo) namlik va issiqlik tashuvchi agent vazifasini bajaradi.

Nam havoning asosiy xossalari quyidagi parametrlar bilan xarakterlanadi: absolyut namlik, nisbiy namlik, nam saqlash, entalpiya.

Absolyut namlik - nam havoning xajm birligiga to'g'ri kelgan suv bug'larining miqdoriga aytiladi va ρ_{sb} (kg/m^3) bilan belgilanadi. Agar nam havo o'zgarmas nam salashda $x = \text{const}$ sovutilsa, ma'lum temperaturaga etgach, namlik shudring sifatida ajrala boshlaydi, bunday jarayonga shudring nuqtasi deyiladi. Bu sharoitda havo tarkibida maksimal miqdorda suv bug'i bo'ladi. Havoning to'yinish paytidagi absolyut namligi ρ (kg/m^3) orqali ifodalanadi.

Nisbiy namlik - havo absolyut namligining to'yinish paytidagi absolyut namlik nisbatiga aytiladi. Havoning nisbiy namligi (to'yinish darajasi) foiz xisobida quyidagi ifoda bo'yicha topiladi:

$$\varphi = \frac{\rho_{c\phi}}{\rho_t} = \frac{P_{c\phi}}{P_t} \quad (13.1)$$

bu erda: P_{sb} - tekshirilayotgan nam havodagi suv bug'larining parsial bosimi, Pa; P_t - berilgan temperatura va umumiy barometrik bosimda to'yingan suv bug'larining bosimi, Pa.

Nam saqlash - 1 kg absolyut quruq havoga to'g'ri kelgan suv bug'larining miqdori. Bu parametr x (kg/kg) yoki d (g/kg) bilan belgilanadi va quyidagi nisbatda ifodalanadi:

$$x = \frac{\rho_{c\phi} \cdot m_{c\phi}}{\rho_{kx} \cdot m_{kx}}; \quad \frac{\kappa\text{г.б}y\text{г}}{\kappa\text{г.а}б\text{с.к}y\text{р.х}a\text{в}o} \quad (13.2)$$

$$\alpha = 1000 \cdot \frac{\rho_{c.\phi.}}{\rho_{k.x.}} \quad (13.3)$$

bu erda: $\rho_{k.x.}$ - absolyut quruq havoning zichligi; $m_{s.b.}$ - nam havoning berilgan xajmdagi suv bug'lari massasi; $m_{k.x.}$ - nam havoning berilgan xajmdagi absolyut quruq havosining massasi.

Mendeleev-Klapeyron tenglamasidan foydalanib, quyidagi ko‘rinishdagi ifodani olamiz:

$$x = \frac{\rho_{\text{c6}}}{R_{\text{6}} \cdot T} \cdot \frac{R_{\text{6}} \cdot T}{\rho_{\text{r}}} = \frac{P_{\text{6}} \cdot P_{\text{r}}}{R_{\text{6}} \cdot R_{\text{r}}} \quad (13.4)$$

bu erda: R_{b} - suv bug‘i doimiysi; T - aralashmaning absolyut temperaturasi, K.

Absolyut quruq havoning parsial bosimini $P_{\text{k.x}}$ umumiy aralashmaning bosimi R ga almashtirsak va Dalton qonuniga asosan: qaysiki $P_{\text{c6}} = \varphi \cdot P_{\text{r}}$ bo‘lsa,

$$P_{\text{r}} = P - P_{\text{c6}} = P - \varphi \cdot P_{\text{r}} \quad (13.5)$$

unda

$$x = \frac{R_{\text{r}}}{R_{\text{6}}} \cdot \frac{\varphi \cdot P_{\text{r}}}{P - \varphi \cdot P_{\text{r}}} = \frac{29,27}{47,06} \cdot \frac{\varphi \cdot P_{\text{r}}}{P - \varphi \cdot P_{\text{r}}} \quad (13.6)$$

yoki

$$x = 0,622 \cdot \frac{\varphi \cdot P_{\text{r}}}{P - \varphi \cdot P_{\text{r}}}, \quad (13.7)$$

yoki agarda $x = d$

$$d = 0,622 \cdot \frac{\varphi \cdot P_{\text{r}}}{P - \varphi \cdot P_{\text{r}}}, \quad \frac{\text{кг.сув.буги}}{\text{кг.кыр.хаво}} \quad (13.8)$$

Oxirgi ikki ifoda suv bug‘i bilan havo aralashmasi bo‘lgani kabi tutun gazi va suv bug‘iga xam taluqlidir. Nam havoning entalpiyasi I (J/kg quruq havo) quruq havo entalpiyasi bilan shu nam havoda bo‘lgan suv bug‘i entalpiyasining yig‘indisiga teng.

$$I = c_{\text{k.x}} \cdot t + x \cdot i_{\text{y.6}} \quad (13.9)$$

bu erda: $s_{\text{k.x}}$ - quruq havoning solishtirma issiqlik sig‘imi, J/kg·K; t - havo temperaturasi, °S; $t_{\text{u.b}}$ - o‘ta qizdirilgan bug‘ning entalpiyasi, J/kg;

O‘ta qizdirilgan bug‘ning entalpiyasi $i_{\text{u.b}}$ (J/kg) termodinamikada quyidagi tenglama bilan topiladi:

$$i_{\text{y.6}} = r + c_{\text{6}} \cdot t \quad (13.10)$$

bu erda: r - 0°S dagi bug‘ning entalpiyasi, $r = 2493 \cdot 10^3$, J/kg; s_{b} - bug‘ning solishtirma issiqlik sig‘imi; $s_{\text{b}} = 1,97 \cdot 10^3$, J/kg·K

Agar quruq havoning solishtirma issiqlik sig‘imi 1000 J/kg·K deb olinsa, (13.10) tenglamani quyidagicha yozish mumkin:

$$I = (1005 + 1,97 \cdot 10^3 \cdot x) \cdot t + 2493 \cdot 10^3 \cdot x \quad (13.12)$$

SHudring nuqtasi, bu aralashmaning temperaturasi so‘vishda ($x = \text{cost}$) suv bug‘ining to‘yinishiga ($\varphi = 100\%$) aytiladi. Namlik temperaturasining keyingi pasayishi tuman hosil bo‘lishiga olib keladi. Xo‘l termometr temperaturasi (t_{x}) - aralashma temperaturasi sovushida, entalpiyasi o‘zgarmagan xolda ($I = \text{const}$) suv bug‘ining to‘yinishiga aytiladi. SHu temperaturada, gaz fazasidan suqyulik fazasi yuzasiga o‘tadigan issiqlik namlikning bug‘lanishiga to‘liq sarflanadi, bu xolatni nam jismning so‘vish chegarasi deb xam yuritiladi.

Quritish potnsiali deb, quruq gaz temperaturasi (t_{k}) bilan xo‘l termometr temperaturasining ayirmasiga aytiladi.

$$\varepsilon = t_{\text{k}} - t_{\text{x}} \quad (13.13)$$

Quritish potnsiali gazning nam yutish xususiyatini xarakterlaydi. Quritish jarayoni analitik va grafik usulidan xisoblanishi mumkin. Grafik isoblash ulay bo‘lgani uchun

keng ko'lanqiladi. Bu diagramma Ramzin tomonidan taklif ilingan va I - x diagramma am deb yuritqiladi, uning tuzilishida bosim iymati o'zgaras deb olingan, ya'ni 745 mm simob ustuniga teng.

Diagrammaning asosiy o'qlari oralig'idagi burchak 135° Asosiy o'qlarga nam havoning ikkita asosiy parametrlari - entalpiya I (J/kg uru havo) va nam saqlash x (kg/kg uru xhavo) joylashtirilgan. Nam salashning iymatlari diagrammadan foydalanish ulay bo'lishi uchun yordamchi gorizontal o'ika joylashtirilgan. Bunda I=**const** chiziqlar ordinata uo'iiga nisbatan $135^\circ S$ burchak bilan ma'lum masshtabda joylashtirilgan. x= const chizilar esa, yordamchi abssissa o'qiga perpendikulyar qilib joylashtirilgan. I – x diagrammasiga asosiy chiziqlardan tashqari quyidagi chiziqlar xam joylashtirilgan: o'zgaras temperatura chiziqlari yoki izotermalar ($t=\text{const}$) o'zgaras nisbiy namlik chiziqlar $\varphi = \text{const}$, suv bug'ining parsial bosim chizii, $\varphi = 100\%$ chizig'i diagrammani ikki qismga bo'ladi. Bu chizig'ning yuqori qismi diagrammaning ish yuzasi deb aytiladi va u to'yinmagan nam havoga to'g'ri keladi.

I - x diagrammasi yordamida nam havoning istalgan ikkita parametri bo'yicha nam havoning olgan parametrlari aniqlash mumkin. Suv bug'ining parsial bosimi chizig'i diagrammaning pastki qismiga joylashtirilgan. Agar diagrammada nam havoning xolatini belgilovchi nuqta ma'lum bo'lsa, suv bug'ining parsial bosimi qiymatining R_p aniqlash mumkin.

Quritish qurilmalarida issiqlik miqdorini hisoblash uchun havoning sarf miqdori va issiqlik miqdorini bilish zarur.

Havoning sarfi (L, kg/soat) moddiy balans tenglamasidan aniqlanadi

$$L \cdot x_2 = L \cdot x_0 + W \quad (13.14)$$

$$L = \frac{W}{x_2 - x_0} \quad 13.15$$

bu erda: W – bug'langan namlik miqdori, kg; x_0, x_2 – quruq va quritkichdan chiqayotgan havoning nam saqlashi.

Havoning solishtirma sarf miqdori (1 kg bug'lanish uchun)

$$l = \frac{1}{x_2 - x_0}, \quad \frac{\text{кг сухого хаво}}{\text{кг буғ}} \quad (13.16)$$

Quritishga ketgan issiqlik miqdori issiqlik balansidan aniqlanadi.

Issiqlikning kirishi: (kJ/soat)

1) havo bilan $L \cdot I_1 = L \cdot I_0 + Q_n$ bu erda $L \cdot I_0$ - isitkichgacha kirgan havoning issiqlikligi, Q_n - isitkichda havoning bergan issiqlikligi;

2) Material bilan G_1, c_1, θ_1 bu erda s_1 - nam materialning issiqlik sig'imi, θ_1 - materialning dastlabki temperaturasi;

3) Transport qurilmalari bilan $G_{mp}, c_{mp}, \theta_{mp}$ bu erda G_{mp} - transport qurilmalarining massasi; c_{mp} - transport qurilmalari materialining issiqlik sig'imi; θ_{mp} - transport qurilmalarining dastlabki temperaturasi;

4) Quritish kamerasiga kiritilgan qo'shimcha issiqlik Q_k .

Issiqlikni sarflanishi (kJ/soat)

1) Quritkichdan chiqayotgan havo bilan - $L i_2$

- 2) Quritilgan material bilan $-G_2 c_2 \theta_2$
 3) Transport qurilmalari bilan $-G_{mp} c_{mp} \theta_{mp}$
 4) Issiqlikni atrof-muxitga yo‘qolishi $-Q_y$

Issiqlik balansini tuzamiz:

$$L \cdot I_1 + G_1 \cdot c_1 \cdot \theta_1 + G_{mp} \cdot c_{mp} \cdot \theta'_{mp} + q_k = L \cdot I_2 + G_2 \cdot c_2 \cdot \theta_2 + G_{mp} \cdot c_{mp} \theta''_{mp} + Q_{\bar{u}}$$

bundan

$$L \cdot (I_2 - I_1) = G_1 \cdot c_1 \cdot \theta_1 + G_{mp} \cdot c_{mp} \cdot \theta'_{mp} + q_k - G_2 \cdot c_2 \cdot \theta_2 - G_{mp} \cdot c_{mp} \theta''_{mp} - Q_{\bar{u}}$$

yoki

$$L \cdot (I_2 - I_1) = \sum Q$$

Oxirgi tenglamaning o‘ng va chap tomonlarini W_{ga} bo‘lib, quyidagi ifodani olamiz:

$$\frac{L}{W} \cdot (I_2 - I_1) = \frac{\sum Q}{W}$$

$$\frac{\sum Q}{W} = \Delta \quad \text{deb belgilaymiz,} \quad \frac{L}{W} = l \quad \text{bo‘lgani uchun}$$

$$l \cdot (I_2 - I_1) = \Delta \quad \text{yoki} \quad I_2 = I_1 + \frac{\Delta}{l}$$

Tenglamaga kiritilgan Δ kattalik quritish kamerasi ichidagi kiritilgan va sarflangan issiqliklar ayirmasining 1 kg bo‘langan namlikka nisbatini belgilaydi. Bu erda asosiy kaloriferda isitilgan havo bilan kirgan va chiqqan issiqliklar hisobga olinadi. Ko‘pincha Δ quritish kamerasining ichki balansi deb ataladi. (13.12) tenglamasidan ko‘rinib turibdiki, Δ ning ishorasiga ko‘ra I_2 ning qiymati I_1 ning qiymatidan katta yoki kichik bo‘lishi mumkin. Agar $\Delta = 0$ bulsa, u xolda $I_2 = I_1$ bu esa nazariy quritish deyiladi. Bunda quritish jarayonida qurituvchi agent entalpiyasi o‘zgarmagan xolda bo‘ladi. Bu degan so‘z materialni suvsizlantirish havoning sovub ketishiga bog‘liqdir. Unda issiqlik miqdori havo bilan kelayotgan quritilayotgan materialning namligi bilan qaytib ketadi. Agarda $\Delta > 0$ bo‘lsa, ko‘rish jarayonida entalpiyaning o‘sishi kuzatiladi, ya‘ni $I_2 > I_1$ Agarda $\Delta < 0$, bo‘lsa $I_2 < I_1$ entalpiyaning kamayishidir. Issiqlik va havoning miqdorini quritish jarayonida aniqlash katta ahamiyatga ega bo‘lib, u texnologiyani xisoblashda qo‘llaniladi. Bu xisoblash analitik yoki grafoanalitik usullarda olib boriladi va amaliyotda keng qo‘llaniladi.

Grafoanalitik usuli $I - x$ diagrammaga asoslangan bo‘lib, undan havoning nam saqlash va entalpiyasi aniqlanib, keyin esa quritish jarayoni diagrammada ko‘llaniladi (nazariy yoki real quritish jarayonlari).

Ishdan maqsad - materialni quritishda namlik miqdorini aniqlash, issiqlikni va havoni solishtirma sarf miqdorlarini aniqlashdan iborat bo‘lib, $I - x$ diagrammasida ko‘rish jarayoni tasvirlanadi.

Ishni bajarish tartibi

13.1- rasmda laboratoriya qurilmasi tasvirlangan.

Havoning solishtirma sarf miqdori:

$$l = \frac{1}{x_2 - x_0} \quad (11.16)$$

Quritish uchun ketgan issiqlik sarfi quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$Q = q \cdot W \quad (11.24)$$

bu erda – solishtirma issiqlik sarfi

$$q = \frac{I_2 - I_1}{x_2 - x_0} \quad (11.25)$$

bu erda I_1, I_2 - havoning quritkichga kirishi va chiqishi vaqtidagi entalpiyasining iymati, kJ/kg I - x diagrammadan aniqlanadi.

Xisoblash jadvali

havo muxitining temperaturasi		havoning quritish kamerasigacha bo'lgan temperaturasi		havoning quritish kamersining keyining temperaturasi		Nam materialning miqdori, kg	quritilgan materialning miqdori, kg
Xo'l termometr, t, °S	Quruq termometr, t, °S	xo'l termometr, t, °S	quruq termometr, t, °S	xo'l termometr, t, °S	quruq termometr, t, °S		

Tekshirish uchun savollar

1. Nam havoning asosiy parametrlari:
 - a) absolyut namlik, b) nisbiy namlik, v) nam saqlash, g) nam havoning entalpiyasi, d) parsial bosim, e) shudring nuqtasi temperaturasi, j) xo'l termometr temperaturasi.
2. I-x diagrammaning tuzilishi.
3. I-x diagrammada quritish jarayonini tasvirlang.
4. Nazariy va real quritkich jarayonlarining I-x diagrammada tasvirlanishi.
5. Quritish jarayonlari uchun issiqlik va havoning umumiy, solishtirma sarf miqdorlarini aniqlash.
6. Ko'rish jarayonlarini variantlarini I-x diagrammada tasvirlanishi.

ADABIYOTLAR

1. Kasatkin. A.G Osnovnye protsessy i apparaty ximicheskoy texnologii. - M.: Ximiya 1973. – 727 s.
2. YUsubbekov N.R., Nurmuamedov X.S., Ismatullaev P.R. Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarning jarayon va qurilmalari fanidan xisoblar va misollar. - Toshkent, Nisim, 1999. – 351 b.
3. Gelperin.N.I. Osnovnye protsessy i apparaty ximicheskoy texnologii. - M.:

QURITISH JARAYONINING KINETIKASI

Ishning nazariy asoslari

Materiallarni quritish jarayonida namligini yo‘qotish murakkab masalalardan hisoblanadi. Avval namlik materialning ichki qisimlaridan uning yuzasiga taraladi, so‘ngra material yuzasidan tashqariga chiqib ketadi. Material tarkibidan namlikning bulg‘atib chiqarish intensivligi U material yuzasi birligi F dan, vaqt birligi ichida bo‘langan namlikning miqdori bilan o‘lchanadi

$$U = \frac{W}{F \cdot \tau} \quad (14.1)$$

bu erda W - quritish paytida materialdan ajralib chiqqan namlik massasi; τ - quritish jarayonining umumiy vaqti.

Namlikning bug‘lanish intensivligi, nam material va atrof-muxit orasidagi issiqlik va massa 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 tashqi diffuziya yo‘li bilan o‘tishidan iborat. Tashqi diffuziya yordamida namlikning taxminan 90% yo‘qotiladi. Material yuzasidan atrof muxitga namlik bug‘xolatida o‘tadi. Tashqi diffuziyaning harakatlantiruvchi kuchi material yuzasi va atrof-muxitdagi konsentratsiya yoki parsial bosimlar ayirmasi $R_m - R_x$ bilan ifodalanadi.

Diffuziya oqimidan tashqari, namlik termodiffuziya yo‘li bilan ham tarqaladi. Termodiffuziya xodisasi, chegara qatlamida temperaturalar farqining ta’siri natijasida yuz beradi. Konvektiv quritish jarayoni nisbatan past temperaturalarda olib borilsa, termodiffuziya orqali tarqalgan namlikning miqdori juda kichik bo‘ladi.

Quritish tezligi o‘zgarmas bo‘lgan davrda materialning namligi gigroskopik namlikdan katta bo‘ladi, material yuzasidagi bug‘ esa, to‘yingan bo‘ladi ($R_m = R_t$). Bu davrda namlik materialning yuzasiga uning ichki qisimlaridan katta tezlik bilan siljiydi. Material yuzasidan namlikning berilishi quyidagi tenglama orqali topiladi:

$$m = \beta \cdot (P_m - P_x) \cdot 760/B \quad (14.2)$$

bu erda β - namlik berish koeffitsienti; P_t - material yuzasidagi to‘yingan bug‘ning parsial bosimi; P_x - bug‘ning havodagi parsial bosimi; V - barometrik bosim.

R_t , R_x va V kattaliklar Pa (Paskal) yoki mm. simob ustuni hisobida o‘lchash. Namlik berish koeffitsienti β havoning tezligiga, issiqlik tashuvchi agentning material yuzasini aylanib o‘tish sharoiti, materialning shakli va uning o‘lchami, quritish temperaturasi va boshqa parametrlarga bog‘liq.

Namlikning material ichida siljishi

Materialning tashqi yuzasidan namlikning bug‘lanishi natijasida material ichida namlik gradienti paydo bo‘ladi. Bu gradient ta’sirida materialning ichki qatlamlaridan uning yuzasiga qarab harakatlanadi. Namlikning bunday 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 etganda, ya’ni quritishning ikkinchi davrida jarayonning tezligiga asosan ichki diffuziya ta’sir qiladi. Quritishning ikkinchi davrida jarayonning tezligi doimo kamayib boradi.

Quritish jarayonining birinchi davrida material ichidagi namlik suyuqlik ko‘rinishida tarqaladi. Ikkinchi davrning boshlanishida material yuzasining ayrim joylarida chuqur zonalar paydo bo‘ladi va materialning ichida bug‘lanish yuz beradi. Bunda kapillyarlardagi namlikning bir qismi materialning ichida bu xolida siljiydi.

Keyinchalik bug‘lanishning tashqi yuzasi borgan sari materialning geometrik yuzasidan kamayib ketadi.

Bunday sharoitda namlikning ichki diffuziya yordamida siljishining ahamiyati ortadi. Ikkinchi davrning quritish tezligi kamayadigan bosichda material bilan bog‘langan adsorbsion namlik qattiq fazalar ichida faqat bug‘ xolida tarqaladi. Bu xodisa namlik o‘tkazuvchanlik deb ataladi. Namlik o‘tkazuvchanlikning intensivligi yoki namlik oqimining zichligi, namlik konsentratsiyasi gradientiga proporsionaldir:

$$m = -D_m \cdot \frac{\partial c}{\partial n} \quad (14.3)$$

bu erda D_m - namlik o‘tkazuvchanlik koeffitsienti.

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 koeffitsienti D_m ning (m^2/s) fizik ma’nosi namlikning materialdagi ichki diffuziya koeffitsientining ma’nosi namlikning materialdagi ichki diffuziya koeffitsientini ifodalaydi. Namlik o‘tkazuvchanlik koeffitsientining qiymati namlikning material bilan birikish turi, quritish temperaturasi va materialning namligiga bog‘liq bo‘lib, tajriba yo‘li bilan aniqlanadi.

Quritish tezligi va davrlari

Quritgichlarni xisoblash va loyixalash uchun quritish tezligini bilish zarur. Quritish tezligi U cheksiz qisqa vaqt $d\tau$ davomida material namligining kamayishi dW orqali aniqlanadi:

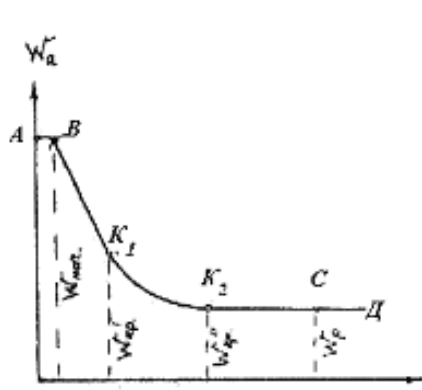
$$U = \frac{dW}{d\tau} \quad (14.4)$$

Quritish tezligi tajriba yo‘li bilan laboratoriya qurilmalarida topiladi (11.1- rasm). Bu qurilma ventilyator, elektr isitkich, quritish kamerasi va tarozidan tashkil topgan. Elektr isitkichda qizdirilgan havo ventilyator yordamida quritish kamerasiga uzatiladi. Kameraning eshikchasi orqali nam material tarozining bir pallasiga joylashtiriladi. Quritish jarayoni davomida materialning massasi (namligi) kamayib boradi. Olingan tajriba natijalari asosida quritish egri chizig‘i quriladi. Quruq va xo‘l termometrlar yordamida havoning nisbiy namligi aniqlanadi.

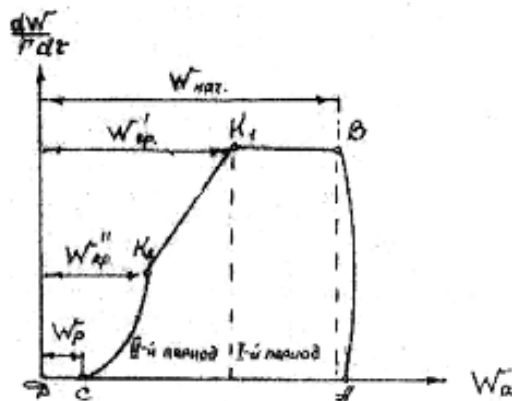
Material namligi W ning vaqt davomi τ da havo parametrlari o‘zgarmas

bo'lganda ($x = \text{const}$, $\varphi = \text{const}$, $t = \text{const}$) olingan grafik bog'liqligi quritish egri chizii deb yuritiladi (14.1 - rasm).

Quritish jarayonining boshlanishida namlik ajralib chiqishi bilan birga material qiziydi. Bu davr qisqa vaqtni tashkil etadi. Materialning qizishi tamom bo'lganidan so'ng, quritish jarayoni to'g'ri chizig'i bo'yicha ketadi. Bu davrda quritish jarayoni o'zgarmas tezlikka ega bo'ladi. Bu davr K_1 nuqtada tugaydi va bu nuqtaga materialning kritik namligi w_{ur} to'g'ri keladi.



14.1 - rasm. Material namligining vakt davomida o'zgarishi.



14.2- расм. Қуритиш тезлигининг эгри чизиги.

Birinchi davrda erkin bog'langan 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 doimo kamayib boradi, materialning namligi esa, muvozanat namlikka yaqinlashadi. quritish jarayoni muvozanat namlikka qadar davom etishi mumkin.

SHunday qilib, quritish egri chizig'i xosil qilinadi. Egri chiziqning istilgan nuqtasiga o'tkazilgan urinma og'ish burchagining tangensi quritish tezligi $d\omega/d\tau$ ni tashkil qiladi (14.2 - rasm). Gorizontaal o'qqa material namligining qiymati (% isobida), vertikal o'qqa esa quritish tezligi $d\omega/d\tau$ ning kiymati (% / min) qo'yiladi. Hosil bo'lgan egri chizig'i quritish tezligini tasvirlaydi.

Birinchi davrda quritish tezligi gorizontaal to'g'ri chizig'i bo'ladi, chunki bu davrda quritish tezligi o'zgarmas qiymatga ega. Ikkinchi davrda quritish tezligining chizig'i materialning turiga va namlikning material bilan bog'lanish turiga qarab har xil ko'rinishga ega bo'ladi. Bu davrda quritish tezligi doimo kamayib boradi.

14.2- rasmda turli materiallar uchun quritish tezligining egri chiziqlari keltirilgan. Xamma egri chiziqlar muvozanat namlikka to'g'ri kelgan nuqtaga kelganda tugaydi. Quritish tezligi egri chiziqlarining ayrimlarida ikkinchi kritik nuqta K_2 mavjud bo'ladi. Ko'pincha bu nuta adsorbsion namlik ajralib chiqishining boshlanishiga to'g'ri keladi.

Quritish va quritish tezligi egri chiziqlaridan shu narsa ko'rinib turibdiki, quritish jarayonni ikki davrga bo'linar ekan.

Birinchi davrda quritish tezligi asosan tashqi diffuziyaga bog'liq bo'ladi. Materialning ichida namlikning diffuziyalanish tezligi katta qiymatga ega bo'ladi, biroq bu xolat namlikning material yuzasida berilish tezligini belgilaydi.

Ikkinchi davrda quritilayotgan material ichidagi 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 parametrlar ta'sir ko'rsatadi.

Ishni bajarish tartibi

1. Quritgich, ventillyator, elektr isitkich, ququ ru va xo'l termometrlarning xolati tekshiriladi.
2. 150 – 200 g nam material quritishga tayyorlanadi.
3. Nam material tortib, olinib, quritish kamerasiga joylashtiriladi.
4. Faqat laborant ishtirokida quritgich ishga tushiriladi.
5. Ma'lum vaqt ichida materialning og'irligini aniqlab, quritish jarayoni tekshiriladi.
6. Xar 5 min. (4 marta) ventilyator to'xtatilib materialni og'irligi aniqlanadi, so'ng ventilyator yana ishga tushiriladi.
7. Materialning og'irligi xar 10 minutda to'rt marta, so'ngra xar 15 minutda to'rt marta tortilib, og'irligi aniqlanadi.
8. Material muvozanat namligiga etguncha quritish jarayoni davom ettiriladi va tortilgan oxirgi materialning og'irligiga teng bo'ladi (demak, $G = \text{const}$)
9. Tajriba natijalari 14-1 jadvalga quyidagi shaklda yoziladi.

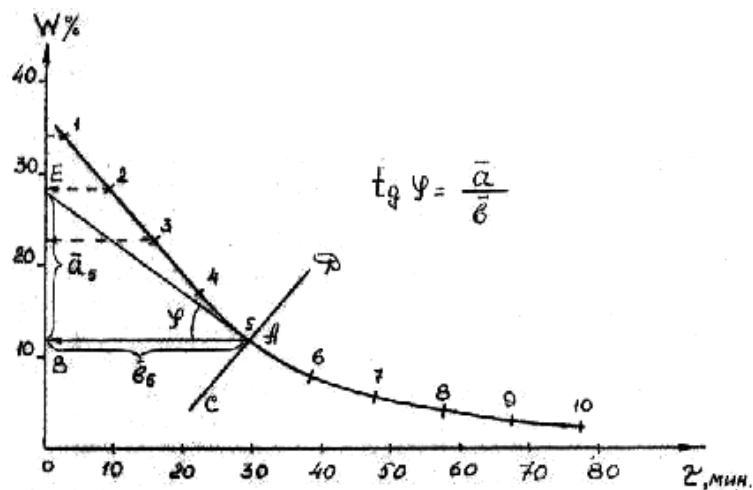
14-1 jadval

Tajriba boshlanish vaqtining o'zgarishi τ , min	Nam materialning og'irligi G , kg	Nam material og'irligining kamayishi $G_1 - G_2$, kg	Vaqt birligi ichida material namlagini o'zgarishi, W , kg	Nam materialning quruq materialga nisbatan namlagi isobida o'zgarishi, $\frac{G_1 - G_n}{G_n} = W\%$

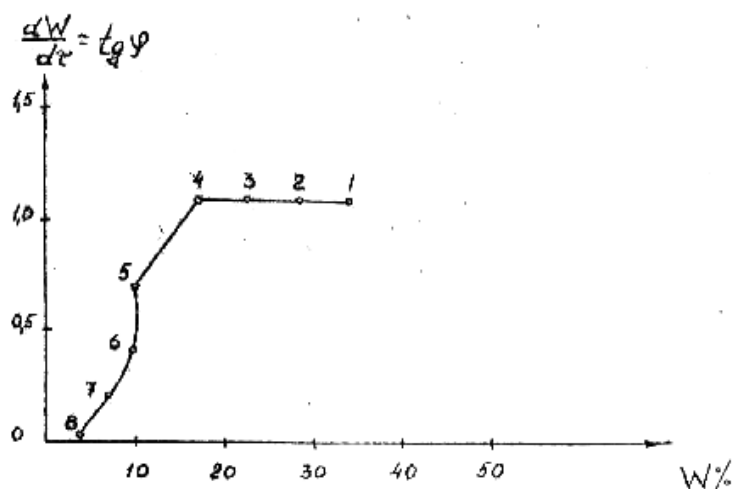
Tajriba natijalarini xisoblash

Quritish tezligining egri chizig'i ikki bosichda chiziladi.

1. $W - \tau$ oralaridagi bog'lanish asosida quritishning egri chizig'i chiziladi (14.3 - rasm).



14.3 - rasm. Quritish jarayonining egri chizig'i.



14.4 - rasm. Quritish tezligining egri chizig'i.

2. Quritish egri chizig'i asosida quritish tezligi egri chizig'i quriladi. Buning uchun har hil vaqt birligida, material namligining o'zgarishini, quritish egri chizig'idan differensial grafik usulida aniqlanadi. Bu vaqtda quritishning egri chizig'i 10-15 bo'lakka bo'linadi. Xar bir nuqtaga urinma o'tkazib, og'ish burchagining tangensi aniqlanadi. Tangens burchagining qiymati, shu vaqt ichida, material namligining o'zgarishining tezligiga teng bo'ladi. Aniqlangan xar bir bo'lak uchun og'ish burchaklarining qiymatlari asosida $\text{tg} \varphi - W$ koordinatalarida quritish tezligi egri chizig'i tasvirlanadi.

Tajribada olingan vaqt birligi ichidagi material namligining o'zgarishi qiymatlari 14.2 -hisoblash jadvalida berilgan.

14-2 hisoblash jadvali

Quritish egri chizig'idagi bo'laklardagi nuqtalar soni	Nuqtalardagi material namligini o'zgarishi, $W, \%$	SHu nuqtalar uchun $W-\tau$ grafigidan aniqlangan og'ish burchagi, $\text{tg} \varphi$ qiymati, $\text{tg} \varphi = dw/F \cdot d\tau$

1.	W_1	$tg\varphi_1 = \bar{a}_1/\bar{b}_1$
2.	W_2	$tg\varphi_2 = \bar{a}_2/\bar{b}_2$
3.	W_3	$tg\varphi_3 = \bar{a}_3/\bar{b}_3$
...	...	...
10.	W_{10}	$tg\varphi_{10} = \bar{a}_{10}/\bar{b}_{10}$

Bu ikkita grafik asosida quritish jarayonining berilgan material uchun birinchi va ikkinchi quritish davrlarining davomiyligi aniqlanadi.

Tekshirish uchun savollar

1. Quritish jarayonining xarakteristikasi.
2. Namlikning materialga bog‘lanish usullari.
3. Quritish jarayonining mexanizmi.
4. Quritish jarayonining egri chizig‘i.
5. Quritish tezligining egri chizig‘i.
6. Quritish rejimining material sifatiga ta’siri.
7. Quritkichlarning turlari.
8. Uzluksiz ishlaydigan quritkichlarning asosiy konstruksiyalari.
9. Mavxum qaynash qatlamli quritkichlar.

Adabiyotlar

1. Kasatkin. A.G Osnovnye protsessy i apparaty ximicheskoy texnologii. - M.: Ximiya 1973. – 727 s.

2. YUsupbekov N.R., Nurmuamedov X.S., Ismatullaev P.R. Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarning jarayon va qurilmalari fanidan xisoblar va misollar. - Toshkent, Nisim, 1999. – 351 b.

3. Lebedev P.L. "Raschet i proektirovanie sushilnyx ustanovok".-M.:GEI, 1963-380 s

LABORATORIYA ISHI №5

HARAKATCHAN NASADKALI KOLONNALARDA

MODDA BERISH VA O‘TKAZISH KOEFFITSIENTLAR MIQDORINI ANIQLASH

Ishninig nazariy asoslar

Kimyo va oziq-ovqat mahsulotlari ishlab chiqarish texnologiyasida modda almashirish jarayoni muhim o'rin egallaydi. Bunday jarayonlar bir fazadan ikkinchi fazaga moddalarni o'tishiga asoslangan. Modda o'tkazish jarayonining mexanizmi o'zaro ta'sir qilayotgan fazalarning agregat xolatlariga bog'liq bo'ladi. Bu xususiyatlarga ko'ra faza sistemalari quyidagicha bo'ladi:

1-Gaz-suyuqlik; 2-qattiq jism-gaz; 3-suyuqlik-bu; 4-suyuqlik-suyuqlik; 5-qattiq jism-suyuqlik.

Bu, gaz yoki tutunli gazlarning, hamda bug'-gaz aralashmalaridagi bir va bir necha komponentlarning suyuqlikda yutilish jarayoni adsorbsiya deb ataladi. Adsorbsiya jarayoni gaz suyuqlik sistemasida olib boriladi. Yutilayotgan gaz adsorbent, yutuvchi suyuqlik adsorbent deb deyiladi. Teskari jarayon, ya'ni yutilgan komponentlarni suyuqlikdan ajratib chiqishi desorbsiya deb ataladi. Sanoatda adsorbsiya jarayoni turli maqsadlarda qo'llaniladi: gaz aralashmalarini qimmatbaho komponentlarni ajratib olishda, komponentlarni har hil zararli moddalardan tozalash uchun (mineral o'g'itlarni olishda hosil bo'lgan gaz aralashmalarini ftor birikmalaridan), tayyor mahsulotlar, masalan SO_3 va azot oksidlar, HCl ning suvda yutilishi natijasida sulfat, azot, xlorid kislotalar va hakazolar olishda. Adsorbsiya, quritish ekstraksiya kabi modda almashirish jarayonlari qattiq-jism, suyuqlik, qattiq-jism bu (gaz) fazalar sistemasida olib boriladi.

Gaz, bu yoki suyuqlik aralashmalaridan bir yoki bir necha komponentlarning g'ovaksirish qattiq moddaga yutilish jarayoni adsorbsiya deyiladi. Faol yuzaga ega bo'lgan qattiq material adsorbentlar deb ataladi. Yutiluvchi modda adsorbent yoki adsorbentiv deyiladi. Teskari jarayon ya'ni qattiq adsorbsiyadan keyin olib boriladi, va ko'pincha yutilgan komponentni adsorbentdan ajratib olish uchun (yoki adsorbentni regeneratsiya qilish uchun) xizmat qiladi. Ion almashirish jarayoni adsorbsiyaning bir turi bo'lib, ayrim qattiq moddalar (ionitlar) o'zlarining xarakatini ionlarini elektrolit eritmalaridagi ionlarga almashtirish qobiliyatiga asoslangan. har bir adsorbent murakkab aralashmalarda ma'lum komponentlarni yutib, aralashmaning boshqa komponentlarni o'ta'sir qilmaydi. Demak, adsorbentlar tanlovchanlik qobiliyatiga ega.

Adsorbsiya jarayoni ko'pincha gaz va suyuqlik aralashmalaridagi yutilayotgan komponentning konsentratsiyasi kam miqdorda bo'lganda adsorbentni butunlay ajratib olish uchun qo'llaniladi. Agar ajralayotgan komponentning konsentratsiyasi yuqori bo'lsa, u xolda adsorbent qo'llaniladi.

Adsorbsiya jarayoni gazlarni, eritmalarini tozalashda, eritmalaridan qimmatbaho moddalarni ajratib olishda, neft mahsulotlaridan hosil bo'lgan aralashmalarni tozalashda, neftni qayta ishlash natijasida hosil bo'lgan aralashmalarini tozalashda, neftni qayta ishlash natijasida hosil bo'lgan aralashmalaridan vodorod va etilenni, benzin fraksiyalaridan aromatik uglevodorodlarni ajratib olishda, yog'larni vino mahsulotlarni, har hil meva-sabzavot sharbatlarini tozalashda kimyo oziq-ovqat sanoatining barcha tarmoqlarida keng qo'llaniladi.

Quritish - qattiq va pastasimon materiallarni issiqlik tashuvchi agent yordamida namlikni bug'latish yo'li bilan ajratib chiqarishdir. Qurituvchi agent sifatida isitilgan havo, tutunli gazlar ishlatiladi. Quritish jarayonida namlik qattiq fazadan gaz (yoki bug') fazasiga o'tadi.

Nam materiallarni quritish jarayonini sanoatda tashkil etish katta ahamiyatga ega. Quritish materiallarni transport vositasida uzatish arzonlashadi, ularning tegishli xossalari yaxshilanadi, qurilma va trubalarning emirilishga uchrashi kamayadi.

Ekstraksiya jarayoni «suyuqlik-suyuqlik», «qattiq jism-suyuqlik» fazalar sistemasida olib boriladi. Biror suyuqlikda erigan moddani boshqa suyuqlik yordamida ajratib olish jarayoni suyuqlikni ekstraksiyalash deb ataladi. Bunday jarayonda bir yoki bir necha komponent bir suyuqlik fazadan ikkinchi suyuqlik fazaga o'tadi. Suyuqlikni ekstraksiyalash jarayoni neftni qayta ishlash, k

kimyo sanoatida, mineral kislotalar ishlab chiqarish va oziq-ovqat sanoatlarida keng qo'llaniladi.

Ekstraksiya jarayonida «qattiq-jism suyuqlik» sistemasida olib borilganda - qattiq fazani suyuqlikka (erituvchiga) o'tishi eritish jarayoni deb ataladi. Bunday jarayonlarda qattiq g'ovaksimon materiallar tarkibidan bir yoki bir necha komponentlar erituvchilar yordamida ajratiladi. Agar eritish jarayonida qattiq faza to'la suyuq fazaga o'tsa, ekstraksiyalash paytida qattiq faza amaliy jihatdan o'zgarmay oladi, faqat uning tarkibidagi tegishli komponent suyuq fazaga o'tadi.

Qattiq moddalarni ekstraksiyalash jarayoni sanoatning turli tarmoqlarida ishlatiladi. Kimyo sanoatida ishqor, kislota va tuzlarni, oziq-ovqat sanoatida qand, o'simlik moylari, sharbatlar, vitaminlar, kimyo-farmatsevtika sanoatida turli dorivor moddalarni, gidrometallurgiyada esa rangli metallarni ekstraksiyalash usullaridan keng foydalaniladi.

Suyuq va bug' fazalar orasida komponentlarning o'zaro almashinish yo'li bilan suyuq aralashmalarini ajratish jarayoni haydash deb ataladi. Bu jarayon issiqlik ta'sirida olib boriladi. Oddiy haydash (distillash) va murakkab haydash (rektifikatsiya) jarayonlari bor.

Aralashma komponentlarining uchuvchanligi o'rtasidagi farq qancha katta bo'lsa, bu jarayon oddiy haydash usulidan foydalaniladi. Oddiy haydash paytida suyuqlikning bir marta qisqartirilishi bug'lanish yuz beradi. Odatda bu usul suyuq aralashmalarni keraksiz qo'shimchalardan tozalash uchun ishlatiladi.

Suyuq aralashmalarni komponentlarga to'la ajratish uchun rektifikatsiya usuli keng foydalaniladi. Rektifikatsiya jarayoni aralashmani bug'latishda ajralgan bug' va bug'ning kondensatsiyalanishi natijasida hosil bo'lgan suyuqlik o'rtasida ko'p marotabalik kontakt paytida modda almashinishiga asoslangan.

Rektifikatsiya jarayoni spirt, neft va sintetik kauchuk ishlab chiqarishda keng ishlatiladi. Bundan tashqari spirt, vino, liker-arq, efir moylari va izotoplar, polimerlar, yarim o'tkazgichlar ishlab chiqarishda ham rektifikatsiya usuli keng qo'llaniladi.

Suyuq eritmalar tarkibidagi qattiq fazani kristallar olatida ajratish jarayoni kristallanish deyiladi. Bu jarayon eritmalarini o'ta to'yintirish yoki sovitish natijasida sodir bo'ladi. Kristallanish paytida modda suyuq fazadan qattiq fazaga o'tadi.

Kimyo texnologiya sanoatida kristallanish jarayoni toza moddalar olish uchun keng qo'llaniladi. Oziq-ovqat sanoatida kristallanish jarayoni qand-shakar ishlab chiqarishda, glyukoz olishda, konditer sanoatida va boshqa sohalarda ishlatiladi. Membrana usuli bilan ajratish modda almashinishning yangi yo'nalishidir. Membrana yordamida ajratish quyidagi usullar bilan amal oshiriladi: teskari osmos, ultrabin, ultrafiltrlash, mikrofiltrlash, membrana orqali bug'lanish, dialektrodializ, gazlarni diffuziya bilan ajratish. YARIM o'tkazuvchi membranalar yordamida uglevodorodlarni, yuqori va quyi molekulali birikmalar aralashmalarini ajratish, tabiiy gazlarni ajratish, geliy va vodorodni, havodan kislorodni ajratib olish, sut mahsulotlarini, meva, sabzavotlar sharbatlarini va boshqa eritmalarini quyultirish, pivoni pasterizatsiya qilish, yuqori sifatli qand olish shu kabi bir qator muhim vazifalarni bajarish mumkin.

Demak, sanoatdagi olib boriladigan turli xil texnologik jarayon moddalarining fizik mexanik xossalari bilan bir-biridan keskin farqli bo'lganda, modda o'tkazish jarayoni orqali amal oshiriladi. Modda o'tkazish jarayonlari uchun ikki fazaning bo'lishi xarakterli bo'lib, modda suyuq fazadan ikkinchisiga, fazalar orasidagi chegaraviy qatlam orqali o'tadi. Har bir fazada ikkita zarracha bor: fazaning yadrosi (yoki fazaning asosiy massasi) va fazaning chegarasida yupqa chegaraviy qatlam.

Modda o'tkazish murakkab jarayon bo'lib, u 3 boskichdan iborat:

1. Taqsimlanayotgan moddaning molekulalari, fazaning yadrosidan shu fazaning chegarasiga qatlamiga o'tadi;

2. Chegara qatlamdan taqsimlanayotgan modda fazalararo chegaraviy qatlamga o'tadi;

3. Fazalararo chegaraviy qatlamdan taqsimlanayotgan modda molekulalari ikkinchi fazaga yadrosiga o'tadi.

Fazalarni ajratuvchi yuzadan moddani suyuq (yoki gaz) faza yadrosiga berilishi yoki aksincha faza yadrosidan ajratuvchi yuzaga moddaning berilishi modda berish jarayoni deyiladi.

Modda berish jarayoni qaytar jarayondir, ya'ni modda ikkinchi fazadan ajratuvchi yuzaga o'tishi mumkin. Moddaning o'tish jarayoni fazalar orasidagi muvozanat holat vujudga kelguncha davom etadi. Muvozanat paytida x ning ma'lum konsentratsiyasi qiymatiga boshqa fazadagi konsentratsiyasi y tegishli aniq bir qiymatli muvozanat konsentratsiyasi y^* to'g'ri keladi. Xuddi shuningdek y ma'lum konsentratsiya qiymatiga tegishli muvozanat konsentratsiyasi x^* to'g'ri keladi. Muvozanat paytida fazalardagi taqsimlanayotgan modda konsentratsiyalari o'rtasidagi umumiy bog'lanish quyidagicha aniqlanadi:

$$y^* = f(\bar{x}) \quad (1)$$

$$x^* = f(\bar{y}) \quad (2)$$

Modda o'tishida sistemadagi muvozanat holatining o'zgarishi jarayonining harakatlantiruvchi kuchi hisoblanadi. Sistemaning muvozanat holati o'zgarganda, taqsimlanayotgan komponent konsentratsiyasi yuqori bo'lgan fazadan, konsentratsiyasi past bulgan fazaga muvozanat holatga davom etguncha o'tadi.

Modda o'tkazish jarayoni tezligi, sistema muvozanat holati o'zgarishining darajasiga fazalardagi modda almashinishning mexanizmiga bog'liq bo'ladi.

Moddalarning bir faza ichida tarqalishi va bir fazadan ikkinchi fazaga o'tishi molekulyar

diffuziya yo'li bilan boradi. qo'zalmas muhitda ko'pincha modda molekulyar diffuziya

yordamida, harakatdagi muhitda esa, modda konvektiv diffuziya yordamida tarqaladi. Turbulent

oqimda modda turbulent diffuziya orqali tarqaladi, bu holda molekulyar diffuziyaning ahamiyati

juda kam bo'lib, chegaraviy qatlamda esa, moddaning tarqalishi molekulyar diffuziyaga bog'liq

bo'ladi. Molekula atom, ion va kolloid zarrachalarning tartibsiz harakati ta'sirida moddaning

tarqalishi molekulyar diffuziya deb ataladi.

Molekulyar diffuziya FIK ning birinchi qonuni bilan ifodalanib, quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$M = -D \cdot F \cdot \frac{dc}{dn} \cdot \tau \quad (3)$$

bu erda M - bir fazadan ikkinchi fazaga o'tayotgan moddaning miqdori, kg/s; D -

proporsionallik koeffitsienti, molekulyar diffuziya koeffitsienti, m^2/s ; F - fazalarning to'qnash

yuzasi, m^2 ; τ - moddaning o'tish vaqti, s; $\frac{dc}{dn}$ - konsentratsiya gradienti, kg/m; n - qatlamning

qalinligi, m.

Tenglamaning o'ng tomonidagi minus ishora molekulyar diffuziyaning tarqaluvchi komponent

konsentratsiyasining kamayishi tomonga qarab borishini ko'rsatadi.

Molekulyar diffuziya koeffitsienti fizik o'zgarish kattalik bo'lib, moddaning diffuziya y o'li bilan qo'zalmas muhitga kirish qobiliyatini belgilaydi. Diffuziya koeffitsienti tarqaluvchi modda muhitning xossalriga, temperaturaga va bosimga bog'liq. Har bir oniy sharoit uchun D ni qiymati tajriba yo'li bilan tenglamalar yordamida aniqlanadi.

Gazning boshqa biror gaz tarkibida tarqalish diffuziya koeffitsienti $D \approx 0,1 \div 1,0$ sm²/s, suyuqlik gazning suyuqlikka o'tish diffuziya koeffitsienti $D = 10^5$ marta kam bo'lib, taminan 1 sm²/sutk teng. Demak, molekulyar diffuziya juda sekinlik bilan boradigan (ayniqsa suyuqliklarda) jarayondir.

Turbulent pulsatsiya ta'siri ostida, oqimning harakatida bir fazadan ikkinchi fazaga moddaning tarqalishi turbulent diffuziya deyiladi.

Turbulent diffuziyaning tezligi oqimning turbulentlik darajasiga, jarayonning gidromexanika rejimiga bog'liq. Biror faza miqyosida turbulent diffuziya orqali tarqalgan moddaning miqdori quyidagi tenglama bilan topiladi:

$$dM = -\varepsilon_D \cdot dF \cdot \frac{dc}{dn} \cdot d\tau \quad (1)$$

bu erda ε_D -turbulent diffuziya koeffitsienti. 11.4-tenglamadan ε_D ni aniqlanadi;

$$\varepsilon_D = \frac{dM \cdot dn}{d\tau \cdot dF \cdot dc} = \frac{\kappa_2 \cdot M}{c \cdot M^2 \cdot \kappa_2 / M^3} = \frac{M^2}{c}$$

Turbulent diffuziya koeffitsienti vat birligi ichida konsentratsiya gradienti birga ta'riflangan bo'lganda yuza birligidan turbulent diffuziya yo'li bilan o'tgan moddaning miqdorini bildiradi. Turbulent diffuziya koeffitsienti m²/s o'lchov birligiga ega bo'lib, uning qiymati jarayonning gidrodinamik shart-sharoitlariga bog'liq. Bu erda gidrodinamik shart-sharoit oqimning tezligi va turbulentlik masshtabiga qarab aniqlanadi.

Harakatlanuvchi suyuqlik yoki gazda modda molekulyar va turbulent diffuziyalar yordamida tarqaladi bu jarayonlarning yig'indisi konvektiv diffuziya deb ataladi. Konvektiv diffuziya konsentratsiya gradienti, muhitning tezligi va fizik xossalriga bog'liq.

Fazalarni ajratuvchi yuzadan moddaning suyuq yoki gazsimon fazaning markaziga berilishi yoki aksincha, fazaning yadrodan ajratuvchi yuzaga moddaning berilishi konvektiv diffuziya yoki modda berish jarayoni deb atalib, xuddi issiqlik almashinish jarayoniga o'xshab, bu jarayon quyidagi differensial tenglama orqali ifodalanish mumkin:

$$\frac{dc}{d\tau} + \frac{\partial c}{\partial x} w_x + \frac{\partial c}{\partial y} w_y + \frac{\partial c}{\partial z} w_z = D \left(\frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 c}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 c}{\partial z^2} \right) \quad (1)$$

Tenglamadagi $dc/d\tau$ ifoda vat birligi ichida konsentratsiyasining o'zgarishini ko'rsatadi. Bu tenglama noturg'un modda almashinish jarayonlari uchun xarakterlidir.

Qo'zalmas muhitdagi modda almashinish jarayonida $w_x = w_y = w_z = 0$ bo'lgani uchun:

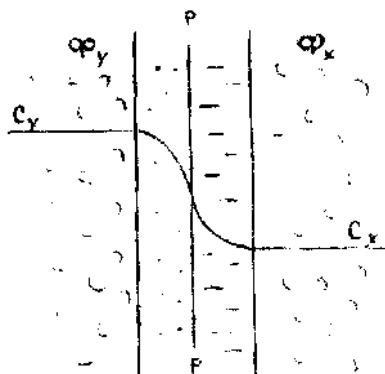
$$\frac{\partial c}{\partial x} w_x + \frac{\partial c}{\partial y} w_y + \frac{\partial c}{\partial z} w_z = 0 \quad (1)$$

Bu xolda 11.5 tenglama molekulyar difuziyaning differensial tenglamasi ko'rinishiga keladi:

$$\frac{dc}{d\tau} = D \left(\frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 c}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 c}{\partial z^2} \right) \quad (1)$$

(11.7) tenglama Fikning ikkinchi qonuni deb yuritiladi. Konvektiv diffuziyaning differensial tenglamasi murakkab bo'lgani uchun uni oddiy usullar bilan echish qiyin. O'xshashlik nazariyasidan foydalanib, differensial tenglamani qayta ishlab chiqish natijasida, jarayonni xarakterlovchi o'xshashlik kriteriylari aniqlanadi.

Modda o'tkazish murakkab jarayon bo'lib, fazalarni ajratuvchi yuzaning ikki tomonida berayotgan modda berish jarayonlaridan tashkil topgan bo'ladi. 11.1 rasmda modda o'tkazish jarayonini tushuntiruvchi sxema ko'rsatilgan.



11.1-rasm. Massa o'tkazish jarayonida fazalarda konsentratsiyaning taqsimlanishi.

Fazalar bir-biriga nisbatan ma'lum tezlikda, ya'ni turbulent rejimda harakat qiladi. qo'zaluvchan ajratuvchi yuzaga ega. Tarqaluvchi modda F_x fazadan F_u fazasiga ajratuvchi yuz orqali modda berish jarayon orqali o'tadi. Modda o'tkazish jarayoni xar bir fazadagi turbulent oqimning strukturasi bog'liq. Gidrodinamikadan ma'lumki, turbulent oqimda qattiq yuza ushlab chegaraviy qatlam xosil bo'ladi. Har bir faza yadroga (yoki fazaning asosiy massasi) va fazaning chegaraviy yuqqa qatlamga ega bo'ladi. Fazaning yadrosida modda asosan turbulent **pulsaiy** yordamida tarqaladi va tarqaluvchining konsentratsiyasi (s_{ou} va s_{ox}) amaliy jihatdan o'zgarib boradi. CHegaraviy qatlamda turbulent rejim asta-sekin so'nib boradi, natijada ajratuvchi yuzaga yaqinlashgan sari konsentratsiyasi o'zgarib boradi. Ajratuvchi yuzaning o'zgarishi moddaning tarqalishi juda sekinlashadi, chunki moddaning o'tishi faqat molekulyar diffuziya tezligiga bog'liq bo'lib oladi. Fazalar o'rtasidagi ishqalanish va suyuq faza chegarasidagi taranglik kuchlari ta'sirida ajratuvchi yuza yaqinida konsentratsiya keskin, taxminan to'g'ri chiqish bo'yicha o'zgaradi.

SHunday qilib, turbulent oqimda fazaning yadrodan fazalarni ajratuvchi chegaragacha (yoki teskari yo'nalishda) modda berilishi parallel ravishda molekulyar va turbulent diffuziyalar yordamida amalga oshiriladi, biror fazaning asosiy massasida moddaning berilish jarayoni diffuziya yo'li bilan boradi.

Demak, modda o'tkazishning tezligi harakatlantiruvchi kuchga teng bo'lgan taqsimlanayotgan moddaning faza yadrosi bilan chegaraviy qatlamlari orasidagi konsentratssiya farqiga to'g'ri proporsional bo'ladi. Faza yadrosidan chegaraviy qatlamga yoki ajratuvchi yuz berilayotgan moddaning miqdori modda berish tenglamasi bilan aniqlanadi: gaz fazasi uchun, F_u

$$M = \beta_y \cdot F \cdot (y - y_q) \quad (1)$$

cuyuqlik fazasi uchun, F_x

$$M = \beta_x \cdot F \cdot (x_q - x) \quad (1)$$

bu erda M - vaqt birligi ichida berilgan moddaning miqdori; β_u , β_x - gaz va suyuq fazalaridagi modda berish koeffitsientlari; $(u - u_{ch})$ - modda berishning F_u fazadagi harakatlantiruvchi kuchi; $(x_{ch} - x)$ - modda berishning F_x fazadagi harakatlantiruvchi kuchi; va x_{ch} xar bir fazaning yadrosidagi o'rtacha konsentratsiyasi; u_{ch} , x_{ch} - tegishli fazalar chegarasidagi konsentratsiyalar; F - fazalarni ajratuvchi yuza.

Modda berish koeffitsienti (11.8),(11.9) tenglamalaridan aniqlanadi:

$$\beta_y = \frac{M}{(y - y_q) \cdot F} = \frac{\kappa_2 / c}{\kappa_2 / M^3 \cdot M^2} = \frac{M}{c} \quad (11)$$

Modda berish koeffitsientlari (β_x , β_y) vat birligi ichida jarayonning harakatlantiruvchi kuchi birga teng bo'lganda yuza birligidan fazalarni ajratuvchi yuzadan fazaning yadrosiga (yoki teskari yo'nalishda - fazaning yadrosidan ajratuvchi yuzaga tomon) o'tgan moddaning massa miqdori bildiradi.

Modda berish koeffitsienti fizik o'zgarmas kattalik emas, u fazaning fizik xossalari (suzuluvchanlik, zichlik, qovushoqlik va boshqalar), muhitning gidrodinamik rejimlariga, (laminar yoki turbulent oqim) modda almashinish qurilmasining konstruktiv tuzilishiga va uning o'lchamlariga bog'liq bo'lgan kinetik kattalikdir, ya'ni:

$$\beta = f(\rho, \mu, D, w, L_1, L_2)$$

SHunday qilib, modda berish koeffitsienti β ning bir qator o'zgaruvchan faktorlarga bog'liqligi sababli, ular orasidagi bog'lanishini aniqlash uchun hamda modda berish koeffitsientining qiymatini hisoblash uchun o'xshashlik nazariyasidan foydalaniladi. O'xshashlik nazariyasi asosida bu bog'liqliklarni ifodalovchi, modda berishning umumiy kriteriyalarini tenglamalarini keltirib chiqaramiz.

O'xshashlik nazariyasi usullari yordamida bir nechta diffuzion kriteriylari hosil qilingan. Bular jumlasiga (Nu'), Fure(Fo'), Pekle (Pe'), Prandtl (Pr') diffuzion kriteriylar kiradi.

Nusselt diffuziya kriteriysi quyidagi ko'rinishga ega:

$$Nu' = \frac{\beta \cdot \ell}{D} \quad (11)$$

bu erda β - modda berish koeffitsienti; D - molekulyar diffuziya koeffitsienti; L - sistemani aniqlovchi o'lchami. O'xshash sistemalarning o'xshash nuqtalarida Nu' kriteriysi bir xil qiymatga ega bo'ladi. Bu o'xshashlik kriteriy fazalar yadrosining va diffuzion chegara qatlamidagi modda o'tkazish intensivligini ifodalab va ular orasidagi nisbatni ko'rsatadi.

Nusselt kriteriysi tenglamasida xisoblanayotgan modda berish koeffitsienti bo'lgani uchun uning aniqlanuvchi kriteriyidir.

Fure diffuziya kriteriysi noturg'un holdagi modda berish jarayonlarini ifodalaydi va quyidagi kattaliklar orqali belgilanadi:

$$Fo' = \frac{\tau \cdot D}{l^2} \quad (11)$$

bu erda τ - jarayonning davomiyligi.

Noturg'un o'xshash sistemalar o'xshash nuqtalarida Fure kriteriysi bir xil qiymatga bo'lib, vaqt birligi ichida modda berilishining o'zgarishini ko'rsatadi.

Pekle kriteriysi o'xshash sistemalarning o'xshash nuqtalarida konvektiv va molekulyar diffuziyalar orqali o'tayotgan modda massalarining nisbati darajasini belgilaydi va quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$Pe' = \frac{w \cdot l}{D} \quad (11.15)$$

bu erda w - oqimning tezligi. Ko'p xollarda Re' kriteriysi o'rniga Prandtl diffuziya kriteriysi ishlatiladi:

$$Pr = \frac{Pe'}{Re'} = \frac{w \cdot l}{D} : \frac{w \cdot l}{\nu} = \frac{\nu}{D} = \frac{\mu}{\rho \cdot D} \quad (11.16)$$

Prandtl kriteriysi o'xshash oqimlarning o'xshash nuqtalarida suyuqlik (gaz) ning fizik xossalari nisbatining o'zgarmasligini ifodalaydi. Gazlar uchun Re' ning qiymati birga yaqin suyuqlik uchun esa $Re' = 10^3$, chunki suyuqliklarda diffuziya koeffitsienti juda kichkina qiymatga ($D=10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$) ega.

Nusselt diffuziya kriteriysi asosiy aniqlanishi lozim bo'lgan kriteriy bo'lib, uning boshqa kriteriyalar va komplekslar bilan bog'liqligi quyidagi umumiy ko'rinishga ega.

$$Nu = f(Re, Pr', Fo', Pe', G_1, G_2) \quad (11.17)$$

bu erda G_1, G_2 - geometrik o'xshashlik komplekslar.

Modda berish jarayonlarini hisoblash qiyin, chunki fazalar chegarasidagi taqsimlanayotgan modda konsentratsiyasining miqdorini aniqlash qiyin, chunki xisoblash usullari ma'lum em. SHuning uchun bir fazadan ikkinchi fazaga vaqt birligi ichida o'tgan moddaning massasi M aniqlashda modda o'tkazishning asosiy tenglamasidan foydalaniladi:

$$F_u \text{ - faza uchun} \quad M = K_y \cdot F \cdot (y - y^*) \quad (11.16)$$

$$F_x \text{ - faza uchun} \quad M = K_x \cdot F \cdot (x^* - x) \quad (11.17)$$

bu erda M - bir fazadan ikkinchi fazaga vaqt birligi ichida o'tgan moddaning miqdori; K_u, K_x - gaz va suyuqlik fazalari uchun modda o'tkazish koeffitsienti; $(u-u^*)$, (x^*-x) - gaz va suyuqlik fazalaridagi harakatlantiruvchi kuch; u, x - fazalardagi ishchi konsentratsiyalar; u^*, x^* - berilgan fazadagi muvozanat konsentratsiyalar.

Modda o'tkazish koeffitsienti quyidagi bog'lanish orqali aniqlanadi.

Gaz fazasi uchun:

$$\frac{1}{K_y} = \frac{1}{\beta_y} + \frac{m}{\beta_x} \quad (11.18)$$

$$\frac{1}{K_x} = \frac{1}{\beta_x} + \frac{1}{m \cdot \beta_y} \quad (11.19)$$

bu erda m - muvozanat chizig'i qiyaligi burchagining tangensi. Bu tenglamalarning o'ng tomonlari moddaning bir fazadan ikkinchi fazaga o'tishi uchun umumiy qarshilikni, o'ng tomonlari esa fazalardagi modda berish jarayonlari qarshiliklarning yig'indisini bildiradi. (11.18), (11.19) ifodalar fazoviy diffuziya qarshiliklarning additivlik tenglamalari deb yuritiladi.

Modda o'tkazish koeffitsienti (11.18), (11.19) tenglamalardan aniqlanadi.

$$K = \frac{M}{(y - y^*) \cdot F} = \frac{\kappa_2}{\kappa_2 / M^3 \cdot M^2 \cdot c} = \frac{M}{c} \quad (11.20)$$

Modda o'tkazish koeffitsienti (K_u, K_x) vaqt birligi ichida fazalarning kontakt yuzasiga

birligidan, jarayonning harakatlantiruvchi kuchi birga teng bo'lganda, bir fazadan ikkinchi fazaga o'tgan moddaning massasini bildiradi.

Modda berish va o'tkazish koeffitsientlarining o'lchov birliklari bir xil bo'lib, jarayonning harakatlantiruvchi kuchning o'lchov birligiga, hamda fazalararo o'tayotgan moddaning miqdori bog'liq bo'ladi.

Fazalar ajratuvchi yuza bo'lib 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 ($\Delta u_u'$, $\Delta x_u'$) kiritiladi.

$$M = K_u \cdot F \cdot \Delta u_{ur} \quad (11)$$

$$M = K_x \cdot F \cdot \Delta x_{ur} \quad (12)$$

Gaz fazaning konsentratsiyasi bo'yicha, modda o'tkazishning o'rtacha harakatlantiruvchi kuchi quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta y_{yp} = \frac{(y_{\delta} - y_{\delta}^*) - (y_o - y_o^*)}{2,3 \lg \frac{y_{\delta} - y_{\delta}^*}{y_o - y_o^*}} = \frac{\Delta y_{ka} - \Delta y_{ku}}{2,3 \lg \frac{\Delta y_{ka}}{\Delta y_{ku}}} \quad (13)$$

bu erda u_b , u_o - moddaning boshlang'ich va jarayon oxiridagi konsentratsiyasi; Δy_{ka} qurilmaning birinchi (yoki ikkinchi) chekkasidagi konsentratsiyalarning katta farqi; Δy_{ku} qurilmaning ikkinchi (yoki birinchi) chekkasidagi konsentratsiyalarning kichik farqi.

Xuddi shuningdek, suyuq fazaning konsentratsiyasi bo'yicha:

$$\Delta x_{yp} = \frac{(x_o^* - x_o) - (x_{\delta}^* - x_{\delta})}{2,3 \lg \frac{x_o^* - x_o}{x_{\delta}^* - x_{\delta}}} = \frac{\Delta x_{ka} - \Delta x_{ku}}{2,3 \lg \frac{\Delta x_{ka}}{\Delta x_{ku}}} \quad (14)$$

Jarayonning harakatlantiruvchi kuchini o'tkazish birligi soni bilan ham ifodalash mumkin:

$$n_{oy} = \frac{y_{\delta} - y_o}{\Delta y_{yp}} \quad (15)$$

$$n_{ox} = \frac{x_o - x_{\delta}}{\Delta x_{yp}} \quad (16)$$

o'tkazish birligi soni harakatlantiruvchi kuch birligiga mos kelgan faza ishlatilish konsentratsiyasining o'zgarishini belgilaydi. Ushbu ishda modda berish koeffitsientini aniqovchi qatlamli nasadkali kolonnada aniqlanadi. Nasadka sifatida Rashig halqalari, keramik buyumlar, koks, maydalangan kvars, polimer halqalar, sharlar, egarsimon elementlar ishlatiladi. Nasadkali kolonnalarda gaz va suyuqlik nasadka qatlami orqali qarama-qarshi yo'nalishda harakatlantiriladi. Berilayotgan suyuqlikning miqdori (namlash zichligi) va gaz harakati tezligiga qarab, kolonna xil rejimda ishlashi mumkin. Kolonnadagi bu rejimlar qo'llangan nasadkaning gidravlik qarshilik ΔR_n bilan gaz tezligining w o'zaro bog'lanish grafigi orqali ifodalanadi.

$\Delta P_n = f(w)$ gaz mavhum tezligining qiymati kolonnaga berilayotgan gazning hajmiy miqdorini V_c kolonna ko'ndalang qismining F nisbatiga teng bo'ladi. Mavhum qaynovchi qatlam

nasadkali kolonnalarning gidravlik qarshiligini tajriba yo‘li va empirik tenglama bilan aniqlash mumkin

$$\Delta P = \Delta P_K + 32,1 \cdot F^{1,03} \cdot H_n^{0,6} \cdot Z^{0,56} \cdot w^{0,82} \quad (11)$$

bu erda $F = 20\%$ - kolonna yuzasini egallagan tarelkaning ozod kesimi, m^2 ; N_n - 200 mm nasadka qatlamining balandligi; Z - namlash zichligi, m^3/m^2 soat; w - gazning mavhum tezligi, m/s.

Quruq xoldagi nasadkaning gidravlik qarshiligi quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

$$\Delta P_K = \lambda \cdot \frac{H_o}{d_g} \cdot \frac{w_x \cdot \rho_r}{2} \quad (11)$$

bu erda λ - gidravlik qarshilik koeffitsienti; $d_e = 4a/\varepsilon$ - nasadkaning ekvivalent diametri, m; $w_x = w/\varepsilon$ - gazning xaqiqiy tezligi, m/s; a - nasadkaning solishtirma yuzasi, m^2/m^3 ; ρ_g - gazning zichligi, kg/m^3 ; w_o - gazning mavhum tezligi, m/s.

Gidravlik qarshilik koeffitsienti oqimning rejimiga bog‘lik bo‘ladi. Nasadka qatlamidagi suyuqlik oqib o‘tayotganda, uning gidravlik qarshilik koeffitsienti gaz oqimining har qanday rejimida uchun quyidagi umumiy tenglama bilan aniqlanadi:

$$\lambda = 133/Re_r + 2634 \quad (11)$$

bu erda

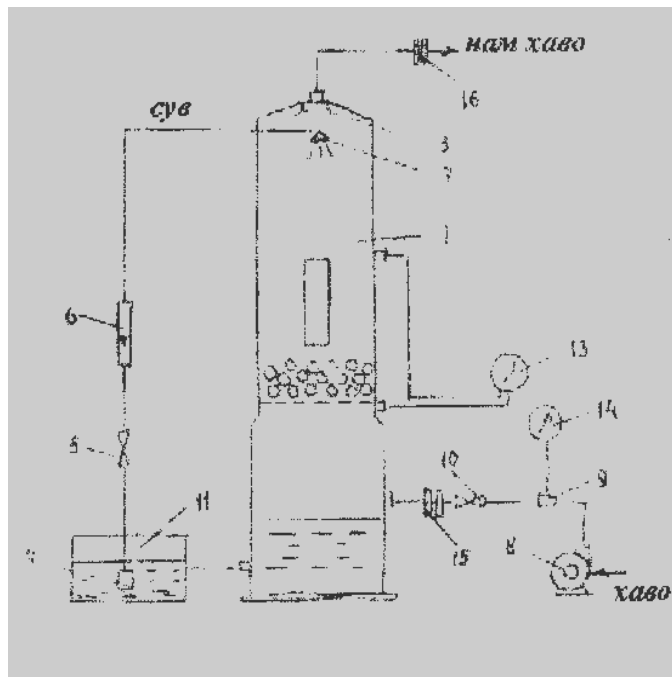
$$Re_r = \frac{w_r \cdot d_g \cdot \rho_r}{\mu_r} = \frac{4 \cdot w_r \cdot \rho_r}{\mu_r \cdot a} \quad (11)$$

Ushbu ishni qilishdan maqsad mavhum qaynovchi qatlamli nasadkali kolonnalarda, mo‘ljallanish koeffitsienti, quruq va ho‘llangan nasadkaning gidravlik qarshiliklarini aniqlashdir.

Berilayotgan suyuqlikning miqdori va gaz harakatining tezligiga qarab qurilma to‘rt rejimda ishlashi mumkin. Kolonnadagi bu rejimlar ho‘llangan nasadkaning gidravlik qarshiligi bilan gaz tezligining o‘zaro bog‘lanish grafigi orqali ifodalanadi (11.2-rasm).

Ishning bajarish tartibi

Qurilma vertikal kolonna bo‘lib, uning ichki qismiga ag‘darilma tarelka o‘rnatilgan. Tarelka elaksimon bo‘lib, teshiklarining diametri $d=0,016$ m, kolonna yuzasini egallagan tarelkaning o‘z qismi $F = 20\%$ ga teng. Nasadka sifatida tarelkaga diametri $d=37$ mm bo‘lgan sharlar soling. Sharlar qatlamining g‘ovakliligi $\varepsilon = 0,4$ ga teng, sharlarning soni $n = 90$ ta. Nasadka qatlamining balandligi $N_n = 200$ mm. Kolonna ishlash holatining balandligi $N_i = 1200$ mm ga teng. Markaziy qochma nasos (4) orqali purkagich (7) ga suv beriladi. Suvning sarfi rotametr (6) orqali o‘lchalanadi. Suv sarfi kran (5) bilan rostlanadi. Havo diametri $d = 110$ mm bo‘lgan truba orqali ventilyatsiyasida beriladi. Havoning sarfi maxsus moslama bilan o‘zgartiriladi, uning sarflanish miqdori mikromanometr (14) ulangan Pito-Prandtl (8) trubkasi bilan aniqlanadi.



11.2-rasm. Laboratoriya qurilmasining sxemasi.

1- kolonna; 2- ag'darilma tarelka; 3- tomchi ajratgich; 4- nasos; 5- suyuqlik sarfi rostlovchi kran; 6- suyuqlik sarfini o'lchovchi rotametr; 7- purkagich; 8- ventilyator; 9- Pito-Prandtl trubkasi; 10- havoning miqdorini rostlovchi moslama; 11- suv to'ldirilgan bak; 12- nasadka; 13,14- mikromanometr; 15,16 - psixrometrlar.

Psixrometrlar (15), (16) bilan kolonnaga kirayotgan havoning nam saqlashi, (x_b , x_{ox}) quyidagi va xo'l termometrlar vositasida aniqlanadi. Ushbu ishda gaz fazasidagi modda berish koeffitsientining β_u iymati, suvni havoda bug'lanishi samaradorligiga qarab 2 xil sharoitda aniqlanadi.

1. $Z=\text{const}$ bo'lganda, $\beta_u=f(w_0)$ bog'lanishini keltirib chiqarish.
2. $w=\text{const}$ bo'lganda, $\beta_u=f(Z)$, bog'lanishini keltirib chiqarish.

Qurilmaning holati tekshirilib, laborant ishtirokida markazdan qochma nasos ishga tushirilib, suvni temperaturasi o'zgarmas holatga kelguncha serkulsiya qilinadi. Rotametrning ko'rsatkichi bo'yicha suvning sarfi miqdori o'zgarmas (o'qituvchi ko'rsatmasiga asosan) qilib olinadi. Havoning sarf miqdorini 4 marta rostlovchi moslama (10) yordamida o'zgartirib, ventilyator orqali havo beriladi, hamda mikromanometr (14) ko'rsatkichi va psixrometr (15), (16) kolonnaga oldingi va keyingi ko'rsatkichlarini hisoblash jadvaliga yoziladi.

Ikkinchi usulda havoning sarf miqdorini o'zgarmas holatda suvning sarfi 4 marta rotametrning ko'rsatkichi bo'yicha o'zgartirilib, psixrometrlarning ko'rsatkichi hisoblash jadvaliga yoziladi.

Tajriba o'tkazilgandan so'ng modda berish koeffitsienti (11.31) tenglama bilan, havoning tezligi (11.36) va namlash zichligi Z (11.37) tenglamalar bilan hisoblanadi. Tajriba natijalari asosida $Z=\text{const}$ bo'lganda β_u-w_0 orasidagi va $W=\text{const}$ bo'lganda β_u-Z orasida o'zaro bog'lanish grafiklari millimetrlilik kog'ozda tasvirlanadi.

O'lchanadigan miqdorlar	1	2	3	4

Havo sarfi V_c , m ³ /s				
Suvning sarfi V , m ³ /soat				
Kolonnaga kirayotgan havoning temperaturasi, °S				
quruq havoning temperaturasi - t_k , °S				
ho'l termometrning temperaturasi - t_x , °S				
Kolonnaga kirayotgan havoning nam saqlashi- x_b , kg/kg				
Kolonnadan chiqayotgan havoning temperaturasi - t_{ch} , °S				
quruq havoning temperaturasi - t_k , °S				
Kolonnadan chiqayotgan havoning nam saqlashi- x , kg/kg				

11-1 hisoblash jadvali

Tajriba kursatkichlarini xisoblash

1. Ikki xil usul uchun modda berish koeffitsientini quyidagi tenglama bilan hisoblaymiz:

$$\beta_y = K_y = \frac{M}{F \cdot \Delta y_{yp}} \quad (11)$$

bu erda M - suvdan havoga o'tgan namlik miqdori, kg/s; $F = 0,031 \text{ m}^2$ - tarelkaning ish yuzi, m²; Δy_r - jarayonning harakatlantiruvchi kuchi, kg/kg.

2. Suvdan havoga o'tgan namlikning miqdori quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$M = G_x \cdot (y_o - y_\delta) \quad (11)$$

bu erda G_x - havoning massaviy sarfi, kg/s; x_b , x_o - havoning dastlabki va kolonnadan chiqishdagi nam saqlashi, quruq va xo'l termometrning temperaturasi asosan I - x diagramma yordamida aniqlanadi.

3. Havoning massaviy sarfi quyidagicha aniqlanadi:

$$G_x = V_c \cdot \rho \quad (11)$$

bu erda V_c - havoning hajmiy sarfi, m³/s; ρ - gazning zichligi, kg/m³.

4. Havoning hajmiy sarfi pnevmometrik Pito-Prandtl naychasi ko'rsatkichi bo'yicha, olinadigan

dinamik naporning qiymati orqali aniqlanadi: $h_o = w^2 / 2g$

bu erdan $w = \sqrt{2g \cdot h_o}$

Havoning hajmiy sarfi esa:

$$V_c = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \varphi \sqrt{2g \cdot h_o} \quad (11)$$

bu erda $d=110 \text{ mm}$ - havo berilayotgan trubaning diametri, m; $\varphi = 0,97$ - sarflash koeffitsienti; h_d - dinamik napor, havo ustunida.

5. Jarayonning harakatlantiruvchi kuchi Δx_{ur} quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta x_{yp} = \frac{(x_m - x_\delta) - (x_m - x_o)}{2,3 \lg \frac{x_m - x_\delta}{x_m - x_o}} \quad (11)$$

bu erda x_m - havoning muvozanat holatdagi nam saqlashi, temperaturaga I-x diagramma yordamida aniqlanadi.

6. Havoning mavhum tezligi sekundi sarf tenglamasidan aniqlanadi:

$$w_o = \frac{V_c}{F} \quad (11)$$

bu erda $F = 0,0314 \text{ m}^2$ - kolonnaning ko'ndalang kesim yuzasi. Suvning sarf miqdori bo'yicha namlash zichligi quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$Z = \frac{G}{3600 \cdot F} \quad (11.36)$$

bu erda Z -namlash zichligi; G - suvning sarf mikdori, rotametrlarning ko'rsatkichi bo'yicha grafikdan aniqlanadi.

Quruq va ho'llangan nasadkaning gidravlik qarshiligini aniqlash.

Havoning sarfini rostlovchi maxsus moslama (10) yordamida 4 marta o'zgartirib, mikromanometr (13,14) bilan quruq nasadka gidravlik qarshiligini va havoning sarfini aniqlaymiz. So'ngra kolonnaga markazdan qochma nasos yordamida suv berib, suvning sarfini o'zgartirib ($G=\text{const}$) holatida mikromanometrning (13) ko'rsatkichi bo'yicha, ho'llangan nasadkaning gidravlik qarshiligini aniqlanadi. Havoning sarfini mikromanometr (14) bilan aniqlanadi. Tajribani 4 marta qaytaramiz. Olingan tajriba natijalarini 11-2 hisoblash jadvaliga yozamiz.

11-2 jadval

	1	2	3	4
14- mikromanometrning kursatkichi bo'yicha				
xavoning sarfi, m^3/soat				
13 mikromanometrning kursatkichi bo'yicha				
Rotametrlarning ko'rsatkichi bo'yicha				
Suvning sarfi, m^3/s				
13 mikromanometrning ko'rsatkichi bo'yicha				

11-2 Hisoblash jadvalidagi tajriba natijalariga asosan

Havoning tezligi (11.36), namlash tezligi esa (11.37) tenglamalar yordamida hisoblanadi. Quruq va ho'llangan nasadkalarining gidravlik qarshiligining o'lchov birligi $\text{Pa} \cdot \text{s}$ da ifodalab tezlik bilan o'lchov bog'lanishlari, ya'ni $\Delta R_k - w_0$ va $\Delta R_x - w_0$ grafilari millimetrlilik qog'ozda tasvirlanadi.

Tajribada olingan quruq va ho'llangan nasadkalarining gidravlik qarshiliklarining qiymatlari (11.27), (11.26) tenglama bilan hisoblangan qiymatlari bilan taqqoslab xatosi % larda aniqlanadi.

Tekshirish uchun savollar

1. Modda o'tkazish jarayoni va uning mohiyati
2. Modda o'tkazish jarayoning turlari.
3. Fazoviy muvozanat. Muvozanat chizig'i.
4. Moddiy balans.
5. Molekulyar va turbulent diffuziya.

ADABIYOTLAR

1. Kasatkin. A.G. Основные процессы и аппараты химической технологии. - М.: Химия, 1973. – 727 с.
2. Yusupbekov N.R., Nurmamedov X.S., Ismatullaev P.R. Kime va oziq-ovqat sanoatlarning jarayon va qurilmalari fanidan hisoblar va misollar. - Toshkent, Nisim, 1999. – 100 b.
3. Pavlov. K.F, Romankov. P.G, Noskov. A.A. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. - Л.: Химия, 1981. – 575 с.

Laboratoriya ishi №7

YARIM SFERRIK AKTIV KO'MIR QATLAMLI ADSORBER GIDRODINAMIKASINI O'RGANISH.

Ishning nazariy asoslari

Gaz aralashmalari xamda eritmalardagi bir va bir necha komponentlarning g'ovaksimon kattik jismlar yuzasi bo'ylab (adsorbentda) yutilish jarayoni adsorbsiya deyiladi. Adsorbsiya jarayoni gazlarni, eritmalarini tozalash va quritishda, eritmalardan qimmatbaho moddalarni ajratib olishda, neft maxsulotlaridan xosil bo'lgan aralashmalarni tozalashda, xavo yoki boshqa gazlar aralashgan (portlovchan) eritmalarini xamda gaz va bug' aralashmalarini ajratib olishda, neftni qayta ishlash natijasida xosil bulgan gaz aralashmalaridan vodorod va etilenni, benzin fraksiyalaridan aromatik uglevodorodlarni ajratib olishda, yog'larni, vino mahsulotlarini, xar xil meva-sabzavot sharbatlarini tozalashda, kimyo va ozik-ovkat sanoatining barcha tarmoqlarida keng qo'llaniladi.

Sanoatda adsorbent sifatida aktivlangan ko'mir, qattiq g'ovaksimon silikagel, sellyuloza, seolitlar, tuprok jinslari, ion almashinuvchi sun'iy smolalar (ionitlar) ishlatiladi.

Ko'pchilik kimyoviy texnologik jarayonlarda suyuqlik va gazlar sochiluvchan donasimon materiallar qatlamidan o'tkaziladi. Ishlatiladigan donasimon materiallar xilma-xil bulib ularning shakli va o'lchamlari xam xar xil bo'ladi. Agar donasimon materiallarning diametri bir xil bo'lsa, bir o'lchamli, qatlam xar xil bo'lsa ko'p o'lchamli qatlam deyiladi. Bu jarayonlarda suyuqlik va gazlar donasimon materiallarning orasidan va kanallardan o'tadi.

Donador materiallarning qatlamidan o'tayotgan gaz oqimining rejimi juda ko'p faktorlarga bog'lik bo'ladi. Birinchi navbatda gaz oqimining donador materiallarning qatlamida taqsimlanishi gazning xususiyatiga, donador materiallarning fizik-geometrik xususiyatga xamda qatlam tarkibiga bog'lik bo'ladi. Donasimon materiallarning qatlami gidravlik qarshilik ΔR , solishtirma yuza S , zarrachalar orasidagi bo'sh ε xajmi, materiallarning o'lchami va shu kabi kattaliklar bilan xarakterlanadi.

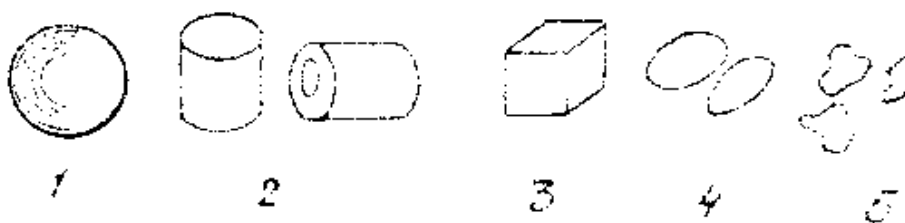
Adsorbentning fizik xususiyati zarrachalar ichida kapillyar kanallarning kattaligiga bog'liq bo'ladi. Kapillyar kanallar makro, oralik, mikro g'ovakli bo'ladi.

Mikrog'ovakli adsorbentlarning solishtirma yuzasi kichik bo'lgani uchun bunday adsorbentning devorlarida juda kam mikdorda modda yutiladi. Makrog'ovakli adsorbentlarda yutilayotgan molekulalar faqat ularning kanallari orqli uzatiladi. Oraliq g'ovakli adsorbentlarning yuzasida adsorbsiya jarayoni davomida yutilayotgan modda molekulalarining kattaligi g'ovak teshiklaridan kichik bo'lgan uchun, yutiladigan modda qatlami hosil bo'ladi.

Mikrogʻovakli adsorbentlarda teshiklarning kattaligi yutilayotgan molekullarning kattaligiga teng boʻlib, adsorbsiya davomida mikrogʻovaklarning xajmlari yutilayotgan molekullar bilan toʻladi. SHuning uchun jarayon davomida mikrogʻovakli adsorbentlarning yuzasida moddaning yutilishida modda qatlaminig fizik jixatdan ahamiyati kam.

Adsorbentlarning muxim xarakteristikalaridan biri uning aktivligi yoki adsorbsiyalanish qobiliyatidir. Uning aktivligi adsorbentning birlik massasi yoki xajmda modda yutilish miqdori bilan belgilanadi. Adsorbentlar oʻz aktivligidan qatʼiy nazar zichligi, ekvivalent diametri, mexanik mustaxkamligi, granulometrik tarkibi, yutish yuzasining birlik hajmi bilan xarakterlanadi.

Donador material zarrachalarining shakli xar xil bulib, 8-1 rasmda ularning xillari tasvirlangan.



15.1- rasm.

1 – shar; 2 – silindr; 3 – kub; 4 – aylanasimon;
5 – notoʻgʻri shakldagi zarrachalar.

Donasimon materiallar orasidagi boʻsh xajmining qatlam xajmiga nisbati boʻsh xajm deyiladi va ε bilan belgilanadi:

$$\varepsilon = \frac{V_1 - V_0}{V_1}; \quad (15.1)$$

ifodada V_1 – donasimon qatlam xajmi; V_0 – katlamdagi zarrachalar egallagan xajm; $V_1 - V_0$ – katlamning boʻsh xajmi.

Boʻsh xajmning kattaligi donasimon materiallarning xiliga va ularning katta-kichikligiga bogʻliq boʻlib, u tajriba orqali topiladi. Oʻzgarmas qatlamda bir xil diametrli sharsimon zarrachalar uchun uning diametrining katta kichikligidan qatʼiy nazar boʻsh xajmi $\varepsilon = 0,375$ teng boʻladi. Donador material katlamining asosiy xarakteristikasidan biri zarrachalarning solishtirma yuzasi boʻlib, zarrachalarning sirt yuzasini hajmga boʻlgan nisbatini koʻrsatadi, yaʼni:

$$S_0 = S_T / V \quad (15.2)$$

Aniq shaklga ega boʻlgan zarrachalarning kattalik mikdori maʼlum boʻlsa, ularning sirt yuzasini hisoblash oson boʻladi. Solishtirma yuza S qatlamning xajm birligida joylashgan barcha zarrachalarning yuzasini ifodalaydi. Sferasimon shakldagi zarrachalar uchun:

$$S = S_0(1 - \varepsilon) \quad (15.3)$$

YAssi sirtli elementlardan (kubsimon, silindrsimon, plastinali) tashkil topgan zarrachalar qatlamda, oʻrnashganda ular bir-birlariga tegib, oʻz solishtirma yuzalarining bir qismini toʻsib koʻyadilar. SHuning uchun bu xolda toʻsish darajasini K_n koeffitsient bilan xisobga olsak, zarrachalarning effektiv solishtirma yuzasi $S_{o.ef.}$ quyidagicha aniqlanadi:

$$S_{o.ef.} = K_n S_0 \quad (15.4)$$

Bu vaqtda gaz oqimi bilan yuvilayotgan xajm birligidagi katlamning erkin yuzasi:

$$S = S_{o.ef.}(1-\varepsilon) = S_0(1-\varepsilon)K_n \quad (15.5)$$

Katlam kanallaridan oʻtayotgan gaz oqimining xaqiqiy tezligi qatlamning boʻsh xajmi orqali aniqlangani uchun, uni qiymatini aniqlash qiyin. SHu sababli dastlab gaz oqimining mavhum tezligi w_0 quyidagicha topiladi:

$$w = w_0 / \varepsilon \quad (15.6)$$

ifodada $w_0 = V/F$ - mavxum tezlik, gaz oqimining xajmiy sarfini qatlamning koʻndalang kesim yuzasiga boʻlgan nisbatiga teng.

Zarrachalar orasidagi boʻsh, qatlamning oʻzgaruvchan koʻndalang kesimi va uzunligi boʻyicha, kanallar hosil qilishi natijasida, qatlamda esa, ichki boʻsh hajm vujudga keladi. Kanallarning gidravlik radiusi aniqmas shaklli zarrachalar uchun quyidagicha aniqlanadi:

$$r = \varepsilon d / 6 (1-\varepsilon) \quad (15.7)$$

Har kandy koʻndalang kesim uchun kanallarning ekvivalent diametri quyidagicha aniqlanadi:

$$d_e = 4r = \varepsilon d / 6 (1-\varepsilon) = 4\varepsilon / S = 4\varepsilon / S_0 (1-\varepsilon)K_n \quad (15.8)$$

Adsorbsiya qurilmasidagi katlamning gidravlik qarshiligini engish uchun sarflangan kuvvatning mikdori jarayonning oqim tezligini belgilab, tozalash jarayonini qisman bahosini oshiradi. Massa almashinish jarayonida bir fazadan ikkinchi fazaga oʻtayotgan moddaning mikdori oqimning tuzilish tarkibiga bogʻliq boʻladi.

Zarrachalar qatlamida okim 2 xil rejimda harakat qiladi. Muhit oqimning tezligi kichik boʻlganda uning zarrachalri bir-biriga aralashmasdan, parallel xolda tartibli xarakat qiladi. Bunday harakat laminar rejim deyiladi. Turgʻun rejimda muhit okimining tezligi katlamdan oʻtayotgan gaz oqimining xar bir nuqtasida oʻzgarmas boʻladi, yaʼni $w = f(x, y, z)$. Muhit oqimining tezligi asta-sekin oshirilsa uning zarrachalri bir-biri bilan aralashib tartibsiz tulqinsimon xarakat qiladi. Bunday okim turbulent rejim deyiladi. Oqimning xarakat rejimi muhit okimining oʻrtacha tezligiga, muxitning zichligiga, va qovushokligiga xamda kanallarning ekvivalent diametriga bogʻlik boʻladi.

Bu kattaliklar oʻlchamsiz kompleks Reynolds kriteriyasi orqali aniqlanadi:

$$Re = \frac{wd \rho}{\mu} \quad (15.9)$$

Donasimon katlamdagi materiallarning qarshiligi quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$\Delta P = \lambda \frac{L}{d} \cdot \frac{\rho w^2}{2} \quad (15.10)$$

bu erda L – qatlam uzunligi; λ – faqat ishqalanish qarshiligini xisobga olmay, balki muxit oqimi xarakati davomidagi maxalliy karshiliklarni, ya’ni muxitning zarrachalar orasidan o’tayotgandagi qarshiliklarni hammasini hisobga oladi va umumiy qarshilik koefitsienti deyiladi.

Qarshilik konuniga asosan umumiy qarshilik koefitsienti Reynolds kriteriysi bilan quyidagi bog‘lanishda bo‘ladi:

$$\lambda = f(Re) \quad (15.11)$$

Adsorbent erkin hajmi o‘zgarmas bo‘lganda, yoki g‘ovakli moddalar qaysiki katlam zarrachalar orasidagi bo‘sh hajmda (zarrachalar ichidagi bo‘sh hajmni hisobga olmagan holda) (15.11) tenglama gazning qovushqoqligi, zichligi, gaz oqimining tezligidan qat’iy nazar bosimlar farqini aniqlash uchun qo‘llaniladi.

Gaz oqimi qatlamda laminar rejimda harakatlanishda gidravlik qarshilik umumlashgan kriterial tenglamalar bilan aniqlanadi:

$$La = AG \quad (15.12)$$

bu erda $La = Re \cdot Eu$ Lagranj kriteriyasi bosim kuchlarining ichki ishqalanish kuchlariga bulgan nisbatini kursatadi. $G = L/d_e$ – geometrik simpleks qatlamning uzunligini kanallarning ekvivalent diametriga bo‘lgan nisbatini ko‘rsatadi.

Turbulent harakat rejimida qatlamdagi yo‘qotilgan bosimlarning miqdori quyidagicha aniqlanadi.

$$\Delta P = \lambda_m \frac{L}{\psi \cdot d_s} \cdot \frac{\rho w^2}{2} \cdot \frac{1 - \varepsilon}{\varepsilon^3} \quad (15.13)$$

bu erda $\lambda_m = f(Re_m)$ - modifikatsiyalashtirilgan qarshilik koefitsienti $Re_m = wd_e \psi \rho / \mu (1 - \varepsilon)$ - modifikatsiyalashtirilgan Reynolds kriteriyasi zarrachalarning shaklini, qatlamdagi bo‘sh xajmni xisobga oladi. O‘zgarmas qatlamdagi gidravlik qarshilik turbulent harakat rejimida quyidagicha aniqlanadi:

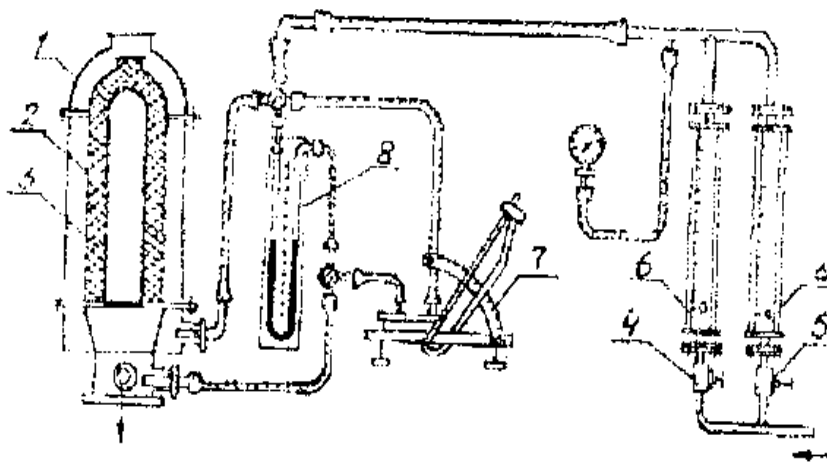
$$Eu = c \cdot Re_m^{-n} \cdot \Gamma \quad (15.14)$$

Gaz oqimining turg‘un xarakati jarayonida (15.12) va (15.14) umumiy tenglamalar xisoblanadi, bu tenglamadagi A , s koefitsientlari va daraja ko‘rsatkichi n tajriba orqali aniqlanadi. Bu mikdorlarning qiymati Reynolds kriteriyasiga bog‘liq bo‘lib, uning o‘zgarishi bilan bu koefitsientlar mos ravishda o‘zgarib, tajriba natijalariga asoslanib aniklanadi.

Ish bajarishdan maqsad, o‘zgarmas adsorbent katlamidagi gidravlik qarshilikni aniqlab, $Eu = f(Re)$ orasidagi bog‘lanish grafigini qurish, tajriba natijalari asosida A , s koefitsientlari va daraja ko‘rsatkichi n hisoblanadi.

Ishni bajarish tartibi

15.2 rasmda laboratoriya kurilmasining sxemasi ko‘rsatilgan.



15.2 rasm. Adsorbent qatlamining gidravlik qarshiligini aniqlash laboratoriya qurilmasi:

1 – adsorber; 2 – tashqi to‘r; 3 – ichki to‘r; 4, 5 – ventillar; 6 – RS-7 rotametr; 7 – MMN-240 mikromonometr; 8 – difmanometr.

Laboratoriya kurilmasi o‘zgaruvchan ko‘ndalang kesimdagi adsorberdan iborat bo‘lib, uning ichiga tashki va ichki to‘r o‘rnatilgan. To‘rlar orasi tula va yarim sfera qatlamida aktivlangan ko‘mir bilan to‘ldiriladi. Qurilmaga havo yuqori bosimli ventilyator orqali yoki ballonga to‘ldirilgan siqilgan havo beriladi.

Havoning sarfi rotametr ko‘rsatkichi buyicha 4 va 5 kran orqali sozlanadi. Adsorberdagi bosimlarning farqi mikromonometr MMN-240 va difmanometr bilan o‘lchanadi. O‘zgaruvchan ko‘ndalang kesimli qatlamdagi aktivlangan ko‘mirning gidravlik qarshiligi quyidagi tartibda o‘lchanadi:

1. Tekshirilayotgan aktivlangan ko‘mirning sochiluvchan zichligi aniklanadi. Bu kattalikni o‘lchash uchun ma‘lum mikdordagi aktivlangan ko‘mirni tarozida tortib silindrga solinadi va uning egallagan xajmini mikrometr bilan o‘lchanadi. Katlamdagi bo‘sh xajm (15.1) tenglama orqali aniqlanadi.

2. Gaz oqimi bilan yuvilayotgan xajm birligidagi qatlamning erkin yuzasi (15.1) – tenglama yordamidagi qatlamning erkin yuzasi (15.5) tenglama yordamida xar qanday ko‘ndalang kesim uchun kanallarning ekvivalent diametri (15.10) tenglama bilan xisoblanadi.

3. Xavoning zichligi, kovushokligi temperaturaga asosan ilovaning 2 jadvalidan aniqlanib, xar qanday rejim uchun Reynolds kriteriyasi hisoblanadi.

4. Adsorberga aktivlangan ko‘mir solmasdan ventilyator orqali berilayotgan havo oqimining sarflanish miqdorini RS-7 rotametri yordamida har xil o‘zgartirib laboratoriya qurilmasining gidravlik qarshiligini mikromanometr va difmanometr bilan o‘lchaymiz. So‘ngra, adsorberni aktivlangan ko‘mir bilan to‘ldirib, ventilyator yordamida laboratoriya kurilmasiga havo beriladi. 4 yoki 5 kran asta-ochilib, rotametrning ko‘rsatkichi bo‘yicha havoning sarflanish miqdori aniqlanadi.

Tajriba davomida havoning sarflanish miqdorini rotametrning ko'rsatkichi bo'yicha oshirib, laboratoriya kurilmasining gidravlik qarshiligini quruq adsorberda va adsorber ko'mir bilan to'ldirilgan xolda 5-6 marta mikromanometr va difmanometr bilan o'lchaymiz. Tajriba natijalari hisoblash jadvaliga yoziladi.

Tajriba natijalarini xisoblash

1. Havoning sekundli sarfi miqdoriga asosan modifikatsiyalashtirilgan Reynolds kriterisini aniqlaymiz.

$$Re_m = \frac{w_x d_e \psi}{\nu(1 - \Sigma)} \quad (15.15)$$

bu erda $w_x = w / \varepsilon$ oqimning xakikiy tezligi (bush kanallardagi tezlik); d_e – kanallarning ekvivalent diametri, m; ν – kinematik kovushoklik, m^2/s uning qiymati ilovaning 2 jadvalidan aniqlanadi, ψ – zarrachalarning shakli, silindrsimon shaklli zarrachalar uchun $\psi = 0,9$ teng; ε – qatlamning bo'sh xajmi, m^3/m^3 .

2. Geometrik o'xshashlik simpleksi G quyidagidicha aniqlanadi:

$$G = L/d_e \quad (15.16)$$

3. O'lchangan qatlamdagi bosimlar farqining mikdori buyicha Eyler kriteriysi hisoblanadi:

$$Eu = \frac{\Delta P}{\rho w_x^2} \quad (15.17)$$

bu erda ρ – xavoning zichligi, kg/m^3 (ilovadagi 1 jadvaldan olinadi).

4. Logarifm koordinatlarida tajriba natijalari asosida $Eu/G = f(Re)$ orasidagi bog'lanish grafigi tasvirlanadi.

5. $Eu/G = f(Re)$ grafigidan havo oqimining laminar va turbulent xarakati rejimida s koeffitsientining miqdori va daraja ko'rsatkichi n aniqlanadi.

6. (15.12) va (15.14) tenglama laminar va turbulent rejimlar uchun gidravlik qarshiliklar $\Delta R_{lam.}$ va $\Delta R_{tur.}$ xisoblanadi. Tajribadan olingan $\Delta R_{lam.}$ va $\Delta R_{tur.}$ qiymatlari xisoblanganlari bilan solishtiriladi va aniqligi % lar xisobida aniqlanadi.

7-1 jadval

Tajriba	w_x , m/s	ΔR , Pa	$Eu = \frac{\Delta H}{\rho w_x^2}$	$Re = \frac{w_x d_e \psi}{\nu(1 - \Sigma)}$	$\lg \frac{Eu}{\Gamma}$	$\lg Re$
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						

7.						
8.						

Tekshirish uchun savollar

1. Kimyoviy texnologiya jarayonlarida gidromexanik jarayonlarning qo'llanilishi.
2. Gaz oqimining donador materiallar katlamidagi xarakat rejimi. Donador zarracha katlamining fizik geometrik xarakteristikalar.
3. Gaz oqimining donador material qatlamida laminar va turbulent harakat rejimidagi karshilik konunlari.
4. O'zgarmas donador material qatlamida gaz oqimining laminar va turbulent xarakat rejimida gidravlik karshiliklarni umumiy hisoblanish xollari.

Adabiyotlar

1. YUsupbekov N.R., Nurmuxamedov X.S., Zokirov S.G. Kimeviy texnologiya asosiy jaraen va kurilmalar. – T.:SHark, 2003.- 644 b.
2. A.G.Kasatkin «Основные процессы и аппараты химической технологии». -M.: Ximiya, 1973.- 806s
3. K.F.Pavlov, P.G.Romankov, A.A.Noskov. Примеры и задачи по курсу процессов и аппараты химической технологии. - M.: Ximiya, 1973. - 522 s.

Laboratoriya ishi №8

SOCHILUVCHAN MATERIALLARNING SOLISHTIRMA YUZASINI ANIQLASH VA ELAKDA FRAKSIYALARGA AJRATISH

Ishning nazariy asoslari

Cochiluvchan materiallarni zarrachalarning diametri d ga bog'liq bo'lgan holda 5 ta guruhga bo'lish mumkin:

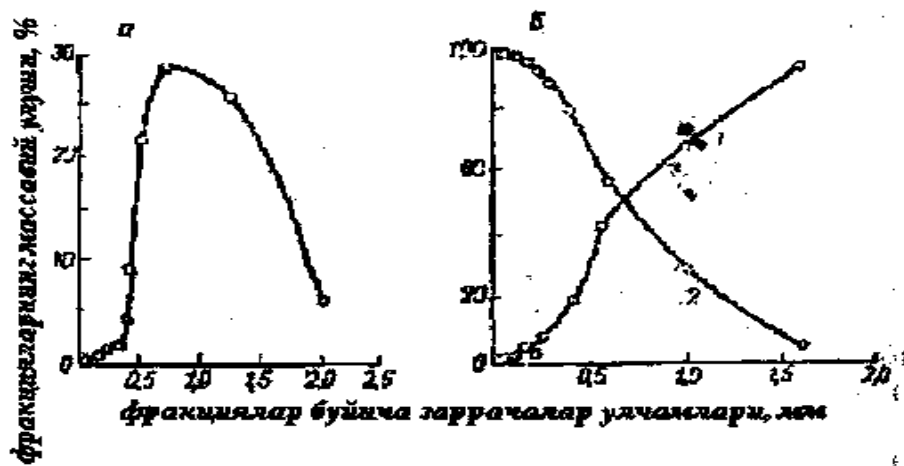
- 1) bo'lakli - 10mm dan ortik;
- 2) yirik donali - 2 – 10 mm;
- 3) mayda donali – 0,5 – 2 mm;
- 4) kukunsimon – 0,05 – 0,5 mm;
- 5) changsimon – 0,05 mm.

Sochiluvchan moddalarning muxim xususiyatlaridan biri-bu dispersligi

(1/d). Disperslik sochiluvchan moddalarning texnologik xossalarini belgilaydi va zarrachalarning donalarini katta-kichikligi buyicha taqsimlanish funksiyasi yoki zarrachalarning solishtirma yuzasi (solishtirma yuza deb – zarrachalarning yuzasini ularning xajmi yoki massasiga bo'lgan nisbatga aytiladi) bilan ifodalanadi. Masalan sementning dispers tarkibi kotish jarayonida uning mustaxkamligini belgilaydi; zarrachalarning o'lchami lak va bo'yoqlarning qoplash xususiyatlarni belgilaydi va x.

- 1) zarrachalarning o‘o‘lchamlari bo‘yicha taqsimlanishi bilan;
- 2) zarrachalarning solishtirma yuzalarining o‘rtacha qiymati bilan.

Taxlil qilinayotgan namuna yacheykasi eng katta oʻlchamli boʻlgan elakdan oʻtkaziladi. Oʻtgan material keyingi mayda teshikli elakka kelib tushadi va shu ketma-ketlikda eng mayda oʻlchamli elakgacha borib tushadi. Odatda, saralash davrida elaklar ustma-ust qoʻyiladi va material bitta bosqichda fraksiyalarga ajratiladi.



a-taqsimlanishning differensial tenglamasi; *b*-taqsimlanishning integral egri chizig'i;
1-o'tish; 2-elak koldig'i.

Elakli saralash taxlili natijalari grafikda materialdagi ba'zi fraksiyalarning massaviy ulushini ko'rsatuvchi differensial taqsimlanish egri chizig'i tasvirida beriladi yoki berilgan o'lchovdan kichik (yoki katta) xamma fraksiyalarning yig'indisini massaviy ulushini tasvirlovchi integral (yoki kumulyativ) taqsimlanish egri chizig'ida tasvirlangan (18.1-rasm).

Ikkita yonma-yon elak teshiklarining o'lchamlarini bittasidan o'tib ikkinchisidan ushlanib kolgan o'rtacha arifmetik kiymati grafikda nuqta bilan belgilangan fraksiyaga to'g'ri keladi.

Zarrachalarning o'rtacha o'lchamini additivlik qoidasi buyicha topilgan o'rtacha diametr d_{urt} orqali ifodalash tavsiya etiladi:

$$d_{urt} = m_1 d_1 + m_2 d_2 + \dots + m_n d_n = \sum m_i d_i \quad (18.1)$$

bu erda $m_1, m_2, \dots, m_3$ – dispers material namunasidagi har bir fraksiyaning massaviy ulushi; i – fraksiyalar soni.

Dispers material tarkibining bir jinsliligini quyidagi usul bilan aniqlanadigan **chetlanish koeffitsienti R_o** xarakterlaydi.

Qoldiqlarning integral egri chizig'idagi 84% massaviy ulushiga javob beradigan d_{84} elak o'lchamlaridan yuqoridagi egri chiziqdagi 16% massaviy ulushiga to'g'ri kelgan d_{16} teshik o'lchamlari ayriladi; hosil bo'lgan kiymat ikki baravar ko'paytirilgan diametr ga ko'paytiriladi, ya'ni:

$$R_o = \frac{d_{84} - d_{16}}{2d_{50}} \cdot 100 \quad (18.2)$$

SHunday qilib taxlil qilinayotgan materialning umumiy massasidan 16% li eng katta va eng kichik fraksiya olib tashlanadi va sochiluvchan materialning faqat qolgan 2/3 kismi inobatga olinadi. R_o kancha kam bo'lsa shuncha maxsulot tekis xisoblanadi.

Materialni solishtirma yuzasini aniqlash. Ko'pchilik texnologik jarayonlar uchun disperslikning xarakteristikasi faqat bitta kattalik bilan ifodalanganligi tufayli qulay xisoblanadi. Kukunning solishtirma yuzasini bilib S_{sol} zarrachalarning o'rtacha diametrini aniqlash mumkin:

$$S_{sol} = \frac{n S_z}{n \delta_z} = \frac{n \pi d_{ypm}^2}{n \pi d_{ypm}^3 / 6} = \frac{6}{d_{ypm}} \quad (18.3)$$

bu erda n – namunadagi zarrachalar soni; S_z va δ_z - d_{urt} teng bo'lgan zarrachalarning tashki yuzasi va hajmi, shunda $\delta_z = \frac{M}{(\rho_z d_{ypm})}$ teng; M – namunaning massasi;

ρ_z – zarrachaning zichligi.

Zarrachalarning solishtirma yuzasini turli usullar bilan aniqlash mumkin. Eng soddasi, filtratsion usul yoki atmosfera bosimiga yaqin bosimda, havo o'tkazuvchanlik usulida S_{sol} ni aniqlash ($d_{max} \leq 5$ mm teng bo'lgan zarrachalarga taalluqli).

Ushbu usul havoni laminar xarakat qonuniyatlariga asoslangan. Ma'lum L (m) qatlamli sochiluvchan materialning gidravlik qarshiligini ΔR (Pa) gaz yoki suyuqlik

oqimining laminar harakatida quyidagi formula buyicha aniqlash mumkin:

$$\Delta P = \frac{32L\mu\omega}{d_{\text{ЭК}}^2} \quad (18.4)$$

bu erda μ va ω – oqimning dinamik qovushqoqligi (Pa·s) va tezligi (m/s); $d_{\text{ЭК}}$ – zarrachalar orasidagi kanallarning ekvivalent diametri.

$$d_{\text{ЭК}} = 4r_2 = \frac{4\varepsilon^k}{[(1-\varepsilon)S_{\text{coll}}]} \quad (18.5)$$

bu erda r_2 – gidravlik radius; ε – zarrachalar orasidagi bo'shliq; $k = 1,25$ zarrachalar xarakatsiz bo'lgan soxalarni inobatga oluvchi koeffitsient.

Sochiluvchan material qatlami (atmosfera bosimiga yaqin bosimda zarrachalar deformatsiyalanmaslik sharti bilan) terli darajada zichlanishi mumkin, lekin bunda S_{sol} o'zgaras qoladi. Bunda material qatlamidan o'tgan havoning harakati o'zgaruvchan kesimli va ilonsimon chiziqli kapillyarlar sistemasidan harakatiga o'xshash deb hisoblanadi. Birlik hajm qatlamida kapillyarlarning ichki yuzasi, maydalangan materialning solishtirma yuzasiga teng deb olinadi (bu erda zarrachalarning ichki g'ovakliligi inobatga olinmay, «tashqi» yuza nazarda tutilmoqda).

Kapillyarlarning ko'ndalang kesimkari yuzasining yig'indasi ε bo'shliqqa, ya'ni dispers material bilan to'ldirilmagan hajm ulushiga to'g'ri keladi. Kapillyarlarning uzunligi kukun qatlamining balandligiga yaqin deb qabul qilinadi. Havoning oqim tezligi esa, harakatsiz soxalarni inobatga olgan holda hisoblanadi.

Gazlarni filtrlash yoki sochiluvchan material qatlamidan suyuqlikni o'tkazish jarayonlari uchun Puazeyl qonuni quyidagicha ifodalanadi:

$$\frac{\Delta P}{L} = A \frac{\mu\omega}{d_j^2} \cdot \frac{(1-\Sigma)^2}{\Sigma^3} \quad (18.6)$$

bu erda A – proporsionallik koeffitsienti. (18.5) tenglamani inobatga olgan holda zarrachalarning solishtirma yuzasi S_{sol} uchun tenglama quyidagicha ifodalanadi:

$$S_{\text{coll}} = \frac{\varepsilon^2}{1-\varepsilon} \sqrt{\frac{F\tau\bar{P}}{V_x P_1} \cdot \frac{\Delta P}{L} \cdot \frac{1}{K_{\text{ш}} \mu}} \quad (18.7)$$

bu erda F – qatlamning yuzasi, m^2 ; τ – havoni filtrlash vaqti, s; $\bar{P} = \frac{P_1 - \Delta P}{2}$ - dispers

material qatlamidagi o'rtacha bosim, Pa; V_x – filtrlangan havoning hajmi (qovushqoq oqim sharoitida), m^3 ; $K_{\text{ш}}$ – tajriba natijalari bo'yicha 2,5 ga teng bo'lgan kapillyarning shakl koeffitsienti.

Zarracha o'lchamlari 100 mkm dan kam bo'lgan yuqori dispers materialning qatlamida xavo xarakatlanganda qatlam zarrachalariga nisbatan «sirpanish» effekti tufayli Puazeyl qonunidan chetlanish kuzatiladi.

Zarrachalar o'lchami kamaygan sari sirpanish oqimining ulushi ortib boradi va butun xavo oqimining 80% ni tashkil qilishi mumkin. Sirpanish oqimini inobatga olgan xolda (18.7) tenglama quyidagicha o'zgaradi:

$$S_c = \frac{8}{3} \cdot \frac{\varepsilon^{2,75}}{1-\varepsilon} \cdot \frac{F\tau\Delta P}{P_1 V_c L} \cdot \sqrt{\frac{2RT}{\pi M}} \quad (18.8)$$

bu erda V_s – gazning sirpanishi bilan bog'liq bo'lgan oqimning xajmi, sm^3 ;

R – gaz doyimiligi $\left[R = 8,315 \cdot 10^7 \frac{\text{эрг}}{\text{K} \cdot \text{моль}} \right]$; T – absolyut temperatura, K; M –

havoning molyar massasi, kg/mol.

Filtrlovchi oqimda sirpanishni paydo bo'lishini qatlam tuzilishini (boshliq, kanallarning qiyshiqqligi va x.), hamda oqimning fizik xossalarini inobatga oluvchi R_1 ko'effitsientning qiymatidan bilish mumkin:

$$P_1 = \frac{K_y \rho}{(\Sigma \cdot \mu)} \quad (18.9)$$

bu erda $K_u - \rho_1 V_u W / (\Delta R F \tau)$ teng bo'lgan gazning filtrlash ko'effitsienti (yoki qatlamning o'tkazuvchanligi); V_u – filtrlangan gazning umumiy hajmi, m^3 ; ρ – havoning zichligi, kg/m^3 ; μ – havoning dinamik qovushqoqligi, $Pa \cdot s$.

Gaz oqimining tezligi chegara qatlamidagi tezlik gradientiga proporsionalik deb xisoblanadi

O'lchamsiz R_1 ko'effitsientning o'zgarish 100 dan 0,1 gacha bo'lgan oralig'ida gaz oqimida kovushok oqim xam sirpanish oqimi xam kuzatiladi. $R_1 > 100$ bo'lganda gazning faqat kovushok oqimi kuzatiladi.

Ishning maksadi:

1. Dispers materialning zarrachalar o'lchamini taqsimlovchi differensial va integral egri chiziqlarini tuzish va o'rganish. Tuzilgan grafiklar asosida zarrachalarning o'rtacha o'lchami d_{urt} va chetlanish ko'effitsientini R_{ch} aniqlash.

2. Filtratsion usul bilan dispersion materialning solishtirma yuzasini S_{sol} aniqlash.

Qurilmaning tasnifi.

18.2a-rasmda elaklar to'plami 2 dan iborat bo'lgan va mexanik saralashga moslangan 028 M asbobning sxemasi ko'rsatilgan. Elaklar kopkok 1 bilan yopiladi va vintlar 8 bilan mustaxkamlanadi. Stanina 5 da eksentrik val 4 ni xarakatga keltiruvchi elektrodvigatel 6 o'rnatilgan. Aylanma xarakatdan tashqari kulisa 7 yordamida stolcha 4 aylanma – ilgari xarakat qiladi elaklarni vertikal yonalishda silkish uchun kopkok 1 ga vaqti -vaqti bilan richag 9 urib to'radi.

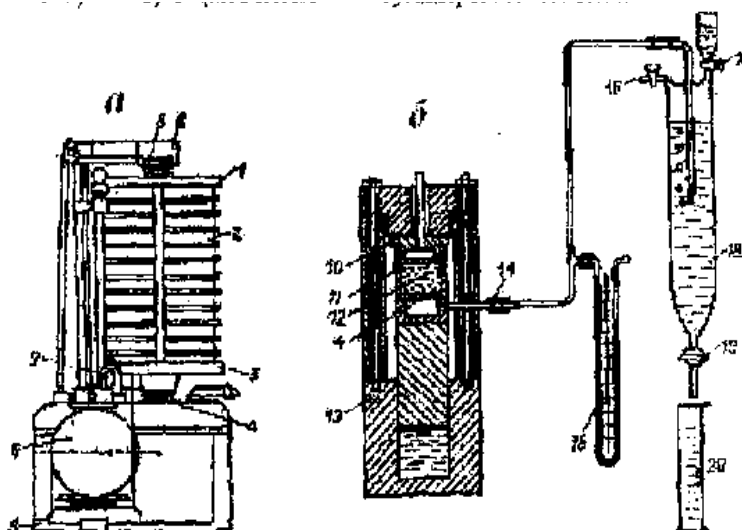
18.2b-rasmda kukunning solishtirma yuzasini o'lchaydigan sxema keltirilgan. Qurilmaning asosiy kismi dispers qatlamning bo'shligi, balandligi 12 ni aniqlaydigan o'lchov gilza 11 xisoblanadi. Qatlamdagi bosimlar farqini aniqlashda suvli manometr 15, Mariotta idishi 18 va o'lchovli silindr 20 xizmat qiladi. O'lchov gilzasi laboratoriya gidravlik press 13 ga joylashtiriladi va plunjer 10 bilan yopiladi.

Ishni bajarish tartibi

Elakli saralash tahlili. Kukunsimon materialning namunasini (100-200g) yuqoridagi elakga joylashtiriladi, 1 qopqoq bilan yopiladi va mexanik saralash stolcha 3 da vintlar 8 bilan mustahkamlanadi (18.2a-rasm). Elektrodvigatel 6 yokiladi va 20-30 min davomida elash tugagandan so'ng tegishli elakdagi xar bir fraksiya texnikaviy tarozida

0,01 g aniqlikgacha tortiladi va hisobot jadvaliga kiritiladi. Xamma fraksiyaning yig'indisi taxlil uchun olingan dastlabki namunaning massasidan 2% dan ko'p fark kilmasligi kerak.

Kukunning solishtirma yuzasini aniqlash. Aniqligi 0,01 g gacha tortilgan kukunning namunasi gilza 11 ga joylashtiriladi. Dispers materialning namunasi 12 shunday tanlanishi kerakki (kukunsimon yoki changsimon) u gilzaning 1/3 - 1/2 xajmini to'ldirishi lozim.



18.2-rasm. Qurilmaning sxemasi

a) – mexanik elash uchun moslangan 028M qurilmaning sxemasi; b) – xavo o'tish usuli b-n zarrachalarning solishtirma yuzasini aniqlashga moslangan qurilmaning sxemasi; 1- qopqoq; 2 – elaklar to'plami; 3 – stolcha; 4 – eksentrikli val; 5 – stanina; 6 – elektrodvigatel; 7 – kulisa; 8 – vint; 9 – richag; 10 – plunjer; 11 – gilza; 12 – dispers material; 13 – gidravlik press; 14 – shlang; 15 – suvli manometr; 16, 17, 19 – jo'mraklar; 18 – Mariotta idishi; 20 – o'lchovli silindr.

Dastlab gilza tubiga filtrlovchi kogoz joylashtiriladi. Gilzaga solingan kukunning ustiga ikkinchi filtrlovchi kog'oz, so'ngra plunjer 10 bilan yopiladi. Gilza qo'l gidravlik pressi 13 ga qo'yilib 3-4 MPa bosimgacha presslanadi.

Presslangan materialning qatlami gilzaning shkalasi bo'yicha o'lchanadi. So'ngra gilza vakuum shlangi 14 bilan qurilmaning o'lchov kismiga ulanadi. Xamma o'lchovlar atrof muxitning temperato'rasi doimiy (20-25°S) bo'lganda bajariladi. O'lchovlar paytida temperato'ra 0,2°S dan yuqori kutarilishi mumkin emas. Mariotta idishi 18 xona temperato'rasiga teng bo'lgan distillangan suv bilan 16,17 jo'mraklar yordamida to'ldiriladi. Idish to'ldirilgandan so'ng 16, 17 jo'mraklar yopiladi. Agar 19 jo'mrak yoki shishali otvodda havo pufakchalari qolgan bo'lsa, unda 16 va 19 jo'mraklarni ochib suvni tushirib chiqarib yuborish kerak.

Qurilmaning o'lchov kismi tayyor bo'lganidan so'ng gilza 11 vakuum shlang 14 ga ulanganligi tekshiriladi va xavoni dispers material qatlamidan filtrlash tezligi

o'lanadi.

Kran 19 ochiladi va sekondomer yordamida vaqt belgilanadi. Suv idish 18 dan silindr 20 ga sistema va atmosfera bosimlar farqi tufayli oqib tushadi. Atmosfera bosimi simob barometri yordamida o'lanadi. Vaqt bo'yicha xavoni filtrlash tezligi Mariotta idish 18 dan suvning ma'lum xajmi okib chiqqanidan aniqlanadi. To'rtli dispers materiallar namunasi uchun o'lchovlar 2-3 marotaba takrorlanadi va xisobot jadvaliga kiritiladi.

Tajriba natijalarini xisoblash va xisobot tuzish

Elakli saralash taxlili.

Hisobot jadvali natijalari bo'yicha 18.1 a va b grafiklari tuziladi.

$\left(\frac{M_i}{M_y}\right) \cdot 100$ nisbatan fraksiyadagi donalarning massaviy ulushi aniqlanadi. bu erda M_i – elakdagi kukunning massasi, g; M_y – dastlabki kukun namunasining massasiga teng bo'lgan xamma fraksiyalarning umumiy massasi, g.

Zarrachalarning o'rtacha diametri d_{urt} (18.1), chetlanish koeffitsienti R_{ch} esa (18.2) formuladan topiladi.

Solishtirma yuzani aniqlash.

O'lchovsiz o'tkazuvchanlik koeffitsientiga R_1 bog'liq bo'lgan xolda zarrachalar qatlamidan xavo oqimini qovushqoq oqish ma'lumotlaridan solishtirma yuza S_k (sm^2/sm^3) quyidagi formulalar yordamida aniqlanadi:

$$P_1=3 \div 100 \quad S_k = 8,73 \cdot 10^4 \frac{\varepsilon^2}{1-\varepsilon} \sqrt{\frac{1}{K_y \Pi_1^{0,26}}} \quad (18.10)$$

$$P_1=0,1 \div 3 \quad S_k = 1,2 \cdot 10^5 \frac{\varepsilon^2}{1-\varepsilon} \sqrt{\frac{1}{K_y \Pi_1^{0,83}}} \quad (18.11)$$

$$P_1>100 \quad S_k = 4,7 \cdot 10^4 \frac{\varepsilon^2}{1-\varepsilon} \sqrt{\frac{1}{K_y}} \quad (18.12)$$

(18.10) – (18.12) tenglamalarda bo'shliq ε quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi:

$$\varepsilon = 1 - M_m / (\rho_m V_m)$$

bu erda M_m – dispers materialning namunasi, g; ρ_m – materialning zichligi, g/ sm^3 ; V_m – gilza 1 l da presslagandan so'ng materialning egallagan hajmi, sm^3 ; $V_m = F \cdot L$; F – gilzaning ko'ndalang kesim yuzasi ($4,906 \text{ } sm^2$); L – presslangan kukun qatlamining balandligi, sm.

O'tkazuvchanlik (filtratsiyalash) koeffitsienti K_u :

$$K_u = R_1 V_{suv} L / (\Delta P F \tau)$$

bu erda R_1 – kukun qatlamining o'rtasidagi bosim, Pa ($R_1 = R_{atm} - \Delta R/2$; R_{atm} – atmosfera bosimi, Pa); V_{suv} – okib utgan suvning xajmi, sm^3 ; ΔR – manometr 15 dagi bosimlar farki; τ – xajmi o'lgan suvning oqib tushgan vaqti, s.

O'lchovsiz o'tkazuvchanlik ko'effitsienti R_1 :

$$R_1 = 6,585 \cdot 10^{-4} K_u / \varepsilon$$

bu erda 6,585 – 20°S da xavo uchun ρ/μ nisbati; ρ – kg/m³, μ – Pa·s.

Hisobot o'z ichiga quyidagilarni kiritish kerak: 1) vazifa;
spetsifikatsiyasi bo'lgan qurilmaning sxemasi; 3) xisobot jadvallari;
hisobotlar; 5) grafik bog'liqlar.

2)

4) kerakli

18-1 jadvali

Elak raqami	elakdagi teshiklar o'lchami, mm	Elakdagi donlarning o'rtacha o'lchamlari, mm	Fraksiyalar bo'yicha zarrachalarning taqsimlanishi		Integral xarakteristikalar			
					Elakdagi qoldiq		Elakdan o'tish	
			g	%	g	%	g	%
2,5								
1,6								
1,0								
...*								
Tub						**		
Jami						100		

Ishning ikkinchi kismida xisobot jadvali xisoblangan va o'lchalgan kiymatlarni kiritishi kerak: o'lchov rakamini, kukun namunasini (Mg, g), o'lchovdan oldin va o'lchovdan so'nggi xavoning temperaturasi (t, °S); o'lchov vaqti (τ , s), okib tushgan suvning xajmi (V_{suv} , sm³); kukun qatlamining orasidagi bushlik (ε); kukun qatlamidagi bosimlar farqi (ΔR – sm s.u. xisoblash va Pa aylantirish); qatlam oldidagi bosm (R, sm s.u., Pa); qatlamning tuzilish va oqimning fizikaviy xususiyatlarining (P_1) ko'effitsienti, qatlamning o'tkazuvchanligi (K_u) yoki filtrlash ko'effitsienti; kukunning solishtirma yuzasi (S_k va S_{sol} sm²/sm³).

Nazorat savollari

1. Maydalangan materialning dispersligini kandy kattaliklar bilan xarakterlash mumkin?

2. Elaklar o'lchovini past chegarasini ayting.

Elaklar rakami: 0,63; 0,4; 0,315; 0,2; 0,16; 0,1; 0,063; 0,05.

Tajriba vaqtida bo'lgan yokotishlar xam kiritiladi.

3. O'lchamlariga qarab materialning zarrachalarini taxsimlanish differensial va integral egri chiziqlari kandy tuziladi?

4. Zarrachalarning o'rta o'lchalgan diametri d_{urt} kandy aniqlanadi?

5. CHetlanish ko'effitsienti R_{ch} kandy aniqlanadi?

6. Havo dispers qatlam orasida xarakat qilaetganda qachon Puazeyl qonunidan chetlanish paydo bo'lgan?

7. Mayda dispers qatlam orasida xavoni zarrachalar yuzasidan sirpanish effektining paydo bo'lishini qaysi koeffitsient tufayli bilish mumkin?
8. GOST talablari buyicha elaklarning xususiyatlarini aytib bering.
9. Kanday usullar yordamida nokristallik zarrachalarning (shu jumladan yopishqoq, loyqali va x.) o'lchovlarini aniqlash mumkin?

ADABIYOTLAR

1. Kasatkin. A.G. Основные процессы и аппараты химической технологии. - М.: Химиya, 1973. – 727 s.
2. YUsupbekov N.R., Nurmuxamedov X.S., Ismatullaev P.R. Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarning jarayon va qurilmalari fanidan xisoblar va misollar. - Toshkent, Nisim, 1999. – 351 b.
3. Gelperin.N.I. Основные процессы и аппараты химической технологии. - М.:Химиya, 1981. – kn.1. - 410 s.
4. Pavlov. K.F, Romankov. P.G, Noskov. A.A. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. - Л.: Химиya, 1981. – 575 s.

NAVOIYDAVLATKONCHILIKINSTITUTI
KIMYO-METALLURGIYAFAKULTETI

“KIMYOVIYTEXNOLOGIYA” KAFEDRASI

“KIMYOVIY TEXNOLOGIYAJARAYONVAQURILMALARI”

fanidan

**TALABALARNINGMUSTAQILISHLARINI
BAJARISHIGAOID**

USLUBIYKO‘RSATMALAR

Navoiy – 2020

“Kimyoviytexnologiya” kafedrası

Majlisida muhokamaqilinganvama’kullangan.

(2020yil«26» avgust , 1-sonlibayonnomasi)

Tuzuvchilar: prof. Baxronov X.SH.
 Xudoyberdieva N.SH.

Taqrizchilar: prof. Umirov F.E.

 prof. Nurmurodov T.I.

1. Mustaqilta'limning maqsadivamazmuni

5320400-«Kimyoviy texnologiya», 5311000-«Texnologik jarayonlar va ishlab chiqarishni avtomatlashtirish va boshqarish» yo'nalishida ta'lim olayotgan talabalarga mo'ljallangan. Mustaqilishni bajarish talabaning auditoriyamashg'ulotlaridan olingan nazariy bilimlariga qo'shimchabo'lib, talabalarga o'quvko'nikmalarini egallashga, ijodiy fikrlashni shakllantirishga, ilmiy intilishga imkon beradi.

Mustaqilish talabaning o'rganilayotgan mavzular bo'yicha adabiyotlarni tahlil etishdan, turli avtorlarni konsepsiyasini tanqidiy baholashdan hamda o'zining munosabatidan iborat. Mustaqilishni bajarishning asosiy vazifalari quyidagilardan iborat:

- ishning mavzusini bo'yicha amaliy ma'lumotni yig'ish hamda uslubiy material va adabiyotlar bilan mustaqilishlash ko'nikmalarini rivojlantirish;
- o'rganilayotgan fan sohasida tajriba olib borish, izlanish, tahlil qilish uslubiyotini egallash;
- ma'lumotlarni tahlil qilish natijasidan ilmiy asoslangan xulosalar, takliflar shakllantirish.

2. Mustaqilta'limni tashkilotish

Mustaqilishni mavzusini tanlash.

Mavzuni tanlash uchun talaba quyidagi topshiriqlarni bajarish yordam beradi:

- fanlarni o'rganish jarayonida paydobo'ladigan muammolarni aniqlash;

-

fanlar bo'yicha maxsus kunlik yoki haftalik jurnallar va chop etilgan maqolalarni analitik materiallar bilan tanishish.

2. Ishchirejatuzish va bajarilishini nazorat qilish

Mustaqilish rahbarlari talabalar bilan birgalikda topshiriqlar va uning bajarilishini grafigi ishlab chiqiladi. Mustaqilishning bajarish grafigi kafedra mudiriga muvofiq monidantasiqlanadi.

Ishning asosiy bosqichi

topshiriqlar asosida talaba monidantuziladigan kengaytirilgan ishchireja hisoblanadi.

Reja ning asosiy parametrlari bajarish muddatlaridir. Reja rahbar bilan kelishiladi.

Ishreja muammoni tahlil etish davomida adabiyotlar va mavzudagi materiallarni asosida qimano'zgarish imkonidir.

4. Mustaqilta'limni tayyorlashdagi majburiyatlar

Kafedra ning asosiy majburiyatlari:

- mustaqilish mavzularini tanlashda talabalaraga yordam ko'rsatish;
- ish rahbarlarni taqsimlash, tanlash va tasdiqlashga va bajarilishini nazorat qilish;
- mustaqilishlarni tayyorlash grafigini tasdiqlashga va bajarilishini nazorat qilish;
- mustaqilishlarga qiz berish sifatini nazorat qilish.

Mustakil ta'limni tashkil etishning shakli va mazmuni

Talaba mustakil ta'limning asosiy maksadi - o'qituvchining rahbarligi va nazoratida

muayyan o'quv ishlarini mustaqil ravishda bajarish uchun bilim va ko'nikmalarni shakllantirish va rivojlantirish.

Talaba mustakil ta'limni tashkil etishda quyidagi shakllardan foydalaniladi:

- ayrim nazariy mavzularni o'quv adabiyotlari yordamida mustakil o'zlashtirish;
- berilgan mavzular bo'yicha axborot (referat) tayyorlash;
- nazariy bilimlarni amaliyotda qo'llash;
- maket, model va namunalar yaratish;
- ilmiy makola, anjumanga ma'ruza tayyorlash va x.k.

“KIMYOVIY INJINIRING JARAYONVAQURILMALARI”
fanidan tavsiya etilayotgan mustaqil ishlarning mavzulari
Mustaqil ta'lim mavzulari

T/r	Mustaqil ta'lim mavzulari	Reyting bali	Kerakli adabiyotlar	Izoh
1.	Kimyoviy texnologiya jarayonlari turlari. Fizik kattaliklarning ulchov sistemalari. Mashina va qurilmalarga qo'yiladigan talablar.	1	[1,5,6,7,8,]	
2.	Kursning strukturasi va jarayonlarning turlari. Jarayonlarning klassifikatsiyasi.	1	[1,5,6,7,8,]	
3.	Suyuqlik harakati rejimlari. Reynolds kriteriysi va soni. Laminar xarakat konunlari. Turbulent harakat rejimi.	1	[1,5,6,8,11]	
4.	Truba quvurlari diametrini hisoblash. Nasadka va teshiklar orkali suyuqlik oqib chiqishi. Sarf koeffitsienti.	1	[1,5,6,7,8,]	
5.	Eyler differensial tenglamasi. Hidrostatikaning asosiy tenglamasi. Bosim xakida tushuncha.	1	[1,5,6,7,8,12]	
6.	Maxsus nasoslar. Rotorli nasoslar, plastinali - rotorli nasoslar. Vintli nasoslar, okimli nasoslar, monteju, propellerli nasoslar. Gazlift, erlift.	1	[1,5,6,7,8,]	
7.	O'qli kompressorlar. Porshenli vakuum-nasoslar. Rotorli plastinali va suv xalqali vakuum-nasoslar. Kompressorlarni takkoshlash va tanlash.	1	[1,5,6]	
8.	Tomchili va elastik suyuqlarining fizik xususiyatlari. Ideal suyuqlik haqida tushuncha. Hidrostatikaning asosiy tenglamasi. Tinch holat suyuqligidagi bosim.	1	[1,5,6,7,8,]	
9.	Muvozanat holatdagi turgan suyuqlik uchun Eylerning differensial tenglamasi. Tinch holat suyuqligidagi bosim.	1	[1,5,6,8,11]	

10.	Gidrodinamika. Suyuqliklarning turg'un va noturg'un harakati. Suyuqlik oqimining uzluksiz tenglamasi. Sarf tenglamasi.	1	[1,5,6,8,11]	
11.	Nyutonning ichki ishqalanish qonuni. Reynolds tajribalari. Laminar, o'tish va turbulent rejimlari. Reynold kriteriysi va uning fizik ma'nosi.	1	[1,5,6,7,8,]	
12.	Harakatdagi suyuqliklar uchun Eylerning differensial tenglamasi. Bernulli tenglamasi, fizik va energetik ma'nosi.	1	[1,5,6]	
13.	O'xshashlik nazariyasi. Fizik modellash. Asosiy o'xshashlik nazariyasi. O'xshashlik teoremasi. Matematik modellash.	1	[1,5,6,8,11]	
14.	Matematik modellash. EHM erdamida modellash. Passiv i aKTiv tajriba. Tajribalarni rejalashtirish.	1	[1,5,6,7,8,]	
15.	Jarayonlarni tasvirlashning tajribaviy-statistik usullari va klassifikatsiyasi.	1	[1,5,6,8,11]	
16.	Suyuqliklar harakati. Oqim tenglamalari. Haqiqiy suyuqliklar harakatini ifodalovchi Nave-Stoksning differensial tenglamasi. Gidrodinamik o'xshashlik kriteriyalari va ularning fizik ma'nosi.	1	[1,5,6,7,8,]	
17.	Gidravlik qarshiliklari. Truba quvurlarining gidravlik qarshiliklari. Laminar va turbulent rejimlarda ishqalanish tufayli yo'qotilayotgan napor va bosim. Mahalliy qarshiliklar. Donador katlamning gidravlik karshiligi.	1	[1,5,6,8,11]	
18.	Mavhum qaynash qatlamning gidrodinamikasi. Donador materiallarning mavxum kaynashi. Mavhum qaynash qatlami xolatlarining turlari.	1	[1,5,6,7,8,]	
19.	Mavhum qaynash boshlanishi va uchib chiqish tezliklari. Mavhum qaynash qatlamining $R = f(W)$ grafiki.	1	[1,5,6,8,11]	
20.	Turli jinsli sistemalar va ularni ajratishning gidromexanik usullari. Ajratish usullarining klassifikatsiyasi.	1	[1,5,6,8,11]	
21.	Og'irlik va bosimlar farqi kuchlari yordamida ajratish. CHang va suspenziyalarni filtrlash. Jarayonning nazariy asoslari.	1	[1,5,6,7,8,]	
22.	Filtrlash jarayoniga bosimlar farqi va suspenziya temperaturasining filtrlash jarayonining tezligiga ta'siri. Filtrlash jarayoni davrlari. Filtr to'siqlar xarakteristikalar va turlari.	1	[1,5,6]	
23.	Sanoat filtr to'siqlarining turlari va ularning klassifikatsiyasi. Filtrlarni hisoblash. Markazdan qochma kuch ta'sirida ajratish. Siklon va gidrotsiklonlar.	1	[1,5,6,8,11]	

24.	Sentrifugalash. Ajratish faKTori. Suspenziya va emulsiyalarni ajratish uchun sentrifuga turlari va ular klassifikatsiyasi.	1	[1,5,6,8,11]	
25.	Gazlarni yuvib tozalash. Ko‘pikli qurilmalar, skrubberlar. EleKTr maydoni ostida ajratish va eleKTrofiltrlar.	1	[1,5,6,7,8,]	
26.	Turli jinsli sistemalar. Aralashtirish. Suyuqliklarni aralashtirish. Gaz, suyuqlik va qattiq zarrachalarni suyuqlik bilan aralashtirish usullari.	1	[1,5,6,8,11]	
27.	Aralashtirgichlar va sarf bo‘ladigan energiya. Aralashtirish jarayonining effeKTivligi va intensivligi.	1	[1,5,6,7,8,11,1]	
28.	Tindirish va chuKTirish qurilmalari. Eshkak aralashgirgichli, uzluksiz ishlaydigan tnndirgich.	1	[1,5,6,7,8,]	
29.	Filtrlash jarayonining nazariy asoslari. Filtrlash jarayonini intensivlash. Filtrlarni hisoblash.	1	[1,5,6,7,8,]	
30.	Xalkachali kompressorlar. Markazdlan kochma prinsipda ishlaydigan mashinalar. Nasos va kompressorlarni tanlash. Filtrlash apparatlari. Filtrlarning turlari va ularni xisoblash.	1	[1,5,6]	
31.	Suyuklik sistemalarini ajratish. CHo‘ktirish . CHo‘kish tezligi. CHuKTiruvchi apparatlar. Patronli filtr. Filtr–presslar. Barabanli vakuum-filtr. Filtrlarni xisoblash.	1	[1,5,6,7,8,]	
32.	CHuKTiruvchi sentrifuga. Tarelkali separatorlar. Filtrlar yordamida tozalash. Suyuklik bilan yuvib gazlarni tozalash. Elektr maydon ta’sirida chuktirish.	1	[1,5,6]	
33.	Siklonlar. Batareyali siklon. Gazlarni govakli tusiklarda tozalash. Batareyali engli filtr. Gazlarni suyuklik bilan yuvib tozalash.	1	[1,5,6,7,8,]	
34.	Mavhum kaynash jarayoni asoslari va gidrodikamikasi. Mavhum qaynash katlamli qurilmalar.	1	[1,5,6,7,8,]	
35.	Mmbranalarni tozalash usullari. Membranali qurilmalar tuzilishi va ishlash prinsipi. Membranali jarayon va qurilmalarni xisoblash.	1	[1,5,6,7,8,]	
36.	Issiqlik o‘tkazuvchanlikning differensial tenglamasi. Tekis devorning issiqlik o‘tkazuvchanligi. Silindrik devorning issiqlik o‘tkazuvchanligi.	1	[1,5,6,7,8,12]	
37.	SHarsimon devorning nssiklik o‘tkazuvchanligi. Murakkab shaklli jismlar issiqlik o‘tkazuvchanligi.	1	[1,5,6]	
38.	YUkori temperaturali organik suyuklik va ularning bug‘lari bilan isitish. Tuyingan suv bugi	1	[1,5,6,7,8,12]	

	bilan isitish. Tutun gazlari bilan isitish.			
39.	EleKTr toki bilan isitish. Kondensatsiyalash. Atrof muxit temperaturasidan past temperaturagacha sovitish.	1	[1,5,6,7.8,12]	
40.	Issiklikning utishi. Issiklik protseslarining xarakatlaniruvchi kuchi. Issiklik utkazish prsseslarini intensivlash.	1	[1,5,6,7.8,12]	
41.	Kuchsiz bug bilan isitish. Issik suv bilan isitish. Tutun gazlari bilan isitish. YUkori temperaturali moddalar bilan isitish. Mineral moylar bilan isitish. Organik suyukliklar bilan isitish.	1	[1,5,6,7.8,12]	
42.	Tuzlar bilan isitish, eleKTr toki bilan isitish. Oddiy temperaturalargacha sovitish. Bug'larni kondensatsiyalash. Sirtiy aralashtiruvchi kondensatorlar.	1	[1,5,6]	
43.	Issiqlik almashinish apparatlarining boshqa turlari. Sirtiy issiqlik almashinish apparatlarining hisobi. KonstruKTiv xisobi. Gidravlik xisobi.	1	[1,5,6,7.8,12]	
44.	Texnologik jarayonlarda issiqlik o'tkazish. Issiqlik balansi. Issiqlik o'tkazuvchanlik, uni koeffitsienti va differensial tenglamasi. Fure qonuni.	1	[1,5,6,8,11]	
45.	Konvektiv issiqlik berish. Nyuton formulasi. Issiqlik berish va o'tkazish koeffitsientlari.	1	[1,5,6,7.8,12]	
46.	Issiqlikning nurlanishi. Issiqlik berish bo'yicha tajribaviy ma'lumotlar. Issiklik tashuvchi eltkichning agregat holati o'zgargan davrda issiqlik berishi.	1	[1,5,6,8,11]	
47.	Bug' kondensatsiyasidagi issiqlik berish. Plenkali kondensatsiyalanish. Issiqlik o'tkazish koeffitsienti. O'rtacha temperaturalar farqi.	1	[1,5,6,7.8,]	
48.	Issiqlik almashinish qurilmalarining konstruksiyalari. Qurilmalarning asosiy o'lchamlarini hisoblash. Qurilma va truba quvurlarining issiqlik izolyasiyasi.	1	[1,5,6,7.8,]	
49.	Massa almashinish asoslari. Massa almashinish jarayonlari va turlari. Fazalar qoidasi.	1	[1,5,6]	
50.	Molekulyar va konvektiv diffuziya. Diffuzion chegaraviy qatlam. Diffuzion jarayonlarning o'xshashligi va kriteriylari.	1	[1,5,6,7.8,12]	
51.	Nonyuton suyukliklar. Okimchali mavxur aynash	1	[1,5,6,8,11]	
52.	Filtrlash jaraenini intensivlash usullar arrachalarni yiriklashtirish va koagulyasiya kilish.	1	[1,5,6,7.8,]	
53.	Teskari osmos va ultrafiltrlash jarayonining nazariy asoslari. Bug va bug-gaz aralashmalarining kondensatsiyalash	1	[1,5,6,7.8,]	

54	Suyukliklarning kaynashi. Jarayonini kritik temperaturalari va ularni xisoblash formulalari. Kriogen suyukliklarning kaynashi	1	[1,5,6]	
55	Kaynash jarayonini intensivlash. Samaradorlik almashinish trubalarining konstruksiyalar perspektiv issiklik almashinish kurilmalari.	1	[1,5,6,7.8,12]	

1. Isitish, bug‘lanish, sovitish va kondensatsiyalash.
2. Temperatura maydoni va gradienti.
3. Turli materiallar issiqliko‘tkazuvchanligi va ularning issiqliko‘tkazuvchanlik koeffitsientlari.
4. Isitish, bug‘lanish, sovitish va kondensatsiyalash.
5. Injektorli va turbokompressorli bug‘latishqurilmalari konstruksiyalari, ishlash prinsipi, afzallik va kamchiliklari;
6. Massa almashinish asoslari. Fazalar koidasi.
7. Massa o‘tkazishning asosiy konunlari.
8. Massa almashinish jarayoni mexanizmi;
9. Massa almashinish asoslari.
10. Fazalar koidasi.
11. Massa o‘tkazishning asosiy konunlari.
12. Massa almashinish jarayonlarining modellari;
13. Massa almashinish asoslari. Fazalar koidasi.
14. Massa o‘tkazishning asosiy konunlari.
15. Kolonnali qurilma tarelkalarining konstruksiyalari;
16. O‘xshashlik nazariyasi asoslari va ulchov birliklar taxlili.
17. Modellastirish prinsiplari. Modifikatsiyalashgan va xosila.
18. O‘xshashlik kriteriylari.
19. Nonyuton suyuqliklar okimi.
20. Truba quvurlari diametrini hisoblash.
21. Ion almashinish jarayonlarn.
22. Desorbsiya.
23. Desorberlar konstruksiyalari, ishlash prinsipi, afzallik va kamchiliklari.
24. Filtrlash jarayonini intensivlash.
25. Listli va romli filtrlar konstruksiyasi, ishlash prinsipi, afzallik va kamchiliklari.
26. Gazlarni yuvib tozalash.
27. Ko‘pikli chang ushlagichlar konstruksiyasi, ishlash prinsipi, afzallik va kamchiliklari.
28. Ikki fazali okimlar gidrodinamikasi.
29. Diafragmali nasos konstruksiyasi, ishlash prinsipi, afzallik va kamchiliklari
30. Qurilmada suyuqlik bo‘lish vakti taqsimoti va oqimlar tuzilishi.

6. Ilmiy rahbar majburiyatlari

- mustaqilish bajarish uchun talabalarga topshiriqishlab chiqish;
- ish rejasi tuzishda hamda adabiyotlarni tanlashdagi kerakli yordam ko'rsatish;
- tasdiqlangan grafik asosida konsultatsiya uyushtirish, material yig'ishda, uning tahlilida, umumlashtirishdagi qo'llashdagi maslahatlar berish;
- tasdiqlangan grafik asosida mustaqilish tayyorlash jarayonida talabalar bilan muntazam uchrashuvlar va suhbatlar o'tkazish;
- mustaqilish tayyorlash grafigini bajarilishi hamda sifatini nazorat qilishni amalga oshirish;
- mustaqilish tayyorlash jarayonida tashkiliy va uslubiy yordam ko'rsatish;
- taqriz berish.

7. Talabalarning majburiyatlari

- mustaqilishning o'z mavzusini (kafedra namoyishiasosida) kelishib olish;
- ilmiy rahbar bilan mustaqilish bajarish grafigini kelishish va unda ko'rsatilgan muddatlar ga amal qilish.

Belgilangan muddatlarda kafedra mustaqilish haqidagi hisobot taqdim etish.

Oraliq nazoratlar savollari

I – oraliknazoratsavollari

1. Fanning maksad va vazifalari.
2. «Asosiy texnologik jarayonlar va kurilmalar» fanining kelib chikishi va rivojlanishi.
3. Asosiy jarayon turlari: a) gidromexanik jarayonlar; b) issiklik almashinish jarayonlari; v) modda almashinish jarayonlari yoki diffuzion jarayonlar; g) mexanik jarayonlar; d) kimyoviy va biokimyoviy jarayonlar.
4. Mashina va kurilmalarga kuyiladigan talablar.
5. Suyukliklarning asosiy fizikaviy xossalari.
6. Zichlik, solishtirma ogirlik, kovushoklik, sirty taranglik, issiklik sigim s.
7. Issiklik utkazuvchanlik λ .
8. Uxshashlik nazariyasi asoslari.
9. Suyuqlik harakatining asosiy xarakteristikalar.
10. Suyuqlik harakatining asosiy xarakteristikalar.
11. Gidravlik radius va ekvivalent diametr.
12. Oqimniig uzluksizlik tenglamasi.
13. Suyuqlik harakatining Eyler differensial tenglamasi.
14. Haqiqiy suyuqlik oqimi uchun Bernulli tenglamasi.
15. Suyuklik xarakatining Nave-Stoke differensial tenglamasi.
16. Bernulli tenglamasiniig amaliy kullanilishi.
17. Suyuqlik tezligi va sarfini ulchash prinsiplari.
18. Suyuqlik harakati rejimlari.
19. Laminar xarakat konunlari.
20. Turbulent xarakat rejimi.
22. Kuvurlarda gidravlik karshiliklar.
23. Kovushok, suyuqlik xarakatining kriterial tenglamalari.
24. Ishkalanish karshiligi.
25. Maxalliy karshiliq
26. Truba quvurlari diametrini hisoblash.
27. Nasadka va teshiklar orkali suyuqlik oqib chiqishi.
28. Suyukliklarni sikish va uzatish. Nasoslar.
29. Nasoslar klassifikatsiyasi.
30. Nasoslarning asosiy parametrlari.
31. Surish balandligi.
32. Markazdan kochma nasoslar.
33. Markazdan kochma nasoslarning ishlash prinsipi.
34. Markazdan qochma nasoslar xarakteristikalar.
35. Nasosning tarmokdagi ishi.
36. Nasoslarni birgalikda ishlashi.
37. Gazlarni sikish va uzatish.
38. Kompessorlar.
39. Gazlarni siqish jarayonining termodinamik asoslari.
40. Gazlarni siqish jarayoni.
41. Porshenli kompessorlar.
42. Rotorli kompessorlar.
43. Suv xalkachali rotorli kompessorlar.
44. Ikki parrakli rotor kompessorlar (gazoduvkalar).

45. Markazdan kochma tipdagi kompressorlar.
46. Dinamik kompressorlar.
47. Markazdan qochma ventilyatorlar.
48. Turbogazoduvkalar.
49. Vintli kompressorlar.
50. O'qli kompressorlar.
51. Porshenli vakuum-nasoslar.
52. Rotorli plastinali va suv xalqali vakuum-nasoslar.
53. Kompressorlarni takkoshlash va tanlash.
54. Turli jinsli sistemalar klassifikatsiyasi.

II – oralik nazorat savollari

55. Ajratish usullari.
56. Ajratish jarayonining moddiy balansi.
57. Tindirish va chuktirish.
58. Ogirlik kuchi ta'sirida chuktirish.
59. Suspenziya konsentratsiyasi va zarrachalar shaklining chukish tezligiga tasiri.
60. Markazdan kochma kuch ta'sirida chuktirish.
61. Tindirish va chuktirish qurilmalari.
62. Eshkak aralashgirgichli, uzluksiz ishlaydigan tindirgich.
63. Filtrlash. Umumiy tushunchalar.
64. Filtrlash turlari. Filtrlash jarayonining nazariy asoslari.
65. Filtrlash jarayonini intensivlash. Filtrlarni hisoblash.
66. Gazlarni tozalash. Umumiy tushunchalar.
67. Ogirlik kuchi ta'sirida gazlarni tozalash.
68. Inersion va markazdan kochma kuchlar ta'sirida gazlarni tozalash.
69. Siklonlar. Batareyali siklon.
70. Gazlarni govakli tusiklarda tozalash.
71. Batareyali engli filtr.
72. Gazlarni suyuqlik bilan yuvib tozalash.
73. Mavxum kaynash katlamining gidrodinamikasi. Umumiy tushunchalar.
74. Mavhum kainash jarayoni asoslari va gidrodinamikasi.
75. Mavxum qaynash katlamli qurilmalar.
76. Diffuzion - membranali jarayonlar.
77. Membrana orkali bug'lanish.
78. Termomembrana jarayonlari.
79. Membranalarni tozalash usullari.
80. Membranali qurilmalar tuzilishi va ishlash prinsipi.
81. Membranali jarayon va qurilmalarni xisoblash.
82. Issiqlik o'tkazish. Umumiy tushunchalar.
83. Issiqlik balansi.
84. Temperatura maydoni va gradienti.
85. Issiqlik o'tkazuvchanlikning differensial tenglamasi.
86. Tekis devorning issiqlik o'tkazuvchanligi.
87. Silindrik devorning issiqlik o'tkazuvchanligi.
88. Sferik devorning issiqlik o'tkazuvchanligi.
89. Murakkab shaklli jismlar issiqlik o'tkazuvchanligi.
90. Issiqlik utkazish jarayoni.

91. Silindrik devorning issiqlik o'tkazishi.
92. Issiqlik almashinish jarayonlarini xarakatga keltiruvchi kuch.
93. Issiklik eltkichlar temperaturalarining o'zgarish sxemasi.
94. Isitish, nurlanish, sovitish va kondensatsiyalash. Umumiy tushuncha.
95. Bug bilan isitish.
96. Issik suv bilan isitish.
97. YUkori temperaturali organik suyuklik va ularning bug'lari bilan isitish.
98. Tuyingan suv bugi bilan isitish.
99. Tutun gazlari bilan isitish.
100. Elektr toki bilan isitish.
101. Kondensatsiyalash.
102. Atrof muxit temperaturasidan past temperaturagacha sovitish.

Yakuniy nazorat savollari

1. Suyuklik tezligi va sarfini o'lchash
2. Gazlarni tozalash
3. Filtr-presslar
4. Suyukliklarni sikish va uzatish
5. Turli jinsli sistemalarni ajratish
6. Fizik kattaliklarning ulchov sistemasi
7. Nasoslarning turlari va asosiy parametrlari
8. Suyukliklar xarakatini tafsiflovchi asosiy kattaliklar
9. Xalkaro birliklar sistemasi
10. Asosiy jarayonlarning turlari
11. Tindirgichlar
12. Gazlarni tozalash. Siklonlar
13. Siklonlar
14. Kup jinsli sistemalarni ajratish uchun perspektiv texnika
15. Mexanik aralashtirish
16. Suyukliklarni aralashtirish
17. Markazdan kochma tipdagi nasoslar
18. Xaydash jarayoni va uskunalari
19. Kimyoviy kurilmalardi issiklik utkazish asoslari.
20. Issiklik utkazuvchanliq
21. Issiklik utkazishning asosiy tenglamasi.
22. Temperatura maydoni va gradienti.
23. Fure konuni.
24. Tekis devorning issiklik utkazuvchanligi.
25. Konvektiv issiklik almashinish.
26. Agregat xolatning uzgarishida issiklik berishi.
27. Bugning kondensatsiyalanishi.
26. Suyuklikning kaynashi.
27. Donador materiallar katlamida issiklikning tarkalishi.
28. Issiklikning utishi.
29. Issiklik protsesslarining xarakatlantiruvchi kuchi.
30. Issiklik utkazish protsesslarini intensivlash.

31. Isitish, sovitish, kondensatsiyalanish.
32. Suv bugi va issik suv bilan isitish.
33. Kuchsiz bug bilan isitish.
34. Issik suv bilan isitish.
35. Tutun gazlari bilan isitish.
36. YUkori temperaturali moddalar bilan isitish.
37. Minaral moylar bilan isitish.
38. Organik suyukliklar bilan isitish.
39. Tuzlar bilan isitish, elektr toki bilan isitish.
40. Oddiy temperaturalargacha sovitish.
41. Buglarni kondensatsiyalash.
42. Sirtiy va aralashtiruvchi kondensatorlar.
43. Issiklik almashinish kurilmalari.
44. Trubali, zmeevikli, kojux-trubali issiklik almashinish kurilmalari.
45. Plastinali, spiralsimon, gilofli, kirrali issiklik almashinish kurilmalari.
46. Issiklik almashinish kurilmalarining boshka turlari.
47. Sirtiy issiklik almashinish kurilmalarining konstruktiv va gidravlik xisobi.
48. Buglatish.
49. Bitta apparatli buglatish kurilmasi.
50. Kup apparatli buglatish kurilmasi.
51. Ajratilgan isitgichli, majburiy sirkulyasiya bilan ishlaydigan, plyonkali buglatish kurilmalar.
52. Buglatish kurilmalarining maxsus turlari.
53. Buglatish kurilmalarini xisoblash.
54. Issiklik almashinish, kondensator va buglatish kurilmalarini tanlash.
55. Modda almashinish asoslari.
56. Muvozanat koidalari.
57. Molekulyar va turbulent diffuziyalar.
58. Modda berishning asosiy tenglamasi.
59. Modda utkazishning asosiy tenglamasi.
60. Modda almashinishning nazariy modellari.
61. Modda almashinish jarayonlarining uxshashligi.
62. Modda utkazishning urtacha xarakatlantiruvchi kuchi.
63. Kattik fazali sistemalarda modda utkazish jarayoni.
64. Modda utkazish jarayonlarini intensivlash.
65. Modda almashinish kurilmalarining ulchamlarini aniklash.
66. Absorbsiya.
67. Absorbsiya jarayonining muvozanati.
68. Jarayonning material balansi.
69. Absorbsiyaning asosiy tenglamasi.
70. Absorberlarning tuzilishi. Sirtiy, plyonkali absorberlar.
71. Trubali, nasadkali, tarelkali absorberlar.
72. Gidrodinamik jarayon.
73. Tarelkalarning turlari.
74. Nasadkalarning turlari.
75. Barbotajli (tarelkali) absorberlar.
76. Tarelkali absorberlarni xisoblash.

77. Nasadkali absorberlarni xisoblash.
78. Desorbsiya.
79. Suyukliklarni xaydash.
80. Suyuklik-bug sistemasining xossalari.
81. Oddiy xaydash jarayoni.
82. Rektifikatsiya prinsipi.
83. Rektifikatsiyalash (nasadkali, tarelkali) kurilmalarining tuzilishi.
84. Rektifikatsion kurilmaning sxemasi.
85. Kup komponentli aralashmalarni rektifikatsiya qilish.
86. Minimal flegma soni.
87. Xakikiy flegma soni.
88. Rektifikatsion kolonnalarni xisoblash.
89. Suyukliklarni ekstraksiyalash. Umumiy tushunchalar.
90. Suyuklik-suyuklik sistemalarining muvozanati.
91. Ekstraksiyalashning asosiy usullari. Ekstraksiyalash jarayonining tezligi.
92. Ekstraktorlarning tuzilishi.
93. Ekstraksiyalash kurilmalarini xisoblash.
94. Kattik materiallarni ekstraksiyalash va eritish. Umumiy tushunchalar.
95. Kattik va suyuk fazalarning ta'sirlashish usullari.
96. Ekstraksiyalash va eritish jarayonlarining tezligi.
97. Ekstraksiyalash kurilmalarining tuzilishi.
98. Ekstraktorlarni xisoblash.
99. Ekstraksiyalash jarayonini tezlatish.
100. Adsorbsiya. Umumiy tushunchalar.
101. Adsorbentlarning turlari va ularning xususiyatlari.
102. Adsorbsiya jarayonining tezligi.
103. Desorbsiya.
104. Adsorberlarning turlari.
105. Adsorberlarni xisoblash.
106. Ion almashinish jarayonlari.
- 107.. Kuritish. Umumiy tushunchalar.
108. Nam xavoning asosiy parametrlari.
109. Nam xavoning diagrammasi.
110. Kuritish jarayonining kinetikasi.
111. Namlikning material ichida siljishi. kuritish kurilmalarining xisobi.
112. Kuritish kurilmalarining tuzilishi. Konvektiv kuritgichlar.
113. Tunelli, lentali, barabanli, mavxum kaynash katlamli kuritgichlar.
114. Sohib beruvchi, pnevmatik, tolali materiallar uchun kuritgichlar.
115. Kontaktli kuritgichlar.
116. Vakuum-kuritish shkaflari, tarokli vakuum-kuritgichlar.
117. Kuritgichlarning maxsus turlari.
118. Kristallanish. Umumiy tushunchalar.
119. Kristallanish jarayoninig muvozanati va tezligi.
120. Kristallarni xosil qilish usullari va uning xossalriga kristallanish sharoitining ta'siri.
121. Kristallizatorlar.
122. Aralashtirgichli kristallizatorlar.
123. Uzluksiz ishlaydigan vakuum-kristallizatorlar.

124. Mavxum kaynash katlamida ishlaydigan kristallizatorlar.

125. Kristallizatorlarni xisoblash.

9. Mustaqil ta'limda adabiyotlar bilan ishlash

Adabiyotlar qidirish

Mavzu bilan bog'liq mazmunga ega barcha manbalarni to'liq o'rib chiqilish lozim.

1. Rasmiy

3. Ilmiy

4. Ilmiy – ommaviy

5. Statistika ma'lumotnomalar

6. Kasbiy

7. Internet saytlari

9.2. Adabiyotlarni o'rganish va mavzular bo'yicha materiallarni yig'ish

Adabiyotlar bilan ishlashni mustaqilishni tanlash jarayonidan tashkil topmoqda.

Kerakli adabiyotlar rahbar tomonidan tavsiya etiladigan talabning o'ziga mustaqil tanlanadi.

Ilmiy rahbarning vazifasi talab tomonidan taqdim etilgan adabiyotlarni guruhlab, zaruri o'zgartirishlar kiritish.

10. Adabiyotlarro'yxati

Asosiy

1. Kasatkin A.G. Osnovnyye protsessy i apparaty khimicheskoy tekhnologii. - M.: Ximiya, 1973. - 754 s.
2. Planovskiy A.N., Ramm B.M., Kagan S.Z. Protssesy i apparaty khimicheskoy tekhnologii. - M.: Ximiya, 1968. - 847 s.
3. Dytnerskiy YU.I. Diplomnoe ikursovoe proektirovanie pokursu "Protssesy i apparaty khimicheskoy tekhnologii". - M.: Ximiya, 1986. - 290 s.
4. Kavetskiy G.D., Vasilev V.V. Protssesy i apparaty pishchevoy tekhnologii. - M.: Kolos, 1998. - 539 s.
- YUsupbekov N.R., Nurmuhamedov HS., Zakirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalar. - T.: SHarq, 2003. - 644 b.
5. YUsupbekov N.R., Nurmuhamedov HS., Ismatullaev P.R. Kimyovaoziq-ovqatsanoatlarining jarayon va qurilmalaridan hisoblar va misollar. - T.: NISIM, 1999. - 351 b.
6. YUsupbekov N.R., Nurmuhamedov HS., Ismatullaev P.R., Zokirov S.G., Mannonov U.V. Kimyovaoziq-ovqatsanoatlarning asosiy jarayon va qurilmalarini hisoblash va loyihalash. - T.: Jaxon, 2000. - 231 b.
7. Pavlov QF., Romankov P.G., Noskov A.A. Primery izadachi pokursu protssesy i apparaty khimicheskoy tekhnologii. - M.-L.: Ximiya, 1983. - 576 s.
8. Gelperin N.I. Osnovnyye protsessy i apparaty khimicheskoy tekhnologii. - M.: Ximiya, 1991. - t.1-2. - 810 s.
9. Kochetkov N.D. Xolodilnaya tekhnika. - M.: Mashinostroyeniye, 1988. - 408 s.

Qo'shimcha

1. Romankov P.G., Kurochkina M.I. Raschetnyye diagrammy i nomogrammy pokursu "Protssesy i apparaty khimicheskoy tekhnologii". - L.: Ximiya, 1985. - 56 s.
2. Nurmuhamedov HS., Gulyamova N.U., Nigmatdjanov S.Q., To'ychiev I.S. Kimyoviy texnologiya ning gidromexanik, issiqlik massa almashinish jarayonlari bo'yicha laboratoriya ishlari. - Toshkent, TashPI, 1989. - 84 b.
3. Nurmuhamedov HS., To'ychiev I.S., Nigmatdjanov S.Q., Abdullaev A.A., vaboshqalar. Kimyoviy texnologiya jarayon va qurilmalaridan bo'yicha sirtqibo'lim talabalari uchun nazorat vazifalarini bajarish. - T.: TKTI, 2001-35 b.
4. Chernobyl'skiy I.I. Vybranye ustanovki. - Kiev, 1990. - 272 s.
5. Nurmuhamedov HS., Gulomova N.U., Ismatullaev P.R. Kimyoviy texnologiya jarayonlarini va qurilmalarini dan testlar. - Toshkent, 1998. - 3,25 b.t.
6. Klassen P.V., Grishaev I.G., Shomin I.P. Granulirovaniye. - M.: Ximiya, 1991. - 240 s.
7. Krupin G.V. Xolodilnaya tekhnika i tekhnologiya. - M.: Pishchepromizdat, 1984. - 138 s.
8. Vybin F.P. Osnovy xolodilnoy tekhniki i xolodilnaya tekhnologiya. - M.: Gostorgizdat, 1981. - 257 s.
9. Leytes I.A., Sosna M.H., Semenov V.P. Teoriya i praktik khimicheskoy tekhnologii. - M.: Ximiya, 1989. - 200 s.

Glossariy

1. **Skrubber**– suv-bugaralashmasini ajratgich.
2. **Gradirnya** – issiklik almashtirgichlar turiga kiradi.
3. **Rekuperativ**– sirtiy issiklik almashtirgichlar.
4. **Bug‘latish** – bukattik, uchuvchan bulmaganyoki uchuvchanligi yomon bo‘lgan moddalar eritmalarini kaynatishda va erituvchisini vaxosil bo‘lgan buglarni chikarib yuborish.
5. **Buglanish jarayoni** - kaynashtemperaturasidan past, istalgan temperaturada eritmay uzasida sodir bo‘ladi.
6. **Bug‘latish** - qaynashtemperaturasidan yuqori temperaturada, eritmaning butun xajmida yuz beradi.
7. **Ekstra bug**- boshqa maksadlar uchun ishlatiladigan ikkilamchi bug‘.
8. **Temperatura depressiyasi**- eritma T_e va erituvchilar T qaynashtemperaturalari urtasidagi fark.
9. **Gidrostatik depressiya** - gidrostatik effeKT xisobiga eritma qaynashtemperaturasining ortishi.
10. **Gidravlik depressiya**- Δp . - Ushbu depressiya ikkilamchi bug‘ning separator va quvurlar orkali harakatida vridaish kalanish va maxalliy qarshiliklarni engishi tufayli vujudga keladigan temperatura yuqotilishi.
11. **Faol komponent**- bu fazadan fazaga utuvchi massa, inert tashuvchilarning mikdoriesa, jarayon davomida o‘zgarmaydi.
12. **Konsentratsiyalar farki**- massa almashinish jarayonini harakatga keltiruvchi kuch.
13. **Massa almashinish**- bir yoki bir nechta komponentlarni binyokimurakkab aralashmalarda bir fazadan ikkinchi fazaga o‘tishida ruy bergan jarayon.
14. **Absorbsiya**- bu gaz aralashmasidan bir moddaning suyuq fazaga seleKTiv ravishda yutilish jarayoni.
15. **Ekstraksiya**- bu eritmayoki qattiq jismdan erituvchi yordamida bir yoki bir nechta komponent ajratib olish jarayoni.

16. **Adsorbsiya**-bu gaz, bug‘yokisuyukaralashmalardanbiryokibirnechakomponentlarniqattiq, govaklijismbilanyutilishjarayoni.
17. **Quritish**— buqattiqmateriallartarkibidaginamliknibug‘shaklidaajratibolishjarayoni.
18. **Kristallanish** - busuyukeritmalartarkibidagiqattiqfazani kristall shaklidaajratibolishjarayoni.
19. **Barbotaj**- gaz fazaningsuyuqlikkatlamidano‘tishidavridapufakchavakupiklarningxosilbulishjarayoni.
20. **Distillyat** - xaydashyoki rektifikatsiya jarayonidaboshlangicharalashmaengiluchuvchankomponentibilanboyitilganaralashma.
21. **Oddiy xaydash** - suyuqlik aralashmalarini bir marotaba kisman buglatish yuli bilan ajratish.
22. **Fraksiyalixaydash** - xar xil tarkiblimaxsulotolishgamuljallanganeritmalarniajratibolishusuli.
23. **Ekstraksiyalash** - «Suyuqlik - suyuqlik» sistemalaridaeritmayoki qattiqjism lartarkibidanbiryokibirnechakomponentlarnimaxs ussuyuqlik (erituvchi) yordamidaajratibolishjarayoni.
24. **Eritish**- kattik jismdan bir yoki bir necha komponentni seleKTivlik kobiliyatiga ega bo‘lgan erituvchi yordamida ajratib olish.
25. **Ion almashinish** - eleKTrolit eritmalari bilan o‘zaro ta’siri paytida ion almashinish kobiliyatiga ega adsorbentlar (ionitlar) tarkibidagi faol ionlarning eritmadagi ionlar bilan almashishi.
26. **Temperaturalarfarki** –issiklikalmashinishjarayoninixarakatgakeltiruvchi kuch.
27. **Linzalikompensatorlar** - temperatura deformatsiyasinibartarafqiladigankurilma.
28. **Absorbent** - moddanio‘zigayutuvchi faza.
29. **Desorbsiya** -absorbsiyagateskarijarayon, ya’niyutilgankomponentlarni suyuqlikdanajratibolish.
30. **Suyukliklarnixaydashva rektifikatsiya**— busuyukvabugfazalarorasidakomponentlaro‘zaromoddaalmashinishyulibilansuyukaralashmalarnikomponentlargaajratish.

31. **Ideal aralashmalar** - tarkibidagi komponent

ajralishinatisajdaissiklikajralibchikmaydiganyoki yutilmaydiganvaxajmiuzgarmaydi ganaralashma.

32. **Kristall** - xar xil shakldagi, tekiskirralarbilancheklanganbirjinsliqattiqmoddalar.

33. **Polimorfizm** - birkimyoviymoddabirnecha xil kristallarxosilkilishi

34. **Kristallogidratlar** - uz tarkibidasuvmolekulalarinitutgan kristall

35. **Turbulent diffuziya** - turbulenttebranishta'sirida oqimningharakatidabirfazadanikkinchisigamoddaningtarq alishi.

36. **Energotexnologiya**- bu issiqlik resurslarini tejash xamda, material va issiqlik bo'yicha deyarli chikindisi bo'lmagan ishlab chiqarishni yaratish maqsadida berilgan ishlab chiqarishdagi texnologik va energetik jarayonlarning o'zaro bog'lanish qonuniyatlarini o'rgatuvchi energetikaning bir qismidir.

37. **YOqilg'i** - malum bir miqdordagi issiqlikni olish uchun yondiriladigan yonuvchi moddadir.

38. **Ekzatermik jarayon** - issiqlik chiqishibilan boradiganjarayon.

39. **Endotermik jarayon** - issiqlik yutilinibibilan boradigan jarayon.

40. **Ikkilamchienergiya resursi (IER)**-texnologikqurilmalarda vujudgakeladiva shuqurilmadaishlatilmaydiganmaxsulotning,chiqindilarning, o'tkinchiva oraliqmaxsulotlarining energetik potentsiallaridir.

41. **Quritish**- qattiqxoldagi materiallarga bog'langan fizik-kimyoviy yoki kapillyar namlikning yo'qotilishidir.

42. **Quritgich**-materialdan fizik bog'langansuvni yo'qotish uchun mo'ljallangan issiqlik qurilmasi.

43. **Pech**- materialgan issiqlik energiyasini berish yordamida belgilangan xossaga ega bo'lgan maxsulotni olish uchun ishlatiladigan issiqlik qurilmasi.

44. **Issiqlik almashinuvi**- modda temperaturalarini tenglashuvidir.

45. **Massa almashinuvi**- modda konsentratsiyalarining tenglashuvidir.

46. **Moddiy va issiklik balansi**- kuzatilayotgan jarayonda issiqlikning yoki materiallarining kiritilgan va chiqarilgan miqdorini solishtirib ko'rishdir.

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ
ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ

ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ

“ТАСДИКЛАДЫМАН”

2018 йил 25.08

“КЕЧИНИДИ”

Олий ва ўрта махсус таълим вазирлиги

2018 йил 25.08

Рўхсатта олинди № БП-5320300-2.09

2018 йил 18.08

КИМЁВИЙ ИНЖИНИРИНГ ЖАРАЁНЛАРИ ВА ҚУРИЛМАЛАРИ

ФАН ДАСТУРИ

Билим соҳаси:	300000	– Ишлаб чиқариш техник соҳа
Таълим соҳаси:	320000	– Ишлаб чиқариш технологиялари
Таълим йўналишлари:	5310100	– Энергетика (биоэнергетика)
	5311000	– Технологик жараёнлар ва ишлаб чиқаришнинг автоматлаштириш ва бошқарув (тармоқлар бўйича)
	5320300	– Технологик машиналар ва жихозлар (кимё sanoati)
	5320300	– Технологик машиналар ва жихозлар (озик-овқат технологияси)
	5320400	– Кимёвий технология (канёб, тарқоқ ва подир металллар)
	5320400	– Кимёвий технология (пластмассаларни қайта ишлаш)
	5320400	– Кимёвий технология (ноорганик моддалар)
	5320400	– Кимёвий технология (органик моддалар)
	5320400	– Кимёвий технология (юқори молекулали бирикмалар)
	5320400	– Кимёвий технология (эластомерлар)
	5320400	– Кимёвий технология (қурилуш материаллари)
	5320400	– Кимёвий технология (электрокимё)
	5320400	– Кимёвий технология (скинкат материаллари)
	5321300	– Нефть ва нефть-газни қайта ишлаш технологияси
	5321800	– Резинотехника буюмлари ишлаб чиқариш технологияси
	5610100	– Хизматлар соҳаси (умумий оққатланишнинг ташкил этиши)
	5630100	– Экология ва атроф-муҳит муҳофазаси (кимёвий ва озиқ-овқат sanoati)
	5111000	– Касб таълими (озик-овқат технологияси)
	5111000	– Касб таълими (кимёвий технология)
	5310900	– Метрология, стандартлаштириш ва махсулот сифати менежменти (кимё ва озиқ-овқат)

Тошкент – 2018

1

Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта махсус таълим вазирлигининг 2019 йил "2" 05 даги 394-сонли буйруғининг 8-илоҳаси билан фан дастури рўйхати тасдиқланган.

Фан дастури Олий ва ўрта махсус, касб-хунар таълими йўналишлари бўйича ўқув-усlubий бирлашмалар фаолиятини Мувофиқлаштирувчи Кенгашнинг 2019 йил "9" 04 даги 2-сонли баённомаси билан маъқулланган.

Фан дастури Тошкент кимё-технология институтида ишлаб чиқилди.

Тузувчилар:

Нуримухамедов Х.С. – ТКТИ, "Кимёвий технология жараён ва қурилмалари" кафедраси профессори, т.ф.л.;
Абдуллаева С.Ш. – ТКТИ, "Кимёвий технология жараён ва қурилмалари" кафедраси муdiri, PhD доцент;
Туйчиева У.И. – ТКТИ, "Кимёвий технология жараён ва қурилмалари", кафедраси катта ўқитувчиси;
Нодирхонова С.И. – ТКТИ, "Кимёвий технология жараён ва қурилмалари", кафедраси катта ўқитувчиси.

Такризчилар:

Нуруллаев Ш.П. – ТКТИ, "Аналитик, физикавий ва коллоид кимё" кафедраси профессори, т.ф.л.;
Набиев F.F. – АЖ "O'zlitneftgaz", бош мутахассис, техника фанлари номзоди.

Фан дастури Тошкент кимё-технология институти Кенгашида кўриб чиқилган ва тасвир қилинган (2019 йил 26 "03" даги "3" -сонли баённома).

Курс лойиҳа ишhini ташкил этиш бўйича услubий кўрсатмалар

Фан бўйича курс лойиҳаси: Курс лойиҳаси фан маъзуларига таълуқли масалалар юзасидан талабаларга яқка тартибда тегишли топшириқ шаклида берилади. Курс лойиҳа максaди: машина ва қурилма тавсифи; жараённинг моддий ва иссиқлик баланси; қурилма ва боғловчи труба қувурлари ва машиналарнинг гидравлик ҳисоби. Курс лойиҳа тушунтириш хати, моддий ва иссиқлик баланси, гидравлик, конструктив ҳисоблашларни ўз ичига олади. Лойиҳанинг график қисми қурилманинг умумий кўриниши, асосий бўлаклар 2-3 проекцияда қирқилган ҳолатларда чизилади.

Курс лойиҳаси учун тахминий маъзулар:

1. Суюқлик ва газларни иситиш, совитиш ва конденсациялаш учун иссиқлик алмашиниш қурилма (қобик труба, линия компенсаторли, труба ичида труба, эмесвики, пластинали, спиралсимон, ҳаракатчан қалпоқчали, U-симон труба, блок-графитли ва ҳокказо) қурилмаларни ҳисоблаш ва лойиҳалаш;
2. Турли аралашмаларни қуюқлаштириш, буглатиш қурилмасини ҳисоблаш ва лойиҳалаш;
3. Нам материалларни қуритиш учун қуритқич (барабанли, маъҳум қайнаш қатламли, пневматик, лентали, шахтали, пурковчи ва ҳокказо) қурилмаларни ҳисоблаш ва лойиҳалаш;
4. Суюқлик ва газ аралашмаларини тозалаш учун адсорбер ва абсорберларни қурилмаси ҳисоблаш ва лойиҳалаш;
5. Суюқ аралашмаларни ажратиш учун ректификацион колонналарни қурилмасини ҳисоблаш ва лойиҳалаш;
6. «Суюқлик-суюқлик» ва «суюқлик-қаттиқ жисм» системасида экстракциялаш жараёнини қурилмасини ҳисоблаш ва лойиҳалаш.
7. Қобик-труба, спиралсимон, эмесвики ва пластинали иситқичларни, ҳамда уларнинг ҳамма элементларини қурилмаларни ҳисоблаш ва лойиҳалаш;
8. Масса алмашиниш қурилмалари - абсорбер, адсорбер, колонна қурилмаларни ҳисоблаш ва лойиҳалаш;
9. Барабанли, пневматик, маъҳум қайнаш қатламли қуритқич қурилмасини ҳисоблаш ва лойиҳалаш;
10. Реакторларнинг аралаштирувчи элемент, узатмасини қурилмасини ҳисоблаш ва лойиҳалаш.

элақларда фракцияларга ажратилиш;
18. Каттик жисмларни майдалаш.

VI. Мустақил таълим ва мустақил ишлар

Мустақил таълим учун тавсия этилган мавзулар:

1. Иситиш, бугланиш, совитиш ва конденсациялаш. Температура майдони ва градиенти. Турли материаллар иссиқлик ўтказувчанлиги ва уларнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти;
2. Иситиш, бугланиш, совитиш ва конденсациялаш. Инжекторлар ва турбокомпрессорлар буглатиш қурилмалари конструкциялари, ишлаш принциплари, афзаллик ва камчиликлари;
3. Масса алмашиниш асослари. Фазалар қондаси. Масса ўтказишнинг асосий қонунилари. Масса алмашиниш жараёни механизми;
4. Масса алмашиниш асослари. Фазалар қондаси. Масса ўтказишнинг асосий қонунилари. Масса алмашиниш жараёниларининг моделлари;
5. Масса алмашиниш асослари. Фазалар қондаси. Масса ўтказишнинг асосий қонунилари. Колоннали қурилма тарелкаларининг конструкциялари;
6. Ўхшашлик назарияси асослари ва ўлчов бирликлар таҳлили. Моделлаштириш принциплари. Модификацияланган ва ҳосила ўхшашлик критерийлари;
7. Ноньютон суюқликлар оқими. Труба қувурлари диаметрини ҳисоблаш;
8. Ион алмашиниш жараёнилари. Десорбция. Десорберлар конструкциялари, ишлаш принциплари, афзаллик ва камчиликлари;
9. Филтрлаш жараёнини интенсификация. Листли ва ромли филтрлар конструкцияси, ишлаш принциплари, афзаллик ва камчиликлари;
10. Газларни ювиб тозалаш. Қўтиқли чанг ушлагичлар конструкцияси, ишлаш принциплари, афзаллик ва камчиликлари;
11. Икки фазали оқимлар гидродинамикаси. Диафрагмалли насос конструкцияси, ишлаш принциплари, афзаллик ва камчиликлари;
12. Қурилмада суюқлик бўлиш вақти тақсими ва оқимлар тузилиши.

Мустақил ўзлаштирилган мавзулар бўйича талабалар томонидан рефератлар тайёрлаш ва уни тақдимот қилиш тавсия этилади.

10

I. Ўқув фанининг долзарблиги ва олий касбий таълимдаги ўрни

“Кимёвий инженернинг жараёнилари ва қурилмалари” фани ихтисослик фанларини чуқур ўзлаштиришга, қай йўл билан ишлаб чиқариш интенсификациясини ошириш ва технологик қурилмалардан унумли фойдаланиш мумкинлигини ўргатади.

Асосий жараёниларни назарий асослари, уларни ҳисоблаш усуллари ва самарадор қурилмалар билан жиҳозлаш принциплари ушбу фан дастурий асосини ташкил этади.

“Кимёвий инженернинг жараёнилари ва қурилмалари” фани умумкасбий фан ҳисобланиб, 2 ва 3-курс талабалари учун ўқитилади. “Кимёвий инженернинг жараёнилари ва қурилмалари” фани барча бакалаврият таълим йўналишларида ихтисослик фанларини ўрганишда асос бўлиб хизмат қилади.

II. Ўқув фанининг мақсади ва вазифаси

“Кимёвий инженернинг жараёнилари ва қурилмалари” фанини ўқитишдан мақсад талабаларга кимё ва бошқа барча турдош саноатлардаги барча технологик жараён ва қурилмаларни турларини ва асосларини ўргатишдир. “Кимёвий инженернинг жараёнилари ва қурилмалари” фанини ўрганишнинг назарий асосларини чуқурлаштириб, жараён ва қурилмаларни ўрганишга ижодий ёндашиш имкониятини беради.

Ушбу мақсадга эришиш учун - асосий жараён ва қурилмаларнинг назарияси, ушбу жараёниларни амалга оширувчи машина ва қурилмаларнинг тузилиш принциплари ва уларни ҳисоблаш усулларини ўргатишдан иборатдир.

Фан бўйича талабаларнинг билим, қўнимка ва малакаларига қўйидаги талаблар қўйилади. **Талаба:**

- суюқликларнинг асосий хоссалари;
- оқимнинг узлуқсизлик тенгламаси;
- ишқаланиш ва маҳаллий қаршилик турлари;
- ўхшашлик назариясининг асослари;
- турли жисмли системалар;
- иссиқликни тарқатиш турлари;
- масса алмашиниш жараёнилари;
- механик жараёндар ҳақида *таъсирчунга* эга бўлиши;
- ҳаракат режимларини;

3

4-Модуль. Мавҳум қайнаш қўтлам гидродинамикаси.

13-маву. Мавҳум қайнаш қўтламини гидродинамикаси.

Қўзғалмас донатор ва говақ катламлар орқали суюқлик ҳаракати. Суюқликни аралаштириш усуллари. Мавҳум қайнаш қўтламини биринчи ва иккинчи критик теълиқлар. Архимед сонини. Мавҳум қайнаш сонини.

5-Модуль. Суюқликларни узатиш.

14-маву. Суюқликларни узатиш. Насослар.

Насослар ва уларнинг турлари. Насосларнинг асосий параметрлари. Поршеньли насослар.

15-маву. Марказдан қочма насослар.

Марказдан қочма насослар тузилиши, ишлаш принциплари ва характеристикалари. Пропорционаллик қонуни. Кавитация. Бошқа турдаги насослар.

16-маву. Аралаштириш.

Суюқликни аралаштириш усуллари. Аралаштириш жараёни. Аралаштиригичлар конструкцияси.

6-Модуль. Иссиқлик алмашиниш жараёналари.

17-маву. Иссиқлик тарқатиш турлари.

Жараён иссиқлик баланси. Иссиқлик ўтказувчанлик. Фурье қонуни. Иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти. Иссиқлик нурланиши. Стефан-Больцман қонуни. Кирхгоф қонуни.

18-маву. Конвектив иссиқлик алмашиниш.

Конвекция. Ньютон қонуни. Иссиқлик бериш коэффициенти. Иссиқлик алмашиниш жараёндари критерийлари: Nu ; Fr ; Pr ; Pe ; Gr ; Ga .

19-маву. Иссиқлик ўтказиш.

Асосий тенгламаси. Иссиқлик ўтказиш коэффициенти. Харақатлангич кучи.

20-маву. Буглатиш жараёни.

Депрессия ва унинг турлари. Бир корпусли буглатиш апарати. Моддий ва иссиқлик баланслари.

6

21-маву. Қўп корпусли буглатиш қурилмаси.

Умумий температуралар фарқи ва уни тақсимлаш. Қурилмалар турлари, афзаллик ва камчиликлари. Буглатиш апаратларини классификацияси.

7-Модуль. Масса алмашиниш жараёналари.

22-маву. Масса алмашиниш асослари.

Мувозанат чизиги, моддий баланси ва иш чизиги, жараёни ҳаракатга келтирувчи куч. Масса ўтиш усуллари. Молекуляр диффузия. Турбулент диффузия.

23-маву. Масса ўтказиш ва бериш.

Масса бериш тенгламаси ва коэффициенти. Масса алмашиниш жараёндари критерийлари (Nu , Re , Pe , Fr). Модда ўтказиш жараёндари асосий тенгламаси ва коэффициенти.

24-маву. Қуритиш. Умумий тушунчалар.

Қуритиш жараёнининг турлари ва қўлланилиши. Нам ҳавонинг асосий параметрлари. Рамзининг I-x диаграммаси. Жараёнинг моддий баланси.

25-маву. Идеал ва реал қуритиш жараёндари.

Идеал ва реал қуритиш жараёндари I-x диаграммада таъсирлаш. Графо-аналитик ҳисоблаш. Иссиқлик ва ҳаво сарфлари.

26-маву. Қуритиш жараёни кинетикаси.

Қуритиш кинетикаси. Қуритиш теълиги. Қуритиш эъри чизиги. Қуритиш теълигининг эъри чизиги. Қуритишчлар конструкциялари.

27-маву. Абсорбция.

Абсорбция жараёни. Жараёнинг моддий баланси ва теълиги. Абсорбция коэффициенти. Тарелкалар сонини аниқлаш ва тарелка турлари. Абсорберлар конструкцияси.

28-маву. Ҳайдаш.

Суюқликларни ҳайдаш. Коновалов қонуни. Суюқликларни бир-бирида эриш қобилияти. Азеотроп суюқликлар ва уларнинг диаграммалари.

7

- насослар ва уларнинг турларини;
- фильтрлаш жараёнини ва қурилмаларини;
- саноат газларини тозалаш усуллари ва қурилмаларини;
- иссиқлик алмашинуш жараёнлари ва қонуналарини;
- масса алмашинуш жараёнлари ва қонуналарини билиши ва улардан фойдалана олиши;
- технологик жараёнларини аниқ изоҳлаш;
- жараёнларга мос қурилмаларни ҳисоблаш ва лойиҳасини тузиш;
- аппаратларни афзаллик ва камчиликларини таҳлил қилиш қўлликмаларига эга бўлиши керак.

III. Асосий назарий қисм (маъруза машғулотлари)

1-Модуль. Кимёвий инжиниринг жараёнлари ва қурилмалари фанининг умумий асослари.

1-мавзу. "Кимёвий инжиниринг жараёнлари ва қурилмалари" фанига кириш

"Кимёвий инжиниринг жараёнлари ва қурилмалари" фанининг мазмун, келиб чиқиши, ривожланиши ва жараёнлар классификациялари. Жараёнларнинг назарияси, ушбу жараёнларни амалга оширадиган машина ва қурилмаларнинг тузилиши ва ишлаш принциплари ва уларни ҳисоблаш услублари.

2-мавзу. "Кимёвий инжиниринг жараёнлари ва қурилмалари" фанининг предмет ва вазифалари.

Жараёнлар турлари, қонунари, ҳаракатлангичрувчи кучи. Эйлернинг мувозанат дифференциал тенгламаси Гидромеханик жараёнлари. Суюқлик асосий хоссалари. Гидростатиканинг асосий тенгламаси.

2-Модуль. Гидродинамика.

3-мавзу. Гидродинамика.

Суюқлик ҳаракатининг асосий характеристикалари. Суюқлик ҳаракатини йодолашчи катталар. Суюқликни массавий ва ҳажмий сарфи ва тезлик.

4-мавзу. Оқимнинг узлуксизлик тенгламаси ва энергетик маъноси.

Оқимнинг узлуксизлик тенгламаси, ёки оқимнинг моддий баланси. Суюқлик ҳаракатининг Эйлер дифференциал тенгламаси. Ҳақиқий суюқлик оқими учун Бернулл тенгламаси, гидродинамик ва энергетик маъноси. Суюқлик ҳаракати режимлари

4

14. Нам материалларни қуритиш.
15. Абсорбция.
16. Ректификация ва ҳайдаш;
17. Экстракция. «Суюқлик-суюқлик» ва «қаттиқ жисм-суюқлик» системасида экстракциялаш;
18. Адсорбция;
19. Механик жараёнлар. Қаттиқ жисмларни майдалаш;

Амалий машғулотлар мультимедиа қурилмалари билан жиҳозланган аудиторияда бир академ. гуруҳга бир ўқитувчи томонидан ўтказилиши лозим. Машғулотлар фаол ва интерфаол усуллар ёрдамида ўтилиши, мос равишда муносиб педагогик ва ахборот технологиялар қўлланилиши мақсадга мувофиқ.

V. Лаборатория машғулотлари бўйича кўрсатма ва тавсиялар

Лаборатория машғулотлар учун қуйидаги мавзулар тавсия этилади:

1. Суюқликларнинг оқим режимларини аниқлаш;
2. Трубаларнинг маҳаллий ва ишқаланиш қаршилликларини аниқлаш;
3. Суюқликларнинг тезлиги ва сарфини Пито-Прандтл найчаси билан ўлчаш;
4. Суюқликларнинг насадка ва тешиклардан оқиб;
5. Мавҳум кайнаш қатламнинг гидродинамикаси;
6. Мавҳум кайнаш қатламида заррачаларнинг кайнаш ва учиб чиқиш тезликларини аниқлаш;
7. Марказдан қочма насосларнинг характеристикаси;
8. Марказдан қочма вентиляторнинг характеристикаси;
9. Фильтрлаш доимийсини аниқлаш;
10. "Труба ичида труба" типидagi иситкичдаги иссиқлик бериш коэффициентини аниқлаш;
11. "Труба ичида труба" типидagi иситкичнинг иссиқлик ўтказиш коэффициентини аниқлаш;
12. Эритмаларнинг температура депрессиясини аниқлаш;
13. Қуритиш қурилмасида қуриш жараёнини ўрганиш;
14. Қуритиш жараёнининг кинетикаси;
15. Ҳаракатчан насадкали колонналарда масса бериш ва ўтказиш коэффициентини аниқлаш;
16. Ярим сферик актив кўмир қатламли адсорбер гидродинамикасини ўрганиш;
17. Сочилувчан материалларнинг солиштирма юзасини аниқлаш ва

9

29-мавзу. Ректификация.

Ректификация. Флегма ва флегма сон. Жараённинг ишчи чизиги. Тарелкалар сонини аниқлаш. Ректификацион колонналар конструкциялари ва ҳисоблаш элементлари.

30-мавзу. Экстракциялаш ва эритиш.

Экстракциялаш. Бю критерийси. Система мувозанати. Экстракциялашнинг асосий усуллари. Экстракторлар конструкциялари.

31-мавзу. Адсорбция. Умумий тушунчалар.

Адсорбция. Адсорбентлар характеристикалари. Жараён мувозанати ва тезлиги. Адсорберлар конструкцияси. Десорбция. Ион алмашинуш жараён ва қурилмалари.

32-мавзу. Кристалланиш.

Кристаллизация. Жараён мувозанати, тўйиниш даражаси. Тўйинган эритма ҳосил қилиш усуллари. Кристаллизаторлар конструкциялари.

8-Модуль. Қаттиқ материалларни майдалаш.

33-мавзу. Қаттиқ материалларни майдалаш ва классификациялаш Механик жараёнлар. Майдалаш. Сочилувчан материаллар классификацияси. Майдалагич ва классификатор конструкциялари.

IV. Амалий машғулотлар бўйича кўрсатма ва тавсиялар

Амалий машғулотлар учун қуйидаги мавзулар тавсия этилади:

1. Гидромеханик жараёнлар;
2. Гидравлика асослари ва унинг амалиётда қўлланилиши;
3. Гидродинамика. Трубаларда суюқликларни оқиб;
4. Қўзғалмас ва мавҳум кайнаш қатламнинг гидродинамикаси;
5. Суюқликларни узатиш ва унинг қурилмалари;
6. Газларни сиқиб ва компрессорлар.
7. Чўктириш, центрифугалаш ва аралаштириш. Фильтрлаш;
8. Иссиқлик алмашинуш жараёнлари;
9. Иссиқлик ўтишининг турлари. Иссиқлик ўтказувчанлик.
10. Конвекция ва нурланиш. Иссиқлик бериш. Иссиқлик ўтказиш;
11. Буглатиш.
12. Кўп компонентли системаларни буглатиш;
13. Масса алмашинуш жараёнлари. Масса алмашинуш турлари.

8

5-мавзу. Гидравлик қаршилликлар.

Гидравлик қаршилликлар. Ишқаланиш ва маҳаллий қаршиллик турлари, коэффициентлари. Бернулл тенгламасининг қўлланилиши. Дроссел асбоблар.

6-мавзу. Ўқшашлик назариясининг асослари.

Кимёвий технология жараёнларини ўрганиш йўллари. Ўқшашлик теоремалари ва шартлари. Гидромеханик ўқшашлик критерийлари.

3-Модуль. Суюқликда қаттиқ жисм ҳаракати.

7-мавзу. Суюқликда қаттиқ жисм ҳаракати.

Ҳаракат режимлари. Чўкиш тезлиги. Оғирлик кучи таъсирида чўктириш. Суюқ чўкиш тезлиги

8-мавзу. Турли жинсли системалар, классификацияси.

Турли жинсли системалар, классификациялавиши. Характеристикалари. Ажратиш усуллари. Чўктириш жараёни ва қурилмалари.

9-мавзу. Турли жинсли системаларни ажратиш.

Марказдан қочма куч таъсирида турли жинсли системаларни ажратиш. Центрифугалар. Центрифугаларни ҳисоблаш.

10-мавзу. Газларини тозалаш усуллари.

Саноат газларини тозалаш усуллари. Чанг чўктириш камераси. Инерцион ажратгичлар. Марказдан қочма куч таъсирида ажратиш. Циклон. Батареяли циклон. Чанглари қовиб тозалаш. Фильтрлаш.

11-мавзу. Электростатик қушлари таъсирида чўктириш.

Электростатик қушлари таъсирида чўктириш. Ионлаштириш. Нурланувчи ва чўктирувчи электрод. Электрофильтрлар конструкциялари.

12-мавзу. Фильтрлаш жараёни.

Фильтрлаш жараёни. Фильтрлаш турлари. Фильтр тўсиқлар. Фильтрлаш тезлиги ва тенгламаси. Фильтрлар конструкциялари

5

VII. Asosiy va qo'shimcha o'quv adabiyotlar hamda axborot manbalarini Asosiy adabiyotlar

1. Charles E. Thomas Process Technology Equipment and Systems, 4th edition, Cengage Learning, Stamford, USA, 2015.

2. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С., Зокиров С.Г. Кимвий технология асосий жараён ва қурилмалар. – Дарслик. Т.: Шарқ, 2003. – 644 б.

3. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С., Исмаилов П.Р. Кимё ва озик-овқат саноатларининг жараён ва қурилмалари фанидан ҳисоблар ва мисоллар. – Услубий қўлланма. Т.: NISIM, 1999. - 351 б.

4. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С., Исмаилов П.Р., Зокиров С.Г., Маннонов У.В. Кимё ва озик-овқат саноатларининг асосий жараён ва қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. - Услубий қўлланма. Т.: Жаҳон, 2000. -231 б.

Қўшимча адабиётлар

5. Мирзиёев Ш.М. Буёқ келажакимизни мард ва олижаноб халқимиз билан бирга қураимиз. - Т. "Ўзбекистон", 2017. - 488 б.

6. Мирзиёев Ш.М. Қонун устуворлиги ва инсон манфаатларини таъминлаш-юрт тараққиёти ва халқ фаровонлигининг гарови.- Т. "Ўзбекистон", - 2017. - 48 б.

7. Мирзиёев Ш.М. Эркин ва фаровон демократик Ўзбекистон давлатини биргаликда барпо этамиз. - Т. "Ўзбекистон", 2016. - 56 б.

8. Скобло А.И., Молоканов Ю.К., Владимиров А.И., Щелкунов В.А. Процессы и аппараты нефтегазопереработки и нефтехимии. – Учебник. М.: Недра, 2000. – 677 с.

9. Гельперин Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. – Учебник. М.: Химия, 1991. - т.1-2. – 810 с.

10. Г.Д. Кавецкий, А.В. Королев. Процессы и аппараты пищевых производств. – Учебник. Москва ВО «Агропромиздат» 1991. – 431с.

11. Nurmuhamedov X.S., Gulyamova N.U.va boshqa "Asosiy texnologik jarayon va qurilmalar" fanidan uslubiy qo'llanma – Uslubiy qo'llanma. Toshkent 2012 - 152. б.

Интернет сайтлари

12. www.texhologiy.ru

13. www.ziyo-net.uz

14. www.bilimdon.uz

15. www.ref.uz

16. www.xumuk.ru

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ

НАВОИЙ КОН-МЕТАЛЛУРГИЯ КОМБИНАТИ ДАВЛАТ КОРХОНАСИ

НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ИНСТИТУТИ

Рўйхатга олинди:
№ _____
2020 й. ” _____ “ _____

“ТАСДИҚЛАЙМАН”
Ўқув ишлари бўйича проректор:
_____ Н. Абдуазизов
“ _____ ” _____ 2020 й.

"Кимёвий инжиниринг жараёнлари ва қурилмалари" фанининг

ИШЧИ ЎҚУВ ДАСТУРИ

Билим соҳаси: 300000 – Ишлаб чиқариш техник соҳа

Таълим соҳаси: 320000 - Ишлаб чиқаришлар технологияси

Таълим йўналиши: 5320400 – Кимёвий технология (ишлаб чиқариш турлари бўйича)

Семестр	4	5	Жами
Умумий аудитория соати	108	108	216
Шу жумладан:			
Маъруза	36	36	72
Амалий машғулоти	54	54	108
Лаборатория машғулоти	18	18	36
Мустақил таълим	84	100	184
Жами	192	208	400

Ишчи ўқув дастури Тошкент кимё-технология институтида ишлаб чиқилган, Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта махсус таълим вазирлигида 2018 йил 25 июнда тасдиқланган ва 2018 йил 18 августда № БД-5320300-2.09 рақами билан рўйхатга олинган “Кимёвий инжиниринг жараёнлари ва қурилмалари” фанининг намунавий дастури асосида тузилди.

Фаннинг ишчи ўқув дастури Навоий давлат кончилик институти Кимё-металлургия факультети “Кимёвий технология” кафедрасининг 2020 йил «____» _____ №____ - сон мажлисида муҳокама этилди ва маъқулланди.

Кафедра мудири _____ доц. Вапоев Ҳ.М.

Тузувчилар:

“Кимёвий технология” кафедраси
проф. Бахронов Х.Ш.
доцент Худойбердиева Н.Ш.
катта ўқитувчи Жалилов Р.С.

Фаннинг ишчи ўқув дастури Кимё-металлургия факультети кенгашининг 2020 йил «27» _08__ №_1- сон қарори билан тасдиқланди.

Факультет кенгаши раиси: _____ Донияров Н.А.

Келишилди:

Ўқув-услубий бўлим бошлиғи: _____ Каримов И.А.

I. Ўқув фанининг долзарблиги ва олий касбий таълимдаги ўрни

“Кимёвий инжиниринг жараёнлари ва қурилмалари” фани ихтисослик фанларини чуқур ўзлаштиришга, қандай йўл билан ишлаб чиқариш интенсивлигини ошириш ва технологик қурилмалардан унумли фойдаланиш мумкинлигини ўргатади.

Асосий жараёнларни назарий асослари, уларни ҳисоблаш усуллари ва самарадор қурилмалар билан жиҳозлаш принциплари ушбу фан дастурини асосини ташкил этади.

“Кимёвий инжиниринг жараёнлари ва қурилмалари” фани умумкасбий фан ҳисобланиб, 2-курс IV ва 3-курс V семестрларида ўқитилади. “Кимёвий инжиниринг жараёнлари ва қурилмалари” фани барча бакалаврият таълим йўналишларида ихтисослик фанларини ўрганишда асос бўлиб хизмат қилади.

II. Ўқув фанининг мақсади ва вазифаси

“Кимёвий инжиниринг жараёнлари ва қурилмалари” фанини ўқитишдан мақсад талабаларга кимё ва бошқа барча турдош саноатлардаги барча технологик жараён ва қурилмаларни турларини ва асосларини ўргатишдир. “Кимёвий инжиниринг жараёнлари ва қурилмалари” фанини ўрганишнинг назарий асосларини чуқурлаштириб, жараён ва қурилмаларни ўрганишга ижодий ёндошиш имкониятини беради.

Ушбу мақсадга эришиш учун асосий жараён ва қурилмаларнинг назарияси, ушбу жараёнларни амалга оширувчи машина ва қурилмаларнинг тузилиши, ишлаш принциплари ва уларни ҳисоблаш услубларини ўргатишдан иборатдир.

Фан бўйича талабаларнинг билим, кўникма ва малакаларига қўйидаги талаблар қўйилади. Талаба қўйидагиларни таҳлил қилиш кўникмаларига эга бўлиши керак:

- суюқликларнинг асосий хоссалари;
- оқимнинг узлуксизлик тенгламаси;
- ишқаланиш ва маҳаллий қаршилиқ турлари;
- ўхшашлик назариясининг асослари;
- турли жинсли системалар;
- иссиқликни тарқалиш турлари;
- масса алмашилиш жараёнлари;
- механик жараёнлар ҳақида тасаввурга эга бўлиши;
- ҳаракат режимларини;
- насослар ва уларнинг турларини;
- филтрлаш жараёнини ва қурилмаларини;
- саноат газларини тозалаш усуллари ва қурилмаларини;
- иссиқлик алмашилиш жараёнлари ва қонунларини;
- масса алмашилиш жараёнлари ва қонунларини билиши ва улардан фойдалана олиши;
- технологик жараёнларини аниқ изоҳлаш;
- жараёнларга мос қурилмаларни ҳисоблаш ва лойиҳасини тузиш;
- аппаратларнинг афзаллик ва камчиликларини.

III. Асосий назарий қисм (маъруза машғулоти)

1-Модуль. Кимёвий инжиниринг жараёнлари ва қурилмалари фанининг умумий асослари

1-мавзу. ”Кимёвий инжиниринг жараёнлари ва қурилмалари” фанига кириш

“Кимёвий инжиниринг жараёнлари ва қурилмалари” фанининг мазмуни, келиб чиқиши, ривожланиши ва жараёнларнинг классификацияси. Жараёнларнинг назарияси, ушбу жараёнларни амалга оширадиган машина ва қурилмаларнинг тузилиши ва ишлаш принциплари ва уларни ҳисоблаш услублари. (2 соат).

2-мавзу. “Кимёвий инжиниринг жараёнлари ва қурилмалари” фанининг предмет ва вазифалари

Жараёнларнинг қонунлари, ҳаракатлантирувчи кучи. Эйлернинг мувозанат дифференциал тенгламаси Гидромеханик жараёнлари. Суюқликнинг асосий хоссалари. Гидростатиканинг асосий тенгламаси. (2 соат).

2-Модуль. Гидродинамика

3-мавзу. Гидродинамика

Суюқлик ҳаракатининг асосий характеристикалари. Суюқлик ҳаракатини ифодаловчи катталиклар. Суюқликни массавий ва ҳажмий сарфи ва тезлик. (2 соат).

4-мавзу. Оқимнинг узлуксизлик тенгламаси ва энергетик маъноси

Оқимнинг узлуксизлик тенгламаси, ёки оқимнинг моддий баланси. Суюқлик ҳаракатининг Эйлер дифференциал тенгламаси. Ҳақиқий суюқлик оқими учун Бернулли тенгламаси, гидродинамик ва энергетик маъноси. Суюқлик ҳаракати режимлари. (2 соат).

5-мавзу. Гидравлик қаршиликлар

Гидравлик қаршиликлар. Ишқаланиш ва маҳаллий қаршилик турлари, коэффициентлари. Бернулли тенгламасининг қўлланилиши. Дроссел асбоблар. (2 соат).

6-мавзу. Ўхшашлик назариясининг асослари

Кимёвий технология жараёнларини ўрганиш йўллари. Ўхшашлик шартлари ва теоремалари. Гидромеханик ўхшашлик критерийлари. (2 соат).

3-Модуль. Суюқликда қаттиқ жисм ҳаракати

7-мавзу. Суюқликда қаттиқ жисм ҳаракати

Ҳаракат режимлари. Чўкиш тезлиги. Оғирлик кучи таъсирида чўктириш. Сиқик чўкиш тезлиги. (2 соат).

8-мавзу. Турли жинсли системалар, классификацияси

Турли жинсли системалар, классификацияланиши. Характеристикалари. Ажратиш усуллари. Чўктириш жараёни ва курилмалари. (2 соат).

9-мавзу. Турли жинсли системаларни ажратиш

Марказдан қочма куч таъсирида турли жинсли системаларни ажратиш. Ценрифугалар. Ценрифугаларни ҳисоблаш. (2 соат).

10-мавзу. Газларини тозалаш усуллари

Саноат газларини тозалаш усуллари. Чанг чўктириш камераси. Инерцион ажратгичлар. Марказдан қочма куч таъсирида ажратиш. Циклон. Батареяли циклон. Чангларни ювиб тоозалаш. Филтрлаш. (2 соат).

11-мавзу. Электростатик кучлари таъсирида чўктириш

Электростатик кучлари таъсирида чўктириш. Ионлаштириш. Нурланувчи ва чўктирувчи электрод. Электрофилтрлар конструкциялари. (2 соат).

12-мавзу. Филтрлаш жараёни

Филтрлаш жараёни. Филтрлаш турлари. Филтр тўсиқлар. Филтрлаш тезлиги ва тенгламаси. Филтрлар конструкциялари. (2 соат).

4-Модуль. Мавҳум қайнаш қатлам гидродинамикаси

13-мавзу. Мавҳум қайнаш қатлами гидродинамикаси

Қўзғалмас донадор ва ғовак қатламлар орқали суюқлик ҳаракати. Суюқликни аралаштириш усуллари. Мавҳум қайнаш қатламида биринчи ва иккинчи критик тезликлар. Архимед сони. Мавҳум қайнаш сони. (2 соат).

5-Модуль. Суюқликларни узатиш

14-мавзу. Суюқликларни узатиш. Насослар

Насослар ва уларнинг турлари. Насосларнинг асосий параметрлари. Поршенли насослар. (2 соат).

15-мавзу. Марказдан қочма насослар

Марказдан қочма насослар тузилиши, ишлаш принципи ва характеристикалари. Пропорционаллик қонуни. Кавитация. Бошқа турдаги насослар. (2 соат).

16-мавзу. Аралаштириш

Суюқликни аралаштириш усуллари. Аралаштириш жараёни. Аралаштиргичларнинг конструкцияси. (2 соат).

6-Модуль. Иссиқлик алмашилиш жараёнлари

17-мавзу. Иссиқлик тарқалиш турлари

Жараён иссиқлик баланси. Иссиқлик ўтказувчанлик. Фурье қонуни. Иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти. Иссиқлик нурланиши. Стефан-

Больцман қонуни. Кирхгоф қонуни. (2 соат).

18-мавзу. Конвектив иссиқлик алмашиниш

Конвекция. Ньютон қонуни. Иссиқлик бериш коэффициенти. Иссиқлик алмашиниш жараёнлари критерийлари: Nu ; Fo ; Pr ; Pe ; Gr ; Ga . (1 соат).

19-мавзу. Иссиқлик ўтказиш

Асосий тенгламаси. Иссиқлик ўтказиш коэффициенти. Харакатлантирувчи кучи. (1 соат).

Жами 4-семестрда

36 соат

20-мавзу. Буғлатиш жараёни

Депрессия ва унинг турлари. Бир корпусли буғлатиш аппарати. Моддий ва иссиқлик баланслари. (2 соат).

21-мавзу. Қўп корпусли буғлатиш қурилмаси

Умумий температуралар фарқи ва уни тақсимлаш. Қурилмаларнинг турлари, афзаллик ва камчиликлари. Буғлатиш аппаратларининг классификацияси. (2 соат).

7-Модуль. Масса алмашиниш жараёнлари

22-мавзу. Масса алмашиниш асослари

Модда алмашиниш жараёнларининг турлари. Модда ўтказишнинг статикаси. Мувозанат чизиги, моддий баланси ва иш чизиги, жараённинг ҳаракатлантирувчи кучи. Масса ўтказиш усуллари. Молекуляр диффузия. Турбулент диффузия. (2 соат).

23-мавзу. Масса ўтказиш ва бериш

Масса бериш тенгламаси ва коэффициенти. Масса алмашиниш жараёнлари критерийлари (Nu , Re , Pe , Fo). Модда ўтказиш жараёнларининг асосий тенгламаси ва коэффициентлари. (2 соат).

24-мавзу. Қуриштиш. Умумий тушунчалар

Қуриштиш жараёнининг турлари ва қўлланиши. Нам ҳавонинг асосий параметрлари. Рамзининг I -х диаграммаси. Жараённинг моддий баланси. (2 соат).

25-мавзу. Идеал ва реал қуриштиш жараёнлари

Идеал ва реал қуриштиш жараёнларини I -х диаграммада тасвирлаш. Графо-аналитик ҳисоблаш. Иссиқлик ва ҳаво сарфлари. (2 соат).

26-мавзу. Қуриштиш жараёни кинетикаси

Қуритиш кинетикаси. Қуритиш тезлиги. Қуритиш эгри чизиғи. Қуритиш тезлигининг эгри чизиғи. Қуритгичларнинг конструкциялари. (2 соат).

27-мавзу. Абсорбция

Абсорбция жараёни. Жараённинг моддий баланси ва тезлиги. Абсорбция коэффициенти. Тарелкалар сонини аниқлаш ва тарелкаларнинг турлари. Абсорберларнинг конструкцияси. (4 соат).

28- мавзу. Ҳайдаш

Суюқликларни ҳайдаш. Коновалов қонуни. Суюқликларни бир-бирида эриш қобиляти. Азеотроп суюқликлар ва уларнинг диаграммалари. (2 соат).

29-мавзу. Ректификация

Ректификация. Флегма ва флегма сони. Жараённинг ишчи чизиғи. Тарелкалар сонини аниқлаш. Ректификацион колонналарнинг конструкциялари ва уларни ҳисоблаш элементлари. (4 соат).

30-мавзу. Экстракциялаш ва эритиш

Экстракциялаш. Био критерийси. Система мувозанати. Экстракциялашнинг асосий усуллари. Экстракторлар конструкциялари. (4 соат).

31-мавзу. Адсорбция. Умумий тушунчалар

Адсорбция. Адсорбентларнинг характеристикалари. Жараённинг мувозанати ва тезлиги. Адсорберларнинг конструкцияси. Десорбция. Ион алмашилиш жараёни ва қурилмалари. (2 соат).

32-мавзу. Кристалланиш

Кристаллизация. Жараён мувозанати, тўйиниш даражаси. Тўйинган эритма ҳосил қилиш усуллари. Кристаллизаторларнинг конструкциялари. (2 соат).

8-Модуль. Қаттиқ материалларни майдалаш

33-мавзу. Қаттиқ материалларни майдалаш ва классификациялаш

Механик жараёнлар. Майдалаш. Сочилувчан материалларнинг классификацияси. Майдалагич ва классификаторларнинг конструкциялари. (4 соат).

Жами
Семестр бўйича жами

5-семестрда 36 соат
72 соат маъруза

IV. Амалий машғулотлар бўйича кўрсатма ва тавсиялар

Амалий машғулотлар учун қуйидаги мавзулар тавсия этилади.

1. Гидромеханик жараёнлар (2 соат).
2. Гидравлика асослари ва унинг амалиётда қўлланиши (4 соат).
3. Гидродинамика. Трубаларда суюқликларни оқиши (4 соат).
4. Қўзғалмас ва мавҳум кайнаш катламнинг гидродинамикаси (4 соат).
5. Суюқликларни узатиш ва унинг қурилмалари (4 соат).
6. Газларни сиқиш ва компрессорлар (4 соат).
7. Чўктириш, центрифугалаш ва аралаштириш. Филтрлаш (12 соат).
8. Иссиқлик алмашилиш жараёнлари (4 соат).
9. Иссиқлик ўтишнинг турлари. Иссиқлик ўтказувчанлик (8 соат).
10. Конвекция ва нурланиш. Иссиқлик бериш. Иссиқлик ўтказиш (12 соат).

Жами 4-семестрда

54 соат амалиёт

11. Буғлатиш (6 соат).
12. Кўп компонентли системаларни буғлатиш (6 соат).
13. Масса алмашилиш жараёнлари Масса алмашилиш турлари (6 соат).
14. Нам материалларни қуриштириш (6 соат).
15. Абсорбция (6 соат).
16. Ректификация ва ҳайдаш (6 соат).
17. Экстракция. «Суюқлик-суюқлик» ва «қаттиқ жисм-суюқлик» системасида экстракциялаш (6 соат).
18. Адсорбция (6 соат).
19. Механик жараёнлар. Қаттиқ жисмларни майдалаш (6 соат).

**Жами 5-семестрда
Семестр бўйича жами**

**54 соат амалиёт
108 соат амалиёт**

Амалий машғулотлар мультимедиа қурилмалари билан жиҳозланган аудиторияда бир академ. гуруҳга бир ўқитувчи томонидан ўтказилиши лозим. Машғулотлар фаол ва интерфаол усуллар ёрдамида ўтилиши, мос равишда муносиб педагогик ва ахборот технологиялар қўлланилиши мақсадга мувофиқ.

V. Лаборатория машғулотлари бўйича кўрсатма ва тавсиялар

Лаборатория машғулотлар учун қуйидаги мавзулар тавсия этилади:

1. Суюқликларнинг оқиш режимларини аниқлаш (2 соат).
2. Трубаларнинг маҳаллий ва ишқаланиш қаршилиқларини аниқлаш (2 соат).

3. Сууюкликларнинг тезлиги ва сарфини Пито-Прандтл найчаси билан ўлчаш (2 соат).
4. Сууюкликларнинг насадка ва тешиклардан оқиши (2 соат).
5. Мавхум қайнаш қатламнинг гидродинамикаси (2 соат).
6. Мавхум қайнаш қатламида заррачаларнинг қайнаш ва учиб чиқиш тезликларини аниқлаш (2 соат).
7. Марказдан қочма насосларнинг характеристикаси (2 соат).
8. Марказдан қочма вентиляторларнинг характеристикаси (2 соат).
9. Филтрлаш доимийсини аниқлаш (2 соат).

Жами 4-семестрда 18 соат тажриба

10. "Труба ичида труба" типдаги иситкичдаги иссиқлик бериш коэффициентини аниқлаш (2 соат).
11. "Труба ичида труба" типдаги иситкичнинг иссиқлик ўтказиш коэффициентини аниқлаш (2 соат).
12. Эритмаларнинг температура депрессиясини аниқлаш (2 соат).
13. Қуритиш қурилмасида қуриш жараёнини ўрганиш (2 соат).
14. Қуритиш жараёнининг кинетикаси (2 соат).
15. Ҳаракатчан насадкали колонналарда масса бериш ва ўтказиш коэффициентини аниқлаш (2 соат).
16. Ярим сферик актив кўмир қатламли адсорбер гидродинамикасини ўрганиш;
17. Сочилувчан материалларнинг солиштирма юзасини аниқлаш ва элақларда фракцияларга ажратиш (2 соат).
18. Қаттиқ жисмларни майдалаш (2 соат).

Жами 5-семестрда	18 соат тажриба
Семестр бўйича жами	36 соат тажриба

VI. Мустақил таълим ва мустақил ишлар (184 соат)

Мустақил таълим учун тавсия этиладиган мавзулар:

1. Иситиш, буғланиш, совитиш ва конденсациялаш. Температура майдони ва градиенти. Турли материаллар иссиқлик ўтказувчанлиги ва уларнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентлари;
2. Иситиш, буғланиш, совитиш ва конденсациялаш. Инжекторли ва турбокомпрессорли буғлатиш қурилмалари конструкциялари, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари;
3. Масса алмашиниш асослари. Фазалар қоидаси. Масса ўтказишнинг асосий қонунлари. Масса алмашиниш жараёни механизми;
4. Масса алмашиниш жараёнларининг моделлари;
5. Масса алмашиниш асослари. Фазалар қоидаси. Масса ўтказишнинг асосий қонунлари. Колоннали қурилма тарелкаларининг конструкциялари;
6. Ўхшашлик назарияси асослари ва ўлчов бирликлар таҳлили.

Моделлаштириш принциплари. Модификациялашган ва ҳосила ўхшашлик критерийлари;

7. Ноньютон суюқликлар оқими. Труба қувурлари диаметрини ҳисоблаш;

8. Ион алмашилиш жараёнлари. Десорбция. Десорберлар конструкциялари, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари;

9. Филтрлаш жараёнини интенсивлаш. Листли ва ромли филтрлар конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари;

10. Газларни ювиб тозалаш. Кўпикли чанг ушлагичлар конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари;

11. Икки фазали оқимлар гидродинамикаси. Диафрагмали насос конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари;

12. Курилмада суюқлик бўлиш вақти тақсимоти ва оқимлар тузилиши.

Мустақил ўзлаштириладиган мавзулар бўйича талабалар томонидан рефератлар тайёрлаш ва уни тақдимот қилиш тавсия этилади.

Курс лойиҳа ишини ташкил этиш бўйича услубий кўрсатмалар

Фан бўйича курс лойиҳаси: Курс лойиҳаси фан мавзуларига таълуқли масалалар юзасидан талабаларга яқка тартибда тегишли топшириқ шаклида берилади. Курс лойиҳа мақсади; машина ва курилма тавсифи; жараённинг моддий ва иссиқлик баланси; курилма ва боғловчи труба қувурлари ва машиналарнинг гидравлик ҳисоби. Курс лойиҳа тушунтириш хати, моддий ва иссиқлик баланси, гидравлик, конструктив ҳисоблашларни ўз ичига олади. Лойиҳанинг график қисми курилманинг умумий кўриниши, асосий бўлақлар 2-3 проекцияда қирқилган ҳолатларда чизилади.

Курс лойиҳаси учун тахминий мавзулар:

1. Суюқлик ва газларни иситиш, совитиш ва конденсациялаш учун иссиқлик алмашилиш курилма (қобик труба, линза компенсаторли, труба ичида труба, змеевикли, пластинали, спиралсимон, ҳаракатчан қалпоқчали, U-симон труба, блок-графитли ва хоказо) курилмаларни ҳисоблаш ва лойиҳалаш;

2. Турли аралашмаларни қуюқлаштириш, буғлатиш курилмасини ҳисоблаш ва лойиҳалаш;

3. Нам материалларни қуриштириш учун қуришқич (барабанли, мавҳум қайнаш қатламли, пневматик, лентали, шахтали, пурковчи ва хоказо) курилмаларни ҳисоблаш ва лойиҳалаш;

4. Суюқлик ва газ аралашмаларини тозалаш учун адсорбер ва абсорберларни курилмаси ҳисоблаш ва лойиҳалаш;

5. Суюқ аралашмаларни ажратиш учун ректификацион колонналарни курилмасини ҳисоблаш ва лойиҳалаш;

6. «Суюқлик-суюқлик» ва «суюқлик-қаттиқ жисм» системасида экстракциялаш жараёнини курилмасини ҳисоблаш ва лойиҳалаш.

7. Қобик-труба, спиралсимон, змеевикли ва пластинали

иситкичларни, ҳамда уларнинг ҳамма элементларини қурилмаларни ҳисоблаш ва лойиҳалаш;

8. Масса алмашилиш қурилмалари - абсорбер, адсорбер, колоннали қурилмаларни ҳисоблаш ва лойиҳалаш;

9. Барабанли, пневматик, мавҳум қайнаш қатламли қуриткич қурилмасини ҳисоблаш ва лойиҳалаш;

10. Реакторларнинг аралаштирувчи элементи, узатмасини қурилмасини ҳисоблаш ва лойиҳалаш.

VII. Асосий ва қўшимча ўқув адабиётлар ҳамда ахборот манбаалари

Асосий адабиётлар:

1. Charles E. Thomas Process Technology Equipment and Systems, 4th edition, Cengage Learning, Stamford, USA, 2015.

2. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С., Зокиров С.Г. Кимевий технология асосий жараён ва қурилмалар. – Дарслик. -Т.: Шарқ, 2003. – 644 б.

3. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С., Исматуллаев П.Р. Кимё ва озиқ-овқат саноатларининг жараён ва қурилмалари фанидан ҳисоблар ва мисоллар. – Услубий қўлланма. -Т.: NISIM, 1999. - 351 б.

4. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С., Исматуллаев П.Р., Зокиров С.Г., Маннонов У.В. Кимё ва озиқ-овқат саноатларнинг асосий жараён ва қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. - Услубий қўлланма. -Т.: Жаҳон, 2000. -231 б.

Қўшимча адабиётлар:

5. Мирзиёев Ш.М. Буюк келажагимизни мард ва олижаноб халқимиз билан бирга қурамиз. - Т.: “Ўзбекистон”, 2017. - 488 б.

6. Мирзиёев Ш.М. Қонун устуворлиги ва инсон манфаатларини таъминлаш-юрт тараққиёти ва халқ фаровонлигининг гарови.- Т.: “Ўзбекистон”, - 2017. - 48 б.

7. Мирзиёев Ш.М. Эркин ва фаровон демократик Ўзбекистон давлатини биргаликда барпо этамиз. - Т.: “Ўзбекистон”, 2016. - 56 б.

8. Скобло А.И., Молоканов Ю.К., Владимиров А.И., Щелкунов В.А. Процессы и аппараты нефтегазопереработки и нефтехимии. – Учебник. -М.: Недра, 2000. – 677 с.

9. Гельперин Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. – Учебник. М.: Химия, 1991. - т.1-2. – 810 с.

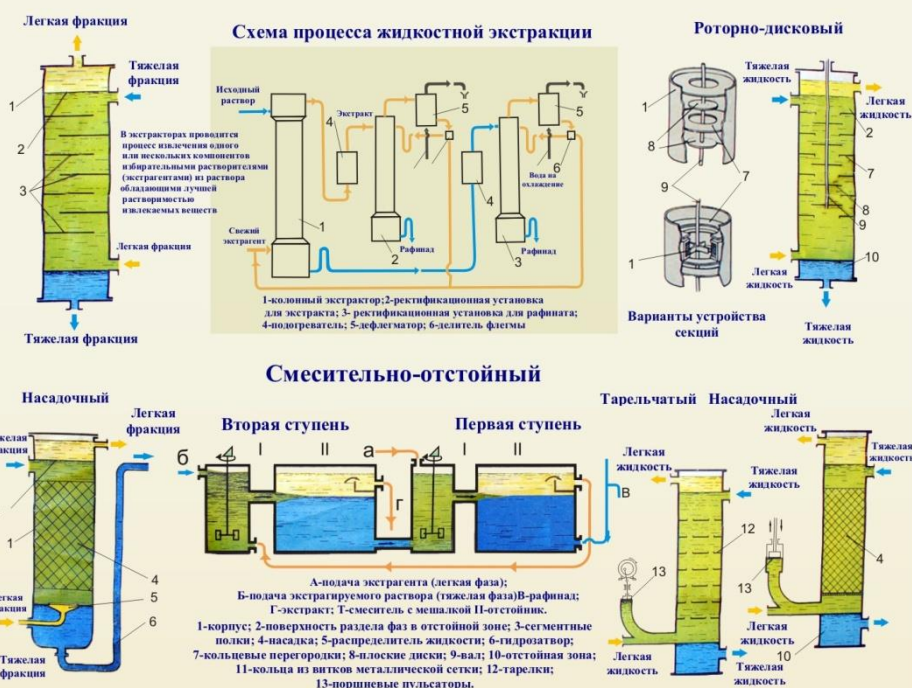
10. Г.Д. Кавецкий, А.В. Королев. Процессы и аппараты пищевых производств. – Учебник. -Москва: ВО «Агропромиздат» 1991. – 431с.

11. Nurmuhamedov X.S., Gulyamova N.U.va boshqa “Asosiy texnologik jarayon va qurilmalar” fanidan uslubiy qo’llanma – Uslubiy qo’llanma. -T,: 2012. - 152. 6.

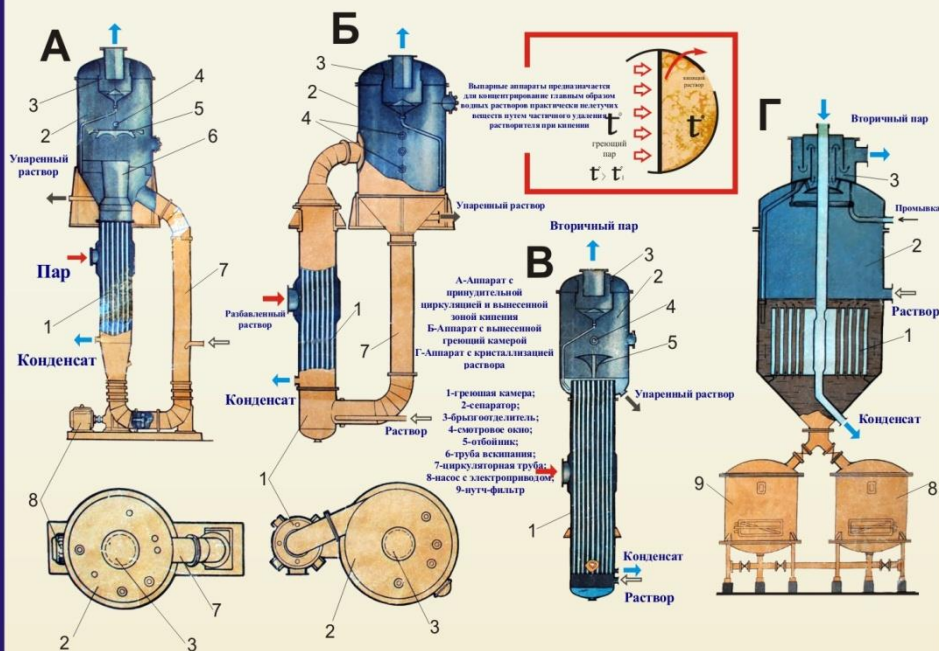
Интернет сайтлари:

- 12. www.texhologiy.ru
- 13. www.ziyo-net.uz
- 14. www.bilimdon.uz
- 15. www.ref.uz
- 16. www.xumuk.ru

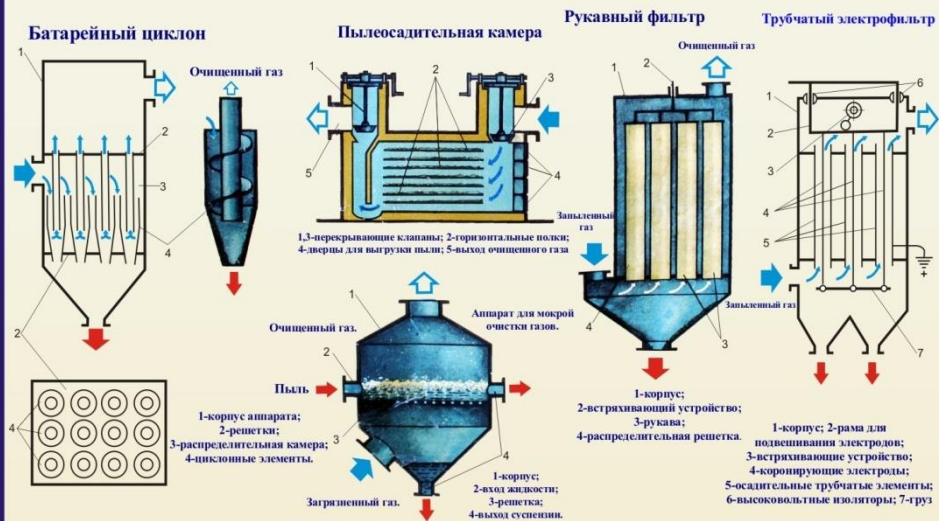
ЭКСТРАКТОРЫ



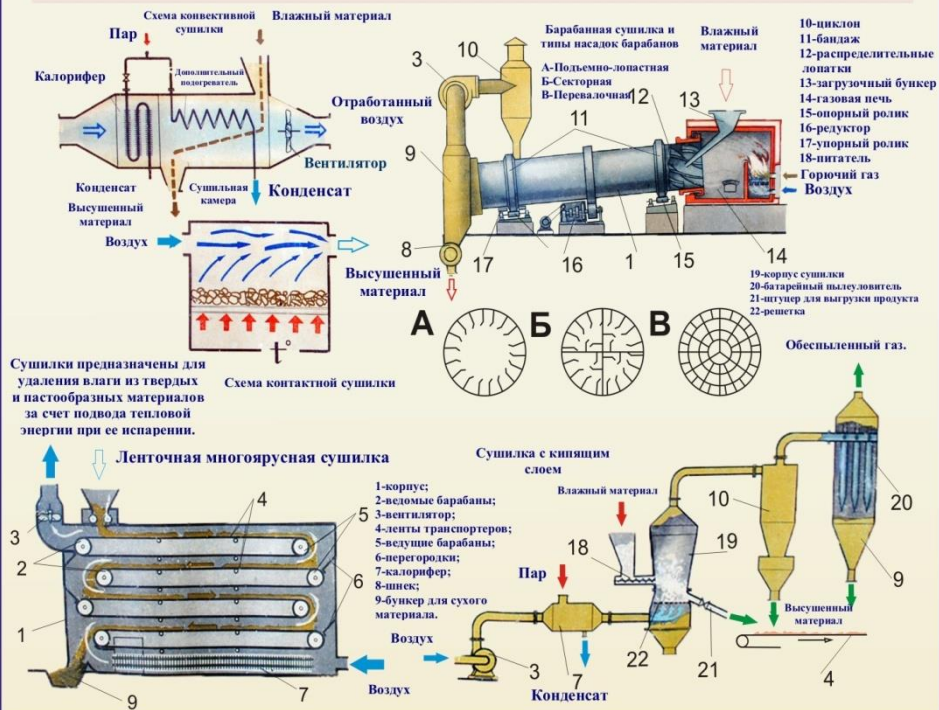
ВЫПАРНЫЕ АППАРАТЫ



ОЧИСТКА ГАЗОВ



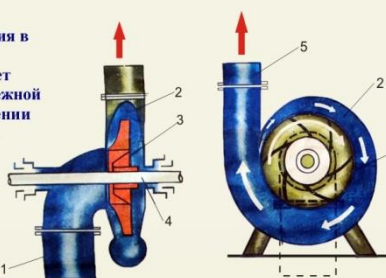
УСТАНОВКИ ДЛЯ СУШКИ МАТЕРИАЛОВ



ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ НАСОСЫ

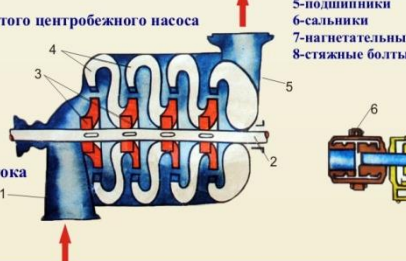
Центробежный одноступенчатый насос с одним рабочим колесом

Перепад давления в центробежном насосе возникает за счет центробежной силы при вращении рабочего колеса



- 1-всасывающий штуцер
- 2-корпус с диффузорным каналом
- 3-рабочее колесо с лопатками
- 4-вал
- 5-нагнетательный штуцер

Схема многоступенчатого центробежного насоса



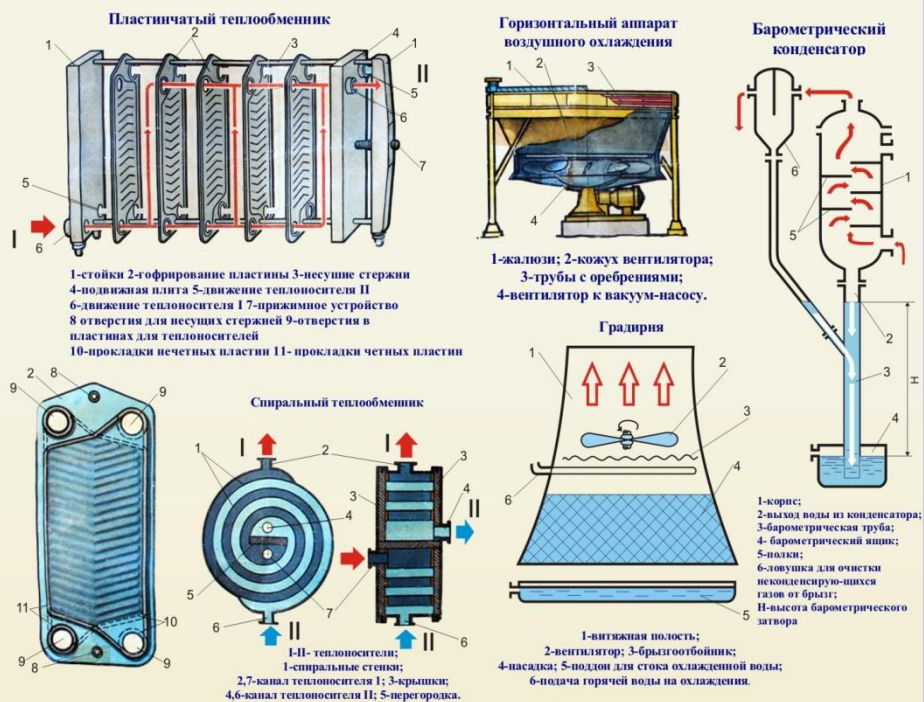
- 1-вход жидкости
- 2-вал
- 3-рабочее колесо
- 4-каналы для перетока жидкости
- 5-выход жидкости

Разрез по оси насоса типа 2KM-6



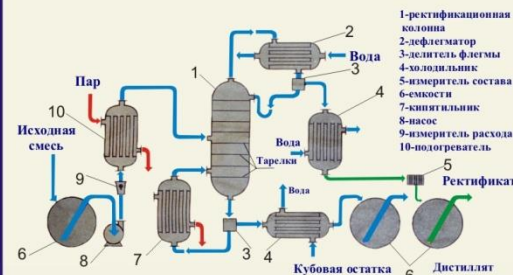
- 1-фланец крепления
- 2-рабочее колесо
- 3-корпус со спиральным диффузорным каналом
- 4-гайка крепления вала
- 5-гильза втулки
- 6-хлонтчатобумажная набивка
- 7-вал электродвигателя
- 8-крышка сальника
- 9-шпонка

ТЕПЛООБМЕННИКИ С ЛИСТОВЫМИ ПОВЕРХНОСТЯМИ И СМЕШЕНИЯ



УСТАНОВКИ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

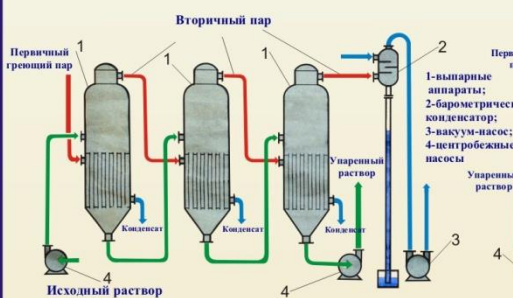
Ректификационная установка



Абсорбционная установка с циркуляцией и десорбцией

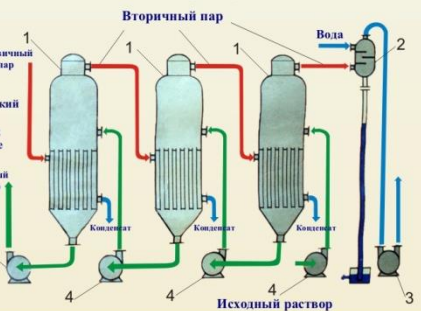


Многокорпусная установка с параллельной подачей пара и вода



Выпарные установки

Многокорпусная противоточная выпарная установка



"Кимёвий инжиниринг жараёнлари ва қурилмалари" fanidan test savollari

Fan bob i	Fa n bo`li mi	g`iyinl ik daraja si	Test topshiri g`i	To`g`ri javob	Muqobil javob	Muqobil javob	Muqobil javob
1	1	1	Issiqlik almashtirish qaysi bo`lim?	*3	8	10	11
1	1	1	Harakatlanuvchi qismga ega uskunalar qanday nomlanadi	*Mashina	Apparat	Qurilma	Jixoz
1	1	1	Jarayonni amalga oshiruvchi, harakatlanuvchi qismga ega bo`lmagan uskuna nima	*Apparat	Mashina	Qurilma	Jixoz
1	1	2	Pech nima?	*materialga nssqlik energiyasin i berish yordamida belgilangan xossaga ega bo`lgan maxsulotni olish uchun ishlatiladig an issiqlik qurilmasi	Oz, ko`p tonnali massa almashinu v va issiqlik almashinu v jarayonlar ida tula termodina mik taxlilovchi ob'ekt	tarkibiga kiruvchi bosqichlar boshka maxsulotlar ni ishlab chiqaruvchi ob'ekt	past energiya sarflovchi ko`p komponentl i ob'ekt
1	1	2	Anergiya qanday belgilanadi?	* A_H	B	O	K
1	1	2	Kimyoviy texnologiya soxasida asosiy energoresurslarni ko`rsating	*Tabiiy gaz, neft, toshkŷmir	Elektr energiyasi , bosim	Quyosh energiyasi, temperatura	Xajm, Quvvat, bosim
1	1	2	Termodinamikaning 1-qonuni qanday ifodalanadi?	* $\Delta U = Q - A$	$\Delta U = Q + A$	$\Delta A = Q - H$	$\Delta Q = Q_1 - Q_2$
1	1	2	Yoqilqini agregat holati	*qattiq, suyuq, gazsimon	Kattik, uchuvcha n, yonuvchi	Aktiv, elementar, energetik	Maydalang an, kristalli, kengayuvc hi

1	1	2	Ichki energiya qanday belgilanadi?	* U	Q_1	Q_2	Q_{ii}
1	1	2	Ideal gazning holat formulasini ko'rsatinig	* $PV = nRT$	$PV = RNRT$	$TPV = nRT$	$PVK = nRT$
1	1	2	Gazning konsentrasiyasi qanday belgilanadi?	* y	ε	ϕ	φ
1	1	2	Benzin necha gradus selsiyda qaynaydi?	*30-205	40-280	50-3905	60-700
1	1	2	$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_m} + \frac{S_u}{\lambda_q} + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{S_c}{\lambda_c} + \frac{1}{\alpha_c}}$ formulaga izox bering	*issiqlik o'tkazish koeffisienti	issiqlik almashinish koeffisienti	issiqlik berish koeffisienti	issiqlik o'tkazish doimiysi
1	1	2	Neftni qayta ishlash jarayonida uni xaydash, fraksiyalarga ajratish natijasida olinadigan dizel dvigatellarining yokilgisi qanday nomlanadi?	*Solyar moyi	Benzin	Kerosin	Mazut
1	1	1	Uskunalarga qo'yiladigan talablar	*Unumdorlik, kam material va energiya sarflani-shi, barqaror ishlash va konstruktiv talablar	Samaradorlik va konstruktiv talablar	Jadallik va konstruktiv talablar	Unifikasiya va konstruktiv talablar
1	1	2	Katalizator ishtirokida borayotgan reaksiyalar qanday reaksiyalar deyiladi	*katalitik	qaytmas	qaytar	oddiy
1	1	2	Kimyoviy reaksiyalarning tezligi nimalarga bog'liq	*xamma javob to'g'ri	Reagentlarning xossalari	konsentrasiya, temperatura, bosimga	katalizator ishtirokiga
1	1	1	Ma'lum bir muxim maxsulotni olish uchun qanday qurilmalar qo'llaniladi	*reaktorlar	nasoslar	yordamchi qurilmalar	quvurlar
1	1	2	Reagentlarning agregat holatlari va reaktorlarning ishlash	*3	5	7	8

			prinsipiga qarab (reaksion uskunalar) reaktorlar necha turga bo`linadi?				
1	1	2	$D = \sqrt{\frac{V}{(0,785\sigma_m)}}$ Ushbu formula bilan apparatning qanday kattaligini aniqlash mumkin?	*diametrini	radiusini	balandligini	xajmini
1	1	2	Gaz fazali reaktorlar necha turga bo`linadi?	*2	4	6	5
1	1	2	Issiqlik chiqishi bilan boradigan reaksiyalar...reaksiyalar deyiladi?	*endotermik	ekzotermik	muvozanat	qaytar
1	2	2	Kimyoviy o`zgarishi mexanizmining usuli bo`yicha reaksiyalar qanday bo`ladi	*Oddiy, murakkab, parallel, ketma-ket , qaytar, qaytmas	suyuq, qattiq, parallel;	uchuvchan, yengil fazali;	uzgaruvchan, qaytmas; quruq, kam, gaz, qattiq
1	1	2	Qaysi qonuniyatlarga asosan idishdagi modda miqdorining o`zgarishi, idishdan kelayotgan va ketayotgan modda sarfi G_1 va G_2 bilan aniqlanadi?	*moddiy balans	modda massalarini ng saqlanishi	muvozanat	qaytar jarayon
1	1	2	Yuqori temperatura qaysi asbob orqali o`lchanadi?	*Termopara	manometr	Areometr	Barometr
1	1	2	Quyidagilardan qaysi jarayon radiasiyal quritish xisoblanadi?	*issiqlik infraqizil nurlar orqali tarqaladi	xajm birligidagi nam xavo miqdori	material yuqori chastotali tok maydonida qizdiriladi	material muzlagan xolda, yuqori vakuum ostida qizdiriladi
1	1	2	Issiqlik yutilishi bilan boradigan reaksiyalar...reaksiyalar deyiladi	*Enzotermi k	Ekdotermik	teng	Oddiy
1	1	2	Reaktor uskuna qanday temperaturada ishlaydi	*850-900	100-200	500-700	1000-2000

1	1	2	Ammiak necha bosqichda oksidlanadi?	*2	4	5	6
1	1	2	Asosiy fazasi suyuqlik bo'lgan jarayonlar amalga oshiriladigan qurilma nomi?	*xajmiy reaksiyon uskuna	issiklik almashtirgich	nasoslar	vintelyator
1	1	2	"Gaz-suyuqlik" va "suyuqlik-suyuqlik" sistemalarida jarayonlarni amalga oshirish qurilmalari	*kalonka reaksiyon uskunalar	Metankonvertori	trubali pechlar	qattiq fazali
1	1	2	Reaktorlarning asosiy turlarini ko'rsating	*Xamma javob tugri	vertikal silindr reaktorlari	polkali pishirish pechlari	aylanuvchi barabanli pechlar
1	1	2	Gaz generatorlarining ichki tuzilishi qanday bo'ladi?	*ichi bush buladi	Nasadkalar bilan tulgan buladi	trubalar solingan bo'ladi	tarelkalari bo'ladi
1	1	2	Navoiy sement zavodida nechta pech mavjud?	*3	5	2	6
1	1	2	Qorg'ichli reaktorlarni hisoblaganda uskunalarni qanday ulchami hisoblanadi?	*soni	Ktarelkalari ulchami	joylashish o'ni	diametri
1	1	2	Fazalarning kontaktlashish yuzasi jarayonlarning jadal borishiga ta'sir qiladimi?	*Xa	Yo'q	tugri javob yo'q	10% ta'sir qiladi
1	1	2	Qattiq jismlarning yuzasini qanday oshirish mumkin?	*Mexanik maydalash bilan	temperatura ni oshirish bilan	Bosimni oshirish bilan	O'rnini almashtirish bilan
1	1	2	Qattiq jismlarni maydalash usullari	*ezish	yorish	urish	ishkalash
1	1	2	Asosiy jarayonlarning nechta turi mavjud?	*5 ta: gidromexanika, issiqlik almashinish, modda almashinish, kimyoviy, mexanik.	2ta: rektifikatsiya, ekstraktsiya.	4 ta: gidromexanika, issiqlik almashinish, modda almashinish, kimyoviy.	7ta: gidro, mexanik, issiqlik almashinish, modda almashinish, kimyoviy, namlash, qizdirish
2	1	2	Suyuqliklarning asosiy fizik	*zichlik, solishtirma	universal gaz	hajmiy sarf, massaviy	ish, energiya,

			xossalari...Nuqtalar o`rniga kerakli so`zni qo`ying.	og`irlik, kovushqoqlik bosim, temperatura	doimiysi	sarf, tenglik massa	vazn, millimetr
2	1	3	Quyidagi formuladan qaysi biri kinematik qovushoqlikni topish formulasi?	$\nu = \frac{\mu}{\rho}$	$\nu = \frac{m}{v} \phi$	$\nu = \frac{m}{v}$	$\nu = \frac{G}{m}$
1	1	2	Geterogen sistemalar deb nimaga aytiladi?	*ko`p jinsli sistemalariga	bir jinsli sistemalariga	gomogen sistemalariga	hamma sistemalariga
1	1	2	Ishlab chiqarish bilan ilmning bog`liqligi	*loyixalash	masalalar	qurilma	Ishlab chiqarish
2	1	2	Muxandis mexanikni tayyorlashdagi eng zarur bosqich	*loyixalash	xisblash	qurish	chizish
2	1	3	Loyihalashda ketma-ket qaysi masalalar yechiladi?	*Loyihalashning ko`p variantliga, tipik jarayonlarni ko`proq qo`llash va loyihaning komplektligi	TIA va texnologik hisoblar	Issiqlik va moddiy balans	Konstruktiv va gidravlik hisoblar
2	2	3	Loyiha tashkilotlari qanday maxsuslashtiriladi?	*2, ya'ni tarmoq va texnologik ko`rinishlarida	Loyiha mavzusiga qarab	Texnik-iqtisodiy ko`rsatkichlar asosida	iqtisodiy ko`rsatkichlar asosida
3	1	2	Issiqlik almashinish nima?	*Modda temperaturalarining tenglashishi	Gazlar	suyuqlikka yutilishi	Neftning qotishi kristallanish
3	1	3	Loyiha qaysi qismdan iborat	*Grafik va tushintiruv yozuvi	Hisob-kitoblar	Grafik qismdan	Asosiy va yordamchi
3	2	3	Gidrodinamik parametirlariga nima kiradi?	*oqimlar xarakatini ifodalovchi parametrlar	kimyoviy reaksiya tezligi konstantasi	apparat parametrlari	temperatura, konsentrasiya, bosim

2	1	3	Suyuqliklarning massaviy sarfi qaysi formula orqali aniqlanadi?	$* M = \rho V$	$M = S_1 \frac{S}{P}$	$M = \frac{S}{P}$	$M = \frac{d}{4}$
2	1	3	Quyidagi formulalardan qaysi sekundli sarf tenglamasi?	$* V = \omega \cdot S$	$V = \rho \cdot SN$	$V = \rho \cdot S$	$V = \omega \cdot N$
2	2	3	Qaysi biri Nusselt diffuzion kriteriysi?	$* Nu' = \frac{\beta l}{D}$	$Nu' = \frac{\beta l}{D} \cdot F$	$Nu' = \frac{\beta}{D}$	$Nu' = \frac{\beta l}{2}$
3	1	2	Gidrostatikaning asosiy tenglamasi... Nuqtalar o'rniga kerakli so'zni qo'ying.	$* z + \frac{p}{\rho g} = const$	$\frac{p}{\rho g}$	$\omega = \frac{V}{S}$	$\frac{p}{\rho g} = const A$
3	1	3	Gidravlik radius orqali ifodalangan ekvivalent diametrining ifodalanishi quyidagicha.	$* d = d_s = 4r_r$	$d_p = d_s = 4\Phi_r$	$G_1 = G_2$	$d = d_s + 4r_r$
3	2	3	Bernulli tenglamasini ko'rsating?	$* Z + \frac{P}{\rho g} + \frac{w^2}{2g} = const$	$Z + \frac{P}{\rho g} = const$	$Z + \frac{P}{\rho g} + \frac{w^2}{g} = const$	$Z + \frac{P}{g} + \frac{w^2}{2g} = const$
3	2	3	Qaysi biri oqimning uzluksizlik tenglamasi?	$* \omega \cdot S \cdot \rho = const$	$\omega B \cdot S \cdot \rho = const$	$\mathcal{D} \cdot S \cdot \rho = const$	$\omega \cdot S \cdot T = const$
4	1	1	Quvurlarda Ishkalanish karshiligi ... sodir bo'ladi Nuqtalar o'rniga kerakli so'zni qo'ying.	$* Truba bo'ylab$	O'rtasida	chetida	ohirida
4	2	3	Truba quvurlari diametric ... hisoblash. Nuqtalar o'rniga kerakli so'zni qo'ying.	$* D = \sqrt{\frac{4Vc}{\pi \omega}}$	$D = HP \sqrt{\frac{4Vc}{\pi \omega}}$	$D = \sqrt{\frac{4Vc}{4}}$	$D = \sqrt{\frac{4Vc}{10\omega}}$
5	1	2	O'xshashlik kriteriylari nomlari.	*gidromexanik issiqlik va diffuzion o'xshashlik kriteriylari	mexanik dinamik , issiqlik o'xshashlik kriteriylari	gidrodinamik , dinamik mexanik , o'xshashlik kriteriylari	tekis
5	2	1	Gidromexanik o'xshashlik	*Reynolds , eyler, Frud	Nusselt , Frud,	Reynolds, eyler Pekle,	issiklik almashinish

			kriteriysiga quyidagi qaysi kriteriylari kiradi	, Galiley kriteriylari .	Pekle , Prandtl kriteriylari	Frud kriteriylari	yuzasini topish
5	3	2	Issiqlik o`xshashlik kriteriysiga quyidagi qaysi kriteriylar kiradi .	*Nuselt , Fure, Pekle, Prandtl kriteriylari	Reynolds Pekle, eyler, Frud kriteriylari	Eyler, Frud, Prandtl, kriteriylari	Gidrodinamik, ekstraksion bo`lishi
6	1	1	Harakat rejimlari. ... Nuqtalar o`rniga kerakli so`zni qo`ying.	*Laminar, turbulent	isitish, sovitish, kondensasiyala	Laminar, adsorbsiyalash	Laminar, kristallash
6	4	2	Reynolds tenglamasi	* $Re = wd \rho / \mu$	$Re = w \rho / \mu$	$Re = \rho / \mu$	$Re = wd$
7	1	2	Mavhum qaynash qatlamli qurilmalar.	*adsorber, quritgich va b.	Sentrifuga-lar	chuktitirish, filtrlash, sentrifugalash	filtrlash
8	1	1	Gazlarni siqib uzatib beruvchi mashinalar... Nuqtalar o`rniga kerakli so`zni qo`ying.	*kompresor mashinalar	Siklonlar	Nasoslar	porshenli nasoslar
8	1	1	Gidravlik mashinalar necha guruhga bo`linadi?	*2 guruhga: nasoslar va kompressorlar	mashinalarga	3 guruhga: nasoslar, absorberlar, kompressorlar	4 guruhga: vakuum-nasoslar, xajmiy, rotorli, kompressorlar
8	1	1	Markazdan qochma nasoslar xosil qiladigan napor necha metrdan oshmasligi kerak?	*50 m dan	20 m dan	30 m dan	40 m dan
8	1	2	Markazdan qochma nasoslarning afzalliklari:	*ishonchli va uzoq ishlaydi, unumdorligi katta, ishlatish qulay	keng va katta bo`lishi kerak	ishonchli va uzoq ishlaydi, o`lchami katta, ta'mirlash tez-tez bo`lishi	tez-tez ta'mirlash kerak bo`lishi, tashqarida joylashishi
8	2	2	Nasoslar ishlash prinsipiga ko`ra necha turga bo`linadi?	*5 turga: markazdan qochma,	2 turga: markazdan qochma,	3 turga: uyurmali, nasoslar,	4 turga: nasoslar, kompressor-

				xajmiy, uyurmali, tezkor oqimli, uqli.	tezkor	uqli	sorlar, markazdan qochma, uyurmali.
8	3	1	Suyuqliklarni uzatish uskunalari... Nuqtalar o`rniga kerakli so`zni qo`ying.	*Nasoslar	Sentrifuga -lar	kompresor lar	porshenli kompresor
8	4	3	Nasosning unumdorligini aniqlash formulasi.	* $Q = 60i\eta F S_n$	$Q = 60i\eta F$	$Q = 60i S_n$	$Q = 60\eta F_n$
9	1	1	Gazliftlarning f.i.k. necha foiz?	*25-330	40-60	10-15	30-70
9	1	1	Sanoatda eng ko`p qo`llaniladigan nasos turi qaysi?	*markazda n qochma tipdagi nasoslar	porshenli nasoslar	vintli nasoslar	nasoslarnin g maxsus turlari
9	2	3	Porshenli nasoslarning unumdorligini xisoblash tenglamasi	* $Q = 60i\eta F S_n$	$Q = 60 F S_n$	$Q = \eta F S_n$	$Q = 60i_n$
9	3	1	Rotorli nasoslarga qanday nasoslar kiradi?	*tishli, g`ildirakli, plastinkali, vintli	markazda n qochma, plunjerli, vintli	o`qli, xajmiy, propellerli	bir bosqichli, ko`p bosqichli
9	4	1	Vintli nasoslarning asosiy elementi nima?	*vinti	val	rotor	suyuqlik surish zonasi
10	1	1	Ishlash prinsipiga ko`ra kompressor mashinalar necha turga bo`linadi?	*5 turga: porshenli, markazdan kochma, rotasion, ukli, tezkor okimli.	2 turga: porshenli, rotasion.	3 turga: porshenli, propellerli, turbinali	4 turga: porshenli, propellerli, turbinali, parrakli
10	1	1	Qanday mashinalar gazlarni siqish va xarakatlantirishga mo`ljallangan?	*kompres orlar	nasoslar	absorberlar	kristallizato rlar
10	1	2	Kompressor mashinalar siqish darajasiga qarab necha guruhga bo`linadi?	*3 ga	5 ga	7 ga	2 ga
10	2	2	Kompressorning siqish darajasini izoxlang.	* P_2/P_1	$P_2/P_1 = A$	$B = P_2/P_1$	$A = S * P_2/P_1$

10	2	2	Kompressorlarning siqish darajasi deb nimaga aytiladi?	$* P_2/P_1 > 3$	$P_2/P_1 = 3$	$\frac{P_1}{P_2} < 3$	$\frac{P_1}{P_2} = 0$
10	3	2	Kompressor mashinalar siqish darajasiga qarab, yani gazga beradigan bosimiga qarab necha turga bo'linadi?	*4 turga: ventilyatorlar, gazoduvkalar, kompressorlar, vakuum-nasoslar	2 turga: ventilyatorlar, nasoslar	3 turga: ventilyatorlar, nasoslar, kompressorlar	5 turga: Ventilyator, absorber, nasoslar, kompressorlar, trubalar
11	1	2	Dinamik kompressorlarga ... kiradi. Nuqtalar o'rniga kerakli so'zni qo'ying.	*Markazda n qochva, o'qli va oqimchali kompressorlar	Markazda n qochva, vertikal kolonnalar	o'qli va oqimchali kompressorlar, gorizontall kolonnalar	oqimchali kompressorlar, tagi tekis kolonnalar
11	2	3	Plastina ... tipidagi kompressorlar. Nuqtalar o'rniga kerakli so'zni qo'ying.	*Shiber	nuqta	uzun	aylana
12	1	2	Porshenli vakuum-nasoslar ishlash prinsipiga ko'ra ... bosqichli bo'ladi. Nuqtalar o'rniga kerakli so'zni qo'ying.	*Bir, ikki va ko'p	Yigirma	yuz	cheksiz
13	1	2	Geterogen sistemalar deb nimaga aytiladi?	*ko'p jinsli sistemalar	bir jinsli sistemalar	gomogen sistemalar	hamma sistemalar
13	2	2	Suyuqliklarni aralashtirish necha usulda amalga oshiriladi?	*mexanik	ekstraksiyalash	oqimli	ekstraksiyalash
13	2	2	Siklonda gazlar asosan qaysi kuch yordamida tozalanadi?	*markazda n qochma kuch	markazga intilma kuch	statik kuchlar	dinamik kuchlar
13	3	1	Mexanik ko'rgichlar konstruksiyasiga qarab necha turga bo'linadi?	*3 turga: kurakli, parrakli, turbinali	2 turga: kurakli, tarelkali	1 turga: kurakli	4 turga: kurakli, parrakli, turbinali oqimli
13	4	2	Tindirish deb nimaga aytiladi?	*qisman ajratish	absorberlar	Qisman ёки тулик ajratish	aniq ajratish

13	4	3	Tindirish jarayonida cho'kish maydonini aniqlash formulasi qanday?	$*F_q V_T / W_q$	$F_q V_T = W_q$	$F_q V_T / W_q$	$F_q V_T > W_q$
13	5	2	Qanday aralashmaga suspenziya deyiladi?	*Suyuqlik va qattiq moddalar zarrachalar dan tashkil topgan aralashma	Suyuqlik va gaz modda zarrachalari dan tashkil topgan	To'g'ri javob yo'q	Suyuqlik va suyuqlik eritmaga aytiladi
14	1	1	Filtrlash jarayoni qanday qurilmalarda amalga oshiriladi?	*Filtrlash qurilmalari da	Nasoslar	Siklonlar	porshenli nasoslar
14	1	2	Dispers fazani ushlab butun fazani o'tkazib yuboradigan govak to'siqlar yordamida suspenziyani	*filtrlash	bsorbsiya	kristallash	adsorbsiya
14	2	1	Suspenziyalarni markazdan qochma kuchlar ta'sirida ajratish jarayoni qanday nomlanadi?	*Sentrifuga lash	absorbsiya lash	quritish	ekstraksiyal ash
14	3	1	Sanoatda qanday filtr-presslar ishlatiladi	*ramali va kamerali	tarelkali va nasadkali nutch-filtrlari	ramali va nasadkali	ramali va nasadkali, nutch-filtrlari
14	4	3	Sentrifugalashning bitta umumiy siklini ifodalang	$*$ $\tau_{\text{II}} = \tau_{\text{K}} + \tau_{\text{T}} + \tau_{\text{I}}$	$\tau_{\text{II}} = \tau_{\text{K}} + \tau_{\text{T}}$	$\tau_{\text{II}} = \tau_{\text{I}}$	$\tau = \tau + \tau \approx \tau_{\text{I}}$
15	1	2	Cho'ktiruvchi sentrifuga ... dan tashkil topgan. Nuqtalar o'rniga kerakli so'zni qo'ying.	*O'q, rotor, qobiq, chap va o'ng to'siq	O'q, rotor, nasos	chap va o'ng to'siq, kompressor	chap va o'ng to'siq, val
16	1	2	Gazlarni tozalash uchun ... va ... ishlaqdigan qurilmadan foydalaniladi. Nuqtalar o'rniga kerakli so'zni qo'ying.	*Davriy, uzluksiz	Doimiy, chala	Davriy, parallel	Uzluksiz, qarama-qarshi
17	1	1	Issiqlik jarayonlarining	*isitish,	chuktitirish,	filtrlash	isitish,

			turlari... Nuqtalar o`rniga kerakli so`zni qo`ying.	sovitish, kondensasiya	filtrlash, sentrifugalash		sovitish, filtrlash,
17	2	2	Issiqlik o`tkazish jarayonlari:	*isitish, sovitish, kondensasiya	quritish	bug`latish	kristallash
17	3	2	Issiqlik o`tkazishning asosiy tenglamasi... Nuqtalar o`rniga kerakli so`zni qo`ying.	$Q = K F \Delta t_{o'rt}$	$M = K_y F X_{yo'rt}$	$M = K_x F x_{o'rt}$	$\omega = V/S$
17	4	2	α - qanday koeffisient?	*issiqlik berish koeffisienti	issiqlik otkazish koeffisienti	issiqlik tashuvchi	devor temperatura si
17	5	2	Issiqlik almashtirish uskunalarini xisoblashdan maqsad nima?	*issiqlik almashinish yuzasini topish	temperaturalarni aniqlash	ekstraksiya va quritish	issiklik almashinish yuzasini topish
18	1	2	Bir muhitdan boshqasiga issiqlikni o`tkazish uchun mo`ljallangan moslama ... qurilmasi deyiladi. Nuqtalar o`rniga kerakli so`zni qo`ying.	*Issiqlik almashinish	Cho`ktiruvchi	Skrubberlar	oqimchali
19	1	2	Bug` yoki gazlarni, suyuq yoki xavo yordamida sovitib, suyuq, agregat xolatiga o`tkazish jarayoniga ... deyiladi	*kondensasiyalash	Haydash	absorbsiya	tindirish
20	1	1	O`zbekiston sharoitida qaysi uskunani hamma vaqt ham qo`llab bo`lmaydi?	*Xavo bilan sovituvchi issiqlik almash-tirgichlarni	ekstraktorlarni	absorbsion-desorbsion qurilmalarni	skrubberni
20	1	2	Issiqlik almashtirgichlar ishlash prinsipiga ko`ra necha xil bo`ladi?	*rekuperativ, regenerativ	rekuperativ, qarama-qarshi	to`g`ri, qarama-qarshi	tubulizatorlari, aralashtirgichli

20	1	2	Kimyo sanoatida issiqlik almashtirgichlarning asosiy qismini tashkil etadigan uskunalar qaysilar?	*Kondensator va sovutgichlar	absorber va rektifikator	skrubber va isitgichlar	ekstraktor va kristallizatorlar
20	2	1	Diametri 800 mm va undan katta bo'lgan uskunalarda truba panjarasi erkin siljishi uchun ularda nima o'rnatiladi?	*tayanch platformasi	qo'shimcha quvur	kojux	panjara
20	3	2	Kojux-trubali issiqlik almashtirgichlarning asosiy elementlari qaysilar?	*Kojux, taksimlash panjaralari, trubalar panjarasi	Kojux, tayanch	Kojux, tayanch, ramali va kamerali	Kojux, ramali va kamerali
20	4	1	Pulat trubalar truba panjarasiga necha usulda maxkamlanadi?	*Razvalsov kalab	Kojux, ramali va kamerali, payvandlab	Kojux, ramali va kamerali, razvalsovkalab	Kojux, ramali va kamerali, roliklar yordamida kengaytiriladi
20	5	2	Nakatkali trubalarni qo'llashdan maqsad... Nuqtalar o'rniga kerakli so'zni qo'ying.	*Issiqlik almashinish jarayonini oshiradi.	Qattiq moddalarni maydalaydi.	Moddalarni kondensatsiya laydi	Moddalarni kompensatsiya laydi
21	1	2	Bug'latish nima?	*erituvchini qaynatish paytida chiqarib yuborib quyultirish	gazlardan suyuqliklarni ajratish	chuktitirish, filtrlash, sentrifugalash	nam xavoni kuritish
21	1	3	Qaysi biri bug'latish qurilmalarining material balansini topish tenglamasi?	* $W = G_n \cdot \left(1 - \frac{b_n}{\epsilon_n}\right)$	$W = \left(1 - \frac{b_n}{\epsilon_n}\right)$	$W = G_n \cdot (\Phi + C)$	$W = G_n \cdot \left(1 - \frac{b}{d}\right)$
21	2	1	Bug'latish uskunasi suyuqlik va gazlarning asosiy yo'nalishi	*to'g'ri va qarama-qarshi	parallel	jadal	sirkulyatsion
21	3	1	Eritma qaynaganda xosil bo'lgan bug' nima deyiladi?	*ikkilamchi bug'	birlamchi bug'	ortikcha bug'	Ko'p bug'

22	1	1	Modda almashinish jarayonlariga qaysi jarayonlar kiradi?	*absorbsiya	xaydash va rektifikasiya	ekstraksiya va kuritish	kristallizasiya va eritish
22	1	1	Ion almashinish jarayoni nima yordamida amalga oshiriladi?	*Ionitlar	ionitlar, quritgichlar	ionitlar, tok kuchi	ionitlar, tok kuchi, quritgichlar
22	1	2	Kolonna apparatlariga misol ayting	*absorber, rektifikator, eksraktor	absorber, nasos, ventilyator	absorber, rektifikator,	absorber, rek nasos, eksraktor
23	1	2	Modda o'tkazishning xarakatlantiruvchi kuchi... Nuqtalar o'rniga kerakli so'zni qo'ying.	*konsentrationiyalar farki	Temperaturalar farki	tezligi	bosimi
23	1	2	Absorbsiya jarayoni nima?	*gazlarning suyuqlikka yutilishi	changli gazdan zarrachalar ning ajralib chiqishi	chuktirish jarayoniga	Sentrifugalash ga
23	1	2	Adsorbsiya jarayonini tashkil etish bo'yicha ... guruxga bo'linadi.	*qattiq jismdan bir yoki bir necha komponentni selektivlik qobiliyatiga ega bo'lgan erituvchi yordamida	Gaz tarkibidagi bir necha komponentni to'g'ridan to'g'ri erituvchi yordamida ajratib olish jarayoni	Suv tarkibidagi bir yoki bir necha komponentni tepmeratura yordamida ajratib olish jarayoni	Qattiq jismdan bir yoki bir necha komponentni quritish yo'li bilan ajratib olish jarayoni
23	2	2	Absorberlar suyuqlik va gazning o'zaro kontakt yuzasiga qarab necha gruppaga bo'linadi?	*4 gruppaga	1 gruppaga	3 gruppaga	5 gruppaga
23	2	2	Absorbsiya jarayoni ni olib borish uchun ishlatiladigan qurilmalar necha gruppaga bo'linadi?	*3 gruppaga	4 gruppaga	2 gruppaga	5 gruppaga

23	3	1	Membrana bu ... Nuqtalar o`rniga kerakli so`zni qo`ying.	*Suyuq yoki gaz aralashmad an bir yoki bir necha komponent ni bir tomonlama o`tkazish qobiliyatiga ega bo`lgan yarim o`tkazuvch an to`siqdir.	Qattiq aralashma ni o`tkazish qobiliyati ga ega bo`lgan to`siqdir.	Suyuq yoki gaz aralashmad an bir yoki bir necha komponent ni o`tkazmayd igan to`siqdir.	Aralashma dan bir yoki bir necha komponent ni chiqarib yuborish qobiliyatiga ega.
24	4	1	Nasadkali kolonnalar qanday rejimda ishlaydi?	*gidrodina mik	ekstraksio n	absorbsion	tekis
24	5	2	Nasadkalar kolonna ichida tayanch panjaralarining ustiga qanday joylashtiriladi?	*tartib bilan teriladi yoki tartibsiz tukiladi	Sakkiz burchak shaklida quyiladi	kolonnanin g faqat o`rta qismiga teriladi	tartib bilan terilmaydi yoki tartibsiz tukiladi
24	6	1	Tarelkali kolonnalarning diametri ... Nuqtalar o`rniga kerakli so`zni qo`ying.	*300mm dan 12m gacha bo`ladi	1000mm dan 20 m gacha bo`ladi	100mm dan 50m gacha bo`ladi	600mm dan 40m gacha bo`ladi
24	6	1	Tarelkali kolonnalar qanday materialdan yasaladi?	*uglerodli pulatlardan, legirlangan pulatlardan, rangli metallardan	legirlanga n pulatlarda n salafandan	rangli metallardan , salafandan	chuyan, keramika, grafit, ftoroplastda n, salafandan
24	6	2	Tarelkalarga quyiladigan talablar:	*gaz bilan suyuqliknin g yaxshi kontaklash ishi ni ta'minlash, gidravlik qarshilik kichik bo`lishi, gaz bilan	keng va katta bo`lishi kerak	ishonchli va uzoq ishlaydi, ulchami katta, ta'mirlash tez-tez bo`lishi	tez-tez ta'mirlash kerak bo`lishi, tashqarida joylashishi

				suyuqlik sarfi keng diapazonda o'zgarganda xam ishlay olishi, konstruksiyasi oddiy, ishlatish, ta'mirlash oson va yengil bo'lishi			
24	7	1	Nasadkalarga quyiladigan talablar?	*Xajm birligidagi yuzasi katta bulishi sug'oriladigan suyuqlik bilan yaxshi namlanishi gidravlik qarshiligi kichik bo'lishi suyuqlikni tekis taqsimlashi, narxi arzon bo'lishi va boshqalar	issiklik almashinish yuzasini topish	issiklik tashuvchi, issiqlik berish koeffisienti kichik bo'lishi	Gidrodinamik, ekstraksion bo'lishi
24	8	2	Ideal eritmalar uchun Raul qonunining matematik ifodasi.	$*P_a = P_a X_a$	$S = R - \Phi + 2$	$P_a = EX_a$	$V = ASH$
24	8	2	Skrubberlar Nuqtalar o'rniga kerakli so'zni qo'ying.	*Ichi bo'sh yoki nasadkali, silindrsimon yoki to'g'ri to'rtburchak shakldagi	Vertikal kolonnalar	Gorizantal kolonnalar	Tagi tekis kolonnalar

				kolonna			
24	1	2	Modda tarkibidagi komponentlarni kondensasiyalash jarayoni:	*xaydash va rektifikasiyalash	adsorbsiyalash	kristallash	absorbsiyalash
24	2		Suyuqlik aralashmalarini bir marta qisman bug`latish yo`li bilan ajratish jarayoni ... deb aytiladi. Nuqtalar o`rniga kerakli so`zni qo`ying.	*Oddiy haydash	Murakkab haydash	To`la haydash	Aylana haydash
24	3	2	Suv bug`i bilan haydash qurilmasining tuzilishi... Nuqtalar o`rniga kerakli so`zni qo`ying.	*Haydash kubi, Kondensator covitgich, ceparator	Haydash kubi, yashik, sim, covitgich, ceparator	Hamma qurilma, ceparator	Haydash yo`li, Kondensatorli nasos, bug`qozoni
24	4	2	Molekulyar haydash ... eritmalarni ajratish uchun qo`llaniladi. Nuqtalar o`rniga kerakli so`zni qo`ying.	*yuqori temperatura da qaynaydigan va issiqlikka chidamsiz	yengil uchuvchan komponent	turli jinsli qattiq moddali gazlarni	kondensatlarni
25	5	3	Qaysi biri flegma soni	$*R = \Phi/P$	$R = \Phi/P * \Phi$	$R = E\Phi/P$	$R = Y + \Phi/P$
25	1	1	Ekstraktorlar necha turga bulinadi?	*2 turga: gravitasion, markazdan kochma	4 turga: gravitasion, absorbsion, rektifikasion	1 turga: absorbsion	3 turga: absorbsion, rektifikasion, ekstraksion
25	1	2	Ekstraktorlar qurilmasi necha qismdan iborat?	*aralashtirish, tindirish	qoldik	temperatura maydoni	bosim maydoni
25	1	2	Materiallarga turli shakllar berishda ... jarayoni keng qo`llaniladi. Nuqtalar o`rniga kerakli so`zni qo`ying.	*ekstruziya	absorbsiya	namlash	parchalash

25	2	2	... jarayoni ekstraktorlarda amalga oshiriladi. Nuqtalar o`rniga kerakli so`zni qo`ying.	*Ekstraksiya	absorbsiya	desorbsiya	Quritish
25	1	1	Sanoatda adsorbsiya jarayoni nima maqsadlarda qo`llaniladi?	*gazlarni tozalash va quritish	eritmalarni tozalash	tindirish	ionitni regeneratsiya qilish
25	2	1	Ion almashtirish jarayoni necha bosqichdan iborat	*eritma tarkibidagi ionlarning ionitga yutilishi	ionitni xom ashyo eritmadan yuvib tozalash	ionitni regeneratsiya qilish	ionitni regeneratsiya alovchi eritmadan yuvib tozalash
25	3	2	Qanday nasadka turlari bor?	*Xalkasimon, xordali, egarsimon, tusiqli, silindr va boshqalar	Sakkiz burchak shaklida quyiladi	absorbsion	issiqlik almashinish yuzasini topish
25	4	3	Kolonna uskunalarining diametrini aniqlash formulasi qaysi?	$D = \sqrt{\frac{4Vc}{\pi\omega}}$	$V = SH$	$M = K_y \Delta y_{o'rt}$	$F = \frac{\pi D}{l^2}$
25	5	2	Modda almashinish qurilmalarini xisoblashda qanday o`lchamlar aniqlanadi?	*diametri va balandligi	bosimi va temperaturasi	tezligi va uskuna turi	massaviy va xajmiy sarf
26	1	1	Quritish jarayoni deb nimaga aytiladi?	*Suvsizlantirishga	changdan tozalashga	Ekstraksiyalashga	Gsentrifugalashga
26	1	1	Quritgichlar ning turlari	*konvektiv, konduktiv, maxsus	aralashma li, quritgichli	ajratuvchi, parrakli, maxsus	namli, qurituvchi, aralash
26	1	1	Sanoatda qanday quritgichlar ishlatiladi?	*shkafli, kamerali, tunelli, karuseli, konveyerli.	konvektiv, kontaktli va suniy	shaxtali, barabanli, trubali, pnevmatik, turbinali.	Shnekli, slindursimon, nasadkali, sohib beruvchi.
26	1	1	Quyidagilardan qaysilari quritgichlarning maxsus turlari xisoblanadi .	*termoradiasiyalidielektrik, sublimatsiyali	sublimatsiyali, shkafli, tunelli	dielektrik, sublimatsiyali, tunelli	kristallizatsiya va eritish

26	1	2	Quyidagilardan qaysi jarayon radiasiyali quritish xisoblanadi?	*issiqlik infraqizil nurlar orqali tarqaladi.	xajm birligidagi nam xavo miqdori.	material yuqori chastotali tok maydonida qizdiriladi.	material muzlagan xolda, yuqori vakuum ostida qizdiriladi.
26	1	2	Lentali quritgichlar lentasining tayanchi nima?	*tayanch roliklari	tayanch roliklari soni	tayanch roliklari va lenta qalinligi	tayanch roliklari va ishchi kuchi
26	2	1	Nam havoning asosiy parametrlari	*absolyut, nisbiy namlik, nam saqlash, entalpiya	kuritish, konsentrasiya, bosim	tezlik, kovushoklik, nam saqlash	ekstraksiyalash, quritish
27	2	2	Necha xil quritish usuli mavjud?	*tabiiy va sun'iy	absorbsion, desorbsion	konvektiv va kontaktli	konvektiv va sun'iy
27	2	2	Absolyut namlik deb nimaga aytiladi?	*birligiga to'g'ri keluvchi suv bug'larini miqdoriga.	material yuqori chastotali tok maydonida qizdirilgan.	xavo nisbiy namligining to'yinish paytidagi namligiga nisbatiga aytiladi.	xajm birligidagi nam xavo miqdori.
27	2	2	Nisbiy namlik deb nimaga aytiladi?	*xavo absolyut namligining tuyinishi paytidagi absolyut namlikka nisbatiga aytiladi.	material yuqori chastotali tok maydonida qizdirilgan	nam xavoning xajm birligiga tug'ri keluvchi suv bug'larining miqdori.	xajm birligidagi nam xavo miqdori.
27	2	2	Kristallanish tezligi nimalarga bog'liq.	*tuyinish darajasiga temperatura sig'a, kristallanish hosil bo'lishiga, aralashtiris	Temperatura sig'a	eritmaning tuyinish darajasiga	devor temperatura si

				h, intensivligi ga			
27	2	2	Sanoatda ko`p miqdordagi kristallar olish uchun qanday kristalizatorlar ishlatiladi	*Ko`p pog'onali	bir pog'onali	mavxum qaynash qatlami	tartib bilan terilmaydi yoki tartibsiz to'kiladi
27	3	2	Nam saqlash deb nimaga aytiladi?	*1 kg absolyut quruq xavoga tug'ri kelgan suv bug'larining miqdori.	xajm birligidagi nam xavo miqdori.	1 m ³ absolyut quruq xavoga tug'ri kelgan suv bug'larining miqdori.	10 kg absolyut quruq xavoga tug'ri kelgan suv bug'larining miqdori.
27	4	2	 shudring nuqtasi deyiladi. Nuqtalar o`rniga kerakli so`zni qo`ying.	*Xavoning o`zgarmas nam saqlash parametrada sovib suv bug`lari bilan butunlay to`yinishi natijasida	qattiq moddaning o`zgarmas nam saqlash parametri da qizib ketishi	Qattiq jism bo`laklarini kerakli o`lchamlar ga keltirish, parchalash va yuzasini oshirish.	tuyinish darajasiga temperatura sig,kristall anish hosil bo`lishiga , aralashtirish, intensivligi ga
27	4	2	Havo ushlagich orqali vakuum-nasos yordamida surib oladigan kondensatorlar ... deyiladi. Nuqtalar o`rniga kerakli so`zni qo`ying.	*barometri k kondensatorlar	kuritgichlar	Absorberlar	adsorberlar
27	5	2	Materiallarni necha xil usulda suvsizlantirish mumkin?	*mexanik, fizik-kimyoviy va issiqlik yordamida.	mexanik, fizik	konvektiv, mexanik.	issiklik, konvektiv, mexanik.
28	5	2	Quyidagilardan qaysi jarayon konvektiv quritish xisoblanadi ?	*nam material bilan qurituvchi agent tug'ridan-	issiqlik tashuvchi agent va nam material urtasida	issiqlik tashuvchi agent va nam material o`rtasida	issiqlik infrakizil nurlar orqali tarqaladi.

				tug'ri o'zaro almashishi xisoblanadi .	ularni ajratib turuvchi plastinka bo'ladi.	ularni ajratib turuvchi devor bo'ladi.	
28	5	2	Quyidagilardan qaysi jarayon kontaktli quritish xisoblanadi?	*issiqlik tashuvchi agent va nam material o'rtasida ularni ajratib turuvchi devor bo'ladi.	mexanik, fizik	issiqlik infraqizil nurlar orqali tarqaladi.	nam material bilan qurituvchi agent va nam material, ularni ajratuvchi devor bo'ladi.
28	5	2	 entalpiya deyiladi.	*Termodinamik sistemaning xolat funksiyasiga	Bosimning o'zgarishiga	Bosim va xajmning o'zgarishiga	Reynolds kriteriysiga
28	6	1	Quritish jarayonida namlik qaysi fazadan qaysi fazaga o'tadi?	*qattik fazadan gaz yoki bug' fazaga	suyuk	qattik fazadan qattik fazaga.	qattik fazadan suyuk fazaga
28	6	2	Issiqlik tashuvchi agent va nam material o'rtasida ularni ajratib turuvchi devor orqali quritish	*kontaktli	konvektiv, kontaktli va suniy	konvektiv va kontaktli	konvektiv va suniy
28	6	2	Nazariy va real qurilmalardagi jarayonlar qanday jarayonlar deyiladi?	*normal	ionitni xom ashyo eritmada yuvib tozalash	binormal.	Binormal xajm maksimum
28	6	3	Quritgichning material balans tenglamasi	* $G_1 = G_2 + W$	$G_1 = G_2 + W - 1$	$G_1 = G_2 + W + 3$	$G_1 = G_2$
28	7	2	Mexanik yo'l bilan namlikni ajratish-materiallarni suvsizlantirishni nechanchi bosqichi xisoblanadi?	*I bosqichi	II bosqichi	III bosqichi	IV bosqichi

28	7	3	Nam xavo entalpiyasi qaysi kattaliklar yig'indisiga teng?	* $I = C_{\kappa x} \cdot t + X i_{c\phi}$	$I = t + X i_{c\phi}$	$I = B \cdot t + X i_{c\phi}$	$I = C_{\kappa x} + X i_{c\phi}$
28	1	1	Kristallanish nima?	*eritmalar an erigan qattiq fazaning kristall xolida ajralishi	eritmalar an erigan gaz fazaning suyuq xolida ajralishi	suyuqlikni yuvish, quritish, ajratish	blokli issiqlik almashtirgi chlar va boshqalar
29	1	2	Kristallashtirishdan oldin eritmaning konsentrasiyasini oshirish uchun qaysi jarayon amalga oshiriladi?	*bug'latish, adsorbsiya	aralashma li, quritgichli	aralashtiris h	namlash, qurituvchi, aralashtiris h
29	3	2	Sanoatda kristallanish jarayonining ketma-ket bosqichini ko'rsating.	*kristallani sh, xosil bo'lgan kristallarni eritmalar da n ajratib olish, kristallarni yuvish va quritish	kristallarni i bug'latish, kristallani sh, kristallarni i yuvish va quritish.	gaz fazadagi suyuq fazaning kristall xolida ajralishi	issiqlik almashinish yuzasini topish
29	5	2	Konus parchalagichlarning turlari necha xil bo'ladi?	*3xil	4xil	5 xil	6 xil
29	5	2	Mashinaning hisob unumdorligi	* $G = 0,4 \mu d_{yp} \sin \rho$	$\alpha = \alpha_1 + \alpha_2$	$G = V \cdot \rho$	$\alpha \leq 2\omega$
29	6	1	Qo'zg'aluvchan konusning yo'li	* $S = 2r$	$\alpha \leq 2\phi$	$\alpha = \alpha_1 + \alpha_2$	$G = V \cdot \rho$
29	6	2	Tezkor oqimli tegirmonda qanday maxsulotlar olinadi?	*bir xil kattalikdagi maxsulot	nafis va o'ta nafis maxsulot	aralash o'lchamli maxsulot;	katta kichik o'lchamli maxsulot
29	6	2	Mayda bo'laklarga parchalangan material qanday ulchamgacha kichraytiriladi?	*10 mm gacha	25mm gacha	20 mm gacha	40mm gacha
29	6	3	O'rta va mayda bo'lakchalarga parchalagichlar	*valkali	bolg'ali	Dizintegratorlar	diemembratorlar

29	7	2	Valkali parchalagichlarning asosiy elementlari nima?	*bir-biriga qarab aylanuvchi 2ta valka	парраклар;	Qo'zg'almas konus;	ichki aylanuvchi konus;
29	7	3	Valkali parchalagichlar qanday materiallarni parchalashda qo'llaniladi?	*Mo'rt materiallarni	aylanashakl dagi materiallarni	Suyuq materiallarni	gazsimon materiallarni
29	1	1	Nafis maydalashda qo'llaniladigan tegirmonlar	*barabanli va halqali	bolg'ali va valkali	konus parchalagichlar	dizintegratorlar
29	1	2	Sharli tegirmonlarning tuzilishi	*qopqonlar, himoya plitalari	barabanli korpusyga oltiruchi konus	Aylantiruvchi o'qli g'ildirak	panjara, radial qirralar, ichi bo'sh sapfalar
29	3	2	Sharli tegirmonda maydalash qaysi usulda amalga oshadi?	*quruq yoki nam usulda	ezish, chopish, maydalash	gaz holatda	suyuq holatda
28	5	2	O'ta nafis maydalash uchun tegirmonlar	*Vibrasion	tezkor	tezkor oqimli	kolloid tegirmon
29	5	2	Vibrasion tegirmon korpusi 1 daqiqada necha marta aylanadi	*1000-3000 marta	100-800marta	3000-1000 marta	500-700 marta
29	6	1	Vibrasion tegirmonning asosiy elementlari nima	*korpus, maydalalovchi jismlar, val, Prujinali tayanch	korpus	val	tayanch
29	6	2	Quvurlar texnologik jixozlarning necha foizini tashkil qiladi	*30%	50%	10%	15%
29	6	2	Quvurlarning asosan necha kattaligi mavjud	*2ta	4ta	5ta	7ta
29	6	3	Armatura nechta elementdan tashkil topgan	*3ta	2ta	4ta	7ta
30	7	2	Texnologik qo'vurlarning nechta guruhi mavjud	*5ta	3ta	4ta	6ta
30	7	3	Loyihalash topshirig'ining tarkibi va asosiy ma'lumotlari nechta qismdan tashkil	*16	18	12	10

			topgan?				
30	1	1	Loyiha qaysi qismdan iborat	*Grafik va tushintiruv yozuvi	Hisob-kitoblar	Grafik qismdan	Asosiy va yordamchi
30	1	2	Texnik loyihaning asosiy vazifalari nechta?	*6 ta	7 ta	10 ta	14 ta
30	3	2	Texnik loyihaning tarkibi necha qismdan iborat	*6 ta	7 ta	10 ta	14 ta
30	1	1	Loyiha tashkilotlari qanday maxsuslashtiriladi?	*2, ya'ni tarmoq va texnologik ko`rinishlar da	Loyiha mavzusiga qarab	Texnik-iqtisodiy ko`rsatkichlar asosida	iqtisodiy ko`rsatkichlar asosida
30	1	2	Texnologik sxemani kim ishlaydi?	*Ximik-texnolog	Ilmiy tadqiqotchilar	Bo`limlar	Kimyogarlar
30	3	2	Kimyo mashinasozlik zavodlari asosan qanday kiritgichlarni ishlab chiqaradi	*hamma javob to`g`ri	B2 vintli vibrasion	Sh1 shlyuzli	tarelkali PA 1 turdagi kiritgich aktivatorlari
30	1	2	Maydalash nima? Nuqtalar o`rniga kerakli so`zni qo`ying.	*Qattiq jism bo`laklarini kerakli o`lchamlar ga keltirish, parchalash va yuzasini oshirish.	Pastasimon moddalarni presslash	Tuyinish darajasiga temperaturasi, kristallanish hosil bulishiga, aralashtirish, intensivlik	tayanch roliklari va ishchi kuchi

**“КИМЁВИЙ ТЕХНОЛОГИЯНИНГ ЖАРАЁНЛАРИ ВА ҚУРИЛМАЛАРИ” ФАНИДАН
ТАЛАБАЛАР БИЛИМИНИ РЕЙТИНГ ТИЗИМИ АСОСИДА
БАҲОЛАШ МЕЗОНЛАРИ**

1. НАЗОРАТ ТУРЛАРИ ВА БАҲОЛАШ ТАРТИБИ

Талабаларнинг билим савияси ва ўзлаштириш даражасининг Давлат таълим стандартларига мувофиқлигини таъминлаш учун қуйидаги назорат турларини ўтказиш назарда тутилади:

жорий назорат – талабанинг “Кимёвий технологиянинг жараёнлари ва

қурилмалари” фани мавзулари бўйича билим ва амалий кўникма даражасини аниқлаш ва баҳолаш усули. Жорий назорат “Кимёвий технологиянинг жараёнлари ва қурилмалари” фанининг хусусиятидан келиб чиққан ҳолда, тайёрланган тажриба ишларини оғзаки сўров ва амалий ишлари берилган уй вазифаларини текшириш ва суҳбат ўтказиш орқали амалга оширилади;

оралиқ назорат – семестр давомида ўқув дастурининг тегишли (фаннинг бир неча мавзуларини ўз ичига олган) бўлими тугаллангандан кейин талабанинг билим ва амалий кўникма даражасини аниқлаш ва баҳолаш усули. Оралиқ назорат бир семестрда икки марта ўтказилади, унинг шакли **“Оғзаки сўров”** шаклида ўтказилиб ўқув фанига ажратилган умумий соатлар ҳажмидан келиб чиққан ҳолда белгиланади;

якуний назорат – семестр якунида муайян фан бўйича назарий билим ва амалий кўникмаларни талабалар томонидан ўзлаштириш даражасини баҳолаш усули. Якуний назорат **“Оғзаки сўров”** шаклида ўтказилади.

Талабаларнинг билим савияси, кўникма ва малакаларини назорат қилишнинг рейтинг тизими асосида талабанинг “Кимёвий технологиянинг жараёнлари ва қурилмалари” фани бўйича ўзлаштириш даражаси баллар орқали ифодаланади.

Ҳар бир фан бўйича талабанинг семестр давомидаги ўзлаштириш кўрсаткичи 100 баллик тизимда бутун сонлар билан баҳоланади.

Ушбу 100 балл назорат турлари бўйича жорий ва оралиқ назоратларга – 70 балл ва якуний назоратга – 30 балл қўйиш билан тақсимланади.

2. ФАН БЎЙИЧА РЕЙТИНГ ЖАДВАЛИ

Т/р	Курс	Семестр	Хафталар сони	Семестрда фанга Ажратилган умумий соат (рейтинг балли)	Маъруза	Тажриба ишлари	Амалий машғулотлар	Мустақил иш соати	Аб-аудитория М6- мустақил иш баллари	Назорат турлари										Курс лойиҳаси мавжуд фанларга
										Жами соат % ҳисобида	ЖН	ОН	ОН – 1	ОН – 2	ΣЖН+ОН	Саралаш	ЯН	ЯНни ўтказиш	Ўзлаштириш кўрсаткичи	
1	2	4	18	130	54	18	18	40	Аб/ М6	60/ 40	35	35	10 /7	10 /8	70	39	30	оғзаки	100	
2	3	5	16	164	32	-	32	100	Аб/ М6	60/ 40	35	35	10/ 7	10/ 8	70	39	30	оғзаки	100	
3	3	5	16	10				-	-	100	100	-	-	-	-	-	-		100	КЛ

4-СЕМЕСТР

3. “КИМЁВИЙ ТЕХНОЛОГИЯНИНГ ЖАРАЁНЛАРИ ВА ҚУРИЛМАЛАРИ” ФАНИДАН РЕЙТИНГ ИШЛАНМАСИ ВА МЕЗОНЛАРИ

3.1. РЕЙТИНГ ИШЛАНМАСИ (4-СЕМЕСТР УЧУН)

Т/р	Назорат турлари	Сони	Балл ва сони	Жами балл
1. ЖН умумий 35 балл				
1.1.	Амалий машғулотларни бажариш	18	0,5×18	9
1.2.	Лаборатория ишини топшириш	4	3×4	12
1.3.	Мустақил иш – реферат тайёрлаш	2	7+7	14
2. ОН умумий 35 балл				
2.1.	1 – оралиқ назорат, оғзаки (2 та савол)	1	5×2	10
2.2.	2 – оралиқ назорат, оғзаки (2 та савол)	1	5×2	10
2.3.	Мустақил иш – реферат тайёрлаш	2	7+8	15

ΣЖН+ОН				70
3. ЯН				
3.1.	Якуний назорат, оғзаки (3 та савол)	1	10×3=30	30
Жами				100

3.2. БАҲОЛАШ МЕЗОНЛАРИ (4-СЕМЕСТР УЧУН)

1.1. Амалий иш топшириқларини тўла бажарган талабага 0,7–1 балл берилади, агар тўла сифатли бажарган лекин берилган саволларга жавоб бериш даражасига қараб 0,4–0,7 баллгача берилади, агар тўла бўлмаса бажариш даражасига қараб 0,2–0,4 баллгача берилади.

1.2. Лаборатория иши топшириқларини тўла мустақил бажарган ва амалда қўллай оладиган талабага 2,5–3 балл, тўла мустақил бажарган ва бажарилган иш ҳажмига ва сифатига қараб талабага 2–2,5 баллгача, тўла бажармаган талабага бажарилган иш ҳажмига ва сифатига қараб 1,0–2 баллгача берилади.

1.3. Жорий назорат бўйича берилган талабанинг мустақил иши – қуйида берилган мавзу бўйича реферат тайёрланади:

- рефератда мавзу тўлиқ очилган, тўғри хулоса чиқарилган ва ижодий фикрлари бўлса - 5–7 балл
- мавзу моҳияти очилган, фақат хулоса бор - 2–4 баллгача
- мавзу моҳияти ёритилган, аммо айрим камчиликлари бор бўлса – 1–2 баллгача берилади.

2.1. Оралик (1 – оралик) баҳолаш оғзаки тартибда ўтказилиб, унда 2 та саволга жавоб бериш сўралади. Ҳар бир савол 5 баллгача баҳоланади.

- агар саволлар моҳияти тўла очилса, жавоблар тўлиқ ва аниқ ҳамда ижодий фикрлари бўлса – 4–5 балл
- саволларга умумий жавоб берилса, аммо айрим фактлар тўлиқ ёритилмаса - 3–4 баллгача
- саволларга жавоб беришга ҳаракат қилинса, чалкашликлар бўлса – 2–3 баллгача берилади.
- саволларга умуман жавоб берилмаса ёки жавобларда чалкашликлар бўлса – 0–2 баллгача берилади.

2.2. Оралик (2 – оралик) баҳолаш оғзаки тартибда ўтказилиб, унда 2 та саволга жавоб бериш сўралади. Ҳар бир савол 5 баллгача баҳоланади.

- агар саволлар моҳияти тўла очилса, жавоблар тўлиқ ва аниқ ҳамда ижодий фикрлари бўлса – 4–5 балл
- саволларга умумий жавоб берилмаса, аммо айрим фактлар тўлиқ ёритилмаса - 3–4 баллгача
- саволларга жавоб беришга ҳаракат қилинса, чалкашликлар бўлса – 2–3 баллгача берилади.
- саволларга умуман жавоб берилмаса ёки саволларда чалкашликлар бўлса – 0–2 баллгача берилади.

2.3. Оралик назорати бўйича берилган талабанинг мустақил иши учун берилган мавзу бўйича реферат тайёрланади:

- рефератда мавзу тўлиқ очилган, тўғри хулоса чиқарилган ва ижодий фикрлари бўлса-5–7 (6-8) балл
- мавзу моҳияти очилган, фақат хулоса бор - 3–4 (4-6) баллгача
- мавзу моҳияти ёритилган, аммо айрим камчиликлари бор бўлса – 2–3 (2-4) баллгача берилади.
- саволларга жавоб билмаган ёки мустақил иш бўйича қисман жавоб берганда – 0–2 (0-2) баллгача берилади.

3.1. Якуний баҳолашда талаба 3 та саволга оғзаки жавоб бериши лозим.

- ҳар бир оғзаки жавобга 10 балл ажратилади.
- агар саволларнинг моҳияти тўла очилса, асосий фактлар тўғри баён қилин бўлса – 27–30 балл
- саволларга тўғри жавоб берилса, лекин айрим камчиликлар бор бўлса – 21–27 баллгача
- берилган саволларда жавоблар умумий ва камчиликлар кўпроқ бўлса – 15–21 баллгача берилади
- саволларга тўғри жавоблар бўлмаса, камчиликлар кўп бўлса ва тўлиқ бўлмаса – 0–15.

5-СЕМЕСТР

4. “КИМЁВИЙ ТЕХНОЛОГИЯНИНГ ЖАРАЁНЛАРИ ВА ҚУРИЛМАЛАРИ” ФАНИДАН РЕЙТИНГ ИШЛАНМАСИ ВА МЕЗОНЛАРИ

4.1. РЕЙТИНГ ИШЛАНМАСИ (5-СЕМЕСТР УЧУН)

Т/р	Назорат турлари	Сони	Балл ва сони	Жами балл
1. ЖН умумий 35 балл				
1.1.	Амалий машғулотларни бажариш	16	1,125×16	18
1.2.	Мустақил иш – реферат тайёрлаш	2	8+9	17
2. ОН умумий 35 балл				
2.1.	1 – оралиқ назорат, оғзаки (2 та савол)	1	5,0×2	10
2.2.	2 – оралиқ назорат, оғзаки (2 та савол)	1	5,0×2	10
2.3.	Мустақил иш – реферат тайёрлаш	2	7+8	15
ΣЖН+ОН				70
3. ЯН				
3.1.	Яқуний назорат, оғзаки (3 та савол)	1	10×3=30	30
Жами				100

4.2. БАҲОЛАШ МЕЗОНЛАРИ (5-СЕМЕСТР УЧУН)

1.1. Амалий иш топшириқларини тўла бажарган талабага 0,7 – 1,125 балл берилади, агар тўла сифатли бажарган лекин берилган саволларга жавоб бериш даражасига қараб 0,4 – 0,7 баллгача берилади, агар тўла бўлмаса бажариш даражасига қараб 0,2 – 0,4 баллгача берилади.

1.2. Жорий назорат бўйича берилган талабанинг мустақил иши – қуйида берилган мавзу бўйича реферат тайёрланади:

- рефератда мавзу тўлиқ очилган, тўғри хулоса чиқарилган ва ижодий фикрлари бўлса - 6–8 (7-9) балл
- мавзу моҳияти очилган, фақат хулоса бор - 3–5 (4-6) баллгача
- мавзу моҳияти ёритилган, аммо айрим камчиликлари бор бўлса – 1–2 (1-3) баллгача берилади.

2.1. Оралиқ (1 – оралиқ) баҳолаш оғзаки тартибда ўтказилиб, унда 2 та саволга жавоб бериш сўралади. Ҳар бир савол 5 баллгача баҳоланади.

- агар саволлар моҳияти тўла очилса, жавоблар тўлиқ ва аниқ ҳамда ижодий фикрлари бўлса – 8,0–10 балл
- саволларга умумий жавоб берилса, аммо айрим фактлар тўлиқ ёритилмаса – 5-8 баллгача
- саволларга жавоб беришга ҳаракат қилинса, чалкашликлар бўлса – 2-5 баллгача берилади.

- саволларга умуман жавоб берилмаса ёки жавобларда чалкашликлар бўлса – 0–2 баллгача берилади.
- 2.1. Оралиқ (2 – оралиқ) баҳолаш оғзаки тартибда ўтказилиб, унда 2 та саволга жавоб бериш сўралади. Ҳар бир савол 6 баллгача баҳоланади.
- агар саволлар моҳияти тўла очилса, жавоблар тўлиқ ва аниқ ҳамда ижодий фикрлари бўлса – 8–10 балл
 - саволларга умумий жавоб берилса, аммо айрим фактлар тўлиқ ёритилмаса - 5–8 баллгача
 - саволларга жавоб беришга ҳаракат қилинса, чалкашликлар бўлса – 2-5 баллгача берилади.
 - саволларга умуман жавоб берилмаса ёки жавобларда чалкашликлар бўлса – 0–2 баллгача берилади.
- 3.1. Якуний баҳолашда талаба 3 та саволга оғзаки жавоб бериши лозим.
- ҳар бир оғзакига 10 балл ажратилади.
 - агар саволларнинг моҳияти тўла очилган, асосий фактлар тўғри баён қилинган бўлса – 27–30 балл
 - саволларга тўғри жавоб берилган, лекин айрим камчиликлари бор бўлса – 21–27 баллгача
 - берилган саволларда жавоблар умумий ва камчиликлар кўпроқ бўлса – 15– 21 баллгача берилади
 - саволларга тўғри жавоблар бўлмаганда, камчиликлар кўп бўлса ва тўлиқ бўлмаса – 0–15.

5. ЯКУНИЙ БАҲОЛАШНИ ОҒЗАКИ ЎТКАЗИШ ТАРТИБИ

Талабалар билимини рейтинг тизими бўйича баҳолашнинг **оғзаки сўров** усули, талабаларда мустақил фикрлаш ва ўз фикрини сўз билан ифодалаш кўникмаларини ривожлантиради.

Фанлардан оралиқ ва якуний назоратлар оғзаки сўров шаклида ўтказилади. Назорат саволлари ва вариантлари ҳар ўқув йилининг бошида кафедра профессор-ўқитувчилари томонидан янгидан тузилиб, кафедра мажлисида муҳокама этилади ва тасдиқланади.

Оғзаки сўровнинг ҳар бир варианты бўйича қўйилган саволларнинг мазмуни, қамров даражаси ва аҳамиятлиги даражаси кафедра мудири томонидан текширилиб, унинг имзоси билан тасдиқланади. Оғзаки сўров вариантида 3 та савол келтирилади. Оғзаки сўровни баҳолаш мезонлари якуний баҳолашга ажратилган 30 баллдан келиб чиққан ҳолда ишлаб чиқилади, яъни ҳар бир саволга максимум 10 баллдан тўғри келади. Оғзаки сўров ўтказилгандан кейин профессор-ўқитувчилар унинг баҳосини талаба эътиборига етказадилар. Оғзаки сўров саволлари ҳажми ва мазмуни бўйича талабанинг фан бўйича тасаввури, билими, амалий кўникмасини баҳолаш учун етарли бўлиши зарур.

6. РЕЙТИНГ НАТИЖАЛАРИНИ ҚАЙД ҚИЛИШ ТАРТИБИ

Фанлардан талабанинг билимини баҳолаш турлари орқали тўплаган баллари ҳар бир семестр якунида профессор-ўқитувчи томонидан рейтинг қайдномаси ва талабанинг рейтинг дафтарчасига бутун сонлар билан қайд қилинади.

6. REYTING NATIJALARINI QAYD QILISH TARTIBI

Fanlardan talabaning bilimini baholash turlari orqali to'plagan ballari har bir semestr yakunida professor-o'qituvchi tomonidan reyting qaydnomasi va talabaning reyting daftarchasiga butun sonlar bilan qayd qilinadi.

Oralik nazoratlar savollari

I – oralik nazorat savollari

1. Fanning maksad va vazifalari.
2. «Asosiy texnologik jarayonlar va kurilmalar» fanining kelib chikishi va rivojlanishi.
3. Asosiy jarayon turlari: a) gidromexanik jarayonlar; b) issiklik almashinish jarayonlari; v) modda almashinish jarayonlari yoki diffuzion jarayonlar; g) mexanik jarayonlar; d) kimyoviy va biokimyoviy jarayonlar.
4. Mashina va kurilmalarga kuyiladigan talablar.
5. Suyukliklarning asosiy fizikaviy xossalari.
6. Zichlik, solishtirma ogirlik, kovushoklik, sirtiy taranglik, issiklik sigim s.
7. Issiklik utkazuvchanlik λ .
8. Uxshashlik nazariyasi asoslari.
9. Suyuqlik harakatining asosiy xarakteristikalar.
10. Suyuqlik harakatining asosiy xarakteristikalar.
11. Gidravlik radius va ekvivalent diametr.
12. Oqimniig uzluksizlik tenglamasi.
13. Suyuqlik harakatining Eyler differensial tenglamasi.
14. Haqiqiy suyuqlik oqimi uchun Bernulli tenglamasi.
15. Suyuklik xarakatining Nave-Stoke differensial tenglamasi.
16. Bernulli tenglamasiniig amaliy kullanilishi.
17. Suyuqlik tezligi va sarfini ulchash prinsiplari.
18. Suyuqlik harakati rejimlari.
19. Laminar xarakat konunlari.
20. Turbulent xarakat rejimi.
22. Kuvurlarda gidravlik karshiliklar.
23. Kovushok, suyuqlik xarakatining kriterial tenglamalari.
24. Ishkalanish karshiligi.
25. Maxalliy karshiliq
26. Truba quvurlari diametrini hisoblash.
27. Nasadka va teshiklar orkali suyuqlik oqib chiqishi.
28. Suyukliklarni sikish va uzatish. Nasoslar.
29. Nasoslar klassifikatsiyasi.
30. Nasoslarning asosiy parametrlari.
31. Surish balandligi.
32. Markazdan kochma nasoslar.
33. Markazdan kochma nasoslarning ishlash prinsipi.
34. Markazdan qochma nasoslar xarakteristikalar.
35. Nasosning tarmokdagi ishi.
36. Nasoslarni birgalikda ishlashi.
37. Gazlarni sikish va uzatish.
38. Kompresorlar.
39. Gazlarni siqish jarayonining termodinamik asoslari.
40. Gazlarni siqish jarayoni.
41. Porshenli kompresorlar.

42. Rotorli kompressorlar.
43. Suv xalkachali rotorli kompressorlar.
44. Ikki parrakli rotor kompressorlar (gazoduvkalar).
45. Markazdan kochma tipdagi kompressorlar.
46. Dinamik kompressorlar.
47. Markazdan qochma ventilyatorlar.
48. Turbogazoduvkalar.
49. Vintli kompressorlar.
50. O'qli kompressorlar.
51. Porshenli vakuum-nasoslar.
52. Rotorli plastinali va suv xalqali vakuum-nasoslar.
53. Kompressorlarni takkoslash va tanlash.
54. Turli jinsli sistemalar klassifikatsiyasi.

II – oralik nazorat savollari

55. Ajratish usullari.
56. Ajratish jarayonining moddiy balansi.
57. Tindirish va chuktirish.
58. Ogirlik kuchi ta'sirida chuktirish.
59. Suspenziya konsentratsiyasi va zarrachalar shaklining chukish tezligiga tasiri.
60. Markazdan kochma kuch ta'sirida chuktirish.
61. Tindirish va chuktirish qurilmalari.
62. Eshkak aralashgirgichli, uzluksiz ishlaydigan tnndirgich.
63. Filtrlash. Umumiy tushunchalar.
64. Filtrlash turlari. Filtrlash jarayonining nazariy asoslari.
65. Filtrlash jarayonini intensivlash. Filtrlarni hisoblash.
66. Gazlarni tozalash. Umumiy tushunchalar.
67. Ogirlik kuchi ta'sirida gazlarni tozalash.
68. Inersion va markazdan kochma kuchlar ta'sirida gazlarni tozalash.
69. Siklonlar. Batareyali siklon.
70. Gazlarni govakli tusiklarda tozalash.
71. Batareyali engli filtr.
72. Gazlarni suyuqlik bilan yuvib tozalash.
73. Mavxum kaynash katlamining gidrodinamikasi. Umumiy tushunchalar.
74. Mavhum kainash jarayoni asoslari va gidrodikamikasi.
75. Mavxum qaynash katlamli qurilmalar.
76. Diffuzion - membranali jarayonlar.
77. Membrana orkali bug'lanish.
78. Termomembrana jarayonlari.
79. Membranalarni tozalash usullari.
80. Membranali qurilmalar tuzilishi va ishlash prinsipi.
81. Membranali jarayon va qurilmalarni xisoblash.
82. Issiqlik o'tkazish. Umumiy tushunchalar.
83. Issiqlik balansi.
84. Temperatura maydoni va gradienti.
85. Issiqlik o'tkazuvchanlikning differensial tenglamasi.
86. Tekis devorning issiqlik o'tkazuvchanligi.

87. Silindrik devorning issiqlik o'tkazuvchanligi.
88. SHarsimon devorning nssiklik o'tkazuvchanligi.
89. Murakkab shaklli jismlar issiqlik o'tkazuvchanligi.
90. Issiqlik utkazish jarayoni.
91. Silindrik devorning issiqlik o'tkazishi.
92. Issiqlik almashinish jarayonlarini xarakatga keltiruvchi kuch.
93. Issiklik eltkichlar temperaturalarining o'zgarish sxemasi.
94. Isitish, nurlanish, sovitish va kondensatsiyalash. Umumiy tushuncha.
95. Bug bilan isitish.
96. Issik suv bilan isitish.
97. YUKori temperaturali organik suyuklik va ularning bug'lari bilan isitish.
98. Tuyingan suv bugi bilan isitish.
99. Tutun gazlari bilan isitish.
100. Elektr toki bilan isitish.
101. Kondensatsiyalash.
102. Atrof muxit temperaturasidan past temperaturagacha sovitish.
- 1 .Suyuklik tezligi va sarfini o'lchash
2. Gazlarni tozalash
3. Filtr-presslar
4. Suyukliklarni sikish va uzatish
5. Turli jinsli sistemalarni ajratish
6. Fizik kattaliklarning ulchov sistemasi
7. Nasoslarning turlari va asosiy parametrlari
8. Suyukliklar xarakatini tafsiflovchi asosiy kattaliklar
9. Xalkaro birliklar sistemasi
10. Asosiy jarayonlarning turlari
11. Tindirgichlar
12. Gazlarni tozalash. Siklonlar
13. Siklonlar
14. Kup jinsli sistemalarni ajratish uchun perspektiv texnika
15. Mexanik aralashtirish
16. Suyukliklarni aralashtirish
17. Markazdan kochma tipdagi nasoslar
18. Xaydash jarayoni va uskunalari
19. Kimyoviy kurilmalardi issiklik utkazish asoslari.
20. Issiklik utkazuvchanliq
21. Issiklik utkazishning asosiy tenglamasi.
22. Temperatura maydoni va gradienti.
23. Fure konuni.
24. Tekis devorning issiklik utkazuvchanligi.
25. Konvektiv issiklik almashinish.
26. Agregat xolatning uzgarishida issiklik berishi.
27. Bugning kondensatsiyalanishi.
26. Suyuklikning kaynashi.
27. Donador materiallar katlamida issiklikning tarkalishi.
28. Issiklikning utishi.
29. Issiklik protsesslarining xarakatlantiruvchi kuchi.

30. Issiklik utkazish protsesslarini intensivlash.
31. Isitish, sovitish, kondensatsiyalanish.
32. Suv bugi va issik suv bilan isitish.
33. Kuchsiz bug bilan isitish.
34. Issik suv bilan isitish.
35. Tutun gazlari bilan isitish.
36. YUkori temperaturali moddalar bilan isitish.
37. Minaral moylar bilan isitish.
38. Organik suyukliklar bilan isitish.
39. Tuzlar bilan isitish, elektr toki bilan isitish.
40. Oddiy temperaturaturalargacha sovitish.
41. Buglarni kondensatsiyalash.
42. Sirtiylar va aralashtiruvchi kondensatorlar.
43. Issiklik almashinish kurilmalari.
44. Trubali, zmeevikli, kojux-trubali issiklik almashinish kurilmalari.
45. Plastinali, spiralsimon, gilofli, kirrali issiklik almashinish kurilmalari.
46. Issiklik almashinish kurilmalarining boshka turlari.
47. Sirtiylar issiklik almashinish kurilmalarining konstruktiv va gidravlik xisobi.
48. Buglatish.
49. Bitta apparatli buglatish kurilmasi.
50. Kup apparatli buglatish kurilmasi.
51. Ajratilgan isitgichli, majburiylar sirkulyasiya bilan ishlaydigan, plyonkali buglatish kurilmalar.
52. Buglatish kurilmalarining maxsus turlari.
53. Buglatish kurilmalarini xisoblash.
54. Issiklik almashinish, kondensator va buglatish kurilmalarini tanlash.
55. Modda almashinish asoslari.
56. Muvozanat koidalari.
57. Molekulyar va turbulent diffuziyalar.
58. Modda berishning asosiy tenglamasi.
59. Modda utkazishning asosiy tenglamasi.
60. Modda almashinishning nazariylar modellari.
61. Modda almashinish jarayonlarining uxshashligi.
62. Modda utkazishning urtacha xarakatlantiruvchi kuchi.
63. Kattik fazali sistemalarda modda utkazish jarayoni.
64. Modda utkazish jarayonlarini intensivlash.
65. Modda almashinish kurilmalarining ulchamlarini aniklash.
66. Absorbsiya.
67. Absorbsiya jarayonining muvozanati.
68. Jarayonning material balansi.
69. Absorbsiyaning asosiy tenglamasi.
70. Absorberlarning tuzilishi. Sirtiylar, plyonkali absorberlar.
71. Trubali, nasadkali, tarelkali absorberlar.
72. Gidrodinamik jarayon.
73. Tarelkalarning turlari.
74. Nasadkalarning turlari.
75. Barbotajli (tarelkali) absorberlar.

76. Tarelkali absorberlarni xisoblash.
77. Nasadkali absorberlarni xisoblash.
78. Desorbsiya.
79. Suyukliklarni xaydash.
80. Suyuklik-bug sistemasining xossalari.
81. Oddiy xaydash jarayoni.
82. Rektifikatsiya prinsipi.
83. Rektifikatsiyalash (nasadkali, tarelkali) kurilmalarining tuzilishi.
84. Rektifikatsion kurilmaning sxemasi.
85. Kup komponentli aralashmalarni rektifikatsiya qilish.
86. Minimal flegma soni.
87. Xakikiy flegma soni.
88. Rektifikatsion kolonnalarni xisoblash.
89. Suyukliklarni ekstraksiyalash. Umumiy tushunchalar.
90. Suyuklik-suyuklik sistemalarining muvozanati.
91. Ekstraksiyalashning asosiy usullari. Ekstraksiyalash jarayonining tezligi.
92. Ekstraktorlarning tuzilishi.
93. Ekstraksiyalash kurilmalarini xisoblash.
94. Kattik materiallarni ekstraksiyalash va eritish. Umumiy tushunchalar.
95. Kattik va suyuk fazalarning ta'sirlashish usullari.
96. Ekstraksiyalash va eritish jarayonlarining tezligi.
97. Ekstraksiyalash kurilmalarining tuzilishi.
98. Ekstraktorlarni xisoblash.
99. Ekstraksiyalash jarayonini tezlatish.
100. Adsorbsiya. Umumiy tushunchalar.
101. Adsorbentlarning turlari va ularning xususiyatlari.
102. Adsorbsiya jarayonining tezligi.
103. Desorbsiya.
104. Adsorberlarning turlari.
105. Adsorberlarni xisoblash.
106. Ion almashinish jarayonlari.
- 107.. Kuritish. Umumiy tushunchalar.
108. Nam xavoning asosiy parametrlari.
109. Nam xavoning diagrammasi.
110. Kuritish jarayonining kinetikasi.
111. Namlikning material ichida siljishi. kuritish kurilmalarining xisobi.
112. Kuritish kurilmalarining tuzilishi. Konvektiv kuritgichlar.
113. Tunelli, lentali, barabanli, mavxum kaynash katlamli kuritgichlar.
114. Sochib beruvchi, pnevmatik, tolali materiallar uchun kuritgichlar.
115. Kontaktli kuritgichlar.
116. Vakuum-kuritish shkaflari, tarokli vakuum-kuritgichlar.
117. Kuritgichlarning maxsus turlari.
118. Kristallanish. Umumiy tushunchalar.
119. Kristallanish jarayoninig muvozanati va tezligi.
120. Kristallarni xosil qilish usullari va uning xossalriga kristallanish sharoitining ta'siri.
121. Kristallizatorlar.

122. Aralashtirgichli kristallizatorlar.
123. Uzlüksiz ishlaydigan vakuum-kristallizatorlar.
124. Mavxum kaynash katlamida ishlaydigan kristallizatorlar.
125. Kristallizatorlarni xisoblash.

YAkuniy nazorat savollar to‘plami

1. Suyuklik tezligi va sarfini ulchash
2. Gazlarni tozalash
3. Filtr-presslar
4. Suyuqliklarning okish xolatlari va uni xisoblash tenglamalari.
5. Suyuklik tezligi va sarfini ulchash
6. Gazlarni tozalash
7. Filtr-presslar
8. Suyukliklarning teshiklardan oqib chiqish sarfi va vaqtini aniklash tajriba ishi.
9. Suyukliklarni sikish va uzatish
10. Turli jinsli sistemalarni ajratish
11. Fizik kattaliklarning ulchov sistemasi
12. Quvurlardagi gidravlik karshiliklar tajriba ishi
13. Nasoslarning turlari va asosiy parametrlari
14. Suyukliklar xarakatini tafsiflovchi asosiy kattaliklar
15. Xalkaro birliklar sistemasi
16. Diafragmaning sarf koeffitsientini aniklash tajriba ishi.
17. Asosiy jarayonlarning turlari
18. Tindirgichlar
19. Gazlarni tozalash.Siklonlar
20. Mavxum kaynash katlamining aerodinamikasi tugrisida ma'lumot.
21. Siklonlar
22. Kup jinsli sistemalarni ajratish uchun perspektiv texnika
23. Mexanik aralashtirish
24. Nasoslarning ishlash prinsipi
25. Nasoslarning turlari va asosiy parametrlari
26. Suyukliklarni aralashtirish
27. Markazdan kochma tipdagi nasoslar. Xaydash jarayoni va uskunalari
28. Kompresorlarning ishlash prinsipi.
29. Suyuklik tezligi va sarfini ulchash
30. Gazlarni tozalash
31. Filtr-presslar
32. Suyukliklarning oqish holati va uni aniqlash tenglamasi
33. Suyukliklarni sikish va uzatish
34. Turli jinsli sistemalarni ajratish
35. Fizik kattaliklarning ulchov sistemasi
36. Diafragmaning sarf koeffitsientini aniqlash
37. Nasoslarning turlari va asosiy parametrlari
38. Suyukliklar xarakatini tafsiflovchi asosiy kattaliklar
39. Xalkaro birliklar sistemasi
40. Mavxum qaynash qatlamining aerodinamikasi
41. Asosiy jarayonlarning turlari
42. Tindirgichlar

43. Gazlarni tozalash. Siklonlar
44. Nasoslarning xarakteristikasi urganish tajriba ishi
45. Siklonlar
46. Kup jinsli sistemalarni ajratish uchun perspektiv texnika
47. Mexanik aralashtirish
48. Kuvurlardagi gidravlik qarshiliklar tajriba ishi
49. Nasoslarning turlari va asosiy parametrlari
50. Suyukliklarni aralashtirish
51. Markazdan kochma tipdagi nasoslar. Xaydash jarayoni va uskunalari
52. Kompressor mashinalarning ishlash prinsipi tajriba ishi
53. Asosiy jarayonning turlari.
54. Xalkaro birliklar sistemasi
55. Suyuklik tezligi va sarfini ulchash
56. Quvurlardagi gidravlik qarshiliklar tajriba ishi
57. Nasoslarning turlari va asosiy parametrlari
58. Suyukliklarni aralashtirish
59. Markazdan kochma tipdagi nasoslar. Xaydash jarayoni va uskunalari
60. Mavhum qaynash qatlamining gidrodinamikasini urganish tajriba ishi
61. Suyukliklarni sikish va uzatish
62. Turli jinsli sistemalarni ajratish
63. Fizik kattaliklarning ulchov sistemasi
64. Mavxum kaynash katlamining gidrodinamikasi.
65. Suyuqlik harakatining asosiy xarakteristikalari. Umumiy tushuncha
66. Markazdan kochma nasoslar. Markazdan kochma nasoslarning ishlash prinsipi
67. Markazdan kochma kuch ta'sirida chuktirish
68. Mavxum kaynash katlamining gidrodinamikasi.
69. Suyukliklarning asosiy fizikaviy xossalari
70. Suyuqlik harakatining asosiy xarakteristikalari
71. Ishkalanish karshiligi. Maxalliy karshilik
72. Nasadka va teshiklar orkali suyuqlik oqib chiqishi.
73. Kimyoviy texnologiyaning jarayonlar va kurilmalar fanining maksad va vazifalari
74. Oqimniig uzluksizlik tenglamasi
75. Nasoslarning asosiy parametrlari
76. Suyuqlik harakati rejimlari tajriba ishi
77. Nasadka va teshiklar orkali suyuqlik oqib chiqishi.
78. Ikki parrakli rotor kompressorlar (gazoduvkalar).
79. Laminar xarakat konunlari. Turbulent xarakat rejimi.
80. Nasoslar klassifikatsiyasi. Nasoslarning asosiy parametrlari.
81. Asosiy jarayon turlari: a) gidromexanik jarayonlar; b) issiklik almashinish jarayonlari
82. Gidravlik radius va ekvivalent diametr.
83. Suyuqlik tezligi va sarfini o'lchash prinsiplari.
84. Mavxum kaynash katlamining gidrodinamikasi.
85. Tuyingan suv bugi bilan isitish. Tutun gazlari bilan isitish
86. Issiklik eltkichlar temperaturalarining o'zgarish sxemasi.
87. Suyuqliklarning oqish xolatlarini aniqlash tajriba qurilmasi

88. Isitish, nurlanish, sovitish va kondensatsiyalash.
89. Issiqlik o'tkazish. Umumiy tushunchalar.
90. Umumiy tushuncha. Bug bilan isitish. Issik suv bilan isitish.
91. Ishqalanish va mahalliy qarshilikni aniqlash tajriba ishi
92. Ogirlik kuchi ta'sirida gazlarni tozalash.
93. Mavhum kainash jarayoni asoslari va gidrodikamikasi
94. Suyuqlik tezligi va sarfini ulchash prinsiplari.
95. Diafragmaning sarf koeffitsientini aniqlash tajriba ishi
96. Truba quvurlari diametrini hisoblash.
97. Rotorli plastinali va suv xalqali vakuum-nasoslar
98. Suv xalkachali rotorli kompressorlar
99. Suyuqliklarning oqish xolatini aniqlash tajriba ishi
100. Kovushok, suyuklik xarakatining kriterial tenglamalari
101. Laminar xarakat konunlari.
102. Turbulent xarakat rejimi.
103. Suv xalkachali rotorli kompressorlar
104. Kompressorlarni takkoshlash va tanlash.
105. Tindirish va chuktirish qurilmalari.
106. Suyukliklarni sikish va uzatish
107. Nasadka va teshiklar orkali suyuqlik oqib chiqishi.
108. Laminar xarakat konunlari.
109. Turbulent xarakat rejimi.
110. Suyukliklarni sikish va uzatish. Nasoslar.
111. Umumiy tushunchalar. Nasoslar klassifikatsiyasi.
112. Nasoslarning asosiy parametrlari.
113. Dinamik kompressorlar. Turbogazoduvkalar.
114. Porshenli vakuum-nasoslar.
115. Vintli kompressorlar. O'qli kompressorlar.
116. Markazdan qochma ventilyatorlar.
117. Nasosning tarmokdagi ishi.
118. Nasoslarni birgalikda ishlashi.
119. Tindirish va chuktirish. Ogirlik kuchi ta'sirida chuktirish.
120. Filtrlash. Umumiy tushunchalar.
121. Mavxum kaynash katlamining gidrodinamikasi.
122. Markazdan kochma kuch ta'sirida chuktirish.
123. Mavxum qaynash katlamli qurilmalar.
124. Filtrlash jarayonini intensivlash.
125. Suspenziya konsentratsiyasi va zarrachalar shaklining chukish tezligiga tasiri.
126. Filtrlash jarayonining nazariy asoslari.
127. Mavhum kainash jarayoni asoslari va gidrodikamikasi.
128. Filtrlash turlari. Filtrlarni hisoblash.
129. Issiklik eltkichlar temperaturalarining o'zgarish sxemasi.
130. Ko'zgalmas donador va govak qatlamlar orkali suyuklik harakati.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Charles E. Thomas Process Technology Equipment and Systems, 4th edition, Cengage Learning, Stamford, USA, 2015.
2. Yusupbekov N.R., Nurmuxamedov X.S., Zokirov S.G. Kimeviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalar. – Darslik. -T.:SHarq, 2003. – 644 b.
3. Nurmuhamedov X.S., Gulyamova N.U.va boshqa “Asosiy texnologik jarayon va qurilmalar” fanidan uslubiy qo’llanma – Uslubiy qo’llanma. -T,: 2012. - 152. 6.
4. Chris Long, Naser Sayma. Heat Transfer: Exercises. -Brighton: Great Britain. Ventus Publishing, 2010. -90 p.
5. Chris Long, Naser Sayma. Heat Transfer. 1st edition. -Brighton: Great Britain. Ventus Publishing, 2009. -156 p.
6. Основы проектирования химических производств: учебник для вузов / Под ред. А.И. Михайличенко. –М.: ИКЦ Академкнига, 2008.-332.
7. Ирнович Э. Химическая техника. Процессы и аппараты. – М.: Техносфера, 2007.-656с.
8. Ветошкин, А. Г. Процессы и аппараты газоочистки / А. Г. Ветошкин. Пенза: Изд-во ПТУ, 2006. - 201 с.
9. Новый справочник химика и технолога: Процессы и аппараты химических технологий : в 2 ч. Ч. 2 / Г. М. Островский [и др.]; ред. Г. М. Островский [и др.]. – СПб. : Профессионал, 2006. - 916 с.
10. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / 12 – изд. стереотип., дораб. - М.: Альянс, 2005. – 750 с.
11. Robin Smite Chemical Process Design and Integration. –Manchester: Centre for Process Integration, School of Chemical Engineering and Analytical Science, University of Manchester Great Britain. John Wiley & Sons, Ltd. 2005. - 688 p.
12. Yusupbekov N.R., Nurmuxamedov X.S., Zokirov S.G. Kimeviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalar. – Darslik. -T.:SHarq, 2003. – 644 b.
13. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: Учеб. Пособие для

вузов / Под ред. П.Г. Романкова. 10 – е изд. - Л.: Химия, 1987. - 576 с.

14. Фролов В. Ф. Лекции по курсу «Процессы и аппараты химической технологии». – СПб.: ХИМИЗДАТ, 2003. – 608 с.

15. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии. Кн. 1,2. / В. Г. Айнштейн, М. К. Захаров, Г. А. Носов и др.; Под ред. В. Г. Айнштейна. – М.: Логос; Высшая школа, 2003. - 912 с.

16. Yusupbekov N.R., Nurmuhamedov X.S., Ismatullaev P.R., Zokirov S.G., Mannonov U.V. Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarning asosiy jarayon va qurilmalarini hisoblash va loyihalash. – Uslubiy qo‘llanma.-T.: Jaxon, 2000. -231 b.

17. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С., Исматуллаев П.Р., Зокиров С.Г., Маннонов У.В. Кимё ва озиқ-овқат саноатларнинг асосий жараён ва қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. – Услубий қўлланма.-Т.: Жаҳон, 2000. -231 б.

18. Скобло А.И., Молоканов Ю.К., Владимиров А.И., Щелкунов В.А. Процессы и аппараты нефтегазопереработки и нефтехимии. – Учебник. М.: Недра, 2000. – 677 с.

19. Yusupbekov N.R., Nurmuhamedov X.S., Ismatullaev P.R. Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarining jarayon va qurilmalari fanidan hisoblar va misollar. – Uslubiy qo‘llanma.-T.: NISIM, 1999. - 351 б.

20. Бахронов Х.Ш., Туйбойов О.В. Разработка конструкции и исследование эффективности тепломассообменных аппаратов с закрученным потоком. - Навои: Изд. имени Алишера Навои, 2017. - 199 с.

21. Гельперин Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. – Учебник. М.: Химия, 1991. - т.1-2. – 810 с.

22. Плановский А.Н., Николаев П.И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии. 3-е изд. - М.: Химия, 1987. – 540 с.

23. Дытнерский Ю. И. Процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов. 2 – е изд. Ч. 1, 2. - М.: Химия, 1995. - 400; - 368 с.

24. Романков П.Г., Курочкина М.И. Гидромеханические процессы химической технологии. 3-е изд. - Л.: Химия, 1982. - 288 с.

25. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии (Примеры и задачи): Учеб. Пособие для вузов / П. Г. Романков, В. Ф. Фролов, О. М. Флисюк, М. И. Курочкина. - СПб.: Химия, 1993. - 496 с.
26. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию / Г. С. Борисов, В. П. Брыков, Ю. И. Дытнерский и др.; Под ред. Ю.И.Дытнерского. 2 – е изд. - М.: Химия, 1995. - 496 с.
27. Процессы и аппараты химической технологии (Основы инженерной химии): Учебник для вузов / Н.Н. Смирнов, М.И. Курочкина и др.; Под ред. Н.Н. Смирнова. -СПб.: Химия, 1996. - 408 с.
28. Гухман А. А. Введение в теорию подобия. 2-е изд. - М.: Высшая школа, 1973. - 295 с.
29. Псевдоожижение / В.Г. Айнштейн, А.П. Баскаков и др.; под ред. В.Г. Айнштейна. -М.: Химия, 1991. -440 с.
30. Аэров М.Э., Тодес О.М. Гидравлические и тепловые основы работы аппаратов со стационарным и кипящим зернистым слоем. -Л.: Химия, 1968. - 512 с.
- 31.Бахронов Х.Ш. Повышение эффективности выпаривания кристаллизующихся растворов с использованием псевдоожиженного слоя: Дис. ... докт. техн. наук. –Ташкент: 2009. -270 с.
32. Гельперин Н.И., Айнштейн В.Г., Кваша В.Б. Основы техники псевдоожижения. -М.: Химия, 1968. -664 с.
33. Тодес О.М., Цитович О.Б. Аппараты с кипящим зернистым слоем: гидравлические и тепловые основы работы. -Л.: Химия, 1981. -296 с.
34. Муштаев В.И., Тимонин А.С., Лебедев В.Я. Конструирование и расчет аппаратов со взвешенным слоем. Учебное пособие для ВУЗов. -М.: Химия, 1991. -344 с.
35. Жужиков В.А. Фильтрование. 4-е изд. - М.: Химия, 1980. 440 с.
36. Соколов В.М. Центрифугирование. - М.: Химия, 1976. - 408 с.
37. Белевицкий А.М. Проектирование газоочистительных сооружений / А.М. Белевицкий. - Л.: Химия, 1990. - 423 с.
38. Худойбердиева Н.Ш. Исследование эффективности применения

дисперсных систем с целью повышение интенсивности теплообмена: Дисс.

... док философии (PhD). – Ташкент: 2018. -120 с.

39. Сугак Е.В. Очистка газовых выбросов в аппаратах с интенсивными гидродинамическими режимами / Е. В. Сугак, Н. А. Воинов, Н. А. Николаев. -Казань : РИД ВШкола, 1999. - 224 с.

40. Шерстюк, А. Н. Насосы, вентиляторы и компрессоры / А. Н. Шерстюк. - М.: Высшая школа, 1972. - 344 с.

41. Романков П.Г., Фролов В.Ф. Теплообменные процессы химической технологии. -Л.: Химия, 1982. -288 с.

42. Маньковский О.Н., Толчинский А.Р., Александров М.В. Теплообменная аппаратура химических производств / Под ред. П. Г. Романкова и М. И. Курочкиной. - Л.: Химия, 1976. - 367 с.

43. Машины и аппараты химических производств: Учебник для втузов / И.И Поникаров, О.А Перелыгин, В.Н. Доронин, М.Г. Гайнулин. М.: Машиностроение, 1989. 368с.

44. Исаченко И.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. - М.: Энергия, 1975. - 480 с.

45. Кутепов А.М., Стерман Л.С., Стюшин Н.Г. Гидродинамика и теплообмен при парообразовании. 3-е изд. - М.: Высшая школа., 1986. - 352 с.

46. Калинин Э.К., Дрейцер Г.А., Копп И.З., Мякочин А.С. Эффективные поверхности теплообмена. -М.: Энергоатомиздат, 1998. -408 с.

47. Федоткин И.М., Фирисюк В.А. Интенсификация теплообмена в аппаратах химических производств. -Киев: «Техніка», 1971. -216 с.

48. Таубман Е.И. Выпаривание. -М.: Химия, 1982. -328 с.

49. Кафаров В.В. Основы массопередачи (Системы газ - жидкость, пар - жидкость, жидкость - жидкость). 3-е изд. - М.: Высшая школа, 1979. - 439 с.

50. Сажин Б.С. Основы техники сушки. - М.: Химия, 1984. - 319 с.

51. Плановский А.Н., Муштаев В.И., Ульянов В.М. Сушка дисперсных материалов в химической промышленности. -М.: Химия, 1979. -287 с.

52. Рамм В.М. Абсорбция газов. - М.: Химия, 1976. - 655 с.
53. Багатуров С.А. Основы теории и расчета перегонки и ректификации. 3-е изд. - М.: Химия, 1974. - 439 с.
54. Романков П.Г., Курочкина М.И. Экстрагирование из твердых материалов. - Л.: Химия, 1983. - 256 с.
55. Основы жидкостной экстракции / Под ред. Г.А. Ягодина. - М.: Химия, 1981. - 400 с.
56. Романков П.Г., Фролов В.Ф. Массообменные процессы химической технологии (системы с твердой фазой). - Л.: Химия, 1990. - 388 с.
57. Протодьяконов И.О., Сипаров С.В. Механика процесса адсорбции в системах газ - твердое тело. - Л.: Наука, 1985. - 282 с.
58. Кельцев Н.В. Основы адсорбционной техники. - М.: Химия, 1976. - 512 с.
59. Тодес О.М., Себалло В.А., Гольцикер А.Д. Кристаллизация растворов. - Л.: Химия, 1984. - 232с.
60. Альперт Л. З. Основы проектирования химических установок. 4 – изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1989. -304 с.
61. Иоффе И. Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии. – Л.: Химия, 1991. -352 с.
62. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств: Примеры и задачи: Учеб. Пособие для студентов втузов / М. Ф. Михалев, Н. П. Третьяков, и др.; Под общ. ред. М. Ф. Михалева. – Л.: Машиностроение, 1984. – 301 с.