

**O‘zbekiston Respublikasi
Oliy va o‘rta maxsus ta’lim vazirligi
Guliston davlat universiteti**

Ishlab chiqarish texnologiyalari fakulteti



**“Asosiy texnologik jarayon va
qurilmalar”
fanining**

O‘quv uslubiy

MAJMUASI

Guliston 2022

«Asosiy texnologik jarayon va qurilmalar» fanidan o`quv-uslubiy majmua bakalavriat ta`lim yo`nalishlari talabalari uchun mo`ljalangan.

Mualliflar:

T.J.Pirimov – OOT kafedrası t.f.n, PhD o`qituvchisi (GulDU)
A.A.Nurmuhammedov – OOT kafedrası o`qituvchisi (GulDU)
D.I. G`anijonov – OOT kafedrası o`qituvchisi (GulDU)

Taqrizchi: OOT kafedrası mudiri dots. Sattarov K.K

Ushbu o`quv-uslubiy majmua Oziq-ovqat texnologiyalari kafedrasining yig`ilishida ko`rib chiqilgan va fakul`tet kengashida ko`rib chiqish uchun tavsiya etilgan.

(___-yig`ilish bayoni, _____2022 yil)

Ushbu o`quv-uslubiy majmua Ishlab chiqarish texnologiyalari fakulteti yig`ilishida ko`rib chiqilgan va universitetning kengashida ko`rib chiqish uchun tavsiya etilgan.

(___-yig`ilish bayoni, _____2022 yil)

Ushbu o`quv-uslubiy majmua universitetning uslubiy kengashida ko`rib chiqilgan va o`quv jarayonida foydalanish uchun tavsiya etilgan.

(___-yig`ilish bayoni, _____2022 yil)

Fan bo`yicha o`quv-uslubiy kompleksdagi materiallar

RO`YXATI

No t/r		bet
1	Sillabus	3
1.1	Maruza matni	5
1.2	Amaliy mashg`ulotlar	227
1.3	Labaratoriya ishlari	320
1.4	Mustaqil ta`lim mashg`ulotlari	416
2	Glossariy	418
3	Tarqatma materiallar	429
3.1	Oraliq nazorat savollari	430
3.2	Testlar	436
4	Foydalanilgan adabiyotlar	456

GULISTON – 2022

SILLABUS

Fanning qisqacha tavsifi						
OTMning nomi va joylashgan manzili:	Guliston Davlat Universiteti		Guliston shahri 4-mavze, Universitet			
Kafedra:	Oziq-ovqat texnologiyalari		“Ishlab chiqarish texnologiyalari” fakulteti tarkibida			
Ta’lim sohasi va yo’nalishi:	60720100- Oziq-ovqat texnologiyasi (mahsulot turlari bo’yicha) 60710200 - Biotexnologiya (oziq-ovqat, ozuqa, kimyo va qishloq xo’jaligi)		Ishlab chiqarish texnologiyalari			
Fanni olib boradigan o’qituvchi to’g’risida ma’lumot:	Pirimov To’ychi Jumayevich		e-mail:	pirimov0978@gmail.com		
Dars vaqti va joyi:	309-auditoriya		Kursning davomiyligi	2022/2023 o’quv yili		
Individual darslik asosida ishlash vaqti:	Shanba					
Fanga ajratilgan soatlar	Ma’ruza	60	Amaliy	88	Mustaqil ta’lim	180
			Laboratoriya	32		
Fanning boshqa fanlar bilan bog’likligi:	<p><i>Fanni o’qitishdan maqsad talabalarga kimyo va boshqa barcha turdosh sanoatlardagi barcha boshqa texnologik jarayon va qurilmalarini turlarini va sohalarini o’rgatishdir. “Asosiy texnologik jarayon va qurilmalar” fanini o’rganishning nazariy asoslarini chuqurlashtirib, jarayon va qurilmalarni o’rganishga ijodiy yondoshish imkonini beradi. Undan tashqari, bu fanda kimyo texnologiyasining qurilmalarini hisobida gidromexanik, issiqlik almashinish, modda almashinish va mexanik jarayonlari hamda kimyoviy reaksiyalarining qonuniyatlarini kimyoviy qurilmalarini hisobida to’g’ri qo’llashni o’rgatish.</i></p> <p><i>Ushbu maqsadga erishish uchun-asosiy jarayon va qurilmalarning nazariyasi, ushbu jarayonlarni amalga oshiruvchi mashina va qurilmalarning tuzilish prinsiplari va ularni hisoblash uslublarini</i></p>					

o'rgatishdan iboratdir

Fanning mazmuni

Fanning dolzarbligi va qisqacha mazmuni:

Fanning vazifasi – talabalarga sanoatlardagi jarayon va qurilmalar to'g'risida to'liq tushuncha hosil qilish, texnologik jarayonlar ketma-ketligi va tavsifini tasavvur qila olishdir, talabalarga umumiy holda kimyo sanoatiga tegishli barcha jarayon va qurilmalar tuzilishini to'liq bilishini taminlaydigan tushuncha hosil qilish.

Talabalar uchun talablar

“Asosiy texnologik jarayon va qurilmalar” fanini o'qitishdan maqsad talabalarga kimyo va boshqa barcha turdosh sanoatlardagi barcha texnologik jarayon va qurilmalarni turlarini va asoslarini o'rgatishdir. “Asosiy texnologik jarayon va qurilmalar” fanini o'rganishning nazariy asoslarini chuqurlashtirib, jarayon va qurilmalarni o'rganishga ijodiy yondoshish imkoniyatini beradi.

Ushbu maqsadga erishish uchun – asosiy jarayon va qurilmalarning nazariyasi, ushbu jarayonlarni amalga oshiruvchi mashina va qurilmalarning tuzilish prinsiplari va ularni hisoblash uslublarini o'rgatishdan iboratdir.

Fan bo'yicha talabalarining bilim, ko'nikma va malakalariga quyidagi talablar qo'yiladi. Talaba:

- suyuqliklarni asosiy xossalari;*
- oqimning uzluksizlik tenglamasi;*
- ishqalanish va maxalliy qarshilik turlari;*
- o'xshashlik nazariyasining asoslari;*
- turli jinsli sistemalar;*
- issiqlikni tarqalish turlari;*
- massa almashinish jarayonlari;*
- maxanik jarayonlar xaqida tasavvurga ega bo'lish;*
- xarakat rejimlari;*
- nasoslar va ularning turlarini;*
- filtrlash jarayonini va qurilmalarini;*
- sanoat gazlarini tozalash usullari va qurilmalarini;*
- issiqlik almashinish jarayonlari va qonunlari;*
- massa almashinish jarayonlari va qonunlarini bilish va ulardan foydalana olish;*
- texnologik jarayonlarni aniq izohlay olish;*
- jarayonlarga mos qurilmalarni hisoblash va loyahasini tuzish;*
- apparatlarni afzallik va kamchiliklarini taxlil qilish ko'nikmalariga ega bo'lishi kerak.*

Elektron pochta orqali munosabatlar tartibi

Professor-o'qituvchi va talaba o'rtasidagi aloqa elektron pochta orqali ham amalga oshirishi mumkin telefon orqali baho masalasi muhokama qilinmaydi, baholash faqatgina universitet xududida ajratilgan xonalarda va dars davomida amalga oshiriladi. Elektron pochta ochish vaqti soat 15-20 gacha

1-MA'RUZA

“ASOSIY TEXNOLOGIK JARAYONLAR VA QURILMALAR” FANIGA KIRISH

REJA:

1. Kirish. O'zbekistonda fanning tarixiy rivojlanishi. Bakalavrlar tayyorlashda fanning o'рни, predmeti.
2. Jarayon turlari, qonunlari
3. Suyuqliklarning asosiy fizik xossalari.

Mamlakatimiz mustaqillikka erishgandan so'ng, xukumatimiz tomonidan xalq xo'jaligini rivojlantirish bo'yicha qator amaliy ishlar qilinmoqda. Asosiy e'tibor qishloq xo'jaligi maxsulotlarini etishtirishning yangi zamonaviy, ekologik toza texnologiyalarini joriy qilib maxsulot olish, xosildorlikni oshirish, qishloq xo'jalik maxsulotlarini qayta ishlash va saqlashning yangi samarali texnologiyalar joriy qilib, mahalliy xom ashyolar asosida istemol mollari ishlab chiqarishga, yangi zamonaviy texnologiyalarni tadbqiq qilishga, mavjud ishlab chiqarishni qayta qurishga qaratilgan. Shuning o'zi texnologik jarayonlar va uskunalarning yangilanishiga va ulardan samarali foydalanish yo'llarini izlashga olib keladi.

«Oziq-ovqat texnologiyalari», «biotexnologiya» yo'nalishi bakalavrlarini tayyorlashda «Asosiy texnologik jarayonlar va qurilmalar» fanining o'рни aloxidadir.

Qishloq xo'jalik maxsulotlarini etishtirish, qayta ishlash va saqlashning ilmiy nazariy asoslari odamzotning oziq ovqatga bo'lgan extiyojini qondira boshlagan davrdanoq shakllana boshlagan desa xech mubolag'a bo'lmaydi. Lekin fan sifatida 18-asrning oxiri va 19-asrning boshlarida rivojlana boshladi va qisqa davr ichida rivojlangan mamlakatlarda xalq xo'jaligining muxim tarmoqlaridan biriga aylandi. Sanoatning rivojlanishi bilan ishlab chiqarish jarayonlarini umumlashtiruvchi va qurilmalarning xisobini o'rganuvchi fanga extiyoj kuchaydi. Xozirgi kunga kelib esa kimyoviy ishlab chiqarishsiz inson ehtiyojini qondirishni tasavvur qilish juda qiyin. Tabiiy manbalarning kamiyib ketishi, insonlar ehtiyojining oshib borishi fanning intensiv rivojlanishiga olib keldi. Bu esa yangidan yangi progressiv texnologiyalarni o'ylab topishga yangi texnologik jarayonlarni yaratishga, mavjud texnologik tizimlarni takomillashtirishga olib keldi.

Tarixiy jihatdan olib qaraganda kimyoviy ishlab chiqarishning asosiy texnologik jarayon va qurilmalar fanining rivojlanishini ishlab chiqarishning rivojlanishi bilan bog'lash mumkin. Bu erda biz fanning asoschilari sifatida biror bir olimni yoki davlatni keltirishimiz qiyin. Lekin 19 asrning oxirlarida AQSh va Angliya davlatlarida "Unit operations", "Principles of Chemical Engineering", Rossiya davlatida esa "Protstessы i apparatы ximicheskoy texnologii" nomli fanlar paydo bo'la boshladi. Rossiyada bu fan xaqidagi fikrni birinchi bo'lib prof.V.A.Denisov 1828 yilda ilgari surdi. Keyinchalik D.I.Mendeleev kimyo texnologiyasi asosiy jarayonlarining klassifikatstiyasini tuzib chiqdi. 19-asrning 90-yillari oxirida prof.A.K.Krupskiy Peterburg texnologiya institutida yangi o'quv predmeti - "Asosiy jarayonlar va qurilmalarni xisoblash va loyihalash" bo'yicha ma'ruza o'qiy boshladi. Moskva Oliy texnika o'quv yurtlarida prof.I.A.Timchenko shu yangi fan bo'yicha ma'ruzalar o'qiy boshladi. Shu sababli A.G.Krupskiy va I.A.Timchenkolar "Jarayonlar va qurilmalar" fanining asoschilari xisoblanadi.

1935 yili prof.A.G.Kasatkin tomonidan "Kimyo texnologiyasining asosiy jarayonlari va qurilmalari" darsligi chop etiladi. Bu kitob ushbu fanning rivojlanishida katta rol o'ynadi. Bu fanning rivojlanishida rus olimlardan A.G.Kasatkin, N.M.Javoronkov, V.V.Kafarov, P.G.Romankov, A.N.Planovskiy, V.N.Stabnikov, N.I. Gelperin, ingliz olimlaridan R.Ouen, Kingeri, Eyler, Fure, Kirxgof, Todes, Frud, Pekle va boshqalarning xissalari katta.

Mustaqillik yillaridan keyin o'zbek olimlarining ham bu soxada qilgan va qilayotgan ilmiy amaliy ishlari butun jaxon bo'ylab tanila boshladi. O'zbek olimlaridan akad. Z. Salimov, prof. Tuychiev I, Yusufbekov N, prof. Nurmuxamedov X.S., prof. Agzamxodjaev A, Xodjaev O.F. Beglov B.M. va shu kabi qator olimlarimizni O'zbekistonda ishlab chiqarish texnologiyalarini rivojlanishiga qo'shgan xissalari katta.

Qishloq xo'jalik mahsulotlarini ishlab chiqarish sanoat korxonalarida xom-ashyolarga turli tuman usullarda kimyoviy, fizik-kimyoviy, mexanik ishlovlar beriladi. Bunday ishlov berish turi jarayon deb yuritilib, ularni olib borish uchun bir xil tipdagi qurilmalari qo'llaniladi.

Texnologiyalar umumiy bo'lgan jarayonlar va qurilmalar ishlab chiqarish tarmoqlarida asosiy jarayonlar va qurilmalar deyiladi. Jarayon va qurilmalar kursida asosiy jarayonlarning nazariyasi, jarayon va qurilmalarni xisoblash usullari, qurilmalarning ishlash prinsipi va ularning tuzilishi, ularni loyihalash usullari o'rganiladi.

Asosiy texnologik jarayonlar va qurilmalar kursining qonuniyatlari fizika, matematika, kimyo va fundamental fanlarning, hamda fizik-kimyo, termodinamika fanlarining qonuniyatlari asosida o'rganiladi.

Bugungi kunda Asosiy texnologik jarayonlar va qurilmalar fanini informatika, kibernetika kabi fanlarsiz tassavvur qilish juda qiyin. Ko'pchilik jarayonlar oldin nazariy xisob-kitoblarga asoslangan xolda o'rganilib chiqilib, ularning texnologik reglamentlari yaratiladi. Texnologik reglamentni yaratish juda murakkab jarayon bo'lib, bu qator laboratoriya sinovlarida shu jarayon parametrlarini o'rganish bilan boradi. Har qanday jarayon laboratoriya sharoitida moddellarda sinovdan o'tishi va unda olingan natijalar asosida ishlab chiqarishga tadbiq qilinishi lozim bo'ladi. Bu esa kimyoviy texnologiya jarayonlari va qurilmalar fanining yangi bir tarmog'ini - kimyoviy texnologiya jarayonlarini modellashtirish bo'limini yuzaga keltirdi. Bugunga kelib bu yo'nalish alohida fan sifatida ishlab chiqarishga xizmat qilib kelmoqda.

Fan predmeti va vazifasi- texnologik jarayonlarni o'rganish, tabiiy fanlar qonuniyatlarini texnologik jarayonlarga qo'llashdir. U quyidagi vazifalarni o'z ichiga oladi:

1. Harakatdagi ishlab chiqarishda eng maq'bul rejimni tanlash, uskunalar yuqori ishlab chiqarish quvvatiga erishish, mahsulot sifatini oshirish, ekologik muammolarni muvofiqiyatli echish;

2. Yangi ishlab chiqarish loyihalarini qilishda yuqori effektiv va kam chiqindili texnologik sxemalarni tanlash, uskunalarni nisbatan rastional tiplarni o'rnatish;

3. Uskunalar tanlashda zamonaviy xisoblash vositalariga suyangan xolda ilmiy xisob-kitoblar qilish, kimyoviy texnologiyada jarayonlar va uskunalarni xisoblashning yangi prinsiplar metodlarini ishlab chiqish;

4. Ilmiy tekshirish ishlarida jarayonlarning borishini aniqlovchi asosiy faktorlarni o'rganish, ularni xisoblashda umumiy bog'liqliklarni olish va laboratoriya tadqiqotlari natijalarini tezlik bilan ishlab chiqarishga qo'llash;

Asosiy kimyoviy texnologik jarayonlarning sinflanishi:

Texnologik jarayonlar turli tumanligiga qaramasdan borish tezligining qonuniyatlari munosabatiga qarab quyidagi guruhlariga bo'linadi:

1. **Gidromexanik jarayonlar** - ularda suyuqlik va gazlarning xarakati o'rganiladi. Jarayonning tezligi gidromexanika qonunlari bilan aniqlanadi. Suyuqliklarni bir joydan ikkinchi joyga uzatish, gazlarni siqish va uzatish, turli jinsli gaz va suyuqlik aralashmalarini ajratish, suyuqliklarni aralashtirish gidromexanik jarayonlarga kiradi.

2. **Issiqlik jarayonlar** - ularda temperaturalar farqi mavjud bo'lganda bir jismdan ikkinchi jisimga issiqlikning o'tishidir. Jarayonning tezligi issiqlik uzatish qonuniyatlariga bo'ysunadi. Bunday jarayonlarga isitish, sovutish, bug'latish, kondensatsiyalash, kabilar kiradi.

3. **Modda almashinish jarayonlar** - bir yoki bir necha komponentlarning bir fazadan, fazalarni ajratuvchi yuza orqali, ikkinchi fazaga o'tishidir. Komponentlar bir fazadan ikkinchi fazaga molekulyar va konvektiv diffuziyalar yordamida o'tadi. Ularga Absorbsiya, absorbsiya, ekstraktsiya, suyuqliklarni xaydash, quritish va boshqalar kiradi.

4. **Kimyoviy jarayonlar** - moddalarning o'zaro ta'siri natijasida yangi birikmalarni hosil bo'lishidir. Kimyoviy reaksiyalar vaqtida odatda, issiqlik va modda almashinuvi jarayonlari xam sodir bo'ladi.

5. **Mexanik jarayonlar** - ularda tezlik qattiq jismlar mexanik qonuniyatlariga asosan ifodalanadi. Ularga maydalash, saralash, qattiq va pastasimon moddalarni aralashtirish va boshqalar kiradi.

Kimyo sanoatining barcha tarmoklarida suyuqlik va gazlarni uzatish, suyuqliklarni aralashtirish, xar xil jinsli gaz va gazlarni uzatish, suyuqlik aralashmalarini ajratish kabi jarayonlar ko'p uchraydi. Bu jarayonlarning tezligi gidromexanika qonunlari bilan ifodalanadi. Gidromexanika

qonunlarini va ulardan amalda foydalanish usullarini gidravlika fani o'rganadi. Gidravlika ikki asosiy qismdan: suyuqliklarning muvozanat qonunlarini o'rganadigan gidrostatika va suyuqliklarning xarakat qonunlarini o'rganadigan gidrodinamikadan tashkil topgan.

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

Suyuqlik va gazlarning xarakat tezliklari tovush tezligidan past bo'lgani uchun ularning xarakat qonunlari bir xil. Shuning uchun gidravlikada suyuqlik deyilganda gaz xam, suyuqlik xam tushuniladi. Ularni bir-biridan ajratish uchun suyuqliklar tomchili, gazlar esa elastik suyuqlik deb yuritiladi. Suyuqlik va gazlar quyidagi xossalari bilan bir-biriga o'xshaydi:

1) suyuqliklar xuddi gazlar kabi ma'lum shaklga ega emas, uning fizik xossalari barcha yo'nalishda bir xil, ya'ni izotropdir; 2) gazlarning qovushqoqligi kichik bo'lib, suyuqliklarnikiga yaqinlashadi; 3) kritik xaroratdan yukori xaroratda suyuqliklar bilan gazlar orasidagi farq yo'qoladi.

Boshqa soxalarda bo'lgani kabi, gidravlikada xam nazariy tadqiqotlar natijalarini soddalashtirish maqsadida ideal suyuqlik modelidan foydalaniladi.

Ideal suyuqlik deb, bosim va xarorat ta'sirida o'z xajmini o'zgartirmaydigan yoki siqilmaydigan, o'zgarimas zichlikka ega bo'lgan va ichki ishqalanishi (qovushqoqligi) bo'lmagan suyuqliklarga aytiladi. Aslida esa, xar qanday suyuqlik bosim yoki xarorat ta'sirida o'z xajmini o'zgartiradi. Xar qanday suyuqlikda ichki ishqalanish kuchlari va qovushqoqlik bo'ladi.

Demak, xaqiqatda tabiatda ideal suyuqlik bo'lmaydi, ya'ni barcha suyuqliklar real suyuqlik xisoblanadi.

Suyuqliklarning asosiy fizik xossalari.

Suyuqliklarning asosiy fizik xossalari zichlik, solishtirma og'irlik, qovushqoqlik, issiqlik o'tkazuvchanlik koeffisienti, solishtirma issiqlik sig'imi va xarorat o'tkazuvchanlik koeffisienti va boshqalar bilan xarakterlanadi.

Zichlik. Xajm birligidagi bir jinsli jismning (suyuqlikning) massasi zichlik deb ataladi va ρ bilan belgilanadi.

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

Solishtirma og'irlik. Xajm birligidagi suyuqlikning og'irligi solishtirma og'irlik deb ataladi va γ bilan belgilanadi:

$$\gamma = G/V \quad (2)$$

Massa bilan og'irlik quyidagicha bog'langan:

$$m = G/g \quad (3)$$

Massaning miqdorini tenglikka qo'ysak, zichlik bilan solishtirma og'irlikning o'zaro bog'lanish nisbati kelib chiqadi:

$$\gamma = \rho \cdot g \quad (4)$$

Tomchili suyuqliklarning zichligi va solishtirma og'irligi elastik suyuqliklarnikidan bir necha marta katta bo'lib, bosim va xarorat ta'sirida juda kam o'zgaradi.

Gazlarning zichligi ideal gazlarning xolat tenglamasidan aniqlanadi:

$$PV = m/M RT \quad (5)$$

Tenglamadan zichlik quyidagi ifodaga teng buladi:

$$\rho = m/v = PM/RT \quad (6)$$

Zichlik kattaligiga teskari bo'lgan kattalik solishtirma xajm deb ataladi va v bilan ifodalanadi:

$$v = v/m = 1/\rho = RT/PM = v/m \quad (7)$$

Qovushqoqlik. Real suyuqliklar truba ichida xarakatlanganda, uning ichida ichki ishqalanish kuchlari xosil bo'lib, siljishiga to'sqinlik qiladi.

Suyuqlikni bir qatlamdan ikkinchi qatlamga siljishi uchun sarf bo'lgan kuch qovushqoqlik (yoki ichki ishqalanish) deyiladi. Nyuton qonuniga binoan, suyuqlikning siljishi uchun zarur bo'lgan kuch shu qatlamning yuzasiga, surilish tezligi gradientiga va shu suyuqlikning qovushqoqlik koeffitsientiga to'g'ri proporsional bog'langan:

$$T = \mu F \frac{dw}{dn} \quad (8)$$

Tenglamadagi qovushqoqlik koeffitsienti μ dinamik qovushqoqlik koeffitsienti yoki qovushqoqlik deyiladi. Qovushqoqlik suyuqliklarning fizik xususiyatlariga va xaroratiga bog'liq bo'lib, keng intervalda o'zgaradi.

Dinamik qovushqoqlik SI da Pa s birligida o'lchanadi. Dinamik qovushqoqlik koeffitsientining shu suyuqlik zichligiga nisbati kinematik qovushqoqlik deyiladi va ν bilan belgilanadi.

$$\nu = \mu/\rho \quad (9)$$

Kinematik qovushqoqlik SI da m^2/s bilan ulchanadi.

Ba'zan nisbiy qovushqoqlik tushunchasi xam ishlatiladi. Bunda biror suyuqlik qovushqoqligining suvning qovushqoqligiga nisbati olinadi. Xarorat ortishi bilan suyuqliklarning qovushqoqligi kamayadi, gazlarda esa ortadi. Suyuqliklarning qovushqoqligi gazlarnikiga nisbatan bir necha marta kattadir.

Issiqlik o'tkazuvchanlik. Xarorat gradienti ta'sirida bir-biriga tegib turgan kichik zarrachalarning tartibsiz xarakati natijasida issiqlikning tarqalishi issiqlik o'tkazuvchanlik deyiladi. Bir jinsli tekis devor orqali o'tgan issiqlik oqimi quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

$$Q = \lambda / \delta F \Delta t \quad (10)$$

bu erda λ - issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti; δ - devor qalinligi; F - issiqlik o'tayotgan yuza; Δt - devorning ikkala tomonidagi xaroratlar farqi.

Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti SI da W/mK birligida o'lchanadi. Uning qiymati xarorat, bosim va moddaning turiga bog'liq.

Solishtirma issiqlik sig'imi. Moddaning massa birligi xaroratini bir gradusga ko'tarish uchun zarur bo'lgan issiqlik miqdori solishtirma issiqlik sig'imi deyiladi va u quyidagi tenglama orqali topiladi:

$$C = Q/m \Delta t \quad (11)$$

bu erda, Q - jismni isitish uchun sarf bo'lgan issiqlik miqdori;

m - jism massasi; Δt - jarayonning oxirgi va boshlang'ich xaroratlari

o'rtasidagi farq. Solishtirma issiqlik sig'imi SI da J/kgK birligida o'lchanadi.

Xarorat o'tkazuvchanlik koeffitsienti. Xarorat o'tkazuvchanlik koeffitsienti jismning issiqlik inertsiya xossalari ifodalaydi. Bu koeffitsient jismni fizik kattaligi xisoblanib, xaroratning o'zgarish tezligini bildiradi.

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

$$\alpha = \lambda / s \rho \quad (12)$$

bu erda λ - issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti; ρ - zichlik; s - solishtirma issiqlik sig'imi. Bu koeffitsientning son qiymati xarorat, zichlik, moddaning tarkibi va boshqa faktorlarga bog'liq bo'ladi.

Bosim. Suyuqlik idish devorlariga, tubiga va uning ichiga tushirilgan boshqa jism yuzasiga bosim kuchi bilan ta'sir qiladi. Biror kichik yuzaga ta'sir qiladigan bosim gidrostatik bosim deyiladi.

$$P = \lim_{\Delta F \rightarrow 0} \Delta P / \Delta F \quad (13)$$

Bosimning yo'nalishi va ta'siri suyuqlikning xamma nuqtalarida bir xil, chunki bu kuch xamma vaqt normal bo'yicha yo'nalgan bo'ladi. Bunda bosimning kattaligi yuzaning shakliga va uning qanday joylashganiga bog'lik emas. Bosim manometr va vakumetrlarda o'lchanadi. Qurilmalarda o'rnatilgan priborlar ortiqcha (izb), nisbiy bosimni ko'rsatadi. Bunga atmosfera bosimini kushib absolyut bosim topiladi.

$$P_{abs} = P_{man} + P_{atm}. \quad (P_{abs} = P_{nis} + P_{atm}) \quad (14)$$

R_{man} - manometr bilan o'lchanadigan bosim.

Agar jarayon siyraklanish (vakuum) sharoitida ketsa, atmosfera bosim bilan siyraklanish orasidagi farq absolyut bosimni beradi.

$$P_{abs} = P_{atm} - P_{vak} \quad (15)$$

R_{vak} - vakuummetr bilan o'lchanadigan siyraklanish.

Bosimning SI sistemasidagi o'lchov birligi N/m^2 yoki Pa. Bu birlik juda kichik bo'lganligi sababli, yiriklashtirilgan birliklar ishlatiladi: kilopaskal va megapaskal. ($1kPa=10^3Pa$; $1mPa=10^6Pa$)

Tekshirish uchun savollar:

1. "Asosiy texnologik jarayon va qurilmalar" fanining axamiyati va vazifasi.
2. Texnologik jarayon turlari va ularning xarakatlantiruvchi kuchlarini ifodalang.
3. Suyuqlikning asosiy fizik xossalarini sanab o'ring.

2-MA'RUZA

GIDRODINAMIKA. OQIMNING UZLUKSIZLIK TENGLAMASI VA ENERGETIK MA'NOSI.

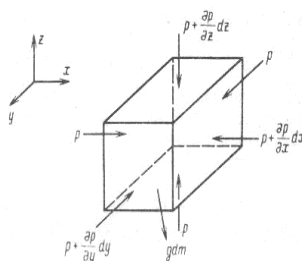
REJA:

1. Suyuqlik xarakatining asosiy xarakteristikalarini.
2. Suyuqlik xarakatini ifodalovchi kattaliklar.
3. Oqimning uzluksizlik tenglamasi.
4. Suyuqlik xarakatining Eyler differensial tergdamasi.

Nisbiy tinch xolatdagi suyuqlikning muvozanatini ko'rib chiqamiz. Bu xolatda suyuqlikka massaviy kuchlar – og'irlik va enerstiya kuchlari, xamda sirtiy kuchlar – gidrostatik bosim kuchi ta'sir etadi. Butun suyuqlik xajmidan elementar, cheksiz kichik dV parallepiped xajmini ajratib olamiz.

Parallepipedning dx , dy , dz qirralari x , y , z o'qlarga parallel joylashgan (1-rasm).

O'rtacha gidrostatik bosim kuchi, gidrostatik bosimning parallelepiped tomoni yuzasi



1-расм. Muvozanat holatining differensial tenglamasini aniqlashga doir sxema.

ko'paymasiga teng. 1 –rasmdan ko'rinib turibdiki $p=f(x,y,z)$. Ushbu funkstional bog'liqlik ko'rinishini aniqlaymiz. Buning uchun elementar parallelepipedga ta'sir etuvchi xamma kuchlarning x, y, z o'qlardagi proekstiyalar yig'indisini topamiz. x, y, z o'qlardagi massaviy kuchlarni massa birligiga nisbatlarini X, Y, Z deb belgilaymiz. Xajmiy kuchlarning x o'qidagi proekstiyasi $dQ=Xdm$ bo'ladi, bu erda $dm=\rho dx dy dz$ yoki $dQ = X\rho dx dy dz$. Statikaning asosiy qonuniga binoan, tinch xolatdagi suyuqlikka ta'sir etuvchi xamma kuchlar proekstiyalari yig'indisi nolga teng. Shuning uchun, x o'qidagi kuchlar proekstiyasi

$$pd_x d_z - \left(p - \frac{\partial p}{\partial x} dx \right) d_y d_z + Xpd_x d_y d_z = 0 \quad (1)$$

bu erda $pd_x d_z$ – chap tomonga ta'sir etuvchi gidrostatik bosim kuchi; $dp/dx \cdot dx$ – qirra bo'ylab gidrostatik bosimning o'zgarishi; $(dp/dx)dx \cdot dx$ qirra bo'ylab gidrostatik bosimning o'zgarishi.

Qarama-qarshi, o'ng tomonga ta'sir etuvchi gidrostatik bosim $p + (dp/dx)dx$ ga teng va uning x o'qiga proekstiyasi:

$$\left(p + \frac{\partial p}{\partial x} dx \right) dy dz$$

tenglamada qavsni ochib, tegishli qisqartirishlarni amalga oshirsak, quyidagi ko'rinishdagi tenglamani olamiz:

$$-\frac{\partial p}{\partial x} + \rho X = 0$$

Xuddi shunday usul bilan y va z o'qlari uchun muvozanat tenglamalarini keltirib chiqaramiz:

$$-\frac{\partial p}{\partial y} + \rho Y = 0$$

$$-\frac{\partial p}{\partial z} + \rho Z = 0$$

Olingan sistemalashtirsak:

tenglamalarni

$$\left. \begin{aligned} -\frac{\partial p}{\partial x} + \rho X &= 0 \\ -\frac{\partial p}{\partial y} + \rho Y &= 0 \\ -\frac{\partial p}{\partial z} + \rho Z &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Ushbu tenglamalar sistemasi Eylerning muvozanat xolatining differensial tenglamasi deb ataladi.

Gidrostatikaning asosiy tenglamasi

(2) ning xar bir tenglamasini dx , dy , dz larga ko'paytirib va xosil bo'lgan tenglamalar sistemasini qo'shib chiqsak, ushbu ko'rinishga ega bo'lamiz:

$$\frac{\partial p}{\partial x} dx + \frac{\partial p}{\partial y} dy + \frac{\partial p}{\partial z} dz = \rho(Xdx + Ydy + Zdz) \quad (3)$$

Gidrostatik bosim faqat koordinatlar funktsiyasi bo'lgani uchun, tenglamaning chap qismi bosimning to'liq differensialini ifodalaydi, ya'ni:

$$dp = \rho(Xdx + Ydy + Zdz) \quad (4)$$

Agar, suyuqlik absolyut tinch xolatda bo'lsa, unda inertsion va og'irlik kuchlar pastga qarab yo'nalgan bo'ladi, ya'ni $Z = -g$; $X=0$; $Y=0$. Unda

$$dp = -\rho g dz \quad (5)$$

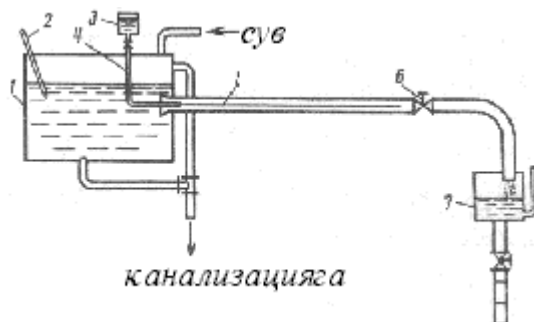
Ushbu tenglama chap va o'ng tomonlarini ρg bo'lsak, quyidagi ko'rinishga erishamiz:

$$dz + \frac{1}{\rho g} dp = 0 \quad (6)$$

$$\text{Agar, } \rho = \text{const} \text{ bo'lsa, } dz + d\left(\frac{p}{\rho g}\right) = 0 \quad (7)$$

$$\text{Oxirgi tenglamani integrallasak, unda } z + \frac{p}{\rho g} = \text{const} \quad (8)$$

bu erda z - geometrik napor yoki istalgan gorizontal yuzaga nisbatan olingan nuqtaning nivelir balandligi, m; $p/\rho g$ - statik napor yoki pezometrik bosim kuchi, m.



2.-расм. Reynolds qurilmasi. 1-bak; 2-termometr; 3-rangli modda uchun idish; 4-kapilyar trubka; 5-truba; 6-kran; 7-yig'gich.

Bu tenglama **gidrostatikaning asosiy tenglamasi** deb nomlanadi. Hidrostatikaning asosiy tenglamasiga binoan, tinch xolatdagi suyuqlikning istalgan nuqtasida geometrik va statik naporlar yig'indisi o'zgarmas miqdorga teng.

Suyuqlik xarakati rejimlari

Suyuqlik xarakati rejimlarini birinchi bor tajriba qurilmasida 1883 yili ingliz olimi Reynolds tomonidan o'rganilgan (2.-rasm).

Suyuqlikning bak 1 dan oqib chiqishi o'zgarmas naporda sodir bo'ladi. Suyuqlik sarfi esa, kran 6 yordamida rostlanadi va o'lchov idishi 7 da uning miqdori aniqlanadi. Truba 5

ning o'qi bo'ylab kapilyar trubka 4 o'rnatiladi va u orqali rangli suyuqlik uzatiladi.

Tajriba paytida truba 5 ga asosiy suyuqlik bilan birga rangli suyuqlik yuboriladi. Truba 5 ichida tezliklar kichik bo'lganda, rangli suyuqlik oqimchasi oqim o'qi bo'ylab ingichka chiziq bo'lib cho'ziladi va bir tekis xarakat qilayotganini ko'ramiz. Agar, turli joylarda o'rnatilgan bir nechta turli kapilyar naychalardan asosiy oqimga o'rnatilgan rangli suyuqlik yuborsak, bir-biri bilan yo'nalishlari kesishmaydigan oqimchalarni kuzatamiz. Truba ichida suyuqlik oqimchalarining parallel yo'nalishbo'ylab, ya'ni texnikada **laminar rejim** deb nomlanuvchi, suyuqlikning oqimchali xarakati sodir bo'ladi.

Oqimda tezliklar taqsimlanishi parabola shaklidagi chiziq bilan ifodalanadi. Bunda, maksimal tezlik oqimning o'qida bo'ladi, minimal tezlik esa - truba devori yaqinidagi qatlamlarga tri keladi. Truba devoriga yopishib turgan yupqa suyuqlik qatlami- **chegaraviy qatlam** deb nomlanadi.

Agar, suyuqlik tezligini yanada oshirsak, rangli suyuqlik to'liqsimon xarakatlanib butun suyuqlik oqimiga aralashib, ko'rinmay ketadi. Bunga sabab, oqimning ayrim zarrachalari nafaqat

truba o'qi bo'ylab gorizontal, chiziqli xarakat qiladi, balki suyuqlik zarrachalari bir-biri bilan aralashib, ko'ndalang yo'nalishda tartibsiz xarakatlanadi. Natijada butun suyuqlik massasi indikator rangiga bo'yaladi. Suyuqlikning bunday to'lqinsimon, tartibsiz xarakat **turbulent rejim** deb ataladi. Oqimda tezliklar taqsimlanish cho'qqisi keng, parabolasiimon chiziq bilan ifodalanadi.

Ingliz fizik-olimi Reynolds tajribalarda suyuqlik tezligi, qovushoqligi, zichligi va truba diametrini o'zgartirdi. Tajribalar taxlili asosida olim quyidagicha xulosaga keldi: suyuqlik oqimining laminar rejimdan turbulent rejimga o'tishi suyuqlik massaviy tezligi ρw , truba diametriga to'g'ri va suyuqlik qovushoqligi μ ga teskari proporsionaldir. Olim tomonidan taklif etilgan o'lchamsiz kompleks Reynolds kriteriysi deb yuritiladi.

$$Re = \frac{wd\rho}{\mu} = \frac{wd}{\nu} \quad (9)$$

bu erda $\nu = \mu/\rho$ - kinematik qovushoqlik, m^2/s .

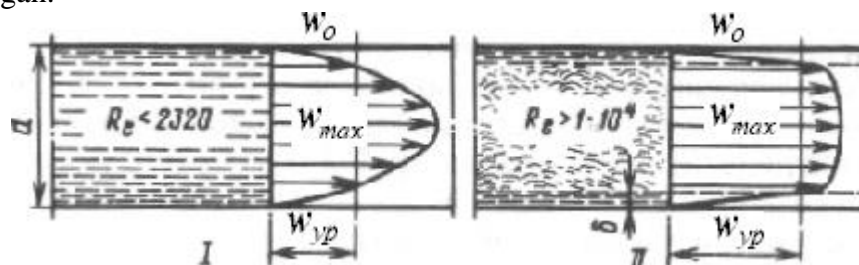
Reynolds kriteriysining son qiymatlariga qarab, suyuqlik xarakat rejimi aniqlanadi. Undan tashqari, ushbu kriteriy qovushoqlik va inerstiya kuchlarining o'zaro nisbatini xarakterlaydi. Bir xil truba diametri va suyuqlik tezligida, yuqori zichlik va kichik qovushoqlikka ega suyuqliklar turbulent rejimga tezroq chiqadi. Laminar rejimdan turbulent rejimga o'tish Reynolds kriteriysining kritik qiymatlarida sodir bo'ladi.

Tekis trubalarda suyuqlik oqimi xarakati uchun $Re_{kr} = 2320$. Agar, $Re < 2320$ bo'lsa, turg'un laminar rejim bo'ladi. Agar, $2320 < Re < 10000$ bo'lsa, suyuqlik xarakati o'tish rejimiga to'g'ri keladi.

Suyuqlik oqimining noturg'un xarakatini o'tish rejimi xarakterlaydi. Bu rejimda ikki xarakat turi bir vaqtning o'zida sodir bo'lishi yoki biridan ikkinchisiga oson o'tishi mumkin.

$Re > 10000$ bo'lsa, turg'un turbulent rejimi bo'ladi.

Laminar va turbulent rejimlarda truba kesimida tezliklarning taqsimlanishi 3-rasmda ko'rsatilgan.



3-pacm. Laminar (I) va turbulent (II) xarakat rejimlarida

Suyuqlik sarfi va tezligi. O'zgarmas ko'ndalang kesimli trubada suyuqlik xarakatini ko'rib chiqamiz.

Vaqt birligida ko'ndalang kesim orqali oqib o'tayotgan suyuqlik miqdoriga **suyuqlik sarfi** deyiladi. Agar suyuqlik sarfi m^3/s , $m^3/soat$ o'lchov birliklarida o'lchansa - **xajmiy sarf**, kg/s , $kg/soat$ larda o'lchansa - **massaviy sarf** deb xisoblanadi.

Oqim ko'ndalang kesimining turli nuqtalarida suyuqlik zarrachalarining tezligi bir xil bo'lmaydi.

Quyida keltirilgan 3 - rasimga binoan, truba o'qi atrofida suyuqlik tezligi maksimal, uning devoriga yaqinlashgan sari minimal qiymatga teng bo'ladi. Lekin, ko'pchilik xollarda truba ko'ndalang kesimi orqali oqib o'tayotgan suyuqlik tezliklarining taqsimlanish qonuniyatlari noma'lum yoki uni aniqlash juda qiyin. Suyuqliklarning xaqiqiy tezligini o'lchash juda murakkab bo'lgani uchun, muxandislik xisoblashlarda zarrachalar o'rtacha tezligi ishlatiladi. Suyuqlik xajmiy sarfi V (m^3/s) ning truba ko'ndalang kesim yuzasi F (m^2) nisbatiga **o'rtacha tezlik** (m/s) deb nomlanadi:

$$w = \frac{V}{F} \quad (10)$$

Bundan xajmiy sarf, $V = w \cdot F$ (11)

Massaviy sarf G (kg/s) esa, quyidagi formuladan aniqlanadi: $G = \rho \cdot w \cdot F$ (12)

bu erda ρ - suyuqlik zichligi, kg/m³

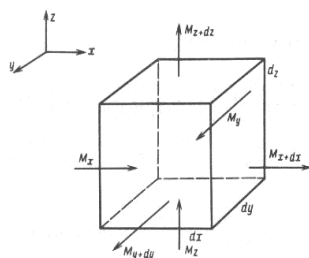
Shuni alohida ta'kidlash kerakki, yuqorida keltirilgan formulalar istalgan shakldagi ko'ndalang kesimli kanallar uchun xam to'g'ri keladi.

Oqimning uzluksizlik tenglamasi

Uzluksiz xarakat qilayotgan sharoitda suyuqlik oqimidagi tezliklar orasidagi bog'liqlikni ko'rib chiqamiz.

Buning uchun oqimdan xajmi $dV = dx, dy, dz$ bo'lgan elementar parallelepipedni ajratib olamiz (1-rasm).

x o'qi bo'ylab xarakat tezligining tashkil qilgan w_x deb belgilaymiz. Unda, parallelepipedning $dy \cdot dz$ chap tomonidan cheksiz qisqa vaqt ichida unga quyidagi miqdorda suyuqlik kiradi:



$$M_x = \rho w_x \cdot dy \cdot dz \cdot d\tau \quad (1)$$

bu erda ρ - suyuqlik zichligi.

Suyuqlik umuman siqilmaydi degan taxminni qabul qilamiz. Unda, suyuqlik zichligi ρ o'zgarmas bo'ladi.

Parallelepipedning qarama-qarshi tomonida

suyuqlikning tezligi $\frac{\partial w_x}{\partial x} \cdot dx$ qiymatga farq qiladi va quyidagiga teng bo'ladi:

$$w_x + \frac{\partial w_x}{\partial x} \cdot dx \quad (2)$$

o'ng tomondan $d\tau$ vaqt ichida oqib chiqqan suyuqlik miqdori quyidagiga teng:

$$M_{x+dx} = \rho \left(w_x + \frac{\partial w_x}{\partial x} \cdot dx \right) \cdot dy \cdot dz \cdot d\tau \quad (3)$$

Parallelepipedda ortib borayotgan massa miqdori

$$dM_x = M_x - M_{x+dx} = -\rho \frac{\partial w_x}{\partial x} \cdot dx \cdot dy \cdot dz \cdot d\tau \quad (4)$$

ga teng bo'ladi.

u va z o'qlari bo'ylab, suyuqlik massasining o'zgarishi quyidagiga teng bo'ladi:

$$dM_y = -\rho \frac{\partial w_y}{\partial y} \cdot dy \cdot dx \cdot dz \cdot d\tau \quad (5)$$

$$dM_z = -\rho \frac{\partial w_z}{\partial z} \cdot dz \cdot dx \cdot dy \cdot d\tau \quad (6)$$

Parallelepipedda $d\tau$ vaqt birligi ichida suyuqlik massasi umumiy miqdorining o'zgarishi koordinata o'qlari bo'ylab, uning o'zgarishlari yig'indisiga teng:

$$dM = dM_x + dM_y + dM_z = -\rho \cdot \left(\frac{\partial w_x}{\partial x} + \frac{\partial w_y}{\partial y} + \frac{\partial w_z}{\partial z} \right) \cdot dx \cdot dy \cdot dz \cdot d\tau \quad (7)$$

Agar, $\rho = \text{const}$ bo'lganda, parallelepiped ichidagi suyuqlik massasi o'zgarish bo'lishi kerak. Demak, massaning umumiy o'zgarishi $dM=0$ yoki

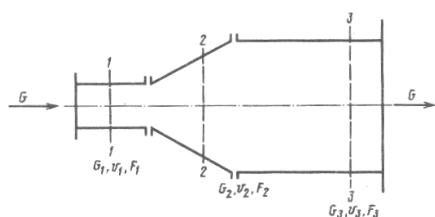
$$\frac{\partial w_x}{\partial x} + \frac{\partial w_y}{\partial y} + \frac{\partial w_z}{\partial z} = 0 \quad (8)$$

yoki $\text{div} \mathbf{w} = 0$, bu erda $\frac{\partial w_x}{\partial x}, \frac{\partial w_y}{\partial y}, \frac{\partial w_z}{\partial z}$ - x, y, z o'qlari yo'nalishida tezliklarning o'zgarishi. Ushbu

tenglama siqilmaydigan suyuqlik oqimi uzluksizligining differensial tenglamasi.

(8) tenglamani integrallagandan keyin, suyuqlikning turg'un xarakati paytida truba quvurining xar bir ko'ndalang kesimidan vaqt birligida bir xil miqdorda suyuqlik oqib o'tadi (2-rasm).

$$G_1 = G_2 = G_3 = \dots = \text{const} \quad (9)$$



5-rasm. Suyuqlik oqimining uzluksizlik tenglamasini keltirib chiqarishga oid.

bu erda G - massaviy sarf, kg/s; $G = \rho w F$.

Tomchili, siqilmaydigan suyuqliklar uchun $\rho = \text{const}$ bo'lgani uchun tenglama ushbu ko'rinishni oladi:

$$w_1 F_1 = w_2 F_2 = w_3 F_3 = \text{const} \quad (10)$$

(10) tenglamadan ko'rinish turibdiki, tomchili suyuqlik xarakatining tezligi trubaning ko'ndalang kesim yuzasiga teskari proporsionaldir:

$$\frac{w_1}{w_2} = \frac{F_2}{F_1} \quad (11)$$

Shunday qilib, (11) tenglama massa saqlanish qonunining xususiy xoli bo'lib, suyuqlik oqimining moddiy balansini ifodalaydi.

Agar, suyuqlik tarkibida xavo yoki suv bug'i, yoki xavo bo'shliqlari paydo bo'lsa, oqim uzluksizligi buziladi.

Suyuqlik xarakatining Eyler differensial tenglamasi

Oqimning istalgan nuqtasida suyuqlik xarakatining tezligi va bosim orasidagi bog'liqlikni L. Eylerning xarakat tenglamasi yordamida ifodalash mumkin.

Ushbu tenglamani keltirib chiqarish uchun turg'un xarakat qilayotgan ideal suyuqlik oqimidan $dV = dx dy dz$ xajmli elementar parallelepiped ajratib olamiz (1-rasm).

Parallelepipedga ta'sir etuvchi og'irlik va bosim kuchlarining koordinata o'qlaridagi proekstiyalari quyidagicha bo'ladi:

$$x \text{ o'qiga} \quad - \frac{\partial p}{\partial x} dx dy dz \quad y \text{ o'qiga} \quad - \frac{\partial p}{\partial y} dx dy dz \quad z \text{ o'qiga} \quad - \frac{\partial p}{\partial z} dx dy dz$$

Dinamikaning asosiy prinsipiga binoan, xarakatdagi elementar suyuqlik xajmiga ta'sir etuvchi xamma kuchlar proekstiyalarining yig'indisi suyuqlik massasini uning tezlanishi ko'paytmasiga teng.

Parallelepiped xajmidagi suyuqlik massasi:

$$dm = \rho dx dy dz \quad (12)$$

Agar, elementar zarracha tezligi w , uning tezlanishi $dw/d\tau$ bo'lsa, tezlanishning koordinatlar o'qidagi proekstiyalari quyidagicha bo'ladi:

$$\frac{dw_x}{d\tau}; \frac{dw_y}{d\tau}; \frac{dw_z}{d\tau} \quad (13)$$

bu erda $w_x, w_y, w_z - x, y, z$ o'qlardagi tezliklar.

Koordinata o'qlariga nisbatan tezlanishning proekstiyalari $\partial w_x / d\tau, \partial w_y / d\tau$ va $\partial w_z / d\tau$ bo'ladi.

Suyuqlik oqimi turg'un xarakat qilayotgani sababli $\partial w_x / d\tau = 0; \partial w_y / d\tau = 0; \partial w_z / d\tau = 0$.

Bunda, tezlikning vaqt o'tishi bilan o'zgarishi, fazoda olingan nuqta tezligining o'zgarishini emas, balki suyuqlik elementar zarrachasining fazoda bir nuqtadan ikkinchisiga o'tganda x, u va z o'qlarga mos keladigan tezlik miqdori w_x, w_y va w_z larning o'zgarishini ko'rsatadi. Dinamikaning asosiy prinsipiga binoan:

$$\rho dx dy dz \frac{dw_x}{d\tau} = - \frac{\partial p}{\partial x} dx dy dz$$

$$\rho dx dy dz \frac{dw_y}{d\tau} = - \frac{\partial p}{\partial y} dx dy dz$$

$$\rho dx dy dz \frac{dw_z}{d\tau} = - \left(\rho g + \frac{\partial p}{\partial z} \right) dx dy dz$$

qisqartirishlardan so'ng esa, ushbu tenglamalar sistemasini olamiz:

$$\left. \begin{aligned} \rho \frac{dw_x}{d\tau} &= - \frac{\partial p}{\partial x} \\ \rho \frac{dw_y}{d\tau} &= - \frac{\partial p}{\partial y} \\ \rho \frac{dw_z}{d\tau} &= - \rho g - \frac{\partial p}{\partial z} \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

Bu tenglamalar sistemasi turg'un oqimlar uchun ideal suyuqliklar xarakatini ifodalovchi Eylerning differensial tenglamasi.

Tekshirish uchun savollar:

1. Reynolds tajribalari. Reynolds kriteriysi va uning fizik ma'nosini tushuntirib bering.
2. Xarakatdagi suyuqliklar uchun Eylerning differensial tenglamasini ifodalab bering.
3. Suyuqlik sarfi va tezligi xaqida nimalarni bilasiz?

3-MA'RUZA

BERNULI TENGLAMASI. GIDRAVLIK QARSHILIKLAR.

REJA:

1. Bernuli tenglamasi.
2. Suyuqlik xarakati rejimlari. Hidravlik qarshiliklar.
3. Ishqalanish va maxalliy qarshiliklar turlari, koeffisenti.
4. Bernuli tenglamasini amaliyotda qo'llanilishi. Drossel asboplar.

Xaqiqiy suyuqlik oqimi uchun Bernulli tenglamasi

Turg'un oqimlar uchun Eylerning differensial tenglamalar sistemasini echish gidrodinamikada katta ahamiyatga ega va juda ko'p ishlatiladigan Bernulli tenglamasini olish imkonini beradi.

Agar, (14) tenglamalar sistemasining chap va o'ng tomonlarini dx, dy, dz larga ko'paytirib va suyuqlik zichligi ρ ga bo'lsak, ushbu ifodalarni olamiz:

$$\begin{aligned}\frac{dx}{d\tau} \cdot dw_x &= -\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial x} dx \\ \frac{dy}{d\tau} \cdot dw_y &= -\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial y} \cdot dy \\ \frac{dz}{d\tau} \cdot dw_z &= -gdz - \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial z} \cdot dz\end{aligned}\quad (15)$$

(15) tenglamalar sistemasidagi $dx/d\tau$, $dy/d\tau$ va $dz/d\tau$ nisbatlar tegishli koordinata o'qlaridagi w_x , w_y va w_z tezliklarning o'zgarishini ifodalaydi. Ushbu nisbatlarni tezlik orqali ifodalab, o'z o'rniga qo'ysak:

$$w_x dw_x + w_y dw_y + w_z dw_z = -gdz - \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial p}{\partial x} dx + \frac{\partial p}{\partial y} dy + \frac{\partial p}{\partial z} dz \right) \quad (16)$$

Tenglamaning chap tomonidagi qo'shiluvchilar quyidagi ko'rinishda ifodalanishi mumkin:

$$w_x dw_x = d\left(\frac{w_x^2}{2}\right); w_y dw_y = d\left(\frac{w_y^2}{2}\right); w_z dw_z = d\left(\frac{w_z^2}{2}\right). \quad (17)$$

Ularning yig'indisi esa,

$$d\left(\frac{w_x^2}{2}\right) + d\left(\frac{w_y^2}{2}\right) + d\left(\frac{w_z^2}{2}\right) = d \cdot \left(\frac{w_x^2 + w_y^2 + w_z^2}{2} \right) = d\left(\frac{w^2}{2}\right) \quad (18)$$

bu erda $w = |w|$ - tezlik vektorining kattaligi bo'lib, w_x , w_y va w_z o'qlari uchun o'z qiymatiga ega.

Tenglamaning o'ng tomonidagi ifoda bosimning to'la differentsiali dr ga teng. Turg'un oqimlar uchun bosim fazodagi nuqta xolatiga bog'liq bo'lib, istalgan nuqta uchun vaqt birligida o'zgarmaydi.

Demak,

$$d\left(\frac{w^2}{2}\right) = -\frac{dp}{\rho} - gdz \quad (19)$$

Ushbu tenglamaning ikkala tomonini erkin tushish tezlanishi g ga bo'lsak va xamma ifodalarni chap tomonga o'tkazsak, quyidagi ko'rinishga ega bo'lamiz:

$$d \cdot \left(\frac{w^2}{2g} \right) + \frac{dp}{\rho g} + dz = 0 \quad (20)$$

Bir jinsli, siqilmaydigan suyuqliklar uchun $\rho = \text{const}$.

Tenglamadagi differentsiallar yig'indisini yig'indilar differentsiali bilan almashtirilishi mumkin, ya'ni:

$$d\left(z + \frac{p}{\rho g} + \frac{w^2}{2g}\right) = 0$$

bu erda

$$z + \frac{p}{\rho \cdot g} + \frac{w^2}{2g} = const \quad (21)$$

Ushbu ko'rinishdagi ifoda ideal suyuqliklar uchun **Bernulli tenglamasi** deyiladi.

$\left(z + \frac{p}{\rho g} + \frac{w^2}{2g}\right)$ kattalikka **to'liq gidrodinamik napor** yoki **gidrodinamik napor** deb nomlanadi.

Bernulli tenglamasiga binoan, ideal suyuqliklarning turg'un xarakatida geometrik, statik va dinamik naporlar yig'indisi umumiy gidrodinamik naporga teng bo'lib, oqim bir trubadan ikkinchisiga o'tganda xam o'zgarmaydi.

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{w_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{w_2^2}{2g} \quad (22)$$

Bernulli tenglamasi energiya saqlanish qonunining xususiy xoli bo'lib, oqimning energetik balansini xarakterlaydi. z - nivelir balandlik yoki geometrik napor (h_g, m) deb ataladi va nuqta xolatining solishtirma potentsial energiyasini ifodalaydi. $\frac{p}{\rho g}$ - bosim napor yoki pezometrik napor (h_c, m) deb nomlanadi va bosimning solishtirma potentsial energiyasini ifodalaydi.

$\left(z + \frac{p}{\rho g}\right)$ yig'indi to'liq gidrostatik yoki statik napor (h_{st}, m) deyiladi va ushbu nuqtadagi to'liq solishtirma potentsial energiyani ifodalaydi.

$\frac{w^2}{2g}$ - tezlik yoki dinamik napor (h_d, m) deb nomlanadi va u ushbu nuqtadagi solishtirma kinetik energiyani xarakterlaydi.

Demak, turg'un xarakterdagi suyuqlik uchun potentsial $\left(z + \frac{p}{\rho g}\right)$ va kinetik $\left(\frac{w^2}{2g}\right)$ energiyalar yig'indisi oqimning istalgan ko'ndalang kesimida o'zgarmas qiymatga ega.

Ma'lumki, xaqiqiy (real) suyuqliklarda ichki ishqalanish kuchlari mavjud bo'lib, ular truba yoki kanallarda xarakat qilganda, bir qism napor bu kuchni engishga sarf etiladi.

Xaqiqiy suyuqliklar uchun Bernulli tenglamasi ushbu ko'rinishda yoziladi:

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{w_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{w_2^2}{2g} + h_u \quad (23)$$

yoki

$$h_z + h_c + h_g + h_u = H \quad (24)$$

bu erda h_i - ishqalanish kuchini engish uchun sarflangan napor.

Agar, suyuqlik gorizontal trubada xarakat qilayotgan bo'lsa, unda geometrik napor nolga teng bo'ladi, ya'ni $h_g=0$. Unda

$$h_c + h_d + h_u = H \quad (25)$$

Shunday qilib, Bernulli tenglamasi energiya saqlanish qonunining xususiy xoli bo'lib, oqimning energetik balansini ifodalaydi.

Amaliy gidrodinamikaning asosiy masalalaridan biri bo'lib xaqiqiy suyuqlik xarakatidagi gidravlik qarshilikni aniqlash xisoblanadi. Chunki, yo'qotilgan napor $h_{yo'q}$ (yoki $\Delta r_{yo'q}$)ni bilmasdan turib nasos, ventilyator, gazoduvka va kompressorlar yordamida suyuqliklarni uzatish uchun zarur bo'lgan energiya sarfini aniq xisoblab bo'lmaydi. Undan tashqari $h_{yo'q}$ (yoki $\Delta r_{yo'q}$) bilmasdan turib, xaqiqiy suyuqliklar uchun Bernulli tenglamasini qo'llab bo'lmaydi.

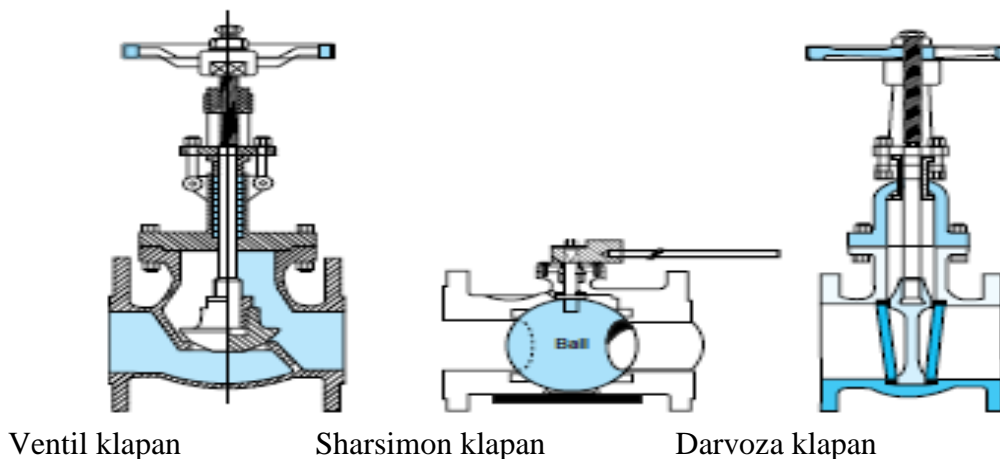
Truba quvurlarida napor (yoki bosim)ning yo'qotilishiga ishqalanish qarshiligi va maxalliy qarshiliklar sababchi bo'ladi.

Ishqalanish qarshiligi (yoki uzunlik bo'yicha qarshilik) – trubadan xaqiqiy suyuqlik xarakat qilganda, ichki ishqalanish qarshiligi, uning butun uzunligi bo'yicha mavjud. Ichki ishqalanish kuchining kattaligi suyuqlik oqimining rejimi (laminar, turbulent, turbulentlik darajasi)ga bog'liq.

Maxalliy qarshiliklar – suyuqlik oqimi tezligi va xarakat yo'nalishi qiymatining istalgan o'zgarishidir. Ularga qo'yidagilar: keskin va asta-sekin toraygan va kengaygan qismlar, tirsaklar, jo'mrak, yopuvchi va rostlovchi uskuna (ventil, zadvijka, tiqinli kran) va boshqalar kiradi (1-rasm).

Darvoza, ventil va sharsimon klapanlar (zadvijka)

Klapanlar suyuqlik oqimini to'xtatish, boshlash, chegaralash yoki yo'naltirish uchun ishlatiladi. Darvoza, ventil va sharsimon klapanlar 2.17 rasmda ko'rsatilgan. Darvoza klapani quvurdagi oqim yo'lida harakatlanuvchi elementni joylashtiradi. Darvoza klapanining asosiy komponentlariga tanasi, qopqog'i, dastagi, moxovik, darvoza, germetik material, sonik va gidravlik solnik kiradi. Darvoza klapanlari 2 xil bo'ladi: ko'tariluvchi va ko'tarilmas dastagli. Darvoza klapanlari oqimini chegaralash uchun emas, ochish va yopish uchun mo'ljallangan.



2.17-rasm. Klapanlar.

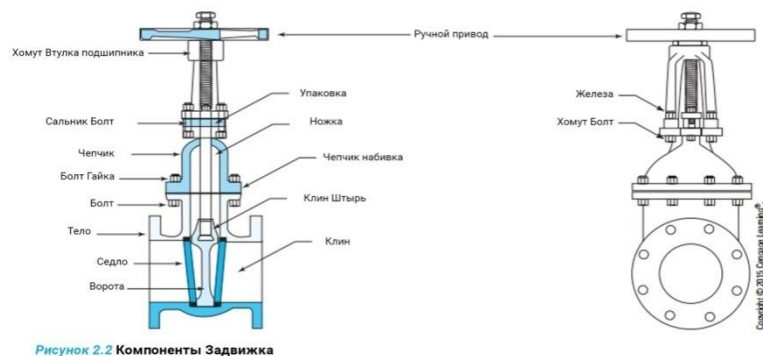
Ventil klapanlar yo'lida harakatlanuvchi metall diskni joylashtiradi. Bu turdagi klapan oqimni chegaralash uchun ishlatiladigan eng oddiy klapanlardandir. Disk o'riniga qulay joylashishi va oqimni to'xtatish uchun mo'ljallangan. Suyuqlik ventil klapaniga kiradi va 90 gradusga aylanish orqali joyiga va diskga yo'naladi. Suyuqlik disk orqali harakatlangan, bir xil tarqaladi. Blok klapanlari quyidagicha oddiy ventil sharli, tiqin yoki kompozit diski bilan, ignali klapan va burchakli klapan ko'rinishlarida bo'ladi. Ventil va darvoza klapanlarini juda o'xshash klapanlari mavjud.

Sharsimon klapaning markazida harakatlanuvchi elementning shaklidan olingan. Sharsimon klapan darvoza, ventil klapanlarga o'xshab, oqimni nazorat qiluvchi qurilmani ko'tarmaydi, buni o'riniga bosh shar ochiq-yopiq holatga aylanadi. Sharsimon klapanlar oqimni

juda oz miqdorda chegaralaydi va klapan dastagi chorak qismiga aylantirilganda 100 % ga ochiladi. Yopiq holatda kanalga suyuqlik kiritilmaydi. Ochiq holatda quvurning ichki diametri kanal ichki diametriga mos bo'ladi. Katta klapanlarni ochish uchun moxovik va uzatmalar qutisi kerak bo'ladi, ammo buning uchun bor yo'g'i dastakni chorak qismga aylantirish etarli.

Klapanlar. Klapanlarning sanoatda eng keng tarqalgan turi darvozali bo'ladi. Darvoza klapan quvur ichida oqim yo'liga joylashtiriladi. Darvoza, trubaning ichki diametriga mos o'lchamlarda bo'ladi va ochiq xolatda juda oz farqlanadi.

Klapanlar o'lchamlari bo'yicha farqlanib, 0.125 dyuymdan bir necha futgacha bo'lishi mumkin. Zadvijkalar odatda "keng ochiq" yoki "to'la ochiq" xolatlarda ishlaydi.



2.18-rasm. Zadvijkaning tuzilishi.

Bu turdagi zadvijkalar oqim darajasi cheklanmaganda ishlatiladi. Klapanlar oqimni rostlagani uchun ulardan keng ko'lamda foydalanish kerak.

Klapan orqali notturg'un oqim o'tishi sababli metall eroziyasi, egarning edirilishi, shuningdek oqim nazorati elementlarining shikastlagani sababli, oqimni to'liq to'sib qo'yish oldini olish mumkin.

Egarlar ikki toifaga bo'linadi: maxkam o'rnatilgan va echiladigan.

Kichik klapanlarda odatda quyma elementlari bo'lgani uchun egarlarni almashtirish iqtisodiy samara bermaydi va ularda klapaning ishchi elementini almatirish kerak.

Egarlarning qirralari disk yoki ponalar bilan parallel joylashadi.

Darvozali klapan quyigilardan iborat: korpus, darvoza, o'q, qapqoq, qistirma va maxovik (2.18-rasm).

Darvoza ponasimon yoki parallel disklardan iborat bo'lishi mumkin. Turli materiallardan yasalishi mumkin. Darvoza ochiq bo'lsa oqim yo'lidan butunlay chetlashtiriladi va yopiq xolatda oqim yo'lida bevosita joylashtiriladi.

Klapaning katta qismini qobiq tashkil etadi. Qobik texnologik quvurlarga uch yo'l bilan ulangan bo'lishi mumkin: flyanestli, rezbali yoki payvandlangan. Klapan elementlari qobiqqa maxkamlanadi.

Qobiqdagi maydoncha ikki qo'zg'almas tekislik yoki klapan ichidagi xalqalar ko'rinishida bo'ladi, oqimni to'sish vaqtida bo'sh bo'ladi. Bunday maydoncha ikki toifaga bo'linadi: almashtiriladigan yoki o'rnatilgan.

Egarlar darvoza bilan aniq ta'sirlanish yuzasini ta'minlashi kerak. Egarlar klapan chegarasida ishlanishi yoki quyilishi mumkin. Ular presslanadigan, rezbali yoki joyiga payvandlangan bo'ladi. Yuqori harorat va yuqori bosim vaziyatlarida payvandlash va rezbali birlashma talab qilinishi mumkin.

O'q ingichka, uzun bo'lib, unga darvoza yoki g'ildirak biriktirilgan bo'ladi. Maxovik aylanganida uning energiyasini o'qqa uzatadi va o'qni ko'tarilish yoki tushishga olib keladi.

Qapqoq disk yoki darvoza uchun ko'tarilgan xoltda qobiq vazifasini bajaradi. U payvandlash orqali yoki vaqtincha boltlar yordamida klapan qobig'iga maxkamlanadi.

Qistirma maxsus materialdan yasilib, qapqoq germetikligini ta'minlashga xizmat qiladi. Qistirma o'qning yuqoriga va pastga silliq harakat qilish imkonini berishi kerak.

Salnikli qistirma qapqoqning o'q o'tadigan joyida, maxsus ochilgan chuqurchada bo'ladi va o'q atrofida qobiq montajida ishtirok etadi. Tiqma moslama qutidagi materialni siqadi va materialning joylashuvini ta'minlaydi. Salnikdagi gaykalar siqilish me'yorini ta'minlab, sizib chiqishni bartaraf qilishga mo'ljallangan.

Maxovik klapan o'qiga maxkamlanadi. Maxovik aylanma energiyani o'qga uzatadi. Aylanma energiya oqimni boshqarish elementini xarakatga keltiradi. Maxovik soat strelkasi bo'yicha xarakatlanganida klapani yopadi. Maxovik xarakati teskari tomonga yo'naltirilginida klapani ochadi.

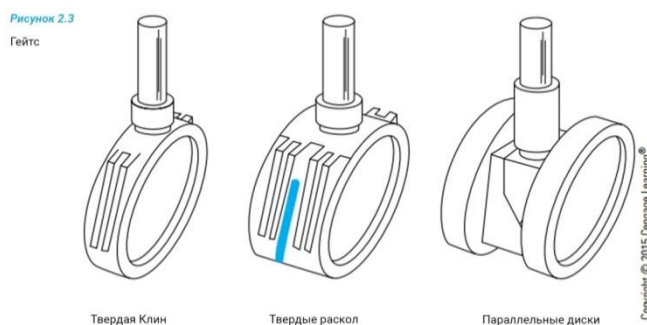
Darvozalar. Zadvijka darvozalari turli shakl va o'lchamlarda bo'ladi.

Eng keng tarqalgan konstruktsiyalari qatoriga mustahkam pona, ikki qattiq darvozali va parallel disklar (2.19-rasm) kiradi.

Yaxli mustaxkam ponali zadvijkalar ishonchli bo'lib, egarning mustaxkam materialiga zichlashadi. Bunday ponali egarga zich joylashgani sababli, ortiqcha kuchlanishni ko'tarmaydi. Ortiqcha kuchlanish ishchi joylarini shikastmasligi maqsadida klapan to'liq yopilganidan so'ng ozgina bo'shatilishi kerak.

Ikki qattiq darvozali turi egar bilan ishonchli zichlanish beradi. U mustaxkam pona kabi vazifalarni bajarishi bilan birga o'ziga xos elementlariga ega. Bu element uning ikkita disk sifatida ishlashini xam ta'minlaydi. Ikki qattiq darvozali turi mustaxkam pona turiga nisbatan yuqori xaroratlarda ishlatilishi imkonini beradi. Oqimning bosimidan bunday darvozalarning joylanishida foydalaniladi.

Parallel diskli darvozalar o'qga o'rnatilgan ikki aloxida disklardan iborat. Ba'zi bir parallel disklarda prujina bo'lishi mumkin. Prujina disklar orasida joylashtiriladi, qolgan elementlar o'qga maxkamlanadi.



2.19-rasm. Zadvijka darvozalari turlari.

Parallel diskli zadvijkalar yuqori xaroratlarda qo'llanilishga mo'ljallangan. Oqim bunday klapaniga kirganida, disklardan birini itaradi, prujinani siqadi va qarama-qarshi diskni egarga zich joylanishini boshqaradi. Sistemadagi bosim darvozaning egardagi xolatini ta'minlaydi. Bosim qancha katta bo'lsa disk shuncha egarga zichlashadi.

Zadvijka materiallari. Zadvijkalar (2.20-rasm) turli jarayonlarda foydalanish uchun mo'ljallangan. Ma'lum ekspluatatsiya sharoitlari zadvijka yasash materiallarining o'ziga xosligini belgilaydi.



Рисунок 2.4

Нержавеющая сталь
Задвижка

2.20-rasm. Zanglamaydigan po'latdan yasalgan zadvijka.

Misol uchun, zanglamas po'latdan yasalgan zadvijka korrozion, yuqori va past haroratli muxitlarda xizmat qiladi. Maxsus qotishmali zadvijka esa yuqori harorat, yuqori bosim muxitida ishlatiladigan. Bronzadan yasalgan zadvijka past haroratli, past bosimli muxitda xizmat qiladi. Latun zadvijka past harorat, past bosimli xizmat sharoitida qo'llaniladi. Cho'yan zadvijka suv uchun va ba'zi bir past bosimli bug'lar uchun ishlatiladi.

Zadvijkalar uzlukli va o'zgaruvchan oqimli texnologik jarayonlarda qo'llaniladigan eng yaxshi moslamalardan xisoblanadi. Ular uzoq yil xizmat qiladi. Ko'tarma shpindelli va ko'tarilmaydigan o'qlar.

Zadvijka o'qlari ikki xil turda bajarilgan bo'ladi: ko'tarma shpindelli va ko'tarilmaydigan o'qli. Zatvorning yuqori qismida shturval joylashgan. Maxovik vtulkaga maxkamlanadi, vtulka o'z navbatida o'qqa rezba yordamida maxkamlanadi. Maxovik soat strelkasiga qarama-qarshi aylanganida maxovik markazadagi o'q ko'tariladi. O'qning ko'tarilishiga mos ravishda darvoza klapan qobig'idan ko'tariladi va suyuqlikning oqishiga yo'l beradi. O'qning xolatiga qarab, kuzatuvchi klapan ochiq yoki yopiqligini ayta oladi.

Ko'tariluvchi o'qning boshqa turida o'q asosi rezbali bo'ladi. Bunday tipdagi klapanlarda maxovik o'qqa o'rnatilgan bo'lib, ochiq xolatda o'q bilan birga ko'tariladi. Ko'tarilmaydigan o'qlarda maxsus moslama o'qning ko'tarilishi yoki tushishiga yo'l qo'ymaydi. Maxovik o'qqa mustaxkam birlashtirilgan va maxovik o'q vinti yoki darvoza aylanishi boshqaradi. Bunday klapanlarga qarab, ularning ochiq yoki yopiqligini aytib bo'lmaydi.

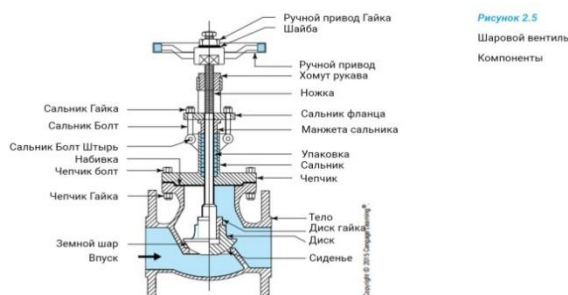
Xizmat ko'rsatish. Uskunalar texnik xolatini ta'minlash operator ishining muhim qismidir. Rezba o'qli klapanlar atrof muxit ta'sirida qotib qolmasligi va ularni ish qobiliyatida ushlab turish uchun moylanishni talab etadi. Qobiq nazoratdan o'tkazilib, silqish topilganida salnik gaykalari me'yorida tortilishi kerak.

Klapan o'qi bo'yalmaydi va uni chang va ifloslanishdan saqlash kerak. Operator zadvijkani yopayotganida klapan egarini shikastlamaslik choralarini ko'rishi lozim. Xarakat yo'nalishining o'zgarishi, klapaning tez yopilishi va truba kengayishi klapaning buzilishiga olib kelishi mumkin. Chunonchi, o'qning qiysayishi klapaning yopishib qolishiga olib kelishi mumkin. Shuning uchun klapani yopish jarayoni sekin va bir tekisda bo'lishi kerak. Klapan darvozasi pastda bo'lganida aylanish pastga bo'lmasligi shart. Ko'pgina klapanlar moylagichlar bilan ta'minlangan bo'ladi va ular yordamida aylanuvchi qismlari moylanib boriladi. Texniklar vazifasi klapanlar tozaligi va moylanganligini nazorat qilishdan iboratdir.

Sharli klapan. Ishlab chiqarish sohasida ishlatiladigan ikkinchi eng keng tarqalgan klapan turi o'tkazuvchi klapanidir. Sharli klapanida xarakatchan metall disk oqim yo'liga qo'yiladi. Bu tipdagi klapan asosan oqimni drossellashda ishlatiladi. Disk egarga tekis joylashib oqimni to'xtatishga mo'ljallangan. O'tkazuvchi klapaniga suyuqlik kiradi va o'z yo'nalishini egar va disk ostiga tomon 90^0 ga o'zgartiradi. Suyuqlik diskdan o'tadi va tekis taqsimlanadi.

O'tkazish klapanlari samarali ishlashi uchun o'g'ri o'rnatilishi kerak. Agar klapan teskari o'rnatilsa, oqim boshqaruv elementini pastga bosadi va uzatish me'yori buziladi.

Tipik egarli klapan quyidagilardan iborat: qobiq, disk, bo'sh maydancha, o'q, qalpoq, qistirma, salnik, egar va maxovik (2.21-rasm).



2.21-rasm. Sharli klapan.

Disk o'qqa uch usulda maxkamlanadi: xarakatchan, rezbali va yaxlit yasash bilan. Disk shteker, koptok va igna shaklida sinflanishi mumkin. Turli materiallardan ishlanadi.

Disk yoki o'tkazuvchi boshqaruv elementi egarda joylashadi va yopiq xolatda oqim yo'lida yotadi. Zadvijkalardan farqliroq, shar klapan drossellashda ishlatishga mo'ljallangan. Oqim boshqaruv elementining ochiqlik darajasi orqali rostlanishi mumkin.

Klapanning asosini qobiq tashkil etadi. Qobik texnologik quvurlarga uch yo'l bilan ulangan bo'lishi mumkin: flyanestli, rezbali yoki payvandlangan. Klapan elementlari qobiqqa maxkamlanadi.

Bo'sh maydoncha to'rt xil usulda bajarilishi mumkin: konussimon, qiyshiq tekis yuzali, zichlovchi xalqali yoki shayba va konusli yoki ignasimon konusli. Maydoncha almashtiriladigan yoki o'rnatilgan bo'ladi.

Egar boshqaruv elementi bilan ta'sirlanish yuzasida to'g'ri birikib, zichlanishni ta'minlaydi. Egarlar klapan chegarasida ishlanishi yoki quyilishi mumkin, presslanadigan, rezbali yoki joyiga payvandlangan bo'ladi. Yuqori haroratda va yuqori bosim vaziyatlarida payvandlash va rezbali birlashma talab qilinishi mumkin.

O'q ingichka, uzun bo'lib, disk yoki g'ildirakga birlashtirilgan bo'ladi. Maxovik aylanganida uning energiyasini o'qqa uzatadi va o'qni ko'tarilish yoki tushishga olib keladi.

Qapqoq disk uchun ko'tarilgan xolatda qobiq vazifasini bajaradi. U payvandlash orqali yoki vaqtincha boltlar yordamida qobiqqa maxkamlanadi. Qobiq silqishlarni bartaraf etish uchun maxsus loyixalangan bo'lib, o'qning tekis aylanishini xam ta'minlaydi.

Salnikli qistirma qapqoqning o'q o'tadigan joyida, maxsus ochilgan chuqurchada bo'ladi va o'q atrofida qobiq montajida ishtirok etadi. Tiqma moslama qutidagi materialni siqadi va materialning joylashuvini ta'minlaydi. Salnikdagi gaykalar siqilish me'yorini ta'minlab, sizib chiqishni bartaraf qilishga mo'ljallangan.

Maxovik klapan o'qiga maxkamlanadi. Maxovik allanma energiyani o'qqa uzatadi. Aylanma energiya oqimni boshqarish elementini xarakatga keltiradi.

Orqa egar qapqoq va o'q orasida zichlovchi va qobiqni klapan ichidagi ortiqcha bosimdan saqlovchi moslamadir. Bug' sistemalari uchun qo'llaniladi. O'qning bir qismi sifatida ishlanadi. O'q to'la ochiq xolatda bo'lganida disksimon orqa egar egar qapqog'i bilan ta'sirlashadi.

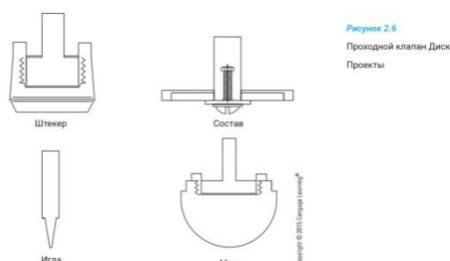
Disklar. Disklar turli shakl va o'lchamlarda bo'ladi. To'rt eng keng tarqalgan vilkali, sharli, tarkibli va ignali disk turlari 2.22-rasmida keltirilgan.

Vilkali disklar drossellashda ishlatiladi. Ular konussimon birikish yuzali joyida almashtiriladigan xalqalarga ega, oqim xarorati va bosimi keng oraliqlarda o'zgaradigan xollarda drossellashga mo'ljallangan.

Sharli disklar sharsimon yoki tekis yuzali bo'ladi. Ular drossellashni ochilgan yoki yopilgan xolatlarda bajarishga mo'ljallangan.

Tarkibli disklar turli temperatura va oqimlarga moslashtirilgan bo'radi. Tarkibli disklar qayta tiklanishi mumkin. Yuzalarni birlashtirish uchun rezina xalqa va shaybadan foydalaniladi. Igna disk yuqori aniqlik talab etilganda qo'llaniladi.

O'tkazuvchi klapan materiallari. Sharli klapanlar turli sharoitlarda foydalanish uchun mo'ljallangan. Muxit turiga qarab tegishli materiallardan yasaladi. Misol uchun, zanglamas po'latdan yasalgan egarli klapan korrozion, past haroratda xizmat qilganida ishlatiladi. Maxsus qotishma esa yuqori harorat va yuqori bosimda ishlatiladi. Ba'zi bir keng tarqalgan qotishmalar sifatida nikel-temir, titan-po'lat ishlatilmoqda. Bronzadan ishlangan egarli klapan past bosim va past xaroratlar uchun mo'ljallangan. Cho'yan zadviyka suv uchun va ba'zi bir past bosimli bug'lar uchun ishlatiladi.



2.22-rasm. Disklar turlari.

Tiqinli klapanlar bilan solishtirganda (2.23-rasm) klapanlarda judakatta bosim tushishi mavjud. O'tkazuvchi klapanlar yuqori yuklamali idishlarda o'rnatishga mo'ljallangan. Bunday klapan foydalanishning eng past hududida o'rnatilgan bo'lsa, o'z-o'zini tozalash turi bo'lsa ham, sharli klapaniga aylanadi, chunkishar 90° ga qaytadi va uni to'g'ridan-to'g'ri tarmoqdan uzish mumki emas.



2.23-rasm. Tiqinli klapan.

Sharli klapanlar. Sharli klapanlar o'z nomini sharsimon, xarakatchan elementdan olgan (2.24-rasm). Darvoza va egarli klapanlardan farqli, sharli klapaning boshqaruv moslamasi oqim ta'sirida ko'tarilmaydi. Buning o'rniga ichi bo'sh shar ochiq yoki yopiq xolatlariga aylanadi. Sharli klapanlar oqimga juda kichik cheklovlar beradi va to'la ochiq xolat ochiq xolatning to'rtidan bir xolatida xam kuzatiladi. Yopiq xolatda tizim to'liq uziladi va aksincha, to'liq ochiq xolatda trubaning ichki diametriga teng xolatni beradi.

Sharli kranlar turli shakl va o'lchamda (2.24-rasm) bo'lib, katta klapanlarda maxovik va tishli reduktor bo'lishini taqozo qiladi. Sharli kranlardan drossellash uchun foydalanish mumkin emas.

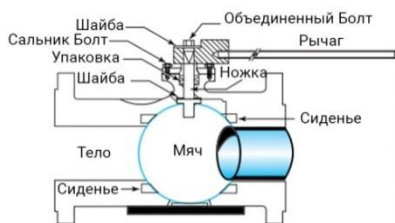


Рисунок 2.8 Компоненты Шаровой Клапан



Рисунок 2.9 Шариковый клапан

2.24-rasm. Sharli klapan.

Sharli kranlardan uzoq vaqt foydalanish ta'sirida shar va uning o'rnatilish joyi shikastlanishi mumkin. Odatda, sharli kranlar yuqori xaroratlarda qo'lanishga mo'ljallanmagan. Shar o'rnatiladigan joy plastmassalardan yasalgan bo'lib, yuqori xarorat ta'sirida emirilishga moyildir. Ishlatishdan avval temperatera chegaralari bilan tanishish tavsiya etiladi. Sharli kranlar zichlanmagani uchun yuqori bosimli kameralarda qo'llanmaydi. Ba'zi bir sharli kranlar bir necha oqimni to'xtatmasdan kerakli yo'nalishlarga ayirboshlash uchun mo'ljallangan bo'lishi mumkin.

Qaytish klapani. Qaytish klapanlari oqimning qaytishini bartaraf etish uchun va uning oqibatida qurilmalarning ifloslanishi va buzilishining oldini olish uchun mo'ljallangandir. Qaytish klapanlari imkoniyatlari katta emas, lekin oqimni germetik to'xtatish imkonini beradi.

Qaytish klapanlari konstruktsiyalari turlicha va qo'llanilishi bilan farqlanadi. Qaytish klapanining tipik namoyondasi sifatida qaytarma diskni olish mumkin. Bunda oqim yo'nalishi o'zgarsa quvur yopiladi (2.25-rasm). Oqim diskni ko'tarib, shu oqim to'xtaguncha o'zgarmas tutadi. Qaytish klapanining qobig'i qalpoqchali bo'lib, boshqaruv elementiga oson borish imkoniyatini beradi.

Qaytish klapanining boshqa bir turi liftni ko'rib chiqsak, unga o'rnatilgan disk oqim kutish rejimida bo'lganida yopiq xolatda va oqim xarakati natijasi ko'tarilib ochiq xolatda faol bo'ladi (2.26-rasm). Maxsus yo'naltiruvchilar diskni joyida ushlab turadi. Shu bilan birga oqim o'zgarishlarini yopish uchun mo'ljallangan teskari moslama qilib yaratilgan.

Lift tekshirish ideal oqim darajasi turlicha bo'lgan tizimlar uchun javob beradi. Lift tekshirish tebranish tekshirishidan mukammalroq bo'ladi. Gorizontaal yoki vertikal qurilmalarni tekshirishda porshen yoki shar oqim ta'sirida egardan ko'tariladi.

Uchinchi ko'rinish sharli bo'lib, sharsimon disk qiya sharsimon egarga joylashadi (2.27-rasm). Shar oqim kutish holatida bo'lganida pastki xolatda bo'ladi va qachon oqim faollashsa xolatini o'zgartiradi. Maxsus yo'naltiruvchilar sharsimon diskni joyida ushlab turadi. Oqim yo'nalishi o'zgarishi bilan arg'imchoq kabi tebranib oqimni berkitib qo'yishga mo'ljallangan. Bunday tekshirishlar oqim o'zgaruvchan bo'lganida yoki suyuqligi birmuncha qattiq moddalarni tutgan sistemalar uchun mos keladi. Sharli tekshiruv lift tekshiruv kabi mukammal va uzoq muddatlidir.

To'rtinchi qurilma lift xususiyatlariga ega tormoz bo'lib, ko'tarish kuchi va shar klapani (2.28-rasm) nazorat qilishga asoslangan. Yopiq holatda, to'xtatish klapani mahkam o'tirgan, ochiq holatda, oqim nazorati elementi qobiqdan ko'tariladi. Ochiq holatda, lift sinovida to'xtatishni tekshirish bo'lib, ko'tarish darajasini rostlash mumkin.

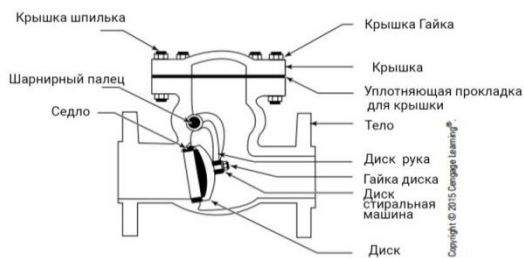


Рисунок 2.10 Свинг обратный клапан

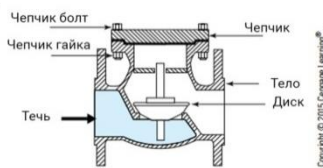


Рисунок 2.11 Клапан обратный подъемный

2.25-rasm. Diskli qaytish klapani.

2.26-rasm. Liftli qaytish klapani.

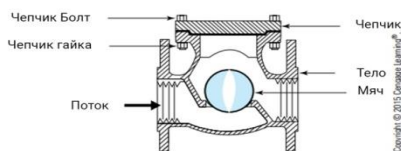


Рисунок 2.12 Шаровой обратный клапан

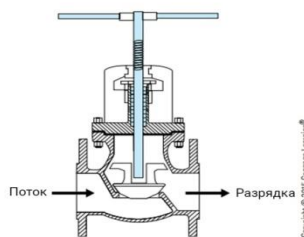


Рисунок 2.13 Стоп Обратный клапан

2.27-rasm. Sharli qaytish klapani.

2.28-rasm. Liftli sharli qaytish klapani.

Qaytarish klapanlari og'irlik kuchi ta'sirida ishlaydi, shuning uchun to'g'ri o'rnatilishi kerak. Konstruktsiyalari gorizontal va vertikal bo'lishi mumkin. Turli texnologik sharoitlarda qo'llanilishga mo'ljallangan. Klapanlar materiali qo'llanish soxasini aniqlaydi. Misol uchun, zanglamas po'latdan yasalgan klapan korrozion, past haroratda xizmat qilganida ishlatiladi. Maxsus qotishmalisi esa yuqori harorat va yuqori bosimda ishlatiladi. Ba'zi bir keng tarqalgan qotishmalar sifatida nikel-temir, titan-po'lat ishlatilmoqda. Bronzadan ishlangan klapan past bosim va past xaroratlar uchun mo'ljallangan. Latun klapanlar past bosim va xarotarlarda qo'llaniladi. Temir klapan suv uchun va ba'zi bir past bosimli bug'lar uchun ishlatiladi.

Zatvorlar. Diskli aylanma zatvorlar odatda drossellash va ochiq-yopiq funktsiyalarni bajarishda qo'llaniladi. Bunday klapanlar boshqa turdagi klapanlardan kichikroq bo'lishi bilan farqlanadi va shu sababdan truba quvurlarda kam joy egallaydi.

Kapalak elementli zatvor yassi disk ko'rinishida bo'lib, disk markazidan metall o'q o'tadi va diskning chorak aylanishga burilishiga imkon beradi (2.29-rasm). Zatvorning chorak burilishi to'liq ochish yoki yopish uchun etarlidir.

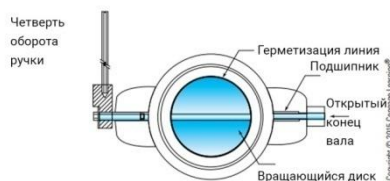


Рисунок 2.15 Клапан-бабочка Компоненты



Рисунок 2.16 клапан-бабочка

2.29-rasm. Kapalak elementli zatvor.

Texniklar bilishi kerakki, drossellash klapanlarini 100% ochish uchun klapan dastagi sakkizdan bir ulushga ochilishi kifoyadir. Drossellash vaqtida klapan dastagi yopiq xolatda maxkamlangan bo'lishi shart. Agarda dastak maxkamlanmagan bo'lsa, oqim klapaniga kirishi bilan zatvorni ochishga xarakat qiladi. Shunga qaramasdan, diskli aylanma zatvorlar drossellashda turli xarakteristikali oqimlarda qo'llaniladi. Zatvorni ellik foyizga ochish bilan maksimal oqimga erishish mumkin.

Diskli aylanma zatvorlar past xarorat va bosimda ishlatishga mo'ljallangan bo'lib, odatda qayta ishlash korxonalarida suvni sovutish uchun mo'ljallangan issiqlik almashinish qurilmalarida o'rnatiladi.

Drossel klapan egari tabiiy kauchuk yoki plastmassalardan yasalishi mumkin.

Tiqinli klapanlar. Qayta ishlash korxonalarida turtdan bir burilishda ochiladigan, tezkor ochish uchun mo'ljallangan tiqinli klapanlar keng tarqalgan. Tiqinli kran o'z nomini oqimni rostlovchi elementi nomidan olgan (2.30-rasm). Dastagi to'rt dan bir burilishi natijasida 100 foyiz ochiq xolatni ta'minlay oladi. Yopiq xolatda o'tkazish tirqishi oqimga to'siq bo'lsa, ochiq xolatda truba ichki diametri bilan bir xil bo'ladi.

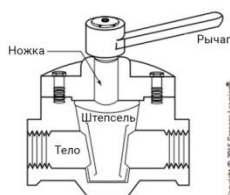


Рисунок 2.17 плунжерный клапан Компоненты



Рисунок 2.18 плунжерный клапан

2.30-rasm. Tiqinli (plunjerli) klapan.

Plunjerli klapan. Tiqinli kranlar turli shakl va o'lchamlarda bo'ladi. Klapan tiqini yoqilg'i gaz quvurlari uchun mo'ljallangan, past bosim vaziyatlarida, past xaroratlarda yopish va ochish amallarni bajarish uchun mo'ljallangan. Kranlarni ochish va yopishda, xamda uzoq vaqt ishlatilishida ishchi elementlari shikastlanishi mumkin. Past xaroratlarga mo'ljallangan platmassa qoplamali egarlar yuqori xarorat ta'sirida emirilishi mumkin.

Xizmat ko'rsatish. To'g'ri nazorat va texnik ko'riklar natijasida klapan plunjerining ishlashi abadiy davom etishi mumkin. Plunjerli klapani ishlatishda moylash katta axamiyatga ega. Tiqinli kranlarning xizmat muddati klapan qobig'i ichidagi moylovchi materialga bog'liq. Moylovchi material klapaniga sizib chiqishni bartaraf etishda ko'maklashadi. Bunday klapanlar drossellash uchun qo'llanilmaydi.

Xaddan tashqari emirilish klapan tiqinining ishdan chiqishidan dalolat beradi. Bundan tashqari klapan germetikligi xam xavf ostida qoladi. Tiqinli klapanlarning ishlash xarorati 480°F (248,9 °S) dan oshmasligi kerak. Bu ko'rsatkichdan yuqori xaroratlarda moy oqib ketadi va tirqishlarni yopish mumkin bo'lmay qoladi.

Membranali klapanlar. Kimyo zavodlarida, turli suyuqlik, agressiv yoki yopishqoq moddalar bir joydan boshqa joyga ko'chiriladi. Standart klapanlarni bu vaqtda qo'llab bo'lmaydi. Bunday mahsulot turi uchun membranali klapanlar maxsus ishlab chiqilgan.

Membranali klapanlarda oqimni rostlashda qayishoq membrana va egar qo'llaniladi. Maxovik darvozali va sharli klapanlardagidek ishlaydi. O'q kompressor deb nomlangan qurilma elementiga maxkamlanadi. Kompressor qayishoq membranaga bosim beradi. Klapaning ichki qismlari oqimdan ximoyalangan. Membrana maxovik rostlanishiga bog'liq ravishda moslashgan. Membranali klapanlar odatda past bosimlarda qo'llaniladi. Membrana egari kimyoviy turg'un platikdan yasaladi, rezana bo'lishi xam mumkin. Bunday klapanlarning qobig'i bo'lmaydi.

Membranali klapanlar ikki turda bajariladi: suv o'tkazish va to'g'ri o'tkazuvchi membranali. Suv o'tkazish tipidagi membranali klapaning qobig'ida to'g'oni bo'ladi (2.31-rasm). Suyuqlik to'g'onning yuqori qismidan o'tib diafragma keladi. Klapanida katta bosimlar farqi kuzatiladi. Shuning uchun ularda qalin va pishiq membralar ishlatiladi.

To'g'ri o'tkazuvchi membranali klapanlar qayishoq membranaga ega (2.32-rasm). Bosim pasayishi membrana xolatiga bog'liq.

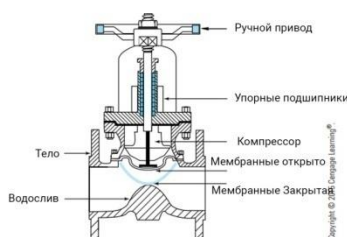


Рисунок 2.19 мембранный клапан Компоненты

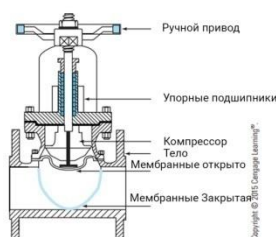


Рисунок 2.20 Straight-Пересе- диафрагменный клапан

2.31-rasm. Suv o'tkazish membranali klapani. 2.32-rasm. To'g'ri o'tkazish membranali klapani.

Membranali klapanlar (2.33-rasm) agressiv suyuqliklar va o'ta toza suyuqliklar xamda minerallardan xolis qozon suvlariga mo'ljallangan. Mo'tadil past xarorat va bosim o'zgarishlari bo'ladigan shariotlarda ishlatilishi kerak.



Рисунок 2.21 Вейр Мембранные клапан

2.33-rasm. Membranali klapan.

Xavfsizlik klapanlari. Xavfsizlik klapanlari suyuqlik bosimining keskin o'zgarishlariga avtomatik javob reaksiyalari uchun ishlab chiqilgan. Xavfsizlik klapani ma'lum bosimda ochilishga mo'ljalanadi. Xavfsizlik klapanida disk o'z joyida prujina yordamida ushlab turiladi. Bu prujina klapanida ishchi bosim xosil bo'lmagunicha ochilmaydi (2.34-rasm). Katta bosim texnologik qurilmaning ishlash vaqtida hosil bo'lishi mumkin.

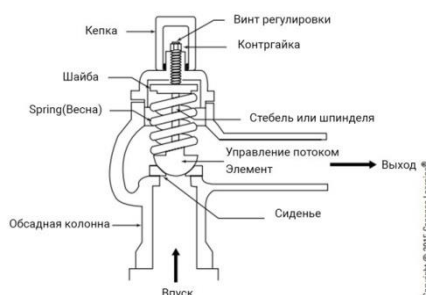
Xavfsizlik klapani bosim ostidagi suyuqliklar uchun mo'ljallangan. Ular gaz tizimlariga to'g'ri kelmaydi. Xavfsizlik klapanlari sekin ochilish uchun mo'ljallangan. Bu gaz xizmati uchun yomon belgi hisoblanadi.

Boshqa klapanlar yuqori gaz tezligi ta'sirida disk va egarning emirilishi sababli gaz tizimlarida ishlatilmaydi.

Xavfsizlik klapanlari dizayni va uslubi bilan farqlanadi. Xavfsizlik klapanlari o'lchami dyuymning bir necha ulushidan bir necha dyuymgacha bo'ladi. Xavfsizlik klapani ko'tarilgan bo'lsa, uni "butunlay ochiq holatda" deb ataladi. Dastlabki bosim va to'liq ochiq holatdagi bosim orasidagi farq, yig'ish davri deyiladi.

Xavfsizlik klapanlari quyidagilardan iborat: himoya qalpog'i, rostlovchi vint va kontrgayka, qobiq, prujina yoki prujina shayba, kirish va chiqish tarmog'i, o'q, disk va bo'sh joy.

Рисунок 2.22
предохранительный клапан
Компоненты



2.34-rasm. Xavfsizlik klapani.

Ximoyalovchi qalpoq rostlovchi vint va gaykani tashqi ta'sirdan saqlash uchun xizmat qiladi. Prujina yoki prujina shayba diskni doimo tarang xolatda ushlab turadi. O'q diskning vertikal xarakatlanishi uchun rezbali ishlanadi.

Xavfsizlik klapanlari ochiq bo'lganida ulardan oqimning o'tayotganligini oson aniqlash mumkin. Klapaning qiziganligini uning ikki tomoni qiziganligidan aniqlanadi. Qizish natijasida xavfsizlik klapanlari ochilib, muxitning birdan o'zgarishini pasaytiradi. Bug' sistemalaridagi xavfsizlik klapanlari bug'ni atmosferaga chiqaradi.

Ba'zi bir klapanlarning dastagi bo'ladi. Bu dastakning xolatiga qarab klapan funkstiyalarini tekshirish mumkin. Nazoratchi klapaning bunday funkstiyasini tekshirishda dastakdan foydalanmaydi.

Xavfsizlik klapanlarining ikki asosiy afzalliklari bo'lib, ulardan biri bosim pasayishi bilanoq o'zgarishi va prujinalarning sozlanishidir.

Saqlovchi klapanlar. Saqlovchi klapanlar himoya jarayoni tizimining oxirgi qatori hisoblanadi. Ular ortiqcha bug' yoki gaz bosimiga tezkor javob berish uchun mo'ljallangan. Tizimda ortiqcha bosim xosil bo'lganida saqlovchi klapanlar ortiqcha bosimni atmosferaga chiqarib yuboradi. Chiqarib yuborilgan ortiqcha bosim qurilmalarni ishdan chiqishidan saqlaydi va inson xavfsizligini ta'minlaydi.

Saqlovchi klapanlar tuzilishiga ko'ra xavfsizlik klapanlariga o'xshaydi. Saqlovchi klapan va xavfsizlik klapani orasida uchta farq mavjud: saqlovchi klapanlar ko'pincha suyuqlik uchun yaratiladi; bosimga ta'sir ko'rsatish vaqti kichik; chiqarish tarmog'i kattaroq. Bundan tashqari saqlovchi klapanlar tez ishlashga mo'ljallangan.

Saqlovchi klapanlarning chiqarish tarmog'i katta bo'lgani uchun kichik tezliklarda katta oqimlar uchun xizmat qila olmaydi. Bu uni ishdan chiqishdan saqlaydi.

Saqlovchi klapanlar xalqasining sozlanishi va ochilishiga qarab farqlanadi. Saqlovchi klapanlarning ba'zi birlari ta'mirlanishi mumkin. Boshqalari esa yangisiga almashtiriladi.

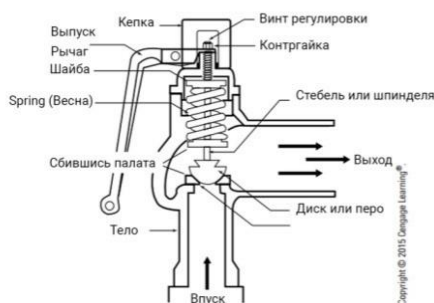


Рисунок 2.23
Предохранительный клапан
Компоненты

2.35-рasm. Saqlovchi klapan.

Saqlovchi klapanlar quyidagi tarkibiy qismlardan iborat (2.35-rasm): sozlash vinti, gayka va klapaning ichki elementlarini ximoyalovchi qalpoq; sozlovchi prujina, gayka va kontrgayka; qobiq; xalqani doimo tarang xolatda ushlab turuvchi prujina va ikkita shayba; kirish va katta chiqish tarmoqlari; boshqaruvchi disk yoki igna; diskning vertikal xarakatini ta'minlovchi shpindel yoki o'q; egar; sozlovchi va ta'sirlanuvchi xalqalar; ko'tarish richagi; sharnir.

Avtomatik klapanlar. Kimyo sanoatida jarayonlarni nazorat qilish uchun murakkab avtomatlashtirilgan kompleks tarmoqlaridan foydalaniladi. Tizimda eng kichik birlik sifatiga boshqaruv konturi olingan.

Tizimni nazorat qilish bor qurilmani ajratib olish, ma'lumotlarni uzatish, nazorat qilish, o'lchagich va avtomatik klapanlardan iborat (2.36-rasm). Avtomatik klapanlarning masofadan nazorat qilinishi va boshqarilishi ularning eng katta afzalligidir.

Avtomatik klapaning eng keng tarqalgan turi egarli klapan bo'lib, uning afzalliklari universalligi, yoqish/o'chirish va drossellanishidadir. Avtomatik klapanlar suyuqlik oqimini nazorat qilish uchunqo'llaniladi. Avtomatik klapanlardan bosim, harorat, oqimning sarfi yoki balandligini nazorat qilish uchun foydalanish mumkin.

Avtomatik klapanlar rostlovchi va ta'minlovchi deb tavsiflanadi. Rostlovchi klapanlar pnevmatik, elektr boshqaruvli yoki gidravlik boshqaruvli bo'ladi.



Рисунок 2.25
Пневматический Автоматический
клапан

2.36-rasm. Avtomatik klapan.

Ta'minlovchi klapanlar o'rnatilgan joylarda bosim etarli darajada bo'lmagunicha klapan elementi egardan ko'tarilmaydi. Bu bilan ular kaytish klapanlariga o'xshab ketadi.

Bu bobdagi har qanday klapan avtomatlashtirishga boshqaruv tizimi orqali

moslashtirilishi mumkin. Klapan boshqaruv tizimining vazifasi klapan o'qini xarakatga keltirish va klapan xolatini nazorat qilishdir. Boshqaruv tizimi uch xil ishlashi mumkin: pnevmatik (havo) yordamida, elektr toki yordamida va gidravlik yuritma yordamida.

Pnevmatik yuritma. Pnevmatik yuritma avtomatik klapanlar bilan ishlaydigan yuritmalarning eng keng tarqalgan turi hisoblanadi. Ular uch xil bo'ladi: diafragmali, porshenli va kurakchali. Har bir yuritma konstruktsiyasi xavo bosimini mexanik energiyaga aylantirishga imkon beradi.

Diafragmali yuritma qayishoq diafragma bo'lgan qurilmadir (2.37-rasm). Odatda bunday moslamalar klapan ustiga o'rnatilgan bo'ladi. Gumbazning diafragma markizi o'qga maxkamlangan. Klapan xolati yoki klapaning yopiq xolati kuchli prujina bosim ostida bo'ladi.

Xavo gumbazning ichiga kirganida diafragmaning qiysi tomonidan kirganiga qarab klapanni ochishi, yopishi va drossellashi mumkin. Yuritmaning porsheni o'qqa o'rnatilgan porshen va germetik stilindrdan iborat. Ular odatda zadvijskalarni avtomatlashtirishda o'qning xarakatlanishi uchun katta joy bo'lganida ishlatiladi.

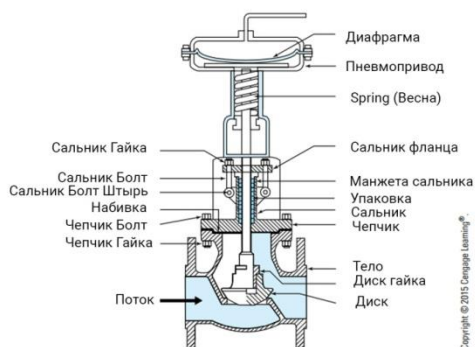


Рисунок 2.26 Пневматический автоматический клапан
Компоненты

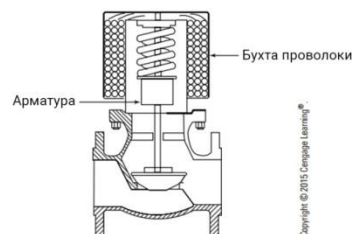


Рисунок 2.27 электромагнитный клапан

2.37-rasm. Pnevmatik diafragmali klapan. 2.38-rasm. Elektromagnitli klapan.

Plastinali yuritma to'rtidan bir qismga ishlaydigan klapanlarda o'rnatiladi.

Pnevmatik yuritma uchun umumiy shartlar quyidagilar:

- Xavoni ochish uchun. Klapan yopiq xolatda ishdan chiqishi mumkin emas. Odatda tizimda xavo gumbazning pastki qismidan o'tadi.
- Xavoni yopish uchun. Klapan ochiq xolatda ishdan chiqishi mumkin emas. Odatda tizimda xavo gumbazning yuqori qismidan o'tadi.
- Ikki tomonlama ishlaydigan prujinasiz xol. Xavo kanallari gumbazning har ikki tomonda joylashgan.

Elektr yuritgich. Elektr yuritgichlarda elektr energiyasi mexanik energiyaga aylantiriladi. Misol uchun kondensatorli elektromagnit klapanini olaylik. Kondensatorli elektromagnit klapan tizimlarni yoqish va o'chirishga mo'ljallangan. Kondensatorning ichki tuzilishi sharli klapanni eslatadi (2.38-rasm). Disk egarga taqaladi va oqimni to'xtatadi. O'q o'z xolatida prujina yordamida ushlab turiladi. G'altakning simi yuqori prujinaga ulangan. G'altak elektr manbasiga ulanganida magnit maydoni xosil bo'lib o'qni ko'taradi va prujinasi siqadi. Bu xolat elektr manba uzilmagunicha davom etadi.

Elektr yuritgichning boshqaruv elementi o'qqa motor va tishli g'ildirak orqali bog'langan. Xarakatlantiruvchi mexanizm o'qning xolatini nazorat qiladi. Klapan ochilishi yoki yopilishini o'q dvigatelini to'xtatish yo'li bilan maxsus mexanik mexanizmlar yordamida cheklaydi.

Gidravlik kuchaytirgichlar. Hidravlik kuchaytirgichlar juda kuchli bo'ladi. Ular suyuqlik bosimini mexanik energiyaga aylantiradi. Hidravlik yuritgichda suyuqlikni o'tkazmaydigan stilindr, porshen va harakatlanuvchi o'qdan foydalaniladi. Odatda gidravlik kuchaytirgichlar avtomatlashtirilgan klapanlar yoki klapanlar bilan birga ishlatiladi. Ular o'qi ko'p marotaba xarakatlanadigan xollarda ishlatiladi.

Afzallik va kamchiliklari. Klapan suyuqlik oqimini nazorat (to'xtatish, cheklash yoki ochish) qilish uchun ishlatiladigan qurilmadir. Klapanlar oqim nazorat elementiga qarab (rostlovchi yoki nazoroat qiluvchi), vazifasi va ish sharoitlariga qarab (bosim, oqim sarfi yoki harorat) tasniflanadi.

Zadvijskalarda xarakatchan metall darvoza quvurlardagi oqim yo'liga qo'yiladi. Ushlaydigan va texnologik tizimlarda kam ishlatiladigan ajoyib vositalardan hisoblanadi.

Sharli klapanida xarakatchan metall disk jarayon oqimi yo'liga to'g'onoq bo'ladi. Klapanlarning bu turi drossellashda eng keng tarqalgani xisoblanadi.

Sharli kran va tiqinli klapanlarning markazida ichi bo'sh aylanuvchi qismi bo'lib, shu elementning aylanishi natijasida klapan ochiq yoki yopiq xolatda bo'ladi. Bu klapanlar juda xam cheklanganligi bilan va drossellashda qo'llanilmasligi xamda yuqori xarorat va bosimda ishlatilmasligi bilan tavsiflanadi.

Kapalak elementli zatvor yassi disk ko'rinishida bo'ladi, membranali klapanlar qayishoq membranaga ega. Membranali klapanlar yopishqoq, quyuuq va korrozion muxitlarda qo'llaniladi.

Saqlovchi klapanlar bosim va muxit parametrlarining keskin o'zgarishiga avtomatik ravishda javob qaytaradi. Saqlovchi klapan va xavfsizlik klapani orasida uchta farq mavjud: saqlovchi klapanlar ko'pincha suyuqlik uchun yaratiladi; bosimga ta'sir ko'rsatish vaqti kichik; chiqarish tarmog'i kattaroq. Xavfsizlik klapanlari sekin ochishlash uchun mo'ljallangan.

Bajaruvchi mexanizmlar avtomatik ravishda klapan o'qini boshqaradigan boshqaruv konturidagi moslamalardir.

Uskunalarining ish qobiliyatini saqlash o'preatorning asosiy vazifalaridan xisoblanadi. Atrof muxit ta'sirida klapan darvozalari va o'qini moylash kerak. Qobiq nazorat qilib turilishi va sizishlar aniqlanganida salnik gaykalari me'yorida tortilishi talab etiladi. Klapan o'qlari bo'yalmasligi, xamda o'qlarning chang va ifloslanmasligi ta'minlanishi zarur. Klapan darvozasi pastda bo'lganida aylanish pastga bo'lmasligi shart.

Ayrim maxalliy qarshiliklar uchun ξ ning o'rtacha qiymatlari

1 jadvalda keltirilgan.

Trubadan xaqiqiy suyuqlik xarakat qilganda, naporning yo'qotilishi quyidagiga teng bo'ladi:

$$h_{iyk} = h_{uk} + h_{mk} \quad (1)$$

bu erda h_{ik} va h_{mk} - ishqalanish va maxalliy qarshiliklarni engish uchun yo'qotilgan napor.

1 jadval

Maxalliy qarshiliklar koefistientlari

6-rasmdagi maxalliy qarshilik tartibi	Maxalliy qarshilik turi	Maxalliy qarshilik koefistienti ξ_{mq}
1.	Trubaga kirish	0,2...0,5
2.	Trubadan chiqish	1,0
3.	90 ⁰ ga to'g'ri burchak ostida burilish $\alpha=90^0$ li tirsak	0,15 1,1... 1,3
4.	Tiqinli kran:	
5.	Butunlay ochiq $\alpha =20... 50^0$	0,05
6.	Standart ventill $d_{sh}=20mm$	2 ... 95 8
7.	$d_{sh}=40mm$ va undan ortiq To'satdan kengayish ($Re>3500$): $f_1/f_2=0,1$	4...6 0,50 0,40
	0,3	0,35
	0,4	0,30
	0,5	0,25
8.	To'satdan torayish ($Re>10^4$): $f_1/f_2=0,1$	0,45 0,40
	0,3	0,35
	0,4	0,30
	0,5	0,25

Bernulli tenglamasiga binoan gorizontall ($z_1=z_2$) va o'zgarmas kesimli

($w_1 = w_2$) truba quvurlarida ishqalanish qarshiligini engishga yo'qotilgan napor:

$$\frac{p_1 - p_2}{\rho g} = \frac{\Delta p}{\rho g} = h_{uk} \quad (2)$$

Agar, $\Delta p = \rho g h$ ni (2) tenglamaga qo'ysak va xajmiy sarf V ni tezlik w ko'ndalang kesim yuzasiga ko'paytmasi bilan almashtirsak, quyidagi ko'rinishga ega bo'lamiz:

$$w \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi d^4 \rho g h_{uk}}{128 \mu \ell} \quad (3)$$

bu erda l va d – truba uzunligi va diametri; μ va ρ - suyuqlik qovushoqligi va zichligi.

Qisqartirishdan so'ng yo'qotilgan naporni aniqlash formulasi ushbu ko'rinishda bo'ladi:

$$h_{uk} = \frac{32 w \mu \ell}{\rho g d^2} \quad (4)$$

Tenglama o'ng tomonining surati va maxrajini $2w$ ko'paytirsak:

$$h_{uk} = \frac{64 \mu}{w d \rho} \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{w^2}{2g} = \frac{64}{Re} \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{w^2}{2g} \quad (5)$$

Shunday qilib, dumaloq ko'ndalang kesimli trubada suyuqlik laminar rejimda xarakat qilganda yo'qotilgan napor:

$$h_{uk} = \frac{64}{Re} \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{w^2}{2g} \quad (6)$$

ya'ni, ishqalanish qarshiligini engishda yo'qotilgan napor tezlik napori $h_t = w^2/2g$ orqali ifodalanadi.

Ishqalanish qarshiligini engishda yo'qotilgan napor tezlik naporidan qanchalik farq qilish kattaligi **ishqalanish qarshiligi koeffitsienti** deb ataladi va ξ_{iq} xarf bilan belgilanadi.

$$\xi_{uk} = \frac{64}{Re} \cdot \frac{l}{d} \quad (7)$$

bu erda $\frac{64}{Re}$ - gidravlik ishqalanish yoki ishqalanish koeffitsienti va u λ deb belgilanadi.

Laminar ($Re < 2320$) rejimda gidravlik ishqalanish koeffitsienti faqat Reynolds kriteriysining son qiymatiga bog'liq. Bularni xisobga olsak, (7) tenglamani quyidagi ko'rinishda yozsa bo'ladi:

$$h_{uk} = \xi_{uk} \frac{w^2}{2g} = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{w^2}{2g} \quad (8)$$

Agar, $\Delta r_{iq} = \rho g h_{iq}$ ligini xisobga olsak, ishqalanish qarshiligini engishda yo'qotilgan bosim Δr_{iq} quyidagi tenglamadan xisoblanishi mumkin:

$$\Delta p_{uk} = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho w^2}{2} \quad (9)$$

bu erda ρ - suyuqlik zichligi.

Agar, trubaning ko'ndalang kesimi dumaloq bo'lmasa, Reynolds kriteriysida d o'rniga ekvivalent diametr d_e qo'yiladi. Unda

$$\lambda = \frac{B}{Re} \quad (10)$$

bu erda V – ko'ndalang kesim shakliga bog'liq koeffitsient, kvadrat kesim uchun $V=57$, dumaloq kesim uchun $V=96$ va xokazo.

Gidravlik silliq trubalar uchun ($2320 < Re < 10^4$) gidravlik qarshilik koeffitsienti Blaziusning empirik formulasidan:

$$\lambda = 0,316 \cdot Re^{-0,25} = \frac{0,316}{\sqrt[4]{Re}} \quad (11)$$

yoki Konakov formulasidan aniqlash mumkin:

$$\lambda = \frac{1}{(1,8 \lg Re - 1,5)^2} \quad (12)$$

g'adir-budur trubalar uchun gidravlik qarshilik koeffitsienti ushbu funktsiya ko'rinishida ifodalanadi:

$$\lambda = f(Re, \Delta/d) \quad (13)$$

bu erda $\varepsilon = \Delta/d$ – nisbiy g'adir-budurlik.

Gidravlik qarshilik koeffitsienti λ ni aniqlash uchun quyida keltirilgan grafik tavsifa etiladi (2.17-rasm). Undan ko'rinib turibdiki, tekis trubalar λ sidan g'adir-budur trubalarniki ancha yuqori.

Grafikdan ko'rinib turibdiki, Re soni ortishi bilan $\lambda = f(Re)$ bog'liqlik avval aralash ishqalanish soxasiga, bu erda $\lambda = f(Re, \Delta/d)$, so'ng esa avtomodel soxasi $\lambda = f(\Delta/d)$ ga o'tadi. Turbulent xarakat rejimlarining xamma soxalari uchun gidravlik qarshilik koeffitsientini xisoblashning umumlashirilgan tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega:

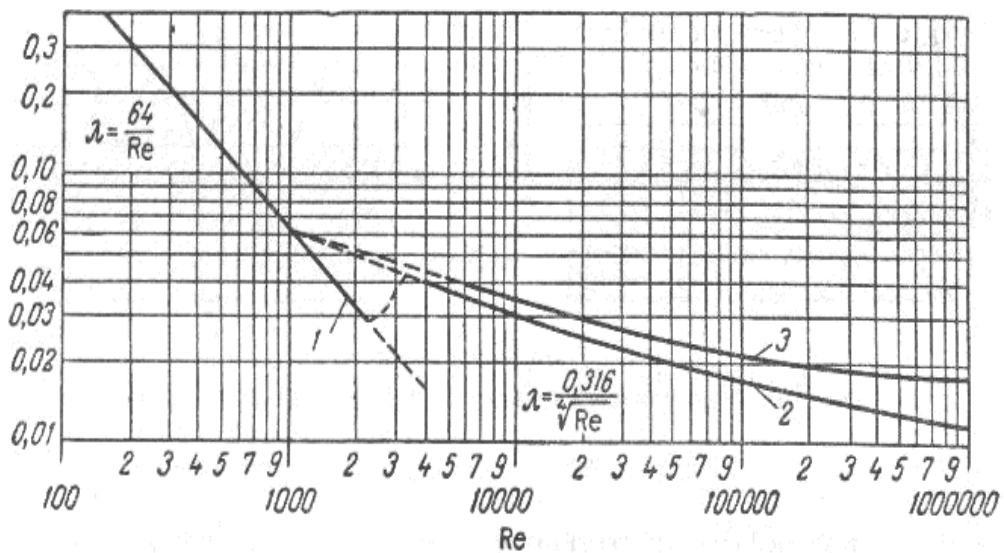
$$\frac{1}{\sqrt{x}} = -2 \lg \left[\frac{\Delta/d}{3,7} + \left(\frac{6,81}{Re} \right)^{0,9} \right] = -2 \lg \left[\frac{e}{3,7} + \left(\frac{6,81}{Re} \right)^{0,9} \right] \quad (14)$$

Drossel asboblar.

Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarida suyuqliklar tezligi, sarfi va teshiklardan oqib chiqishini aniqlashda Bernulli tenglamasidan keng ko'lamda foydalaniladi.

Suyuqlik tezligi va sarfini o'lchash prinstiplari. Sanoatda va ilmiy tadqiqotlarda suyuqlik tezligi va sarfini o'lchash uchun drossel asboblar va pnevmometrik trubalar ishlatiladi.

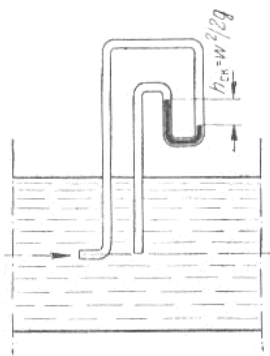
Pito-Prandtl pnevmometrik trubkasining tuzilishi 3-rasmda ko'rsatilgan



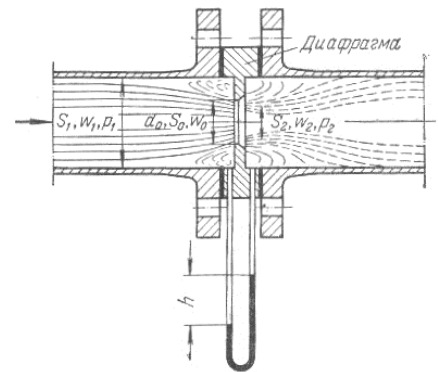
2-расм. Гидравлик qarshilik koeffitsienti λ ning Reynolds kriteriysiga bog'liqligi.

1-tekis va g'adur-budur trubalar (laminar rejim); 2-po'lat, mis, shisha va latun tekis trubalar;

Trubkalarining xar bir ko'ndalang kesimida suyuqlik satxlarining farqi, uning o'qidagi nuqtaning tezlik nabori h_t ni ifodalaydi. Trubkalardagi ishchi suyuqlik satxlarini U-simon differensial manometr yordamida o'lchash qulay. U-simon difmanometr ichidagi suyuqlik ishchi suyuqlik bilan aralashmaydi va uning zichligi ishchi suyuqlikidan ancha katta bo'ladi.



3-расм. Pnevmatik trubka trubka yordamida suyuqlik tezligini o'lchash.



4-расм. O'lchov diafragmasi

Agar, trubadagi suyuqlik biror tezlikka ega bo'lsa, U-simon difmanometrda suyuqlik h balandlikka ko'tarilishi dinamik naborni ko'rsatadi, ya'ni

$$h_o = \frac{w^2}{2g} \quad (15)$$

Dinamik nabor qiymatidan tezlikni topish mumkin:

$$w = \sqrt{2gh} \quad (16)$$

Pito-Prandtl trubkasining oqimi yo'nalishida bo'lishi, suyuqlik tezligining umumiy taqsimlanishiga ta'sir etadi. Shuning uchun formulaga tegishli tuzatish koeffitsienti kiritiladi:

$$w = \alpha \sqrt{2gh} \quad (17)$$

Formuladagi α sarf koeffitsientining qiymati xar bir o'lchov asbobi va pnevmometrik

trubkalar uchun tajriba yo'li bilan aniqlanadi. Uning qiymati Reynolds kriteriysi va drossel asbobi diametri d_0 ning truba diametri d_1 nisbatiga bog'liqdir:

$$\alpha = f\left(\text{Re}, \frac{d_0}{d_1}\right) \quad (18)$$

Suyuqlik sarfi esa sekundli sarf tenglamasidan topiladi:

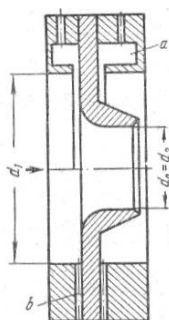
$$V = wF \quad (19)$$

Bu usulda suyuqlik tezligi va sarfini aniqlash oson, lekin pnevmometrik trubkani truba quvurining o'qiga o'rnatish qiyinligi uchun yuqori aniqlikka erishib bo'lmaydi.

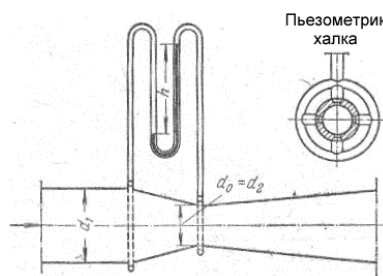
Shuning uchun xalq xo'jaligining turli soxalarida suyuqlik va tezlikni o'lchash uchun drossel asboblari qo'llaniladi.

Bu asboblarning ishlash prinsipi trubalarning ko'ndalang kesimi o'zgarishi

bilan dinamik bosimlar farqining o'zgarishiga asoslangan. Drossel asboblari sifatida o'lchov



5-pacm O'lchov soplosi.



6-pacm. Venturi trubasi

diafragmasi, soplosi va Venturi trubalari ishlatilishi mumkin.

O'lchov diafragmasi yupqa diskdan yasaladi va o'rtasida dumaloq ko'ndalang kesimli teshik bo'ladi (4-rasm).

O'lchov soplosi nasadka bo'lib, kirish qismi asta-sekin torayib boradigan qayilishdan va chiqish qismi-Silindrik shaklga ega. U -simon differentsial manometr xalqasimon a yoki b kanallarga ulanadi (5-rasm).

Venturi trubasida o'lchovchi diafragma va soplolarga nisbatan napor va bosimning yo'qotilishi kam bo'ladi (6-rasm). Bunga sabab, Venturi trubasida diametr d asta-sekin torayib, keyin esa asta-sekin kengayib, dastlabki xolati d o'lchamiga qaytishdir. Lekin, bu asbobning kamchiligi shundaki, uning uzunligi juda katta. Bu esa, uning sanoatda keng qo'llanilishini ma'lum miqdorda cheklaydi.

Tekshirish uchun savollar.

1. Ishqalanish va maxalliy qarshilik turlarini sanab o'ting.
2. Gidravlik qarshilik koefitsienti qanday?
3. Drossel asboblari nima uchun ishlatiladi?
4. Drossel asboblari turlari qanday?

4 - MA'RUZA O'XSHASHLIK NAZARIYASINING ASOSLARI.

REJA:

1. O'xshashlik teoremlari.
2. O'xshashlik mezonlari.
3. O'xshashlikni taxlil qilish.
4. Modellashirishning asosiy prinsiplari.

Har anday yangi texnologik jarayon sanoat korxonalariga tadbiq etish uchun avval laboratoriya va sinov qurilmalarida tajribalardan o'tkaziladi. Bu qurilmalarda tekshirilayotgan jarayonning texnikaviy jihatdan mukammal va ijtimoiy tejamli ekanligi aniqlanadi.

Jarayonlarning bir xillik shartlariga muvofiq, qurilmaning shakli va o'lchamlari, jarayonni olib borish sharoitlari, unda qatnashayotgan moddalarning muxim o'zgarmas kattaliklari, mahsulotning chiqishi, xom-ashyo va energiyaning solishtirma sarfi va boshqa masalalar xal qilinadi. Olingan natijalarni solishtirish uchun ular o'rganilayotgan sanoat qurilmalarida sinaladi. Yangi qurilmalarni loyihalash uchun laboratoriya va tajriba sharoitlaridanolingan xisoblash tenglamalari va birxillik shartlarining qonuniyatlari katta ahamiyatga ega.

O'rganilayotgan barcha jarayonlar ancha murakkab bo'lib, ularning borishi ko'p faktorlarga bog'liq bo'ladi. Masalan, modda almashinuvdagi xaydash jarayoni fazalarning harakat rejimi, issiqiligi, diffuziya jarayonini bilishimiz kerak. Xarakat rejimi Nave-Stoksnining differensial tenglamasi bilan, issiqlik jarayoni Fure-Kixgof, modda almashinuvi modda berish va diffuziya tenglamalari bilan ifodalanadi. Shu sababli, bir qator texnologik jarayonlar uchun kerakli xisoblash formulalarini keltirib chiqarish va ularni matematik yo'l bilan ifodalash qiyin. Ko'pchilik texnologik jarayonlar fizika va kimyoqonunlari asosida differensial tenglamalar bilan ifodalanadi. Ayrim xollarda differensial tenglamalarni matematik yo'l bilan echib bo'lmaydi. Buni tajribalar o'tkazib, jarayonni xarakterlovchi o'zgaruvchan faktorlar o'rtasidagi bog'liqlik orqali aniqlash mumkin. Tajriba natijalari asosida empirik tenglamalar keltirib chiqariladi. Bunday tenglamalar xususiy xarakterda bo'lib, ulardan faqat konkret sharoitlardagina foydalanish mumkin. Istalgan murakkab jarayonni tadqiqot qilish paytida umumiy bo'lgan qonuniyat va tenglamalarni topish kerak. Bu tenglama va qonuniyatlar yordamida biror xususiy tajriba natijalarini boshqa ko'pchilik jarayonlarni tekshirishga qo'llash mumkin bo'ladi. Bu maqsadda jarayonlarni differensial tenglamalar bilan ifodalab, uni o'xshashlik nazariyasidan foydalanib echilsa, analitik formulalar kelib chiqadi. Ular texnologik jarayon uchun zarur bo'lgan faktorlarni o'zaro bog'laydi.

O'xshash jarayonlarda jarayonlarni xarakterlovchi va o'xshash bo'lgan kattaliklar nisbati o'zgarmas bo'ladi. O'xshashlik nazariyasi qanday qilib tajriba o'tkazish va tajriba natijalarini qaysi yo'l bilan qayta ishlash kerakligini o'rgatadi. O'xshashlik shartlariga ko'ra, o'xshash xodisalar 4 guruhga bo'linadi:

- geometrik o'xshashlik;
- vaqt bo'yicha o'xshashlik;
- fizik kattaliklarning o'xshashligi;
- boshlang'ich va chegara shartlarining o'xshashligi.

Masalan sistemadagi jismlar tinch xolatda turgan bo'lsa, geometrik bir xillikka ikki o'xshash jismning geometrik o'lchov kattaliklari o'zaro parallel bo'lib, ularning nisbati o'zgarmas bo'ladi.

$$\frac{l_1''}{l_1'} = \frac{l_2''}{l_2'} = \frac{l_3''}{l_3'} = k_1 \quad K_1 = \text{const} \quad (1)$$

bu erda K - geometrik o'lchov kattaliklar konstantasi.

$l_1'', l_2'', l_3'', l_1', l_2', l_3'$ -biriinchi va ikkinchi jismning geometrik o'lchamlari.

Geometrik o'xshashlik bo'lganda, vaqt bo'yicha bir xillik xosil bo'ladi. Bu bir xillikka asosan, ikkita geometrik jismdagi nuqtalar o'xshash traektoriya bo'ylab vaqt birligida bir xil yo'l bosib o'tadi.

Ularning o'zaro nisbati o'zgarmas qiymatga teng

$$\frac{T_1}{\tau_1} = \frac{T_2}{\tau_2} = \frac{T_3}{\tau_3} = \dots = \frac{T_n}{\tau_n} = a_\tau = const \quad (2)$$

bu erda:

$T_1, T_2, T_3, \tau_1, \tau_2, \tau_3, \tau_n$ - harakatdagi birinchi va ikkinchi vaqt intervallarining o'zgarishi;

a_τ - vaqt birliklari konstantasi. Fizik kattaliklarning bir xilligiga asosan, fazada joylashgan ikki sistema fizik xossalarning o'zaro nisbati vaqt birligida o'zgarmas bo'ladi.

$$\frac{\mu'_1}{\mu_1} = \frac{\mu'_2}{\mu_2} = \frac{\mu'_3}{\mu_3} = \dots = \frac{\mu'_n}{\mu_n} = a_\mu = const \quad (3)$$

bu erda :

$\mu'_1, \mu'_2, \mu'_3, \mu'_n, \mu_1, \mu_2, \mu_{1n}$ - birinchi va ikkinchi sistema xossalarning vaqt birligida o'zgarishi.

O'xshash fazada joylashgan jismlarning fizik va vaqt bo'yicha bir xillikka ega bo'lishi uchun boshlang'ich va chegara shartlari birxil bo'lishi kerak. O'xshashlik nazariyasi tajriba qurilmalarida noma'lum kattaliklarni tekshirib kuriladi va olingan natijalarni sanoat qurilmalariga (naturaga) ko'chirishga imkoniyat yaratib beradi. O'xshashlik nazariyasi haqidagi fikrni birinchi bo'lib 1686 yili I.Nyuton taklif etgan. Keyinchalik bu nazariyani V.A.Kirpichev, Nusselt, A.A.Guxman va boshqalar rivojlantirgan. O'xshashlik nazariyasi uchta teoreмага asoslanadi.

Birinchi teoremani I.Nyuton kashf etgan. Bunga asosan, o'xshash xodisalar bir xil qiymatga ega bo'lgan o'xshashlik mezonlari bilan xarakterlanadi. Masalan, ikkita o'xshash sistemadagi (natura va modellar) zarrachalarning mexanik harakati Nyuton o'xshashlik mezoni orali ifodalanadi:

$$Ne = \frac{f\tau}{m \cdot w} \quad (4)$$

bu erda: f - kuch, m - zarrachaning massasi; τ - vaqt; w - zarracha tezligi.

Bekingem, Federman va Afanaseva-Erenfestlar ikkinchi teoremani isbotlashgan. Bunda biror jarayonga ta'sir qiluvchi o'zgaruvchan parametrlarning bog'lovchi differensial tenglamalarining echimini o'xshashlik mezonlarining o'zaro bog'liqligi orqali yozish mumkin.

Unda o'xshashlik mezonlari $\pi_1, \pi_2, \pi_3, \dots, \pi_n$ bilan belgilangan

bo'lib, differensial tenglamaning echimi umumiy tarzda quyidagicha bo'ladi:

$$\varphi(\pi_1, \pi_2, \pi_3, \dots, \pi_n) = 0 \quad (5)$$

bundan ixchamlanib quyidagi xosil bo'ladi:

$$\pi_1 = f(\pi_2, \pi_3, \dots, \pi_n) \quad (6)$$

Uchinchi teorema M.V.Kirpichev va A.A.Guxman tomonidan aniqlangan. Bunga binoan, son jihatdan teng aniqlovchi mezonlarga ega bo'lgan xodisalar o'xshash xisoblanadi.

Jarayonlarning o'xshashlik nazariyasi bo'yicha tadqiqot qilish quyidagi bosichlardan iborat bo'ladi:

- jarayonni differensial tenglamalar bilan ifodalab, birxillik shartlari aniqlanadi;
 - differensial tenglamalarning echimini o'zgartirib, jarayonning o'xshashlik mezonlari topiladi;

- modellarda tajribalar asosida o'xshashlik mezonlari o'rtasidagi aniq bog'liqlik topiladi.

Olingan bog'liqliklarni boshqa o'xshash jarayonlarni xisoblashda ishlatish mumkin. Jarayonlarni xisoblashda bir qator o'xshashlik mezonlaridan foydalaniladi.

O'xshashlik mezonlari o'lchamsiz kattaliklar bo'lib, tekshirayotgan jarayonni xarakterlaydigan fizik kattaliklardan tuziladi. Bu mezonlar olimlar nomlari bilan yuritiladi. O'xshashlik mezonlari uch guruhga bo'linadi:

- 1) Gidromexanik o'xshashlik mezonlari;
- 2) Issiqlik o'xshashlik mezonlari;
- 3) Modda almashinuvi yoki diffuzion o'xshashlik mezonlari.

Gidromexanik o'xshashlik mezonlariga Reynolds, Eyer, Frud, Prandtl mezonlari kiradi. Reynolds mezonlari

$$Re = \frac{wl\rho}{\mu} \quad (7)$$

bu erda w - tezlik, m/s; l – oqimning xarakterli o'lchami, m.

Reynolds mezonlari suyuqlik va gaz oimlarining harakat rejimini o'xshash oqimlardagi inertsiya kuchlarining ishqalanish kuchlariga nisbatini xarakterlaydi.

Eyer mezonlari

$$Eu = \frac{\Delta p}{\rho w^2} \quad (8)$$

bu erda r - suyuqlik oqimidagi bosimning yo'qotilishi, Pa. Bu mezon o'xshash oqimlardagi bosim farqini dinamik bosimga bo'lgan nisbatini xarakterlaydi yoki suyuqlikning gidrostatik bosimi va inertsiya kuchlari orasidagi o'zaro bog'lanishini ifodalaydi.

Frud mezonlari

$$Fr = \frac{w^2}{gl} \quad (9)$$

Frud mezonlari og'irlik kuchi ta'sirini xarakterlaydi va o'xshash oqimlardagi inertsiya kuchini og'irlik kuchiga bo'lgan nisbatini xarakterlaydi.

Prandtl mezonlari

$$Pr = \frac{\nu}{\alpha} = \frac{c\mu}{\lambda} \quad (10)$$

Bu mezon, o'xshash jarayonlardagi muxitning fizik xossalarini xarakterlaydi.

Galiley mezonlari

$$Ga = \frac{gl^3}{\nu^2} \quad (11)$$

bu erda ν - muxitning kinematik qovushqoqligi, m²/s. Bu mezon o'xshash kuchlar nisbatini belgilaydi.

Gomoxron mezonlari

$$Ho = \frac{w\tau}{l} \quad (12)$$

bu erda τ - vaqt, s. Bu mezon o'xshash oqimlardagi harakatning turg'unmasligini aniqlaydi.

Issiqlik o'xshashlik mezonlari Nusselt, Fure, Pekle, Prandtl va boshqa mezonlari kiradi.
Nusselt mezonlari

$$Nu = \frac{\alpha l}{\lambda} \quad (13)$$

bu erda α - issiqlik berish koeffitsienti, $Vt/m^2 \cdot K$; λ - muxitning issiqlik o'tkazuvchanligi, $Vt/m \cdot K$.

Nusselt mezonlari o'xshash oqimlardagi devor va suyuqlik chegarasida berayotgan issiqlik o'tkazish jarayonini xarakterlaydi.

Fure mezonlari

$$Fo = \frac{\alpha \cdot \tau}{l^2} \quad (14)$$

bu erda a - temperatura o'tkazuvchanlik koeffitsienti, m^2/s .

Fure mezonlari issiqlik oqimlaridagi turg'unmas jarayonlarning o'xshashligini xarakterlaydi.

Pekle mezonlari jarayonning gidrodinamik sharoitini va muxitning issiqlik xossalarini belgilaydi.

Prandtl mezonlari konvektiv issiqlik berish jarayonidagi muxitning fizik xossalarining o'xshashligini xarakterlaydi.

Modda almashinuv - diffuzion o'xshashlik mezonlariga Nusselt, Fure, Prandtl, Peklelar kiradi.

Nusselt mezonlari

$$Nu = \frac{\alpha \cdot l}{\lambda} \quad (15)$$

Nusselt mezonlari o'xshash sistemalardagi fazalar chegarasida modda almashinish jarayonining intensivligini xarakterlaydi.

Fure mezonlari

$$Fo = \frac{a \cdot \tau}{l^2} \quad (16)$$

Fure mezonlari o'xshash o'xshash sistemalardagi turg'unmas moddalar almashinish jarayonlarining o'xshashligini ifoda etadi.

Pekle mezonlari

$$Pe = \frac{w \cdot l}{a} \quad (17)$$

Pekle mezonlari sistemalarda konvektiv va molekular diffuziyalar yordamida o'tkazilgan moddalar miqdorining nisbatini ko'rsatadi.

Prandtl mezonlari

$$Pr = \frac{\nu}{a} = \frac{c\mu}{\lambda} \quad (18)$$

Prandtl mezonlari oqimning faqat fizik kattaliklaridan iboratdir. Bu mezon o'xshash sistemalarning o'xshash nutalarida suyuqlikning (yoki gazning) fizik xususiyatlari nisbatining o'zgarishini xarakterlaydi.

O'xshashlik nazariyasi yordamida o'lchamli sanoat qurilmalarida tashkil etiladigan murakkab (yuqori bosim, temperatura, yuqori bosim ostida zaxarli va xavfli moddalar ishtirakida boradigan) jarayonlar o'rniga kichik o'lchamli modellarda tajribalarni o'tkazish imkonini beradi. Bunda tekshirilayotgan jarayonlarni olib borish sharoiti birmuncha o'zgar-

tiriladi: temperatura va bosim pasaytiriladi, ish muxitlari almashtiriladi. Ammo jarayonning fizik xolati o'zgartirilmaydi.

Shunday qilib, o'xshashlik nazariyasining usullari kimyoviy texnologiya jarayonlarining o'lchamlarini o'zgartirish va ularni modellashtirish ishlariga asos bo'lib xizmat qiladi.

Tekshirish uchun savollar.

1. O'xshashlik nazariyasi qanday maqsadda xizmat qiladi?
2. Gidromexanik o'xshashlik kriteriylari.
3. O'xshashlik xodisalar qanday guruxlarga bo'linadi?

5- MA'RUZA

SUYUQLIKDA QATTIQ JISM XARAKATI.

REJA:

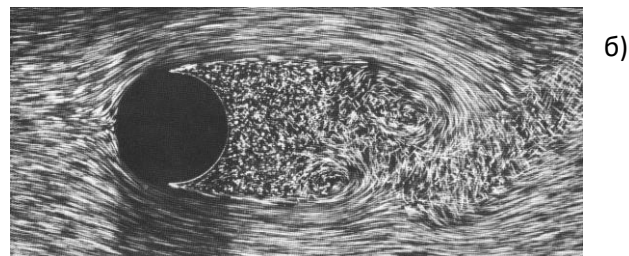
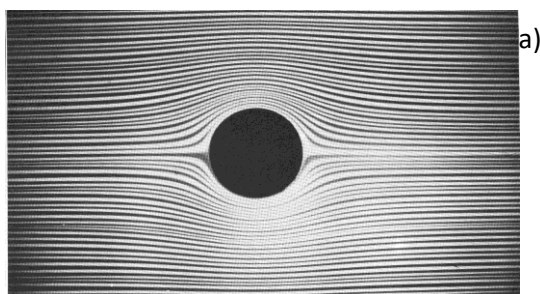
1. Suyuqlikda jism xarakatiga qarshilik.
2. Xarakat rejimlari. Cho'kish tezligi.
3. Og'irlik kuchi tasirida cho'ktirish.
4. Siquq cho'kish tezligi.

Suyuqlikda jism xarakatiga qarshilik. Kimyo va oziq-ovqat texnologiyalarida bir qator jarayonlar qattiq jismlarning suyuqlik yoki gazlarda xarakati bilan bog'liq. Bunday jarayonlarga qattiq zarrachalarni suspenziya va changlardan og'irlik, inerston kuchlar ta'sirida cho'ktirish va suyuqlik muxitlarida mexanik aralashtirishlar kiradi. Ushbu jarayonlar qonuniyatlarini o'rganish gidrodinamikaning tashqi masalasidir.

Jismlar suyuqlikda xarakat qilgan paytida qarshiliklar xosil bo'ladi. Bu qarshiliklarni engish va jismning tekis xarakatini ta'minlash uchun ma'lum miqdorda energiya sarflanishi kerak. Xosil bo'layotgan qarshiliklar asosan xarakat rejimi va jism shakliga bog'liqdir.

Laminar rejimda, ya'ni suyuqlik qovushoqligi yuqori yoki uning tezligi past va jism o'lchamlari kichik bo'lganda, jism atrofida chegaraviy qatlam xosil bo'ladi va suyuqlik tekis, ravon oqib o'tadi (1 a-rasm).

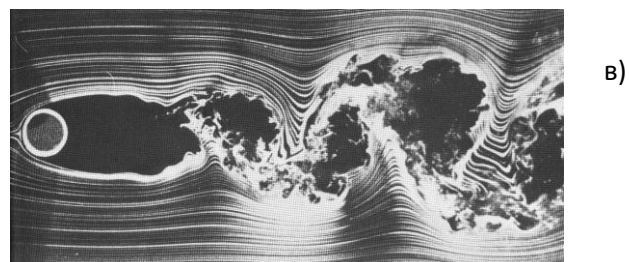
Jism xarakat tezligi ortishi bilan (turbulent rejimda) inerstiya kuchlarining axamiyati va roli ortib boradi. Bu kuchlar ta'sirida jismni o'rab turgan chegaraviy qatlam uzila boshlaydi va natijada xarakat qilayotgan jism orqa tomonida bosim pasayadi va ushbu joyda tartibsiz, uyurmali oqimchalar xosil bo'ladi (1 b-rasm).



1. rasm Qattiq jismning suyuqlikdagi harakati.

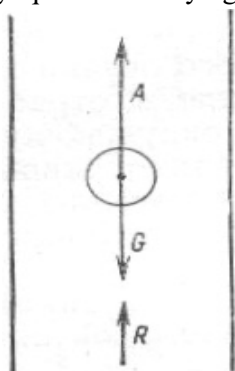
a – laminar oqim;

б, в – turbulent oqim.



Jismning suyuqlikda xarakati paytida uning old va orqa tomonlaridagi bosimlar farqi o'sib boradi va laminar rejimdagidan ancha katta bo'ladi. Reynolds kriteriysining ma'lum bir qiymatidan boshlab old tomonidagi qarshilikni xisobga olmaslik xam mumkin. Trubalarda suyuqlik xarakati paytidek, bunday xollarda avtomodel rejim boshlanadi.

2-rasmda suyuqlikda cho'kayotgan sharsimon zarrachaga ta'sir etuvchi kuchlar ko'rsatilgan.



2-расм. Cho'kayotgan zarrachaga tasir etuvchi kuchlar.

Diametri d va zichligi ρ_3 bo'lgan zarrachaning og'irlik kuchi G va u pastga qarab yo'nalgan bo'ladi:

$$G = \left(\frac{\pi d^3}{6} \right) \rho_3 g \quad (1)$$

Arximed qonuniga binoan ko'taruvchi kuch A ushbu tenglamadan topiladi:

$$A = \left(\frac{\pi d^3}{6} \right) \rho g \quad (2)$$

bu erda ρ - suyuqlik zichligi, kg/m^3 .

Zarracha cho'kishiga sababchi kuch esa, quyidagiga teng:

$$G - A = \frac{\pi d^3}{6} (\rho_3 - \rho) g \quad (3)$$

Cho'kish jarayonida qattiq jismga suyuqlik qarshilik ko'rsatadi. Ushbu qarshilik R qiymati muxit qovushoqligi μ , zichligi ρ , zarracha ko'ndalang kesim yuzasi F va shakliga bog'liq.

Muxit qarshilik kuchi R Nyuton qonuniga binoan ushbu tenglamadan topiladi:

$$R = \xi F \frac{\rho w_{cho'k}^2}{2} \quad (4)$$

bu erda ξ - muxit qarshilik koeffitsienti; $w_{cho'k}$ - jism xarakat tezligi, m/s .

Cho'kish jarayonini o'rganish natijasida ko'pchilik olimlar tomonidan quyidagi rejimlar aniqlangan va ularni ifodalovchi formulalar tavsiya etilgan

1-jadval

uqlik xarakat rejimi	Suy Reynolds soni	Arximed soni	Formula	Muxitning qarshilik koeffitsienti
Laminar	$Re < 2$	$Ar < 36$	$Re = 0,05$ $6 \cdot Ar$	$\xi = \frac{24}{Re} \quad (2.73)$
o'tish	$Re = 2 \dots 500$	$Ar = (36 \dots 83) \cdot 10^3$	$Re = 0,15 \cdot Ar^{0,715}$	$\xi = \frac{18,5}{Re^{0,6}} \quad (2.74)$
Turbulent	$Re > 500$	$Ar > 83 \cdot 10^3$	$Re = 1,74 \cdot Ar^{0,5}$	$\xi = 0,44 = const \quad (2.75)$

Shar shaklida bo'lmagan jismlarning suyuqlikda xarakati paytida muxitning qarshiligi sharsimon shaklli jismga nisbatan katta bo'lib, Reynolds soni va shakl omiliga bog'liq bo'ladi, ya'ni:

$$\xi = f(\text{Re}, \Phi) \quad (5)$$

$$\Phi = \frac{F_w}{F} \quad (6)$$

bu erda F - jism yuzasi; F_{sh} - jism xajmiga teng sharning yuzasi.

Turli shakldagi jismlarning F koeffitsienti qiymatlari.

2- jadval

Zarracha shakli	Shar	Kub	stilindr (h=10·r)	Disk (h=0,1·r)
Koeffitsient F	1	0,806	0,69	0,32

Reynolds kriteriysini xisoblashda shar shaklida bo'lmagan jismlar uchun asosiy chiziqli o'lcham sifatida shu jism xajmiga teng ekvivalent sharning diametri qo'llaniladi.

Agar, jismning xajmi V , uning massasi m va zichligi ρ bo'lsa, unda ekvivalent diametri d ning qiymati ushbu tenglamadan topilishi mumkin:

$$V = \frac{m}{\rho_3} = \frac{\pi d^3}{6} \quad (7)$$

Tekshirish uchun savollar:

1. Suyuqlikda qattiq jism qanday xarakatlanadi?
2. Unga qanday qarshiliklar ta'sir ko'rsatadi?
3. Xarakat rejimlari qanday?

6- MA'RUZA

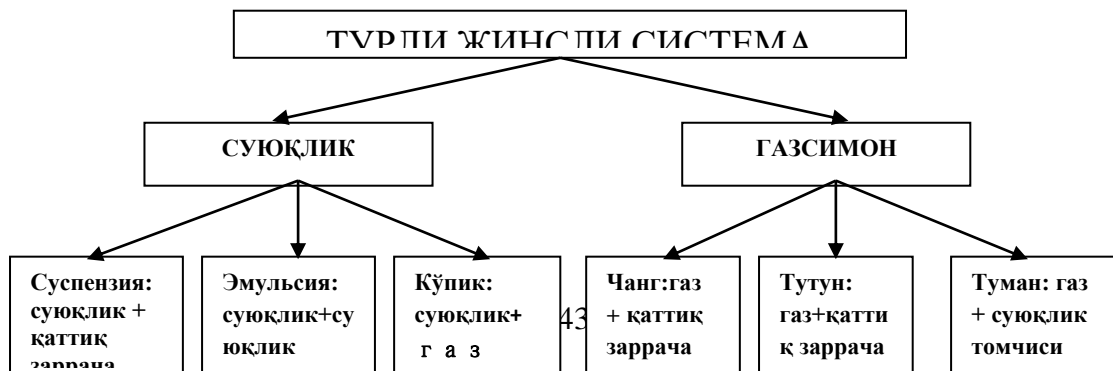
TURLI JINSLI SISTEMALAR, KLASSIFIKATSIYASI.

REJA:

1. Umumiy tushunchalar.
2. Turli jinsli sistemalar klassifikatsiyasi.
3. Ajratish usullari.
4. Cho'ktirish jarayoni.

Gidromexanik jarayonlarga quyidagilar kiradi: suyuq va gazsimon turli jinsli sistemalarni gravitastion (cho'ktirish), markazdan qochma (sentrifugalash) yoki elektr maydoni kuchlari ta'sirida qattiq zarrachalardan tozalash; bosimlar farqi ostida suyuqlik va gazlarni g'ovak to'siqlar orqali o'tkazib filtrlash; suyuqlik muxitlarida aralashtrish; mavxum qaynash va boshqalar.

Kamida ikkita xar xil fazalardan (suyuqlik - qattiq jism, suyuqlik - gaz va x.) tarkib topgan aralashmalar *turli jinsli sistemalar* deb nomlanadi. Zarrachalari o'ta mayin yanchilgan xolatdagi faza *dispers* yoki *ichki faza* deb ataladi. Dispers faza zarrachalarini o'rab olgan muxit esa - *dispersion* yoki



tashqi faza deb ataladi.

Fazalarning fizik xolatiga qarab turli jinsli sistemalar quyidagi guruxlarga bo'linadi: suspenziya, emulsiya, ko'pik, chang, tutun va tumanlar.

1-rasm. Turli jinsli sistemalar klassifikatsiyasi.

Suyuqlik va qattiq zarrachalardan tashkil topgan turli jinsli sistema **suspenziya** deb ataladi. Qattiq zarrachalar o'lchamiga qarab suspenziyalar shartli ravishda quyidagi turlarga bo'linadi: dag'al (>100 mkm); mayin ($0,5...100$ mkm); loyqa ($0,1...0,5$ mkm) suspenziyalar va kolloid eritmalar ($\leq 0,1$ mkm).

Biri ikkinchisida erimaydigan, dispers va dispersion fazalardan tashkil topgan aralashma sistemasi **emulsiya** deb nomlanadi. Dispers faza zarrachalarining o'lchami keng oralikda o'zgarishi mumkin. Odatda, emulsiya og'irlik kuchi ta'sirida qatlamlarga ajraladi. Lekin, dispers faza tomchilari $0,4...0,5$ mkm dan kichik bo'lsa yoki stabilizatorlar qo'shilgan hollarda emulsiyalar turg'un bo'ladi va uzoq muddat davomida qatlamlarga ajralmaydi. Dispers faza konsentrativiyasi ortishi bilan dispers faza dispersion fazaga o'tishi va teskarisi bo'lishi mumkin. Bunday o'zaro almashinish xodisasi fazalar **inversiyasi** deyiladi.

Suyuqlik va unda taqsimlangan gaz pufakchalaridan tashkil topgan sistemalar **ko'piklar** deb ataladi. Ko'piklar o'z xossalari bo'yicha emulsiyalarga yaqin.

Gaz va unda taqsimlangan $0,3...5$ mkm o'lchamli qattiq zarrachalardan tashkil topgan sistemalar **tutunlar** deb nomlanadi. Tutunlar bug' (yoki gaz) larning suyuq yoki qattiq xolatga kondensastiyalanish jarayoni orqali o'tishda xosil bo'ladi. Undan tashqari, qattiq yoqilg'ilar yonishi natijasida xam paydo bo'ladi.

Gaz va unda taqsimlangan $3...70$ mkm o'lchamli qattiq zarrachalardan tashkil topgan sistemalar **changlar** deb ataladi.

Ko'pincha changlar qattiq materialni maydalash, aralashtirish va ma'lum masofaga uzatish paytida xosil bo'ladi.

Dispersion gaz va o'lchami $0,3...5$ mkm bo'lgan dispers suyuqlik fazalardan tashkil topgan sistemalarga **tumanlar** deyiladi. Tumanlar suv bug'ini sovitish jarayonida, bug'ning kondensastiyalanishi natijasida xosil bo'ladi.

Tutun, chang va tumanlar - **aerozollar** deb yuritiladi.

Ajratish usullari

Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarida turli jinsli sistemalarni tashkil etuvchi fazalarga ajratishga to'g'ri keladi. Masalan, vino ishlab chiqarishda uni tindirish, ya'ni muallaq xolatdagi zarrachalarni, suyuq fazadan ajratish. Ajratish usullarini tanlashda dispers faza o'lchamiga, fazalar zichliklari farqiga va dispersion faza qovushoqligiga ahamiyat berish zarur. Turli jinsli sistemalarni ajratish uchun quyidagi usullar qo'llaniladi: a) cho'ktirish; b) filtrlash; v) sentrifugalash; g) suyuqlik yordamida ajratish.

Og'irlik kuchi, inerstiya (jumladan, markazdan qochma) yoki elektrostatik kuchlar yordamida turli jinsli sistemalar tarkibidagi qattiq yoki suyuqlik zarrachalarini ajratish jarayoni **cho'ktirish** deb nomlanadi. Agar, jarayon faqat og'irlik kuchi ta'sirida olib borilsa **tindirish** deb yuritiladi. Tindirish odatda turli jinsli sistemalarni dastlabki ajratish uchun ishlatiladi.

Filtrlash - turli jinsli sistemalarni g'ovaksimon to'siq - filtr yordamida ajratish jarayonidir. Bunda, g'ovaksimon to'siq suyuqlik yoki gazni o'tkazib yuboradi, ammo muxitdagi qattiq zarrachalarni ushlab qoladi. Suspenziya, emulsiya va changlarni ajratish uchun cho'ktirish jarayoniga qaraganda filtrlash ancha samarali.

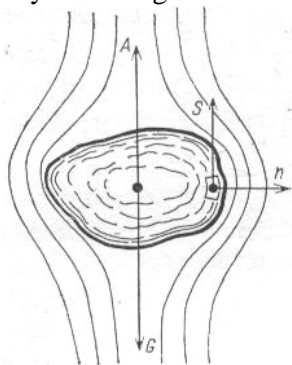
Sentrifugalash - suspenziya va emulsiyalarni markazdan qochma kuch ta'sirida ajratish jarayonidir. Bu jarayonda yaxlit yoki g'ovaksimon to'siqlar xam ishlatiladi. Sentrifugalash jarayonida cho'kma va suyuq faza (fugat) xosil bo'ladi.

Suyuqlik yordamida ajratish usuli deb - gaz tarkibidagi qattiq zarrachalarni birorta suyuqlik ishtirokida ushlab qolish jarayoniga aytiladi. Bu jarayon og'irlik yoki inerstiya kuchlari ta'sirida olib boriladi va gazlarni tozalash uchun ishlatiladi. Ba'zan, bu usuldan suspenziyalarni ajratishda xam foydalanish mumkin.

Og'irlik kuchi ta'sirida cho'ktirish

Cho'kish jarayonida qattiq jism turli kuchlar ta'sirida suyuqlikda xarakat qiladi. Og'irlik kuchi ta'sirida uning suyuqlikdagi xarakatini ko'rib chiqamiz. Bunda, qattiq zarrachaga og'irlik kuchi G , ko'taruvchi (Arximed) kuch A va ishqalanish kuchlari T ta'sir etadi (2-rasm).

Ixtiyoriy shakldagi zarrachani ko'rib chiqamiz. Uning xajmi chiziqli o'lchamining uchinchi darajasiga to'g'ri proporsionaldir.



$$V = \varphi_1 l^3 \quad (1)$$

bu erda l - zarracha gabarit o'lchami, diametri; φ_1 - shaklga bog'liq koeffitsient.

Agar, zarracha zichligi ρ_3 , suyuqlikniki ρ_c bo'lsa, unda zarrachaga og'irlik kuchi G va ko'taruvchi kuch A lar ta'sir etmoqda. Bu ikkala kuch qarama-qarshi yo'nalgan bo'ladi.

$$G = \varphi_1 l^3 \rho_3 g, \quad A = \varphi_1 l^3 \rho_c g \quad (2)$$

2-rasm. Og'irlik kuchi G ta'sirida zarracha cho'kishning differensial tenglamasini keltirib chiqarishga oid.

Ushbu kuchlarning farqi ta'siri ostida zarracha suyuqlikda xarakat qiladi va uning tashqi yuza birligiga ishqalanish kuchi T ta'sir etadi.

Ishqalanish kuchi T Nyuton-Petrov qonuniga binoan aniqlanadi:

$$T = \mu \frac{\partial w}{\partial n}$$

bu erda μ - dinamik qovushoqlik koeffitsienti; $\frac{\partial w}{\partial n}$ - tezlik gradienti.

Butun zarrachaga ta'sir etuvchi muxitning qarshilik kuchi uning yuzasiga bog'liq. Demak, muxitning qarshilik kuchi quyidagiga teng:

$$R = \varphi_2 l^3 \mu \frac{\partial w}{\partial n} \quad (3)$$

Mexanikaning ikkinchi qonuniga binoan, og'irlik, ko'taruvchi va ishqalanish kuchlarining teng ta'sir etuvchisi, zarracha massasining erkin tushish tezlanishiga ko'paytmasiga teng. Demak:

$$\varphi_1 l^3 (\rho_3 - \rho_c) g - \varphi_2 l^3 \mu \frac{\partial w}{\partial n} = \varphi_1 l^3 \rho_3 \frac{dw}{d\tau} \quad (4)$$

(4) tenglik og'irlik kuchi ta'sirida cho'kayotgan zarrachaning differensial tenglamasi deb nomlanadi.

O'xshashlik nazariyasi uslublarini qo'llab, (4) dan og'irlik kuchi ta'sirida zarrachaning cho'kish jarayonini ifodalovchi o'xshashlik tenglamalarini olish mumkin.

Buning uchun (4) tenglamani $\varphi_1 l^3 \rho_c \frac{dw}{d\tau}$ bo'lib:

$$g \frac{d\tau}{dw} \frac{\rho_3 - \rho_c}{\rho_3} \cdot \frac{\rho_3}{\rho_{\kappa}} - \frac{c_2 \mu \partial w}{c_1 \rho_3 l \partial n dw} \cdot \frac{\rho_3}{\rho_c} - \frac{\rho_3}{\rho_c} = 0 \quad (5)$$

Olingan natijani ρ_c/ρ_3 ko'paytirib va tegishli qisqartirishlarni amalga oshirsak, quyidagi ko'rinishga ega bo'lamiz:

$$\frac{\varphi_2}{\varphi_1} \cdot \frac{\mu \tau}{l \rho} = \frac{\varphi_2}{\varphi_1} \cdot \frac{\mu}{\rho w l} = \frac{\varphi_2}{\varphi_1} \cdot \frac{1}{Re} \quad (6)$$

φ_2/φ_1 - nisbat zarracha shakliga bog'liq va *shakl koeffitsienti* deb nomlanadi:

$$f = \frac{\varphi_2}{\varphi_1} \quad (7)$$

o'lchamsiz kompleks esa:

$$\frac{\mu}{\rho w l} = \frac{1}{Re} \quad \text{yoki} \quad Re = \frac{w l \rho}{\mu} = \frac{w l}{\nu}$$

Reynolds soni deyiladi. Bu son suyuqlik oqimlari xarakatining gidrodinamik o'xshashligini xarakterlaydi, zarrachaning cho'kish jarayonida esa – suyuqlikning zarracha atrofida oqib o'tish gidrodinamik o'xshashligini ifodalaydi.

Xuddi shu yo'l bilan (5) ning birinchi ayiriluvchisidan quyidagi ko'rinishga kelamiz:

$$\frac{g \tau}{w} \cdot \frac{\rho_3 - \rho_c}{\rho_c} = \frac{g l}{w^2} \cdot \frac{\rho_3 - \rho_c}{\rho_c} \quad (8)$$

(8) tenglamani Re^2 ga ko'paytirib, **Arximed** kriteriysini olamiz:

$$Ar = \frac{w^2 l^2}{\nu^2} \cdot \frac{g l}{w^2} \cdot \frac{\rho_3 - \rho_c}{\rho_c} = \frac{g l^3}{\nu^2} \cdot \frac{\rho_3 - \rho_c}{\rho_c} \quad (9)$$

Ushbu kriteriy og'irlik va ko'taruvchi kuchlar farqining ko'taruvchi kuchga nisbatini xarakterlaydi.

Shunday qilib, o'xshashlik nazariyasi uslublarini qo'llab, (9) tenglamadan zarrachalarning cho'kish jarayonini ifodalovchi o'xshashlik tenglamasini keltirib chiqarish mumkin:

$$Re = a(fAr)^n \quad (10)$$

Cho'kish jarayonini tajribaviy o'rganish natijasida quyidagi rejimlar aniqlangan: laminar ($Re \leq 0,2$), o'tish ($0,2 < Re < 50$) va turbulent ($Re < 500$). Amaliy xisoblar uchun quyidagi formulalardan foydalanish mumkin:

$Re < 1,85$ yoki $fAr < 33$ bo'lganda

$$Re = \frac{f \cdot Ar}{18} = 0,056 f \cdot Ar \quad (11)$$

$1,85 < Re < 500$ yoki $33 < fAr < 83 \cdot 10^3$ bo'lganda $Re = 0,152 \cdot (fAr)^{0,725}$ (12)

$Re > 500$ yoki $fAr > 83 \cdot 10^3$ bo'lganda $Re = 1,74 \cdot (fAr)^{0,5}$ (13)

(11)...(13) formulalar yordamida aniqlangan Reynolds soni orqali og'irlik kuchi ta'sirida suyuqlikda cho'kayotgan zarracha tezligini topish mumkin:

$$w_{\text{чык}} = \frac{Re \mu}{l \rho} \quad (20)$$

Laminar xarakat rejimida cho'kish tezligini quyida keltirilgan usulda topiladi. d diametrlilik sferik shaklga ega zarrachalar uchun $w_{\text{чык}}$ (20) formuladan aniqlash mumkin:

$$\frac{w_{\text{чык}} d \rho}{\mu} = \frac{1}{18} \frac{g d^3 (\rho_3 - \rho)}{\nu^2 \rho}$$

Agar, $\nu = \mu / \rho$ ekanligini xisobga olsak, cho'kish tezligi ushbu ko'rinishda yoziladi:

$$w_{\text{чык}} = \frac{g d^2 (\rho_3 - \rho)}{18 \mu} \quad (21)$$

(21) formula Stoks qonunini, ya'ni sharsimon zarrachalarning laminar rejimdagi cho'kish tezligi, ular diametrining kvadratiga, muxit va zarracha zichliklari farqiga to'g'ri proporsional va muxit qovushoqligiga teskari proporsionalligini ifodalaydi.

Noto'g'ri shakldagi zarrachalar uchun cho'kish tezligi sharsimonnikidan kam bo'ladi. Zarrachalarning shakl koeffitsienti qiymatlari maxsus adabiyotlarda keltirilgan.

Suyuqlikda tomchining cho'kish jarayonida uning shakli uzluksiz ravishda o'zgarib turadi. Bunday hollarda suyuqlik tomchisining cho'kish tezligi prof. Smirnov N.I. formulasi yordamida xisoblanadi:

$$w_{\text{чужк}} = \frac{gd^{2,5}}{\sigma} \left(\frac{\rho - \rho_T}{\rho_T} \right)^{1,5} \cdot \left(\frac{\mu}{\rho g} \right)^{0,5} \quad (22)$$

bu erda d - tomchining o'rtacha diametri; σ - fazalar chegarasidagi sirtiy taranglik; ρ - tomchi xosil qiluvchi suyuqlik zichligi; ρ_T - muxit zichligi; μ - muxit qovushoqligi.

Stoks qonuniga binoan, cho'kayotgan qattiq zarrachaning maksimal o'lchami ushbu formuladan topiladi:

$$d_{\text{max}} \approx 1,56 \sqrt{\frac{\mu^2}{\rho(\rho_3 - \rho)}} \quad (23)$$

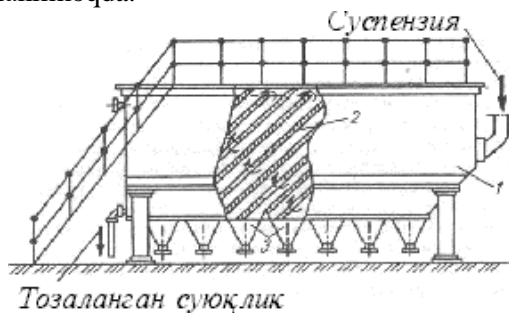
Cho'kish jarayonining kinetik qonuniyatlarini o'rganish natijasida quyidagi umumiy qoida kelib chiqadi: zarracha o'lchami va faza zichliklarining farqi ortishi bilan cho'kish tezligi ko'payadi, lekin muxitning qovushoqligi ko'payishi bilan cho'kish tezligi kamayadi.

Qiya to'siqli, yarim uzluksiz tindirgich. Suspenziya shtuster orqali qurilmaga kiritiladi va qiya o'rnatilgan to'siq 2 lar yordamida galma-gal yuqoridan pastga va pastdan yuqoriga qarab yunaltiriladi (3-rasm).

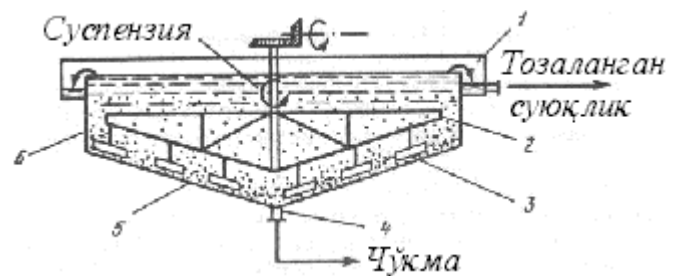
Qiya to'siqlar qurilmada suspenziyaning xarakat davomiyligi va tindirish yuzasini oshiradi. Xosil bo'ladigan shlam esa, bunker 3 larda yig'iladi va to'lib chiqqandan so'ng kranlar yordamida chiqazib yuboriladi.

Tozalangan suyuqlik tindirgichning tepa qismida o'rnatilgan shtuster orqali chiqariladi.

Kimyo va oziq - ovqat sanoatlarida uzluksiz ishlaydigan tindirgichlar keng ko'lamda qo'llanilmoqda.



3-rasm. Qiya to'siqli yarim uzluksiz tindirgich. 1-qobiq; 2 - qiya to'siqlar; 3 -bunkerlar.

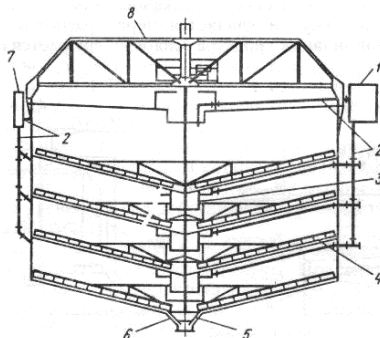


4-rasm. Eshkak aralashtirgichli uzluksiz ishlaydigan tindirgich. 1 - xalqasimon tandir; 2 - aralashtirgich; 3 - eshkak; 4 - lyuk; 5 - konussimon tub; 6 - silindrik qobiq

Eshkak aralashtirgichli, uzluksiz ishlaydigan tindirgich. Odatda bunday turdagi tindirgich konussimon tub 5 va Silindrik qobiq 6 dan, xamda qurilmaning tepa qismidagi xalqasimon tarnov 1 dan tarkib topgan bo'ladi (4-rasm). Chiqarish lyuki 4 ga cho'kmani uzatish uchun qiya parrakli aralashtirgich 2 da bir necha eshkaklar o'rnatilgan bo'ladi. Aralashtirgich 0,02...0,5 min⁻¹ chastota bilan aylanadi. Truba yordamida suspenziya Silindrik qobiq o'rtasiga uzluksiz ravishda uzatiladi. Tozalangan suyuqlik xalqasimon tarnovga quyiladi va so'ng tindirgichdan chiqariladi. Xosil bo'lgan shlam diafragmali nasos yordamida qurilmaning pastki qismidan so'rib olinadi. Agar, shlam tarkibidagi dispers faza qimmatli yoki kelgusi texnologik jarayonlar uchun yaroqli bo'lsa, u qayta ishlanishga yuboriladi.

Bu turdagi tindirgichlarda zichligi bir tekisda bo'lgan cho'kmalarga va uni samarali suvsizlantirishga erishsa bo'ladi. Eshkakli tindirgichlar kamchiligi, bu ularning qo'polligidir.

Ko'p qavatli tindirgich. Bunday qurilmalar uzluksiz ishlaydi va bir-biri ustiga o'rnatilgan bir nechta eshkakli tindirgichlardan iborat (5-rasm). Xar bir qavatlar orasida konussimon to'siqlar joylashtirilgan. Bu to'siqlar tufayli tindirgich yuzasi anchaga ko'payadi va natijada



5-rasm. Ko'p qavatli tindirgich. 1 - taksimlovchi moslama; 2 - trubalar; 3 - stakan; 4 - eshkakli aralashtirgich; 5 - tўkiш конуси; 6 - қирғич; 7 - коллектор; 8 - ром.

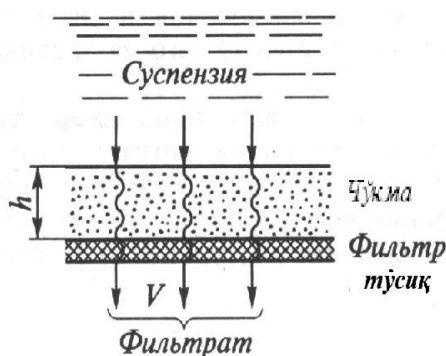
qurilma ixchamroq bo'ladi.

Tindirgich umumiy o'qga ega bo'lib, unga aralashtiruvchi eshkaklar joylashtiriladi.

Suspenziya esa taqsimlovchi moslamadan trubalar orqali xar bir qavat stakaniga uzatiladi.

Tozalangan suyuqlik xalqasimon tarnovlardan o'tib, kollektorda yig'iladi. Xar bir yarus shlamni chiqarib yuborish stakanlari bilan ulangan. Yuqorida joylashgan xar bir qavat stakanining pastki uchi quyi qavat shlamini ichiga kirib turadi. Shunday qilib, tindirgichning qavatlarida shlam bo'yicha ketma-ket ulangan. Xosil bo'layotgan shlam faqat eng pastki qavatning ichida qirg'ich o'rnatilgan to'kish konusidan chiqariladi.

Turli jinsli sistemalarni g'ovak filtr to'siqlar yordamida fazalarga ajratish jarayoniga **filtrlash** deyiladi. Filtr to'siqlar aralashmaning qattiq (dispers) fazasini ushlab qoladi, suyuq (dispersion) fazasini o'tkazib yuborish qobiliyatiga ega. Filtr to'siqlar yoki bundan buyon filtrlar sifatida g'ovakli materiallar qo'llaniladi (masalan, to'r pardalar, karton, gazlamalar, sochiluvchan materiallar, shag'al, qum, g'ovak polimer materiallar, keramika, metallokeramika va boshqalar).



Filtr to'siq va cho'kma qatlami orqali suyuqlikning o'tish sxemasi.

Undan tashqari, vinopazlik, liker – aroq va sharbatlar ishlab chiqarish sanoatlarida filtrlash jarayonidan keng miqyosda foydalaniladi.

Kimyo, non pishirish, tegirmon va spirt sanoatlarida gazlarni tozalash uchun filtrlash jarayoni ishlatiladi.

Filtrlash jarayonida siqiluvchi va siqilmaydigan cho'kmalar hosil bo'ladi. Siqiluvchi cho'kma zarrachalari bosim ortishi bilan qatlam deformatsiyaga uchraydi va uning o'lchami kamayadi. Siqilmaydigan cho'kmada bosim ko'payishi bilan qatlam shakli va o'lchami uzgarmaydi.

Amalda filtrlashdan keyin quyidagi qo'shimcha jarayonlar qo'llaniladi:

- cho'kmani yuvish;
- cho'kmani havo yoki inert gazlar oqimi bilan tozalash;
- cho'kmani quritish;

Filtrlash jarayonining unumdorligi va olingan filtratning tozaligi filtr to'siqlar xususiyatlariga bog'liq. Filtr to'siqlar g'ovak, teshiklari katta va gidravlik qarshiligi kichik bo'lishi kerak. Filtr to'siqlar tuzilishiga qarab egiluvchan va egilmas bo'ladi.

Filtr to'siqlar tepa va ostki qismidagi bosimlarning farqi filtrlash jarayonining harakatlantiruvchi kuchi deb hisoblanadi.

Xarakatlantiruvchi kuchlar turiga qarab filtrlash jarayoni ikki guruhga bo'linadi:

- bosimlar farqi ta'sirida ajratish (filtrlash);
- markazdan qochma kuch ta'sirida ajratish (sentrifugalash).

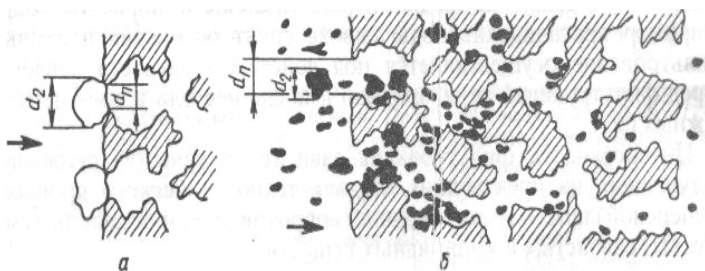
Filtrlash turlari

Turli jinsli sistemalarni ajratish paytida filtr to'siq turi va suspenziya xossalariga qarab, filtr to'siq yuzasida cho'kma hosil qilish, filtr kovaklarini to'ldirish va ham birinchi, ham ikkinchi hodisalar birgalikda kelgan (oraliq) holatlarda filtrlash jarayoni sodir bo'lishi mumkin.

Filtr to'siq yuzasida cho'kma hosil qilib filtrlash jarayoni qattiq jism zarrachalarining diametri d_e , kovak diametri d dan katta bo'lganda ro'y beradi (1-rasm).

Bu usul suspenziya tarkibidagi qattiq faza konstantriyasi 1% (mass) dan ortiq bo'lganda qo'llaniladi, chunki bunda filtr to'siq kovagiga kirish joyida gumbazchalar hosil bo'lishi uchun qulay sharoitlar yaratiladi. Gumbazchalar hosil bo'lishi, cho'kish tezligi va suspenziya konstantriyasining ortishiga imkoniyat tug'diradi.

Kovaklarni to'ldirish usulida filtrlash (1-rasm) filtr to'siq kovaklariga qattiq zarrachalar kirib



1-пачм. Filtrlash sxemasi. 1 – cho'kma hosil qilib filtrlash;

to'ldirganda ro'y beradi. Shuni alohida ta'kidlash kerakki filtrlash jarayonining boshlang'ich davridayoq, qattiq zarrachalar to'siq kovaklarini to'ldirib boshlaydi. Bu hodisa, albatta filtr qurilmalar ish unumdorligini pasaytiradi. Jarayonni kerakli darajada ushlab turish uchun filtr to'siqni birinchi holatini tiklash, ya'ni filtrlashga yaroqli qilish kerak. Buning uchun to'siqlar suyuqlik oqimi bilan yuviladi yoki to'siq metallardan yasalgan bo'lsa, qizdirib kuydiriladi.

Oraliq filtrlash usuli bir vaqtning

o'zida ham filtr to'siq yuzasida cho'kma hosil qilish, ham kovaklarni to'ldirib, filtrlash usullari ro'y berganda amalga oshadi.

Ushbu usulda kichik konstantastiyali suspenziyalarni filtrlash jarayoni tezligini oshirish uchun qo'shimcha moddalar ishtirokida olib boriladi. Jarayondan avval filtr to'siq yuzasi qo'shimcha modda bilan qoplanadi. Qo'shimcha moddalardan qilingan qoplama to'siq kovaklarini to'lib qolishdan saqlaydi. Qo'shimcha moddalar sifatida o'ta mayin ko'mir, perlit, asbest, kizelgur, fibroflo, askanit va boshqa materiallar qo'llanilishi mumkin.

Xulosa qilib aytganda, filtrlash jarayoni intensivligi va filtr qurilmaning ish unumdorligi filtrlash tezligiga bog'liqdir.

7- MA'RUZA TURLI JINSLI SISTEMALARNI AJRATISH.

1. Markazdan qochma kuch ta'sirida cho'ktirish.
2. Jarayonni ifodalovchi kattaliklar.
3. Sentrifuga konstruktivlari.

Emulsiyadagi suyuqlik tomchilarini va suspenziyadagi qattiq zarrachalarni markazdan qochma kuchlar maydonida ajratish jarayoniga **sentrifugalash** deyiladi. Sentrifugalash jarayonini amalga oshiradigan qurilma **sentrifuga** deb nomlanadi.

Markazdan qochma kuch ta'sirida suspenziya **cho'kma** va **fugat** deb nomlanuvchi suyuqlik fazalarga ajraladi. Odatda cho'kma qurilma rotori ichida qoladi, fugat esa - tashqariga chiqariladi.

Sentrifuga ishlash paytida xosil bo'ladigan markazdan qochma kuch cho'ktirish jarayonidagi og'irlik va filtrlashdagi gidrostatik kuchlarga nisbatan ancha katta bo'ladi. Shuning uchun turli jinsli sistemalarni ajratish uchun qo'llaniladigan cho'ktirish va filtrlash jarayonlariga qaraganda sentrifugalash juda samarali xisoblanadi.

Sentrifuganing asosiy qismi gorizontal yoki vertikal o'qga o'rnatilgan va katta tezlikda aylanuvchi Silindrik rotor bo'lib, u elektr yuritkich yordamida aylanma xarakterga keltiriladi. Markazdan qochma kuch ta'sirida turli jinsli sistemadagi qattiq zarrachalar cho'kmaga tushib, suyuqlikdan ajraladi.

Ajratish prinsipi qarang, sentrifugalarda 2 xil bo'ladi: filtrlovchi va cho'ktiruvchi sentrifugalarda.

Cho'ktiruvchi sentrifuganing silindrik rotori yaxlit devorli bo'lib, emulsiya va suspenziyalarni cho'ktirish prinsipi asosida ajratadi. Bu qurilmada ajratish jarayonida og'irlik kuchi o'rniga markazdan qochma kuch ishlatiladi. Silindrik rotor aylanishi natijasida xosil bo'ladigan markazdan qochma kuch ta'sirida suspenziya yoki emulsiya rotor devoriga qarab xarakterga qaratiladi. Zichligi yuqori bo'lgan qattiq zarrachalar rotor devorida, zichligi kamrog'i esa - o'q atrofida yig'iladi.

Filtrlovchi sentrifuga rotori g'ovaksimon bo'lib, emulsiya va suspenziyalarni filtrlash prinsipi asosida ajratadi. Bu qurilmalarda, ajratish jarayonida bosimlar farqi o'rniga, markazdan qochma kuch ishlatiladi.

Bu turdagi sentrifugalarda suspenziya yoki emulsiya rotor devoriga qarab xarakterga qaratiladi va fazalarga ajraladi. Fazalarga ajratish jarayoni quyidagicha ro'y beradi: suyuq faza rotorning to'sig'idan o'tib, qurilma qobig'iga yig'iladi va shtuster orqali chiqariladi. Qattiq faza esa, filtrlovchi to'siqda

ushlanib qoladi va undan so'ng rotordan tushiriladi.

Ishlash prinsipi ko'ra sentrifugalarda davriy va uzluksiz bo'ladi. Rotor o'qining o'rnatilishiga qarab, gorizontal va vertikal sentrifugalarda bo'ladi. Davriy ishlaydigan sentrifugalarda cho'kma qo'l, og'irlik kuchi yoki pichoq yordamida tushiriladi. Uzluksiz sentrifugalarda cho'kma shnek yordamida inertsiya va pulsatsiya kuchlar yordamida tushiriladi.

Filtrovchi va cho'ktiruvchi sentrifugalarda ajratish jarayonlarining taxlili shuni ko'rsatadiki, cho'ktirish va filtrlash jarayonlar bilan sentrifugalash orasida o'xshashlik ko'p va xamma jarayonlarning umumiy qonuniyatlari xam o'xshashdir.

Sentrifugalarda xosil bo'ladigan markazdan qochma kuch ushbu tenglik bilan ifodalanadi:

$$c = \frac{mw^2}{r} = \frac{Gw^2}{gr} \quad (1)$$

bu erda: m - aylanuvchi jism massasi, kg; G - aylanuvchi jism og'irligi, H; w - rotorning aylanish tezligi, m/s; g - erkin tushish tezlanishi, m²/s; r - aylanish radiusi, m.

Rotorning aylanish tezligi ushbu tenglikdan topiladi:

$$w = \omega \cdot r = \frac{2\pi n}{60} r \quad (2)$$

bu erda: ω - burchak tezligi, rad/s; n - aylanish soni, ayl/min.

(1) va (2) tengliklardan markazdan qochma kuchni aniqlaymiz:

$$C = \frac{G}{rg} \left(\frac{2\pi n}{60} r \right)^2 \quad (3)$$

yoki

$$C \approx \frac{Grn^2}{900} \quad (4)$$

Shunday qilib, rotor diametrini ko'paytirishga qaraganda, uning aylanish sonini oshirish, markazdan qochma kuchning o'sishiga olib keladi.

Sentrifugalarning ish unumdorligi ajratish koeffitsientiga bog'liq. Sentrifugalarda ajratish koeffitsienti markazdan qochma kuchlar maydonida xosil bo'lgan kuchlanish bilan xarakterlanadi. Sentrifugada xosil bo'layotgan markazdan qochma kuchlar miqdorining og'irlik kuchi tezlanishidan necha marta ko'pligini ko'rsatuvchi kattalik **ajratish koeffitsienti** deb nomlanadi:

$$K_a = \frac{w^2}{rg} \quad (5)$$

Sentrifuga rotori aylanish chastotasining ortishi va uning diametri kamayishi bilan markazdan qochma kuch maydonida ajratish samaradorligi ortadi. Agar, aylanish tezligini aylanish chastotasi orqali, ifodalasak ajratish koeffitsientini aniqlash uchun ushbu ko'rinishdagi formulani olamiz:

$$K_a \approx \frac{n^2 r}{900} \quad (6)$$

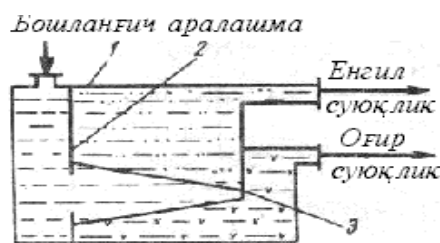
Ajratish koeffitsienti sentrifugalarning muxim xarakteristikasi bo'lib, uning ajratish qobiliyatini aniqlovchi ko'rsatkichdir.

Emulsiyalarni uzluksiz ajratish tindirgichi bir necha qismdan iborat (1-rasm). Emulsiya qurilmaning chap qismiga beriladi va u erdan o'rta separatsion kameraga uzatiladi.

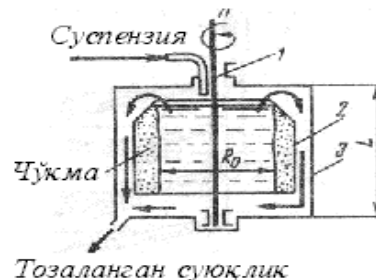
Chap to'siq 2 aralashma satxi balandligini rostlash imkonini beradi. Separatsion qismda boshlang'ich aralashma og'irlik kuchi ta'sirida fazalarga ajraydi. Engil faza tepaga ko'tariladi va

tindirgichning yuqorisidagi shtusterdan oqib chiqadi. Og'ir faza esa, o'ng to'siq 3 ostidan o'tib pastga tushadi va qurilma tubidagi shtusterdan oqib chiqadi.

Cho'ktiruvchi sentrifuga. Bu turdagi qurilmalar rotori yaxlit metallardan tayyorlanadi (2-rasm). Ularning ishlash prinsipi xuddi tindirgichlarnikiga o'xshashdir. Boshlang'ich aralashma qurilma rotoriga



1-расм. Emulsiyalarni uzluksiz ajratish uchun tindirgich 1 - qobiq; 2 - chap to'siq; 3 - o'ng to'siq.



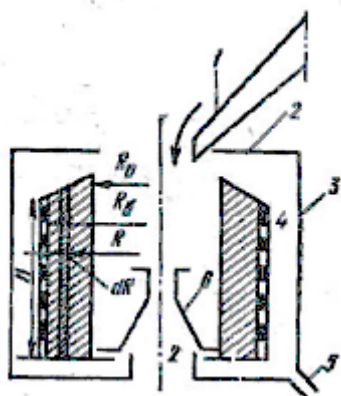
2-расм. Cho'ktiruvchi sentrifuga.

truba orqali uzatiladi. Rotor 2 ning aylanishi natijasida markazdan qochma kuch ta'sirida zichligi yuqori bo'lgan zarrachalar rotorning ichki yuzasiga to'planadi, zichligi kamrog'i esa, aylanish o'qiga yaqinroq joyda yig'iladi. Tozalangan suyuqlik, ya'ni fugat, qobiq 3 dagi shtuster orqali tashqariga chiqariladi. Rotor devorida xosil bo'lgan cho'kma esa, jarayon tugagandan so'ng to'kiladi.

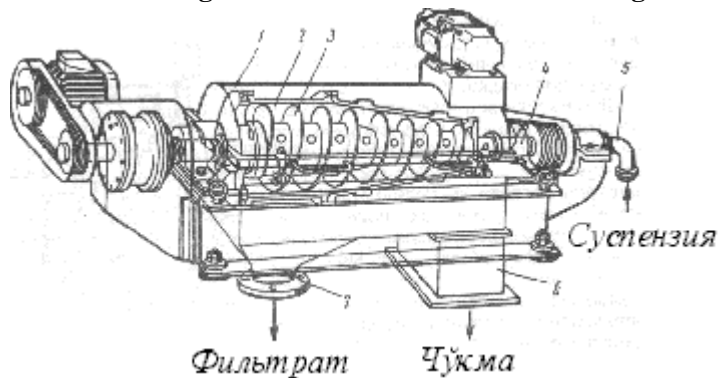
Filtrlovchi sentrifuga. Ushbu sentrifuga qobiq 3 ichida o'rnatilgan aylanuvchi rotor 4 dan tashkil topgan. Rotor devori teshik, to'rsimon bo'lib, uning ichki yuzasi filtrlovchi material bilan qoplangan (3-rasm).

Rotor elektr yuritkich yordamida aylantiriladi. Aylanma xarakat tufayli rotor 4 ichidagi suyuqlikga markazdan qochma kuch ta'sir qila boshlaydi. Natijada gidrostatik bosim xosil bo'ladi va u jarayonni xarakatga keltiruvchi kuchi deb ataladi. Ushbu kuch ta'sirida aralashma filtrlovchi material va rotor devorida xosil bo'lgan cho'kma qatlamidan o'tib tozalanadi. Bunday sentrifugalarda jarayon uch bosqichda o'tadi: a) cho'kma xosil qilish va filtrlash; b) cho'kma qatlamining zichlanishi; v) cho'kmadan suyuq fazani ajratish. Jarayonda xosil bo'lgan fugat shtuster 5 dan tashqariga chiqariladi. Jarayon tamomlangandan so'ng, cho'kma suv bilan yuviladi. Xamma bosqichlar tugagandan keyin sentrifuga to'xtatiladi, so'ng esa konus 6 tepaga ko'tariladi va cho'kma to'kiladi.

Uzluksiz ishlaydigan, cho'kmani shnekda to'kuvchi gorizontal cho'ktiruvchi sentrifuga



3-расм. Фильтровчи центрифуга. 1 - суспензия бериш трубаси; 2 - чўкма туширадиган тешик; 3 - кобиқ; 4 - ротор; 5 - фугат чиқариш штуцери; 6 - конус.



4-расм. Узлуksиз ишлайдиган, чўкmani шнекда тўкуvчи горизонтал чўктиривчи центрифуга. 1 - кобиқ; 2 - ротор; 3 - шнекли мослама; 4 - ғовак ўқ; 5 - марказий труба; 6 - чўкма камераси; 7 - фугат чиқариш патрубкаси.

(NOGSh). Ushbu qurilma rotor 2 va qobiq 1 da o'rnatilgan shnekli moslama 3 lardan tarkib topgan (4-rasm). Suspenziya markaziy truba 5 orqali g'ovak o'q 4 ga uzatiladi. Ushbu trubadan chiqishda suspenziya markazdan qochma kuch ta'sirida rotor bo'shlig'ida taqsimlanadi. Qobiqdagi g'ovak stapfalarda rotor 2 aylanib turadi. Shnek esa, rotor ichidagi stapfalarda aylanadi. Markazdan qochma kuch ta'sirida qattiq zarrachalar rotor devoriga qarab xarakat qiladi, suyuqlik esa ichki xalqa xosil qiladi.

Bu suyuqlik xalqasining qalinligi rotor yon tomonidagi to'kish teshiklarining joylashishi bilan aniqlanadi. Rotor bo'ylab cho'kma xarakat qilganda yo'l – yo'lakay zichlanib boradi. Texnologik zaruriyat bo'lsa, cho'kma yuvilishi xam mumkin.

Fugat esa, to'kish teshiklar orqali fugat kamerasiga yig'iladi va patrubka 7 dan tashqariga chiqariladi.

NOGSh tipidagi sentrifuga katta ish unumdorlikka ega va yuqori konstrentsiyalni mayin, dispers suspenziyalarni ajratish uchun qo'llaniladi. Bunday sentrifugalarning suspenziya bo'yicha ish unumdorligi ushbu formuladan topiladi:

$$V = \frac{3,5D_T^2 \cdot L_T (\rho_3 - \rho) d^2 n^2}{\mu}$$

bu erda; D_T, L_T - to'kish stilindrining diametri va uzunligi, m; ρ_3, ρ - zarracha va muxit zichliklari, kg/m³; d - zarrachaning eng kichik diametri, m; n - rotorning aylanish chastotasi, min⁻¹; μ - dinamik qovushoqlik koeffisienti, Pa·s.

Cho'ktiruvchi sentrifugalarning ish unumdorligi esa ushbu formuladan xisoblanadi:

$$V = \eta F w_{\kappa} \quad (7)$$

bu erda: η - proporsionallik koeffisienti; $F = 2\pi R_0 L$ - rotordagi suspenziya ko'zgusi maydonining yuzasi (bu erda R_0 - suspenziya xalqasimon qatlamining ichki radiusi, m; L - rotor uzunligi, m) m²; $w_{st} = w_{chuk} \cdot K$ - markazdan qochma kuch ta'siridagi cho'kish tezligi, m/s (bu erda w_{chuk} – og'irlik kuchi ta'sirida cho'kish tezligi, m/s; K - ajratish koeffisienti).

(7) tenglama yordamida cho'kmani pichoq bilan kesib oladigan cho'ktiruvchi sentrifuga ish unumdorligini xisoblash formulasini keltirib chiqarish mumkin:

$$V = 25,3 \cdot \eta L n^2 R_0^2 w_{\text{чк}} \cdot k \quad (8)$$

bu erda: k - suspenziya o'zlash vaqtining sentrifuga umumiy ishlash vaqtiga nisbati.

Tekshirish uchun savollar.

1. Sentrifugalash deb nimaga aytiladi?
2. Ajratish koeffisienti qanday topiladi?
3. Filtrlovchi sentrifuga ishlash prinsipi qanday?

8-MA'RUZA GAZLARINI TOZALASH USULLARI.

REJA:

1. Gazlarni tozalash turlari.
2. Chang cho'ktirish kamerasi.
3. Inerstion va markazdan qochma kuchlar ta'sirida gazlarni tozalash.

Gaz aralashmalar tarkibidagi qattiq yoki suyuq zarrachalarni sanoat miqyosida ajratishdan maqsad havo iflosligini kamaytirish, qimmat baho mahsulotlarni ajratib olish yoki texnologiyaga salbiy ta'sir etuvchi zararli, hamda qurilmalarni buzilishga olib keluvchi moddalarni chiqarib tashlashdir.

Kimyo va oziq - ovqat sanoatlarning asosiy texnologik jarayonlaridan biri ifloslangan gazlarni tozalashdir. Shuning uchun, turli jinsli gaz sistemalarni ajratish kimyoviy texnologiyaning dolzarb va eng keng tarqalgan asosiy jarayonlaridan biridir.

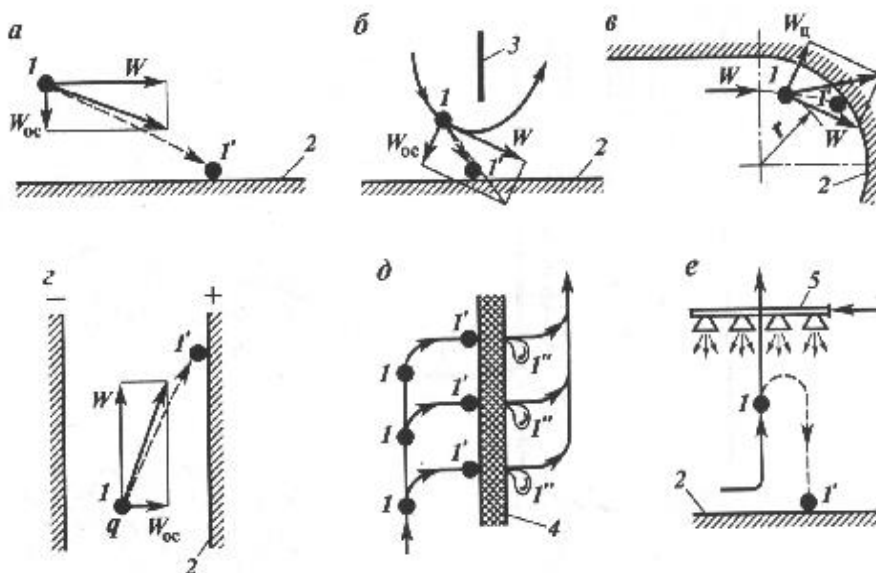
Sanoat miqyosida chang hosil bo'lishining manbalari: qattiq jismlarni mexanik maydalash (chaqish, ezish, arralash, edirilish va ularni uzatish), yoqilg'ilar yonishida (kul hosil bo'lish), bug'lar kondensastiyalanishida, hamda gazlarning o'zaro kimyoviy ta'siri natijasida qattiq mahsulotlar hosil bo'lish jarayonida.

Odatda, changlar tarkibida o'lchami 3...100 mkm bo'lgan qattiq zarrachalar mavjud bo'ladi. Bug'lar kondensastiyalanishi natijasida 0,001...1 mkm o'lchamli mayda suyuqlik tomchilari hosil bo'ladi.

Gazlarni quyidagi tozalash usullari ma'lum:

1. og'irlik kuchi ta'sirida cho'ktirish (gravitastion tozalash);
2. inerstiya kuchlari ta'sirida cho'ktirish, ya'ni markazdan qochma kuchlar;
3. filtrlash;
4. suyuqlik bilan yuvib tozalash;
5. elektrostatik kuchlar ta'sirida cho'ktirish (elektr maydon ta'sirida).

Birinchi ikkita usulda, ya'ni og'irlik va markazdan qochma kuchlar ta'sirida, tozalash natijasida yirik zarrachalarni, qolgan usullarda esa - 20 mkm va undan o'lchami kichik bo'lgan zarrachalarni ajratib olish mumkin.



1-рasm. Газ оқимидаги заррачаларни ажратиб олишнинг асосий усуллари. а- оқирлик кучи таъсирида чўктириш; б- инерцион кучлар таъсирида чўктириш; в- марказдан қочма куч таъсирида чўктириш; г- электр майдони таъсирида чўктириш; д- филтраш; е- ювиб тозалаш; 1- газ таркибидаги заррача; 1'(1'')- газдан ажратиб олинган заррача; 2- чўктириш юзаси; 3- тўсиқ; 4- филтр-тўсиқ; 5- суюқликни пуркаш мосламаси.

har doim ham bitta gaz tozalash qurilmasida gazlarni kerakli yuqori darajada tozalab bo'lmaydi. Shuning uchun, amaliyotda ikki va ko'p bosqichli tozalash qurilmalari qo'llaniladi.

Gazni tozalash darajasi η quyidagi tenglamadan aniqlanadi:

$$\eta = \frac{G_1 - G_2}{G_1} \cdot 100\% = \frac{V_1 x_1 - V_2 x_2}{V_1 x_1} \cdot 100\% \quad (1)$$

bu erda G_1 va G_2 — boshlang'ich va tozalangan gazdagi qattiq zarrachalar massasi, kg/soat; V_1 va V_2 — boshlang'ich va tozalangan gazlarning hajmiy sarflari, m³/soat; x_1 va x_2 — boshlang'ich va tozalangan gazda qattiq zarrachalar konstantriyasi, kg/m³.

Og'irlik kuchi ta'sirida gazlarni tozalash

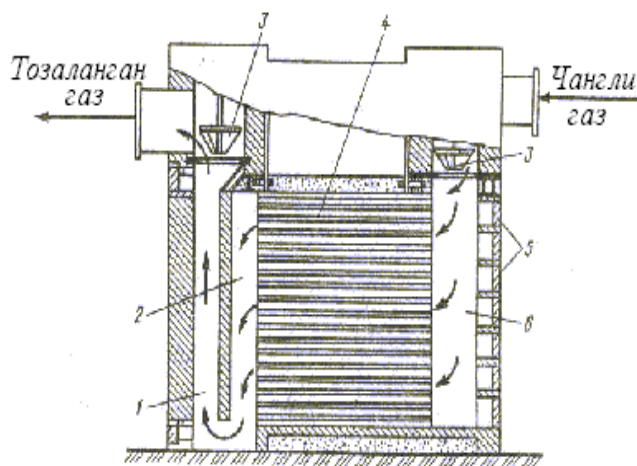
Changlarni (dag'al tozalash uchun) tozalash uchun davriy va uzduksiz ishlaydigan qurilmalardan foydalaniladi. Chang cho'ktirish kamerasi bu turdagi asosiy qurilmalardan biridir.

Chang cho'ktirish kamerasi ichida gorizontol tokchalar joylashtirilgan bo'lib, to'g'ri to'rtburchak shakldagi asosiy qismdan iborat (2-rasm).

Chang, rostlovchi klapan 3 orqali so'rish kanali 6 ga kiradi va gorizontol tokchalar 4 orasiga taqsimlanadi. Tokchalar orasidagi masofa 100...4000 mm bo'ladi.

Tokchalarning asosiy vazifasi chang zarrachalari cho'kish masofasini qisqartirishdir. Undan tashqari, tokchalar borligi cho'kish yuzasini ko'payishiga olib keladi. Tokchalar orasida chang harakat qilganda, chang oqimining yo'nalishi o'zgaradi, bu esa uning tezligini kamayishiga olib keladi. Natijada qattiq zarrachalar ularning yuzasida cho'kib qoladi. Tozalangan gaz esa, chiqish kanali orqali tashqariga yo'naladi. qurilma kamerasida chang gaz oqimining tezligi cho'kish vaqti bilan chegaralanadi.

Cho'ktirish kamerasida chang gaz oqimining harakati vaqtida qattiq zarrachalar tokchalar yuzasiga



2-расм. Chang cho'ktirish kamerasi.

1 – chiqish kanali; 2 – yig'uvchi kanal; 3 - klapanlar

cho'kib ulgurishi kerak.

Tokchalarga yig'ilib qolgan changlar vaqti - vaqti bilan kurakchalarda olib tashlanadi yoki suv bilan yuviladi. Chang cho'ktirish kamerasi navbatma-navbat ishlaydigan ikki bo'limdan iborat. Birinchi bo'lim chang (qattiq zarrachalar)dan tozalansa, ikkinchisida esa, shu vaqtda gazni tozalash jarayoni boradi va natijada qurilmaning uzluksiz ishlashiga erishiladi.

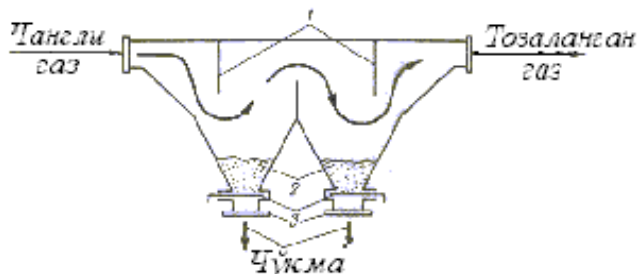
Chang cho'ktirish kamerasida faqat gazlardan yirik zarrachalarni ajratish mumkin, ya'ni dag'al tozalash uchun qo'llash maqsadga muvofiqdir. Shuning uchun, bu turdagi qurilmalar dastlabki tozalash uchun, ya'ni qattiq zarrachalar o'lchami 100 mkm dan katta bo'lgan gazzimon turli jisimli sistemalarni ajratish uchun mo'ljallangan. qurilmaning tozalash darajasi - 30...40%.

hozirgi kunda ushbu turdagi qurilmalar qo'polligi va samadorligi past bo'lgani uchun zamonaviy va mukammal tozalash qurilmalari bilan almashtirilmoqda.

Inerstiya va markazdan qochma kuchlar ta'sirida gazlarni tozalash

Inerstiya kuchlari ostida gazlarni tozalash qaytaruvchi to'siqli tindirgich va markazdan qochma kuchlar ta'sirida ishlaydigan stiklonlar konstruktsiyasi asosida yotibdi.

Qaytaruvchi to'siqli tindirgich yirik dispersli changlarni ajratish uchun mo'ljallangan (3-rasm). Qaytaruvchi to'siqlar gaz oqimini uyurmalanishi uchun xizmat qiladi. To'siqlardan o'tish paytida hosil bo'ladigan inerstiya kuchlari qattiq zarrachalarni intensiv cho'kishiga sababchi bo'ladi. Yig'gich 2 ga to'plangan qattiq zarrachalar shiber 3 yordamida chiqarib yuboriladi. Bunday qurilmalar gaz o'tkazish sistemalarida o'rnatiladi. Inerstiya kuchlari asosida ishlaydigan chang tozalash qurilmalarining tuzilishi sodda va ixcham. Tozalash darajasi 60%, cho'ktirilayotgan zarrachalar o'lchami 25 mkm va undan yuqori.



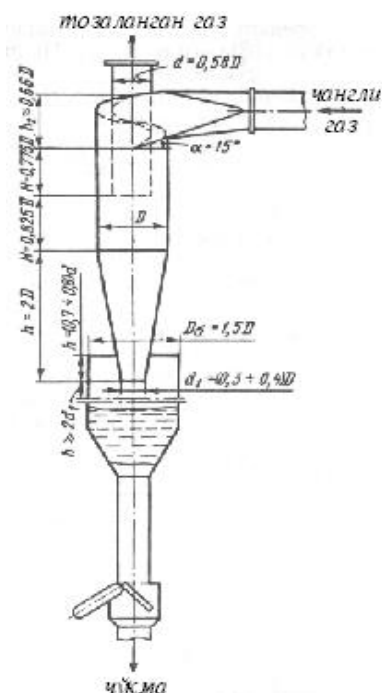
3-рasm. Қайтарувчи тўсиқли тиндиргич.

1 - қайтарувчи тўсиқлар; 2 - чанг йиғгич; 3 -

Siklonlar markazdan qochma kuchlar maydonida changlarni tozalash imkonini beradi. Mashinasozlik korxonalarida qobig'ining diametri 100...1000 mm li stiklonlar tayyorlanadi. Ularning ishlash samaradorligi ajratish koeffitsienti bilan xarakterlanadi. Changlarni tozalash darajasi stiklon konstruktsiyasi, zarracha o'lchami va zichligiga bog'liq.

Masalan, 25 mkm li zarrachalar cho'ktirilayotgan bo'lsa, stiklonning f.i.k. 95 % ni tashkil etadi, lekin zarracha diametri 10 mkm bo'lsa, f.i.k. 70% gacha kamayadi.

Siklon kichik gidravlik qarshilik va nisbatan yuqori tozalash darajasiga ega bo'lgan Silindrik va konussimon qismlardan iborat qurilmadir (4-rasm).



4-рasm. НИИОГ аз циклони.

Changli gaz tangensial yo'nalishda 10...40 m/s tezlikda stiklonning kirish trubkasi orqali kiritiladi. Tangensial kirish va qurilmaning ichida markaziy chiqarish trubasi borligi uchun gaz oqimi pastga spiralsimon aylanma harakat qiladi. Bu esa o'z navbatida markazdan qochma kuch hosil bo'lishiga olib keladi. Ushbu kuch ta'sirida gaz oqimidagi qattiq zarrachalar stiklonning ichki devoriga ulotirib tashlanadi, devorga urilib kinetik energiyasini yo'qotadi va og'irlik kuchi ta'sirida qurilma tubiga qarab to'kiladi. Stiklonning pastki konussimon qismida gaz oqimi inerstiya kuchi ta'sirida spiralsimon harakat yo'nalishini davom ettiradi va konus diametri kamayib borishi sababli yuqoriga qarab yo'nalgan oqim paydo bo'ladi. Bu oqim tozalangan gaz bo'lib, markaziy truba orqali stiklondan tashqariga chiqib ketadi.

Siklonlarning aniq hisobi juda murakkab bo'lgani uchun gidravlik qarshilik Δr parametri bo'yicha soddalashtirilgan hisoblar qilinadi.

Siklonning Silindrik qismidagi gazning soxta tezligi w_f (m/s) quyidagi formula yordamida aniqlanishi mumkin:

$$w_f = \sqrt{\frac{2\Delta r}{\rho_g \cdot \xi}} \quad (2)$$

bu erda $\Delta r/\rho_g$ - ajratish faktori; ξ - gidravlik qarshilik koeffitsienti.

4-rasm keltirilgan stiklonlar uchun $\Delta r/\xi = 500...700 \text{ m}^2/\text{s}^2$.

Siklon diametri D (m) ushbu formuladan topiladi:

$$D = \sqrt{\frac{4V}{\pi \cdot w_{\phi}}} \quad (3)$$

Siklonning Silindrik qismi diametri D aniqlangandan so'ng, qolgan o'lchamlari hisoblanadi, chunki hamma o'lchamlar stiklon diametri D ning funkstiyasidir.

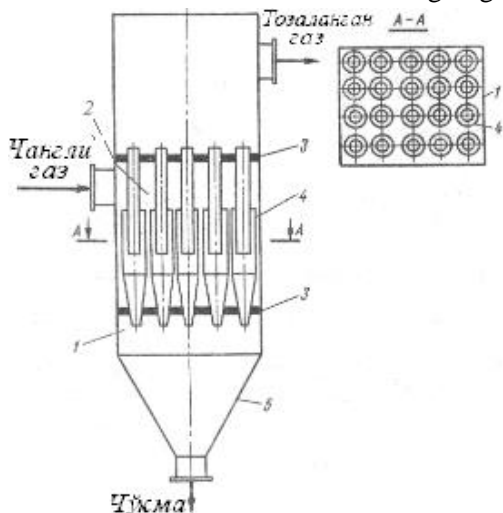
Gazlarni tozalash darajasini oshirish uchun stiklon diametrini kamaytirish yoki gaz oqimi tezligini oshirish zarur.

NIIOGaz stiklonida gazsimon turli jinsli sistemalarni tozalash darajasi 30...85% ga teng. Lekin, gaz tarkibidagi zarrachalar o'lchami ortishi bilan gazlarning tozalanish darajasi 90..95% gacha o'sishi mumkin.

Batareyali stiklon bir qancha parallel ulangan kichik diametrli (150...250mm) stiklonlardan tashkil topgan (5-rasm). Stiklon elementlari diametrining kichikligi, markazdan qochma kuch va cho'kish tezligini oshirish imkonini beradi. Kichik o'lchamli stiklonlar qurilmadagi ikkita to'siqqa mahkamlanadi.

qurilmaga kirish patrubkasi orqali yuborilgan chang gaz taqsimlash kamerasiga kiradi va u erdan barcha stiklon elementlarga bir xilda tarqaladi. So'ng, elementlarga gaz tangensial yo'nalishda emas, balki ularning tepasidan stiklon qobig'i va markaziy chiqish trubasi orasidagi halqasimon bo'shliqqa yuboriladi. Ushbu halqasimon bo'shliqda oqimga spiralsimon aylanma harakat yo'nalishini ta'minlash uchun u erga vintli parraklar o'rnatiladi (6-rasm).

Siklon elementlaridan o'tib tozalangan gazlar markaziy tuba 1 orqali umumiy kameraga yig'iladi



5-расм. Батареяли циклон. 1 - кобик; 2 - газ тақсимлаш камераси; 3 - панжара; 4 - циклон элементи; 5 - бункер.

va chiqish shtusteridan tashqariga uzatiladi.

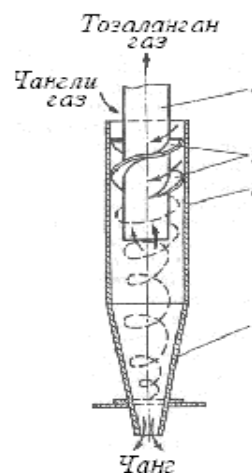
hamma stiklon elementlarida ushlanib qolingani qattiq zarrachalar batareyali stiklonning pastki qismi 5 da to'planadi va undan so'ng tashqariga to'kiladi.

Agar bir nechta katta stiklonlarni iqtisodiy jihatdan qo'llash maqsadga muvofiq bo'lmasa, gazlar sarfi katta jarayonlarda batareyali stiklonlar ishlatiladi. Stiklonlarda o'lchami 10 mkm va undan kam bo'lgan qattiq zarrachalarni cho'ktirish tavsiya etiladi. Batareyali stiklonlarning tozalash darajasi 65...85% ($d = 5$ mkm li zarrachalar uchun), 85...90% ($d = 10$ mkm li zarrachalar uchun) va 90...95% ($d = 20$ mkm zarrachalar uchun).

Gazlarni g'ovakli to'siqlarda tozalash

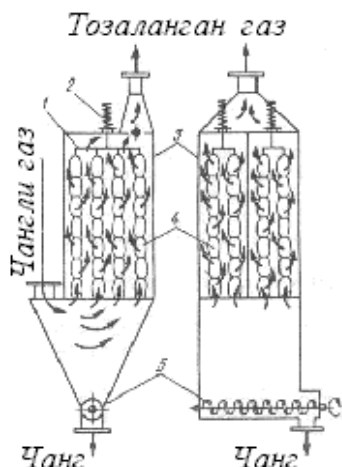
Filtrovchi to'siq turiga qarab egiluvchan, yarim qattiq, qattiq g'ovak to'siqli va donador qatlamli filtrlar bo'ladi.

Yumshoq filtrllovchi to'siqli filtrlarga engli yoki qopli filtrlar kiradi va ular gazlarni tozalash uchun keng miqyosda qo'llaniladi. Filtrllovchi to'siq sifatida tabiiy, sintetik va mineral tolalar (to'qima materiallar), g'ovak listli materiallar (g'ovakli rezina, penopolietan) va metall to'qimalar ishlatiladi.



6-расм. Батареяли циклон элементи. 1 - марказий чиқиш трубаси; 2 - вентли пarrаклар; 3 - кобик; 4 - конуссимон туб.

Batareyali engli filtr. Bu turdagi qurilmalarning filtrlovchi elementi to'qima materialdan yasaladi (7-rasm). Filtrlovchi eng va qoplar 4 to'rtburchak shaklidagi qobiq 3 ning umumiy romi 1 ga osilib qo'yiladi. Pastdan yuqoriga qarab harakat qilayotgan changli gaz filtrlovchi englarning uchidagi ochiq teshikdan ichiga kiradi. So'ng, stilindr englarining yon tomon yuzasidan o'tayotganida gaz tozalanib chiqib ketadi, qattiq zarrachalar esa engning ichki devorida ushlanib qoladi.



7-расм. Yengli filtr.

1 - rom; 2 – silkituvchi mexanizm;

Uzluksiz ishlaydigan engli filtrlarning filtrlash tezligi $0,007...0,017 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ga teng. Lekin, filtrlovchi to'qimalar uzluksiz ravishda qayta tiklanishi tufayli filtrlash tezligi $0,05...0,08 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ gacha ortadi.

Eng keng tarqalgan engli filtrlarning gidravlik qarshiligi $1,5...2,5 \text{ kN/m}^2$ ($150...250 \text{ mm}$. suv ust.).

Agar engli filtrlardan to'g'ri foydalanilsa, gazlarni mayin, dispers changlardan tozalash darajasi 98....99% ni tashkil etadi.

Englar tabiiy, sintetik va mineral materiallardan tayyorlanadi. Masalan, 80°C dan past temperaturalarda paxta, bo'zdan, 110°S dan past temperaturalarda jundan, $130...140^\circ\text{S}$ da poliamid, polietilen, poliakrilnitril tolalaridan, 275°S gacha politetraforetilen va ftoroplastdan, 400°S gacha shisha tolalaridan yasalgan filtrlovchi englar ishlatiladi.

Kamchiliklari: englar tez ishdan chiqadi va kanallari to'lib qoladi; yuqori temperaturali va nam gazlarni tozalash mumkin emas.

Gazlarni suyuqlik bilan yuvib tozalash.

Changli gazlarni tozalash uchun ularni suv yoki boshqa suyuqliklar yordamida yuvib, qattiq zarrachalardan tozalanadi. Bu usul gazlarni sovitish va namlash ruxsat etilgan, hamda qattiq zarrachalar qimmatli bo'lmagan hollarda qo'llaniladi. Ma'lumki, gazlar sovutilganda suv bug'lari kondensastiyalanib, zarrachalar namlanadi va ularning zichligi ortadi. Natijada qattiq zarrachalar gazdan oson ajraladi. Bunda, zarrachalar kondensastiyalanish markazlari vazifasini bajaradi. Agar, zarrachalar suyuqlik bilan ho'llanmasa, unda bu turdagi qurilmalarda gazlarni tozalash samarasizdir. Bunday hollarda gazlarni tozalash darajasini oshirish uchun suyuqlik tarkibiga spirt – sirtiy faol moddalar qo'shiladi, ya'ni suyuqlikning ho'llash qobiliyati oshiriladi.

Suyuqlik bilan yuvib tozalovchi qurilmalarda, ularning konstrukstiyasiga qarab, gazlarni tozalash darajasi 60 dan 85% gacha bo'ladi. Bu turdagi qurilmalarning asosiy kamchiligi shundaki, tozalash jarayoni o'tkazilishi natijasida oqava suvlar hosil bo'lishidir. Ma'lumki, oqava suvlar ham o'z navbatida tozalanishi kerak.

Tekshirish uchun savollar:

1. Gazlarni qanday tozalash usullari bor?
2. Og'irlik kuchi yordamida tozalash qanday amalga oshiriladi?
3. Engli filtrning avzalligi va kamchiliga.

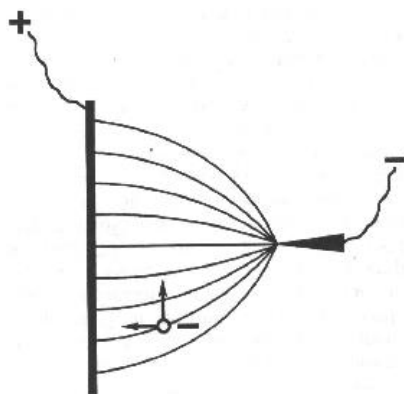
9 – MA'RUZA ELEKTROSTATIK KUHLAR TA'SIRIDA CHO'KTIRISH.

REJA:

1. Elektr maydon ta'sirida gazlarni tozalash to'g'risida tushuncha
2. Nurlanuvchi va cho'ktiruvchi elektrod.
3. Elektrofiltrlar turlari va konstrukstiyalari.

Jarayonning fizik asoslari. Elektr maydon ta'sirida gazlarni tozalash elektr razryadi yordamida gaz molekularining ionizastiya qilinishiga asoslangan.

Agar, gaz yuqori kuchlanishli o'zgarimas tokga ulangan ikki elektrod orasida hosil bo'lgan elektr maydoniga gaz yuborilsa, uning molekulari ionizastiyaga uchraydi, ya'ni musbat va manfiy zaryadlangan zarrachalarga ajraydi. Natijada ular kuch chiziqlar yo'nalishida harakat qilib boshlaydi. Zaryadlangan zarracha tezligining vektor yo'nalishi, uning musbat yoki manfiyligiga bog'liq bo'lsa, harakat tezligi esa - elektr maydoni kuchlanganligi bilan belgilanadi.



1-расм. Электр майдон куч

Agar elektr maydon kuchlanganligini 10000V dan oshirsak, ion va elektronlar kinetik energiyasi shunchalik kattalashadiki, harakat yo'lida uchragan gazning barcha neytral molekularini musbat ion va erkin elektronlarga parchalaydi. Yangidan hosil bo'lgan zaryadlar ham o'z harakat yo'nalishida gazlarni ionizastiyaga duchor qiladi. Natijada to'xtovsiz ravishda ion hosil bo'ladi va hamma gaz ionizastiyalanadi. Bunday jaraen **zarbali ionizastiya** deb nomlanadi.

Gaz to'liq ionizastiyaga uchraganda, elektrodlar orasida elektr razryadi paydo bo'lishi uchun sharoitlar yaratiladi. Agar, elektr maydon kuchlanganligi yanada oshirilsa, uchqun sakrab o'tishi, keyin esa elektr o'tishi va elektrodlar qisqa tutashuvi bo'lishi mumkin. Bunday hodisalar oldini olish uchun turli jinsli elektr maydoni hosil qilinadi.

Buning uchun, truba o'qidan yoki ikki parallel plastinalar orasida tortilgan ingichka simlar ko'rinishida elektrod yasaladi.

Sim oldida elektr maydon kuchlanganligi juda yuqori bo'lib, truba yoki plastina tomonga yaqinlashgan sari kamayib boradi. Shuni alohida ta'kidlash kerakki, truba yoki plastina oldidagi maydon kuchlanganligi shundayki, uchqun va elektr o'tish hodisalari ro'y bermaydi.

To'liq ionizastiyaga oid maydon kuchlanganligida elektrodlar orasida "tojli" razryad hosil bo'ladi. Bunda butunlay ionizastiyaga uchragan gaz qatlami cho'g'lanib, nur va charsillangan ovoz chiqaradi. "Toj" hosil qiladigan elektrod "**tojli**" **elektrod** deb nomlanadi. Truba yoki plastina ko'rinishidagi qarama - qarshi zaryadlangan elektrod - **cho'ktiruvchi elektrod** deb ataladi.

"Tojli" elektrod manfiy, cho'ktiruvchi esa - musbat qutbga ulanadi. Bunday holatlarda elektrodga juda yuqori kuchlanish berish mumkin. "Toj" hosil bo'lishi bilan ikkala ishorali ion va erkin elektronlar paydo bo'ladi. Elektr maydon kuchlanganligi ta'sirida ionlar "tojli" elektrod tomon harakat qiladi va unda neytrallanadi.

Manfiy ion va erkin elektronlar cho'ktiruvchi elektrod tomon yo'naladi. Yo'l-yo'lakay chang va tomchilar bilan to'qnashib, ularga o'z zaryadini o'tkazadi va cho'ktiruvchi elektrod tomon olib ketadi. Natijada chang yoki tuman zarrachalari shu elektrodda cho'kadi. Gazdagi chang zarrachalarining asosiy qismi manfiy zaryadlanadi, chunki musbat ionlarga qaraganda harakatchan manfiy elektron va ionlar cho'ktiruvchi elektrodga etguncha katta masofani bosib o'tadi. Shuning uchun ham, gazdagi zarrachalar bilan ularning to'qnashishi ehtimoli katta. Faqat "tojli" elektrod atrofidagi musbat zaryadlangan ionlar bilan to'qnashganda, chang yoki tuman zarrachalarining kichik bir qismi "tojli" elektrodda cho'kadi. Manfiy zaryadlangan ionlar, chang yoki tuman zarrachalari cho'ktiruvchi elektrodga etganda, unga o'z zaryadini beradi va og'irlik kuchi ta'sirida cho'kadi. Bunday cho'ktirish jarayoni elektrofiltrda olib boriladi.

Elektrodlarga o'tirib qolgan chang zarrachalarining zararli ta'sirini kamaytirish maqsadida, vaqti-vaqti bilan elektrodga o'tirib qolgan zarrachalar silkitib tushiriladi yoki elektrofiltrga kiritilishdan avval changli gaz namlanadi (o'tkazuvchanligini oshirish uchun). Lekin, gazning temperaturasi shudring nuqtasidan pasayib ketishi mumkin emas.

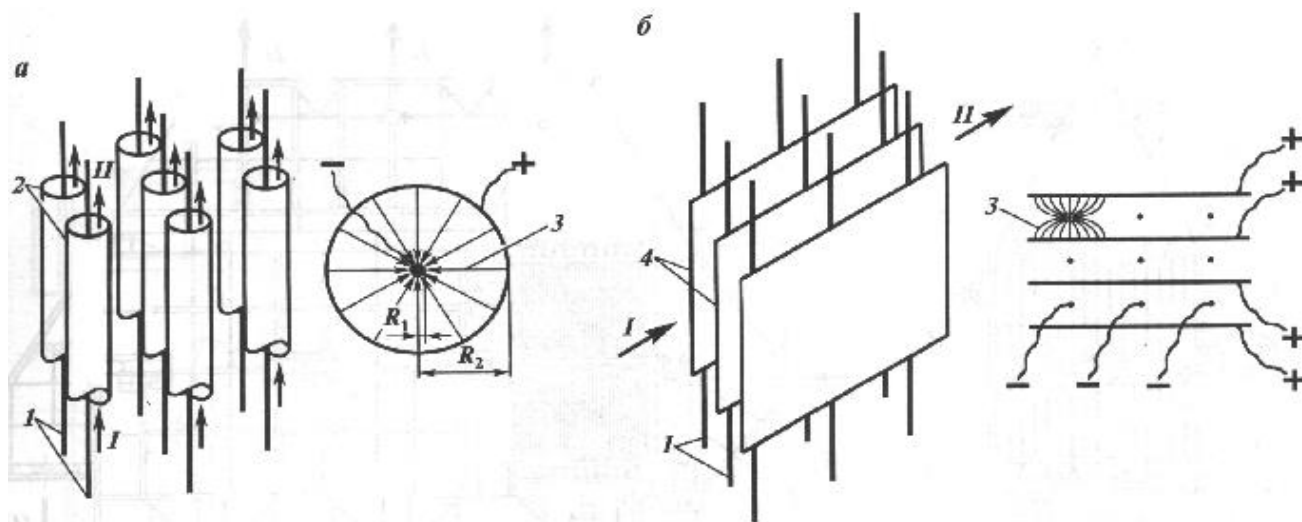
Changli gazlar tarkibidagi qattiq zarrachalarni elektr maydoni ta'sirida tozalash, boshqa usullarga qaraganda ko'pgina afzalliklarga ega. Cho'ktirish qurilmalarida, ya'ni stiklon, engli filtr, skrubberlarda og'irlik va markazdan qochma kuch ta'sirida mayda zarrachalarni ajratib bo'lmaydi.

Turli jinsli gaz aralashmalarini elektr maydon ta'sirida ajratish elektrodlarda amalga oshiriladi. Chang va tutunlarni tozalash uchun quruq, tumanlarni tozalash uchun esa - ho'l elektrofiltrlar qo'llaniladi.

Oddiy elektrofiltr - ikkita elektrodan iborat bo'lib, bittasi - anod- truba yoki plastina, ikkinchisi esa - katod - sim ko'rinishida tayyorlanadi. Katod - sim truba ichiga yoki plastina anodlar orasiga tortiladi. Anodlar har doim erga ulanadi.

Elektrodlar o'zgarmas tok manbasiga ulanganda 4...6 kV/sm ga teng potentsiallar farqi hosil bo'ladi. Bu qiymat katodning 1 m uzunligida 0,05...0,5 mA tok zichligini ta'minlaydi.

Gazli aralashma trubali-elektrod ichiga yoki plastinalar orasiga uzatiladi. Elektrodlardagi yuqori



2-расм. Трубали (а) ва пластинали (б) электродлар.

1-«тожли» электрод; 2-чўктирувчи трубали электрод; 3-куч йўналишлари;

potentsiallar farqi va elektr maydonining turli jinsliliigi tufayli manfiy elektrod-katod atrofidagi gaz qatlamida anodga qarab yo'nalgan elektronlar oqimi hosil bo'ladi. Natijada gaz neytral molekularining elektronlar bilan to'qnashuvi tufayli gaz ionizastiyaga uchraydi. Ionizastiya o'z navbatida gazni musbat va manfiy ionlar ajralishiga olib keladi. Musbat ionlar katod, manfiylari esa katta tezlikda anod tomon harakat qiladi. Odatda, chang va tuman zarrachalari anodga cho'kadi va uni cho'kma qatlami bilan qoplaydi. Elektr maydoni ta'sirida cho'ktirish tezligi sekundiga bir necha santimetrdan bir necha o'nlab santimetrgacha oraliqda bo'ladi. Cho'ktirish tezligi zarracha o'lchami va gazning gidravlik qarshiligiga bog'liq.

Elektr maydonida zarrachalarning cho'kish tezligini aniqlash uchun jarayon laminar rejimda amalga oshadi deb qabul qilamiz.

Elektr maydoni zaryadlangan zarrachaga $F = ne_0E_x$ (bu erda n - zarracha olgan zaryad; e_0 - elementar zaryad kattaligi; E_x - katod o'qidan x masofadagi elektr maydon potentsiali gradienti) kuch bilan ta'sir etadi.

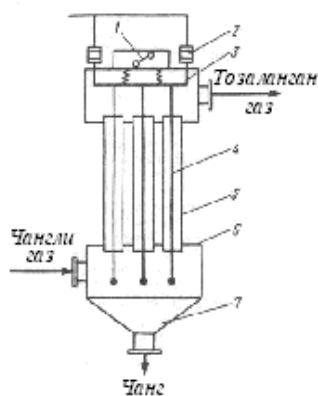
Elektr maydon ta'sirida zarrachaning cho'kish tezligi ushbu tenglamadan aniqlanadi:

$$w_y = \frac{ne_0E_x}{3\pi d\mu} \quad (1)$$

Zarrachaning cho'kish davomiyligi:

$$\tau_y = \int_r^R \frac{d_x}{w_y} \quad (2)$$

bu erda: R - katod o'qidan anod o'qigacha bo'lgan masofa; r - katod radiusi.



3-расм. Трубали электрофильтр.

1 - силкитувчи мослама; 2 – изолятор;

3 - ром; 4 - "тож" хосил қилувчи электрод; 5

штустердан атроф муhitга чиқариб yubорилadi.

hozirgi kunda, bir nechta ketma - ket ulangan sekstiyalardan gaz o'tadigan sekstiyali elektrofiltrlar yaratilgan.

Odatda, trubalar diametri 150...300 mm va uzunligi 3...4 m qilib yasaladi. Trubalar ichida tortilgan simlar diametri 1,5...2,0 mm.

Gazlarning tozalanish darajasi 99%, ayrim hollarda 99,9% ni tashkil etadi.

Plastinali elektrofiltrlarda anod vazifasini plastinalar, katodni esa - plastinalar orasiga tortilgan simlar bajaradi. Elektrofiltrlarda gazlarni tozalanish darajasi, changlarning elektr o'tkazuvchanligiga bog'liq.

Agar, zarrachalar elektr tokini yaxshi o'tkazsa, unda zarrachalar zaryadini bir zumda beradi va elektron zaryadini egallaydi. Bunda, bir - biridan qochish Kulon kuchi hosil bo'lib, filtdan gaz bilan zarrachalar uchib ketishga olib keladi va tozalanish darajasini kamayadi.

Agar, zarrachalar elektr tokini yomon o'tkazsa, unda elektrodda manfiy zaryadlangan zarrachalardan iborat zich qatlam hosil bo'lib, asosiy elektr maydonga qarshi ta'sir qiladi.

Gaz tarkibidagi zarrachalar konstrentastiyasi yuqori bo'lganda ham, gazning tozalanish darajasi past bo'ladi. Chunki, ionlarning zarrachalarda cho'kishi, olib o'tilgan zaryadlar sonini kamayishiga sababchi bo'ladi. Demak, tok kuchi ham pasayadi.

Gaz tarkibidagi zarrachalar konstrentastiyasini pasaytirish uchun elektrofiltrdan oldin qo'shimcha gaz filtrlar o'rnatiladi.

Plastinali elektrofiltr elektrodlariga cho'kgan changlar trubali filtrnikidan osonroq tozalanadi va sim uzunligi birligiga kamroq energiya ishlatadi. Undan tashqari, bu filtrlar ixcham, kam metall sarflaydi va yig'ilishi oson.

Agar, elektrodlar soni va qurilmaning ko'ndalang kesimi ma'lum bo'lsa, elektrofiltrlarni hisoblash uning "tojli" elektrodining uzunligini aniqlashdan iborat bo'ladi.

Elektrofiltrdagi tok miqdori $I = iL$ ga teng bo'lib, bu erda i - tok zichligi; L - elektrod uzunligi. quyida keltirilgan tenglamadan potensialning kritik gradienti topiladi:

$$E_K = 31 + 9,54 \sqrt{\frac{\sigma}{r}} \quad (3)$$

bu erda: σ - bosim 0,1 MPa da ushbu sharoitdagi havo zichligining 25°S temperaturadagi zichligiga nisbati.

Agar, elektrodlar orasidagi masofani bilsak, elektrodlardagi potensiallar farqini topish mumkin. Gazlarni tozalanish darajasi ushbu umumiy formula yordamida aniqlanishi mumkin:

$$\eta_s = 1 - \frac{x_2}{x_1} = 1 - e^{-wf} \quad (4)$$

bu erda: x_1 va x_2 - elektrofiltrlarga kirayotgan va undan chiqayotgan gazlarda qattiq zarrachalar konsentrativiyasi, kg/m^3 ; w - elektrod yuzasiga qarab harakat qilayotgan zaryadlangan zarracha tezligi, m/s ; f - solishtirma cho'kish yuzasi, $\text{m}^2/(\text{m}^3/\text{c})$.

Trubali elektrofiltrlar uchun:

$$f = \frac{2l}{rw} \quad (5)$$

Plastinali elektrofiltrlar uchun:

$$f = \frac{l}{hw} \quad (6)$$

bu erda: l - truba yoki plastina uzunligi, m ; r - cho'ktirish elektrodi trubasining radiusi, m ; h - cho'ktiruvchi va «tojli» elektrodlar orasidagi masofa, m ; w - elektrofiltrlarda gazning tezligi, m/c .

Tekshirish uchun savollar:

1. Elektromaydon ta'sirida gazlar qanday tozalanadi?
2. Nurlanuvchi va cho'ktiruvchi elektrod nima?
3. Trubali elektrofiltr qanday ishlaydi?

10 –MA'RUZA FILTRLASH JARAYONI.

REJA:

1. Filtrlash turlari. Filtr to'siqlar.
2. Filtrlash tezligi va tenglamasi.
3. Filtr konstruktsiyalari.

Filtrlash jarayonining nazariy asoslari

Filtr to'siqning pastki va tepa qismlaridagi bosimlar farqiga yoki markazdan qochma kuchga filtrlash jarayonini harakatga keltiruvchi kuchi deb aytiladi.

Bosimlar farqini turli usullar: filtr to'siqning tepa bo'shlig'ida ortiqcha bosim barpo etish yoki pastki qismini vakuum trubaga ulash yo'li bilan hosil qilish mumkin. Bunday holatlarda filtrlash o'zgarmas bosimlar farqida boradi va jarayon tezligi bosimlar farqiga to'g'ri va cho'kma qatlami qarshiligiga teskari proporsionaldir.

Filtrlash jarayoni esa quyidagi kinetik tenglama bilan ifodalanadi:

$$\frac{dV}{Fd\tau} = \frac{\Delta p}{\mu(R_u + R_{\phi m})} \quad (1)$$

bu erda V - filtrat hajmi, m^3 ; F - filtrlash yuzasi, m^2 ; τ - filtrlash vaqti, s ; Δp - bosimlar farqi, N/m^2 ; μ - dinamik qovushoqlik, $\text{Pa}\cdot\text{s}$; R_{ch} , R_{ft} - cho'kma va filtr to'siqlar qarshiligi, m^{-1} .

1 m^3 filtrat olinganda x_{ch} (m^3) miqdorda cho'kma hosil bo'ladi deb qabul qilamiz. Unda,

$$x_u \cdot V = h_u F \quad (2)$$

bu erda h_{ch} – cho'kma qatlami balandligi, m.

Bu formuladan:

$$h_u = \frac{x_u \cdot V}{F}$$

Cho'kma qatlamining qarshiligi uning balandligiga proporsional deb faraz qilamiz.

$$R_0 = r_0 h_0 = \frac{r_0 x_0 V}{F} \quad (3)$$

bu erda r_0 – cho'kmaning solishtirma qarshiligi, m².

Agar (3) ni (1) ga qo'ysak, ushbu ko'rinishga ega bo'lamiz:

$$\frac{dV}{Fd\tau} = \frac{\Delta p}{\mu \cdot \left(\frac{r_u x_u V}{F} + R_{\phi m} \right)} \quad (4)$$

(4) tenglik filtrlash jarayonining asosiy tenglamasi deb ataladi.

Filtr to'siq qarshiligi hisobga olinmasa, quyidagi tenglama holatiga kelamiz

$$r_u = \frac{\Delta p}{\mu h_u \cdot w} \quad (5)$$

bu erda w - filtrlash tezligi.

Filtrlash jarayonining boshlang'ich fursati uchun, ya'ni $V = 0$ da, $R_{ft} = \Delta r / (\mu w)$.

$\Delta r = \text{const}$ bo'lgan holat uchun (4) tenglamani integrallasak ($0 - V$ va $0 - \tau$ oralikda), ushbu tenglama kelib chiqadi:

$$V^2 + 2 \frac{R_{\phi m} \cdot F}{r_0 x_0} \cdot V = 2 \frac{\Delta p F^2}{\mu r_u x_u} \cdot \tau \quad (6)$$

Olingan ushbu tenglama siqiladigan va siqilmaydigan cho'kmalar uchun qo'llasa bo'ladi va u filtrat hajmi ortishi bilan filtrlash tezligi kamayishini ko'rsatadi.

(6) tenglamani filtrlash vaqti τ ga nisbatan echsak, ushbu ifodaga erishiladi:

$$\tau = \frac{\mu x_u r_u}{2\Delta p} \left(\frac{V}{F} \right)^2 + \frac{R_{\phi m} \cdot V}{\Delta p \cdot F} \quad (7)$$

yoki (5) ni hisobga olsak

$$\tau = \frac{\mu r_u}{2\Delta p x_u} h_u^2 + \frac{R_{\phi m}}{\Delta p x_u} h_u \quad (8)$$

Shunday qilib, filtrlash vaqti olingan filtrat hajmi kvadratiga to'g'ri proporsionaldir.

Oxirgi tenglamani filtrning solishtirma ish unumdorligi ($V_f = V/F$) ga nisbatan echsak, quyidagi ko'rinishga ega bo'lamiz:

$$V_f = \sqrt{\frac{2\Delta p}{\mu x_q r_q} \tau + \left(\frac{R_{\phi m}}{\mu x_q r_q}\right)^2} - \frac{R_{\phi m}}{\mu x_q r_q} \quad (9)$$

O'zgarmas tezlik $w = \text{const}$ holat uchun (9) dan ushbu tenglamani olamiz:

$$V^2 \mu x_q r_q + R_{\phi m} V F \mu = \Delta F^2 \tau \quad (10)$$

yoki

$$V^2 + \frac{R_{\phi m} \cdot F}{r_q x_q} V = \frac{\Delta p F^2}{\mu r_q x_q} \tau$$

bu tenglamadan:

$$\Delta p = \mu x_q r_q \left(\frac{V}{F}\right)^2 \frac{1}{\tau} + \mu R_{\phi m} \left(\frac{V}{F}\right) \frac{1}{\tau} \quad (11)$$

yoki

$$\Delta p = \mu x_q r_q w^2 + \mu R_{\phi m} w$$

Shunday qilib, filtrlash vaqti ortishi bilan bosimlar farqi ko'payadi:

$$\tau = \frac{\mu x_q r_q \left(\frac{V}{F}\right)^2}{\Delta p} + \frac{R_{\phi m} V}{\Delta p F} \quad (12)$$

ya'ni olingan filtrat hajmi kvadratiga to'g'ri proporsional.

Filtrning solishtirma ish unumdorligi (m^3/m^2):

$$V_f = \sqrt{\frac{\Delta p}{\mu x_q r_q} \tau + \left(\frac{R_{\phi m}}{2\mu x_q r_q}\right)^2} - \frac{R_{\phi m}}{2\mu x_q r_q} \quad (13)$$

Amalda cho'kma hajmining filtrat hajmiga nisbati x_{ch} , cho'kma qatlamining solishtirma hajmiy qarshiligi r_{ch} va filtr to'siq qarshiliklari tajriba yo'li bilan aniqlanadi.

Agar, $F = 1 \text{ m}^2$ bo'lgan hol uchun (13) tenglamani ushbu ko'rinishda yozish mumkin:

$$V^2 + 2CFV = 2KF^2\tau \quad (14)$$

bu erda S - filtr to'siq gidravlik qarshiligini xarakterlovchi filtrlash konstantasi, m^3/m^2 ; K - filtrlash rejimi va suyuqlikdagi cho'kmaning fizik-kimeviy xossalarini hisobga oluvchi filtrlash konstantasi, m^2/s .

$$C = \frac{R_{\phi m}}{r_q \cdot x_q} \quad (15)$$

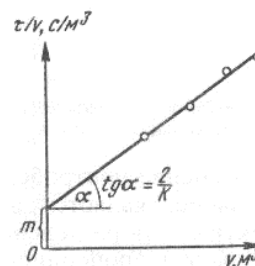
$$K = \frac{2\Delta p}{\mu r_q x_q} \quad (16)$$

Agar, (14) tenglamaga o'zgartirish kiritsak, ushbu ko'rinishga ega bo'lamiz:

$$\frac{\tau}{V} = \frac{2V}{K} + \frac{2C}{K} \quad (17)$$

Ko'rinib turibdiki, (17) tenglik absstissaga α qiya burchak ostida joylashgan to'g'ri chiziq tenglamasi. Ushbu burchak tangensi $\operatorname{tg} \alpha = 2/K$ teng va u ordinata o'qida $m = 2S/K$ kesmani ajratadi (2-rasm).

Ushbu to'g'ri chiziqni qurish uchun absstissa o'qiga o'lgangan V_1, V_2, \dots, V_n qiymatlari, ordinata o'qiga esa - $\tau_1/V_1, \tau_2/V_2, \dots, \tau_n/V_n$ larning tegishli qiymatlari qo'yiladi.



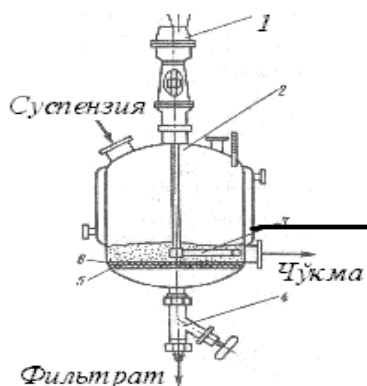
2-расм. Фильтрлаш

Филтрлар конструктиyalari.

Ishlash prinstipiga qarab, filtrlar quyidagilarga bo'linadi: o'zgarmas bosimlar farqi yoki o'zgarmas filtrlash tezligida ishlaydigan filtrlar; filtr to'siqda hosil qiladigan bosimlar farqiga qarab, vakuum yoki ortiqcha bosim ostida ishlaydigan qurilmalar; jarayonni tashkil etishga qarab, uzlukli yoki uzluksiz ishlaydigan qurilmalar.

константасини аниқлашга

Bosim ostida ishlaydigan qurilma bir necha turga, ya'ni gidrostatik bosim, nasos yoki kompressor yordamida hosil qilingan, vakuum va markazdan qochma kuch ta'sirida hosil



4-расм. Аралаштиргичли нутч - филтр.

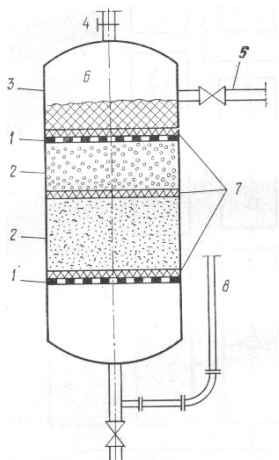
1-узатма; 2-филтр қобиғи; 3-аралаштиргич; 4-

bo'lgan bosimlarda ishlaydigan filtrlarga bo'linadi.

Technologik maqsadlarga qarab, qurilmalar ikki turga bo'linadi: a) suyuqliklarni tozalash filtrlari; b) gazlarni tozalash filtrlari.

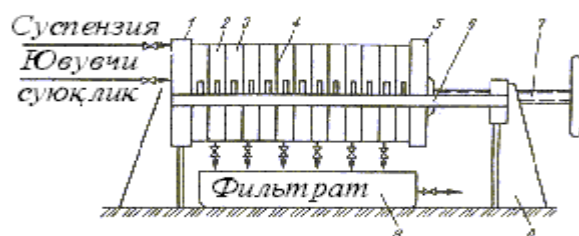
Filtr to'siqlarning turiga qarab, donasimon materiallar, turli gazlamalar va qattiq materiallar (keramika, to'r) yordamida turli jinsli sistemalarni tozalaydigan **filtrlarga** bo'linadi.

Qumli filtr. Bu qurilma donasimon materialli filtrlar guruhiga oid (3-rasm).



3-расм. Қумли филтр.

1 - турли дисклар; 2 - қўм; 3 - қобик;
4 - ҳаво жўмрағи; 5 - суспензия
кириш трубази; 6 - пахта; 7 -
фильтрловчи тўқима;



5-расм. Ромли филтр-пресс.

1 - таянч плита, 2 - ром; 3 -плита; 4 - филтр
тўсиқ; 5 - ҳаракатчан плита; 6 - горизонтал
йўналтирувчи; 7 - вилт.

Bu turdagi filtrlar suspenziya tarkibida qattiq faza miqdori kam bo'lgan hollarda, ya'ni oziq-ovqat sanoatida suvni filtrlash va liker-arok korxonalarida keng ko'lamda ishlatiladi.

Filtrning Silindrik qobig'ida ikkita to'rli disk bo'lib, ular qurilmani 3 qismga ajratadi: yuqori - suspenziya oqib kiruvchi, o'rta - filtrlovchi va quyi - yig'uvchi. Ikkala disk orasida filtrlovchi qum qatlami joylashgan bo'lib, u yirik va mayda frakstiyalardan iborat bo'ladi. Frakstiyalar filtr to'qima bilan ajratilgan. Yuqori va quyi disklar ham filtr to'qima bilan qoplangan bo'ladi. Filtrlanuvchi suyuqlik 0,02...0,03 MPa bosimda qurilma tepasidan yuboriladi, filtrat esa pastki qismdan chiqariladi.

Filtrlash tezligi 250...750 kg/(m²·soat).

Ushbu filtr tuzilishi sodda, filtrlash sifati esa – yuqori.

Lekin, hajm birligida filtrlovchi yuza kam va jarayon tezligi past bo'lgani uchun, filtrning ish

unumdorligi juda kichik. Undan tashqari, filtr - qumni almashtirish qiyin va ko'p vaqt talab qiladi.

Nutch - filtr vakuum yoki ortiqcha bosim ostida ishlashi mumkin

(4-rasm). Cho'kmani chiqarib tashlash uchun filtrga bir parrakli aralashtirgich o'rnatilgan.

Suspenziya va siqilgan havo alohida shtusterlar orqali uzatiladi. Olingan filtrat esa, to'kish jumragi 4 orqali chiqariladi. Undan tashqari, filtrga saqlovchi jo'mrak ham o'rnatilgan.

Filtrning ish stikli quyidagi bosqichlardan iborat: suspenziya bilan to'ldirish; bosim ostida filtrlash; filtr to'siqdan cho'kmani tushirish; filtr to'siqni qayta tiklash. Bunday filtrlarda cho'kmani yuvish jarayonini ham bir vaqtda o'tkazsa bo'ladi.

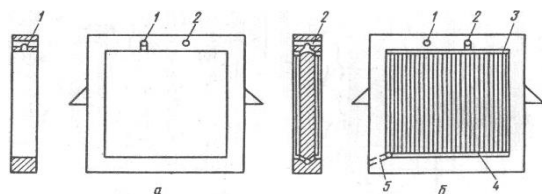
Suspenziyalarni filtrlash paytida filtr to'siq sifatida karton, belting va sintetik tolalarni qo'llash mumkin. Sintetik tolalarning afzalligi shundaki, ular yuqori mexanik mustahkamlik, termik va kimyoviy chidamlilikka ega. Sintetik tolalardan, zichligi asta - sekin o'zgaradigan, filtr to'siqlar tayyorlash mumkin.

Bunday filtr qattiq faza miqdori kam bo'lgan suspenziyalarni filtrlashda juda qo'l keladi, chunki zarrachalar uning butun balandligi bo'ylab cho'kadi. Filtrning tashqi qatlamida yirik, ichki qatlamlarida esa mayda zarrachalar ushlanib qoladi. Bunday selektiv filtrlash jarayon tezligi yuqori bo'lishi, kovakchalar yuzasini to'lib qolish oldini oladi va filtrning xizmat muddatini uzaytiradi.

Romli filtr - press. Bunday filtrlar suspenziyalar (masalan: vino, pivo, sut mahsulotlar) ni tozalash uchun qo'llaniladi (5-rasm).

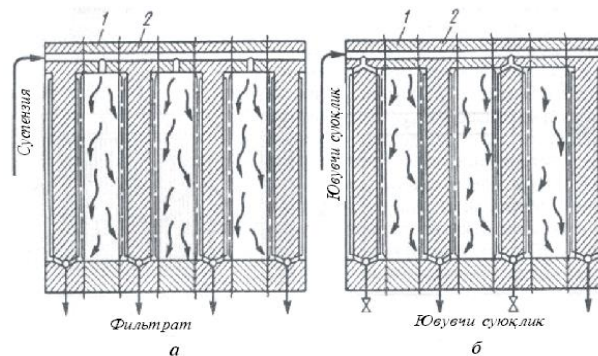
Filtrlovchi blok orasida filtr to'qima yoki karton joylashgan almashuvchi rom va plitalardan tashkil topgan. Rom va plitalar yo'naltiruvchi 6 da siquvchi vint 7 yordamida qisib qo'yiladi. Odatda filtr metall stanina 8 da o'rnatiladi.

Xar bir rom va plitada suspenziyani kiritish va yuvish suyuqligini chiqarish kanallari bor



6-расм. Фильтр - пресс роми (а)

ва плитаси (б).



7-расм. Ромли фильтр – пресс ишлаш схема.

1, 2 - суспензия ва ювиш суюқлиги кириш

Plitalarning ikkala tomonida yig'uvchi kanallar 4 bo'lib, yuqori qism drenaj va pastki qismi esa, aylanma kanallar bilan ulangan.

Suspenziya bosim ostida kanal orqali romning ichkarisiga filtr materialdan o'tadi (7 a-rasm), keyin esa yuzasidagi kanalchalar orqali pastga tushadi.

Filtrat plitaning pastki qismida joylashgan kanalcha orqali chiqib, umumiy tarnovga tushadi. Romning ikkala tomoni cho'kma bilan to'lganda, filtrlash jarayoni to'xtatiladi va teskari yo'nalishda yuqori bosimli suyuqlik yuborilib, cho'kma yuviladi va aylanma kanallar orqali chiqariladi. Shundan keyin yuvish uchun suv yuboriladi va jarayon tugagach plita chapga surilib, cho'kma to'kiladi. (7 b-rasm)

Filtr - pressning ish stikli ushbu jarayonlardan iborat: ishga tayyorlash; filtrlash; yuvish; cho'kmani to'kish. Davriy ishlaydigan filtr qurilmalarda yordamchi jarayonlarni bajarish uchun ish stiklining 30% ga yaqin vaqti sarflanadi va cho'kmani to'kish ko'p mehnat talab qiladi. Bu turdagi filtrlarda filtr to'qimalar sarfi katta va ularni almashtirish qiyin. Uzluksiz ishlaydigan qurilmalarda ushbu kamchiliklar bartaraf etilgan, chunki bu filtrlarda filtrlash, cho'kmani quritish, yuvish, ajratish jarayonlari bir vaqtda sodir bo'ladi.

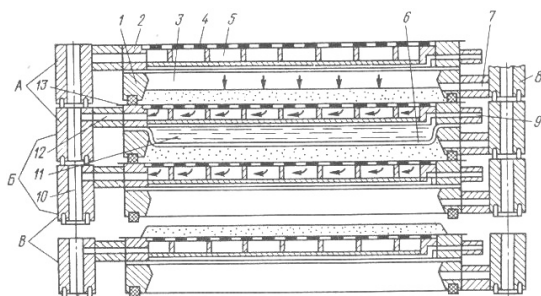
Filtr - press (FPAKM). Bunday filtrda cho'kmani to'kish mexanizastiyalashgan. Ushbu qurilma kamerali, avtomatlashtirilgan filtr bo'lib, temperaturasi 80°S, konstantrastiyasi 10...500 kg/m³ li mayin dispers suspenziyalarni ajratish uchun qo'llaniladi. Bu turdagi filtr davriy ishlaydigan bo'ladi.

Ko'pincha bu filtr - presslarda bir - biriga zich joylashgan bir qator to'rtburchak shakldagi filtrlardan iborat (8-rasm).

To'rtburchak filtrlarning bunday joylashuvi solishtirma filtrlash yuzasining ko'payishiga olib keladi.

Agar filtr *A* holatda bo'lsa, kollektor 8 dan kameraga ajratish uchun suspenziya, yuvish uchun suyuqlik va cho'kmani qisman quritish uchun siqilgan havolar ketma - ket keladi. So'ng filtrat, yuvish suyuqligi va havo kanallar 12 orqali kollektor 10 ga chiqariladi.

Filtrning *B* holatida kanallar 9 orqali bo'shliq 11 ga bosim ostida suv uzatiladi. Natijada egiluvchan elastik diafragma *G* yordamida cho'kma



8-расм. Горизонтал камерали

фильтр - пресс (ФПКМ).

1-пастки плита; 2-тепа плита; 3-суспензия ва чўкма учун бўшлик; 4-тешикли диск; 5-филтрат учун бўшлик; 6-эгилувчан диафрагма; 7, 9, 12-каналлар; 8-суспензия учун коллектор; 10-филтратни чиқариш коллектори; 11-сув

siqiladi. Undan keyin, *V* holatda plitalar suriladi va hosil bo'lgan tirqishlardan cho'kma to'kiladi.

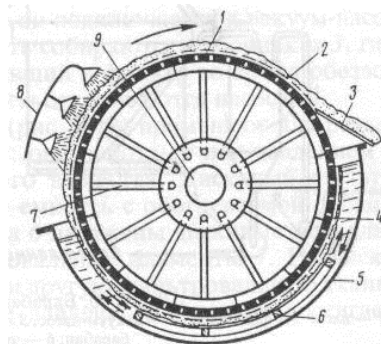
Barabanli vakuum - filtr. Bu turdagi filtrlar konstantriyasi 50 ... 500 kg/m³ bo'lgan suspenziyalarni uzluksiz ravishda ajratish uchun ishlatiladi (9-rasm). Qattiq zarrachalar kristall, tolali amorf va kolloid tuzilishga ega bo'lishi mumkin. Filtr ish unumdorligi qattiq zarrachalar tuzilishiga bog'liq va yuqorida keltirilgan ketma - ketlikda pasayib boradi.

Filtrning asosiy qismi gorizontal baraban bo'lib, u elektr yuritkich yordamida asta - sekin aylantiriladi. Odatda uning 0,3...0,4 qismi suspenziyali tog'oraga tushib turadi. Tog'ora ichida silkinib turuvchi aralashirgich suspenziya tarkibini bir xil bo'lishini ta'minlaydi, ya'ni uning tarkibidagi zarrachalarni cho'kmaga tushishiga to'sqinlik qiladi. Baraban ikkita stilindrdan tuzilgan bo'ladi. Tashqi stilindr elaksimon bo'lib, uning ustiga sim to'r tortilgan.

Sim to'rning usti esa, filtr to'qima bilan qoplangan. Barabanning filtrlovchi to'siqlaridan filtrat vakuum ostida so'rib olinadi. Filtrning ustida suspenziyadagi qattiq zarrachalar cho'kma qatlamini hosil qiladi. Bu cho'kma pichoq yordamida barabanning ustki qismidan uzluksiz ravishda kesib olinadi. Barabanning ichki qismi to'siqlar yordamida alohida sektorlarga bo'lingan. Kanallar esa filtrlash jarayonining hamma stikllarini bevosita filtr ishlashini boshqaruvchi bosh taqsimlagich bilan birlashtirilgan. Bosh taqsimlagichda ikkita disk bo'lib, biri aylanma harakat qilsa, ikkinchisi - qo'zg'almasdir. Qo'zg'almas diskdagi teshiklar trubalar orqali vakuum - nasos, hamda filtratni ajratib oluvchi va yuvuvchi suyuqlik bilan cho'kmani ajratish va filtr to'qimani tozalash uchun siqilgan havo beruvchi kompressor bilan ulangan bo'ladi.

Aylanuvchi diskning har bir teshigi birin-ketin qo'zg'almas diskning teshiklari bilan ulanadi. Shuning uchun baraban bir marta aylanganida, filtrlash jarayonining hamma bosqichlari bajariladi. Birinchi bosqichda baraban sekstiyalari vakuum - nasos bilan ulanadi va filtrat idishga tushadi. Keyingi bosqichda baraban sekstiyalari yuvuvchi suyuqlik bilan ulanadi va cho'kma yuviladi. Oxirgi bosqichda baraban sekstiyalari siqilgan havo trubalari bilan ulanib, cho'kma quritiladi va filtrlash yuzasi tozalanadi.

Bu turdagi filtrlarning ishchi yuzasi 5...150 m³ bo'ladi. Kamchiliklari: filtrlash yuzasi katta bo'lgani uchun ko'p joy egallaydi; filtrning narxi qimmat bo'ladi.



9-расм. Барабанли вакуум – фильтр.

1-тешикли барабан; 2-фильтр тўқима; 3-чўкmani кесиб турувчи пичок; 4-секция; 5-тоғора; 6-аралаштиргич; 7-труба; 8-суюклик пуркагич; 9-бош таксимлагич.

Tekshirish uchun savollar:

1. Filtrlash jarayoni xaqida nimalarni bilasiz?
2. Filtrlash turlari va tezligi qanday?
3. Barabanli vakuum filtr qanday ishlaydi?
4. Nutch filtr avzalligi nimada?

11 –MA’RUZA

MAVXUM QAYNASH QATLAM GIDRODINAMIKASI.

REJA:

1. Umumiy tushunchalar.
2. Mavxum qaynash jarayoni asoslari va gidrodinamikasi.
3. Mavxum qaynash qatlamli qurilmalar.

Kimyo va oziq - ovqat texnologiyasi 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; absorbtion 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 xarakati davrida qatlam zarrachalari orasidagi bo'shliqlar suyuqlik bilan to'lib turadi. Bunda, suyuqlik qatlamning zarrachalarini, elementlarini yuvib va noto'g'ri shaklli kanallar orqali oqib o'tadi. Bunday xarakat gidrodinamikaning aralash masalasini tashkil etadi.

Gaz energiyasi xisobiga qattiq zarrachalarning bir - biriga nisbatan tartibsiz xarakatiga, ya'ni qatlam xuddi qaynayotgandek bo'lib ko'rinishiga «qattiq jism – gaz» ikki fazali sistemaning **mavxum qaynashi** deb ataladi. Ishchi eltkich ta'sirida xosil bo'lgan mavxum qaynash sistemasining mavxum qaynash yoki qaynash qatlami deb nomlanishining kelib chiqish sabablaridan biri, ushbu qatlamga tomchili suyuqliklar ko'p xossalarning mosligidir.

Agar, qattiq material qatlamining mavxum qaynash xolatini ta'minlovchi tezlik bilan yuqoriga qarab ishchi eltkich xarakat qilsa, mavxum qaynash qatlami xosil bo'ladi.

Oxirgi vaqtda kimyo va oziq - ovqat sanoatlarining barcha korxonalarida mavxum qaynash jarayonlari keng ko'lamda qo'llanilmoqda. Ushbu jarayon aralashtirish, uzatish, sochiluvchan materiallarni klassifikastiyalash, issiqlik almashinish, quritish, absorbsiya, Absorbsiya, granullash, kristallanish va boshqa jarayonlarda yuqori natijalar bermoqda. Bunday ijobiy natijalar mavxum qaynash jarayonining quyidagi afzalliklari bilan belgilanadi:

1. Qattiq zarrachalar intensiv aralashishi, qurilmaning butun xajmi bo'ylab material temperaturasi va konstrastiyalarining tekislanishiga olib keladi. Bu xol o'z navbatida jarayonni optimal tashkil etishga xalaqit beruvchi qattiq zarrachalarni lokal o'ta qizib ketish oldini oladi;

2. Mavxum qaynash qatlamining yuqori oquvchanligi materialni beto'xtov uzatuvchi va tayyor maxsulotni to'kuvchi, ya'ni uzluksiz ravishda ishlaydigan qurilmalarni yaratish imkonini beradi;

3. Kichik o'lchamli, katta solishtirma yuzali zarrachalar qayta ishlanganda issiqlik va massa almashinish yuzalari keskin ortadi, xamda diffuzion qarshilik kamayadi. Bu xol o'z navbatida qurilmaning ish unumdorligini oshirishga olib keladi;

4. Issiqlik almashinish jarayonlari intensivlashadi, bu esa issiqlik almashinish qurilmalari ishchi xajmlarini kamaytirish imkonini yaratadi;

5. Mavxum qaynash qatlamli qurilmalar gidravlik qarshiligi kichik bo'ladi va gaz oqimining tezligiga bog'liq emas;

6. Qattiq zarrachalar va ishchi eltkichlar xossalari juda keng oralikda o'zgaradigan, xamda suspenziya va pastasimon materiallar xam mavxum qaynash jarayonida qayta ishlanishi mumkin;

7. Mavxum qaynash qatlamli qurilmalar tuzilishi sodda, ixcham va oson avtomatlashtiriladi.

Yuqorida qayd etilgan afzalliklar bilan birga, mavxum qaynash jarayonining quyidagi kamchiliklari bor:

- bir sekstiyada zarracha va ishchi eltkichlarning bo'lish vaqti bir xil emas;
- mavxum qaynash qatlamida zarrachalar bir - biriga urilishi natijasida ediriladi;
- zarrachalarni edirilishi natijasida xosil bo'lgan chang qurilmadan uchib ketadi. Bu xol, albatta qo'shimcha chang ushlagichlar o'rnatilishini taqozo etadi;
- dielektrik material zarrachalari mavxum qaynash qatlamli qurilmalarda ishlov berilganda, statik elektr zaryadlar xosil qiladi. Bu esa, portlash xavfini tug'diradi.

Qayd etilgan mavxum qaynash jarayonining kamchiliklari salmoqli emas va ular qisman yoki butunlay bartaraf qilinishi mumkin.

Sochiluvchan, donador materiallar qatlami gidravlik qarshilik, zarrachalar o'lchami, solishtirma yuza va bo'sh xajm ulushi bilan xarakterlanadi.

Solishtirma yuza - a (m^2/m^3) qatlamning xajm birligida joylashgan xamma zarrachalar yuzasini ifodalaydi.

Donasimon zarrachalar orasidagi bo'shliq xajmining qatlam xajmiga nisbati **bo'sh xajm** yoki **g'ovaklilik** (ϵ) deyiladi va u o'lchamsiz kattalikdir:

$$\epsilon = \frac{V - V_0}{V} \quad (1)$$

bu erda V - donasimon qatlam xajmi, m^3 ; V_0 - qatlam zarrachalari egallagan xajm, m^3 .

Agar, biror qurilmada donasimon materiallar balandligi N (m) ko'ndalang kesim yuzasi F (m^2) bo'lsa, unda qatlam xajmi $V = FH$ va zarrachalar egallab turgan xajm $V_0 = FH(1-\epsilon)$ ga teng bo'ladi. Tegishli qatlamning bo'sh xajmi $V_{bx} = FH\epsilon$, zarrachalar yuzasi esa - FNa ga teng.

Qatlam kanallarining ko'ndalang kesimlar yig'indisi yoki qatlamning bo'sh ko'ndalang kesimini topish uchun V_{bx} ni kanal uzunligiga bo'lish kerak. Agar, kanallarning o'rtacha uzunligi qatlam balandligidan α_k marta ortiq bo'lsa, kanallar uzunligi $\alpha_k N$ va qatlamning bo'sh ko'ndalang kesimi $FH\epsilon/\alpha_k H = F\epsilon/\alpha_k$ (bu erda α_k - kanallarning egrilik koeffitsienti).

Bo'sh ko'ndalang kesimning xo'llangan perimetri kanallar umumiy yuzasini ularning o'rtacha uzunligiga bo'lish yo'li bilan topiladi, ya'ni $P = FHa/\alpha_k H = Fa/\alpha_k$.

Agar, qatlamning bo'sh ko'ndalang kesimi va xo'llangan perimetri ma'lum bo'lsa, ekvivalent diametрни ushbu tenglamadan aniqlasa bo'ladi:

$$d_s = \frac{4F}{\Pi} = \frac{4 \cdot \left(\frac{F\epsilon}{\alpha_k} \right)}{\frac{Fa}{\alpha_k}} = \frac{4\epsilon}{a} \quad (2)$$

Ekvivalent diametr d_s qatlam zarrachalari o'lchamlari orqali xam ifodalanishi mumkin. Agar, qatlam xajmi $1 m^3$, zarrachalari soni n ta bo'lsa, ularning xajmi $(1-\epsilon)$ va yuzasi a ga teng deb xisoblaymiz. Unda, bitta zarrachaning o'rtacha xajmi :

$$V_3 = \frac{1-\epsilon}{n} = \frac{\pi d^3}{6} \quad (3)$$

yuzaesi esa:

$$F_3 = \frac{a}{n} = \frac{\pi d^2}{f} \quad (4)$$

bu erda d - zarracha xajmiga teng ekvivalent sharning diametri; f - shakl koeffitsienti (shar uchun $f = 1$).

Unda, zarracha yuzasining xajmiga nisbati ushbu ko'rinishdan topiladi:

$$\frac{a}{1-\varepsilon} = \frac{6}{df} \quad (5)$$

bundan

$$a = \frac{6 \cdot (1 - \varepsilon)}{fd} \quad (6)$$

Agar, (5) ni (6) tenglamaga qo'ysak, quyidagi formulani olamiz:

$$d_s = \frac{2f\varepsilon d}{3 \cdot (1 - \varepsilon)} \quad (7)$$

Polidispers zarrachalardan tarkib topgan qatlam uchun diametr d ushbu nisbatdan xisoblab topiladi:

$$d = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{x_i}{d_i}} \quad (7)$$

bu erda $x_i - d_i$ diametrlri zarrachalarining hajmiy yoki massaviy ulushi.

Donasimon qatlam zarrachalari orasidagi kanallarda xarakatlanayotgan oqimning xaqiqiy tezligi w ni aniqlash juda qiyin. Shuning uchun, avval suyuqlikning mavxum tezligi w_0 topiladi. Xaqiqiy va mavxum tezliklar orasida quyidagi bog'liqlik bor:

$$w = \frac{w_0}{\varepsilon} \quad (8)$$

Suyuqlik donasimon qatlamga xarakat qilganda, (ishqalanish qarshiligi) gidravlik qarshilikni, bosim yo'qotilishini xisoblash formulasidan topish mumkin:

$$\Delta P_{uk} = \lambda \frac{l}{d_s} \frac{\rho w^2}{2} = \lambda \left[\frac{H}{\frac{2fed}{3 \cdot (1 - \varepsilon)}} \right] \frac{\rho \cdot \left(\frac{w_0}{\varepsilon} \right)^2}{2}$$

yoki

$$\Delta P = \frac{3 \cdot (1 - \varepsilon)}{2\varepsilon^3 f} \lambda \frac{H}{d} \frac{\rho w_0^2}{2} \quad (9)$$

Ma'lumki, gidravlik qarshilik koeffitsienti λ gidrodinamik rejimga bog'liq bo'lib, Reynolds kriteriysi qiymati bilan belgilanadi.

Agar (8) dan w va (9) dan d_s larning qiymatlarini Re qo'ysak, ushbu ko'rinishdagi Reynolds kriteriysini olamiz:

$$Re = \frac{w d_s \rho}{\mu} = \frac{w_0 4\varepsilon \rho}{\varepsilon a \mu}$$

yoki

$$Re = \frac{4w_0 \rho}{a \mu} = \frac{4W}{a \mu} \quad (10)$$

bu erda W - qurilmaning 1 m² ko'ndalang kesimiga to'g'ri keladigan suyuqlikning massaviy tezligi, kg/(m²·s).

Olingan formuladagi solishtirma yuza a o'rniga tenglamadagi qiymatni yoki Re formulasiga d_e ning qiymatini to'g'ridan – to'g'ri qo'ysak, quyidagi ko'rinishga ega bo'lamiz:

$$Re = \frac{2}{3} \cdot \frac{f}{1 - \varepsilon} \cdot \frac{w_0 d \rho}{\mu} = \frac{2}{3} \cdot \frac{f}{1 - \varepsilon} \cdot Re_0 \quad (11)$$

bu erda:

$$Re_0 = \frac{w_0 d \rho}{\mu} \quad (12)$$

Gidravlik qarshilik koeffitsienti λ ni hisoblash uchun bir qator formulalar keltirib chiqarilgan. Suyuqliklarning sochiluvchan, donador qatlamlarda xarakat qilishidagi xamma rejimlar umumiy gidravlik qarshilik koeffitsientini hisoblash quyidagi formula yordamida amalga oshiriladi:

$$\lambda = \frac{133}{Re} + 2,34 \quad (13)$$

Ushbu formuladagi Re kriteriysi (12) formula orqali aniqlangan.

Shuni aloxida qayd etish kerakki, gaz donador qatlam orqali xarakat qilganda turbulent rejim, suyuqlik truba ichida xarakat paytidagidan, avvalroq boshlanadi. Lekin, laminar va turbulent rejimlar orasida keskin o'tish xolati yo'q. Laminar rejim $Re < 50$ dan qiymatlarda amalga oshadi. Ushbu rejimda donador qatlam uchun $\lambda = A/Re$.

Agar, $Re < 1$ bo'lganda (13) formuladagi qo'shiluvchi hisobga olinmaydi, ya'ni λ quyidagi formuladan topiladi:

$$\lambda = \frac{133}{Re} \quad (14)$$

Agar, $Re > 700$ bo'lganda, donador qatlamda turbulent rejimning avtomodel soxasi boshlanadi, ya'ni jarayon tezlikga bog'liq bo'lmaydi. Unda, (13) formuladagi birinchi qo'shiluvchini tushirib qoldirish mumkin, ya'ni :

$$\lambda \approx 2,34 = const \quad (15)$$

Donador qatlam bo'sh xajmi yoki g'ovakliligi ε qurilmaga materialni yuklash uslubiga bog'liq. Masalan, sharsimon materiallar erkin to'kib yuklanganda qatlamning g'ovakliligi o'rtacha $\varepsilon \approx 0,4$ ga teng. Lekin, amaliyotda ε ning qiymati 0,35 dan 0,45 gacha bo'ladi.

Undan tashqari, donador qatlamning ε kattaligi zarracha diametri d va qurilma diametri D orasidagi nisbatga bog'liqdir. Bunga sababchi devor oldi effektidir, ya'ni devor yaqinida zarrachalar zichlanishi xar doim kam bo'ladi. Shuning uchun, devor oldida qatlamning g'ovakliligi qurilma markazi g'ovakligidan xar doim yuqoridir. Ushbu farq d/D ortishi bilan ko'payib boradi.

Sanoat donador qatlamli qurilmalarini modellashtirishda model qurilma diametri material zarrachalari diametridan eng kamida 8..10 marta katta bo'lishi shart.

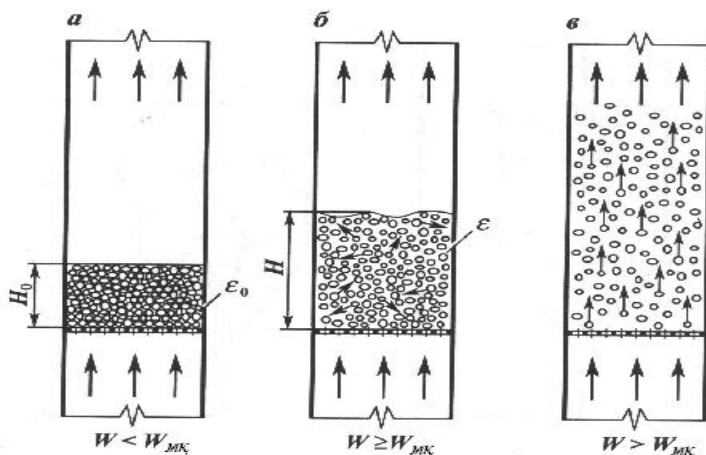
Mavxum qaynash jarayoni asoslari va gidrodinamikasi

Suyuqlik oqimi istalgan tezliklarda, faqat pastdan yuqoriga xarakat qilgandagina, donador qatlam orqali suyuqlik xarakati qonuniyatlari ushbu jarayon uchun taalluqlidir. Suyuqlik oqimining yuqori chegarasi qatlam qo'zg'almas xolati bilan belgilanadi.

1-rasmda qattiq zarrachalar qatlamining pastdan yuqoriga ko'tariluvchi oqim tezligiga bog'liqlik 3 xolati tasvirlangan.

Gaz taqsimlash to'ri orqali pastdan yuqoriga qarab kichik tezlik bilan gaz yoki suyuqlik oqimi yuborilsa, donador qatlam qo'zg'almas xolatida qoladi (1a-rasm). Bunda oqim tezligi o'zgarishi bilan qatlam (solishtirma yuza, g'ovaklilik va xokazo) ning xarakteristikalari o'zgarmaydi. Qatlam orqali o'tayotgan gaz (yoki suyuqlik) oddiy, filtrlanib xarakatlanadi.

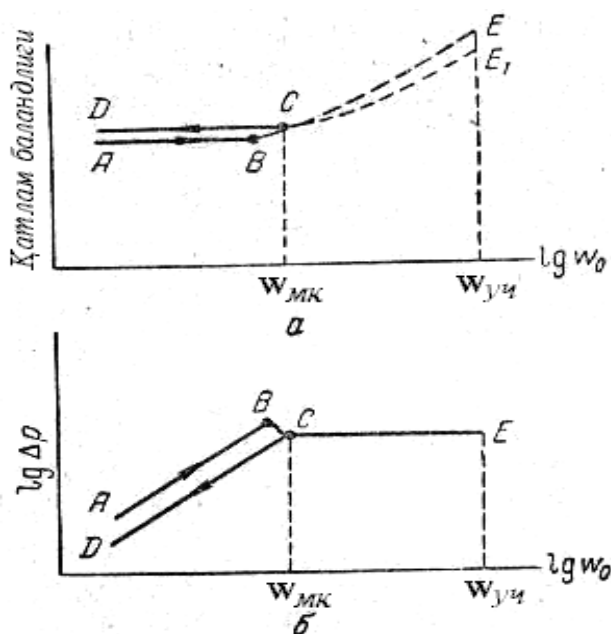
Lekin, gaz (yoki suyuqlik) oqimining tezligi asta - sekin oshirib borilsa, tezlikning ma'lum bir kritik qiymatida qatlamdagi zarrachalar og'irligi bilan oqimning gidrodinamik bosim kuchi tenglashadi. Bunda qatlamning qo'zg'almas xolati buziladi va uning g'ovakliligi, balandligi ko'payib boradi. Shu vaqtda qatlam zarrachalari siljib boshlaydi va qatlam oquvchanlikka ega bo'lib boshlaydi. Agar gaz oqimi tezligi yanada oshirilsa, qatlam kengayadi, zarrachalar xarakati faollashadi, lekin gidrodinamik muvozanat xali xam buzilmaydi. Bu xol qatlamning mavxum qaynash jarayoniga



1-расм. қаттиқ заррачалар қатлами орқали газ (сууюқлик) хараката-кўзғалмас қатлам; б-мавхум қайнаш қатлами; в - қаттиқ заррачаларнинг оқим билан чиқиб кетиши

buziladi. Bunda gidrodinamik bosim kuchlari qatlam zarrachalari og'irlik kuchidan oshib ketadi va qattiq zarrachalar gaz oqimi bilan birga uchib chiqa boshlaydi (1v-rasm). Gaz oqimi bilan qattiq zarrachalarning yoppasiga uchib chiqa boshlash xodisasi **pnevмотransport** deb nomlanadi va sanoatda sochiluvchan materiallarini uzatish uchun ishlatiladi.

2-rasmda donador qatlam balandligi va gidravlik qarshiligining oqim **soxta** (qurilma ko'ndalang kesim yuzasiga nisbatan xisoblangan tezlik) **tezligidan** bog'liqlik grafiklari keltirilgan.



2- расм. Донатор заррачалар қатлами баландлиги (а) ва гидравлик қаршилигининг (б) оқим тезлигига боглиқлиги.

Qatlam qo'zg'almasligi buzilib, mavxum qaynash xolatiga o'tish paytidagi tezlik **mavxum qaynashning boshlanish tezligi yoki birinchi kritik tezlik** deb nomlanadi va w_{mk} xarfi bilan belgilanadi.

Agar, gaz oqimi tezligini w_{mk} gacha oshirib borilsa donador qatlam gidravlik qarshiligi ortib boradi (2 b-rasm). Lekin, w_0 qiymati oshishi bilan qatlamning balandligi umuman o'zgarmaydi (2a-rasm AVS chiziq).

Oqimning gidrodinamik bosim kuchi qattiq zarrachalar qatлами og'irlik kuchiga teng bo'lganda mavxum qaynash jarayoni boshlanadi. Lekin, amalda V nuqtadagi tegishli bosimlar farqi bevosita mavxum qaynash boshlanishiga (S nuqta) oid ΔP dan, ya'ni qatlamni mavxum qaynash xolatida ushlab turish uchun zarur gidrodinamik bosim kuchidan ko'proq bo'ladi.

Bunga sabab, qo'zg'almas qatlam xolatidagi zarrachalar orasidagi tortishish kuchidir. Gaz oqimi tezligi w_{mk} bo'lganda, zarrachalar orasidagi tortishish kuchlarini

engadi va gidrodinamik bosim kuchi (ΔP) qatlam zarrachalari og'irligiga tenglashadi.

2b-rasmdan ko'rinib turibdiki, yuqorida aytilgan shartlar mavxum qaynash jarayonining xamma oraligida ($S-E$ chiziq) bajarilmoqda. Mavxum qaynash boshlanishi bilan oqimning gidrodinamik bosim kuchlari qatlamdagi qattiq zarrachalar og'irligini muvozanatda ushlaydi.

Gaz oqimi tezligi ortishi bilan qatlam zarrachalari og'irligi o'zgarmaydi. Demak, qatlamni mavxum qaynash xolatida ushlab turish uchun zarur bo'lgan ΔP xam bir xil bo'ladi. Bu xolat 2 b-rasmda SE chizig'i bilan ifodalanadi. Agar tezlik yana oshirilsa, mavxum qaynash muvozanati buzilib, qurilmadan gaz oqimi bilan zarrachalar yoppasiga uchib chiqa boshlaydi. Ushbu xolatga oid tezlik **uchib chiqish tezligi** yoki **ikkinchi kritik tezlik** deb yuritiladi va w_{uch} belgi bilan ifodalanadi.

Bu xolatda qatlamning g'ovakliligi juda katta bo'ladi, ya'ni ε ni qiymati 1 yaqinlashib boradi. Agar, ishchi tezlik w_0 qiymati w_{uch} dan ozgina ortsa, zarrachalarning qurilmadan yoppasiga uchib chiqishi boshlanadi.

Agar, gaz oqimi tezligi asta - sekin kamaytirib borilsa, jarayon egri chizig'i ABS chiziq emas, balki CD chizig'i bilan ifodalanadi (2 b-rasm). Ushbu xodisa **gisterezis** deb nomlanadi. Gisterezis xodisasining paydo bo'lishiga sabab, zarrachalar o'rtasidagi o'zaro tortishish kuchi, ya'ni ushbu kuchni engishga qo'shimcha energiya sarf bo'lishidir. Undan tashqari, mavxum qaynash jarayoni tugagandan so'ng, qo'zg'almas qatlam g'ovakliligi yoki balandligi mavxum qaynash jarayoni boshlashdan avvalgi qatlamnikidan bir oz ko'p bo'ladi. Buning isboti rasmdagi CD chiziqning AV dan tepada joylashganligidir.

Agarda jarayon yana qaytadan boshlansa, ya'ni gaz oqimi tezligi ortishi bilan qatlamning gidravlik qarshiligi AV chizig'i emas, balki CD chizig'i bilan ifodalanadi. Xulosa qilib aytganda, gisterezis xodisasi namoyon bo'lmaydi.

Mavxum qaynash jarayoni egri chizig'ining shakli qatlam xolatini ifodalaydi. Mavxum qaynash jarayoni w_{mk} va w_{uch} tezliklar oraligi bilan chegaralanadi.

Ishchi tezlik w ning mavxum qaynash boshlanishi tezligi w_{mk} ga nisbati **mavxum qaynash soni** K_w deb ataladi va u quyidagi ko'rinishga ega:

$$K_w = \frac{w_0}{w_{mk}} \quad (16)$$

Mavxum qaynash soni zarrachalarning aralashish intensivligi va qatlam xolatini ifodalaydi.

Ko'pchilik xolatlarda zarrachalarning intensiv aralashishi $K_w=2$ da bo'lishi tajriba yo'li bilan aniqlangan. Aniq texnologik jarayon uchun K_w ning optimal qiymati keng oralikda o'zgaradi va u tajriba yo'li bilan topiladi.

Sharsimon shaklli ($f \approx 1$), govakliligi $\varepsilon \approx 0,4$ bo'lgan qatlamning mavxum qaynashning boshlanish tezligi prof. O.M.Todes formulasi yordamida aniqlanishi mumkin:

$$Re = \frac{Ar}{1400 + 5,22\sqrt{Ar}} \quad (17)$$

bu erda

$$Re_{mk} = \frac{w_{mk} d}{\mu} \quad (18)$$

Mavxum qaynash boshlanish tezligi:

$$w_{mk} = \frac{Re_{mk} \cdot \mu}{d\rho} \quad (19)$$

(17) formuladagi Arximed (Ar) kriteriysi ushbu formuladan topiladi:

$$Ar = \frac{gd_0^3}{v^2} \cdot \frac{\rho_k - \rho}{\rho} \quad (20)$$

bu erda: d_e - zarracha ekvivalent diametri, m; ν - muxit kinematik qovushoqligi, m^2/s ; ρ va ρ_k – muxit va zarracha zichliklari, kg/m^3 .

$w_0 > w_{mk}$ bo'lgan xolatda tezlik ortishi bilan qatlam kengayadi va g'ovakliligi (bo'sh xajmi) ko'payadi.

Mavxum qatlam muvozanati buzilishi va zarrachalarning yoppasiga uchib chiqish tezligini ifodalovchi ikkinchi kritik tezlik xam prof. O.M.Todes tomonidan keltirib chiqarilgan formula yordamida xisoblash mumkin:

$$Re_{yq} = \frac{Ar}{18 + 0,575\sqrt{Ar}} \quad (21)$$

bunda

$$Re_{yq} = \frac{w_{yq} d \rho}{\mu} \quad (22)$$

Uchib chiqish tezligi esa:

$$w_{yq} = \frac{Re_{yq} \cdot \mu}{d \rho} \quad (23)$$

Qatlam g'ovakliligi $0,4 < \varepsilon < 1$ oraliqda bo'lganida Re ni xisoblash uchun quyidagi umumlashtirilgan formula taklif etiladi:

$$Re_0 = \frac{Ar \cdot \varepsilon^{4,75}}{18 + 0,6\sqrt{Ar \cdot \varepsilon^{4,75}}} \quad (24)$$

Agar, w ma'lum bo'lsa ε ni(25) formulada topish mumkin:

$$\varepsilon = \left(\frac{18 Re_0 + 0,36 Re_0^2}{Ar} \right)^{0,21} \quad (25)$$

O'zgarmas qatlam N_q va mavxum qaynash qatlami balandliklari N_{mk} o'rtasida quyidagi bog'liqlik bor.

$$H_{mk}(1 - \varepsilon_{mk}) = H_{\kappa}(1 - \varepsilon_{\kappa}) \quad (26)$$

bu erda ε_q va ε_{mk} - qo'zg'almas va mavxum qaynash qatllarining g'ovakliligi.

Qatlamdagi bosimlar farqi ushbu tenglamadan aniqlanadi:

$$\Delta p = g \rho (1 - \varepsilon) H \quad (27)$$

$$\varepsilon = 1 - \frac{\rho_{\kappa}}{\rho_3} \quad (28)$$

bu erda ρ_k - qatlam zichligi, kg/m^3 ; ρ_3 - qattiq zarrachalar zichligi, kg/m^3 .

Qo'zg'almas qatlam g'ovakliligi esa:

$$\varepsilon_0 = 1 - \frac{\rho_T}{\rho_3} \quad (29)$$

bu erda ρ_T - materialning «to'kma» zichligi, kg/m^3 .

Qattiq zarrachalar qatlamidagi bosimlar farqini xisoblash uchun Ergan formulasini qo'llash mumkin:

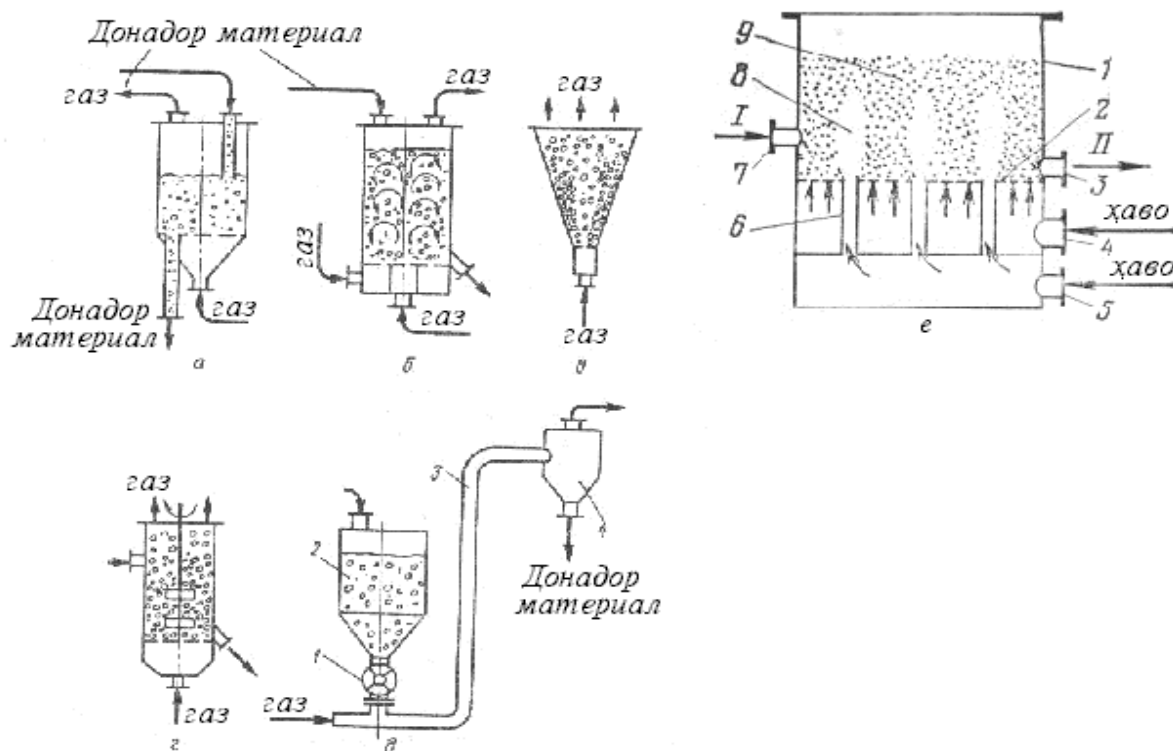
$$\Delta P = 150 \frac{(1 - \varepsilon_0)^2}{\varepsilon_0^3} \frac{\mu w}{d_p^2} H + 1,75 \frac{1 - \varepsilon_0}{\varepsilon_0^3} \cdot \frac{\rho_n w^2}{d_p} H \quad (30)$$

Mavxum qaynash qatlamli qurilmalar

Jarayonlar borishining texnologik sharoitlarini, ishlab chiqarilayotgan maxsulot sifatiga qo'yiladigan talablarni o'zaro ta'sirda bo'lgan moddalarning o'ziga xos xususiyatlarini xisobga oluvchi juda ko'p mavxum qaynash qatlamli qurilmalar konstruktsiyalari yaratilgan. 3-rasmda mavxum qaynash qatlamli qurilmalarning ayrim konstruktsiyalari ko'rsatilgan.

Ishlash prinstipiga qarab davriy va uzluksiz ishlaydigan qurilmalar bo'ladi. Uzluksiz qurilmalarda gaz oqimi va donador material o'zaro ta'sir qilib, unga uzluksiz ravishda yuklanadi va qurilmadan to'kiladi.

Jarayonda qaynashuvchi qattiq material va gaz oqimining xarakat yo'nalishi bir xil, qarama - qarshi va kesishgan yo'lli bo'lishi mumkin.



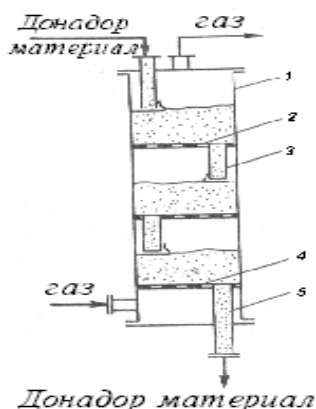
3-rasm. Mavxum qaynash qatlamli qurilmalar sxemalari.

a – cilindrik uzluksiz ishlaydigan, qarama - qarshi yo'lli; b - yo'naltilgan tsirkulyatsiyali; v - konussimon; g - aralashtirgich moslamali; d - pnevмотранспорт moslamali; 1 - shlyuzli tamba;

Uzluksiz ishlaydigan, qarama - qarshi yo'lli Silindrik qurilmalarda gaz oqimi taqsimlovchi teshikli panjara ostiga uzatilsa, material esa qurilma-ning tepa qismidan yuklanadi (3 a-rasm). Gaz taqsimlovchi teshikli panjara ustida donador materialning bir xil satxini ta'minlash va qurilmadan chiqarish uchun o'qib o'tuvchi trubkalar xizmat qiladi.

Vertikal stilindrsimon qurilmalar katta miqdordagi don - dunlarni yig'ib qo'yish uchun ishlatiladi (3 b-rasm). Gaz taqsimlash kamerasi yassi tub va teshikli panjaralar orasida joylashgan ikkita stilindrdan iborat. Bu konstruktsiyali kameralarda konstantrik to'siq uni ikkita, ya'ni ichki va tashqi xalqalarga bo'ladi. Tashqi xalqa bo'shlig'iga, ichkiga qaraganda 2 marta ko'p gaz yuboriladi. Turli miqdorda gaz uzatilgani sababli, qurilmada don maxsu-lotining

yo'naltirilgan sirkulyatsiyali xarakati paydo bo'ladi. Natijada material intensiv aralashadi va zarrachalar xarakati qurilma o'qidan Silindrik devor tomonga yo'nalgan bo'ladi.



4-расм. Узлуksиз ишлайдиган секцияли қурилма.

1 - кубик; 2 - газ тақсимловчи тешикли

ta'minlash va xarakatsiz zonalarni bartaraf qilish maqsadida, xamda issiqlik va massa almashinish jarayonlarini intensivlash uchun gazomexanik mavxum qaynash usulidan foydalaniladi (3g,d-rasm). Qatlamga qo'shimcha energiya uzatish turli xil aralashtirgich va tebratgichlar yordamida amalga oshiriladi (3 g-rasm).

Pnevмотransport usuli va moslamasi donador materiallarni truba quvurlari orqali ma'lum masofaga yoki balandlikka uzatish uchun mo'ljallangan (3d -rasm). Donador material shlyuzli tamba yordamida xavo uzatish quvuriga qadoqlanib tushiriladi. Mavxum qaynash qatlami gaz va qattiq fazalarga stik-londa amalga oshiriladi.

Uzluksiz ishlaydigan sekstiyali qurilma. Jarayonning xarakatga keltiruvchi kuchini kamayishga olib keluvchi teskari aralashishni kamaytirish va jarayon temperaturasini bir xil qilish maqsadida qarama - qarshi yo'lli qurilmalarda sekstiyalash qo'llaniladi (4-rasm). Buning uchun qurilma balandligi bo'ylab teshikli panjaralar yordamida donador material qatlami bo'linadi. Donador materialning yuqori sekstiyalardan pastga qarab xarakatlanishi, og'irlik kuchi ta'sirida amalga oshadi.

Tekshirish uchun savollar.

- 1.Mavxum qaynash jarayoni asoslari va gidrodinamikasi.
- 2.Mavxum qaynash qatlamli qurilmalar.
3. Kritik tezliklar xaqida nimalarni bilasiz?

12-MA'RUZA SUYUQLIKLARNI UZATISH. NASOSLAR.

REJA:

1. Umumiy tushunchalar
2. Nasoslar klassifikastiyasi.
3. Nasoslarning asosiy parametrlari.
4. Porshenli nasos konstrukstiyasi.

Umumiy tushunchalar

Qurilmalarda va quvur ichida suyuqlik uning boshi va oxiridagi bosimlar farqi tufayli xarakat qiladi. Suyuqlikning quyi satxdan yuqori satxga uzatish uchun esa, nasoslardan foydalaniladi. Bunda suyuqlikga bosimning potentsial energiyasi ta'sir ettiriladi.

Nasos - shunday gidravlik mashinaki, unda elektr yuritkichning mexanik energiyasi suyuqlikning xarakatlanish (uzatish) energiyasiga aylantirib beriladi.

Nasoslar klassifikastiyasi

Xarakatlanish turiga qarab xajmiy, kurakli (markazdan qochma), uyurmaviy va o'qli

nasoslarga bo'linadi.

Xajmiy nasoslarning ishlash prinsipi yopiq xajm ichida siqib chiqarish usuliga asoslangan bo'lib, ilgarilama-qaytma va aylanma xarakterli tufayli suyuqlik siqib chiqariladi. Xajmiy nasoslarga porshenli, rotatsion, vintli, shesterniyali va plastinali gidravlik mashinalar kiradi. Markazdan qochma nasoslarda bosim markazdan qochma kuch ta'sirida, ya'ni nasos qobig'i (asosi)ga joylashgan kurakli g'ildirakning aylanish tufayli sodir bo'ladi.

Uyurmaviy nasoslarda uyurma energiyasi xisobiga uzatiladi. Bu ishchi g'ildirakning aylanishida uyurmaning tezda xosil bo'lishi va so'nishi bilan amalga oshadi.

Aytib o'tilgan nasoslardan tashqari, yana oqimchali nasoslar, xamda gazliftlar va monteju deb nomlanadigan mashinalardan xam foydalaniladi. Bu nasoslarda gaz, suv va bug'larning bosimlaridan foydalaniladi.

Nasoslarning asosiy parametrlari

Nasoslarning asosiy parametrlari bo'lib unumdorlik, napor va quvvatlari xisoblanadi.

Unumdorlik $V(m^3/s)$ – bu suyuqlikning xajmiy sarfi bo'lib, xaydash quvvuri orqali nasos yordamida uzatilgan suyuqlik miqdorini bildiradi.

Nasos napori $N(m)$ – bu nasosning massa birligiga ega bo'lgan suyuqlikka bergan solishtirma energiyasidir.

Foydali quvvat $N_f(Vt)$ –napor N va suyuqlik massaviy sarfi $\rho g V$ ko'paytmasiga teng miqdordagi suyuqlik potentsial energiyasiga aytiladi:

$$N_\phi = \rho g V H \quad (1)$$

Nasos o'qidagi quvvat N_e ni aniqlash uchun foydali quvvatni nasos foydali ish koeffitsientiga bo'lish kerak va u nasosning yo'qotgan energiyasini xarakterlaydi:

$$N_e = \frac{N_\phi}{\eta_n} = \frac{\rho g V H}{\eta_n} \quad (2)$$

Nasos yo'qotgan energiyasi konstruktsiyaning mukammalligi, ishlatish samaradorligi va nasosning edirilishi xisobga olinadi:

$$\eta_n = \eta_v \cdot \eta_\Gamma \cdot \eta_{mex} \quad (3)$$

bu erda η_v – uzatish f.i.k.; suyuqlikning

klapan, salnik, xar xil tirqishlardan oqib chiqib ketishini xisobga oladi, ya'ni $\eta_v = V/V_{naz}$ xaqiqiy unumdorlikning nazariy unumdorlikka nisbatini xarakterlaydi; η_g –gidravlik f.i.k.; $\eta_g = N/N_{naz}$ - xajmiy naporni nazariy naporga nisbatini bildiradi; η_{mex} – mexanik f.i.k.; podshipnik, salnik va boshqa elementlarda ishqalanishga yo'qotilgan quvvat.

Nasosning foydali ish koeffitsienti η_n porshenli nasoslar uchun 0,8...0,9, markazdan qochma nasos uchun 0,7...0,95 ni tashkil etadi.

Nasos qurilmasining to'liq foydali ish koeffitsienti:

$$\eta = \frac{N_\phi}{N_{io}} = \eta_H \cdot \eta_{y3} \cdot \eta_{yo} \quad (4)$$

bu erda N_{yu} – yuritkich iste'mol quvvati; η_{uz} – uzatish f.i.k.; η_{yu} – yuritkich f.i.k.

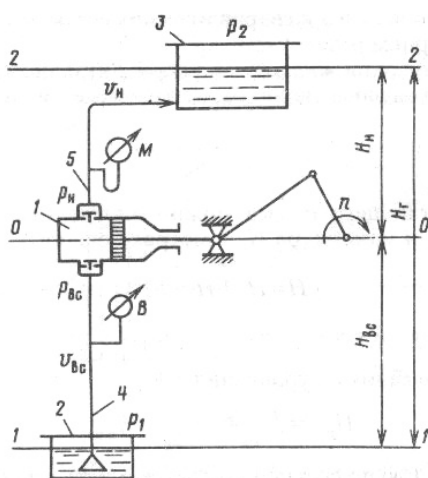
Yuritkichning aniq quvvati, nasosni ishga tushirish onida (vaqtida)gi N_{yu} ortiqcha yuklanishini inobatga olgan kolda aniqlanadi.

$$N_{an} = \beta \cdot N_{io} \quad (5)$$

bu erda β – quvvatning zaxira koeffitsienti, bu elektr yuritkichning quvvatiga qarab 2,0 dan 1,1 gacha olinadi.

Elektr yuritkichning quvvati qancha yuqori bo'lsa, koeffitsient β ning qiymati shuncha kichiklashadi.

So'rish balandligi. Nasos qurilmasi nasos 1, pastki 2 va bosim xosil qiluvchi 3 idishlardan, manometr M, vakuummetr V, so'rish 4 va xaydash 5 quvurlaridan tashkil topgan. Nasosning naporini aniqlash uchun 1-1 va 0-0 kesimlari uchun Bernulli tenglamasini so'rish rejimi uchun yozamiz. Taqqoslash tekisligi deb pastki idishdagi suyuqlik satxini olamiz:



1-пачм. Nasos qurilmasi

sxemasi.

kesimdagi yuqori idishdagi suyuqlik tezligi; p_2 – xaydash idishidagi bosim; $h_{uz,yo'q}$ - xaydash quvuridagi yo'qotilish.

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{w_1^2}{2g} = H_{cyp} + \frac{w_{cyp}}{2n} + \frac{P_{cyp}}{\rho g} + h_{cyp,iy\kappa} \quad (6)$$

bu erda r_1 – pastki idishdagi bosim; w_1 – 1-1 kesimdagi pastki xajmdagi suyuqlik tezligi; $H_{so'r}$ – so'rish balandligi; $w_{so'r}$ – so'rish quvuridagi suyuqlik tezligi; $p_{so'r}$ – nasosning so'rish bosimi; $h_{so'r,yo'q}$ - so'rish quvuridagi yo'qotilishlar.

Xaydash rejimi uchun 0-0 va 2-2 kesimlari uchun tuzilgan Bernulli tenglamasi (taqqoslash tekisligi deb nasos o'qidan utgan 0-0 tekisligi olinadi) quyidagicha yoziladi:

$$\frac{p_{y3}}{\rho g} + \frac{w_{y3}^2}{2g} = H_{y3} + \frac{w_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\rho g} + h_{y3,iy\kappa} \quad (7)$$

bu erda, p_{uz} – uzatish (xaydash) bosimi; w_{uz} – xaydash quvuridagi tezlik; H_{uz} – uzatish balandligi; w_2 – 2-2 –

So'rish va xaydash quvurlaridagi tezlikka nisbatan pastki va yuqoridagi idishlardagi suyuqlik tezligining o'zgarishi juda kichik bo'lgani uchun, ular nolga teng ($w_1=0$; $w_2=0$).

(6) va (7) tenglamalarni xisobga olib nasosning naporini quyidagicha yozish mumkin:

$$H = \frac{P_{y3} - P_{cyp}}{\rho g} = \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + \frac{w_{cyp}^2 + w_{y3}^2}{2n} + H_{cyp} + H_{y3} + h_{cyp,iy\kappa} + h_{y3,iy\kappa} \quad (8)$$

So'rish bilan xaydash quvuri o'zaro teng bo'lganda, ushbu tenglikni soddalashtirish mumkin bo'ladi, ya'ni $w_{so'r} = w_{uz}$. Suyuqlikni geometrik uzatish balandligi esa, $H_g = H_{so'r} + H_{uz}$, bundan quyidagi tenglama kelib chiqadi:

$$H = \frac{P_1 - P_2}{\rho g} + H + h_{iy\kappa} \quad (9)$$

bu erda $h_{yo'q} = h_{so'r} + h_{uz,yo'q}$ - bosimning umumiy yo'qotilishi.

Agarda yuqoridagi va pastki idishdagi bosimlar teng bo'lsa, ya'ni $R_2 = R_1$, u holda:

$$H = H_g + h_{iy\kappa} \quad (10)$$

(9) tenglamaga binoan, nasosning bosimi, suyuqlikni geometrik balandlik H_g ko'tarishga, idishlardagi bosimlar farqini, so'rish va xaydash idishlardagi gidravlik qarshiliklarni engishga sarf bo'ladi.

Gorizontal joylashgan quvur orqali suv uzatilganda ($H_g=0$), nasos bosimi faqat qarshiliklarni engish uchun sarflanadi:

$$H = h_{iy\kappa} \quad (11)$$

Ishlayotgan nasosning bosimini (naporini) vakuummetr H_v va manometr H_m larning ko'rsatkichlari asosida aniqlash mumkin:

$$H = H_m + H_g + h$$

bu erda h – manometr va vakuummetrlar orasida masofa.

(9) tenglamadan so'rish balandligini ko'rib chiqsak:

$$H_{cyp} = \frac{P_1 - P_{cyp}}{\rho g} - \frac{w_{cyp}}{2g} - h_{cyp.iyk} \quad (12)$$

w_I tezlik qiymati $w_{so'r}$ ga nisbatan ancha kichik bo'lgani uchun, $w_I=0$ deb qabul qilsak bo'ladi.

(12) tenglamadan shu narsa ko'rinib turibdiki, $r_{so'r}$ kamayishi bilan so'rish balandligi ortadi.

Suyuqlik nasos ichida qaynab ketmasligi uchun, $r_{so'r}$ qiymati suyuqlik uzatilayotgan temperaturadagi suv bug'i to'yinish bosimi P_v dan katta bo'lishi kerak, ya'ni $r_{so'r} > r_t$.

Shunday qilib, so'rish balandligining chegaraviy qiymatini quyidagicha aniqlaymiz:

$$H_{cyp} \leq \frac{P_{am} - P_t}{\rho g} - \frac{w_{cyp}^2}{2n} - h_{cyp.iyk}$$

bu erda P_{at} – atmosfera bosimi; $P_{at}=P_t$.

Aks xolda, suyuqlik nasos ichida qaynab ketadi, va intensiv bug' xosil bo'lishga olib keladi. Bug' pufakchalari suyuqlik bilan yuqori bosimli zonaga kirib qolsa, tomchiga aylanib, bo'shliqlar xosil qiladi, gidravlik zarba shoqin bo'lishiga olib keladi, ya'ni kavitastiya xodisasi sodir bo'ladi.

Kavitastiya bo'lishi nasos unumdorligini pasaytiradi, gidravlik zarba bilan ishlagan nasos, tez buziladi, korroziyaga uchraydi va uning tez buzilishiga olib keladi.

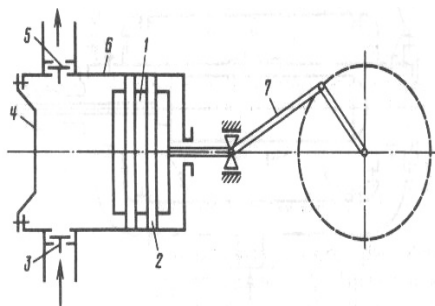
Porshenli nasos.

Porshenli nasoslar plunjer yoki porshenni stilindrda ilgarilama-qaytma xarakati yordamida suyuqlikni siqib chiqarish prinsipiga asoslangan (2-rasm). Porshenni o'ng tomonga qilgan xarakatidan keyin, stilindrning chap qismida xavoni siyraklanishi sodir bo'lib, so'rish klapani ochiladi va so'rish quvuri orqali suyuqlik stilindrda tortib olinadi. Porshen chapga surilganda so'rish klapani berkilib, uzatish klapani ochiladi va suyuqlik xaydash quvuri orqali uzatila boshlaydi.

Porshen krivoship-shatunli mexanizm yordamida xarakatga keltiriladi. Porshen stilindrda zichlovchi xalqalar yordamida siqib turiladi.

Porshenli nasoslar uzatmasi turiga qarab, bevosita ulanuvchi va uzatmali bo'ladi.

2-расм. Bir tomonlama xarakatlanuvchi, gorizontal



porshenli nasos sxemasi. 1- porshen; 2- zichlovchi xalqalar; 3-so'rish klapani; 4- silindr qopqog'i; 5- haydash (uzatish) klapani; 6- silindr; 7- krikovish – shatun mexanizmi.

Bevosita ulangan nasoslar bug' nasoslar yordamida xarakatlanadi, bunda nasos porshen bilan bitta shtokda joylashgan bo'ladi. Uzatmali nasoslar elektr yuritkich yordamida xarakatga keltiriladi. Nasoslar krivoship aylanish chastotasiga qarab, sekin aylanadigan ($n=45...60 \text{ min}^{-1}$), o'rtacha

($n=60...120 \text{ min}^{-1}$) va tez aylanadigan ($n=120...180 \text{ min}^{-1}$)larga bo'linadi.

Porshenli nasoslar vertikal va gorizontal bo'lishi mumkin.

Yuqori bosimli nasoslar 100 MPa gacha bo'lgan bosimni ta'minlab bersa, yuqori maxsuldorlik nasos esa, soatiga 60 m^3 suyuqlik xaydash beradi.

Porshenli nasoslar uchun so'rish va uzatish jarayoni davriy bo'lib, suyuqlikni uzatish bir tekis amalga oshmaydi.

Tekshirish uchun savollar.

1. Nasoslarning vazifasi.
2. Nasoslarning asosiy parametrlari.
3. Porshenli nasos qanday ishlaydi?

13-MA'RUZA
MARKAZDAN QOCHMA NASOSLAR.

REJA:

1. Markazdan qochma nasos.
2. Kavitastiya.
3. Shesternyali va mononasos konstruktsiyasi.

Markazdan qochma nasoslar

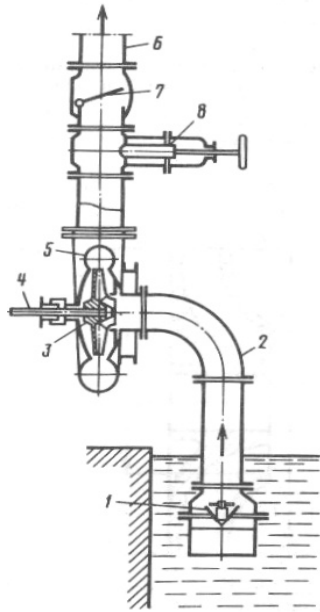
Ishlash prinsipi. Markazdan qochma nasoslar oqim kinetik energiyasini bosimning potentsial energiyaga aylantirib berishiga asoslanib ishlaydi

(1- rasm). Bu turdagi nasoslarda suyuqlikni so'rish va uzatish markazdan qochma kuch ta'sirida bo'lib, bu kuch nasos ishchi g'ildiragiga joylashgan spiralsimon kurakchalarni aylanishidan xosil bo'ladi. Kurakchalar suyuqlik oqib o'tadigan kanalni xosil qiladi.

Suyuqlik, so'rish trubasi orqali, ishchi g'ildirak o'qi bo'ylab, nasosga kiradi.

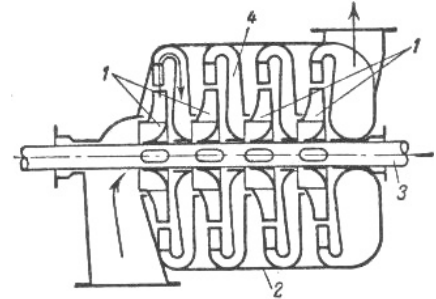
Ishchi g'ildirak suyuqlikka aylanma xarakat beradi. Markazdan qochma kuch ta'sirida suyuqlik nasos qobig'i bilan ish g'ildiragi orasidagi o'zgaruvchan ko'ndalang kesimli kanalga kirib boradi. Kanalda suyuqlik tezligi uzatish quvuridagi tezlik qiymatigacha kamayadi.

Natijada ishchi g'ildiragiga kirishdagi bosim pasayib, suyuqlik beto'xtov nasosga so'rib boriladi. Markazdan qochma turdagi nasosni ishga tushirishdan oldin nasos ichida siyraklanish xosil qilish uchun uning ichiga suyuqlik quyiladi. Nasosdan suyuqlik orqaga oqib ketmasligi uchun, qaytarish klapani so'rish trubasiga o'rnatilgan bo'ladi. Gidravlik mashinalar bir va ko'p bosqichli nasoslarga bo'linadi.



1-расм. Марказдан қочма насос схемаси.

1,7- клапан; 2- сўриш қузури; 3- ишчи филдирак; 4- ўқ; 5- қобик; 6- хайдаш қузури; 8- задвижка.



2-расм. Кўп босқичли, марказдан қочма насос схемаси.

1-ишчи филдирак; 2-қобик; 3- ўқ; 4- айланма канал.

Bir bosqichli nasosning bosimi 50 m suv ustunidan oshmaydi. Shuning uchun yuqori bosim hosil qilish uchun bir o'qning o'ziga ketma-ket bir necha ishchi g'ildiragi o'rnatiladi.

Ko'p bosqichli nasosning bosimi g'ildirak soniga proporsional.

Ko'pincha g'ildiraklar soni beshtadan ortmaydi (2- rasm)

Proporsionallik qonuni. Markazdan qochma nasoslarning nabori va unumdorligi nasos ishchi g'ildiragining aylanish chastotasi (soni)ga bog'liq bo'ladi. Yuqoridagi tenglamaga muvofiq nasos nabori aylanma tezlik kvadratiga bog'liq, ya'ni $N \sim c_2 u_2$ ga teng.

Agar aylanishlar soni n_1 da nabor N_1 bo'lsa, $n_2 \sim N_2$ bo'ladi deb xulosa qilsak, unda:

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{u_2'}{u_2''} \right)^2 = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2, \text{ ya'ni } \frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2 \quad (1)$$

(1) tenglamadan esa, nasos unumdorligi suyuqlik g'ildiragidan ajralishdagi absolyut tezligini radial tashkil etuvchisiga proporsional, ya'ni $V \sim C_r n$

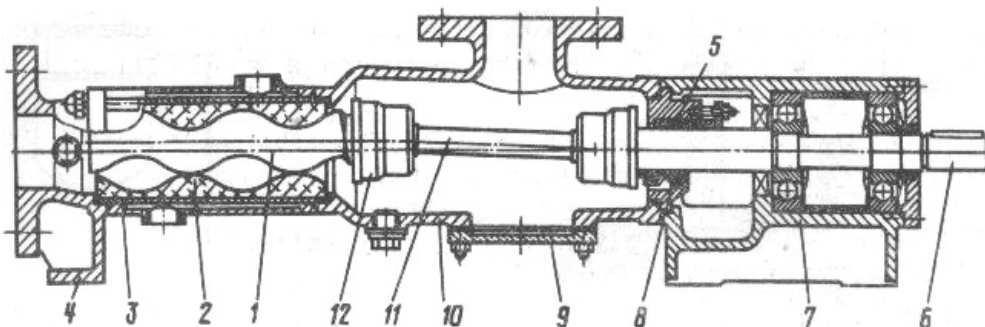
$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{C_{2r}'}{C_{2r}''} = \frac{u_2'}{u_2''} = \frac{\pi D_2 n_1}{\pi D_2 n_2} = \frac{n_1}{n_2}; \quad \frac{V_1}{V_2} = \frac{n_1}{n_2} \quad (2)$$

Nasos talab etadigan quvvat esa, unumdorlik va naborning ko'paytmasiga proporsional (1) va (2) tenglamalarga binoan quyidagi ko'rinishni hosil qilamiz:

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

(1) - (3) tenglamalar proporsionallik qonuni tenglamalari deyiladi. Biroq bu tenglamalarni taxminiy xisoblar uchun ishlatish mumkin. Aniq xisoblar uchun esa, nasos ish g'ildiragini aylanishlar chastotasi bilan foydali ish koeffitsienti inobatga olinishi kerak. Shuni qayd etib o'tish kerakki, proporsionallik qonunlari, aylanishlar soni bir-biridan 2 barobardan ortiq farq qilgandagina qo'llash mumkin.

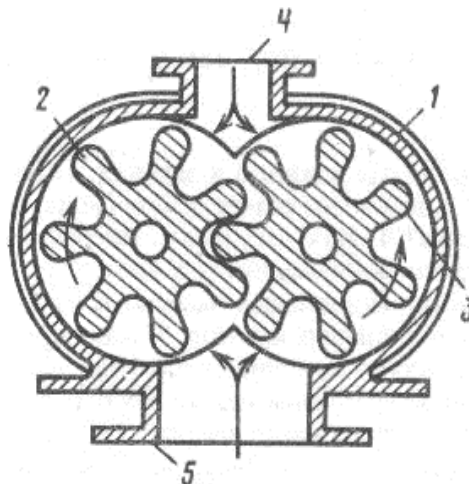
Mononasosning konstruktiviyasi 3-rasmda keltirilgan. Nasos korpusi cho'yandan yoki zanglamaydigan po'latdan tayyorlanadi. Stator esa, tabiiy kauchuk, sintetik, maxsus rezina, poliuretan, plastik massadan, yumshoq polivinil xlorid, teflon, poliamiddan, rotor - esa zanglamaydigan metall va plastmassadan tayyorlanadi.



3-rasm. Mononasos konstruktsiyasi. 1- rotor; 2-stator; 3-isitish filofli; 4-haydash shuqeri; 5-salnik; 6-uyk; 7-podshippnik qobifi; 8-zichlovchi xalqa; 9-qopqoq; 10-qobiq; 11-birlashitiruvchi uyk;

Bu nasoslarning bosimi $2,4 \text{ MPa}$ va unumdorligi $200 \text{ m}^3/\text{soat}$ gacha bo'lishi mumkin. Nasoslarda sovitish yoki isitish uchun g'iloflar bo'lishi mumkin. Statorning ishchi temperaturalar oralig'i -30 dan $+300 \text{ }^\circ\text{S}$ gacha.

Quyuc, yuqori qovushoqli suyuqliklarni uzatishda shesterniyali nasoslardan foydalaniladi (4-rasm). Nasos cho'yan korpusdan yasalgan bo'lib, unga 2 ta bir-biri bilan ilashadigan shesterniyalar o'rnatilgan bo'ladi. Shesterniyalardan biri elektr yuritkichga ulangan bo'lib, etaklovchi bo'lsa, ikkinchisi - etaklanuvchi hisoblanadi.



4-rasm. Shesterniyali nasos sxemasi

1-qobiq; 2,3-shesterniyalar; 4-haydash shuqeri; 5-suriish shuqeri.

Shesterniyalar o'zaro ilashishdan chiqqanida siyraklanish xosil bo'ladi va suyuqlik nasosga so'riladi. Shesterniya tishlari suyuqlikni so'rib ketadi va u aylanish yo'nalishi tomon xarakatlanadi. Shesterniya tishlari qaytadan ilashganda, suyuqlik uzatiladi. Shesterniyali nasoslarni taqsimlab bergich sifatida qo'llash xam mumkin. Undan tashqari, kichik unumdorlikda, yuqori bosimni ta'minlab beradi.

Tekshirish uchun savollar.

1. Markazdan qochma nasos ishlash prinstipi qanday?
2. Proporstionallik qonuni qanday sharoitda qo'llash mumkin?
3. Mononasos va shesterniyali nasos qanday avzalliklarga ega?

14-MA'RUZA ARALASHTIRISH JARAYONI.

REJA:

1. Aralashtirish jarayoni, umumiy tushunchalar.
2. Aralashtirish usullari.
3. Aralashtirgichlar konstruktsiyalari.

Suspenziya va emulsiyalar xosil qilish uchun suyuqlik muxitlarida aralashtirish jarayoni qo'llaniladi. Plastik va sochiluvchan materiallarni qorishtirishdan maqsad, tarkibida qattiq, suyuq va plastik qo'shimcha moddali, bir jinsli asosiy massa olishdir.

Aralashtirish paytida issiqlik, massa va bioqimyoviy jarayonlar intensivlashadi. Aralashtirish jarayonini amalga oshirish uchun turli usullar va aralashtirgich konstruktsiyalari qo'llaniladi.

Aralashtirish sifati fazalarni qorishtirish darajasi bilan xarakterlanadi.

Aralashtirish qurilmasining butun xajmidagi fazalarni qorishtirish darajasi I quyidagi tenglama yordamida aniqlanishi mumkin:

$$I = 1 - \frac{\sum_1^m \frac{\Delta x'}{100 - x_{ap}} + \sum_1^n \frac{\Delta x''}{x_{ap}}}{m + n} \quad (1)$$

bu erda m – taxlil uchun olingan namuna, $\Delta x > 0$; $\Delta x'$ - aralashtirgichdagi musbat konstantriyalar farqi va u ushbu formuladan topiladi $\Delta x' = x - x_{ar}$; x_{ar} - ideal qorishtirishda aralashmadagi zarrachalar konstantriyasi bo'lib, u quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$x_{ap} = \frac{100V_{\kappa} \cdot \rho_{\kappa}}{V_c \rho_c + V_{\kappa} \rho_{\kappa}} \quad (2)$$

bu erda V_{κ} - asosiy massada (suyuqlikda) taqsimlangan qattiq zarrachalar xajmi; ρ_{κ}, ρ_c - aralashmadagi qattiq zarracha va suyuqlik zichliklari; V_c - suyuqlik xajmi; n – taxlil uchun olingan namunalar soni, $\Delta x'' < 0$; $\Delta x''$ - manfiy konstantriyalar farqi, $\Delta x'' = x - x_0$ formuladan hisoblab topiladi.

Fazalarni qorishtirish darajasi 0 dan 1 gacha o'zgarishi mumkin. Agar, komponentlar ideal qorishtirilsa, $I = 1$ ga teng bo'ladi.

Suyuqlikni aralashtirish usullari

Suyuqliklarni aralashtirish pnevmatik, sirkulyastiyali, statik va mexanik usullarida olib boriladi.

Pnevmatik aralashtirish uchun siqilgan gaz (ko'pincha siqilgan xavo) suyuqlik qatlami orqali o'tkazish yo'li bilan amalga oshiriladi. Suyuqlik qatlamida gazni bir tekisda taqsimlash uchun barboter ishlatiladi. Barboterning teshikchali trubalari aralashtirgich tubiga o'rnatiladi. Bu usul o'rtacha qovushoqlikka (-200 Pa·s) ega suyuqliklarni aralashtirish uchun ishlatiladi. Jarayon tezligi past va energiya sarfi ko'p bo'ladi.

Ayrim xollarda aralashtirishni injektorlar yordamida xam amalga oshiriladi. Ciqilgan xavo yordamida aralashtirish uchun erlift prinsipini xam qo'llasa bo'ladi.

Aralashtirgichda suyuqlik erkin yuzasi birligidan vaqt birligida o'tayotgan gaz miqdoriga aralashtirish intensivligi deb ataladi.

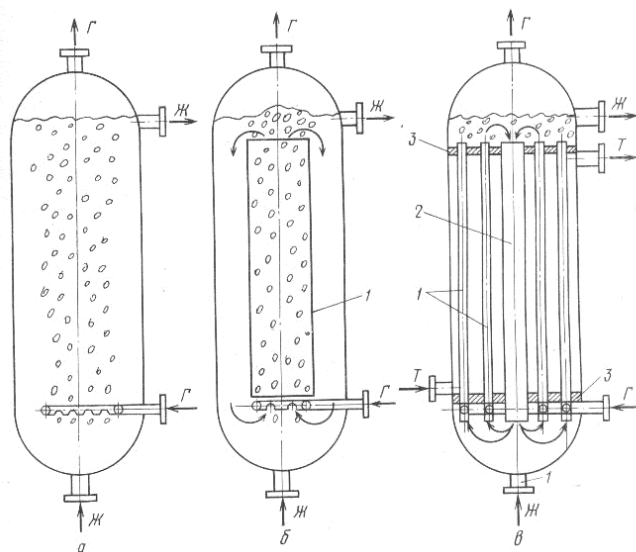
Sanoatda quyidagi gaz sarflari ishlatiladi:

1- jadval

t/r	Aralashtirish intensivligi	Gaz sarfi, m ³ /(m ² *min)
1.	Past	0,4
2.	O'rtacha	0,8
3.	Yuqori	1,2

Pnevmatik aralashtirish usulining qo'llanishi cheklangan bo'ladi, chunki ayrim xollarda zararli jarayonlar, ya'ni oksidlanish yoki maxsulotning bug'lanishi yuz berishi mumkin. Shuning uchun, ushbu usul gaz va suyuq fazalar o'zaro to'qnashuvi ruxsat etilgan xollarda ishlatilishi maqsadga muvofiqdir.

1-rasmda pnevmatik aralashtirgichlarning ayrim konstrukstiyalari keltirilgan.



1-рasm. Сиқилган хаво ёрдамида аралаштириш.

а - марказий барботерли; б – газлифт (эрлифт) трубали;

в - газлифт ва марказий циркуляция трубали қобик - трубали қурилма. 1 - газлифт трубалари; 2 - циркуляция трубаси;

gazlift trubasi ichiga uzatiladi va ko'tariluvchi oqim qanchalik katta bo'lsa, aralashish shunchalik samarali bo'ladi.

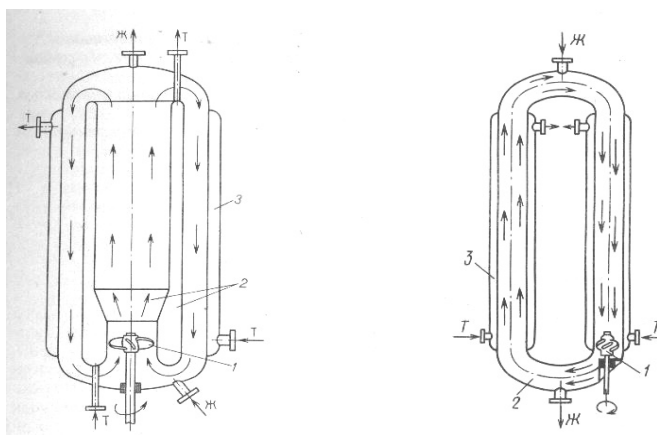
Issiqlikni uzatish va ajratib olish uchun gazlift va markaziy sirkulyatsiya trubali qurilmalar yaratilgan (1 v-rasm).

Sirkulyatsiyali aralashtirish, nasos yordamida amalga oshiriladi. Bunda, «aralashtirgich – nasos – aralashtirgich» yopiq sistemasida suyuqlik uzluksiz aylanib yuradi.

Aralashtirish jarayonining intensivligi, sirkulyatsiya karraligiga, ya'ni vaqt birligida nasos ish unumdorligining, qurilma ichidagi suyuqlik xajmi nisbatiga bog'liq. Ayrim xollarda nasoslar o'rniga bug' injektorlari qo'llanishi xam mumkin.

Undan tashqari, turli soxalarda yo'naltiruvchi truba (diffuzor)li vintsimon aralashtirgichlar xam ishlatiladi (2-rasm).

Bu turdagi qurilmalarda yopiq stirkulyastion kontur xosil qilinadi. Nasos vazifasini odatda uch



2-рasm. Diffuzorli va vintsimon aralashtirgichli qurilma.

Agar, siqilgan xavo qurilmaning pastki qismiga yuborilsa, unda erlift xosil bo'ladi

(1a-rasm). Xavo qurilmaning qanchalik yuqori qismiga uzatilsa, shunchalik siqish uchun energiya sarfi kam bo'ladi. Shuning uchun, xavoni balandligi kam qatlamlarga yuborish kerak, ya'ni pnevmatik aralashtirish uchun diametri katta, balandligi kichik bo'lgan qurilmalarni qo'llash maqsadga muvofiqdir.

Pnevmatik aralashtirish jarayonini intensivlash uchun qurilmalarda gazlift (erlift) trubalari o'rnatiladi. Ushbu trubalar suyuqlikni ko'p marta sirkulyatsiya qilishini ta'minlaydi (1 b-rasm). Buning uchun, ikki tomoni ochiq gazlift truba qurilma markaziga joylashtiriladi. Siqilgan xavo

parrakli vintsimon aralashtirgich bajaradi. Shuning uchun, bunday aralashtirgichlar xisobi o'qli nasoslar xisobiga o'xshashdir.

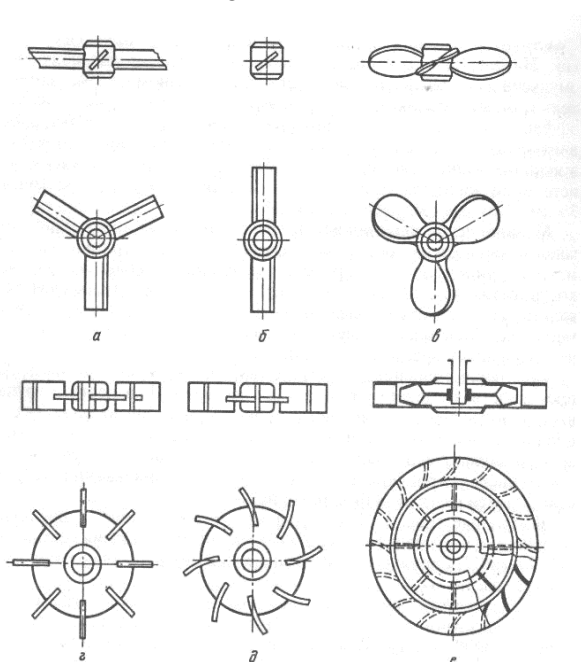
Mexanik aralashtirish «suyuqlik - suyuqlik», «gaz - suyuqlik» va «gaz-suyuqlik - qattiq jism» sistemali gidromexanik, issiqlik va massa, xamda bioqimyoviy jarayonlarni intensivlash turli xil aralashtirish moslama (aralashtirgich) lar yordamida amalga oshiriladi. Aralashtirgich, aylanuvchi o'qga o'rnatilgan, turli xil parraklardan tarkib topgan moslama.

Kimyo va oziq - ovqat sanoatlarida qo'llaniladigan xamma aralashtirish moslamalarini 2 guruxga ajratsa bo'ladi: birinchi guruxga parrakli, turbinali va propellerli; ikkinchi guruxga - maxsus - vintli, shnekli, lentali, romli, yakorli, pichoqli va boshqa moslamalar kiradi. Birinchi gurux suyuqliklar uchun bo'lsa, ikkinchisi esa - plastik va sochiluvchan materiallarni aralashtirish uchun xizmat qiladi.

Ishchi organining aylanish chastotasiga qarab aralashtirish moslamalari sekin va tez yurar guruxlarga bo'linadi.

Parrakli, lentali, yakorli va shnekli aralashtirgichlar sekin yurar moslamalar qatoriga kiradi (3a,b-rasm). Ularning aylanma chastotasi $30...90 \text{ min}^{-1}$, qovushoq muxitlarda parrak uchidagi aylanma tezligi - $2...3 \text{ m/s}$.

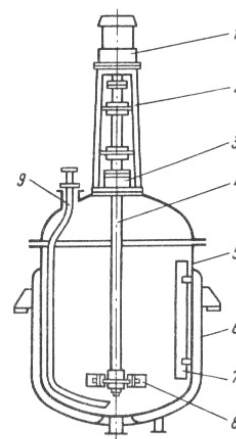
Parrakli aralashtirgichlar afzalliklari: moslama sodda va narxi qimmat emas.



3-rasm. Aralash tirgichlar turllari. a - uch parrakli;

b - ikki parrakli; v - propellerli; g - turbinali ochiq;

d - kiy parrakli, turbinali, ochiq; turbinali epik.



4-rasm. Aralash tirgichli

qorish tirgich. 1 - uzatma; 2 - uzatma tayanchi; 3 - zichlagich; 4 - yk; 5 - kobik; 6 - filof; 7 - kaytaruvchi tussik; 8 - aralash tirgich; 9 - trubla.

Kamchiliklari - aylanish o'qi bo'ylab suyuqlik oqimi kichik bo'ladi, natijada aralashtirgich xajmida suyuqlik to'liq aralashmaydi. O'q bo'ylab suyuqlik oqimi xarakatini jadallashtirish uchun parraklar og'ish burchagi 30° ga teng bo'lishi kerak.

Yakorli aralashtirgichlar qurilma tubining shakliga mos bo'ladi. Bu turdagi moslamalar qovushoq va o'ta qovushoq suyuqliklarni aralashtirish uchun ishlatiladi. Yakorli moslamalar ishlash davrida qurilma devori va tubini yopishib qolgan iflosliklardan tozalash qobiliyatiga ega.

Shnekli aralashtirgichlar vintsimon shaklli bo'lib, qovushoq suyuqliklarni qorishtirish uchun mo'ljallangan.

Propeller va turbinali aralashtirgichlar tez yurar moslamalar qatoriga kiradi. Ularning aylanish chastotasi $100...3000 \text{ min}^{-1}$, aylanma tezligi $3...20 \text{ m/s}$.

Propellerli aralashtirgichlar 2 yoki 3 parrakli qilib yasaladi (3v-rasm). Ushbu moslamalarga nasos effekti xos bo'ladi va suyuqlikning intensiv sirkulyatsiyasini xosil qilish uchun ishlatiladi. Qovushoqligi 2 Pa's bo'lgan suyuqliklarni aralashtirish uchun qo'llash mumkin.

Turbinali aralashtirgichlar turbina g'ildiraklari shaklida bo'lib, parraklari yassi, qiya va egri chiziqli bo'lishi mumkin (3 - g,d,e-rasm). Ular ochiq va yopiq turli bo'ladi. Turbina g'ildiragining ishlash prinsipi markazdan qochma kuchlar ta'siriga asoslangan. Yopiq aralashtirgich ikkita diskdan iborat bo'lib, suyuqlik o'tishi uchun teshigi bor. Xam radial, xam turbina o'qi bo'ylab oqimlar xosil qilish uchun qiya parrakli, turbinali aralashtirgichlardan foydalaniladi. Turbinali moslamalar qurilmaning butun xajmida suyuqlikni intensiv aralashtiradi. Suyuqlikning aylana bo'ylab xarakatini kamaytirish va qurilmada o'rama xosil bo'lishini bartaraf qilish uchun stilindsimon qaytaruvchi to'siqlar o'rnatiladi.

Turbinali aralashtirgichlar qovushoqligi 500 Pa's gacha bo'lgan suyuqliklarni va dag'al suspenziyalarni aralashtirish uchun qo'llaniladi.

Qopqoqli qobiq, uzatma va aralashtirgichlardan tashkil topgan tipik qorishtirgich 3.52-rasmda ko'rsatilgan.

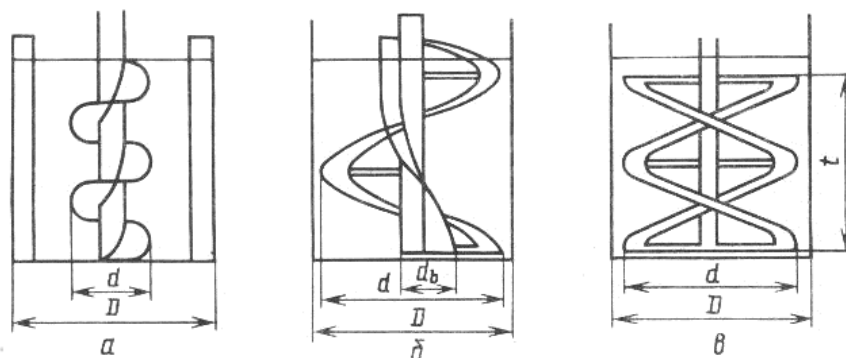
Ishchi g'ildirak 200...2000 ayl/min chastota bilan aylanma xarakatlanadi. Turbina g'ildiragi markazdan qochma kuch ta'sirida suyuqlikka tegishli energiya beradi. Suyuqlik aralashtirgich markaziy teshigidan kirib, u erda markazdan qochma kuch ta'sirida tezlanish olgan xolda radial yo'nalishida chiqib ketadi. Turbinada suyuqlik vertikal yo'nalishdan gorizontalgaga o'tadi va undan katta tezlikda chiqib ketadi. Bu turdagi qurilmaning samaradorligi yuqori.

Turbinali aralashtirgich diametri qurilma qobig'i diametrining 0,15...0,35 ulushini tashkil etadi. Bu qurilmalar qovushoqligi 1...700 Pa's ga teng suyuqliklarni aralashtirish uchun mo'ljallangan.

Plastmassalarni aralashtirish

Kimyo sanoatida plastik massalarni aralashtirishda, oziq-ovqat sanoatida non yopish, makaron va qandolat maxsulotlarini ishlab chiqarishda qo'llaniladi. Bu jarayonda na faqat turli komponentlar qorishtiriladi, balki, xamir ezib qorishtiriladi, xavo bilan to'yintiriladi va ma'lum bir xossalarga ega bo'ladi.

Aralashtirish jarayoni davriy va uzluksiz qorishtirgichlarda olib borilishi mumkin. Bu turdagi qurilmalar ichida romli, shnekli yoki lentali aralashtirgichlar vertikal yoki gorizontal o'qda o'rnatiladi (5-rasm).



5-рasm. Шнекли (а) ва лентали (б, в) аралаштиргичлар схемаси.

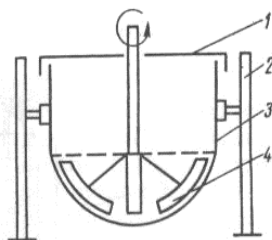
Shnekli aralashtirgich iste'mol qilayotgan quvvatni aniqlash uchun ushbu tenglama qo'llanishi mumkin:

$$Eu_m = \frac{71}{Re_m}$$

yoki

$$N = Ad_m \cdot n^2 \mu \quad (3)$$

bu erda d_m - aralashtirgich diametri; A - aralashtirgich moslamasining geometrik nisbatlari funkstiyasi sifatida topiladigan koeffistient.



6-рasm. Хамир тайёрлаш қурилмаси.

1 - қопқоқ; 2 - таянч; 3 - қобиқ;

komponentlar (keks xamirlarini mayiz, oksil massasini yong'oq) bilan qorishtirish uchun ikkita

spiralsimon ishchi organli tog'arasimon shaklli aralashtirgichlar qo'llaniladi.

Aralashtirish jarayoni yupqa qatlamda olib borilgani sababli, yuqori darajada intensivlashga erishish mumkin.

Qurilma tubi shaklida yasalgan, 90° burchak ostida o'rnatilgan 4 parrakli qorishtirish moslamali aralashtirgichda shirinliklar xamiri tayyorlanadi

(6-rasm).

Aralashtirgichning aylanish chastotasi 12 min^{-1} . Qorishtirish jarayoni tugagandan so'ng, qobiq 3 ag'dariladi, ya'ni qopqoq 1 ochiladi va xamir to'kiladi.

Tekshirish uchun savollar:

1. Aralashtirish jarayoni nima?
2. Qanday aralashtirish moslamalarini bilasiz?
3. Parrakli aralashtirgichlarni kamchiligi va avzalligi qanday?

15- MA'RUZA **ISSIQLIK TARQALISH TURLARI.**

REJA:

1. Issiqlik almashinish jarayonlari va qurilmalari to'g'risida umumiy tushunchalar.
2. Issiqlik balansi va temperatura gradienti.
3. Issiqlik o'tkazuvchanlik.
4. Tekis devorning issiqlik o'tkazuvchanligi.
5. Issiqlik nurlanishi.
6. Stefan-Bolstman va Krixgof qonuni.

Temperaturasi yuqori bo'lgan jismdan temperaturasi past jismga issiqlikning o'z - o'zidan, qaytmas o'tish jarayoniga issiqlik almashinish deyiladi.

Jarayonni harakatga keltiruvchi kuchi, bu har xil temperaturali bo'lgan jismlarning temperaturalar farqidir. Termodinamikaning 2-qonuniga binoan, issiqlik har doim temperaturasi yuqori jismdan temperaturasi past jismga o'tadi.

Issiqlik (issiqlik miqdori) – bu issiqlik almashinish jarayonining energetik xarakteristikasi bo'lib, jarayon mobaynida uzatilgan yoki olingan energiya miqdori bilan belgilanadi.

Issiqlik almashinish jarayonida ishtirok etuvchi jismlar issiqlik tashuvchi eltkich yoki issiqlik eltkich deb nomlanadi.

Issiqlik o'tkazish – issiqlik energiyasining tarqalish jarayonlari to'qrisidagi fan.

Issiqlik almashinish jarayonlariga isitish, sovitish, kondensastiyalash, buqlanish va buqlatishlar kiradi. Ushbu jarayonlarni amalga oshirish uchun mo'ljallangan qurilmalar issiqlik almashinish qurilmalari deb ataladi.

Ma'lumki, issiqlik almashinish jarayonlarida kamida 2 ta turli temperaturali muhitlar ishtirok etadi. O'z issiqlik energiyasini uzatuvchi, yuqori temperaturali muhit - issiqlik eltkich deb atalsa, issiqlik energiyasini qabul qiluvchi past temperaturali muhit esa-sovuqlik eltkich deb ataladi.

Issiqlik va sovuqlik eltkichlar kimyoviy bardoshli bo'lishi, qurilmalarini emirmasligi va uning devorlarida qattiq, qovak, quyqa hosil qilmasligi kerak. Shuning uchun, issiqlik yoki sovuqlik eltkichlarni tanlashda jarayon temperaturasi, narxi va ularni qo'llanish sohalari kabi ko'rsatgichlarga katta ahamiyat berish kerak.

Temperaturasi turli bo'lgan muhitlar orasida issiqlik o'tkazish turqun va noturqun sharoitlarda amalga oshishi mumkin.

Turqun jarayonlarda qurilmaning temperatura maydoni vaqt o'tishi bilan o'zgarmaydi. Noturqun jarayonlarda esa, vaqt o'tishi bilan temperatura o'zgaradi. Uzlüksiz ishlaydigan qurilmalarda jarayonlar turqun boradi, uzlukli (davriy) ishlaydigan qurilmalarda esa – jarayonlar

noturqun bo'ladi. Undan tashqari, davriy ishlaydigan qurilmalarni yurgizish va to'xtatish, hamda ish rejimlari o'zgargan hollarda noturqun jarayonlar sodir bo'ladi.

Issiqlik o'tkazish jarayonining asosiy kinetik xarakteristikalari bo'lib, o'rtacha temperaturalar farqi, issiqlik o'tkazish koeffitsienti va uzatilayotgan issiqlik miqdorlari hisoblanadi.

Issiqlik almashinish qurilmalarini hisoblashda quyidagi parametrlar topiladi:

1. Issiqlik oqimi (qurilmaning issiqlik yuklamasi), ya'ni issiqlik miqdori Q hisoblanadi. Issiqlik oqimini aniqlash uchun issiqlik balansi tuziladi va u Q ga nisbatan echiq topiladi;

2. Berilgan vaqt ichida zarur issiqlik miqdorini uzatishni ta'minlovchi qurilma-ning issiqlik almashinish yuzasi aniqlanadi.

Buning uchun issiqlik o'tkazishning asosiy tenglamasidan foydalaniladi.

Issiqlik asosan 3 usulda uzatilishi mumkin. Issiqlik o'tkazuvchanlik, konvekstiya va issiqlik nurlanishi.

Issiqlik balansi.

Temperaturasi yuqori issiqlik eltkichdan berilayotgan issiqlik miqdori Q_1 temperaturasi past eltkichni isitish uchun Q_2 va ma'lum bir qismi qurilmadan atrof muhitga yo'qotilayotgan issiqlik o'rnini to'ldirish uchun $Q_{yo'q}$ sarf bo'ladi. Odatda, issiqlik qoplamali qurilmalar uchun $Q_{yo'q}$ miqdori foydali issiqlik miqdorining 3...5% ni tashkil etadi. Shuning uchun, bu turdagi qurilmalarni hisoblashda $Q_{yo'q}$ ni e'tiborga olmasa ham bo'ladi. Unda, issiqlik balansi quyidagi tenglik bilan ifodalanishi mumkin:

$$Q = Q_1 = Q_2 \quad (1)$$

bu erda Q - qurilmaning issiqlik yuklamasi.

Agar, issiqlik eltkichning massaviy sarfi G_1 , uning qurilmaga kirish entalpiyasi I_{1b} va chiqishdagisi esa I_{1c} , sovuqlik eltkichning sarfi G_2 qurilmaga kirishdagi entalpiyasi I_{2b} va chiqishdagisi I_{2c} bo'lganda (1) tenglikni ushbu ko'rinishda yozish mumkin:

$$Q = G_1(I_{1c} - I_{1b}) = G_2(I_{2b} - I_{2c}) \quad (2)$$

Agar, issiqlik almashinish jarayonida issiqlik eltkichning agregat holati o'zgarmasa, unda uning entalpiyasi ushbu ko'rinishda ifodalanadi:

$$I_{1c} = c_{1c} t_{1c} \quad I_{1b} = c_{1b} t_{1b} \quad (3)$$

$$I_{2b} = c_{2b} t_{2b} \quad I_{2c} = c_{2c} t_{2c}$$

Odatda, texnik hisoblarda ma'lum temperatura uchun entalpiya qiymati jadval va diagrammalardan topiladi.

Agar, ikkala eltkichning solishtirma issiqlik siqimlari (S_1 va S_2) temperaturaga boqliq emas deb hisoblansa, unda issiqlik balansining tenglamasi quyidagi ko'rinishni oladi:

$$Q = G_1 c_1 (t_{1c} - t_{1b}) = G_2 c_2 (t_{2b} - t_{2c}) \quad (4)$$

Temperatura maydoni va gradienti

Muhitlarda issiqlik oqimi va temperaturaning taqsimlanishi o'rtasidagi boqliqlikni aniqlash issiqlik almashinish nazariyasining asosiy vazifalaridan biridir.

Tekshirilayotgan muhitning hamma nuqtalari uchun istalgan biror vaqtdagi temperatura qiymatlari majmuiga *temperatura maydoni* deyiladi.

Eng umumiy holatda ma'lum bir nuqtadagi temperatura t shu nuqtaning koordinatalari

(x, y, z) boqliq bo'ladi va vaqt τ o'tishi bilan o'zgaradi. Demak, temperatura maydonini ushbu funktsiya bilan ifodalash mumkin:

$$\tau = f(x, y, z, \tau) \quad (5)$$

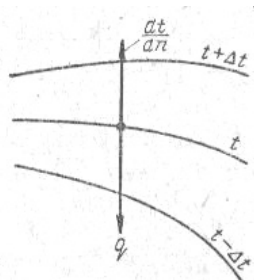
Ushbu boqliqlik turqun temperatura maydonini ifodalovchi tenglamadir. Xususiy holatda (5) tenglama faqat fazoviy koordinatalar funktsiyasi bo'ladi, ya'ni:

$$t = f(x, y, z) \quad (6)$$

va unga tegishli turqun temperatura maydonini ifodalaydi.

Agar, jismda biror tekislik o'tkazilsa va ushbu tekislikdagi bir xil temperaturali nuqtalarni birlashtirsak, o'zgarmas temperaturali chiziq (izoterma) ga ega bo'lamiz. Temperaturasi bir xil nuqtalardan tashkil topgan jismning yuzasi izotermik yuzaga deb nomlanadi.

Ikkita bir-biriga yaqin joylashgan izotermik yuzalarning temperaturalar farqi Δt bo'lsa, ular orasidagi eng qisqa masofa Δn bo'ladi (1-rasm). Agar, ikkala izotermik yuzalar bir-biriga yaqinlashib borsa $\frac{\Delta t}{\Delta n}$ nisbat ushbu chegaraga intiladi:



$$\lim \left(\frac{\Delta t}{\Delta n} \right)_{\Delta n \rightarrow 0} = \frac{\partial t}{\partial n} = \text{grad}t \quad (7)$$

Izotermik yuzaga normal bo'yicha yo'nalgan temperatura hosilasi temperatura gradienti deb nomlanadi.

Temperatura gradienti vektor kattaligidir.

Temperatura gradienti nolga teng bo'lmagan

($\text{grad}t \neq 0$) sharoitdagina issiqlik oqimi hosil bo'lishi mumkin.

Ma'lumki, issiqlik oqimi har doim temperatura gradienti chiziqi bo'ylab harakat qiladi. Lekin, uning harakat yo'nalishi

temperatura gradientiga qarama-qarshi bo'ladi.

1-расм. Температура

градиентини аниқлашга оид.

Issiqlik o'tkazuvchanlik

Fure qonuni. Qattiq jismlarda issiqlik tarqalish jarayonini tajribaviy o'rganish natijasida Fure (1768-1830) issiqlik o'tkazuvchanlikning asosiy qonuni kashf etdi. Ushbu qonunga binoan, issiqlik o'tkazuvchanlik orqali uzatilgan issiqlik miqdori dQ temperatura gradienti $\partial/\partial n$, vaqt $d\tau$ ga va issiqlik oqimi yo'nalishiga perpendikulyar bo'lgan maydon yuzasi dF ga proporsional bo'ladi, ya'ni:

$$dQ = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n} dF \cdot d\tau \quad (8)$$

(8) formuladagi proporsionallik koeffitsienti λ issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti deb ataladi. Bu koeffitsient jismning issiqlik o'tkazish qobiliyatini xarakterlaydi va quyidagi o'lchov birligiga ega:

$$[\lambda] = \left[\frac{dQ \partial n}{\partial t dF \cdot d\tau} \right] = \left[\frac{\mathcal{K} \cdot \text{m}}{K \cdot \text{m}^2 \cdot \text{c}} \right] = \left[\frac{\text{Bm}}{\text{m} \cdot K} \right]$$

Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti issiqlik almashinish yuz birligidan

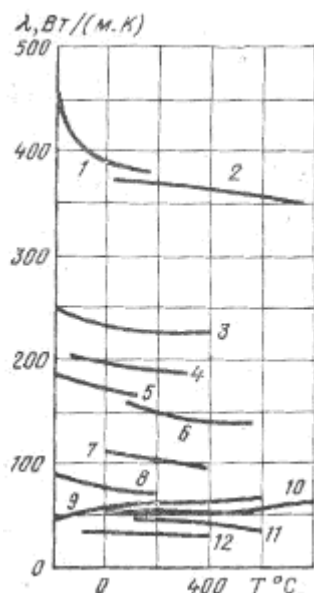
(1 m²) vaqt birligi davomida izotermik yuzaga normal bo'lgan 1m uzunlikka to'qri kelgan temperaturalarining 1 K(°S) ga pasayishi vaqtida uzatilgan issiqlik miqdorini ifodalaydi.

Jismlarning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti uning tarkibi, fizik-kimyoviy xossalari, temperatura, bosim va boshqa kattaliklarga boqliq. Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti turli materiallar uchun quyidagi oralikda bo'ladi:

- gazlar uchun 0,005...0,5 Wt/(m·K);

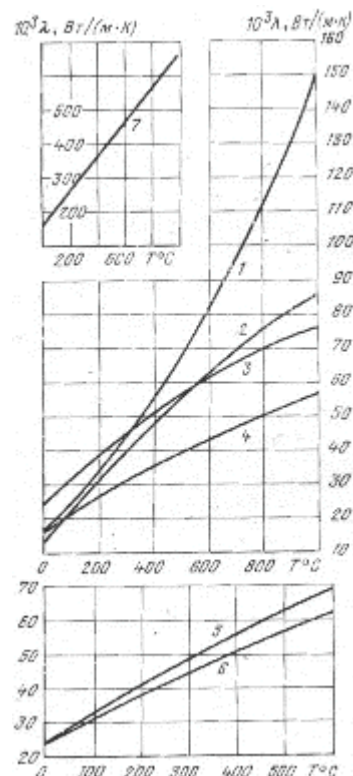
- suyuqliklar uchun 0,08...0,7 Vt/(m·K);
- issiqlik qoplama va qurilish materiallari uchun 0,22...3,0 Vt/(m·K);
- metallar uchun 2,3...458,0 Vt/(m·K).

Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarida qo'llaniladigan ayrim metallar issiqlik o'tkazuvchanlik



2- расм. Айрим металлarning issiqlik ўtkazuvchanlik koeffitsientlari.

1-тоза мис; 2-мис 99,9%; 3- алюминий 99,7%; 4-алюмий 99,0%; 5-тоза марганец; 6-марганец 99,6% ; 7- рух 99,8%; 8-тоза платина; 9-никель 99%; 10-никель 99,2%; 11-темир 99,2%; 12-техник тоза кўрғошин.



3-расм. Турли газларning issiqlik ўtkazuvchanlik koeffitsientlari.

1- сув буғи; 2- углекислота; 3- хаво; 4- аргон; 5- кислород; 6- азот; 7- водород.

koeffitsienti quyidagi qiymatlarga ega: legirlangan po'lat - 14...23; qo'rqoshin - 35; uglerodli po'lat - 45; nikel - 58; cho'yan - 63; alyuminiy - 204; mis - 384; kumush - 458 Vt/(m·K). Sanoatda eng ko'p qo'llaniladigan metallar va suyuqliklar issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsientlari 2 va 3 -rasmlarda keltirilgan.

Tekis devorning issiqlik o'tkazuvchanligi

Bir jinsli, devorning qalinligi δ va issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti λ bo'lgan bir qatlamli tekis devordan issiqlik o'tishini ko'rib chiqamiz. Devorning tashqi yuza temperaturasi t_{w1} , ichki yuzasini esa t_{w2} ga teng, lekin $t_{w1} > t_{w2}$ (1-rasm).

Bir qatlamli, tekis devorning issiqlik o'tkazuvchanlik tenglamasini keltirib chiqarish uchun

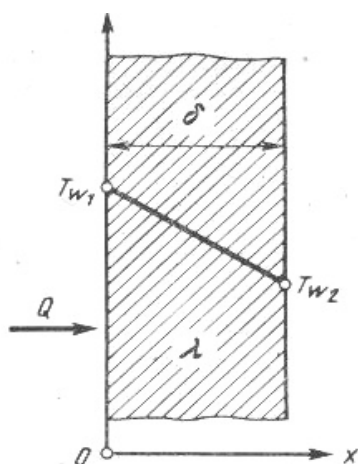
Furening differensial tenglamasidan foydalanamiz.

Ma'lumki, turqun issiqlik rejimda devorning turli nuqtalaridagi temperatura, vaqt o'tishi bilan o'zgarmaydi, ya'ni $dt/d\tau = 0$. Undan tashqari, temperatura maydoni bir o'lchamli bo'ladi.

Demak, temperatura faqat bir yo'nalish (x o'qi) bo'ylab o'zgaradi, ya'ni:

$$\frac{\partial^2 t}{\partial y^2} = \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} = 0 \quad (1)$$

Shunday qilib, turqun jarayonda bir qatlamli



1-расм. Текис бир қатламli devorning

issiqlik ўtkazuvchanlik tenglamasini

tekis devor uchun (1) tenglamani quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} = 0 \quad (2)$$

(2) tenglamani integrallasak, quyidagi tengliklarni olamiz:

$$\frac{dt}{dx} = C_1; \quad t = C_1 x + C_2 \quad (3)$$

Integrallash konstantalari S_1 va S_2 larni chegaraviy ($x=0$ va $x=\delta$) shartlardan aniqlaymiz:

$$C_2 = t_{w1}; \quad C_1 = \frac{dt}{dx} = \frac{t_{w2} - t_{w1}}{\delta} \quad (4)$$

Agar, (3) ni (4) ga qo'ysak, quyidagi natijaga ega bo'lamiz:

$$t = \frac{t_{w2} - t_{w1}}{\delta} \cdot x + t_{w1} \quad (5)$$

Oxirgi (5) tenglamani tahlil qilsak, ushbu xulosaga kelish mumkin: turqun issiqlik jarayonida tekis devorning qalinligi bo'ylab temperatura to'qri chiziq qonuniga binoan o'zgaradi va temperatura gradienti o'zgarmas qiymatini saqlaydi.

Aniqlangan temperatura gradienti qiymatini (8) tenglamaga qo'ysak, issiqlik o'tkazuvchanlikning asosiy qonunini ifodalovchi tenglamani olamiz:

$$dQ = \lambda \frac{t_{w1} - t_{w2}}{\delta} dF d\tau$$

yoki

$$Q = \frac{\lambda}{\delta} (t_{w1} - t_{w2}) F \tau \quad (6)$$

bu erda λ/δ nisbat devorning issiqlik o'tkazuvchanligini, unga teskari kattalik δ/λ - devorning termik yoki issiqlik qarshiligini ifodalaydi.

Agar, tekis devor n ta (bir-biridan farqli) qatlamdan iborat bo'lsa, turqun issiqlik jarayonida har bir qatlam orqali bir xil miqdorda issiqlik o'tadi (2 -rasm) va u turli qatlamlar uchun quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$\begin{aligned} Q &= \frac{\lambda_1}{\delta_1} (t_{w1} - t_a) F \tau & \text{yoki} & \quad Q \frac{\delta_1}{\lambda_1} = (t_{w1} - t_a) F \tau \\ Q &= \frac{\lambda_2}{\delta_2} (t_a - t_b) F \tau & \text{yoki} & \quad Q \frac{\delta_2}{\lambda_2} = (t_a - t_b) F \tau \\ Q &= \frac{\lambda_n}{\delta_n} (t_n - t_{w2}) F \tau & \text{yoki} & \quad Q \frac{\delta_n}{\lambda_n} = (t_n - t_{w2}) F \tau \end{aligned}$$

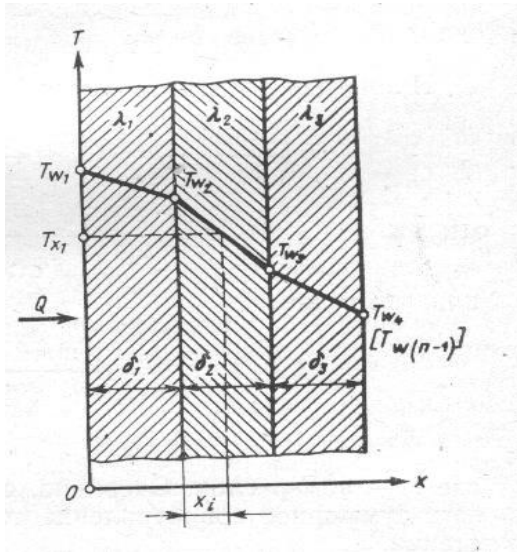
Tenglamalar o'ng va va chap qismlarini qo'shish natijasida ushbu ko'rinishga erishamiz:

$$Q \left(\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} \right) = (t_{w1} - t_2) F \tau$$

Bunda

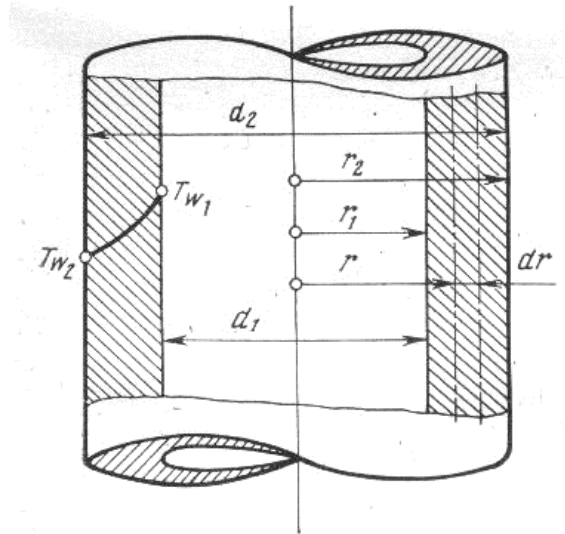
$$Q = \frac{(t_{w1} - t_{w2}) F \tau}{\sum_{i=1}^{i=n} \frac{\delta_i}{\lambda_i}} \quad (7)$$

bu erda i - devor qatlamining tartib raqami; n - qatlamlar soni.



2-расм. Текис, кўп қатламли деворнинг

иссиқлик ўтказувчанлик тенгламасини



3-расм. Цилиндрик деворнинг иссиқлик

ўтказувчанлик тенгламасини келтириб

Silindrik devorning issiqlik o'tkazuvchanligi

Uzunligi L , ichki radiusi r_i va tashqi radiusi r_t bo'lgan Silindrik devorning issiqlik o'tkazuvchanligini ko'rib chiqamiz (3-rasm). Issiqlik o'tkazish turqun jarayonda amalga oshayotgani uchun devorning ichki va tashqi yuzalaridagi temperaturalari o'zgarmasdir, ya'ni $t_{w1} = t_{w2}$.

Temperatura faqat radius bo'ylab o'zgaroqda va $t_{w1} > t_{w2}$ deb qabul qilamiz. Silindrik devorning biror r radiusdagi yuzasi $F = 2\pi rL$ bo'lsin. Agar, F ning qiymatini (8) tenglamaga qo'ysak, bir o'lchovli maydon uchun Q ni topish mumkin:

$$Q = -\lambda 2\pi r L \tau \frac{dt}{d\delta}$$

bu erda $\delta = r_t - r_i$.

Agar $d\delta$ o'rniga dr ni qo'ysak, unda

$$Q = -\lambda 2\pi r L \tau \frac{dt}{dr}$$

yoki

$$\frac{dr}{r} = -\lambda \frac{2\pi L \tau}{Q} dt$$

ushbu tenglamani r_i dan r_t va t_{w1} dan t_{w2} oralikda integrallasak, quyidagi ko'rinishga erishamiz:

$$\ln \frac{r_m}{r_u} = -\frac{2\pi L \tau}{Q} (t_{w2} - t_{w1})$$

yoki $r_i = d_i$ ekanligi hisobga olsak, ushbu formulani olamiz:

$$Q = \frac{2\pi L \tau (t_{w1} - t_{w2})}{\frac{1}{\lambda} 2,3 \lg \frac{d_T}{d_u}} \quad (8)$$

Keltirilib chiqarilgan (8) formuladan ko'rinib turibdiki, Silindrik devorlarning qalinligi bo'yicha temperatura logarifmik (egrichiziq) qonuni asosida o'zgaradi. Ushbu tenglama turgun issiqlik o'tish jarayoni uchun Silindrik devorning issiqlik o'tkazuvchanligini ifodalaydi.

Xuddi shu yo'l bilan n – qatlamli Silindrik devor orqali issiqlik o'tkazuvchanlik usulida uzatilgan issiqlik miqdorini aniqlash mumkin:

$$Q = \frac{2\pi L \tau (t_{w1} - t_{w2})}{\sum_{i=1}^{i=n} \frac{1}{\lambda_i} 2,3 \lg \frac{d_{i+1}}{d_i}} \quad (9)$$

Issiqliknurlanishi.

Issiqlik nurlanishi to'liq uzunliklari spektrning ko'z ilg'amas qismida bo'lib, 0,8...40 mkm oralikda bo'ladi. Ular yoruqlik nurlari 0,4...0,8 mkm dan faqat to'liq uzunliklari bilan farqlanadi. 1 jadvalda nurlanish turiga qarab to'liq uzunliklarining o'zgarishi haqida ma'lumotlar keltirilgan.

1- jadval

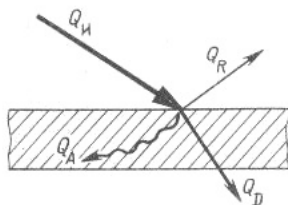
Elektromagnit to'liqlarining umumiy klassifikatsiyasi

Nurlanish turi	To'liq uzunligi, m
Kosmik	$0,05 \cdot 10^{-12}$
γ - nurlanish	$0,05 \cdot 10^{-12} \dots 0,1 \cdot 10^{-12}$
Rentgen	$10^{-12} \dots 20 \cdot 10^{-9}$
Ultrabinafsha	$20 \cdot 10^{-9} \dots 0,4 \cdot 10^{-6}$
Ko'z ilqaydigan	$0,4 \cdot 10^{-6} \dots 0,8 \cdot 10^{-6}$
Issiqlik (infriqizil)	$0,8 \cdot 10^{-6} \dots 0,8 \cdot 10^{-3}$
Radio to'liqlar	$0,2 \cdot 10^{-3} \dots x \cdot 10^{-3}$

Issiqlik va yoruqlik nurlanishining tabiati bir xil bo'lib, umumiy qonuniyatlar bilan xarakterlanadi, ya'ni bir jinsli va izotrop muhitlarda nurlanish energiyasi to'qri chiziq bo'ylab tarqaladi. Issiq jismlardan tarqalayotgan oqim nurlari boshqa jismga tushganda, energiyaning bir qismi yutiladi Q_{yut} , bir qismi qaytariladi Q_{qat} va bir qismi o'zgarmasdan $Q_{o'z}$ o'tib ketadi.

Unda, energiyaning umumiy balansi:

$$Q_{yut} + Q_{qat} + Q_{o'z} = Q_{nur} \quad (10)$$



yoki ushbu balansning ulushlardagi ko'rinishi:

$$\frac{Q_{yut}}{Q_{nur}} + \frac{Q_{qat}}{Q_{nur}} + \frac{Q_{o'z}}{Q_{nur}} = 1 \quad (10a)$$

4.- расм. Нурланиш энергияси балансига оид.

bu erda Q_{yut}/Q_{nur} – jismning nurlangan issiqlikni yutish qobiliyatini; Q_{qat}/Q_{nur} – jismning nurlangan issiqlikni qaytarish qobiliyatini; $Q_{o'z}/Q_{nur}$ – jismning nurlangan issiqlikni o'tkazib yuborish qobiliyatini xarakterlaydi.

Umuman olganda har bir nisbat 1 ga teng bo'lishi mumkin, agar qolgan ikkita nisbat nolga teng bo'lsa.

$Q_{yut}/Q_{nur}=1$ bo'lganda ($Q_{qay}/Q_{nur}=Q_{o'z}/Q_{nur}=0$), jismga tushayotgan nurlangan energiyaning hammasi yutiladi. Bu holda jism absolyut qora jism deb nomlanadi. $Q_{o'z}/Q_{nur} = 1$ bo'lganda ($Q_{yut}/Q_{nur} = Q_{qay}/Q_{nur} = 0$), jismga tushayotgan nurlangan energiyaning hammasi o'zgarimasdan o'tib ketadi. Bu holda jism **absolyut shaffof jism** deb nomlanadi.

Sanoatda va tabiatda absolyut qora, oq va shaffof jismlar bo'lmaydi. Q_{yut}/Q_{nur} , Q_{qay}/Q_{nur} va $Q_{o'z}/Q_{nur}$ o'rtasidagi boqliqlik jism tabiatiga, yuzasi holatiga va temperaturasiga boqlikdir. Tabiatda uchraydigan hamma jismlar nurlangan energiyaning bir qismini yutadi, bir qismini qaytaradi va bir qismini o'zidan o'tkazib yuboradi. Bunday jismlar **kul rang jismlar** deb nomlanadi.

Tabiatda uchraydigan jismlardan qorakuya absolyut qora jismga yaqinroq. Lekin, u ham faqat 90...96 % nurlangan energiyaning yuta oladi. Tushayotgan nurlangan energiyaning o'ta silliqilgan, yorug yuzalargina to'liqroq qaytarish qobiliyatiga ega. Ko'pchilik qattiq jismlar shaffof emas jismlar turiga kiradi. Ammo, hamma gazlar (ko'p atomli gazlardan tashqari) shaffof bo'ladi.

Issiqlik nurlanish qonuniyatlari Stefan-Bolstman, Kirxgof va Lambert qonunlari bilan ifodalanadi.

Stefan-Bolstman qonuni jismning nur chiqarish qobiliyati E va jismdan 1 soat mobaynida F yuzasidan ajralib chiqayotgan issiqlik miqdori Q orasidagi boqliqlikni ifodalaydi:

$$E = \frac{Q}{F \cdot \tau} \quad (1)$$

Nurlanish energiyasi to'liq uzunligi va jismning temperaturasiga boqliq bo'ladi. Absolyut qora jismning nur tarqatish qobiliyati va temperaturasi orasidagi boqliqlik ushbu formuladan topiladi:

$$E_0 = K_0 T^4 \quad \text{yoki} \quad E_0 = C_0 \left(\frac{T}{100} \right)^4 \quad (12)$$

bu erda $K_0 = (4,19...5,67) \cdot 10^{-8} \text{ Vt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$ – absolyut qora jismning nur chiqarish konstantasi; $S_0 = K_0 \cdot 10^8 = 4,19...5,67 \text{ Vt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$.

(12) formula Stefan - Bolstman qonunining ifodasi bo'lib, Plank tenglamasining hosilasidir.

Stefan - Bolstman qonunini absolyut qora bo'lmagan jismlar uchun ham qo'llash mumkin. Masalan, kul rang jismlar uchun quyidagi ko'rinishga ega:

$$E = \varepsilon \cdot C_0 \left(\frac{T}{100} \right)^4 \quad (13)$$

bu erda $\varepsilon = S/S_0$ – kul rang jismning qoralik darajasi yoki uning nur chiqarish koeffistienti; S_0 – kul rang jismning nur chiqarish koeffistienti.

Kul rang jismning nur chiqarish koeffistienti har doim 1 dan kichik bo'lib, 0,055...0,95 oralikda o'zgaradi.

Kirxgof qonuni kul rang jismlarning nur tarqatish va uni yutish qobiliyatlari o'rtasidagi boqliqlikni ifodalaydi.

Bir-biriga parallel joylashgan, kul rang I va absolyut qora II jismlarni ko'rib chiqamiz (5-rasm).

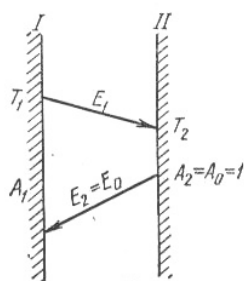
Kul rang jismning yutish qobiliyatini A_1 , absolyut qora jismnikini esa $A_2 = A_0 = 1$. Kul rang jism temperaturasi absolyut qoranikidan katta, ya'ni $T_1 > T_2$ deb qabul qilamiz. Bunda, kul rang jismdan nurlanish usulida uzatilgan issiqlik miqdori quyidagicha aniqlanadi:

$$q = E_1 - E_0 A_1 \quad (14)$$

Ikkala jismning temperaturasi tenglashganda, issiqlik muvozanat holati yuzaga keladi va $q = 0$ bo'ladi.

Demak:

$$E_1 - E_0 A_1 = 0 \quad (15)$$



5-расм. Кирхгоф қонунига

ойд схема. $Q_{\text{ай}}/Q_{\text{нур}} = Q_{\text{т}}/Q_{\text{нур}} = 1$.

bundan

$$\frac{E_1}{A} = E_0 \quad (15a)$$

Ushbu xulosani umumlashtirib, bir nechta parallel joylashtirilgan jismlar uchun ushbu ifodani keltirib chiqaramiz:

$$\frac{E_1}{A_1} = \frac{E_2}{A_2} = \dots = \frac{E_n}{A_n} = \frac{E_0}{A_0} = f(T) \quad (16)$$

(16) tenglama Kirxgof qonunini xarakterlaydi. Ushbu tenglamaga binoan, ma'lum biror temperatura uchun istalgan bir jismning nur tarqatish qobiliyati, uning nur yutish qobiliyatiga bo'lgan nisbati o'zgarmas miqdor bo'lib, absolyut qora jismning nur tarqatish qobiliyatiga tengdir.

Tekshirish uchun savollar:

1. Issiqlik almashinish jarayonini xarakterlantiruvchi kuchi nima?
2. Fure qonuni va issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti.
3. Jismlarning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti qaysi kattaliklarga bog'liq?
4. Tekis devor va Silindrik devordan issiqlik o'tkazuvchanlik qanday bo'ladi?
5. Issiqlik nurlanishi haqida nima bilasiz?
6. Kirxgof qonuni nimani ifodalaydi?

16-MA'RUZA KONVEKTIV ISSIQLIK ALMASHINISH.

REJA:

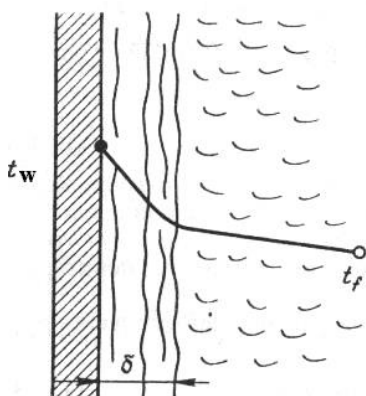
1. Konvektiv issiqlik almashinish.
2. Nyuton qonuni.
3. Issiqlik kriteriyalari. Nu, Fo, Pr, Pe, Gr, Ga.

Suyuqlik massasi turbulenti qanchalik yuqori va uning zarrachalari jadal ravishda aralashtirilsa, konvektsiya usulida issiqlik almashinish shunchalik intensiv buladi. Shunday qilib, konvektiv issiqlik almashinish, issiqlikning mexanik uzatilishi va suyuqlik harakati gidrodinamikasiga qattiq boqliqdir.

Issiqlik almashinish jarayonida qatnashayotgan suyuqlik ikki qatlamdan tashkil topgan, ya'ni chegaraviy qatlam va oqim o'zagi (yadrosi) dan.

Oqim o'zagi issiqlik o'tish vaqtining o'zida ham konvektsiya, ham issiqlik o'tkazuvchanlik usullarida amalga oshadi. Bunday issiqlik almashinish **konvektiv issiqlik almashinish** deyiladi (1-rasm).

Issiqlikning qattiq jism yuzasidan suyuqlik (yoki gaz)ga yoki suyuqlik (yoki gaz) dan qattiq jism yuzasiga o'tishi **issiqlik berish** deb nomlanadi.



1-рasm. Конвектив иссиқлик алмашиниш схемаси.

Devor yuzasidan chegaraviy qatlam orqali energiya issiqlik o'tkazuvchanlik usuli bilan o'tadi. Chegaraviy qatlamdan esa, suyuqlik o'zagiga energiya asosan konvektsiya usulida uzatiladi. Issiqlik energiyasining devor yuzasidan suyuqlikka uzatilish jarayoniga oqimning harakat rejimi katta ta'sir qiladi.

Konvektiv issiqlik almashinish asosan 2 xil bo'ladi, ya'ni **erkin** (yoki **tabiiy**) va **majburiy** konvektsiya.

Suyuqlik hajmining turli nuqtalaridagi zichliklarning farqi tufayli ro'y beradigan issiqlik almashinishga **erkin konvekstiya** deyiladi. Bu jarayonga suyuqlikning fizik xossalari, uning hajmi, sovuq va issiq zarrachalari orasidagi temperaturalar farqi katta ta'sir ko'rsatadi.

Butun suyuqlik hajmining tashqi kuchlari ta'siri natijasida ro'y beradigan issiqlik almashinishga **majburiy konvekstiya** deyiladi. Suyuqlikning harakati nasos, aralastirgich, ventilyatorlar yordamida amalga oshirilishi mumkin. Bu jarayonga suyuqlikning fizik xossalari, uning tezligi, kanalning shakli va o'lchamlari salmoqli ta'sir etadi.

Suyuqlikning turbulent harakat rejimida laminar rejimdagiga qaraganda issiqlik almashinish ancha intensiv bo'ladi.

Nyuton qonuni

Issiqlik berishning asosiy qonuni – bu Nyutonning sovitish qonunidir.

Issiqlik almashinish yuzasi va suyuqlik (gaz) yoki suyuqlik (gaz) va issiqlik almashinish yuzasi orasida energiya o'tishiga **issiqlik berish** deb nomlanadi.

Issiqlik berish jarayoni issiqlik berish koeffitsienti α bilan belgilanadi.

Ushbu qonunga binoan, issiqlik almashinish suyuqlik (gaz) ga uzatilgan issiqlik miqdori dQ , devorning yuzasi dF , yuza t_w va muhit temperaturalar t_f ning farqi $(t_w - t_f)$, hamda jarayonning davomiyligi $d\tau$ ga to'g'ri proporsionaldir, ya'ni:

$$\left. \begin{aligned} dQ &= \alpha (t_w - t_f) \cdot dF \cdot d\tau \\ dQ &= \alpha (t_f - t_w) \cdot dF \cdot d\tau \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

(1) tenglamadan issiqlik berish koeffitsientining o'lchov birligini keltirib chiqarish mumkin:

$$\alpha = \left[\frac{dQ}{(t_w - t_f) dF d\tau} \right] = \left[\frac{\mathcal{K}}{m^2 \cdot coam \cdot K} \right] = \left[\frac{Bm}{m^2 \cdot K} \right]$$

Agar, issiqlik almashinish yuzasi bo'ylab issiqlik berish koeffitsientining qiymati o'zgarmas ($\alpha = const$) bo'lsa, (1) tenglama ushbu ko'rinishni oladi:

$$\left. \begin{aligned} Q &= \alpha (t_w - t_f) \cdot F \cdot \tau \\ Q &= \alpha (t_f - t_w) \cdot F \cdot \tau \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Demak, issiqlik berish koeffitsienti α devorning I yuzasidan suyuqlikka I s vaqt davomida, devor va suyuqlik temperaturalarining farqi I K bo'lganda uzatilgan issiqlik miqdorini bildiradi. Ushbu, issiqlik berish koeffitsientining miqdori bir nechta parametrlarga bo'liqdir, ya'ni suyuqlikning harakat rejimi w , uning zichligi ρ , qovushoqligi μ , solishtirma issiqlik siqimi s , issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti λ , hajmiy kengayish koeffitsienti β , devorning shakli va o'lchamlari (truba diametri d va uzunligi L), hamda qadir-budurligi e va hokazolarga.

Yuqorida aytilganlarni quyidagi funktsiya holatida yozish mumkin:

$$\alpha = f(w, \rho, \mu, c, \lambda, \beta, d, L, e, \dots) \quad (3)$$

Umumiy ko'rinishga ega bo'lgan issiqlik berish koeffitsienti tenglamasi ko'rinishidan sodda bo'lsa ham, α ni aniqlash juda murakkab. Chunki, (3) dan ko'rinib turibdiki, α juda ko'p parametrlarga bo'liq. Shuning uchun, tajriba natijalarini o'xshashlik nazariyasi yordamida umumlashtirish yo'li bilan issiqlik berish koeffitsientini hisoblash kriterial formulasini keltirib

chiqarish mumkin.

Issiqlik berish koeffitsientini aniqlash uchun suyuqlikda temperatura taqsimlanishini bilish zarur. Undan tashqari, issiqlik almashinish jarayonini hisoblash uchun issiqlik berish koeffitsientini o'zgaruvchi parametrlar bilan boqliq tenglamasiga ega bo'lishi kerak.

Bunday tenglama bo'lib konvektiv issiqlik almashinishning differensial tenglamasi xizmat qiladi. Lekin, ushbu tenglama devor va suyuqlik chegarasidagi shartlarni xarakterlovchi tenglama bilan to'ldirilgan bo'lishi kerak.

Konvektiv issiqlik almashinishning differensial tenglamasi (Fure - Kirxgof tenglamasi)

Ma'lumki, konvektiv issiqlik almashinish jarayonida suyuqlikda issiqlik ham, issiqlik o'tkazuvchanlik, ham konvekstiya usullarida uzatiladi.

Issiqlik o'tkazuvchanlik quyidagi tenglama bilan ifodalanadi va ushbu ko'rinishga ega:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \cdot \left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right) \quad (3a)$$

Ushbu tenglamaning chap tomonidagi nisbat suyuqlik (gaz)dan ajratib olingan qo'zqalmas element temperaturasining lokal (mahalliy) o'zgarishini ifodalaydi.

Konvektiv issiqlik almashinishda ushbu element suyuqlikning bir nuqtasidan ikkinchisiga ko'chadi. Bu holatdagi elementning temperatura o'zgarishi substansional hosila yordamida ifodalanishi mumkin. Agar, elementning fazodagi x, y, z o'qlar bo'yicha ko'chishini w_x, w_y, w_z deb belgilasak, unda element temperaturasining to'liq o'zgarishini xarakterlovchi substansional hosila quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = \frac{\partial t}{\partial x} + \frac{\partial t}{\partial x} w_x + \frac{\partial t}{\partial y} w_y + \frac{\partial t}{\partial z} w_z \quad (4)$$

(4) tenglikdagi $\partial t / \partial \tau$ temperaturaning lokal (mahalliy) o'zgarishi, qolgan qo'shiluvchilar yiqindisi esa - temperaturaning konvektiv o'zgarishini ifodalaydi.

Agar, (3a) tenglamaning temperaturadagi lokal o'zgarishini to'liq o'zgarishiga (4) almashtirsak, Fure - Kirxgofning konvektiv issiqlik almashinishning differensial tenglamasini olamiz:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} + \frac{\partial t}{\partial x} w_x + \frac{\partial t}{\partial y} w_y + \frac{\partial t}{\partial z} w_z = a \cdot \left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right) \quad (5)$$

Ushbu tenglama harakatdagi suyuqlikda issiqlik energiyasining bir vaqtda issiqlik o'tkazuvchanlik va konvekstiya usullarida uzatilishining matematik ifodasi. Konvektiv issiqlik almashinish jarayonini to'la matematik ifodalash uchun (5) tenglama devor yuzasi va harakatdagi suyuqlik chegarasidagi sharoitlarni xarakterlovchi tenglama bilan to'ldirilishi zarur.

Ma'lumki, harakatlanuvchi suyuqlikda joylashgan qattiq jism yuzasida har doim δ qalinlikka ega chegaraviy qatlam mavjud bo'lib (1-rasm), u orqali issiqlik energiyasi issiqlik o'tkazuvchanlik usulida tarqaladi. Chegaraviy qatlam orqali suyuqlik oqimining o'zagiga uzatilgan issiqlik miqdori Fure qonuni asosida topiladi:

$$dQ = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n} dF d\tau$$

o'tgan dQ issiqlik miqdorini Nyuton qonuni yordamida ham hisoblasa bo'ladi:

$$dQ = \alpha (t_w - t_f) dF d\tau$$

Oxirgi ikki tenglamaning o'ng qismlarini tenglashtirib, «devor-suyuqlik» chegaralarini xarakterlovchi tenglamani olamiz:

$$-\lambda \frac{\partial t}{\partial n} = \alpha (t_w - t_f) \quad (6)$$

(5) va (6) tenglamalar konvektiv issiqlik almashinish jarayonini to'liq ifodalaydi.

1-rasmdan ko'rinib turibdiki, eng katta temperatura gradienti chegaraviy qatlamda hosil bo'lib, issiqlik berish jarayonining intensivligini, asosan, uning termik qarshiligi belgilaydi.

Konvektiv issiqlik almashinishning o'xshashlik kriteriy va tenglamalari

Ma'lumki, yuqorida keltirib chiqarilgan (5) va (6) tenglamalar murakkab konvektiv issiqlik almashinish jarayonlarini ifodalaydi.

Ushbu tenglamalarni amalda uchraydigan jarayonlarga qo'llash mumkin emas, chunki echimini topish qiyin.

Issiqlik almashinish jarayonlarini amaliy hisoblashda o'xshashlik nazariyasi usullari yordamida (5) va (6) tenglamalardan keltirilib chiqarilgan kriterial tenglamalari keng miqyosida ishlatiladi.

Agar, (6) tenglamaning ikkala qismini chap qismiga bo'lsak, ushbu o'lchamsiz kompleksni olish mumkin:

$$\frac{\alpha (t_w - t_f) \partial n}{\lambda \partial t} = \frac{\alpha \cdot \Delta t \partial n}{\lambda \partial t} \quad (7)$$

Olingan o'lchamsiz kompleksda differentsiyalash belgilarini o'chirib, n ni l ga almashtirib va qisqartirish yo'li bilan **Nusselt sonini** olamiz:

$$Nu = \frac{\alpha l}{\lambda} \quad (8)$$

bu erda α - issiqlik berish koeffitsienti, $\text{Wt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$; l – geometrik o'lcham, m; λ - muhitning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti, $\text{Wt}/(\text{m} \cdot \text{K})$.

Nusselt kriteriyasi devor va suyuqlik o'rtasidagi chegarada issiqlik almashinish jarayoni intensivligini xarakterlaydi.

Ushbu kriteriy chegaraviy qatlam qalinligi δ ning aniqlovchi geometrik o'lcham (truba uchun uning diametri d) ga nisbatini xarakterlaydi.

Konvektiv issiqlik almashinishning differensial tenglamasidan:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} + \frac{\partial t}{\partial x} w_x + \dots = a \cdot \left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \dots \right)$$

uning hamma qo'shiluvchilarini $a \frac{\partial^2 t}{\partial x^2}$ ga bo'lish yo'li bilan ushbu o'lchamsiz kompleksni olish mumkin:

$$\frac{\partial t \partial x^2}{\partial \tau a \partial^2 t} \quad \text{va} \quad \frac{\partial t w_x \partial x^2}{\partial x a \partial^2 t}$$

Differenstiallashtirish belgi va yo'nalishlarini o'chirish va qisqartirish yo'li bilan **Fure kriteriysini** :

$$Fo = \frac{a\tau}{l^2} \quad (9)$$

va **Pekle kriteriysini**

$$Pe = \frac{wl}{a} \quad (10)$$

keltirib chiqaramiz.

Fure kriteriysi noturqun issiqlik almashinish jarayonlarida temperatura maydonining o'zgarish tezligi, muhitning o'lchami va fizik kattaliklari o'rtasidagi boqliqlarni xarakterlaydi.

Pekle kriteriysi suyuqlik oqimida konvekstiya va issiqlik o'tkazuvchanlik usullari bilan issiqlik tarqalish nisbatini xarakterlaydi.

Odatda, Pekle kriteriysi ikkita o'xshashlik kriteriylarining ko'paytmasi ko'rinishida keltiriladi:

$$Pe = \frac{wl}{a} = \frac{wl}{v} \cdot \frac{v}{a} = Re \cdot Pr$$

Prandtl kriteriysi suyuqlik qovushoqligi va temperatura o'tkazuvchanligi xossalariining nisbatini ifoda etadi. Ushbu kriteriy faqat suyuqliklarning diffuzion – issiqlik parametrlari yordamida aniqlanadi:

$$Pr = \frac{v}{a} = \frac{\mu}{a\rho} = \frac{\mu g}{a\gamma} \quad (11)$$

Grasgof kriteriysi tabiiy konvekstiya jarayonidagi suyuqlik oqimining gidrodinamik rejimini xarakterlaydi:

$$Gr = \frac{gl^3}{v^2} \beta \cdot \Delta t \quad (12)$$

bu erda Δt – devor va suyuqliklar o'rtasidagi temperaturalar farqi, K; β – suyuqlikning hajmiy kengayish koeffitsienti; g – erkin tushishi tezlanishi, m/s².

Ayrim hollarda Nusselt kriteriysi o'rniga konvektiv issiqlik almashinish kriteriysi, **Stenton kriteriysini**, ham qo'llash mumkin:

$$St = \frac{Nu}{Pe} = \frac{\alpha}{c_p \rho w} \quad (13)$$

Ushbu kriteriy issiqlik berish intensivligini suyuqlik issiqlik oqimiga nisbatini aniqlaydi.

Yuqorida keltirib chiqarilgan o'xshashlik kriteriylari konvektiv issiqlik almashinishning o'xshashlik tenglamasini aniqlash imkonini beradi:

$$f(Re, Nu, Pr, Fo, Gr) = 0 \quad (14)$$

Ushbu tenglamada faqat **Nusselt Nu** soni aniqlovchi bo'lganligi uchun, (14) tenglama quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$Nu = f(Re, Pr, Gr, Fo) \quad (15)$$

Issiqlik almashinish jarayonining aniq masalalarini echishda (15) tenglamani ancha soddalashtirish mumkin.

Turqun issiqlik almashinish jarayonida tenglamadan Fo kriteriysi tushirilib qoldiriladi va ushbu ko'rinishni oladi:

$$Nu = f(Re, Pr, Gr) \quad (16)$$

Suyuqlikning majburiy harakati davrida tabiiy konvekstiyani inobatga olmasa ham bo'ladi va unda tenglama Gr kriteriysi kiritilmaydi:

$$Nu = f(Re, Pr) \quad \text{yoki} \quad Nu = A Re^n \cdot Pr^m \quad (17)$$

Suyuqlikning erkin harakati (tabiiy konvekstiya) davrida tenglamadan Reynolds kriteriysi tushurib qoldiriladi:

$$Nu = f(Gr, Pr) \quad \text{yoki} \quad Nu = A Gr^n \cdot Pr^m \quad (18)$$

Tekshirish uchun savollar:

1. Konvekstiya nima?
2. Nyuton qonuni va issiqlik berish koeffitsienti.
3. Qaysi issiqlik almashini jarayoni kriteriylarini bilasiz?

17- MA'RUZA. ISSIQLIK O'TKAZISH.

REJA:

1. Issiqlik o'tkazish.
2. Issiqlik o'tkazish koeffitsienti va asosiy tenglamasi.
3. Issiqlik almashini jarayonini xarakterizatsiya qiluvchi kuchi.

Issiqlik almashinish jarayonlarida ko'pincha issiqlik energiyasi bir suyuqlikdan ikkinchisiga ularni ajratib turuvchi devor orqali uzatiladi. Temperaturasi yuqori bo'lgan suyuqlikka devor orqali issiqlikning uzatilishi **issiqlik o'tkazish** deyiladi. Ushbu yo'l bilan uzatilgan issiqlik miqdori issiqlik o'tkazishning asosiy tenglamasidan aniqlanadi:

$$Q = K \Delta t_{yp} F \quad (1)$$

bu erda K – issiqlik o'tkazishkoeffitsienti, $Vt/(m^2 \cdot K)$; Δt_{ur} – issiqlik va sovuqlik eltkichlar temperaturalarining farqi, K ; F – ajratib turuvchi devor yuzasi, m^2 .

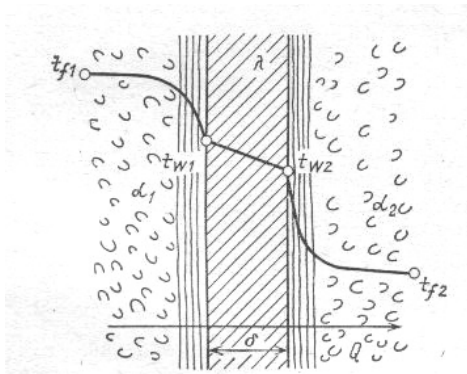
Tekis devorning issiqlik o'tkazishi. 1-rasmda qalinligi δ va materialining issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti λ bo'lgan tekis devor tasvirlangan.

Devorning bir tomonidan temperaturasi t_{f1} (oqim o'zagida) bo'lgan issiqlik eltkich, ikkinchi tomonidan esa – temperaturasi t_{f2} bo'lgan sovuqlik eltkich oqib o'tmoqda.

Devor yuzalarining temperaturasi t_{w1} va t_{w2} . Issiqlik berish koeffitsientlari α_1 va α_2 .

Turqun jarayonda F yuza orqali birinchi issiqlik eltkich o'zagidan devorga uzatilaetgan issiqlik miqdori, devordan o'tgan va devordan ikkinchi issiqlik eltkich o'zagiga uzatilayotgan issiqlik miqdoriga teng bo'ladi.

Ushbu issiqlik miqdorini quyidagi tenglamalardan topish mumkin:



1-расм. Текис девор орқалиициклик ўтказиш жараёнида температуранинг ўзгариш характери.

$$\begin{aligned}
 Q &= \alpha_1(t_{f1} - t_{w1}) \cdot F \\
 Q &= \frac{\lambda}{\delta}(t_{w1} - t_{w2}) \cdot F \\
 Q &= \alpha_2(t_{w2} - t_{f2}) \cdot F
 \end{aligned} \quad (2)$$

Yuqorida keltirilgan tenglamalardan quyidagi ifodalarni olish mumkin:

$$\begin{aligned}
 t_{f1} - t_{w1} &= \frac{1}{\alpha_1} \cdot \frac{Q}{F} \\
 t_{w1} - t_{w2} &= \frac{\delta}{\lambda} \cdot \frac{Q}{F} \\
 t_{w2} - t_{f2} &= \frac{1}{\alpha_2} \cdot \frac{Q}{F}
 \end{aligned} \quad (3)$$

Tenglamalar chap va o'ng tomonlarini qo'shish natijasida, ushbu ko'rinishga erishamiz:

$$t_{f1} - t_{f2} = \frac{Q}{F} \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \right) \quad (4)$$

bundan:

$$Q = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \cdot (t_{f1} - t_{f2}) \cdot F \quad (5)$$

(2) va (5) tenglamalarni solishtirib, quyidagi formulaga erishamiz:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (6)$$

bu erda K – issiqlik o'tkazish koeffitsienti, $Vt/(m^2 \cdot K)$.

Unda, tekis devorning issiqlik eltkichning o'zgarmas temperaturalarida issiqlik o'tkazish tenglamasi ushbu ko'rinishni oladi:

$$Q = KF\tau \cdot (t_{f1} - t_{f2}) \quad (7)$$

uzluksiz jarayonlar uchun esa:

$$Q = KF(t_{f1} - t_{f2}) \quad (8)$$

(7) tenglamaga binoan issiqlik o'tkazish koeffitsientining o'lchov birligi:

$$K = \left[\frac{Q}{F\tau(t_{f1} - t_{f2})} \right] = \left[\frac{Ж}{m \cdot c \cdot K} \right] = \left[\frac{Bm}{M^2 \cdot K} \right]$$

(6) tenglamadan

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \quad (9)$$

Shunday qilib issiqlik o'tkazish koeffitsienti K temperaturasi yuqori bo'lgan, issiqlik eltichidan temperaturasi past eltichga vaqt birligida ajratuvchi devorning $1m^2$ yuzasidan eltichlar temperaturasi $1K$ bo'lganda o'tkazilgan issiqlikning miqdorini bildiradi.

Issiqlik o'tkazish koeffitsientiga teskari bo'lgan kattalik **termik qarshilik** debnomlanadi. $1/\alpha_1$ va $1/\alpha_2$ lar issiqlik berishning termik qarshiligi bo'lsa, δ/λ devorning termik qarshiligi. (9) tenglamadan ko'rinib turibdiki, issiqlik o'tkazishning termik qarshiligi issiqlik berish va devorning termik qarshiliklar yig'indisiga teng.

Devorning termik qarshiligini aniqlashda, unga o'tirib qolgan ifloslarning termik qarshiligini ham hisobga olish zarur (1jadval).

$$r_{ufn} = \frac{\delta_{ufn}}{\lambda_{ufn}}$$

Ko'p qatlamli tekis devordan issiqlik o'tish jarayonida har bir qatlamning termik qarshiligi hisobga olinishi zarur. Bunday devorlar uchun K ni quyidagi tenglamadan aniqlash lozim:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (10)$$

Bu erda i – qatlamning tartib raqami; n – qatlamlar soni.

Shuni alohida ta'kidlash kerakki, hardoim issiqlik o'tkazish koeffitsienti eng minimal issiqlik berish koeffitsienti qiymatidan kichik bo'ladi.

1 jadval

rif. ning tahminiy qiymatlari

t/r	Issiqlik eltich	$r_{ufn} \cdot \frac{M^2 \cdot K}{Bm}$
1.	Suv	
	- distillangan	0,00009
	- dengiz	0,00009
	- sifatli quduq, ko'l, vodoprovod, daryo suvi	0,00018
	- $w < 0,9$ m/s	0,00035
	- $w > 0,9$ m/s	0,00018
	- ifloslangan daryo suvi	
2.	- $w < 0,9$ m/s	0,00053
	- $w > 0,9$ m/s	0,00035
	Neft mahsulotlari	
3.	- xom-ashyo	0,00009
	- toza (shu jumladan mineral moylar)	0,00018
4.	Organik suyuqliklar, tuzli eritmalar, sovuqlik eltichlar (NH ₃ , freonlar va hokazo.)	0,00018
	Suv buqi	0,00018
5.	Buqlar	
	- organik suyuqlikniki	0,00009
	- sovuq eltichlarniki	0,00035
6.	Xavo	0,00035

Silindrik devorning issiqlik o'tkazishi. Ma'lumki, sanoatning turli sohalarida issiqlik almashinish truba orqali o'tadi. Trubadan temperaturasi t_1 bo'lgan suyuqlik harakat qilsa, tashqarisidan esa t_2 temperaturali suyuqlik oqib o'tsin, ya'ni $t_1 > t_2$ dan. Temperaturasi yuqori suyuqlikdan truba ichki devoriga issiqlik berish koeffitsienti α_1 , tashqi yuzasidan sovuq suyuqlikka issiqlik berish koeffitsienti - α_2 , truba balandligi L , ichki radiusi r_1 va tashqi radiusi r_2 bo'lsa, Silindrik yuzadan uzatilgan issiqlik miqdori quyidagicha aniqlanadi:

$$Q = K_R 2\pi r \cdot (t_1 - t_2) \quad (11)$$

Issiqlik o'tkazish koeffitsienti K ni esa ushbu tenglamadan topiladi:

$$K_R = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 r_1} + \frac{1}{\lambda} 2,31g \frac{r_2}{r_1} + \frac{1}{\alpha_2 \cdot r_2}} \quad (12)$$

bu erda K_R – issiqlik o'tkazishning chiziqli koeffitsienti, $Vt/(m \cdot K)$.

K ning K_R dan farqi shundaki, K devorning yuza birligiga nisbatan olinsa, ikkinchisi K_R - truba uzunligining birligiga nisbatan olinadi.

Issiqlik almashinish jarayonlarini harakatga keltiruvchi kuch

Issiqlik almashinish jarayonlarining harakatga keltiruvchi kuchi – issiqlik eltkichlarning temperaturalar farqi. Ushbu farq ta'siri ostida issiqlik temperaturasi yuqori muhitdan temperaturasi past muhitga o'tadi.

O'zgarmas temperaturada issiqlik o'tkazish jarayoni juda kam tarqalgan. Bunday jarayonlar, bir tomonida buq kondensastiyalansa, ikkinchisida esa, suyuqlik qaynashi ro'y beradi. Lekin, sanoatda ko'pchilik jarayonlar issiqlik eltkichlarning o'zgaruvchi temperaturalarida sodir bo'ladi.

Odatda temperatura issiqlik eltkichlarni ajratib turuvchi devor yuzasi F bo'ylab o'zgaradi. Lekin, vaqt o'tishi bilan issiqlik eltkichning temperaturasi o'zgarmasligi mumkin va u $t = f(F)$ funktsiya bilan ifodalanadi. Bunday hol turqun issiqlik almashinish jarayonini xarakterlaydi.

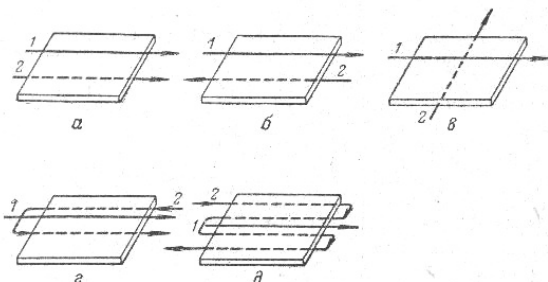
Noturqun issiqlik almashinish jarayonlarida 2 holat bo'lishi mumkin:

- devor yuzasining har bir nuqtasida temperatura faqat vaqt o'tishi bilan o'zgaradi, ya'ni $t = f(\tau)$;

- issiqlik eltkichning temperaturasi vaqt o'tishi va devor yuzasi bo'ylab o'zgaradi, ya'ni $t > f(\tau, F)$.

O'zgaruvchan temperaturada issiqlik o'tkazish suyuqliklarning harakat yo'nalishiga boqliqdir.

Uzluksiz ishlaydigan qurilmalarda issiqlik almashinish jarayonida suyuqliklar harakati parallel, qarama-qarshi, kesishib o'tgan va murakkab (aralash) yo'nalishli bo'lishi mumkin (2-rasm).



2-рasm. Иссиқлик алмашиниш жараёнида суюқликларнинг ҳаракат йўналишлари
 а - параллел; б - қарама - қарши; в - кесишиб ўтган;
 г, д - аралаш.

Ajratib turuvchi devor bo'ylab bir - biriga nisbatan suyuqliklar harakatining quyidagi variantlari bo'lishi mumkin:

1) parallel harakatda (2a-rasm) ikkala issiqlik eltkichlar ham bir xil yo'nalishda harakat qiladi;

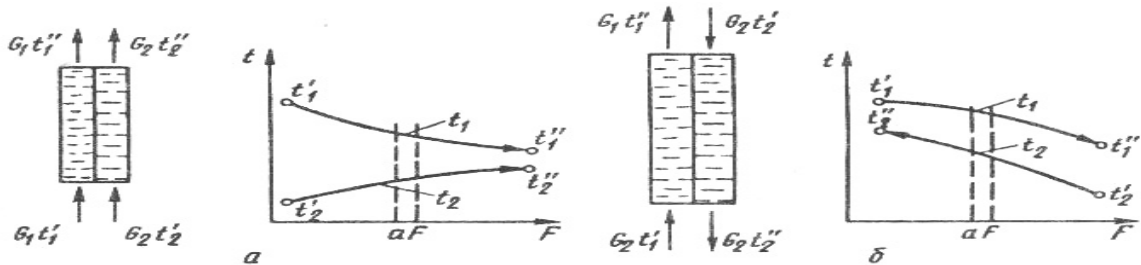
2) qarama-qarshi harakatda (2b-rasm) issiqlik eltkichlar bir-biriga qarshi

yo'nalishda harakat qiladi;

3) kesishib o'tuvchi harakatda (2b-rasm) issiqlik eltkichlar bir-biriga nisbatan perpendikulyar yo'nalishda harakat qiladi;

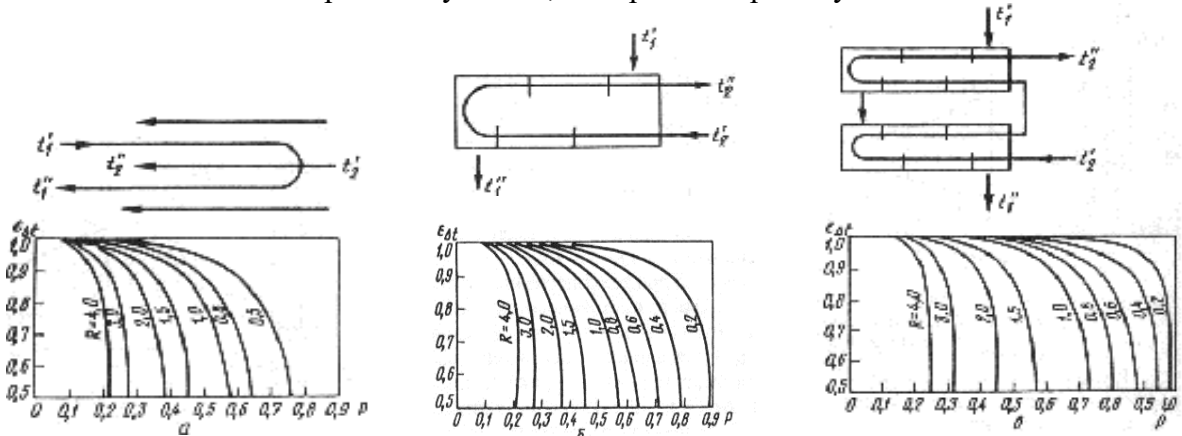
4) murakkab yo'qi aralash harakatda (2g, d-rasm) birinchi issiqlik eltkich bir yo'nalishda harakat qilsa, ikkinchisi ham to'qri, ham teskari yo'nalishda harakat qiladi.

O'zgaruvchan temperaturali jarayonlarda issiqlik eltkichlarning o'zaro harakat yo'nalishiga qarab, issiqlik almashinish jarayonining harakatga keltiruvchi kuchi o'zgaradi. Shuning uchun, issiqlik o'tkazishning asosiy tenglamasidagi o'rtacha harakatga keltiruvchi kuch



3-rasm. Issiqlik eltkichlar temperaturalarining ўzgarish sxemasi.

а - параллел йўналиш; б - қарама - қарши йўналиш.



4-rasm. Aralash йўналишли қобіқ - трубаи иссиқлик алмашиниш қурилмасида иссиқик элткічларнинг ҳаракат схемаси ва $\epsilon \Delta t$ коэффициенті:

а - трубалараро бўшлиғи бир ва трубалар бўшлиғи эса икки, тўрт, олти ва ундан ортиқ йўлли;

б - кўндаланг тўсиқли трубалараро бўшлиғи бир ва трубалар бўшлиғи икки, тўрт, олти ва

ортиқ йўлли; в - кўндаланг тўсиқли трубалараро бўшлиғи икки ва трубалар бўшлиғи тўрт

сууқликлarning bir-biriga nisbatan harakat yo'nalishiga va jarayonni tashkil etilishga boqliq bo'ladi.

3-rasmda paralel va qarama - karshi yo'nalishli harakatlar paytida issiqlik eltkichlar temperaturalarining o'zgarishi tasvirlangan. Issiqlik eltkichlardan biri G_1 sovitilganda temperaturasi t_1' dan t_1'' gacha pasaymoqda, ikkinchisi esa G_2 , isitilganda t_2' dan t_2'' gacha ko'tarilmoqda. 4.16-rasmda qobiq - trubali issiqlik almashinish qurilmalarida tez-tez uchrab turadigan aralash yo'nalishli suyuqliklar harakat sxemalari keltirilgan.

3-rasmdan ko'rinib turibdiki, issiqlik almashinish jarayonida ikki issiqlik eltkichlar orasidagi harakatga keltiruvchi kuch miqdori devor yuzasi bo'ylab o'zgarimoqda. Masalan, issiqlik eltkichlarning qurilmaga kirishda, parallel yo'nalishda (4.15a-rasm) lokal harakatga keltiruvchi kuch maksimal qiymatga ega: $\Delta t_{max} = t_1' - t_2'$, qurilmadan chiqishda esa, minimal $\Delta t_{min} = t_1'' - t_2''$. Qarama-qarshi yo'nalishli harakatda ham xuddi shunday natijaga ega bo'lamiz. Shuning uchun issiqlik almashinish jarayonlarini hisoblashda o'rtacha harakatga keltiruvchi kuchdan foydalaniladi.

Issiqlik almashinishi yuzasining cheksiz kichik elementida vaqt birligida issiq eltkichdan sovuq eltkichga uzatilayotgan issiqlik miqdori (3a-rasm) ushbu tenglamadan aniqlanadi: $dQ =$

$K(t_1 - t_2)dF$. Issiqlik almashinish oqibatida issiq eltkichning temperaturasi $dt_1 = -dQ/(G_1s_1)$ ga pasayadi, sovuq eltkichning temperaturasi esa $dt_2 = -dQ/(G_2s_2)$ ga ko'tariladi, bu erda G_1 va G_2 issiq va sovuq eltkichlarning massaviy sarfi; s_1 va s_2 - issiq va sovuq eltkichlarning solishtirma issiqlik siqimlari. Issiqlik eltkichlar temperaturasining o'zgarishini topish uchun birinchi tenglamadan ikkinchisini ayirish kerak:

$$d(t_1 - t_2) = -dQ \left(\frac{1}{G_1 \cdot c_1} - \frac{1}{G_2 \cdot c_2} \right) \quad (13)$$

Agar, issiqlik o'tkazishning asosiy tenglamasining dQ qiymatini (13)ga qo'ysak ushbu ifodaga ega bo'lamiz:

$$\frac{d(t_1 - t_2)}{t_1 - t_2} = -K \left(\frac{1}{G_1 c_1} + \frac{1}{G_2 c_2} \right) dF \quad (13a)$$

F yuzali issiqlik almashinish qurilmasida vaqt birligida issiqlik eltkichdan sovuqiga o'tgan issiqlik miqdori Q , issiqlik balansi tenglamasidan topiladi:

$$Q = G_2 c_2 (t'_1 - t''_1) = G_2 c_2 (t''_2 - t'_2) \quad (14)$$

(14) tenglamadagi $G_1 c_1$ va $G_2 c_2$ larning qiymatlarini (4.103a) ga qo'ysak, ushbu ko'rinishni olamiz:

$$\frac{d(t_1 - t_2)}{t_1 - t_2} = -\frac{K}{Q} [(t'_1 - t''_1) + (t''_2 - t'_2)] \cdot dF \quad (15)$$

(15) tenglamani o'zgarimas K da integrallasak:

$$Q = KF \frac{(t'_1 - t'_2) - (t''_1 - t''_2)}{\ln \frac{t'_1 - t'_2}{t''_1 - t''_2}} \quad (16)$$

yoki:

$$Q = KF \frac{\Delta t_{\max} - \Delta t_{\min}}{\ln \frac{\Delta t_{\max}}{\Delta t_{\min}}} \quad (17)$$

(16), (17) va issiqlik o'tkazishning asosiy tenglamalarini solishtirish natijasida issiqlik o'tish jarayonining o'rtacha harakatga keltiruvchi kuchini topish mumkin:

$$\Delta t_{yp} = \frac{\Delta t_{\max} - \Delta t_{\min}}{\ln \frac{\Delta t_{\max}}{\Delta t_{\min}}} \quad (18)$$

Ushbu ifoda issiqlik eltkichlarning qarama-qarshi yo'nalishli harakati uchun ham taalluqlidir.

Agar $\Delta t_{\max}/\Delta t_{\min} \ll 2$ va issiqlik eltkichlarning tezligi kichik bo'lganda, temperaturalarning farqi o'rtacha arifmetik qilib hisoblanadi:

$$\Delta t_{yp} = \frac{(\Delta t_{\max} + \Delta t_{\min})}{2} \quad (19)$$

Bu formulada hisoblaganda, xatolik 5% dan oshmaydi.

Issiqlik eltkichlarning kesishib o'tgan va aralash yo'nalishli harakatida o'rtacha harakatlantiruvchi kuch ushbu formuladan aniqlanadi:

$$\Delta t_{yp} = \varepsilon_{\Delta t} \frac{\Delta t_{\max} - \Delta t_{\min}}{\ln \frac{\Delta t_{\max}}{\Delta t_{\min}}} \quad (20)$$

bu erda $\varepsilon_{\Delta t}$ - o'lchamsiz, koeffitsient bo'lib, 4.16-rasmdagi grafiklardan topish mumkin.

Grafiklardagi R va P kattaliklar Bouman formulasidan topiladi:

$$P = \frac{t_2'' - t_2'}{t_1' - t_2'}; \quad R = \frac{t_1' - t_1''}{t_2'' - t_2'} \quad (21)$$

Tekshirish uchun savollar:

1. Issiqlik o'tkazishning asosiy tenglamasi qanday?
2. Termik qarshilik nima?
3. Issiqlik almashinish jarayonlarini harakatga keltiruvchi kuchi.

17^A-MA'RUZA.

ISSIQLIK ALMASHINISH QURILMALARI TURLARI VA KONSTRUKSIYALARI

REJA:

1. Issiqlik almashinish qurilmalari.
2. Sirtiy issiqlik almashinish qurilmalari.
3. Regenerativ issiqlik almashinish qurilmalari

Issiqlik almashinish qurilmalari

Ma'lumki, sanoatning turli sohalarida xilma-xil xom - ashyo va mahsulotlarni qayta ishlashda issiqlik almashinish jarayonlari va ularni amalga oshiruvchi qurilmalar juda keng miqyosda qo'llaniladi. Jarayonlarni o'tkazish shartlari va qurilmalarni qo'llash sohasiga qarab, issiqlik almashinish qurilmalarning tuzilishi turlicha bo'ladi.

Ishlash prinsipiga qarab issiqlik almashinish qurilmalari sirtiy (rekuperativ), regenerativ va aralash tiruvchi (gradirnya, skrubber, aralash tiruvchi kondensator va h.) qurilmalarga bo'linadi.

Sirtiy issiqlik almashinish qurilmalarida issiqlik eltkichlar devor bilan ajratilgan bo'lib, ularda bir muhitdan ikkinchisiga issiqlik ushbu devor orqali uzatiladi. Konstruktsiyasiga ko'ra sirtiy issiqlik almashinish qurilmalari qobiq - trubali, zmeevikli, plastinali, spiralsimon, qirrali, g'ilofli, blok-graftli va maxsus issiqlik almashinish qurilmalariga bo'linadi.

Regenerativ issiqlik almashinish qurilmalarida bir issiqlik almashinish yuzasi galma-gal issiq va sovuq eltkichlar bilan yuvilib turadi. Agar, issiqlik almashinish yuzasi issiq eltkich bilan yuvilib tursa, muhitning issiqligi hisobiga isiydi, sovuq eltkich bilan yuvilganda esa - o'z issiqligini beradi. Shunday qilib, issiqlik almashinish yuzasi issiqlik eltkichning issiqligini yig'ib oladi, so'ng esa sovuq eltkichga beradi.

Aralash tiruvchi issiqlik almashinish qurilmalarida ikkala eltkich bevosita o'zaro aralashishi paytida issiqlik almashadi.

Issiqlik almashinish turiga ko'ra qurilmalar isitkich, bug'latkich, sovutkich va kondensatorlarga ajratiladi.

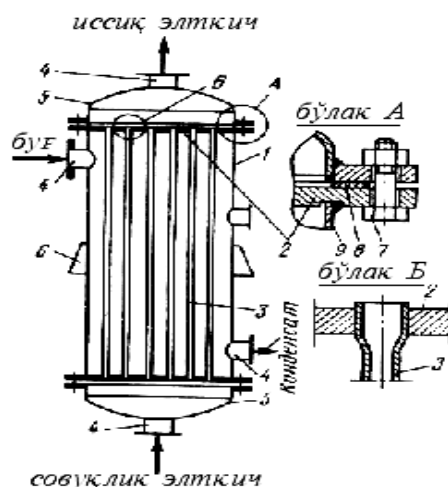
Sirtiy issiqlik almashinish qurilmalari

Konstruktsiyasiga qarab ushbu turdagi qurilmalar qobiq - trubali, «truba ichida truba», zmeevikli, spiralsimon, yuvilib turuvchi, plastinali, qirrali, g'ilofli, blok-graftli, shnekli va hokazo bo'lishi mumkin.

Qobiq - trubali issiqlik almashinish qurilmalari xalq xo'jaligining turli sohalarida eng keng tarqalgan va ko'p ishlatiladigan turidir.

4.50-rasmda trubalarning qo'zg'almas teshik panjarali, bir yo'lli, vertikal qobiq-trubali issiqlik almashinish qurilmasi tasvirlangan. Ushbu qurilma silindr qobiq 1 va uning ikki chekkasiga isituvchi trubalar 3 mahkamlangan teshikli panjara 2 lardan tarkib topgan. Trubalar o'rami issiqlik almashinish qurilmasining butun hajmini ikkiga bo'ladi: 1) truba bo'shlig'i; 2) trubalararo bo'shliq. Teshikli panjara 2 lar Silindrik qobiq 1 ga payvandlash usulida mahkamlanadi. Qurilma qobig'iga boltli birikma yordamida 2 ta qopqoq mahkamlanadi. Issiqlik eltkichlar kirishi va chiqishi uchun Silindrik qobiq 1 va qopqoq 5 larda patrubkalar o'rnatilgan. Issiqlik eltkichlardan biri, masalan suyuqlik, trubalar bo'shlig'iga yo'naltirilsa, u trubalar orqali o'tib qopqoqning patrubkasidan chiqib ketadi. Boshqa issiqlik eltkich oqimi esa, masalan bug', trubalararo bo'shliqqa yo'naltiriladi, isituvchi trubalar tashqi yuzasiga o'z issiqligini beradi va suyuq agregat holati (kondensat) ga aylanib qobiqning pastki patrubkasidan chiqazib yuboriladi. Muhitlar orasidagi issiqlik almashinish jarayoni trubalar devori orqali amalga oshiriladi. Isituvchi trubalar teshikli panjaraga payvandlash, razvalstovka va usullarda mahkamlanadi (4.51-rasm). Ko'pincha, isituvchi trubalar po'lat, legirlangan po'lat, mis, latun, titan yoki boshqa materiallardan tayyorlanishi mumkin.

Isituvchi trubalar 3 ni teshikli panjaralar 2 da mahkamlashning eng keng tarqalgan usuli bu oddiy razvalstovkadir (4.51-rasm).



asbobda

**4.50-расм. Вертикал, бир йўлли қобик - трубаи
иссиқлик алмаши-ниш қурилмаси.**

ortadi,
teshikli

1 - қобик; 2 - тешикли пан-жара; 3 - иситувчи труба; 4 - патрубк; 5 - қоп-қоқ; 6 - таянч; 7 - болт; 8 - қистирма; 9 - обечайка.

Valstovka nomli radial yo'nalishda hosil qilinadigan kuch ta'sirida truba deformastiyaga (diametri ya'ni kengayadi) uchrab, panjaraga zichlanadi va mahkamlanadi. Truba o'ramining to'r pardaga mustahkam joylashtirishga

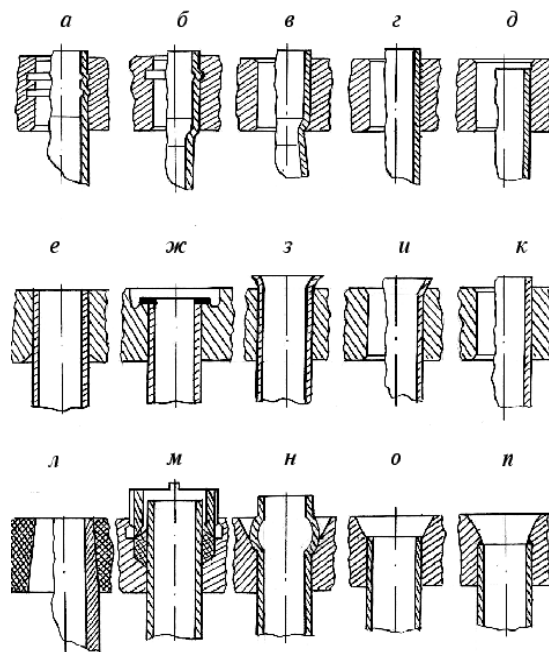
erishish uchun teshikli panjarada eni 2...3,5 mm va chuqurligi 0,4...1,0 mm li ikkita halqasimon ariqcha qilinadi. Undan tashqari, trubalarni teshikli panjaralarga payvandlash, kavsharlash, salnik yordamida ham mahkamlash mumkin. Salnik yordamida zichlash murakkab va qimmat. Bu usulda mahkamlash muhitlar temperatura farqi katta bo'lganda, trubalarning bo'ylama siljishiga imkon beradi, ammo bunda birikma zichlanishi buzulmaydi.

Trubaning kirish qismini konussimon razvalstovka qilish, mahalliy qarshilik koeffitsientini sezilarli darajada pasaytiradi. Bu esa, o'z navbatida kirish qismining emirilish oldini oladi.

Agar, trubalar tebranish, stiklik qizishga, temperaturalar katta o'zgarishi yoki ularning uchlari issiqlik ta'sirida o'ta isib ketish hollari yuz beradigan bo'lsa, unda trubalarning uchi albatta teshikli panjaraga payvandlanishi zarur. Payvandlash choki cho'ktirilgan, valik va ariqchada valik holadi, hamda ariqcha va tishli ko'rinishlarda bo'lishi mumkin.

Odatda, qalin devorli trubalarni payvandlash maqsadga muvofiqdir. Agar, trubalar kuchlanish ostida ishlatiladigan bo'lsa, portlatib payvandlash tavsiya etiladi. Ushbu usulda trubalarni mahkamlash uchun portlatish zaryad quvvati katta, teshikli panjaraning tashqi yuzasi razzenkovka qilishini va panjara tashqarisiga truba uchlari ko'p chiqib turishi kerak. Bu usulda truba teshikli panjaraga o'ta mustahkam holatda biriktiriladi.

Agar, trubaning bir uchi panjaraga ushbu usulda portlatib payvandlansa, ikkinchi uchi esa portlatib razvalstovka qilinsa, eng yuqori mustahkamlikka erishsa bo'ladi.



4.51-расм. Трубаларни тешикли панжаларга

маҳкамлаш усуллари.

а - иккита ариқчага развальцовка қилиш; б - битта ариқчага развальцовка қилиш; в - пайвандлаш ва развальцовка қилиш; г, д - пайвандлаш; е, ж - ариқ-чали ва тишли пайвандлаш; з - кириш қисмини конуссимон развальцовка қилиш; и - текис тешикка развальцовка қилиш ва буклаш; к - кавшарлаш; л – елимлаш; м - сальник билан зичлаш; н - портлатиб пайвандлаш; о - тешикли панжара ташқи томонини конуссимон раззенковка қилиш; п - тешикли панжаранинг ташқи томони аста - секин силлик, торайтириб

Hozirgi kunda trubalarni teshikli panjaraga mahkamlashning eng zamonaviy, ilg'or texnologiyasi - bu portlatib valstovka qilishdir. Bunda, portlatuvchi zaryad truba ichida, ya'ni uchida joylashtiriladi. So'ng esa, zaryad kapsyul yordamida portlatiladi. Natijada, portlash energiyasi trubani radial yo'nalishda deformatsiya qiladi va teshikli panjara bilan truba mustahkam birikma hosil qilib ulanadi. Bu usuldagi birikma, razvalstovka usulinigiga qaraganda ancha mustahkamroq bo'ladi. Portlatib payvandlash usulini trubalarni ta'mirlash uchun ham qo'llash mumkin. Trubalarni teshikli panjaraga elektrogidravlik mahkamlash va biriktirish usuli ham mavjud.

Qobiq - trubali issiqlik almashinish qurilmalarida truba teshikli panjaraga quyidagi usullarda joylashtirilishi mumkin (4.52-rasm):

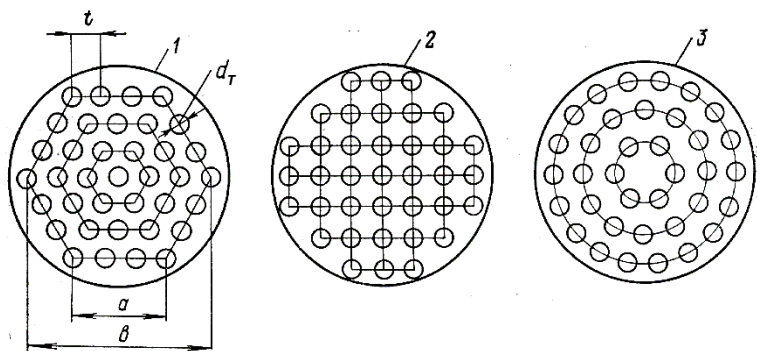
- to'g'ri oltiburchak cho'qqi va qirralari yoki teng yonli uchburchak bo'ylab;
- konstentrik aylana bo'ylab;
- kvadrat cho'qqi va tomonlari bo'ylab;
- shaxmatli ko'rinishda (bir va har xil ko'ndalang qadamli).

Ushbu usullarda trubalarni issiqlik almashinish qurilmasida joylashtirish, qurilmaning ixcham bo'lish sharti bilan belgilanadi. Undan tashqari, har bir qurilmaga iloji boricha ko'proq truba joylashtirishga harakat qilinadi.

Kimyo mashinasozligida to'g'ri oltiburchak tomonlari va cho'qqalarida trubalarni joylashtirish keng tarqalgan. Bu usul uchun, trubalar sonini aniqlashga quyidagi formula tavsiya etiladi:

$$n = 3a \cdot (a - 1) + 1 \quad (4.135)$$

bu erda a - eng katta oltiburchak tomonidagi trubalar soni; $\nu = 2a-1$ - eng katta oltiburchak diagonalidagi



4.52-рasm. Труба тешikli панжарасида трубаларни жойлаштириш схемаси.

1 – тўғри олтибурчак томонлари ва чўккиларида; 2 – квадрат томонлари ва чўккиларида;

trubalar soni.

Agar, trubalar teshikli panjaraga razvalstovka usulida mahkamlansa, unda trubalarni joylashtirish qadami t ni, ularning tashqi diametriga d_T qarab, ushbu oralikdan tanlanadi:

$$t = (1,3 \dots 1,5) \cdot d_T \quad (4.136)$$

Payvandlab mahkamlashda esa $t = 1,25 d_T$.

Issiqlik almashinish qurilmasining diametri quyidagi tenglamadan topiladi:

$$D = t \cdot (b-1) + 4d_T \quad (4.137)$$

Trubalarning uzunligi zarur issiqlik almashinish yuzasi F va trubaning o'rtacha diametri d_{ur} lardan kelib chiqqan holda ushbu formulada hisoblanadi:

$$l = \frac{F}{\pi \cdot n \cdot d_{yp}} \quad (4.138)$$

Qobiq - trubali issiqlik almashinish qurilmalarida issiqlik eltichlarning yo'nalishi parallel yoki qarama - qarshi bo'ladi. Issiq eltich qurilmaning yuqori qismidan trubalararo bo'shliqqa, sovuq eltich esa, pastki qismidan trubalar ichiga yuboraladi. Natijada, bug' issiqligini beradi va soviydi, ya'ni kondensatga aylanadi va pastga qarab harakatlanadi. Temperaturasi ortishi bilan sovuq eltichning zichligi kamayadi va u yuqoriga qarab ko'tariladi. Agar, suyuqliklar sarfi ko'p bo'lsa, ularning tezligi ham yuqori va issiqlik almashinish jarayoni intensiv bo'ladi. Undan tashqari, suyuqliklarning qarama - qarshi yo'nalishida ularning tezliklari bir xilda taqsimlanib, qurilmaning butun ko'ndalang kesimida issiqlik almashinishi o'zgarmas bo'ladi.

Trubalar bo'shlig'idagi to'siqlar. Issiqlik almashinish jarayonining tezligini oshirish uchun ikki va undan ortiq yo'lli isitkichlar qo'llaniladi.

Ikki va undan ortiq yo'lli qurilmalarda trubalarni sekstiyalarga ajratish uchun yoki suyuqlikning harakat yo'li soniga qarab qurilmaning qopqog'i bilan truba teshikli panjarasining orasiga to'siqlar o'rnatiladi. Buning natijasida suyuqlik oqimi uchun yo'llar soni, ya'ni issiqlik almashinish yuzasi ortadi.

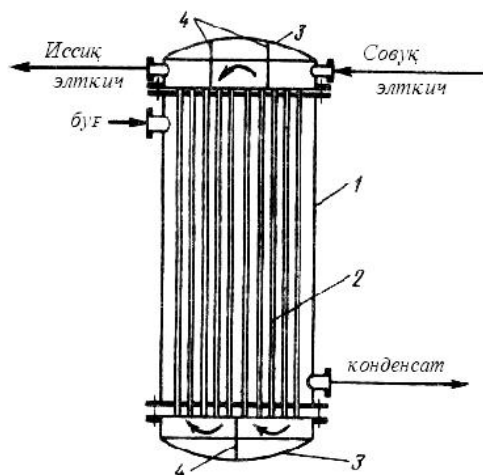
Ko'p yo'lli, qobiq-trubali issiqlik almashinish qurilmasi. 4.53-rasmda to'rt yo'lli qurilma tasvirlangan.

Trubalar bo'shlig'i sekstiyalanishi tufayli, sekstiyadagi trubalar soni butun qurilmanikiga qaraganda kamayadi. Bu esa, suyuqlik oqimi harakatlanadigan ko'ndalang kesim yuzasi kamayishiga va issiqlik eltich tezligining ortishiga olib keladi.

Masalan, to'rt yo'lli qurilmada, bir yo'llikka qaraganda suyuqlikning tezligi to'rt marta ko'p bo'ladi. Ushbu hol esa, trubalar bo'shlig'ida issiqlik berish koeffitsientini o'sishiga sababchi bo'ladi.

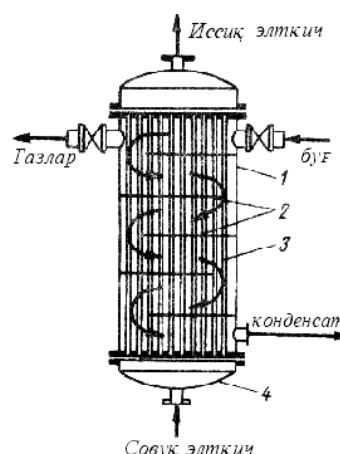
Shuni nazarda tutish kerakki, har doim termik qarshiligi yuqori issiqlik eltichning tezligini oshirish maqsadga muvofiqdir.

Trubalararo bo'shliqda suyuqlik oqimi tezligini va harakat yo'lini uzaytirish maqsadida segment to'siqlar o'rnatiladi (4.54-rasm).



4.53-расм. Кўп йўлли иссиқлик алмашиниш қурилмаси (труба бўшлиғи бўйича).

ниш қурилмаси (труба бўшлиғи бўйича).



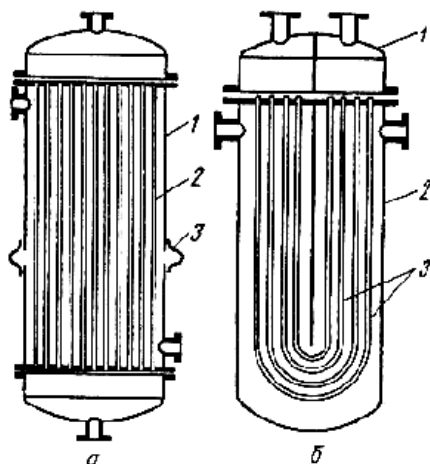
4.54-расм. Кўп йўлли иссиқлик алмашиниш қурилмаси (трубалараро бўшлиқ бўйича).

1 - қобик; 2 - тўсиқ;

Горизонтал иссиқлик алмашиниш қурилмаларида ушбу segment to'siqlar труба o'rami uchun oraliq tayanchlar vazifasini ham bajaradi. Odatda gorizontал qurilmalar ko'p yo'lli qilib yasaladi va ularda suyuqliklar tezligi yuqori bo'ladi. Bunday qilishdan maqsad, temperatura va zichliklar farqi ostida suyuqliklarning qatlamlarga ajralib, hamda harakatsiz zonalar hosil qilmasligini ta'minlashdir.

Агар, иссиқлик алмашиниш қурилмаси qo'zg'almas teshik panjara tuzilishi, qobiq va trubalar temperaturalarining o'rtacha farqi 50°S dan katta bo'lsa, qobiq va trubalar uzayishi har xil bo'ladi. Bu hol o'z navbatida teshikli panjarada katta kuchlanishlar hosil qiladi va panjaradagi trubalar zichlanishini, payvand choklarini buzadi va yo'l qo'yib bo'lmaydigan issiqlik eltkichlar aralashishiga olib keladi. Shuning uchun, temperaturalar farqi katta bo'lganda, temperatura ta'sirida uzayishini kompensastiya qiladigan issiqlik almashinиш qurilma konstruktiviyalari qo'llaniladi.

Linza kompensatorli issiqlik almashinиш qurilmasi. Ushbu turdagi qurilmalar suyuqliklar temperatura farqi katta bo'lganda ishlatiladi. Linzali kompensatorlar temperatura deformatsiyasini bartaraf qiladi. Bu turdagi qurilmalar труба va trubalararo bo'shliqlarida bosimlar $R \leq 6 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$ bo'lganda ishlatiladi (4.55a-rasm).

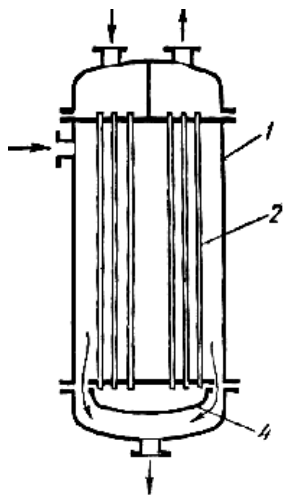


4.55-расм. Температура kuchlanishlarini kompensatsiya qiluvchi issiқ-лик алмашиниш қурилма-ларининг тузилиши. А - линза компенсаторли: 1 - қобик; 2 - иситувчи труба; 3 - линзали компенсатор. Б - U-симон труба: 1 - қопқок; 2 - қобик; 3 - U-симон иситувчи трубалар.

Линзали компенсатор иссиқлик алмашиниш қурилмалар qobig'iga payvandlab qo'yiladi va u elastik deformatsiya ostida siqiladi yoki uzayadi. Bunday qurilmalar tuzilishi sodda va ixcham. Undan tashqari, vertikal qilib yasalgan linza kompensatorli qurilmalar ko'p joy egallamaydi.

U-simon trubali issiqlik almashinиш qurilmasi. Bunday qurilmalarda bitta teshikli труба panjarasi bo'lib, U-simon trubaning ikkala uchi unga mahkamlanadi. Shuni alohida aytish kerakki, trubalarning o'zi kompensastiyalovchi moslama funkstiyasini bajaradi (4.55b-rasm). Qu-rilma tuzilishi sodda va trubalarning tashqi yuzasini tozalash oson. Undan tashqari, ikki va undan ortiq yo'lli bo'lgani uchun issiqlik almashinиш jarayoni intensiv bo'ladi. Trubalarning ichki yuzasini tozalash qiyin va teshikli panjarada ko'p miqdorda trubalar joylashtirish murakkab.

Harakatchan qalpoqchali issiqlik almashinиш qurilmasi. Труба va qobiq-ning katta siljishini ta'minlash zarur bo'lgan hollarda harakatchan qalpoq-chali issiqlik almashinиш qurilmalaridan foydalaniladi (4.56-rasm).



4.56-расм. Ҳаракатчан қалпоқчалиссиқлик алмашиниш қурилмаси. 1 - қобик; 2 - иситувчи трубалар;

Qurilmaning pastki teshikli truba panjarasi harakatchan bo'lganligi uchun butun trubalar o'rami qo'zg'almas qobiqqa nisbatan mustaqil, erkin harakat qila oladi. Bu esa havfli bo'lgan trubalar temperatura deformastiyasi, ularning teshikli panjara bilan zichlanishining buzilishi oldini olish imkoniyatini beradi. Lekin shuni qayd qilish kerakki, temperatura ta'sirida uzayishini kompensastiya qilish, qurilmani murakkablashishi va og'irlashishi hisobiga erishiladi.

Qo'shaloq trubali issiqlik almashinish qurilmasi.

Qurilmaning bir tomonida ikkita teshikli truba panjarasi o'rnatilgan bo'ladi (4.57-rasm).

Teshikli panjara 1 da kichik diametrli ikkala uchi ochiq trubalar o'rami 2 mahkamlansa, panjara 3 da esa, katta diametrli chap uchi yopiq trubalar mahkamlanadi. Ichki truba tashqi trubaning o'rtasida joylashishi shart. Muhitlardan biri I qurilmaning ichki 2 va tashqi 4 trubalari hosil qilgan halqasimon bo'shliq orqali harakatlanib, truba 2 orqali trubalararo bo'shliqdan chiqarib yuboriladi. Ikkinchi muhit II esa, yuqoridan pastga qarab qurilmaning trubalararo bo'shlig'idan harakat qiladi va truba 4 ning tashqi yuzasini yuvib chiqib ketadi.

Bunday qurilmalarda temperatura ta'sirida trubalar bir – biridan bevosita istalgan miqdorda uzayishi mumkin.

Qo'shaloq trubali issiqlik almashinish qurilmalarining afzalliklari: sodda, trubalararo bo'shliqda yuqori bosimlarni qo'llash mumkin va qarama - qarshi yo'nalishli qobiq - trubali qurilmaga o'xshab ishlaydi.

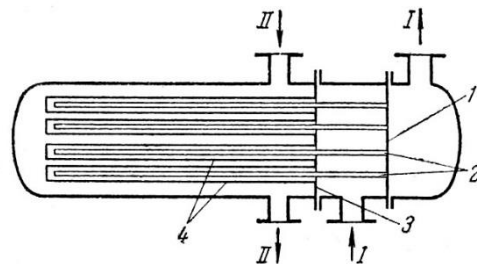
Kamchiliklari: oddiy qobiq - trubali issiqlik almashinish qurilmasiga nisbatan o'lchami katta va narxi qimmat.

Qobiq - trubali issiqlik almashinish qurilmalari suyuqlik va kondensastiyalanayotgan bug' orasida issiqlik almashinish uchun qo'llaniladi. Odatda suyuq faza trubalar ichiga yo'naltiriladi, bug' esa - trubalararo bo'shliqqa.

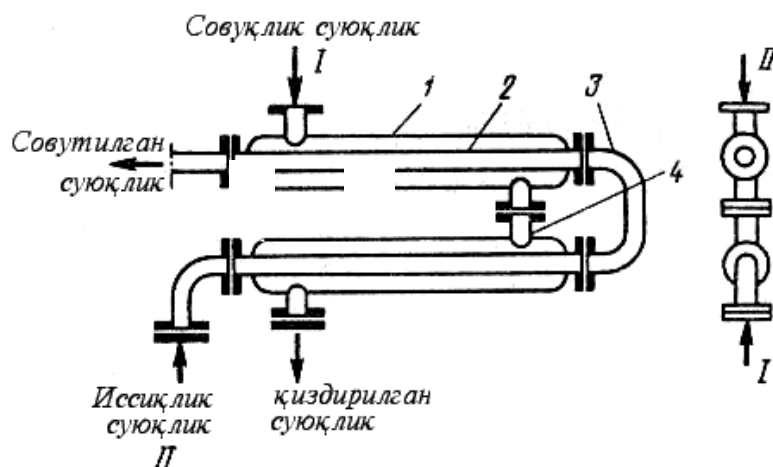
Qobiq - trubali issiqlik almashinish qurilmalarining afzalliklari: ixcham, metall sarfi kam, U-simon trubali qurilmadan tash-qari hamma qurilmalardagi trubalar ichini tozalash nisbatan oson.

Kamchiliklari: issiqlik eltkichlar tezligini oshirish murakkab (ko'p yo'lli qurilmalardan tashqari); trubalararo bo'shliqni tozalash qiyin; trubalararo bo'shliqni kuzatish va ta'mirlash uchun imkoniyatlar chegaranlangan; razvalstovka va payvandlashga moyil bo'lmagan materiallardan, bu turdagi qurilmalarni yasash murakkab.

"Truba ichida truba" tipidagi issiqlik almashinish qurilmasi bir nechta elementlardan tarkib topgan bo'ladi (4.58-rasm).



4.57-расм. Қўшалок трубаи қобик - трубаи иссиқлик алмашиниш қурилмаси. 1, 3 - тешikli панжара; 2 - ички труба; 4 - ташқи труба.



4.58-расм. "Труба ичида труба" типдаги ажралмас, бир оқимли иссиқлик алмашиниш қурилмаси.

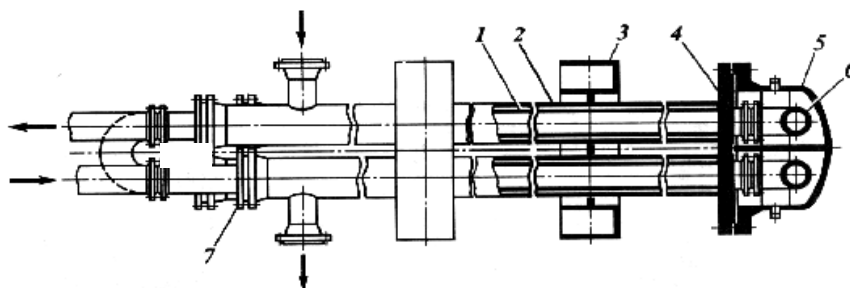
1 – ташқи труба; 2 - ички труба; 3 - калач; 4 – патрубкa.

Har bir element katta diametrli tashqi truba 1 (odatda 25...159 mm) va konstentrik joylashtirilgan ichki truba 2 (odatda 57...219 mm) lardan tashkil topgan. Sovuqlik eltich I truba ichida harakatlansa, issiqlik eltich II trubalararo bo'shliqda harakatlanadi. Issiqlik almashinish ichki trubaning devori orqali amalga oshadi.

Ushbu qurilmalarning truba va trubalararo bo'shlig'ida yuqori tezliklarga (3,0 m/s gacha) erishsa bo'ladi. Agar, katta yuzalar zarur bo'lsa, bir necha sekstiyalardan batareya hosil qilish oson va mumkin.

Bu turdagi qurilmalarda suyuqliklar sarfi katta va «suyuqlik – suyuqlik», «suyuqlik – bug'» sistemalarida issiqlik almashinish uchun qo'llaniladi.

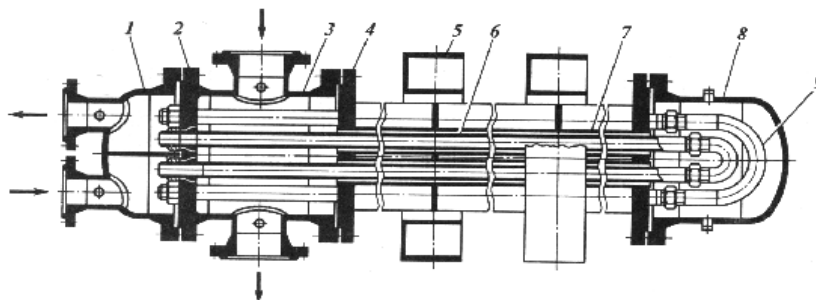
"Truba ichida truba" issiqlik almashinish qurilmaning afzalliklari: tuzilishi va yasalishi sodda; suyuqliklar tezliklari katta bo'lgani uchun issiqlik o'tkazish koeffitsienti yuqori.



4.59а-расм. «Труба ичида труба» типда ажралувчан,

бир оқимли иссиқлик алмашиниш қурилмаси.

1-иссиқлик алмашиниш трубаси; 2-труба-қобик;



4.59б-расм. «Труба ичида труба» типдаги ажралувчан, кўп оқимли иссиқлик алмашиниш қурилмаси.

1-биринчи тақсимлаш камераси; 2-трубалар тешикли панжараси; 3-иккинчи тақсимлаш камераси; 4-труба-қобик тешикли панжараси; 5-таянч; 6-иссиқлик алмашиниш трубаси; 7-труба-қобик; 8-бурилма камераси; 9-қўшалок труба.

Kamchiliklari: qo'pol; metall sarfi ko'p, trubalararo bo'shliqni tozalash qiyin.

Ajraluvchan konstrukstiyali «truba ichida truba» tipidagi issiqlik almashinish qurilmalarida, temperatura ortishi bilan tashqi trubalarga bog'liq bo'lmagan holda, ichki trubalar uzayishi mumkin (4.59a,b-rasm). Qurilmaning konstrukstiyasi issiqlik almashinish trubalarining ichki yuzasini ifloslik va quyqalardan muntazam ravishda mexanik tozalab turish imkonini beradi. Undan tashqari, bu qurilmalarda trubalarni almashtirish jarayonini amalga oshirish uchun ularni echib olish oson va tashqi yuzasini tozalash mumkin.

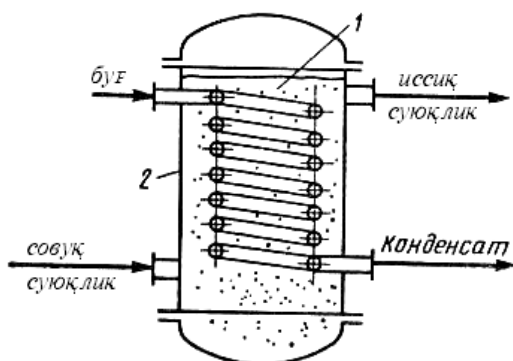
Ko'p oqimli issiqlik almashinish qurilmalaridagi (4.59b-rasm) taqsimlash kamerasi 1 oqimlarni truba 6 larga bo'lib beradi. Truba-qobiq 4 va truba 2 larning teshikli panjarasi orasida taqsimlash kamerasi 3 joylashgan. Ushbu kamera trubalararo bo'shliqda harakatlanayotgan muhit uchun mo'ljallangan. Ko'p oqimli qurilmalarning ichki va tashqi trubalari ikkita yo'lli bo'ladi.

Bu turdagi qurilmalarda oqimlarning harakat tezligi qobiq-trubali qurilmalarnikiga qaraganda ancha yuqori. Shu sababli issiqlik o'tkazish koeffitsienti va truba yuzasining issiqlik kuchlanishi katta bo'ladi. Undan tashqari, issiqlik almashinuvchi muhitlarni qarama-qarshi yo'nalishda harakat qilishini tashkil etish oson.

Bir va ko'p oqimli qurilmalarning trubalarida issiqlik eltkichlar tarkibidagi agressiv va mexanik iflosliklar kamroq o'tirib qoladi. Ko'pchilik hollarda, «truba ichida truba» qurilmalarining issiqlik ko'rsatkichlari qobiq-trubali qurilmalarnikiga qaraganda ancha yuqori bo'ladi.

Ayrim hollarda, qurilmaning ichki trubalarning tashqi yuzasi qirrali qilib yasaladi. Natijada, issiqlik almashinish yuzasi 4...5 marotaba ortadi. Odatda bu usuldan trubaning birorta muhit harakatlanayotgan tomonida issiqlik berish koeffitsientini oshirish qiyin bo'lganda (gaz, qovushoq suyuqlik harakatida yoki laminar rejimda) foydalaniladi. Bunday hollarda, qirrali trubalarni qo'llash, uzatilayotgan issiqlik miqdorini anchaga oshirish imkonini beradi.

Zmееvikli issiqlik almashinish qurilmasi. Zmееvik shaklida egilgan truba Silindrik qobiqli idishga o'rnatilgan bo'ladi (4.60-rasm). Silindrik qobiqli idish 2 isitilishi zarur bo'lgan suyuqlik bilan to'ldiriladi.



4.60-расм. Змеевикли иссиқлик алмашиниш қурилмаси.

Zmееviklar ko'pincha 15...75 mm diametrli trubalardan yasaladi. Silindrik idishning hajmi katta bo'lgani uchun, suyuqlikning tezligi kichik, ya'ni issiqlik berish koeffitsientining qiymati past bo'ladi. Issiqlik eltkich odatda zmееvik ichiga yuboriladi. Bu turdagi qurilmalar kam miqdordagi suyuqliklarni isitish uchun mo'ljallangan.

Zmееvikli issiqlik almashinish qurilmalarining afzalliklari: tuzilishi sodda; narxi arzon; tozalash va ta'mirlash oson; yuqori bosim (0,2...0,5 MPa) qo'llash mumkin; kimyoviy faol suyuqliklarni isitish ham mumkin; isitish yuzasi 10...15 m²; suyuqlik hajmi kattaligi uchun ishchi rejimlar o'zgarishi jarayonga sezilarli ta'sir etmaydi.

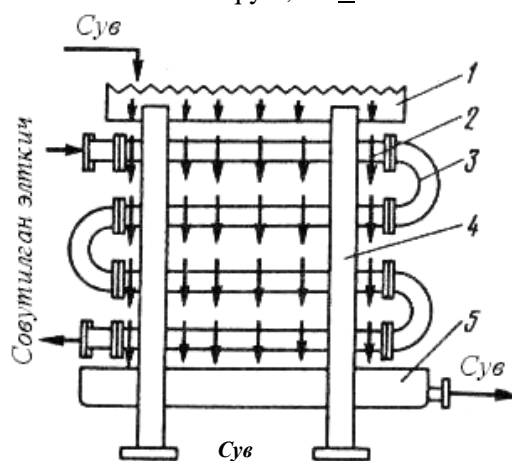
Ushbu turdagi qurilmaning kamchiliklari: suyuqlikning tezligi va issiqlik berish koeffitsienti kichik; truba ichki devorini tozalash qiyin; $U/d \geq 200...275$ bo'lsa,

zmееvik pastida kondensat yig'iladi, issiqlik almashinish yomonlashadi va gidravlik qarshilik ortib ketadi.

Yuvilib turuvchi issiqlik almashinish qurilmasi gaz, suyuqliklarni sovitish va bug'larni kondensastiyalash uchun qo'llaniladi (4.61-rasm).

Bu qurilma bir-biri ustiga joylashtirilgan truba 2 va ularni birlashtiruvchi kalach 3 lardan iborat. Trubalar ichidan sovutilayotgan issiqlik eltkich harakatlanadi. Sovutuvchi suv chetlari tishli taqsimlovchi tarnov 1 ga quyuladi va undan trubalar 2 ga oqib tushadi. Suvning bir qismi truba yuzasidan bug'lanib ketadi.

Suv bir trubani yuvib ikkinchisi, undan so'ng



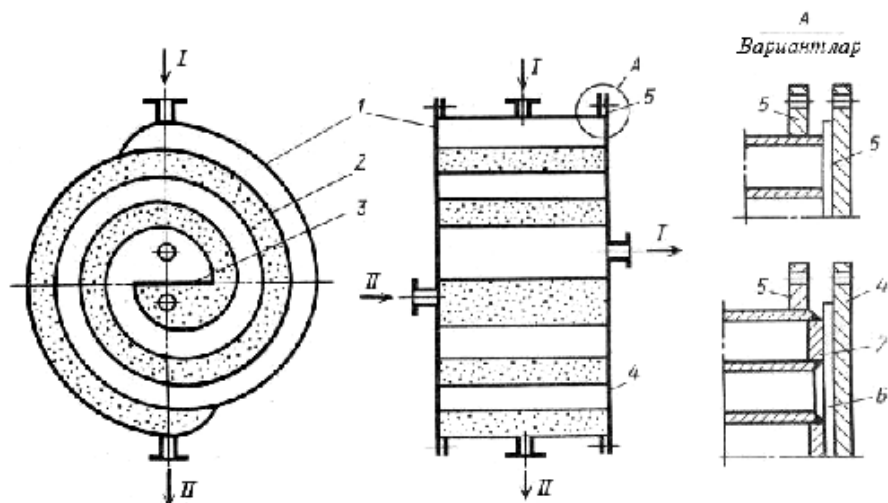
4.61-расм. Ювилиб турувчи иссиқлик алмашиниш қурилмаси. 1 – тақсимловчи тарнов; 2 - труба; 3 - калач; 4 - таянч; 5 - йиғувчи тарнов.

uchinchiyiga va hokazo tartibda harakatlanib, oxiri isigan holda yig'uvchi tarnovga oqib tushadi.

Yuvilib turuvchi issiqlik almashinish qurilmalarining afzalliklari: tuzilishi sodda; ochiq havoda ishlatish mumkin; suv sarfi kam; trubalarni tozalash oson.

Ushbu qurilmaning kamchiliklari: qo'pol; issiqlik o'tkazish koeffitsienti kichik; metall sarfi ko'p.

Spiralsimon issiqlik almashinish qurilmasi. Bu qurilmalarda issiqlik almashinish yuzasi ikkita yupqa metall list 1 va 2 larni spiral bo'ylab o'rash natijasida hosil bo'ladi (4.62-rasm). Spirallarning ichki uchlari plastina- to'siq 3 yordamida birlashtirilgan.



4.62-рasm. Спиралсимон иссиқлик алмашиниш қурилмаси 1,2- металл листлар; 3- пластина-тўсиқ; 4- қопқоқлар; 5- фланец; 6- қистирма; 7- ораликни белгилувчи бўлакча. I ва II- иссиқлик элткичлар.

Kanallar yon tomoni qistirma va tekis qopqoq yordamida zichlab yopilgan. Natijada bir - biridan ajrab turuvchi kanallar hosil bo'ladi va ularda qarama - qarshi yo'nalishda suyuqliklar harakatlantiriladi. Kanallarning eni metall list eni bilan belgilanadi. Balandligi esa oralikni belgilovchi bo'lakcha 7 ning o'lchami bilan aniqlanadi. Tekis qopqoq 4 lar flanest 5 ga boltlar yordamida mahkamlanadi.

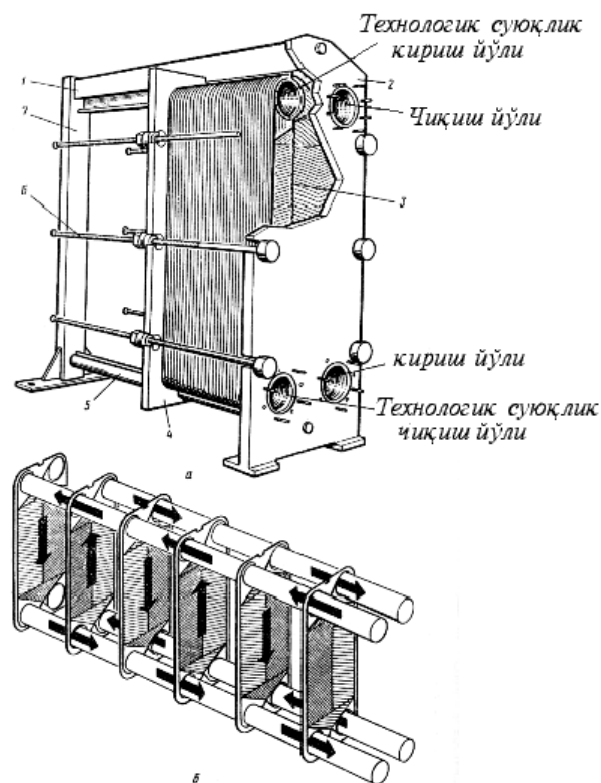
Issiqlik eltichlar kirishi va chiqishi uchun tekis qopqoqlarning markazida va spiralning tashqi uchlari shtusterlar o'rnatiladi.

Bu qurilma suyuqlik va gazlar orasida issiqlik almashinish uchun ishlatiladi. Agar, issiqlik eltich tarkibida qattiq zarrachalar bo'lgan taqdirda ham ushbu qurilmalardan foydalanish mumkin, chunki to'g'ri to'rtburchak shakldagi kanalga tiqilib qolmaydi.

Spiralsimon issiqlik almashinish qurilmalarining afzalliklari: tuzilishi ixcham; gidravlik qarshiligi nisbatan kichik; suyuqliklar tezligi yuqori (1...2 m/s); issiqlik o'tkazish koeffitsienti katta; kam joy egallaydi.

Ushbu qurilma kamchiliklari: yasash, ta'mirlash va tozalash qiyin; yuqori bosim ($\geq 1,0$ MPa) da ishlatish mumkin emas, chunki bu bosimlarda zichlanishni ta'minlash qiyin.

Plastinali issiqlik almashinish qurilmasi. Yupqa metall listlardan tayyorlangan bir necha plastina tepa va pastki tutib turuvchi bruslardan iborat romda yig'iladi (4.63-rasm).



4.63-расм. Пластинали иситкич (а) ва унинг ишлаш принципи (б): 1-тепа тутиб турувчи брус; 2-кўзгалмас плита; 3-пластина; 4-ҳаракатчан плита; 5-пастки тутиб турувчи брус; 6-йўналтирувчи ва тортиб турувчи шпилька; 7-таянч.

Qo'zg'almas va harakatchan plitalar orasida shtampovka qilingan po'lat, gofrirlangan plastina dastasi joylashgan bo'lib, ularda issiqlik eltkichlar harakati uchun kanallar bor.

Plastina dastasi qo'zg'almas 2 va harakatchan plitalar 4 orasida yig'iladi va tortib turuvchi shpilka 6 yordamida siqiladi.

Plastinalarni zichlash yuqori bosimga bardosh bera oladigan qistirmalar yordamida amalga oshiriladi. Plastinalar orasidagi kanallar eni 3...6 mm bo'ladi.

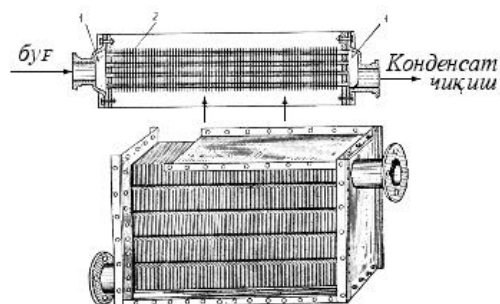
Plastinali issiqlik almashinish qurilmalarining ishlash prinstipi 4.31b-rasmda ko'rsatilgan. Rasmdan ko'rinib turibdiki, suyuqliklarning harakati qarama - qarshi yo'nalishda. Shuni qayd etish kerakki, har bir issiqlik eltkich plastinaning bir tomoni bo'ylab harakat qiladi.

Bu turdagi qurilmalar isitkich, sovutkich sifatida, hamda pasterizastiya, sterilizastiya qilish uchun, ham qo'llash mumkin.

Plastinalar orasidagi kanallarda suyuqlik tezliklari yuqori bo'lgani uchun issiqlik o'tkazish koeffistienti $K \leq 3800 \text{ Wt/m}^2 \cdot \text{K}$ gacha erishish mumkin. Undan tashqari, bunday yuqori issiqlik o'tkazish koeffistientlarni olishga sababchi bo'lgan omillardan biri, gofrirlangan plastina yuzasining suyuqlik oqimini turbulizastiya qilishi va devorning kichik termik qarshiligidir.

Plastinali issiqlik almashinish qurilmalarining afzalliklari: issiqlik o'tkazish koeffistienti katta; gidravlik qarshiligi nisbatan kichik; tuzilishi ixcham; suyuqliklar tezligi yuqori; issiqlik almashinish yuzasi katta.

Bu turdagi qurilmalar kamchiliklari: katta bosimga bardosh berolmaydi; tayyorlash qiyin; suyuqlik tarkibidagi qattiq zarrachalar kanallarni yopib qo'yish ehtimoli bor.



Qirrali issiqlik almashinish qurilmasi. Bu turdagi qurilmalarda issiqlik berish koeffistienti past muhit tomonidagi, issiqlik o'tkazish yuzasini ko'paytirish imkoniyati bor (4.64-rasm).

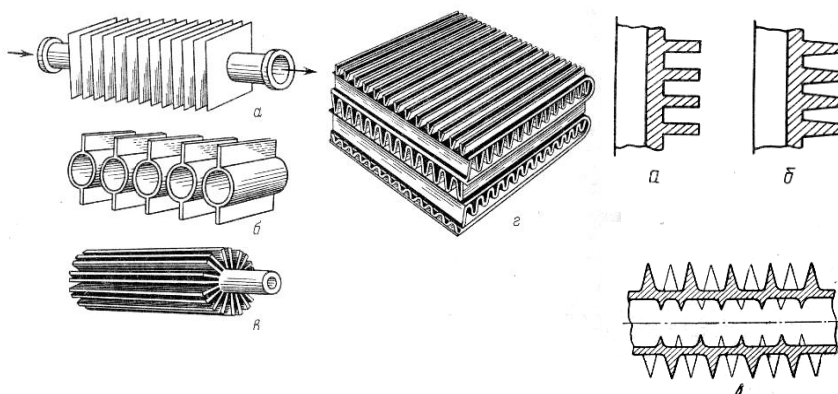
Sanoatda ishlatiladigan issiqlik almashinish jarayonlarida devorning ikki tomonidagi issiq-lik berish

4.64-расм. Пластинали калорифер.

koeffitsientlar bir-biridan keskin farq qiladi. Masalan, suv bug'i yordamida havo isitilganda, bug'ning devorga issiqlik berish koeffitsienti taxminan $10000 \dots 15000 \text{ Vt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ni tashkil etadi. Demak, ushbu holatda havo tomonidan yuza miqdorini oshirish kerak, ya'ni **qirrali** tomonidan.

Trubalar yuzasini oshirish maqsadida uning tashqi yuzasiga dumaloq yoki to'rtburchak shaklidagi metall shaybalar payvandlanadi. Trubali issiqlik almashinish qurilmalarida ko'ndalang yoki bo'ylama qoburg'alar qo'llanishi mumkin. Natijada, bu turdagi trubalar o'rnatilgan qurilmaning issiqlik yuklamasi ortadi. Ma'lumki, qirrali trubalar yasaladigan materialning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti yuqori bo'lishi kerak.

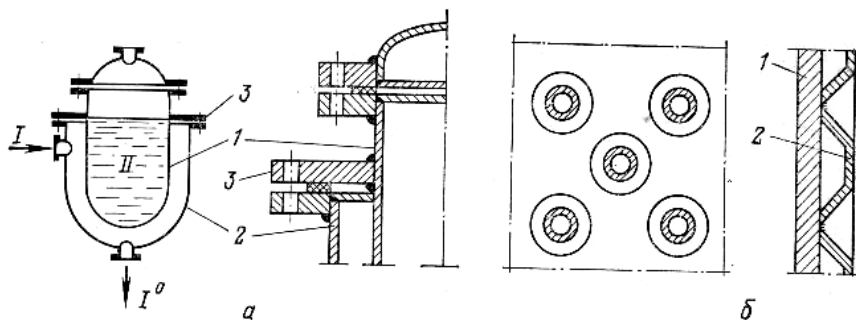
Bunday trubalarning gidravlik qarshiligi kichik bo'lishi uchun qirralar yuzasi issiqlik eltkich oqimining yo'nalishiga parallel bo'lishi zarur. Hozirgi kunda to'g'ri to'rtburchak va trapeziya shaklidagi ko'ndalang kesimli qirralar eng ko'p qo'llaniladi. (4.65-rasm) Qirrali issiqlik almashinish yuzali elementlar havo va turli gazlarni isitadigan issiqlik almashinish qurilmalarida o'rnatiladi.



4.65-rasm. Qirrali issiqlik almashinish yuzalari. a – tўg'ri tўrtburchak qirrali; b - trapeziya shaklidagi qirrali; v – kўndalang qirra; g – bўyлама, qirrali "yuzgich"; d – bўyлама, qirrali; e - gofritlangan qirrali; j - uchburchak shaklidagi, qirrali.

G'ilofli issiqlik almashinish qurilmasi. Bunday qurilmalarda issiqlik almashinish jarayonlari (isitish yoki sovitish) bilan kimyoviy jarayon bir vaqtda yuz beradi. G'ilofli qurilma tasviri 4.66-rasmda keltirilgan.

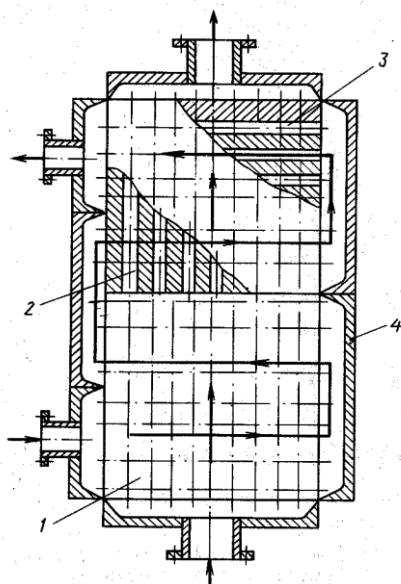
Bunday qurilmalarda issiqlik almashinish yuzasi sifatida reaktor devori xizmat qiladi. Flanest birikma 3 yordamida qobiq 1 ga g'ilof 2 mahkamlanadi. Qobiq va g'ilof orasidagi bo'shliqda issiqlik eltkich I



4.66-rasm. Filofli issiqlik almashinish qurilmalari

sirkulyatsiya qiladi. Qurilmaning ichida esa, eltkich II joylashtiriladi. Bu turdagi qurilmalarning issiqlik almashinish yuzasi $\leq 10 \text{ m}^2$ va g'ilofdagi bosim 1,0 MPa dan oshmaydi.

Agar, bosim 7,5 MPa dan ortsa, g'ilofda ko'p miqdorda teshiklar qilinadi va g'ilof listingning chetlari perimetri bo'yicha buklanadi va qurilma qobig'iga payvandlanadi (4.66b-rasm).



4.67-расм. Блок-графитли иссиқлик алмашиниш қурилмаси. 1 - графитли блок; 2 - вертикал каналлар; 3 - горизонтал каналлар; 4 - кобик.

Блок-графитли иссиқлик алмашиниш қурилмаси.

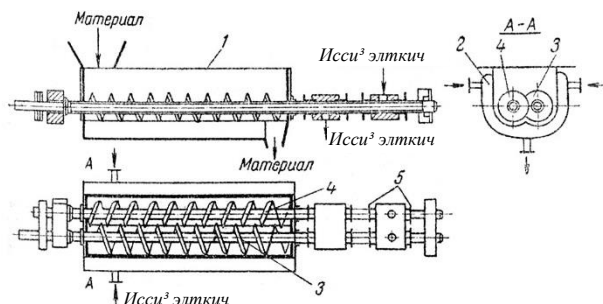
Блок-графитли иситкичларда графитнинг yuqori иссиқлик o'tkazuvchanlik [$100 \text{ Wt/(m}\cdot\text{K)}$] gacha va suyuqlik ta'sirida emirilmasligi tufayli grafitli иссиқлик алмашиниш қурилмалари sanoatning barcha sohalarida ishlatiladigan иситкичларга nisbatan keng tarqalgan bo'lib, uning afzalliklarini hech qanday иситкич bilan solishtirib bo'lmaydi.

Bu turdagi иссиқлик алмашиниш қурilmalar asosiy elementi parallelepiped shaklidagi grafitli blokdir. Unda иссиқлик eltкичlar uchun bir-biri bilan kesishmaydigan teshiklar yasalgan (4.67-rasm). Qurilma bir yoki bir necha to'g'ri to'rtburchakli blokdan yig'iladi.

Yon tomonidagi metall plitalar yordamida har bir blokda иссиқlık eltкичning ikki yo'lli gorizontallarda harakati tashkil etiladi. O'lehami $350 \times 515 \times 350 \text{ mm}^3$ bo'lgan bloklardan yig'ilgan иссиқlık алмашиниш қurilmasining vertikal kanallari bo'yicha eltкич bir yoki ikki yo'lli harakat qilishi mumkin. Vertikal yo'llarning soni qurilmaning pastki va yuqori qopqoqlarining konstrukstiyasiga bog'liqdir. Grafitli иссиқlık алмашиниш қurilmasining ishchi bosimining qiymati $2,9 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ dan oshmasligi kerak.

Blok-графитли қurilmalarni muhitlardan biri korrozion-faol bo'lgan hollarda ishlatish mumkin. Agarda ikkala muhit ham korrozion-faol bo'lsa, unda yon tomondagi plitalar maxsus grafit vkladishlar bilan himoya qilinadi.

Shnekli иссиқlık алмашиниш қurilmasi.



4.68-расм. Шнекли иссиқlık алмашиниш қurilmasi.

Yuqori qovushoqli suyuqlik va иссиқlık o'tkazuvchanligi kichik bo'lgan sochiluvchan materiallarni isitish davrida, jarayonni intensivlash uchun qurilma devoriga tegib turgan muhit yuzasini doimiy ravishda yangilab turish kerak. Buning uchun, bir paytning o'zida shnek yordamida materialni mexanik aralashtirish va uzatib turish maqsadga muvofiqdir (4.68-rasm).

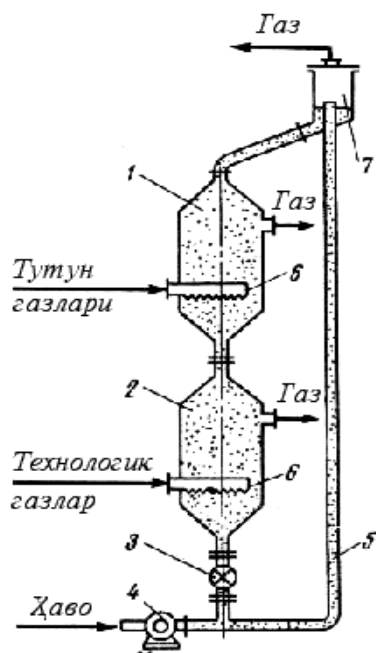
Qurilma qobig'i-ning bir uchidan material yuklanadi va bir-biriga qarab aylanayotgan 3 va 4 shneklar yordamida aralashtiriladi. Aralashtirish bilan birga materialni qurilmaning boshqa uchiga uzatadi. Ayrim hollarda, иссиқlık алмашиниш jarayonini intensivlash uchun shnekning ichi bo'sh qilib tayyorlanadi va ular orqali иссиқlık eltкич (bug' yoki иссиқ havo) yuboriladi.

Regenerativ иссиқlık алмашиниш қurilmalari

Regenerativ иссиқlık алмашиниш қurilmalari ikkita sekstiyadan tashkil topgan bo'ladi. Birinchisida иссиқlık eltкичdan oraliq materialga иссиқlık uzatilsa, ikkinchisida esa – oraliq materialdan texnologik gazga uzatiladi. 4.69-rasmda stirkulyastion harakatlantiruvchi donador qatlamli uzluksiz ishlaydigan regenerativ иссиқlık алмашиниш қurilmasi keltirilgan.

Qurilma asosan ikkita иситкичdan tuzilgan bo'lib, har bir иситкичning pastki qismida gaz oqimini bir me'yorda uzatish uchun taqsimlagich 6 o'rnatilgan. Isitкичdan donador materialni uzluksiz ravishda to'kish uchun shlyuzli tamba 3 xizmat qiladi.

Ikkinchi иситкичdan chiqayotgan sovutilgan donador material pnevmotransport liniyasiga to'kiladi. Undan so'ng, havo yordamida bunker - separatorga uzatiladi va u erda zarrachalar cho'ktiriladi va yana qaytadan birinchi иситкичga yuboriladi.



4.69-расм. Циркуляцион ҳаракатланувчи донадор қатламли қурилма.

1,2 – иссиқлик алмашиниш қурилмаси; 3 - шлюзли тамба; 4 - газодувка; 5 – пневмо-транспорт линияси; 6 - газ тақсимлагич; 7 - сепаратор.

18-МА'RUZA. BUG'LATISH JARAYONI.

REJA:

1. Bug'latish jarayoni, umumiy tushunchalar.
2. Bug'latish turlari.
3. Depressiya va ularning turlari.
4. Moddiy va issiqlik balanslar.

Qattiq, uchuvchan bo'lmagan yoki uchuvchanligi yomon bo'lgan moddalar eritmalarini qaynatish davrida erituvchisini va xosil bo'lgan bug'larni chiqarib yuborish jarayoniga *bug'latish* deyiladi. Odatda, sanoat miqyosida bug'latish jarayoni eritmalarini qaynatish yo'li amalga oshiriladi.

Eritmalarni bug'latishdan maqsad ularning konstantrasiyasini orttirish bo'lib, ya'ni eritmalarini quyuqlashtirishdir. Agarda, quyuqlashtirilgan eritmalaridan yana erituvchi chiqarilsa, qattiq moddalar kristallana boshlaydi va kristallar ajralib chiqadi.

Suyultirilgan eritmalar konstantrasiyasini oshirish yoki ulardan erigan moddalarni kristallash usulida ajratib olish uchun bug'latish jarayoni qo'llaniladi.

Kimyo, oziq - ovqat va boshqa sanoatlarda bug'latish jarayonidan keng ko'lamda foydalaniladi. Masalan, tuz, ishqor kabi moddalarning suvli eritmalarini, mineral va organik kislotalar, ko'p atomli spirtlar, shakar va konserva maxsulotlarini ishlab chiqarish texnologiyasida tomat, sut va sharbatlarni konstantrlashda bu jarayonsiz texnologiyani tasavvur qilib bo'lmaydi. Shu bilan birga, ushbu jarayonni toza erituvchi ishlab chiqarish uchun xam qo'llasa bo'ladi.

Shuni aloxida qayd etish kerakki, agar bug'lanish jarayoni qaynash temperaturasidan past, istalgan temperaturada eritma yuzasida sodir bo'lsa, bug'latish esa - qaynash temperaturasidan yuqori temperaturada, eritmaning butun xajmida yuz beradi.

Ushbu jarayonlar bug'latish qurilmasi deb nomlanadigan qurilmalarda amalga oshiriladi. Ma'lumki, uzluksiz va uzlukli bug'latish jarayonlarini tashkil etish mumkin. Uzlukli ishlaydigan qurilmalar, odatda kam miqdorda maxsulot ishlab chiqaradigan texnologiyalarda qo'llaniladi.

Yirik sanoat korxonalarida uzluksiz ishlaydigan bug'latish qurilmalaridan foydalaniladi va ularning issiqlik almashinish yuzalari 600...1000 m² bo'ladi. Bunday qurilmalarning tejamlilikini aniqlovchi asosiy omil bo'lib, undagi bug' va suv sarfi xisoblanadi.

Bug'latish vakuum, atmosfera va yuqori bosim ostida olib borilishi mumkin.

Vakuu ostida bug'latish paytida ikkilamchi bug'ni maxsus kondensatorida kondensastiyalash yo'li bilan qurilmada vakuum xosil qilinadi va nasos yordamida kondensastiyalanmagan gazlar so'rib olinadi. Bu usulda jarayon olib borilsa, eritmaning qaynash temperaturasi pasaytirishga erishsa bo'ladi. Natijada yuqori temperaturaga o'ta ta'sirchan maxsulotlar sifatini saqlab qolish imkoniyati tug'iladi. Undan tashqari, vakuumni jarayonda qo'llash, xarakterga keltiruvchi kuch miqdorini oshiradi va bug'latish qurilmasining issiqlik almashinish yuzasini, xamda metall sarfini kamaytirish imkonini beradi.

Vakuu ostida bug'latishning yana bir afzalligi shundaki, past temperatura va bosimli issiqlik eltkichlardan foydalanish mumkin. Bu usulda bug'latilganda, xosil bo'lgan ikkilamchi bug'ni, keyingi korpusda birlamchi bug' sifatida qo'llash mumkin.

Albatta, bu usulning kamchiliklari xam bor: jarayonda vakuumni qo'llash uning narxini oshiradi; bug'latgichdan tashqari bir nechta qo'shimcha qurilma va moslamalar ishlatish kerak.

Atmosfera bosimida bug'latish jarayonida xosil bo'lgan ikkilamchi bug' atrof muxitga chiqarib yuboriladi. Bunday usul eng sodda deb xisoblansa xam, lekin u iqtisodiy jihatdan eng tejamlidir.

Yuqori bosim ostida bug'latish jarayonida xosil bo'lgan ikkilamchi bug' qaytadan bug'latish jarayonida, xamda boshqa maqsadlar uchun xam ishlatish mumkin. Bu usulda jarayon yuqori bosimda olib borilgani uchun, eritmalarning qaynash temperaturasi ancha ko'tariladi.

Boshqa maqsadlar uchun ishlatiladigan ikkilamchi bug' - *ekstra bug'* deb nomlanadi. Yuqori bosim ostida bug'latish jarayonida ajralib chiqqan ikkilamchi bug'ni qaytadan qo'llash, vakuum ostida bug'latishga nisbatan issiqlikdan to'la miqdorda foydalanish imkonini beradi. Shuning uchun, ushbu usul faqat issiqlikka bardosh eritmalarni bug'latish uchun ko'llaniladi. Undan tashqari, yuqori bosim ostida bug'latish jarayoni uchun yuqori temperaturali issiqlik eltkichlarni ishlatish kerak. Bu xol albatta uning eng asosiy kamchiligidir.

Atmosfera bosimi, ayrim xollarda vakuum ostida jarayon olib borilganda, bir korpusli bug'latkichlardan foydalaniladi. Lekin, sanoat miqyosida ko'pincha bir necha qurilmadan yig'ilgan ko'p korpusli bug'latish qurilmalarida jarayonni olib borish keng tarqalgan. Bunday qurilmalarda faqat birinchi korpusda birlamchi bug' ishlatiladi. Ikkinchi, uchinchi va keyingi korpuslarda esa, oldingi korpusda ajralib chiqqan ikkilamchi bug' ko'llanilsa, eltkich tejalishiga sababli bo'ladi va bug' sarfining kamayishiga olib keladi.

Bir korpusli bug'latish qurilmalarida xam, birlamchi bug' sarfini kamaytirish mumkin. Buning uchun, qurilmadan chiqayotgan ikkilamchi bug' issiqlik nasosi yordamida birlamchi bug' temperaturasi to'g'ri keladigan bosimgacha siqiladi va qaytadan eritmani bug'latish uchun qurilmaga yo'naltiriladi.

Bug'latishning nazariy asoslari

Bug'latish jarayonida eritmalarning konstantriyasi ortadi va natijada uning fizik va issiqlik xossalari o'zgaradi.

Bug'latish qurilmalarini xisoblash, loyixalash va ekspluatatsiya qilish uchun muxim bo'lgan eritmalarning ba'zi bir xossalarni ko'rib chiqamiz.

Temperatura depressiyasi - Δ' . Eritma T_e va erituvchilar T qaynash temperaturalarini o'rtasidagi 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 bug'larning bosimi r_e dan xar 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 xossalriga bog'liqdir. Bosim va konstantriya ortishi bilan temperatura depressiyasi oshadi. Ko'pincha ushbu ko'rsatkich tajribaviy yo'l bilan aniqlanadi.

Ma'lumki, bug'latkichlarda issiqlik yo'qotilishi oqibatida temperaturalarning pasayish xodisasi yuz beradi. Natijada temperaturalar farqi kamayadi va jarayon intensivligi susayadi. Temperaturalar yo'qotilishi Δ , temperatura depressiyasi Δ' , gidrostatik Δ'' va gidravlik depressiya Δ''' lar yig'indisiga teng, ya'ni: $\Delta = \Delta' + \Delta'' + \Delta'''$.

Agar, eritmaning atmosfera bosimdagi temperatura depressiyasi Δ'_{atm} ma'lum bo'lsa, istalgan boshqa bosimlardagi depressiya Tishenko formulasidagi taxminan xisoblab aniqlanish mumkin:

$$\Delta' = 1,62 \cdot 10^{-2} \frac{T^2}{r} \Delta'_{amM} \quad (1)$$

bu erda T - ma'lum bosimdagi toza erituvchining qaynash temperaturasi, K ; r - ma'lumki bosimdagi toza erituvchining bug'latish issiqligi, kJ/kg ; Δ'_{amM} - atmosfera bosimidagi temperatura depressiyasi, $^{\circ}S$.

Agar, Δ'_{amM} kattaligi bo'yicha tajribaviy ma'lumotlar yo'q 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 yoki Kireev qoidasiga binoan aniqlash imkoni bor.

Babo qoidasiga binoan, biror konstrentsiyali eritma ustidagi bug' bosimining pasayishi $(r_1 - r_2)/r_1$ yoki r_2/r_1 temperaturaga bog'liq emas va o'zgarmas qiymatga tengdir:

$$\frac{p_2}{p_1} = K = const \quad (2)$$

bu erda r_1 va r_2 - erituvchi va eritma bug'larining bosimlari.

Gidrostatik depressiya - Δ'' . Bug'latkich qaynash trubalarining bir qismi suyuqlik bilan to'lib turgan bo'ladi va uning ustida bug' - suyuqlikdan iborat emulsiya qatlamida yuqoriga qarab ko'tarilgan sari bug'ning miqdori oshib boradi.

Agar, qaynash trubasidagi suyuqlik va emulsiyani shartli ravishda suyuqlik deb nomlasak, unda gidrostatik bosimlar farqi xisobiga trubaning pastki qismidagi suyuqlikning qaynash temperaturasi tepa qismini-kidan yuqori bo'ladi.

Gidrostatik effekt xisobiga eritma qaynash temperaturasining ortishi gidrostatik depressiya deb ataladi.

Bug'latish jarayoni vakuum ostida olib borilganda, gidrostatik depressiya salmoqli bo'ladi.

To'yingan suv bug'i t_c va ikkilamchi bug' temperatura T lari orasidagi farq gidrostatik depressiyani beradi:

$$\Delta'' = t_c - T'' \quad (3)$$

Ushbu tenglik eritma xarakatini inobatga olmagan uchun uning xatoligi katta. Shuning uchun Δ'' ning qiymatlari tajribaviy usulda topiladi.

Vertikal bug'latkichda intensiv xarakterlanayotgan eritmalar uchun Δ'' miqdori $1...3^{\circ}S$ oralikda qabul qilinishi mumkin.

Gidravlik depressiya - Δ''' . Ushbu depressiya ikkilamchi bug'ning separator va quvurlar orqali xarakati davrida ishqalanish va maxalliy qarshiliklarni engishi tufayli vujudga keladigan temperatura yo'qotilishlar.

Ushbu gidravlik qarshiliklarni engish vaqtida bosimning kamayishi, temperatura pasayishiga sababchi bo'ladi.

Demak, gidravlik qarshiliklar tufayli eritma qaynash temperaturasining ko'payishi gidravlik depressiya deb nomlanadi. Odatda Δ''' ning qiymati $0,5...1,5^{\circ}S$ oralig'ida bo'ladi.

Yuqorida qayd etilgan depressiyalarni xisobga olsak, eritmaning qaynash temperaturasi quyidagicha xisoblanadi:

$$t_c = T' + \Delta' + \Delta'' \quad (4)$$

bu erda T' - ikkilamchi bug' temperaturasi, K

Eritmalar issiqlik sig'imi temperatura va erigan moddalar konstrentsiyasining funktsiyasidir.

Ko'pchilik eritmalar issiqlik sig'imi additivlik qoidasiga bo'ysinmaydi. Shuning uchun eritmaning ushbu xossasini erigan modda va erituvchilar issiqlik sig'imlari yordamida aniqlab bo'lmaydi. Shuni aloxida ta'kidlash kerakki, eritma konstrentsiyasi qanchalik katta bo'lsa, uning issiqlik sig'imi shunchalik additivlik qoidasiga kam bo'ysinadi. Eritmaning ushbu xossasi maxsus adabiyotlarda keltirilgan.

Eritish issiqligi eritmaning konstentratstiyasi, erituvchi va erigan moddalar xossalariga bog'liq. Qo'shimcha qattiq moddalar erishi davrida kristallik panjara buziladi. Albatta, buning uchun energiya sarflanadi va oqibatda eritmaning sovishi ro'y beradi. Agar, erituvchi va eriydigan moddalar o'zaro kimyoviy reakstiyaga kirishsa, gidratlar xosil bo'lib, jarayon natijasida issiqlik ajrab chiqadi. Shunday qilib, eritish issiqligi erish va kimyoviy o'zaro tasir issiqliklari yig'indisiga teng.

Oson gidrat xosil qiladigan moddalar musbat eritish issiqligiga (suvda), ega; gidrat xosil qilmaydigan moddalar - manfiy eritish issiqligiga ega.

Bug'latish usullari.

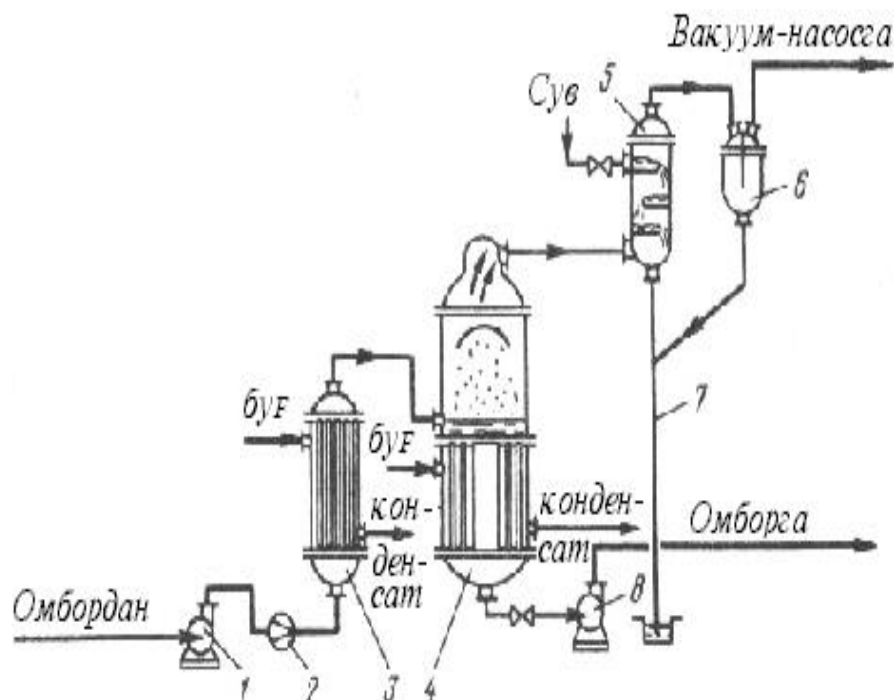
Sanoatda mavjud texnologiyalarda asosan quyidagi bug'latish usullaridan foydalaniladi:

- oddiy bug'latish (uzlukli va uzluksiz);
- ko'p korpusli qurilmalarda bug'latish (faqat uzluksiz);
- issiqlik nasoslarini qo'llab bug'latish.

Eritmalar va isituvchi bug' xossalariga qarab xamma 3 ta bug'latish usullari vakuum va bosim ostida o'tkazilishi mumkin. Issiqlik eltkich sifatida, deyarli xar doim, to'yingan suv bug'i ishlatiladi. Kamdan - kam xollarda eritmalar elektr toki yoki oraliq issiqlik eltkichlari yordamida isitiladi.

Oddiy bug'latish. Issiqlik tejalishi katta axamiyatga ega bo'lmagan va unumdorligi kichik bo'lgan qurilmalarda oddiy bug'latishdan foydalaniladi. Undan tashqari, temperatura depressiyasi yuqori eritmalarinigina uzlukli ishlaydigan, bir korpusli bug'latish qurilmasida amalga oshirish iqtisodiy jixatdan to'g'ri va maqsadga muvofiqdir. Uzlukli bug'latishni ikki xil yo'l bilan olib borish mumkin: boshlang'ich eritmani dastavval yuklash va oz-oz miqdorda yuklash.

Uzluksiz ishlaydigan oddiy bug'latish qurilmasi 1-rasmda keltirilgan.



1-расм. Бир корпусли, узлуксиз ишлайдиган буғлатиш қурилмасининг схемаси.

1, 8 - насослар; 2 - сарф ўлчагич; 3 - иситкич; 4 - буғлаткич; 5 - барометрик конденсатор; 6 - вшлагич; 7 - барометрик труба.

Boshlang'ich konstentratstiyali eritma nasos 1 yordamida sarf o'lchagich 2 orqali isitkich 3 ga uzatiladi. U erda eritma qaynash temperaturasigacha isitiladi va so'ng bug'latkich 4 ga bug'latish uchun yuboriladi. Qurilma 4 ning pastki qismida eritma suv bug'i yordamida isitiladi, natijada erituvchi bug'latadi. Xosil bo'lgan ikkilamchi bug' qurilma 4 ning yuqori qismi bo'lmish separastion bo'limida

mayda tomchilardan ajratiladi va barometrik kondensator 5 ga yo'naltiriladi. Undan ikkilamchi bug' kondensastiyalanadi.

Kondensastiyalanmagan inert gazlar ushlagich 6 orqali vakuum - nasos 8 yordamida so'rib olinadi. Sovutuvchi suv bilan xosil bo'lgan kondensat barometrik truba 7 orqali yig'gichga tushuriladi. Quyuqlashtirilgan eritma nasos 8 yordamida tayyor maxsulot omboriga uzatiladi.

Vakuum ostida eritmalarni bug'latish jarayonini tashkil etishning bir qator afzalliklari bor: eritma qaynash temperaturasi pasayadi; past bosimli bug'larni issiqlik eltkich sifatida qo'llash mumkin.

Oddiy bug'latishning moddiy balansi

Oddiy bug'latish jarayonining moddiy balansi ushbu tenglamalar yordamida ifodalanadi:

$$G_{\delta} = G_{ox} + W \quad (5)$$

bu erda G_b – boshlang'ich eritma sarfi, kg/soat; G_{ox} - quyuqlashtirilgan eritma sarfi, kg/soat; W – bug'latilgan suv miqdori, kg/soat.

Eritmadagi quyuq moddaga nisbatan moddiy balans ushbu ko'rinishiga ega:

$$\frac{G_{\delta} \cdot x_{\delta}}{100} = \frac{G_{ox} \cdot x_{ox}}{100} \quad (6)$$

bu erda x_b va x_{ox} - eritmaning boshlang'ich va oxirgi konstantriastiyalari, % (mass).

Agar, (5) va (6) tenglamalardan bug'latilgan suv miqdorini topish mumkin:

$$W = G_{\delta} \left(1 - \frac{x_{\delta}}{x_{ox}} \right) \quad (7)$$

Eritmaning oxirgi konstantriastiyasi esa:

$$x_{ox} = G_{\delta} \frac{x_{\delta}}{G_{\delta} - W} \quad (8)$$

Quyuqlashtirilgan eritma bo'yicha bug'latkichning ish unumdorligi quyidagi tenglamadan topiladi:

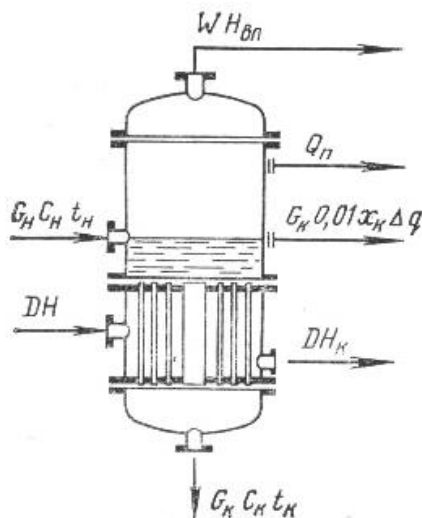
$$G_{ox} = \frac{G_{\delta} \cdot x_{\delta}}{x_{ox}} \quad (9)$$

Oddiy bug'latishning issiqlik balansi

Oddiy bug'latish jarayonining issiqlik balansi 2-rasmda keltirilgan issiqlik oqimlari asosida bitta tenglik yordamida yozilishi mumkin:

$$G_{\delta} c_{\delta} t_{\delta} + DI = G_{ox} c_{ox} t_{ox} + G_{ox} 0,01 x_{ox} \Delta q + W \cdot I_{u\delta} + D \cdot I_{\kappa} + Q_{i\gamma\kappa} \quad (10)$$

bu erda D - isituvchi bug' sarfi, kg/soat; I - isituvchi bug' entalpiyasi, kJ/kg; t_b va t_{ox} - eritmaning boshlang'ich va oxirgi temperaturalari, °S; I_k - kondensat entalpiyasi, kJ/kg; Δq - eritmani x_b va x_{ox} gacha quyushtirish issiqligi, kJ/kg; Q_{yuk} - issiqlikning atrof muxitga yo'qotilishi, kJ/soat.



1-pacm. Oddiy bug'latish jarayonidagi issiqlik oqimlar sxemasi

- $G_b c_b t_b$ - boshlang'ich eritma bilan issiqlik kirishi;
- DI - isituvchi bug' bilan issiqlik kirishi;
- $G_{ox} c_{ox} t_{ox}$ - quyushtirish eritma bilan issiqlik chiqishi;
- WI_{ib} - ikkilamchi bug' bilan issiqlikning chiqishi;
- DI_k - isituvchi bug' kondensati bilan issiqlikning chiqishi;
- $G_{ox} 0,01 x_{ox} \Delta q$ - quyushtirish issiqligi;
- Q_{yuk} - atrof muxitga issiqlik yo'qotilishi.

Agar, (9) tenglamani (10) ga qo'ysak, ushbu ko'rinishga erishamiz

$$G_{\delta} c_{\delta} t_{\delta} + W c_{\delta} t_{\delta} + DI = G_{ox} c_{ox} t_{ox} + G_{ox} 0,01 x_{ox} \cdot \Delta q + W \cdot I_{u\delta} + D \cdot I_k + Q_{iyk} \quad (11)$$

bundan

$$D = G_{ox} \frac{c_{ox} t_{ox} - c_{\delta} t_{\delta} + 0,01 x_{ox} \Delta q}{I - I_{ox}} + W \frac{I_{u\delta} - c_{\delta} t_{\delta}}{I - I_{ox}} + \frac{Q_{iyk}}{I - I_{ox}} \quad (12)$$

(12) tenglamadan ko'rinib turibdiki, bug'latish uchun zarur bo'lgan isituvchi bug' sarfi, uchta qo'shiluvchi yordamida aniqlanadi:

- birinchisi, bug'latilayotgan eritma entalpiyasini o'zgartirish uchun zarur bug' sarfi;
- ikkinchisi, ikkilamchi bug' xosil qilish uchun zarur bug' sarfi;
- uchinchisi, atrof muxitga yuqotilayotgan issiqlikni qoplash uchun zarur bug' sarfi.

Birinchi va uchinchi qo'shiluvchilar qiymati, ikkinchisiga qaraganda, juda kichikdir. Shuning uchun, taxminiy xisoblashlarda $H_{u\delta} - c_{\delta} t_{\delta} \approx I - I_k$ ekanligini inobatga olib, eritmadan 1 kg suvni bug'latish uchun 1,1...1,2 kg isituvchi bug' kerak deb qabul qilinadi.

Tekshirish uchun savollar:

1. Bug'latish deb nimaga aytiladi?
2. Temperatura depressiyasi nima?
3. Bug'latish usullari qanday?
4. Bug'latishning moddiy va issiqlik balanslari.

19–MA’RUZA.
KO’P KORPUSLI BUG’LATISH QURILMALASI.

REJA:

1. Bug’latgichlar tuzilishi va ishlash prinsiplari.
2. Umumiy temperaturalar farqi.
3. Qurilmalarning avzallik va kamchiliklari.

Bug’latkichlar tuzilishi va ishlash prinsiplari

Bug’latish qurilmalarini klassifikastiyalash usullari ko’p. Lekin, bug’latish qurilmalarini ishlash intensivligini xarakterlovchi eritma sirkulyatsiyasining turi va karraligi klassifikastiyalashning asosiy belgilari deb xisoblash mumkin. Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarida uch xil bug’latish qurilmalari keng tarqalgan:

1. Erkin (tabiiy) sirkulyatsiyali bug’latish qurilmalari;
2. Majburiy sirkulyatsiyali bug’latish qurilmalari;
3. Yupqa qatlamli (plyonkali) bug’latish qurilmalari.

Zamonaviy bug’latish qurilmalarining isitish yuzalari 10...1800 m². Bug’latkichlar konstrukstiyalarini tanlashda eritmalarning fizik va issiqlik xossalari, kristallinishga moyilligi, yuqori temperaturalariga chidamliligi, xar bir korpusdagi foydali temperaturalar farqi, issiqlik almashinish qurilmasining yuzasi, texnologik xususiyatlari xisobga olinishi zarur.

Bug’latish qurilmalari uglerodli, legirlangan va ikki qatlamli po’atlardan tayyorlanadi.

Quyida, sanoatda eng keng tarqalgan, tipik bug’latkichlar konstrukstiyalari keltiriladi.

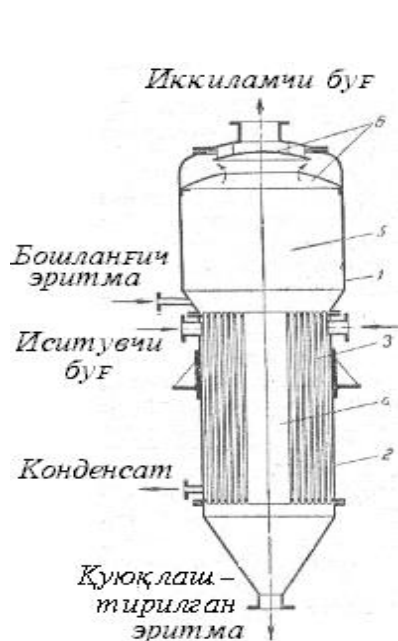
Ichki isituvchi kamerali va markaziy stirkulyastion trubali bug’latkich. Vertikal qobiq 1 ning pastki qismida isitish kamerasi 2 joylashgan. O’z navbatida isitish kamerasi ikkita teshikli panjara va unga razvalstovka usulida maxkamlangan qaynash trubalari 3 dan tarkib topgan. Isitish kamerasining o’rtasiga qaynash trubalariga qaraganda diametri kattaroq stirkulyastion truba 4 o’rnatilgan bo’ladi.

Isitish kamerasining trubalararo bo’shlig’iga issiqlik eltkich, ya’ni suv bug’i yuboriladi.

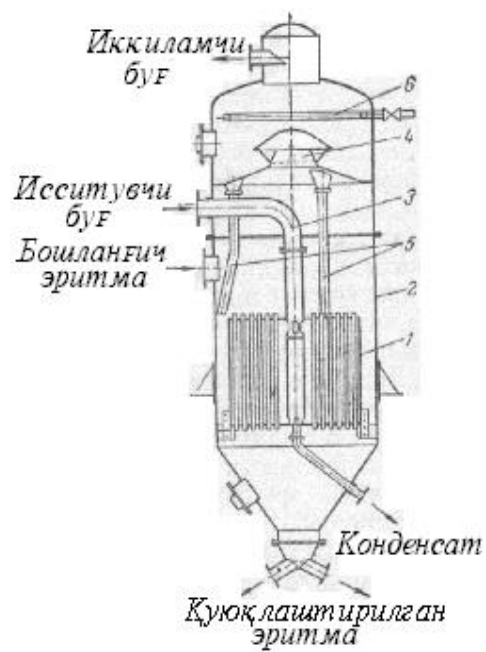
Eritma esa qurilmaning teshikli truba panjarasi ustiga uzatiladi va stirkulyastion truba orqali pastga oqib tushadi. So’ngra, isitish natijasida zichligi kamayib, qaynash trubalari bo’ylab tepaga ko’tariladi va truba ichidan ma’lum bir masofada qaynaydi. Xosil bo’lgan ikkilamchi bug’ separastion bo’shliq 5 ga ko’tariladi va tomchi ushlagich 6 da inerstion kuch ta’sirida mayda eritma tomchilaridan ajratiladi. Undan keyin, ikkilamchi bug’ qurilmadan chiqib ketadi.

Quyushlashtirilgan eritma konussimon tubdagi shtuster orqali oraliq yoki tayyor maxsulot sifatida chiqariladi.

Yuqorida qayd etilgandek qaynash va markaziy (stirkulyastion) trubada eritmaning sirkulyatsiyasi uning zichliklari farqi ostida ro'y beradi. Eritma zichligi farqining xosil bo'lishiga sabab, isitish kamerasi



1-расм. Ички иситувчи камера ва марказий циркуляцион труба буғлатиш қурилмаси. 1 - қобик; 2 - иситувчи камера; 3 - қайнаш трубалари; 4 - циркуляцион труба; 5 - сепарацион бўшлиқ; 6 – томчи ушлагич.



2-расм. Осма иситувчи камерали буғлатиш қурилмаси. 1 - иситувчи камера; 2 - қобик; 3 – буғ трубаси; 4 - томчи ушлагич; 5 – тўкиш трубаси; 6 - ювиш учун тешикли труба.

yuzasining markaziy trubanikidan ancha kattaligidir.

Ma'lumki, isituvchi kamera trubalarida eritmadan bug' ajralib chiqishi, markaziy trubaga qaraganda ancha intensiv bo'ladi. Demak, qaynash trubularida eritmaning zichligi, markaziy trubanikidan pastroq bo'ladi. Natijada, zichliklar farqi ta'siri ostida eritma erkin sirkulyatsiya qiladi va issiqlik o'tkazish jarayoni jadallashadi. Undan tashqari, eritma sirkulyatsiyasi truba yuzasiga sopolsimon, g'ovak qatlam (nakip) o'tirib qolishiga qarshilik ko'rsatadi.

Bu turdagi qurilmalar vakuum ostida ishlaganda, qaynash temperaturasi pasayadi. Demak, past bosimli issiqlik eltikichlardan foydalanish mumkin. Ushbu usulda yuqori temperaturalarga bardosh berolmaydigan eritmalarni bug'latish tavsiya etiladi.

Bug'latish jarayonida vaqt o'tishi bilan eritmaning fizik va issiqlik-diffuzion xossalari o'zgaradi. Bu xol issiqlik berish jarayoniga salbiy ta'sir ko'rsatishi mumkin.

Qurilmaning kamchiliklari: trubalar teshikli panjaralarga qattiq, qo'zg'almas qilib maxkamlanganligi uchun qobiq va trubalarning temperatura ta'sirida uzayishiga yo'l qo'ymaydi; markaziy truba isitish kamerasining ichida o'rnatilgani uchun temperatura farqi kam bo'ladi, natijada zichliklar farqi xam oz bo'ladi, ya'ni sirkulyatsiya karraligi kamayadi.

Осма иситувчи камерали буғ'латгич. Ushbu turdagi qurilmalarda isituvchi kamera 1 o'z obehaykasiga ega bo'lib, qobiq 2 ning pastki qismiga erkin, qo'zg'aluvchan qilib o'rnatilgan. Isituvchi bug' truba 3 orqali uzatiladi va kamera 1 ning trubalararo bo'shlig'iga yuboriladi. Issiqligini bergan bug' kondensat xolida xamda isituvchi kameraning pastki qismidan chiqariladi. Isigan eritma esa, qaynash trubalaridan yuqoriga ko'tariladi va erkin sirkulyatsiya ta'sirida bug'latish jarayoni sodir bo'ladi (2-rasm).

Ikkilamchi bug' tomchi ushlagich 4 dan o'tib qurilmaning tepasidan chiqib ketadi. Ikkilamchi bug'dan ajratib olingan suyuqlik truba 5 orqali pastga oqizib tushiriladi. Qurilmaning qaynash trubalarining ichki va tashqi yuzalarida xosil bo'luvchi kovakli qatlam (nakip) vaqti – vaqti bilan suv bilan yuvilib turiladi.

Bu qurilmada markaziy stirkulyastion truba isituvchi kamera tashqarisida o'rnatilgan bo'lib, katta ko'ndalang kesimga ega. Shuning uchun xam eritma sirkulyatsiyasiga ijobiy ta'sir etadi.

Isituvchi kamera erkin, xarakatchan xolda o'rnatilgani uchun trubalarning teshikli panjaralardagi zichligi buzilmaydi. Undan tashqari, osma xolatdagi kamerani demontaj qilish oson.

Осма иситувчи камерали буғ'latkich afzalliklari: eritmalar bug'latishi intensiv; isitish kamerasi

osma xolda o'rnatilgani uchun, temperaturalar farqi katta bo'lganda xam trubalar zichligi o'zgarmaydi; isituvchi kameraning yaroqsiz trubalarini almashtirish oson; eritma sirkulyatsiyasining karraligi katta; qattiq, kovakli qatlam kam xosil bo'ladi.

Bug'latkich kamchiliklari: isituvchi eltkich va kondensatning trubalar orqali kirishi va chiqishi qiyin; metall sarfi katta; qovushoqligi yuqori eritmalarni bug'latish samardorligi past; eritma trubalarga yopishib qoladi.

Erkin sirkulyatsiyali bug'latkichlar tuzilishi sodda va kristallanmaydigan, o'rtacha qovushoqlik suyuqliklarni bug'latish uchun qo'llaniladi (3-rasm).

Bug'latish qurilmasi separator, isituvchi kamera va stirkulyastion trubadan tashkil topgan. Separator elliptik qopqoqli Silindrik qobiqdan iborat bo'lib, isituvchi kameraga boltlar yordamida birlashtirilgan. Unda, ikkilamchi bug'ni tomchilardan ajratish uchun turli konstruktiviyali qaytargichlar o'rnatiladi (3a-rasm), Isituvchi kamera esa, vertikal qobiq-trubali issiqlik almashinish qurilmasi tipida yasalgan bo'lib, trubalararo bo'shlig'iga bug' yuboriladi va trubalar ichida eritma qaynatiladi.

Separator va isituvchi kameralar pastki qismlari stirkulyastion truba bilan birlashtirilgan. Stirkulyastion va qaynatish trubalaridan tarkib topgan tutashgan sistemada tabiiy sirkulyatsiya xosil bo'ladi.

Agar, trubalarda eritma qaynash darajasigicha isitilsa, undagi bir qism suyuqlik bug'latishi natijasida trubalarda bug' - suyuqlik aralashmasi xosil bo'ladi. Albatta, bu aralashma zichligi suyuqlik zichligidan kichikdir. Shunday qilib, stirkulyastion trubadagi suyuqlik massasi, qaynash trubadagi suyuqlikdan katta bo'lishi aniq. Natijada, qaynash trubasi – bug' bo'shlig'i - stirkulyastion truba - trubular va xokazo yo'li bo'yicha eritma stirkulyastion xarakatlanadi.

Sirkulyatsiya paytida qaynayotgan suyuqlik tomonidagi issiqlik berish koeffitsienti ortadi va truba yuzasida qattiq, kovakli ifloslik qatlami xosil bo'lishi kamayadi.

Tabiiy sirkulyatsiya bo'lishi uchun ikkita shart bajarilishi zarur:

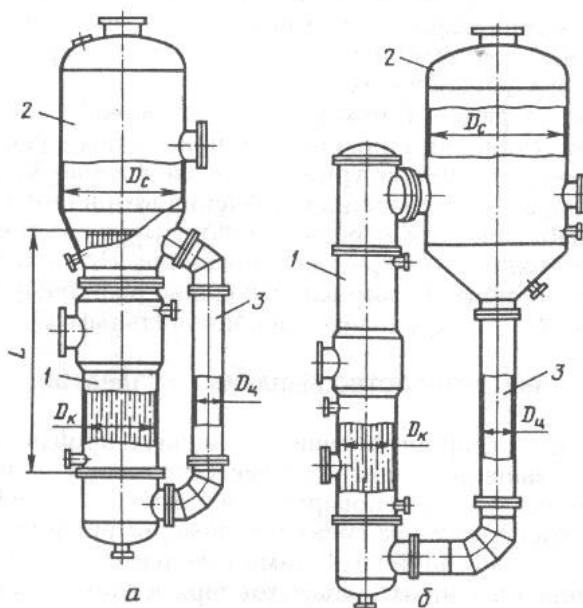
1) Bug' - suyuqlik aralashma qatlamini muvozanatda ushlab turish va zarur tezlik xosil qilish uchun stirkulyastion trubadagi suyuqlik satxining baladligi etarli bo'lishi kerak;

2) Bug' - suyuqlik aralashmasi iloji boricha kam zichlikli bo'lishi uchun qaynash trubalarida bug' ajralib chiqish intensivligi etarli miqdorda bo'lishi darkor.

Eritma va bug' orasidagi temperaturalar farqi ko'p va qaynash zonasida naporning yo'qotilishi kam bo'lgani uchun, sirkulyatsiya tezligi 1,8...2 m/s ni tashkil etadi.

Agar, sirkulyatsiya tezligi yuqori bo'lsa, bug'latgichning ish unumdorligi va issiqlik almashinish jarayonining intensivligi katta bo'ladi.

Ma'lumki, markaziy stirkulyastion trubali bug'latkichlarda temperaturalar farqi kichik va sirkulyatsiya intensivligi past bo'ladi. Qaynash trubalarida bug' xosil bo'lishi eritmaning fizik xossalari, truba devori va suyuqlik o'rtasidagi temperaturalar farqi bilan belgilanadi. Eritmaning qovushoqligi



3-рasm. Эритмаси эркин циркуляция қиладиган буғлаткичлар.

а - иситувчи камераси ажратилган бу²латкич; б - иситувчи камераси таш³арига рнатилган бу²латкич: 1- иситувчи камера; 2-сепаратор; 3-циркуляцион труба. D_c , D_k , D_u - сепаратор, иситувчи камера ва сепарацион труба диаметрлари; L - камера узунлиги.

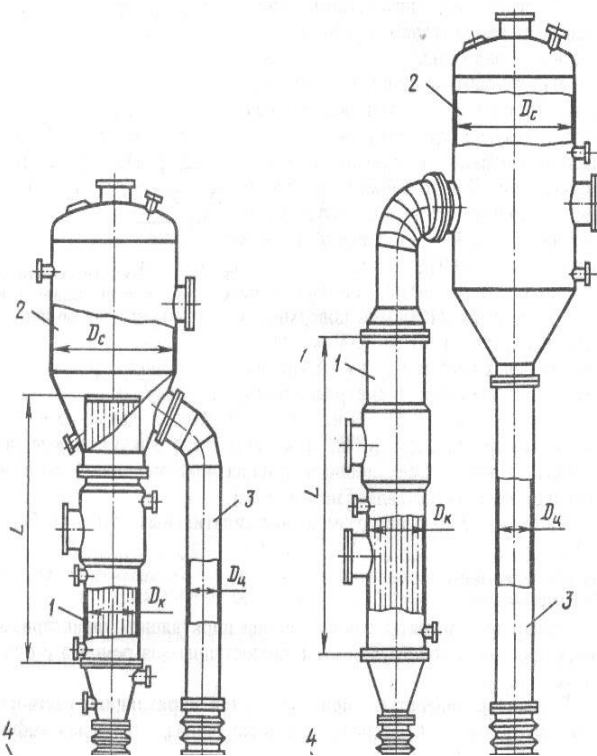
qanchalik kam bo'lsa, shunchalik bug' ajralib chiqishi va sirkulyatsiya tezligi ko'p bo'ladi. Intensiv sirkulyatsiyaga erishish uchun isituvchi bug' va eritma orasidagi farq 10°S dan kam bo'lmasligi kerak.

3-rasmda keltirilgan bug'latkichlarning issiqlik almashinish yuzasi $10...1200\text{ m}^2$, diametriga qarab qaynash trubalarning uzunligi $3...9\text{ m}$ bo'ladi. Qaynash trubalarning diametri 25, 38 va 57 mm bo'lishi mumkin. Isituvchi kameradagi ortiqcha bosim $0,3...1,6\text{ MPa}$, separatoridagi vakuum esa - $93,0\text{ kPa}$. Stirkulyastion truba ko'ndalang kesim yuzasining isituvchi kamera yuzasiga nisbati 0,3 dan kam bo'lmasligi zarur.

Majburiy sirkulyatsiyali bug'latkichlar eritma sirkulyatsiyasining intensivligi va issiqlik o'tkazish koeffitsientini oshirish imkonini beradi. Bunday qurilmalarda qovushoqligi katta bo'lgan eritmalarni xam bug'latish mumkin (4-rasm). Eritma sirkulyatsiyasi propellerli yoki markazdan qochma tipdagi nasoslar yordamida amalga oshiriladi.

Boshlang'ich eritma isituvchi kamera 1 ning pastki qismiga yuborilsa, quyuqlashtirilgan eritma esa - separatorning pastki qismidan chiqariladi

Eritma qaynash trubalari uchidan ozgina pastroq satxda ushlab turiladi. Isituvchi kamera trubalaradagi eritma tezligi $1,2...3,5\text{ m/s}$ bo'ladi. Eritma sirkulyatsiya qiladigan sistema suyuqlik bilan to'lib turgani uchun nasos ishi faqat gidravlik qarshiliklarni engish uchun sarflanadi. Qaynash



4-рasm. Эритма мажбурий циркуляция қиладиган буғлаткичлар.

а- иситувчи камера ажратилган буғлаткич; б- иситувчи камераси ташқарида ўрнатилган буғлаткич;

trubalarining pastki qismidagi bosim, tepa qisminikidan, truba ichidagi suyuqlik ustini va qarshiliklar yig'indisiga teng miqdorda ortiq bo'ladi. Shuning uchun, trubaning ko'p qismida eritma qaynamasdan, faqat isitiladi. Truba uchining ma'lum bir qismidagina eritma qaynaydi. Nasos uzatayotgan suyuqlik miqdori bug'latayotgan suvdan bir necha barobar ortiqdir. Shuning uchun xam, suyuqlik massasining qaynash trubasidan chiqayotgan bug' - suyuqlik aralashmadagi bug' massasiga nisbati juda katta.

Bu turdagi bug'latkichlar isitish yuzasi $25...1200\text{ m}^2$, qaynash trubalarining uzunligi $4...9\text{ m}$, diametri 25, 38, 57 mm bo'lishi mumkin. Isituvchi kameradagi ortiqcha bosim $0,3...1,0\text{ MPa}$, separatoridagi vakuum esa - 93 kPa . Stirkulyastion truba ko'ndalang kesimi yuzasining isituvchi kamera yuzasiga nisbati 0,9 dan kam bo'lmasligi kerak.

Majburiy sirkulyatsiyali bug'latkichlar afzalliklari: issiqlik o'tkazish koeffitsienti juda katta (erkin sirkulyatsiyaligi qaraganda $3...4$ marta ko'p), shuning uchun isitish yuzasi kam bo'lsa xam bo'ladi; kichik temperaturalar farqida ($3...5^{\circ}\text{S}$) xam samarali ishlaydi; kristallanishga moyil eritmalar bug'latilganda,

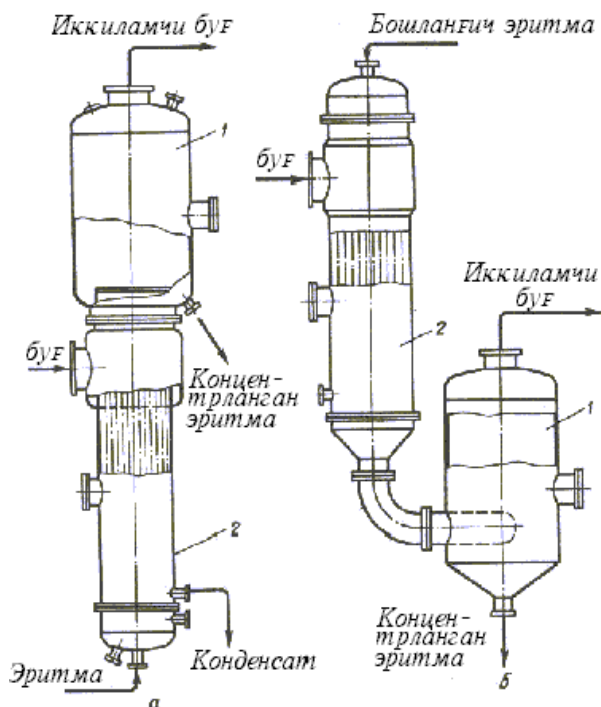
Issiqlik almashinish yuzalarida iflosliklar yopishib qolmaydi.

Bunday qurimalarning kamchiligi shundaki, nasosni ishlatish tufayli energiya sarfi ko'payadi.

Odatda, bug'latkichlar qimmat legirlangan metallardan yasalganda, xamda qovushoqligi yuqori va kristallanishga moyil eritmalarini bug'latish uchun qo'llash yuqori samara beradi.

Yupqa qatlamli (plyonkali) bug'latkichlar yuqori temperaturaga chidamsiz eritmalarini quyuqlashtirish uchun qo'llaniladi. Qurilma trubalari orqali eritmaning bir marta o'tishi natijasida bug'latish jarayoni sodir bo'ladi.

Eritmaning xarakat yo'nalishiga qarab, ko'tariluvchi va pastka oqib tushuvchi yupqa qatlamli bug'latkichlarga bo'linadi.



5-расм. Юпқа қатламли буг'латкичлар. а – кўтарилувчи қатламли буг'латкич. б - пастка оқиб тушувчи қатламли буг'латкич

Yupqa qatlamli bug'latkichlar isituvchi kamera va separatoridan tarkib topgan bo'ladi (5-rasm).

Isituvchi kamera trubalari 7...9 m uzunlikda bo'lib, suv bug'i yordamida isitiladi.

5a-rasmda ko'tariluvchi qatlamli bug'latkich ko'rsatilgan. Boshlang'ich eritma uzluksiz ravishda isituvchi kameraning pastki qismiga yuboriladi va trubalarning 20..25% uzunligini to'ldirib turadi. Trubalarning qolgan qismi bug' - suyuqlik aralashmasi bilan band bo'ladi.

Ushbu aralashma truba devorida yupqa qatlamli suyuqlikka va uning o'qida bug' agregat xolatiga ajralgan bo'ladi. Bug' oqimi xarakati paytida suyuqlik qatlamiga ishqalanish oqibatida yupqa qatlam turbulizastiyaga uchraydi va uning yuzasi jadal ravishda yangilanib turadi. Shu omillar xisobiga yuqori issiqlik o'tkazish koeffitsienti va katta bug'latish yuzasiga erishiladi.

5b-rasmda pastga oqib tushuvchi qatlamli bug'latkich tuzilishi keltirilgan. Bunday qurilmada boshlang'ich eritma isituvchi kameraning yuqori qismiga uzatiladi.

Quyuqlashtirilgan eritma, separatorning pastki qismidan chiqariladi.

Yupqa qatlamli bug'latqichlarning 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.

Kamchiliklari; isituvchi bug' bosimi tebranib turgan xollarda ishlashi bir tekisda emas. Agar, ish rejimi buzilsa, qurilmani sirkulyatsiyali ishlash rejimiga o'tkazish mumkin.

Tekshirish uchun savollar:

1. Osmo isituvchi kamerali bug'latgich qanday tuzilgan?
2. Majburiy sirkulyatsiyali bug'latkichlar kamchiliklari nimada?

3. Yupqa qatlamli bug'latgichlar qanday maqsadda ishlatiladi?

20- MA'RUZA MASSA ALMASHINISH ASOSLARI.

REJA:

1. Massa almashinish jarayonlari, umumiy tushunchalar.
2. Muvozanat chizig'i va massa o'tkazishning asosiy tenglamasi.
3. Massa o'tkazishning asosiy qonunlari. Malekulyar va turbulent diffuziya.
4. Jarayonni xarakterga keltiruvchi kuch.

Bir yoki bir necha komponentlarni binar yoki murakkab aralashmalarda bir fazadan ikkinchi fazaga o'tishida ro'y bergan jarayonlar *massa almashinish* jarayoni deb yuritiladi (masalan, gazdan gazga, suyuqlikdan gazga, qattiq jismdan suyuqlik yoki gazga). Odatda, komponentlarning bir fazadan ikkinchisiga o'tishi molekulyar yoki turbulent diffuziya orqali sodir bo'ladi. Shuning uchun, bu jarayonlar **diffuzion jarayonlar** deb ataladi.

Massa almashinish jarayonlari faol komponent va inert tashuvchi fazalar bilan xarakterlanadi. Faol komponent – bu fazadan fazaga o'tuvchi massa, inert tashuvchilarning miqdori esa, jarayon davomida o'zgarmaydi.

Massa almashinish jarayonini xarakterga keltiruvchi kuch – konstantastiyalar farqi.

Sanoat texnologiyalarida ishlatiladigan Absorbsiya, ekstraktsiya («suyuqlik - suyuqlik»), «qattiq texnologiya jism – suyuqlik sistemalarida), absorbsiya, quritish, kristallanishlarda massa almashinish jarayonlari sodir bo'ladi.

Absorbsiya – bu gaz aralashmasidan biror moddaning suyuq fazaga selektiv ravishda yutilish jarayonidir. Ya'ni, bu jarayonda modda bug' yoki gaz fazadan suyuq fazaga o'tishini kuzatishimiz mumkin.

Moddani o'ziga yutuvchi faza absorbent deb nomlanadi. Absorbsiya 2 xil bo'ladi: fizik Absorbsiya – bu gazning suyuqlikda oddiy yutilishi; xemosorbtsiya - bu gazning suyuqlikda yutilishi davrida kimyoviy birikma xosil bo'lishi.

Absorbsiyaga teskari jarayon, ya'ni yutilgan komponentlarni suyuqlikdan ajratib olish **desorbsiya** deb ataladi.

Suyuqliklarni xaydash va Rektifikatsiya – bu suyuq va bug' fazalar orasida komponentlar o'zaro modda almashinish yo'li bilan suyuq aralashmalarni komponentlarga ajratish jarayonidir. Ushbu jarayon issiqlik ta'sirida olib borilib, komponentlarning qaynash temperaturasi xar xil bo'lishiga asoslanadi. Bu jarayon 2 xil bo'ladi: oddiy xaydash (distillash) va murakkab xaydash (Rektifikatsiya). Shu aloxida ta'kidlash kerakli, bunda modda suyuq fazadan bug'ga va bug'dan suyuq fazaga o'tadi

Ekstraktsiya – bu eritma yoki qattiq jismdan erituvchi yordamida bir yoki bir necha komponent ajratib olish jarayonidir («suyuqlik-suyuqlik» sistemasida faol komponent bir suyuq fazadan ikkinchisiga o'tadi. «Qattiq jism – suyuqlik» sistemasida modda qattiq jismdan suyuq fazaga o'tadi. Bunday sistemada komponentning suyuq fazaga o'tishi **eritish jarayoni** deb nomlanadi.

Absorbsiya – bu gaz, bug' yoki suyuq aralashmalardan bir yoki bir necha komponentlarni qattiq, g'ovakli jism bilan yutilish jarayonidir. Juda katta faol yuzaga ega qattiq jismlar **adsorbentlar** deb ataladi. Ushbu jarayon sanoatning turli soxalarida ishlatiladi va gaz, bug' yoki suyuq aralashmalardan u yoki bu komponentni ajratib olish uchun xizmat qiladi.

Absorbsiya jarayonida suyuq yoki gaz fazadagi komponent qattiq jismga o'tadi.

Quritish – bu qattiq materiallar tarkibidagi namlikni bug' shaklida ajratib olish jarayonidir. Ushbu jarayonda faol komponent - namlik qattiq fazadan gaz yoki bug' fazasiga o'tadi.

Kristallanish – bu suyuq eritmalar tarkibidagi qattiq fazani kristall shaklida ajratib olish jarayonidir. Ushbu jarayonda suyuq fazadan moddaning qattiq fazaga o'tishi ro'y beradi.

Yuqorida keltirilgan jarayonlardan ko'rinib turibdiki, ularning xammasi uchun bir fazadan ikkinchisiga massa o'tishi yoki massa o'tkazish xos.

Moddaning bir fazadan ikkinchiga, ajratib turuvchi yuzaga orqali o'tishi **massa o'tkazish jarayoni** deb nomlanadi.

Bir faza ichida, fazadan ajratib turuvchi yuza yoki ajratib turuvchi yuzadan fazaga moddaning o'tishiga **massa berish jarayoni** deyiladi.

Muvozanat xolatiga erishish yo'nalishida moddaning bir fazadan ikkinchisiga o'tish jarayoniga massa o'tkazish deyiladi.

Massa almashinish jarayonida eng kamida 3 ta modda ishtiroq etadi: 1) birinchi fazani tashkil etuvchi modda; 2) ikkinchi fazani tashkil etuvchi modda; 3) bir fazadan ikkinchisiga o'tgan tarqaluvchi modda.

Massa almashinish jarayonida muvozanat xolatlarini aniqlashda **fazalar qoidasidan** foydalaniladi:

$$\Phi + C = K + 2 \quad (1)$$

bu erda F – fazalar soni; S – erkinlik darajasi soni; K – sistemadagi komponentlar soni.

Bu qoidaga binoan, muvozanat xolatlarini xisoblashda parametrlarining (bosim, temperatura, konstantriyati) nechtasini o'zgartirish imkoniyati borligini aniqlash mumkin.

Birinchi fazani - G , ikkinchisini - L va tarqaluvchi massani - M bilan belgilab olamiz. Xamma massa almashinish jarayonlari qaytar, shuning uchun modda G fazadan L ga va teskari yo'nalishda o'tishi mumkin.

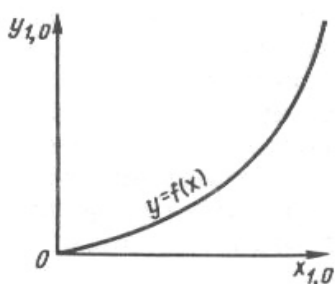
Dastavval, tarqaluvchi modda faqat G fazada va Y konstantriyali bo'lsin. Boshlang'ich davrda L fazada tarqaluvchi modda yo'q bo'lsa, unda fazadagi konstantriyasi $x = 0$.

Agar, fazalarni aralastirib yuboradigan bo'lsak, unda tarqaluvchi modda G fazadan L fazaga o'tadi. L fazada tarqaluvchi modda M bo'lishi bilan teskari o'tish boshlanadi, ya'ni L fazadan G fazaga. Ma'lum vaqtgacha, G fazadan L ga o'tayotgan tarqaluvchi modda zarrachalarining soni M , L fazadan G fazaga o'tayotganikidan ko'proq bo'ladi.

Lekin, ya'ni biror fursatdan so'ng, M moddaning to'g'ri va teskari o'tish tezliklari tenglashadi. Sistemaning bunday xolati **fazaviymuvozanat** deyiladi. Muvozanat paytida x ning ma'lum qiymatiga boshqa fazadagi tegishli aniq bir qiymatli muvozanat konstantriyasi y_M to'g'ri keladi. Xuddi shunday, u ning ma'lum qiymatiga tegishli muvozanat konstantriyasi x_M mos keladi. Muvozanat paytida fazalardagi tarqaluvchi komponent konstantriyalari o'rtasida umumiy bog'liqlik quyidagi ko'rinishga ega:

$$\bar{y}_p = f_1(\bar{x}); \quad \bar{x}_p = f_2(\bar{y}) \quad (2)$$

Ushbu tenglamalar grafikda muvozanat chizig'i bilan ifodalanadi va massa almashinish jarayonining turiga qarab to'g'ri yoki egri chizikli ko'rinishda bo'ladi. 1-rasmda gaz fazasidagi muvozanat konstantriyasining suyuq fazadagi konstantriya bilan bog'liqligi berilgan.



1-расм. $p=\text{const}$ va $t=\text{const}$ бўлгандаги мувозанат диаграмма.

Muvozanat paytidagi fazalar konstantriyalarining nisbati **tarqalish koeffitsienti** m deb nomlanadi.

$$m = \frac{y_M}{\bar{x}}$$

Odatda, ko'pchilik eritmalar uchun muvozanat chizig'i to'g'ri chiziq shaklida bo'ladi. Tarqalish koeffitsientining qiymati ko'pincha o'zgarmas bo'lib, muvozanat chizig'ining qiyalik burchagi tangensiga tengdir.

Turli - tuman massa almashinish jarayonlariga oid qonunlarning aniq turlari tegishli boblarda ko'rib chiqiladi.

Muvozanat bog'liqliklar jarayon yo'nalishi bilan birga, bir fazadan ikkinchisiga tarqaluvchi modda o'tish tezligini ham aniqlash imkonini beradi.

Muvozanat va haqiqiy konstantriyalar orasidagi farq massa almashinish jarayonlarini xarakatga keltiruvchi kuchi deb xisoblanadi.

Massa almashinish jarayonlarining tezlik koeffitsienti va xarakatga keltiruvchi kuchini xisolash

massa o'tkazish kinetikasining asosiy masalasidir.

Massa o'tkazishning asosiy tenglamasi kinetikaning umumiy tenglamasidan keltirib chiqarilishi mumkin.

Ushbu tenglamaga binoan, massa almashinish jarayonlarining tezligi xarakatga keltiruvchi kuchga to'g'ri va jarayon diffuzion qarshiligiga teskari proporsionaldir.

Agar, diffuzion qarshilik teskari kattalikni $K = 1/R$ (bu erda R – diffuzion qarshilik) deb belgilasak, ushbu tenglamaga ega bo'lamiz:

$$\frac{dM}{F \cdot d\tau} = k\Delta \quad (3)$$

bu erda, M – bir fazadan ikkinchisiga o'tgan modda miqdora, kg; F – massa o'tkazish yuzasi, m^2 ; τ – jarayon davomligi, s; k – massa o'tkazish koeffitsienti. Ko'rinib turibdiki, $dM/Fd\tau$ ajratib turuvchi yuza birligiga to'g'ri keladigan massa o'tkazish tezligidir.

Demak, agar $k = \text{const}$ bo'lsa, butun massa almashinish yuzasi uchun

$$M = k \cdot \Delta \cdot F\tau$$

$$M = K_y F \Delta y_{yp} \cdot \tau \quad \text{yoki} \quad M = K_x F \Delta x_{yp} \cdot \tau \quad (4)$$

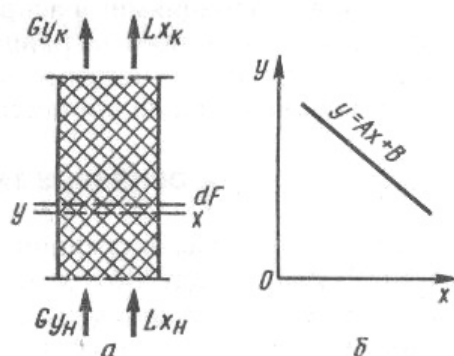
(4) massa o'tkazish jarayonining asosiy tenglamasi deb nomlanadi. Ushbu tenglamaga binoan, bir faza yadrosidan ikkinchi faza yadrosiga uzatilgan massa miqdori fazalar yadrosidagi konstantriyalar farqi, ajratib turuvchi yuza va jarayon davomiyligiga to'g'ri proporsionaldir.

Massa o'tkazish koeffitsienti, vaqt birligi ichida xarakatga keltiruvchi kuch birga teng bo'lganda, ularni ajratib turuvchi yuza birligidan o'tgan massa miqdorini xarakterlaydi.

(4) tenglamani tashkil etuvchi parametrlar birliklariga qarab, massa o'tkazish koeffitsienti quyidagi o'lchov birligiga ega bo'ladi: m/s; kg/(x.k.k. b · m²·s); kmol/(x.k.k.b. · m²·s).

Massa almashinish jarayonining moddiy balansi

Bir xil yo'nalishli fazalar o'rtasida massa almashinish ro'y berayotgan elementar massa



2-рasm. Жараеннини моддий балансини тuzиши а ва ишчи чизиқ тенгламасини келтириб чиқаришга оид. а-қурилмадаги оқимлар схемаси;

б- y - x координатларида ишчи чизиқни тасвирлаш.

almashinish qurilmasining sxemasini ko'rib chiqamiz. Fazalarni ajratib turuvchi yuzaga nisbatan massaviy tezliklarini G va L (kg/soat), tarqaluvchi modda konstantriyalarini esa – u va x (kg/kg) deb belgilab olamiz (5.2-rasm).

Agar, $u > u_M$ deb faraz qilsak, tarqaluvchi modda G fazadan L fazaga o'tadi, ammo G fazada konstantriya \bar{u}_b dan \bar{u}_{ox} gacha kamayadi.

L fazada esa, mos ravishda konstantriya \bar{x}_b dan \bar{x}_{ox} gacha ortadi.

Qurilmaning cheksiz kichik dF yuzasi uchun:

$$dM = G(-d\bar{y}) = Ld\bar{x}$$

(5)

Qurilmada tarqaluvchi modda konstantriyalari o'zgarishi chegarasida (5.5) tenglikni integrallab, quyidagi tenglamani olamiz:

$$M = -G(\bar{y}_{ox} - \bar{y}_{\delta}) = G(\bar{y}_{\delta} - \bar{y}_{ox}) = L(\bar{x}_{ox} - \bar{x}_{\delta}) \quad (6)$$

Bundan, fazalarning massaviy sarfini aniqlaymiz:

$$G = L \frac{\bar{x}_{ox} - \bar{x}_{\delta}}{\bar{y}_{\delta} - \bar{y}_{ox}}; \quad L = G \frac{\bar{y}_{\delta} - \bar{y}_{ox}}{\bar{x}_{\delta} - \bar{x}_{ox}} \quad (7)$$

(5) tenglamani boshlang'ich va oxirgi konstantriyalar oralig'ida integrallab quyidagi ifodani olamiz:

$$G(\bar{y}_{\delta} - \bar{y}) = L(\bar{x} - \bar{x}_{\delta})$$

Bundan, joriy konstantriyalar orasidagi bog'liqlik topiladi:

$$\bar{y} = \frac{L}{G} \bar{x} + \frac{G\bar{y}_{\delta} - L\bar{x}_{ox}}{G} \quad (8)$$

yoki

$$\bar{y} = Ax + B \quad (9)$$

bu erda $A = L/G$; $B = (G\bar{y}_{\delta} - L\bar{x}_{ox})/G$.

(8) va (9) lar ishchi chiziq tenglamasini xarakterlaydi. Ulardan, massa almashinish qurilmalarini xisoblashda foydalaniladi.

Shunday qilib, muvozanat va ishchi chiziq tenglamalaridan jarayonning yo'nalishini xam aniqlash mumkin.

Xaqiqiy (ishchi) konstantriyalar orasidagi bog'liqlikni ifodalovchi to'g'ri chiziq tenglamasi (9) **jarayonning ishchi chizig'i** deb nomlanadi.

Massa o'tkazishning asosiy qonunlari

Massa o'tkazish jarayonlari bir necha massa almashinish yo'li bilan amalga oshirilishi mumkin: gaz (yoki bug') va suyuqlik oqimlari orasida; suyuqlik oqimlari orasida; suyuqlik oqimi va qattiq faza orasida; gaz (yoki bug') oqimi va qattiq faza orasida.

Massa o'tkazishning asosiy qonunlari bo'lib molekulyar diffuziya (Fikning 1- qonuni), massa berish (Nyuton – Shukarev qonuni) va massa o'tkazuvchanlik qonunlari xisoblanadi.

Molekulyar diffuziya qonuni (Fikning 1- qonuni). Molekula, atom, ion va kolloid zarrachalarning xaotik xarakati natijasida moddalarning tarqalishi **molekulyar diffuziya** deb nomlanadi. Ma'lumki, moddalar xar doim konstantriyasi yuqori zonadan konstantriyasi past zonaga qarab tarqaladi. Ushbu qonunga binoan, diffuziya yo'li bilan tarqalgan modda miqdori konstantriyalar gradienti, diffuzion oqim yo'nalishidagi perpendikulyar ajratuvchi yuza va jarayon davomiyligiga to'g'ri proporsionaldir:

$$dM = -D \frac{\partial c}{\partial t} F d\tau \quad \text{yoki} \quad M = -D \frac{dc}{dn} F \tau \quad (10)$$

bu erda dM - diffuziya yo'li bilan tarqalgan massa miqdori; D – diffuziya koeffistienti; $\partial c/\partial t$ konstantriyalar gradienti; F – diffuziya o'tayotgan yuza; $d\tau$ - diffuziya davomiyligi.

Diffuziya koeffistienti, 1 m² ajratuvchi yuza orqali 1 soat davomida 1 m oralikdagi konstantriyalar farqi 1 ga teng bo'lganda tarqalgan modda miqdorini xarakterlaydi.

Tenglamadagi «minus» ishora molekulyar diffuziya jarayonida konstantriya kamayib borishini ifodalaydi.

(10) tenglamadagi diffuziya koeffistientining o'lchov birligini aniqlaymiz:

$$[D] = \left[\frac{M \cdot dn}{dc \cdot F \cdot \tau} \right] = \left[\frac{\kappa z \cdot M \cdot M^3}{\kappa z \cdot M^2 \cdot c} \right] = \left[\frac{M^2}{c} \right]$$

Molekulyar diffuziya koeffitsienti o'zgaras fizik kattalik bo'lib, moddaning diffuziya yo'li bilan qo'zg'almas muxitga kirish qobiliyatini xarakterlaydi. Ushbu koeffitsient jarayonning gidrodinamikasiga bog'liq emas. Lekin, u tarqaluvchi modda va muxitning issiqlik-diffuzion xossalari, temperatura va bosimga bog'liqdir. Ya'ni temperatura oshishi va bosim pasayishi bilan uning qiymati ortadi.

Odatda, diffuziya koeffitsientining qiymatlari adabiyotlardan yoki quyidagi formulalardan aniqlanadi:

gazlar uchun:

$$D = 4,35 \cdot 10^{-2} \frac{T^2}{P(V_A^{0,33} + V_B^{0,33})} \sqrt{\frac{1}{M_A} + \frac{1}{M_B}} \quad (11)$$

suyuqliklar uchun:

$$D = \frac{8,2 \cdot 10^{-12} T}{\mu \cdot V_a^{0,33}} \left[1 + \left(\frac{3V_B}{V_A} \right)^{0,66} \right] \quad (12)$$

bu erda T – temperatura, K; R - bosim, Pa; V_A va V_V - jarayonda ishtirok etuvchi moddalar mol xajmi, sm^3/mol ; M_A va M_V - moddalarning molekulyar massasi, kg/kmol ; μ - dinamik qovushoqlik, $\text{mPa}\cdot\text{s}$; A va V – moddaning tabiatiga bog'liq tajribaviy konstanta;

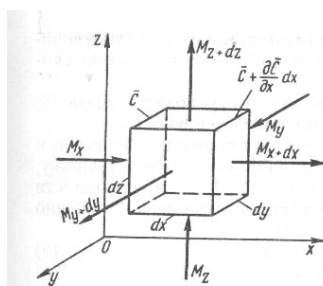
Diffuziya koeffitsienti sistemaning agregat xolatiga bog'liq. Gazlar uchun D ning qiymatlari $(0,1 \dots 1,0) \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$. Suyuqliklarning diffuziya koeffitsienti to'rt darajaga past bo'ladi. Ma'lumki, temperatura ortishi bilan D ortadi, bosim oshishi bilan esa – kamayadi.

Gazlardagi diffuziya koeffitsienti konstantastiyaga umuman bog'liq emas. Lekin, suyuqliklarda esa, diffuziya koeffitsienti konstantastiyaga bog'liqligi bor. Paxta yog'ining normal sharoitda ekstrakstion benzindagi diffuziya koeffitsienti $D = 0,71 \cdot 10^{-5} \text{ sm}^2/\text{s}$; gazning boshqa bir gazdagi tarqalish diffuziya koeffitsienti $\sim 0,1 \dots 1,0 \text{ sm}^2/\text{s}$; gazning suyuqliklardagi diffuziya koeffitsienti $10^4 \dots 10^5$ marotaba kam bo'lib, taxminan $1 \text{ sm}^2/\text{sutkaga}$ teng.

Xulosa qilib aytganda, molekulyar diffuziya juda sekin o'tadigan jarayondir.

Turbulent diffuziya. Turbulent tebranish ta'sirida oqimning xarakatida bir fazadan ikkinchisiga moddaning tarqalishi **turbulentdiffuziya** deb nomlanadi.

Turbulent diffuziya tezligi oqimning turbulentlik darajasiga, jarayonning gidrodinamik rejimida bog'liqdir. Istalgan fazada turbulent diffuziya yo'li bilan tarqalgan moddaning miqdori ushbu tenglamadan topiladi:



3-расм. Молекуляр диффузиянинг

дифференциал тенгласини

ajratuvchi yuza birligidan turbulent diffuziya yo'li bilan tarqalgan moddaning midorini bildiradi. Uning qiymati jarayonning gidrodinamik rejimiga bog'liq. Bu erda gidrodinamik rejim deganda oqimning tezligi va turbulentlik masshtabi nazarda tutiladi.

$$\text{yoki } M = -\varepsilon_D \frac{\partial c}{\partial n} F \cdot \tau \quad (13)$$

bu erda ε_D - turbulent diffuziya koeffitsienti (13) tenglamadan ε_D - aniklaymiz

$$[\varepsilon_D] = \left[\frac{M \cdot dn}{dc \cdot F \cdot \tau} \right] = \left[\frac{\kappa z \cdot M \cdot M^2}{c \cdot M^2 \cdot \kappa z} \right] = \left[\frac{M^2}{c} \right]$$

Molekulyar diffuziyaning differensial tenglamasi (Fikning 2-qonuni). Biror fazaning oqimida ajratib olingan elementar parallelepiped uchun tarqaluvchi moddaning moddiy balansi ko'rib chiqiladi va undan konvektiv diffuziya yoki massa berish jarayonining tenglamasini keltirib chiqarish mumkin (3-rasm).



4-расм. Масса бериш тенгласини келтириб чиқаришга оид.

Elementar kichik parallelepiped orqali molekulyar diffuziya yo'li bilan modda tarqalayotgan bo'lsin.

Agar, $dydz$, $dx dy$ va $dx dz$ tomonlari orqali M_x , M_z va M_y miqdorda moddalar o'tayotgan bo'lsa, qarama-qarshi tomonlardan esa M_{x+dx} , M_{z+dz} va M_{y+dy} miqdorda moddalar chiqadi. Ya'ni, parallelepipedning elementar hajmi $dM = (M_x - M_{x+dx}) + (M_y - M_{y+dy}) + M_{z+dz}$ miqdorda tarqalgan modda yutib oladi. Bunda, moddaning konstantriyasi $(\partial C / \partial \tau) \partial \tau$ miqdorga ortadi. Fikning 1 - qonuniga binoan:

$$M_x = -D \frac{\partial \bar{C}}{\partial x} dydzd\tau$$

$$M_{x+dx} = -D \frac{\partial \left(\bar{C} + \frac{\partial \bar{C}}{\partial x} dx \right)}{\partial x} dydzd\tau = -D \frac{\partial \bar{C}}{\partial x} dydzd\tau - D \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial x^2} dx dydzd\tau$$

demak:

$$M_x - M_{x+dx} = D \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial x^2} dx dydzd\tau$$

Xuddi shunday qilib parallelepipedning qolgan tomonlari uchun xam o'tgan moddalar farqini aniqlab olamiz.

Parallelepiped bilan yutilgan umumiy modda miqdori:

$$dM = D \left(\frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial z^2} \right) dx dy dz d\tau \quad (14)$$

Ushbu modda miqdorini parallelepiped hajmini tarqalayotgan modda konstantriyasiyaning $\partial \tau$ vaqt ichida o'zgarishiga ko'paytirib xam topsa bo'ladi:

$$dM = dx dy dz \frac{\partial \bar{C}}{\partial \tau} d\tau \quad (15)$$

(14) va (15) larni tenglashtirib, ushbu ko'rinishdagi molekulyar diffuziyaning differensial tenglamasini olamiz:

$$\frac{\partial \bar{C}}{\partial \tau} = D \left(\frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial z^2} \right) \quad (16)$$

(16) tenglama Fikning 2-qonuni deb yuritiladi. $\partial S / \partial \tau$ - fazoda olingan istalgan nuqtadagi konstantriyasiyaning vaqt bo'yicha o'zgarish tezligini xarakterlaydi.

Massa almashinish jarayonlarini xarakatga keltiruvchi kuch

Issiqlik almashinish jarayonlaridagi kabi, massa almashinishda xam fazalar yo'nalishi

parallel, qarama - qarshi, o'zaro kesishgan va murakkab bo'lishi mumkin.

Ma'lumki, fazalar xarakatining o'zaro yo'nalishi va ularning ta'sir qilish usuli massa almashinish jarayonining xarakatga keltiruvchi kuch qiymatini belgilaydi. Fazalar, ajratuvchi yuza bo'yicha xarakatlanganda, ularning konstantriyasi o'zgaradi. Bu xol esa o'z navbatida xarakatga keltiruvchi kuchning o'zgarishiga olib ketadi. Shuning uchun, massa o'tkazishning asosiy tenglamasida o'rtacha xarakatga keltiruvchi kuch kattaligi ishlatiladi.

Massa o'tkazish jarayonining o'rtacha xarakatga keltiruvchi kuchi. Ushbu kuchning ifodalanishi muvozanat chizig'i to'g'ri yoki egri chiziq shaklida ekanligiga bog'liq.

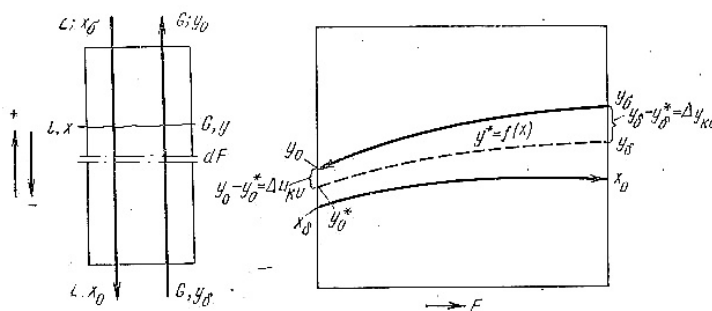
Qarama - qarshi yo'nalishli kolonnada massa almashinish jarayonini ko'rib chiqamiz (5-rasm).

Jarayon quyidagi shartlarga amal qilgan xolatda yuz bermoqda:

1) Muvozanat egri chizig'i $u^* = f(x)$;

2) fazalar sarflari o'zgarmas ($G = \text{sonst}, L = \text{const}$), ya'ni ishchi chiziq to'g'ri chiziq funktsiyasidir.

3) massa o'tkazish koeffitsienti qurilmaning balandligi bo'yicha o'zgarmaydi, ya'ni $K_x = \text{const}, K_u = \text{const}$.



5-расм. Масса ўтказиш жараёнининг ўртача харакатга келтирувчи

Massa o'tkazish jarayonida dF elementar yuzadan F_u fazaning konstantriyasi du ga kamayadi va tarqalgan massa dM ning miqdori quyidagicha aniqlanadi:

$$dM = -Gdy$$

Tenglama o'ng tomonidagi manfiy ishora F_u fazadagi konstantriyaning kamayishini ifodalaydi.

Xuddi shu miqdordagi dM massa F_x fazaga o'tib, uning konstantriyasini dx qiymatga oshiradi. Unda, dF elementar yuz uchun massa o'tkazish tenglamasini ushbu ko'rinishda yozish mumkin:

$$dM = -Gdy = K_y(y - y^*) \cdot dF \quad (17)$$

O'zgaruvchi u va F qiymatlarni ajratib (17) tenglamani integrallasak (konstantriya bo'yicha u_{bd} dan u_{ox} gacha, to'qnashish yuzasi bo'yicha O dan F gacha), quyida tenglamani olamiz:

$$\int_{y_0}^{y_{ox}} \frac{dy}{y - y^*} = \int_0^F \frac{K_y}{G} dF$$

bundan

$$\int_{y_0}^{y_{ox}} \frac{dy}{y - y^*} = \frac{K_y}{G} F \quad (18)$$

Moddiy balans tenglamasiga binoan, butun qurilma uchun bir fazadan ikkinchisiga o'tgan modda massasi quyidagi tenglamadan aniqlanadi:

$$M = G \cdot (y_0 - y_{ox})$$

Oxirgiifodadagi Gning qiymatini (18) tenglamaga qo'ysak, ushbuko'rinishgaerishamiz:

$$\int_{y_{ox}}^{y_{\delta}} \frac{d_y}{y - y^*} = \frac{K_y \cdot F}{M} (y_{\delta} - y_{ox})$$

bundan:

$$M = K_y F \frac{y_{\delta} - y_{ox}}{\int_{y_{ox}}^{y_{\delta}} \frac{dy}{y - y^*}} \quad (19)$$

(19) tenglamani (4) bilan taqqoslab, (19) tenglamaning oxirgi ko'paytmasi massa almashinish jarayonning o'rtacha xarakteratga keltiruvchi kuchini ifoda etishini bilamiz:

$$\Delta y_{yp} = \frac{y_{\delta} - y_{ox}}{\int_{y_{ox}}^{y_{\delta}} \frac{dy}{y - y^*}} \quad (19a)$$

Xuddi shunday F_x fazadagi Δx_{or} ni quyidagich ifodalash mumkin:

$$\Delta x_{yp} = \frac{x_{ox} - x_{\delta}}{\int_{x_{\delta}}^{x_{ox}} \frac{dx}{x^* - x}} \quad (19b)$$

Muvozanat chizig'i to'g'ri chiziq ($u^*=mx$) funkstiyasi bo'lgan xolda o'rtacha logarifmik yoki arifmetik kattalik sifatida aniqlash mumkin.

Shunday qilib, F_u fazasi uchun massa o'tkazishning o'rtacha xarakteratga keltiruvchi kuchi ushbu tenglama bilan ifodalanadi:

$$\Delta y_{yp} = \frac{(y_{\delta} - y_{\delta}^*) - (y_{ox} - y_{ox}^*)}{\ln \frac{y_{\delta} - y_{\delta}^*}{y_{ox} - y_{ox}^*}} = \frac{\Delta y_{ka} - \Delta y_{ku}}{2,3 \lg \frac{\Delta y_{ka}}{\Delta y_{ku}}} \quad (20)$$

F_x fazasi uchun massa o'tkazishning o'rtacha logarifmik xarakteratga keltiruvchi kuchini esa quyidagi tenglama orqali topish mumkin:

$$\Delta x_{yp} = \frac{(x_{ox}^* - x_{ox}) - (x_{\delta}^* - x_{\delta})}{\ln \frac{x_{ox}^* - x_{ox}}{x_{\delta}^* - x_{\delta}}} = \frac{\Delta x_{ka} - \Delta x_{ku}}{2,3 \lg \frac{\Delta x_{ka}}{\Delta x_{ku}}} \quad (21)$$

Agar $\Delta y_{ka} / \Delta y_{ku} < 2$ bo'lgan sharoitda, texnik xisoblashlar uchun etarli aniqlikda, massa o'tkazishning o'rtacha xarakteratga keltiruvchi kuchi, o'rtacha arifmetik qiymat sifatida topiladi:

$$\Delta y_{yp} = \frac{\Delta y_{ka} + \Delta y_{ku}}{2} \quad (22)$$

Xuddi shunday, F_x fazasi uchun:

$$\Delta x_{yp} = \frac{\Delta x_{ka} + \Delta x_{ku}}{2} \quad (23)$$

O'tkazish birligining soni. (19a) va (19b) tenglamalari maxrajidagi integral o'tkazish birligining

soni deb nomlanadi va u n_{oy} , n_{ox} bilan belgilanadi:

$$n_{oy} = \int_{y_{ox}}^{y_{\delta}} \frac{dy}{y - y^*} \quad (24)$$

$$n_{ox} = \int_{x_{\delta}}^{x_{ox}} \frac{dx}{x^* - x}$$

(24) tenglamadanko'rinibturibdiki, o'tkazish birligining soni va o'rtacha xarakteristik kuch ko'rsatkichlari:

$$n_{oy} = \frac{y_{\delta} - y_{ox}}{\Delta y_{yp}} \quad (25)$$

$$n_{ox} = \frac{x_{ox} - x_{\delta}}{\Delta x_{yp}}$$

Shunday qilib, o'tkazish birligi soni jarayonning o'rtacha xarakteristik kuchiga teskari proporsionaldir.

Tekshirish uchun savollar:

1. Massa almashinish jarayon turlariga nimalar kiradi va uning xarakteristik kuchi nima?
2. Molekulyar diffuziya deb nimaga aytiladi?
3. Turbulent diffuziya deb nimaga aytiladi?

21- MA'RUZA

MASSA O'TKAZISH VA BERISH.

REJA:

1. Massa berishning asosiy qonuni.
2. Konvektiv diffuziyaning kriterial tenglamalari. (Nu, Re, Pe, Fo)
3. Massa o'tkazish va berish koeffitsientlari o'rtasidagi bog'liqlik.

Massa berishning asosiy qonuni. 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 yunalishda massa berish yo'li bilan o'tgan modda miqdori fazalar konsentratsiyasi farqiga, fazaga va jarayon davomiyligiga to'g'ri proporsionaldir.

Diffuzion chegaraviy qatlam nazariyasiga asosan tarqaluvchi modda suyuqlik oqimi yadrosidan fazalarni ajratuvchi yuzaga suyuqlik konvektiv oqimlari va molekulyar diffuziya yo'li bilan o'tadi. Ko'rilayotgan sistemada oqim yadrosi va chegaraviy diffuzion qatlamlar bor. Faza yadrosida moddaning tarqalishi asosan suyuqlik yoki gaz oqimi bilan amalga oshiriladi. Oqimlarning turbulent xarakati davrida tarqaluvchi modda konsentratsiyasi o'zgarmas bo'ladi. Chegaraviy diffuzion qatlamga yaqinlashgan sari moddaning turbulent tarqalishi kamayadi va molekulyar diffuziya xisobiga massa berish ulushi ortadi.

Bunda, tarqaluvchi moddaning konsentratsiya gradienti xosil bo'ladi va fazalarni ajratuvchi chegaraga yaqinlashib borgan sari, uning qiymati oshib boradi. Shunday qilib, chegaraviy diffuzion qatlam atrofi – bu konsentratsiya gradienti xosil bo'lishi va o'sishi soxasidir. Undan tashqari, bu er – umumiy massa o'tkazishga molekulyar diffuziya tezligining ta'siri ko'payadigan soxadir.

G fazadan L fazaga tarqalayotgan modda miqdori M bo'lsin. Agar, fazalar yadrosidagi

moddalar konstantriyasini y_f va x_f deb, fazalarni ajratib turuvchi yuzadagi konstantriyalarni esa – u_{ch} va x_{ch} deb belgilasak, unda massa berish jarayonida o'tgan modda miqdorlarini quyidagi tenglamalardan aniqlash mumkin:

$$dM = \beta_y (y_f - y_u) \cdot F d\tau; \quad dM = \beta_x (x_u - x_f) \cdot F d\tau \quad (1)$$

bu erda β_u, β_x – konvektiv va molekulyar oqimlar bilan modda uzatilishini xarakterlovchi massa berish koeffitsientlari; $u_{ch}=u_M$ va $x_{ch}=x_M$ deb qabul qilinadi.

Massa berish koeffitsientining o'lchov birligi quyidagicha:

$$[\beta] = \left[\frac{M}{(y_f - y_u) \cdot F \cdot \tau} \right] = \left[\frac{\kappa z \cdot M^3}{\kappa z \cdot M^2 \cdot \text{coam}} \right] = \left(\frac{M}{\text{coam}} \right)$$

Massa berish koeffitsienti vaqt birligida jarayonni xarakterlovchi kuchi birga teng bo'lganda, yuza birligidan fazalarni ajratuvchi yuzadan fazaning yadrosiga yoki teskari yo'nalishda o'tgan modda miqdorini xarakterlaydi.

Massa berish koeffitsienti fazalarning zichligi, qovushoqligi va boshqa xossalriga, suyuqlik xarakter rejimiga, qurilmaning tuzilishi va o'lchamlariga bog'liqdir. Shuning uchun xam uning qiymatini tajriba yoki xisoblash yo'li bilan aniqlash qiyin. Lekin, xar bir aniq sharoit va suyuqliklar uchun β ning qiymatini tajriba yo'li bilan topish mumkin.

Shuni aloxida ta'kidlash kerakki, massa berish koeffitsienti fizik ma'nosi bo'yicha massa o'tkazish koeffitsientidan farq qilsa xam, lekin bir xil o'lchov birligiga ega.

Konvektiv diffuziyaning differensial tenglamasi

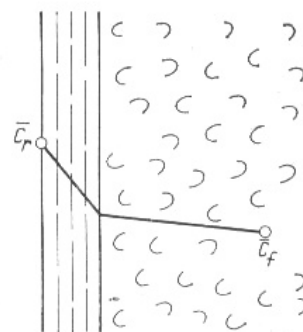
Diffuzion chegaraviy qatlam nazariyasiga binoan, suyuqlik oqimi fazalarni ajratuvchi chegarasida tarqalayotgan modda molekulyar diffuziya va bevosita suyuqlik oqimi bilan uzatiladi (1-rasm). Ko'rilayotgan sistemada oqimni 2 qismdan iborat deb xisoblasa bo'ladi, ya'ni yadro va chegaraviy diffuzion qatlamdan. Turbulentlik ancha yuqori bo'lganda xam, yadroda moddaning tarqalishi asosan suyuqlik xarakati tufayli ro'y beradi. Turg'un rejimda ushbu ko'ndalang kesimda tarqaluvchi modda konstantriyasi o'zgarasdir. Chegaraviy diffuzion qatlamga yaqinlashgan sari, turbulentlik darajasi pasayadi. Shuning uchun, fazalarni ajratuvchi chegarada moddaning tarqalishi asosan molekulyar diffuziya xisobiga o'tadi. Undan tash-qari, bu zonaga yaqinlashish bilan konstantriyalar gradienti xam ortadi.

Shunday qilib, chegaraviy diffuzion qatlam – bu konstantriya gradienti xosil bo'ladigan va ortadigan, xamda molekulyar diffuziya qiymatining minimumdan maksimumgacha ko'payadigan zonasidir.

Konvektiv diffuziya jarayonida fazaning elementar xajmida tarqaluvchi moddaning konstantriyasi xam molekulyar diffuziya, xam mexanik xarakat ta'siri ostida o'zgaradi. Bunday xollarda, tarqalayotgan moddaning konstantriyasi x, u, z koordinatalar va vaqt τ ning funktsiyasi bo'lib qolmay, balki element siljish tezligi w_x, w_u va w_z larga xam bog'liq bo'ladi. Konvektiv diffuziya paytida esa, element fazoning bir nuqtasidan ikkinchisiga ko'chadi. Bunda, elementda tarqalayotgan modda konstantriyasining o'zgarishi substansional xosila orqali ifodalanadi:

$$\frac{D\bar{c}}{D\tau} = \frac{\partial \bar{c}}{\partial \tau} + \frac{\partial \bar{c}}{\partial x} w_x + \frac{\partial \bar{c}}{\partial y} w_y + \frac{\partial \bar{c}}{\partial z} w_z \quad (2)$$

Ushbu tenglamadagi qo'shiluvchilar yig'indisi $\frac{\partial \bar{c}}{\partial x} w_x + \frac{\partial \bar{c}}{\partial y} w_y + \frac{\partial \bar{c}}{\partial z} w_z$ -



1-рasm. Конвектив диффузия қонуни келтириб чиқаришга оид.

konstrastiyaning konvektiv o'zgarishini, $\frac{\partial \bar{C}}{\partial \tau}$ esa – lokal o'zgarishini xarakterlaydi.

$$\frac{\partial \bar{C}}{\partial \tau} + \frac{\partial \bar{C}}{\partial x} w_x + \frac{\partial \bar{C}}{\partial y} w_y + \frac{\partial \bar{C}}{\partial z} w_z = D \left(\frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial z^2} \right) \quad (3)$$

Fazalarni ajratuvchi chegara atrofida fazadan fazaga tarqalayotgan modda miqdori konvektiv diffuziya qonuni (1) yordamida aniqlanadi. Yuqorida aytilgandek, fazalarni ajratuvchi yuza oldida, moddaning bir fazadan ikkinchisiga o'tishi esa, molekulyar diffuziya xisobiga amalga oshadi.

$$\beta \Delta \bar{C} = -D \frac{\partial \bar{C}}{\partial x} \quad (4)$$

bu erda $\Delta \bar{S} = \bar{S}_{ch} - \bar{S}_f$ - jarayonni xarakterlaydigan kuch.

Konvektiv diffuziyaning kriterial tenglamalari. Bunday formulalar (3) va (4) tenglamalardan keltirib chiqariladi. Diffuzion kriteriyalarni olish uchun o'xshashlik nazariyasidan foydalanamiz. (4) tenglamadan o'lchamsiz $\beta \Delta C \partial x / D \partial \bar{C}$ kompleksni olamiz va ba'zi qisqartirishlardan so'ng Nusselt diffuzion kriteriyasini xosil qilamiz:

$$Nu_D = \frac{\beta \cdot l}{D} \quad (5)$$

bu erda β - massa berish koeffitsienti; l – aniqlovchi o'lcham; D – molekulyar diffuziya koeffitsienti.

(3) tenglamaning ikkala qismini $D \partial \bar{C} / \partial x$ ga bo'lib, ushbu o'lchamsiz kompleksni olish mumkin:

$$\frac{\partial \bar{C} \cdot \partial x^2}{\partial \tau \cdot \partial^2 \bar{C}} \quad \text{va} \quad \frac{\partial \bar{C} \cdot w_x \cdot \partial x^2}{\partial x \cdot D \cdot \partial^2 \bar{C}}$$

Bulardan esa Fure diffuzion kriteriyasi:

$$Fo_D = \frac{D \tau}{l^2} \quad (6)$$

va Pekle diffuzion kriteriyasi:

$$Pe_D = \frac{w l}{D} \quad (7)$$

keltirib chiqariladi. Bu erda τ - jarayon davomiyligi; w – oqim tezligi.

Fure kriteriyasi vaqt o'tishi bilan tarqalayotgan massa oqimi tezligi o'zgarishini ifodalaydi va noturg'un massa berish jarayonlarni xarakterlaydi.

Pekle kriteriyasi o'xshash sistemalarning o'xshash nuqtalarida konvektiv va molekulyar diffuziyalar orqali o'tayotgan massalarning nisbatini ifodalaydi.

Pekle kriteriyasini o'zgartirib, ushbu ko'rinishda yozamiz:

$$Pe = \frac{w l}{D} = \frac{w l}{v} \cdot \frac{v}{D} = Re \cdot Pr_D$$

bu erda

$$Pr_D = \frac{v}{D} \quad (8)$$

Prandtl kriteriysi fizik kattaliklar maydonlarining o'xshashligini xarakterlaydi va moddalar fizik xossalari nisbatining o'zgarishini ifodalaydi.

Massa berish jarayonini xarakterlovchi o'xshashlik kriteriylari aniqlangandan so'ng, konvektiv diffuziyaning umumiy kriterial tenglamasi tuzilishi mumkin:

$$f(\text{Re}, \text{Gr}, \text{Nu}_D, \text{Pr}_D, \text{Fo}_D) = 0 \quad (9)$$

Nusseltning diffuzion kriteriysi asosiy aniqlanuvchi kriteriy bo'lgani uchun (9) tenglamani quyidagicha yozish mumkin:

$$\text{Nu}_D = f(\text{Re}, \text{Gr}, \text{Pr}_D, \text{Fo}_D) \quad (10)$$

(10)dagi Grashof kriteriysi erkin konvekstiya paytida konvektivdiffuziyani xarakterlaydi.

Agar, jarayon turg'un bo'lsa, umumiy kriterial tenglamadan, Fure kriteriysi tushirilib qoldiriladi:

$$\text{Nu}_D = f(\text{Re}, \text{Gr}, \text{Pr}_D) \quad (11)$$

Suyuqlik oqimining majburiy xarakati paytida erkin konvekstiyani hisobga olmasa bo'ladi. Bu xolda (11) tenglamadan Grashof kriteriysi tushirib qoladi:

$$\text{Nu}_D = f(\text{Re}, \text{Pr}_D) \quad (12)$$

Kriterial tenglamalardan aniqlangan Nusselt kriteriysi qiymatlaridan massa berish koeffitsientini hisoblab topish mumkin:

$$\beta = \frac{\text{Nu} \cdot D}{l} \quad (13)$$

Massa berish koeffitsientlarining qiymatlari yordamida massa o'tkazish koeffitsienti K ni topish mumkin.

Gidrodinamik o'xshashlik asosida massa berish koeffitsienti β ni oqim o'rtacha tezligi w ga nisbatini aniqlash mumkin. Bu o'lchamsiz kattalik Stanton diffuzion kriteriysi deb nomlanadi va ushbu ko'rinishga ega:

$$\text{St}_D = \frac{\beta}{w} = \frac{\text{Nu}_D}{\text{Pe}_D} = \frac{\beta \cdot l / D}{w \cdot l / D} \quad (14)$$

Stanton kriteriysi turbulent oqimlarda massa berish jarayonida konstantrastriya va tezlik maydonlari o'xshashligini xarakterlaydi.

Massa o'tkazish va berish koeffitsientlarini o'rtasidagi bog'liqlik

Ishchi va muvozanat konstantrastriyalari orasida chiziqli bog'liqlik sharoitida, biror G fazadan L fazaga massa o'tkazish jarayonini ko'rib chiqamiz. Fazalarni ajratuvchi chegarada muvozanat xolatiga erishiladi deb qabul qilamiz.

G fazadan fazalarni ajratuvchi chegaraviy yuzaga tarqalgan modda miqdori ushbu tenglamadan topiladi:

$$dM = \beta \cdot y(y - y_u) \cdot dF$$

Fazalarni ajratuvchi chegaraviy yuzadan L faza yadrosiga berilgan modda miqdori esa quyidagi tenglamadan aniqlanadi:

$$dM = \beta_x(x_u - x) \cdot dF$$

Muvozanat konstantrastriya $u_m = m \cdot x$ ekanligi ma'lum bo'lgani uchun, L fazadagi konstantrastriya x ni G fazadagi muvozanat konstantrastriyasi orqali ifodalasa mumkin:

$$dM = \beta_x(x_u - x) \cdot dF = \frac{\beta_x}{m}(y_{M^u} - y_M) \cdot dF$$

bundan:

$$y_{M^u} - y_M = \frac{dM \cdot m}{\beta_x dF}; \quad y - y_u = \frac{dM}{\beta_y dF}$$

Yuqorida keltirilgan oxirgi ikki tenglamalarning chap va o'ng tomonlarining yig'indisi, xamda $u_{ch} = u_{mch}$ ga tengligini xisobga olsak ushbu ko'rinishdagi tenglamani olamiz:

$$y - y_M = \frac{dM}{dF \left(\frac{m}{\beta_x} + \frac{1}{\beta_y} \right)} \quad (15)$$

Massa o'tkazishning asosiy tenglamasidan:

$$y - y_M = \frac{dM}{dF} \cdot \frac{1}{K} \quad (16)$$

(15) va (16) tenglamalarni o'ng tomonlarini tenglashtirib, ushbu ko'rinishga ega bo'lamiz:

$$\frac{1}{K_y} = \frac{m}{\beta_x} + \frac{1}{\beta_y} \quad \text{yoki} \quad K_y = \frac{1}{\frac{m}{\beta_x} + \frac{1}{\beta_y}} \quad (17)$$

Xuddi shu usulda L faza uchun massa o'tkazish koeffitsientini aniqlash formulasini keltirib chiqaramiz:

$$\frac{1}{K_x} = \frac{1}{m\beta_y} + \frac{1}{\beta_x} \quad \text{yoki} \quad K_x = \frac{1}{\frac{1}{m\beta_y} + \frac{1}{\beta_x}} \quad (18)$$

Bu tenglamalarning chap tomonlari massaning bir fazadan ikkinchisiga o'tishi uchun umumiy diffuzion qarshilikni, o'ng tomonlari esa – fazalardagi massa berish jarayonlari diffuzion qarshiliklarning yig'indisini ifodalaydi. Shuning uchun xam, (17) va (18) tenglamalar fazaviy qarshiliklarning **additivlik tenglamalari** deb yuritiladi.

K_u va K_x koeffitsientlar $K_u = K_y/m$ tenglik bilan bog'liq bo'ladi. Massa o'tkazish koeffitsientlarning qiymati massa berish koeffitsientlarining son qiymatlari va muvozanat chizig'ining qiyalik burchagi bilan belgilanadi.

Tekshirish uchun savollar:

1. Massa berish koeffitsienti nimani xarakterlaydi?
2. Qanday kriterial tenglamalarni bilasiz?
3. Massa o'tkazish va berish koeffitsientlari o'rtasidagi bog'liqlik qanday?

22-MA'RUZA

QURITISH. UMUMIY TUSHUNCHALAR. IDEAL VA REAL QURITISH JARAYONLARI.

REJA:

1. Quritish jarayoni va qo'llanilishi.
2. Ramzinning I-x diagrammasi.
3. Jarayonning moddiy balansi.

Umumiy tushunchalar

Qattiq va pastasimon materiallarni suvsizlantirish yo'li bilan ularga zarur xossalar berish, transport vositalarida uzatish va uzok muddat davomida saqlash imkoniyatini beradi.

Suvsizlantirishni 3 xil usulda amalga oshirish mumkin:

1. Mexanik (siqish, cho'ktirish, filtrlash, sentrifugalash va h.);
2. Fizik-kimyoviy (suvni o'ziga tortib oluvchi moddalar yordamida (kalstiy xlorid, sulfat kislota va h.);
3. Issiqlik ta'sirida suvsizlantirish, ya'ni quritish.

Lekin, yuqorida qayd etilgan usullardan eng samaralisi, issiqlik ta'sirida suvsizlantirish, ya'ni quritishdir. Chunki, quritish jarayonida to'liq suvsizlantirishga erishsa bo'ladi.

Qattiq va pastasimon materiallar tarkibidagi namlikni bug'latish va hosil bo'layotgan bug'larni chetga olish chiqishga **quritish jarayoni** deyiladi.

Nam materiallarni issiqlik yordamida quritish - sanoatda eng keng tarqalgan usul. Ushbu usul kimyoviy, oziq-ovqat va bir qator boshqa texnologiyalarda ishlatiladi. Material tarkibidagi namlik dastavval arzon, mexanik (masalan, filtrlash) usulda, yakuniy, to'la suvsizlantirish esa - quritish usulida olib boriladi. Suvsizlantirishning bunday kombinastiyalashgan usuli iqtisodiy jihatdan samaralidir.

Sanoatda nam materiallarni quritish sun'iy (maxsus quritish qurilmalarida) va tabiiy (ochiq havoda quritish - juda davomiy jarayon) usullar qo'llaniladi.

Fizik mohiyatiga ko'ra, quritish jarayoni murakkab diffuzion jarayondir. Uning tezligi, quritilayotgan material ichidan namlikning atrof muhitga tarqalishi, diffuziya tezligi bilan belgilanadi. Ma'lumki, quritish jarayoni bu issiqlik va modda (namlik) ning material ichida harakati va material yuzasidan atrof muhitga uzatilishidir. Shunday qilib, quritish bu issiqlik va massa almashinish jarayonlarining bir-biri bilan uzviy bog'langan majmuasidir.

Qattiq, nam materialga issiqlik ta'sir etish usuliga qarab quritish quyidagi turlarga bo'linadi:

1) **konvektiv** quritish - bunda nam material bilan qurituvchi eltichbevosita o'zaro ta'sirda bo'ladi. Odatda, qurituvchi eltich sifatidaqizdirilgan havo yoki tutun gazlari ishlatiladi;

2) **kontaktli** quritish - issiqlik tashuvchi eltich va nam materialorasida ajratuvchi devor bo'ladi. Materialga issiqlik shu devor orqaliuzatiladi;

3) **radiastion** quritish- nam materialga issiqlik infraqizil nurlarorqali uzatiladi;

4) **dielektrik** quritish - nam material yuqori chastotali tok maydonida uzatiladi;

5) **sublimastion** quritish - nam material muzlagan holatda, yuqori vakuum ostida quritiladi.

Shuni alohida ta'kidlash kerakki, istalgan quritish usulida quritilayotgan nam material ko'pchilik hollarda issiq havo bilan o'zaro ta'sirda bo'ladi. Konvektiv quritish sanoat texnologiyalarida juda ko'p ishlatiladi. Ushbu jarayonni amalga oshirish uchun nam materialga issiq havo ta'sirining ahamiyati katta. Shuning uchun, nam havoning asosiy xossalarini bilish quritish jarayonini o'rganish va hisoblash uchun zarur.

Ramzinning nam havo I-x diagrammasi

Quruq havoning suv bug'i bilan aralashmasi **nam havo** deb nomlanadi. Nam havo absolyut va nisbiy namlik, nam saqlash, entalpiya, quruq va ho'l termometr temperaturalari, parstial bosim kabi parametrlar bilan xarakterlanadi.

Absolyut namlik deb 1 m^3 nam havo hajmidagi suv bug'i (kg) miqdoriga aytiladi.

Agar parstial bosim r_b da suv bug'i butun hajmi, masalan 1 m^3 ni, egallasa, unda, absolyut namlik suv bug'i zichligi ρ_b ga teng.

Nisbiy namlik deb havo absolyut namligining, to'yinish paytidagi absolyut namlik nisbatiga aytiladi:

$$\varphi = \frac{\rho_b}{\rho_m} \quad (1)$$

bu erda ρ_t - to'yingan suv bug'ining zichligi, kg/m³; ρ_b - suv bug'ining zichligi, kg/m³.

Gaz tarkibidagi bug'lar parstial bosimi, uning miqdoriga proporsional bo'lgani uchun, nisbiy namlik bir xil temperatura va bosimda havodagi suv bug'i parstial bosimi r_b ning to'yingan suv bug'lari bosimi r_T ga nisbati sifatida ifodalanishi mumkin:

$$\varphi = \frac{p_{\delta}}{p_T} \quad \text{yoki} \quad p_{\delta} = \varphi \cdot p_T \quad (2)$$

Namsaqlash deb 1 kg absolyut quruq havoga to'g'ri keladigan suv bug'lari (1 kg) miqdoriga aytiladi.

Nam havoning solishtirma nam saqlashi x (kg/kg) yoki (g/kg) bilan belgilanadi. Xavoning nam saqlashi ushbu nisbat orqali aniqlanadi:

$$x = \frac{m_{\delta}}{m_{akx}} = \frac{\rho_{\delta}}{\rho_{akx}} \quad (3)$$

bu erda m_b va m_{akx} - suv bug'i va absolyut quruq havo massalari, kg.

Mendelev - Klapeyron ideal gazlar holatining tenglamasiga binoan nam saqlash va nisbiy namliklar orasidagi bog'liqlikni aniqlaymiz. Suv bug'i va quruq havo zichliklarini ushbu tenglamalardan topish mumkin:

$$\rho_{\delta} = \frac{p_{\delta} \cdot M_{\delta}}{RT} \quad \text{va} \quad \rho_{akx} = \frac{P_{akx} \cdot M_{akx}}{RT} \quad (4)$$

bu erda M_b va M_{aks} - 1 mol suv bug'i va absolyut quruq havolar massalari, kg/kmol; r_{aks} - biror temperaturadagi quruq havoning parstial bosimi, Pa; $R = 8314$ - gazning universal doimiysi, J/(kmol·K).

(4) ni (3) ga qo'yib, ushbu ko'rinishli tenglamani olamiz:

$$x = \frac{M_{\delta}}{M_{akx}} \left(\frac{p_{\delta}}{P_{akx}} \right) \quad (5)$$

Dalton qonuniga binoan $R = r_p + r_{aks}$. Unda:

$$P_{akx} = P - p_{akx} \quad (6)$$

(2) tenglamadan bilamizki, $r_b = \varphi r_t$.

Agar, r_{aks} va r_b qiymatlarini (5) ga qo'ysak:

$$x = \frac{18}{29} \frac{\varphi \cdot p_m}{P - \varphi p_m} = 0,622 \frac{\varphi \cdot p_m}{P - \varphi p_m} \quad (7)$$

bu erda $M_{aks}=29$ kg/mol; $M_b=18$ kg/mol.

Entalpiya termodinamik sistemaning holat funkstiyasi bo'lib, I harfi bilan belgilanadi.

Nam havo entalpiyasi quruq havo bilan shu nam havoda bo'lgan suv bug'ining entalpiyalari yig'indisiga teng:

$$I = c_{akx} \cdot t + xI_{\delta} \quad (8)$$

bu erda s_{aks} - absolyut quruq havoning o'rtacha temperaturasi; $s_{aks} = 1000 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$; I_b - suv bug'ining solishtirma entalpiyasi, J/kg.

quritish jarayonida havo bilan aralashmada bo'lgan suv bug'i o'ta qizdirilgan holatda bo'ladi. Uning solishtirma bug' hosil qilishi $r_0 = 2493 \cdot 10^3 \text{ J/kg}$ bo'lsa, o'ta qizdirilgan suv bug'ining solishtirma issiqlik sig'imi esa, $s_b \approx 1,97 \cdot 10^3 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$.
O'ta qizdirilgan suv bug'ining solishtirma entalpiyasi:

$$I_{\bar{o}} = r_0 + c_o I = 2493 \cdot 10^3 + 1,97 \cdot 10^3 \cdot t \quad (9)$$

Agar, (9) ni (8) ga qo'ysak, ushbu ko'rinishdagi tenglamaga erishamiz:

$$I = (1000 + 1,97 \cdot 10^3 \cdot x) \cdot t + 2493 \cdot 10^3 \cdot x \quad (10)$$

Zichlik. Nam havoning zichligi ρ_{hx} absolyut quruq havo ρ_{aqs} va suv bug'i ρ_b zichliklari yig'indisiga teng. Agar, $\rho_b = x \cdot \rho_{aqs}$ ekanligini inobatga olsak, ushbu tenglamani olamiz:

$$\rho_{hx} = \rho_{akx} + \rho_{\bar{o}} = \rho_{akx} (1 + x) \quad (11)$$

Mendelev - Klapeyronning holat tenglamasiga binoan absolyut quruq havo zichligi quyidagi tenglamadan aniqlanadi:

$$\rho_{akx} = \frac{M_{akx} \cdot \rho_{akx}}{RT} = \frac{29 p_{akx}}{8314 \cdot T} = \frac{P - p}{287T} \quad (12)$$

(7) tenglamadan x va (12) dan ρ_{akx} qiymatlarini olib (11) ga qo'ysak, ushbu ko'rinishli ifodani olamiz:

$$\rho_{hx} = \frac{P - 0,378 \cdot p_{\bar{o}}}{287T} \quad (13)$$

Isitish, sovitish va quritish jarayonlarida havoning asosiy xossalari o'zgarishi tasvirlangan va texnik hisoblashlar uchun etarli aniqlikda L.K. Ramzinning entalpiya diagrammasi yordamida aniqlanishi mumkin.

$I - x$ diagramma o'zgarimas bosim $r = 745 \text{ mm.sim.ust.}$ ($\sim 99 \text{ kPa}$) uchun qurilgan (1-rasm). Diagramma entalpiya I (ordinata o'qi) - nam saqlash x (absstissa 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 gorizontal o'qqa proekstiyalangan.

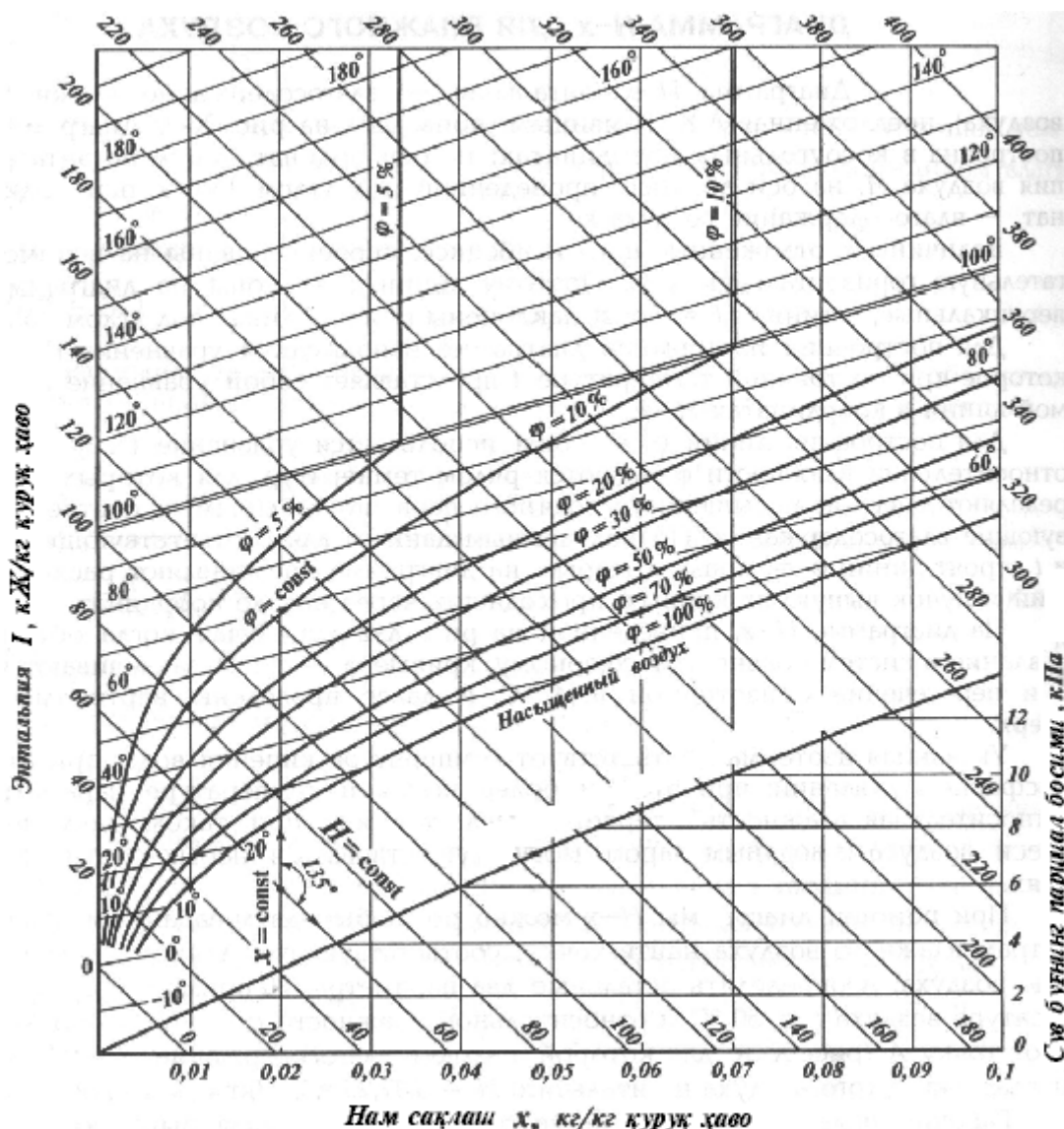
Diagrammaga quyidagi chiziqlar o'tkazilgan: ordinata o'qiga parallel ($x = const$), o'zgarimas nam saqlash vertikal chiziqlar; qo'shimcha absstissa o'qiga 135° burchakda o'tkazilgan o'zgarimas entalpiya ($I = const$) qiya chiziqlari; o'zgarimas temperatura (izoterma) chiziqlari; o'zgarimas nisbiy namlik ($\varphi = const$) chiziqlari; nam havodagi suv bug'ining parstial bosim p_b chiziqlari.

O'zgarimas temperatura chiziqlari (5.200) tenglama yordamida quriladi. Buning uchun x_1 va x_2 parametrlarning istalgan qiymatlari qabul qilinib, ularga tegishli I_1 va I_2 qiymatlari hisoblanadi.

Undan keyin, diagrammada koordinatlari I_1 , x , va I_2 , x_2 bo'lgan nuqtalar aniqlanadi. Topilgan nuqtalar to'g'ri chiziq bilan birlashtiriladi va u izoterma deb nomlanadi.

O'zgarimas nisbiy namlik chiziqlari (7) tenglama yordamida quriladi. $\varphi = const$ chiziqlari koordinatalari $t = -273^\circ\text{C}$ va $x = 0$ bo'lgan nuqtadan tarqaluvchi egri chiziqlar dastasini hosil qiladi.

$\varphi = \text{const}$ chiziqlari bir-biriga yonishib ketmasligi uchun diagramma ma'lum burchakli sistema koordinatalarida qurilgan.



1-расм. Рамзиннинг I-x диаграммаси

I - x diagramadan ko'rinib turibdiki, 99,4°S temperaturada $\varphi = \text{const}$ chiziqlari sinadi va yuqoriga vertikal ko'tarilib ketadi, ya'ni diagramma ikki qismga bo'linadi. Ushbu temperaturada to'yingan suv bug'ining bosimi 745 mm.sim.ust. teng bo'ladi. (5.197) tenglamadan ko'rinib turibdiki, temperatura $t \geq 99,4^\circ\text{S}$ etganda nisbiy namlik φ temperaturaga bog'liq bo'lmay va o'zgarmas kattalik bo'lib qoladi.

Xavoning suv bug'i bilan to'yinish, chizig'i, ya'ni $\varphi = 100\%$, diagrammani to'yinmagan nam havo va chiziq ostida joylashgan, suv bug'i bilan o'ta to'yingan havo zonalariga ajratadi. Suv bug'ining parstial bosim chiziqlari (2) tenglamani inobatga olgan holda (7) tenglamadan aniqlanadi:

$$p_6 = \frac{P_x}{0,622 + x} \quad (14)$$

Suv bug'ining **parstial bosimi** I - x diagrammaning pastki qismida joylashgan. Diagramma yordamida nam havoning istalgan ikki parametri ma'lum bo'lsa, qolgan parametrlarini topish mumkin.

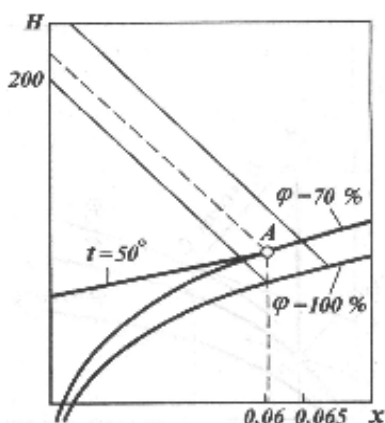
I-x diagramma yordamida, nam havoning istalgan ikki parametri orqali qolgan parametrlarini topish mumkin. Masalan: havo temperaturasi $t = 55^\circ\text{S}$ va nisbiy namligi $\varphi = 70\%$

bo'lgan parametrlar uchun nuqta A ni aniqlaymiz (5.93a-rasm). Bu nuqta uchun nam saqlash parametri $x=0,0608$ kg namlik/kg quruq havo va entalpiyasi $I=207,25$ kJ/kg quruq havo.

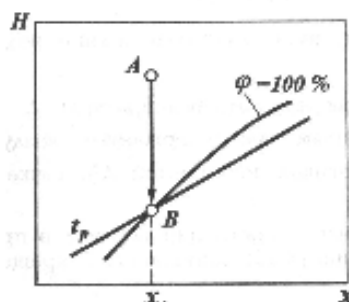
Shudring nuqtasi. havoning o'zgarmas nam saqlash parametrda sovishi, uning suv bug'lari bilan butunlay to'yinishi natijasida, havo eki gaz tarkibidagi suv bug'larining kondensastiyalanishi ro'y beradi. Ushbu temperatura shudring nuqtasi deb nomlanadi.

2b-rasmda A nuqtaga mos boshlang'ich parametrli havo uchun shudring nuqta V ni grafik usulda aniqlash tasvirlangan. Shudring nuqtasi $\varphi=100\%$ va nam saqlash x_l larning kesilish nuqtasi V orqali o'tgan izoterma t_r sifatida aniqlanadi.

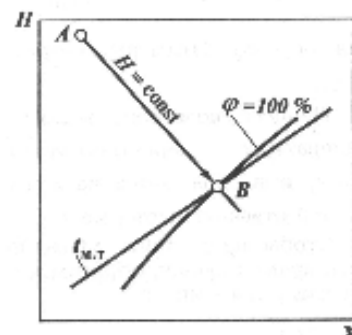
Xo'l termometr temperaturasi. havoning nam material bilan izotermik o'zaro ta'siri natijasida havo soviydi. Bunda, havo materialga o'z issiqligini beradi va nam materialdan havoga o'tayotgan suv bug'larining entalpiyasi hisobiga o'z entalpiyasini orttiradi. Bunday sharoitda temperatura pasayadi, entalpiya esa o'zgarmas bo'ladi. Ushbu izoentalpiya jarayoni havoning suv bug'lari bilan to'liq to'yingunga qadar boradi, ya'ni $\varphi=100\%$ ga erishadigan temperaturagacha. I-x diagrammada A nuqtadan $\varphi=100\%$ chizig'ida V nuqta bilan kesishguncha $I=const$ chizig'i o'tkaziladi (2v-rasm). Nuqta V orqali o'tadigan, izoentalpiya sharoitida havoning sovish chegarasiga to'g'ri keladigan izoterma t_{MT} – xul termometrning temperaturasi



2a-расм. I-x diagramma yordamida malum ikki parametr orqali nam havoning kolgan parametrlarini aniqlash.



2b-расм. I-x diagrammada shudring nuqtasini aniqlash.



2v-расм. I-x diagrammada ho'l termometr temperaturasi

deb nomlanadi.

Quritish potentsiali. havo temperaturasi t_v va ho'l termometr temperaturasi t_{MT} larning farqi quritish potentsiali ε deb ataladi. Ushbu ko'rsatkich havoning materialdan namlikni yutish qobiliyatini xarakterlaydi. quritish potentsiali qanchalik katta bo'lsa, materialdan namlikning bug'lanish tezligi shunchalik yuqori bo'ladi. Agar, $t_v = t_{MT}$ bo'lsa, quritish potentsiali $\varepsilon = 0$.

Quritkichning moddiy va issiqlik balanslari

Konvektiv quritish qurilmasi quritkich, transport moslamasi, ventilyator va kaloriferdan tarkib topgan deb faraz qilaylik (3-rasm).

Quritishga uzatilayotgan nam materialning massaviy sarfini G_b (kg/soat), quritilgan material massaviy sarfini G_{ox} (kg/soat), materialning boshlang'ich va oxirgi namliklarini W_1 va W_2 (%), bug'langan namlik miqdorini W (kg/soat) deb belgilab olamiz.

Unda, jarayonning moddiy balansini ushbu tenglama ko'rinishida ifodalash mumkin:

$$G_o = G_{ox} + W \quad \text{yoki} \quad W = G_o - G_{ox} \quad (15)$$

quruq moddalar bo'yicha moddiy balansni quyidagi yozish mumkin:

$$G_{\delta} = (100 - W_1) = G_{ox} (100 - W_2) \quad (16)$$

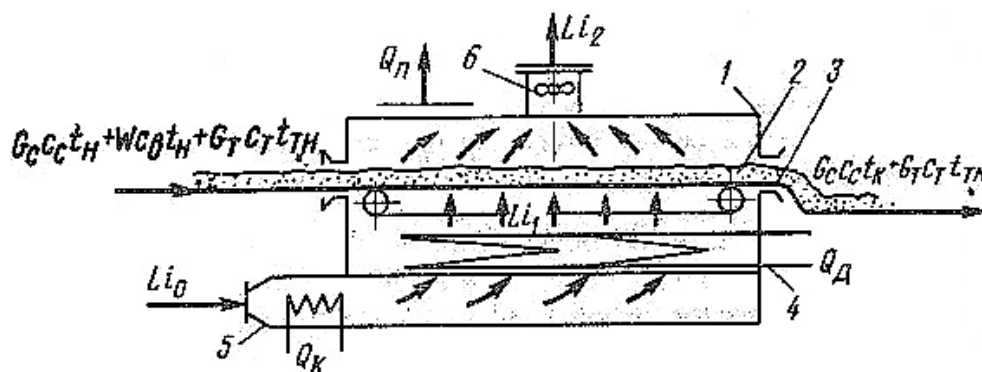
yoki

$$G_{ox} = G_{\delta} \frac{100 - W_1}{100 - W_2} \quad (17)$$

Bug'latilgan namlik miqdori esa, ushbu tenglamadan hisoblab aniqlanadi:

$$W = G_{\delta} \frac{W_1 - W_2}{100 - W_2} \quad (18)$$

quritkichga uzatilayotgan gaz yoki absolyut quruq havo miqdorini L (kg/soat), boshlangich nam saqlashini x_1 va oxirgisini x_2 deb belgilab olamiz.



3-расм. Конвектив қуриткич схемаси.

1 - қуриткич; 2 - нам материал; 3 – лентали

Unda, namlik bo'yicha moddiy balans:

$$W + Lx_1 = Lx_2 \quad (19)$$

bundan quruq havo sarfi:

$$L = \frac{W}{x_2 - x_1} \quad (20)$$

havoning solishtirma sarfi (1 kg namlikni bug'latish uchun ketayotgan sarf) esa,

$$l = \frac{L}{W} = \frac{1}{x_2 - x_1} \quad (21)$$

Tekshirish uchun savollar:

1. Quritish deb nimaga aytiladi?
2. Quritish turlarini sanab o'ting?
3. Nam xavoning asosiy parametrlari.

**IDEAL VA REAL QURITISH JARAYONLARINI I-X DIAGRAMMADA TASVIRLASH.
ISSIQLIK VA XAVO SARFLARI.**

REJA:

1. Konvektiv quritishning issiqlik balansi.
2. I-x diagrammada nazariy va haqiqiy quritgichlar.
3. I-x diagrammada quritish uchun havo va issiqlikning sarfini aniqlash.

Konvektiv quritishning issiqlik balansi. Quritish vaqtida issiqlik va massa almashinish jarayonlari birgalikda o'tadi. Moddiy va issiqlik oqimlar orasida ma'lum bog'liqlik mavjud. Kontaktli quritish jarayonida issiqlik materialni qandaydir boshlang'ich quritish temperaturasi gacha isitish va quritish uchun sarflanadi.

Quritishga kirayotgan material miqdori G_c+W (kg/soat) bo'lib, u massasi G bo'lgan konveyerda joylashgan. quritkichga L (kg/soat) miqdorda absolyut quruq havo uzatilmoqda. Kaloriferda isitilayotgan havoga Q_k (kJ/soat) miqdorda issiqlik uzatilsa, qurilmada esa unga qo'shimcha Q_d (kJ/soat) issiqlik beriladi.

Quritish jarayonida qatnashayotgan material, issiqlik eltkich va moslamalar parametrlarini quyidagicha belgilab olamiz:

- G_c - quritilayotgan material massasi, kg/soat;
- s_s - quritilgan material solishtirma issiqlik sig'imi, kJ(k·K);
- s_T - transport moslamasining solishtirma issiqlik sig'imi, kJ/(kg·K);
- t_n - materialning quritishgacha bo'lgan temperaturasi, °S;
- s_v - suvning solishtirma issiqlik sig'imi, kJ/(kg·K);
- t_k - materialning quritilgandan keyincha temperaturasi. °S;
- t_m, t_k - transport moslamasining quritkichga kirishdan avvalgi va undan chiqqandan keyingi temperaturalari, °S;
- I_0 - quritkichga kirayotgan havoning solishtirma entalpiyasi, kJ/kg;
- I_1 - kaloriferda isitilayotgan havoning solishtirma entalpiyasi, kJ/kg;
- I_2 - quritkichdan chikayotgan havoning solishtirma entalpiyasi, kJ/kg;
- Q_p - atrof muhitga issiqlikning yo'qotilishi, kJ/kg.

Jarayonning issiqlik balans tenglamasini quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$LI_0 + Q_k + Q_n + G_c c_c t_n + W c_6 t_n + G_T c_T t_{mk} = LI_2 + G_c c_c t_k + G_T c_T t_{mk} + Q_n \quad (1)$$

Ushbu tenglamadan quritish uchun kerakli issiqlik sarfini aniqlash mumkin:

$$Q = Q_k + Q_d = L \cdot (I_2 - I_0) + G_c c_c (t_k - t_n) + G_T c_T (t_{mk} - t_{mn}) - W c_6 t_n + Q_n \quad (2)$$

Agar, hamma issiqlik sarflarini bug'latilayotgan 1 kg namlikka nisbatan olib, tegishli belgilashlarni amalga oshirsak, (2) tenglama ushbu ko'rinishni oladi:

$$q = q_k + q_d = l \cdot (I_2 - I_0) + q_m + q_T + q_n - c_6 t_n \quad (3)$$

Ushbu tenglamadan kaloriferdagi solishtirma issiqlik sarfini topamiz:

$$q_k = l \cdot (I_2 - I_0) + q_m + q_T + q_n - q_d - c_6 t_n \quad \text{yoki} \quad q_k = l \cdot (I_2 - I_0) \quad (4)$$

Olingan q_k qiymatini (4) tenglamaga qo'yib, quyidagi ko'rinishga erishamiz:

$$l \cdot (I_1 - I_0) + q_d = l \cdot (I_2 - I_0) + q_m + q_T + q_n - c_6 t_n$$

yoki

$$l \cdot (I_1 - I_0) = q_d + c_6 t_n - q_m - q_T - q_n \quad (5)$$

Agar, $q_D = 0$ bo'lsa

$$l \cdot (I_2 - I_0) = c_{\delta} t_n - q_m - q_T - q_n$$

(5) tenglamaning o'ng tomonini

$$(q_D + c_{\delta} t_n) - (q_m + q_T + q_n) = \Delta \quad (5a)$$

deb belgilasak, ushbu ko'rinishga erishamiz:

$$l(I_2 - I_1) = \Delta$$

yoki

$$I_2 = I_1 + \frac{\Delta}{l} \quad (6)$$

unda

$$\frac{I_2 - I_1}{x_2 - x_1} = \Delta \quad (7)$$

oraliq, biror ondagi qiymatlar uchun esa:

$$\frac{I - I_1}{x - x_1} = \Delta \quad (8)$$

(8) to'g'ri chiziq tenglamasi bo'lib, quritish jarayonining ishchi tenglamasi deb nomlanadi.

Shunday qilib, entalpiya va nam saqlashlar orasidagi bog'liqlik to'g'ri chiziq funktsiyasi bilan xarakterlanadi.

Quritish jarayonlarini tahlil qilish uchun **nazariy quritkich** tushunchasini kiritamiz. quritishga uzatilayotgan material temperaturasi nolga teng, hamda material va transport vositalar isitilishi bo'lmagan qurilma, nazariy quritkich deb ataladi. Unda, (5.234a) tenglamaga binoan, $\Delta = 0$ bo'ladi. Bunda $l \neq 0$ va (5.235) tenglamadan nazariy quritish uchun $I_1 = I_2$ ekanligini aniqlaymiz. Shunday qilib, $I - x$ diagrammada jarayon $I = \text{const}$ chizig'i bilan tasvirlanadi. Nazariy quritkichda material namligining bug'lanishi faqat havoning sovishi hisobiga bo'ladi. Shuni alohida ta'kidlash kerakki, havo berayotgan issiqlik miqdori materialdan bug'langan namlik bilan birga qaytariladi.

Xaqiqiy quritkichlarda havoning entalpiyasi ko'pchilik hollarda o'zgaruvchan bo'ladi.

Agar issiqlikning kirishi uning sarfidan katta ($q_D + c_{\delta} t_n > q_m + q_T + q_n$) bo'lsa, ya'ni $\Delta > 0$, unda (5.235)ga binoan $I_2 > I_1$ bo'ladi. Bunday hollarda quritkich iqtisodiy jihatdan tejamkor rejimda ishlaydi, chunki hamma issiqlik foydali sarflanmaydi.

Agar, $\Delta < 0$ dan bo'lsa, unda $I_2 < I_1$ bo'ladi. Bunday hollarda quritkich tejamkor va samarali ishlaydi.

Xaqiqiy quritkichlarda $\Delta = 0$ bo'lgan tenglik hollari ham bo'lishi mumkin. Bunday holatda quritkichga kirayotgan issiqlik uning sarfiga tengdir, ya'ni, $q_D + c_{\delta} t_n = q_m + q_T + q_n$

Kontaktli quritkichda namlikni bug'latishi uchun zarur issiqlik fazalarni ajratib turuvchi devor orqali uzatiladi. Ushbu quritish jarayonida issiqlik eltkich sifatida to'yingan suv bug'i ishlatiladi.

Uzatilayotgan issiqlik materialni quritish temperaturasigacha isitish va undan namlikni yo'qotish uchun sarflanadi, ya'ni $Q_{um} = Q_n + Q_s$.

Materialni isitish uchun issiqlik sarfi

$$Q_n = D_n (I'' - I') = G_c c_c (t_{cb} + t_K) + W c_{\delta} (t_{ch} - t_n) + Q_n \quad (9)$$

quritish uchun zarur issiqlik sarfi

$$Q_c = D_c(I'' - I') = G_c c_c (t_{ck} + t_{ch}) + W(I_6 - c_6 t_{ch}) + Q_n \quad (10)$$

Bug'ning umumiy sarfi

$$D_{\text{ym}} = \frac{Q_{\text{ym}}}{I'' - I'} \quad (11)$$

Konvektiv quritish jarayonini $I - x$ diagrammada tasvirlash uchun havoning 2 ta boshlang'ich parametri t_1 va x_1 berilgan bo'lishi kerak. Jarayon tamom bo'lgandan so'ng, havoning oxirgi 3 ta parametrlaridan, ya'ni nisbiy namlik, temperatura yoki nam saqlashdan, bittasi qabul qilinadi.

Keyin, havoning boshlang'ich parametrlarini ifodalovchi va berilgan ($\varphi = \text{const}$, $t_2 = \text{const}$ yoki $x = \text{const}$) nuqtalar bo'yicha $I - x$ diagrammada quritish jarayonining ishchi chizig'i o'tkaziladi. Topilgan nuqta bo'yicha issiqlik eltkich - havoning hamma oxirgi parametrlari, hamda uning sarfi va issiqlik miqdori aniqlanadi.

I-x diagrammada quritish uchun havo va issiqlikning sarfini aniqlash

Quritish jarayoni $I-x$ diagrammada quyidagicha tasvirlanadi (1-rasm). Kaloriferga kirayotgan havoning temperaturasi t_0 va uning nisbiy namligi φ_0 bo'lgan parametrli havo diagrammada A nuqta bilan ifodalanadi. Ushbu parametrli havoning nam saqlashi x_0 .

Kaloriferda havoning t_0 dan t_1 temperaturagacha isishi o'zgarmas nam saqlash $x_0 = x_1$ da o'tadi va jarayon diagrammada vertikal kesma AV bilan ifodalanadi. Nuqta V ga izoterma t_1 to'g'ri keladi.

Quritish jarayonida havo holatining o'zgarishini quyidagi tenglama yordamida aniqlaymiz:

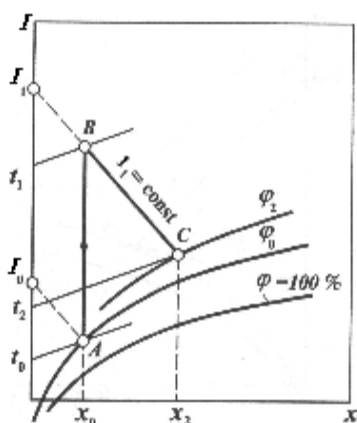
$$l \cdot (I_1 - I_2) = \Delta \quad (12)$$

bu erda Δ -issiqlikning solishtirma sarfi.

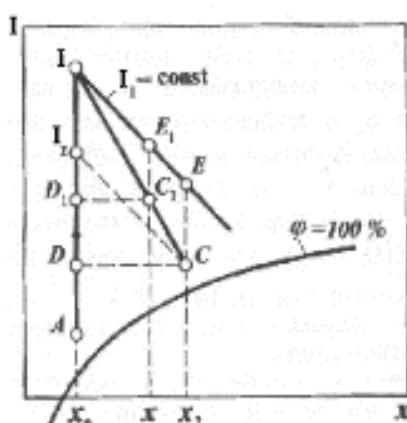
Agar quritkichga qo'shimcha issiqlik uzatilmasa $Q_{qo'sh} = 0$, unda

$$q_M + q_T + q_{yo'q} > q_W$$

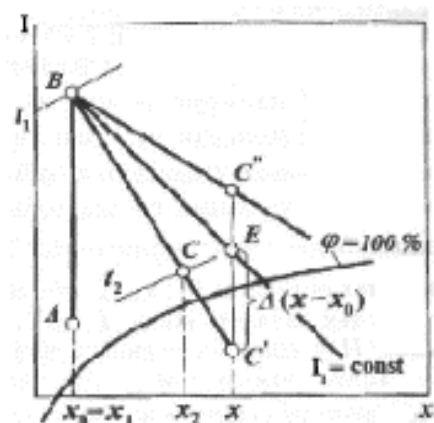
ya'ni $\Delta > 0$. quritkichdan chiqib ketayotgan issiq havoning entalpiyasi unga kirayotgandan kichik ($I_2 < I_1$).



1-рasm. I-x diagrammada nazariy quritish jarayonining grafik



2-рasm. Quritish jarayonining ishchi chizig'ini I-x diagrammada tasvirlash.



3-рasm. I-x diagrammada quritish chizig'ini tasvirlash.

Agar quritkichga qo'shimcha issiqlik $Q_{qo'sh}$ uzatilsa, unda

$$q_M + q_T + q_{yo'q} < q_{qo'sh} + q_W$$

ya'ni $\Delta < 0$. quritkichdan chiqib ketayotgan havoning entalpiyasi ortib boradi ($I_2 > I_1$).
Lekin, shunday quritish sharoitlarini tashkil etish mumkinki, unda

$$q_M + q_T + q_{yo'q} = q_{qo'sh} + q_W$$

ya'ni $\Delta = 0$ va $I_1 = I_2 = \text{const}$.

Quritkichda havo entalpiyasi o'zgarmasdan kechadigan jarayon nazariy quritish deb nomlanadi. I-x diagrammada nazariy quritish jaryoni V nuqtadan $I = \text{const}$ bo'ylab havoning yuqori nam saqlash qiymatlari o'ngga tomon yo'nalgan chizig'i bilan ifodalanadi. Ushbu chiziq S nuqtadagi izoterma t_2 yoki nisbiy namlik ϕ_2 to'xtaydi (2-rasm). Nuqta S ning absstissasi ishlatib bo'lingan issiq havo nam saqlashi x_2 ni ko'rsatadi.

Agar, x_2 va x_0 ma'lum bo'lsa, havoning solishtirma sarfi I , uning sarfi $L = I \cdot W$ va kaloriferda o'zatilayotgan issiqlik miqdori $Q = L(I_1 - I_0)$ aniqlanishi mumkin. hisoblashlarda ishlatiladigan hamma kattaliklar (x_0, x_2, I_0, I_1) I-x diagrammadan topiladi.

Agar, $\Delta \neq 0$ bo'lgan hollarda S nuqta $I = \text{const}$ chizig'idan yuqorida yoki pastda bo'ladi.

Avval $\Delta > 0$ bo'lgan sharoit uchun I-x diagrammada quritish chizig'ining shaklini ko'ramiz. Boshlang'ich ma'lumotlar bo'yicha nazariy quritishning chizig'i VS ni topamiz. Kuritgichga ko'shimcha issiqlik uzatilganda ($\Delta > 0$), haqiqiy kuritgichning chizig'i V nuqtadan boshlanib, $I_1 = \text{const}$ chizig'ining yuqorisidan o'tadi (5.103-rasm). haqiqiy kuritkich chizig'ini topish uchun VS kesmada ixtiyoriy S_1 nuqtani tanlaymiz va vertikal, gorizontaal chiziqlar o'tkazib D, D_1 va E, E_1 nuqtalarni topamiz. VS_1E_1 va VSE , hamda VD_1S_1 va VDS uchburchaklarning o'xshashligidan quyidagi ifoda kelib chiqadi:

$$\frac{CE}{CD} = \frac{C_1E_1}{C_1D_1}$$

Nuqta E da havo entalpiyasi I_1 bo'lib, C da esa - I_2 bo'lgani uchun, ularga tegishli kesmalar $SE = I_1 - I_2$ va $DC = x_2 - x_1$ ga teng bo'ladi.

Demak,

$$\frac{CE}{CD} = \frac{I_1 - I_2}{x_2 - x_1}$$

Ammo, $\Delta = (I_1 - I_2) / (x_2 - x_1)$ ekanligini inobatga olsak, ya'ni

$$\frac{CE}{CD} = \Delta = \frac{I_1 - I_2}{x_2 - x_1}$$

Agar, S_1 nuqtaning koordinatlarining x va I deb belgilab olsak, unda tegishli kesmalar quyidagi ko'rinishni oladi:

$$S_1E_1 = I_1 - I \quad \text{va} \quad C_1D_1 = x - x_0$$

Yuqoridakeltirilganlarni hisobga olsak, ushbu nisbatni olamiz:

$$\frac{CE}{CD} = \frac{C_1E_1}{C_1D_1} = \Delta = \frac{I_1 - I_2}{x_2 - x_0} = \frac{I_1 - I}{x - x_0}$$

yoki

$$I_1 - I = \Delta(x_2 - x_0)$$

Demak, VS quritish chizig'i Δ kattalikni havoning boshlang'ich parametrlari I_1 va x_0 , hamda koordinatlar I va x lar bilan bog'laydi.

Shunday qilib, yuqorida keltirilganlarga asoslanib istalgan holat uchun quritish chizig'ining yo'nalishini topish mumkin.

Agar, $\Delta < 0$ bo'lsa, ya'ni quritgichda issiqlikning yo'qotilishi mavjud bo'lsa, haqiqiy quritgichning chizig'ini tuzish avvalgi misoldan (ya'ni $\Delta > 0$ bo'lgandagidan) farq qilmaydi (3-rasm). quritish chizig'i VS'' kesma bilan ifodalanadi.

Tekshirish uchun savollar:

1. Nazariy quritish deb nimaga aytiladi?
2. I-x diagrammada quritish uchun havo va issiqlikning sarfini aniqlash qanday bo'ladi?
3. I-x diagrammada nazariy va haqiqiy quritgich qanday tasvirlanadi?

23-MA'RUZA
QURITISH JARAYONI KINETIKASI.

REJA:

1. Quritish jarayoning kinetikasi.
2. Quritish tezligi va egri chizig'i.
3. Quritgich konstrukstiyalari.

Quritish jarayoni kinetikasi

Yuqorida qayd etilgandek, quritish jarayoni murakkab issiqlik va massa almashinish jarayondir. Materialdagi namlik uning ichidan fazalarni ajratib turuvchi yuzaga massa o'tkazuvchanlik, ajratib turuvchi yuzadan gaz oqimi yadrosiga esa - konvektiv diffuziya hisobiga o'tkaziladi.

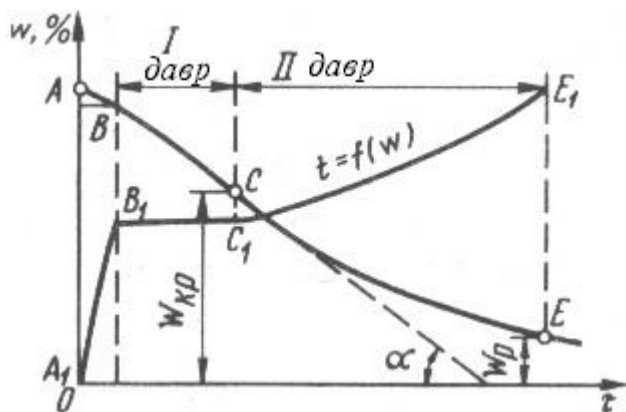
Material tarkibidagi namlikning diffuziyasi nafaqat nam saqlash gradienti, balki temperatura gradienti ham ta'siri ostida ro'y beradi.

Materialdagi diffuziyani analitik usulda ifodalash juda qiyin masala. Ma'lumki, quritish jarayoni tezligi material bilan namlikning bog'lanish shakli va unda namlikning diffuziya mexanizmiga bog'liq. quritish jarayoni kinetikasi materialning nam saqlashi yoki o'rtacha namligining ma'lum vaqtdan keyin o'zgarishi bilan xarakterlanadi.

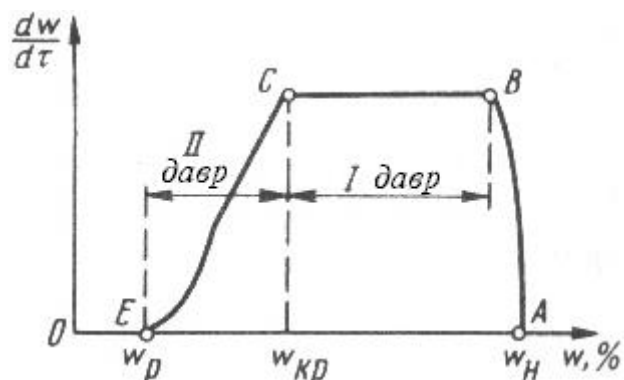
Odatda, quritish tezligini tajribaviy usulda topish uchun quritish egri chizig'i quriladi, so'ng u differentsiallanib quritish tezligining egri chizig'i hosil qilinadi.

1-rasmda material namligi W va qurish vaqti τ orasidagi bog'liqlik tasvirlangan.

Undan tashqari, rasmda material temperaturasining namlikka bog'liqligi ham keltirilgan.



1-pacm. Quritish chizig'i.



2-pacm. Quritish tezligining egri chizig'i.

Tipik quritish egri chizig'i quritish jarayonining turli davrlarini ifodalovchi bir necha

qismdan iborat.

Jarayon boshlanishida nam material qiziydi va undan namlik bug'lanib chiqa boshlaydi. Materialning quritish temperaturasi gacha qizishi AV kesma bilan ifodalanadi. Undan so'ng, o'zgarmas quritish tezligi davri (VS kesma), ya'ni I davr, boshlanadi. Bu davr qiyalik burchagi α ning o'zgarmas tangensli to'g'ri chizig'i (VS kesma) bilan ifodalanadi va S nuqtada yakunlanadi. Ushbu davrda materialning temperaturasi termometrning ho'l temperaturasi (temperatura egri chizig'idagi V_1S_1 kesma) qiymatiga teng bo'ladi. O'zgarmas quritish tezligi davrida uzatilayotgan issiqlik, materialdagi erkin namlikni bug'lanishiga sarflanadi. Ushbu, o'zgarmas quritish tezlikli davr to'g'ri chiziq bilan ifodalanadi va u birinchi kritik tezlik W_{kr} ga etganda tamom bo'ladi.

W_{kr} dan boshlab esa kamayuvchi tezlik davri boshlanadi, ya'ni material namligi asta - sekin kamayadi va u SE kesma bilan ifodalanadi. Bu davrda materialdagi temperaturasi S_1E_1 egri chiziq bo'ylab ko'tariladi. quritish jarayoni oxirida material namligi asimptotik ravishda muvozanat namligi W_M ga yaqinlashib boradi. Material W_M namlikka erishishi bilan undan namlik chiqishi to'xtaydi. Ushbu daqiqada material temperaturasi uni o'rab turgan issiqlik eltich temperaturasi (E_1 nuqta) teng bo'ladi. Lekin, muvozanat namligiga erishish uchun ancha vaqt zarurdir.

Quritish tezligi vaqt birligida namlik o'zgarishini ifodalaydi, ya'ni $dW/d\tau$ (% soat) yoki $dx/d\tau$ (c^{-1}).

Quritish tezligi bo'yicha ma'lumotlar asosida quritish tezligining egri chiziqlari quriladi (2-rasm).

VS gorizontal kesma quritish jarayonining birinchi, SE esa - ikkinchi davrdagi tezligini ko'rsatadi.

Jarayonning birinchi davrida erkin bog'langan namlik yo'qotiladi va uning tezligi tashqi diffuziya zonasidagi massa almashinish qarshiligi, ya'ni konvektiv massa berish koeffitsienti bilan aniqlanadi. Birinchi kritik tezlikka oid S nuqtada material tashqi yuzasidagi namlik gigroskopik namlikka teng bo'lib qoladi. W_{kr} dan boshlab materialdan bog'langan namlik haydalib boshlanadi va jarayon tezligi ancha susayadi. Shuni alohida ta'kidlash kerakki, quritish tezligi egri chiziqlarining ko'rinishi 2-rasmda keltirilgandan ancha farq qilishi mumkin. Namlikning material bilan bog'lanish shakllariga qarab, ikkinchi davrning o'zi bir necha davrdan iborat bo'lishi mumkin (3-rasm).

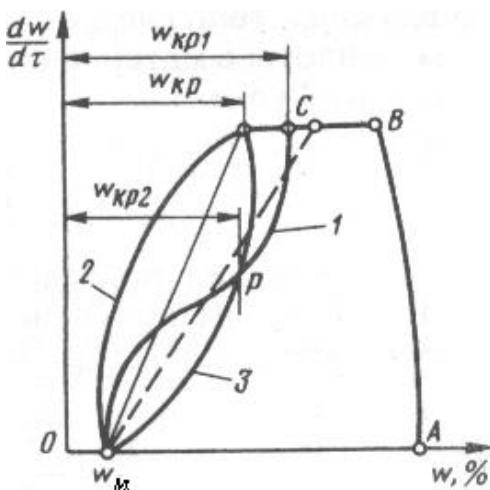
Rasmdagi egri chiziq 1 tipik kapillyar - g'ovakli jismlar uchun xosdir. Chiziqning tepa qismi kapillyar, pastki qismi esa - W_{kr} ga teng adsorbstion namlikni yo'qotish tezligini ifodalaydi.

Egri chiziq 2 gazlama va yupqa listli materiallar, 3 esa - keramik materiallarni quritish jarayonini xarakterlaydi.

Quritish tezligi jarayonning muhim texnologik parametri bo'lmish - quritish intensivligini aniqlash imkonini beradi.

Quritkichlar konstruktiviyalari

Kimyo, oziq - ovqat va boshqa sanoatlarda qo'llaniladigan quritkichlar konstruktiviyalari turli - tumandir. Ular bir - biridan har xil belgilariga qarab farqlanadi. qattiq, nam materialga issiqlik uzatish turiga qarab konvektiv, kontaktli va maxsus quritkichlarga bo'linadi. Issiqlik eltich sifatida havo, gaz va bug' qo'llanilishi mumkin. quritish kamerasidagi bosim kattaligiga qarab, vakuum va atmosfera bosimida ishlaydigan quritkichlarga bo'linadi. Jarayonni tashkil etish usuliga qarab, davriy va uzluksiz ishlaydigan quritkichlar bo'lishi mumkin. Undan tashqari, material



3-расм. Капилляр

говакуматериалларнинг қуритиш
тезлиги эгри чизикларининг тасвири.

va issiqlik eltich harakatiga qarab parallel, qarama-qarshi va o'zaro kesishgan yo'nalishli quritkichlar tayyorlanadi. Yuqorida qayd etilganlardan ko'rinish turibdiki, quritkichlarni umumlashtiruvchi klassifikatsiya qilish juda qiyin.

Shuning uchun, quyida issiqlikni uzatish va quritilayotgan material qatlamining holatiga qarab guruhlariga ajratilgan quritkichlar konstruktiviyalarini ko'rib chiqamiz.

Xalq xo'jaligining turli sohalarida kamerali, tunnelli, lentali, shaxtali, sirtmoqli, mavhum qaynash qatlamli, barabanli, tebranma, jo'vali, purkovchi, pnevmatik, ikki pog'onali va boshqa quritkichlar

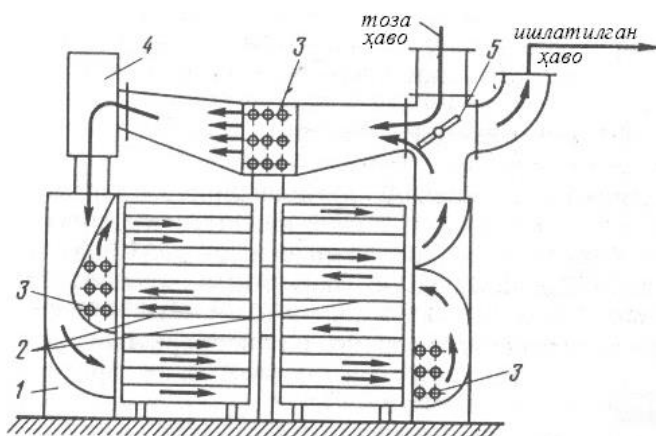
qo'llaniladi.

Камерали қуриткичлар конвектив қурilmalar ichida eng sodda tuzilgan va qobiq 1 ichida vagonetka 2 lar joylashgan bo'ladi.

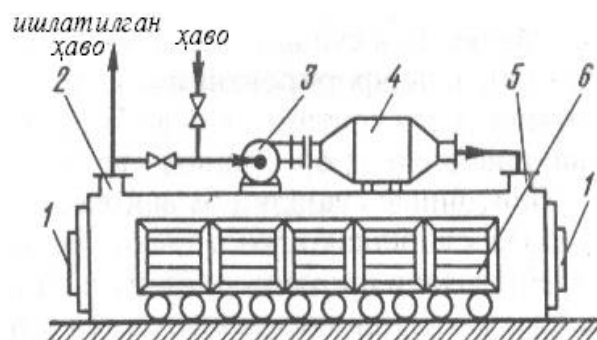
Vagonetkalar tokchalarida nam material joylashtiriladi. havo kaloriferda qizdirilib, ventilyator yordamida haydaladi va material ustidan yoki ichidan o'tib namlikni bug'latadi. Ishlatib bo'lingan havoning bir qismi yangi havo bilan aralashtiriladi. Bu turdagi quritkichlar, odatda atmosfera bosimida ishlaydi. Ular kichik korxonalarda mayin rejim va past temperaturada nam materiallarni quritish uchun mo'ljallangan. Afzalliklari: tuzilishi sodda va ta'mirlash oson. Kamchiliklari: kamerali quritkichlarning ish unumdorligi kichik va mahsulot qurishi bir tekisda emas.

Tunnelli quritkichlar. Jarayonni tashkil etish bo'yicha bu qurilmalar uzluksiz ishlaydigan quritkichlar qatoriga kiradi. Bu quritkichlar to'g'ri to'rtburchak ko'ndalang kesimli uzun kameradan iboratdir (5-rasm). Nam material yuklangan aravachalar temir relslar ustida harakatlanadi. qurilmaning kirish va chiqish eshiklari zich yopiladi. Aravachalarning quritish kamerasida bo'lish vaqti quritish jarayoni davomiyligiga teng. Material yuklangan aravachalarning kameradan bir marta o'tishida nam material quritiladi. Issiqlik eltkich kaloriferda qizdirilib, ventilyator yordamida qurilmaga uzatiladi.

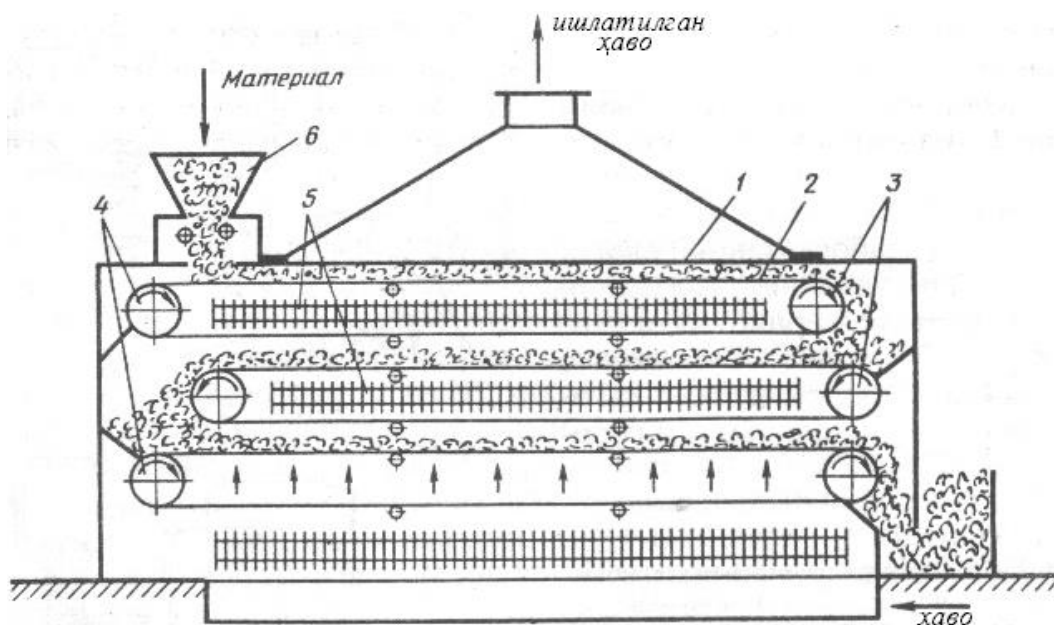
Bu turdagi quritkichlarda issiqlik eltkich qisman resirkulyatsiya qilinadi. Nam material va issiqlik eltkich parallel yoki qarama – qarshi yo'nalishli bo'lishi mumkin. Ko'pincha kalorifer va ventilyator quritkichning yoniga yoki tomiga o'rnatiladi. Ishlatib bo'lingan havo quvur orqali atmosferaga chiqarib yuboriladi. Bu turdagi qurilmalarda, materialni aralashtirib bo'lmaydi va qurish bir tekisda emas; tunnelli quritkichlar o'lchami katta, donasimon materiallarni, sabzavot, meva, makaron va boshqa mahsulotlarni quritish uchun mo'ljallangan. quritkich kamchiliklari: quritish tezligi kichik, jarayon uzoq muddatda davom etadi va bir tekisda emas.



4-расм. Камерали қуриткич. 1 - қобик; 2 - вагонетка; 3 - калорифер; 4 - вентилятор; 5 - шибер.



5-расм. Туннелли қуриткич. 1-эшикчалар; 2-газоход; 3- вентилятор; 4-калорифер; 5- қобик; 6-материалли аравача.



6-расм. Лентали қуриткич. 1 - қобик; 2 - лентали конвейер; 3 - етакловчи барабанлар; 4 - етакланувчи барабанлар; 5 - калорифер; 6 - юкловчи мосламали бункер.

Lentali quritkichlar uzluksiz ishlaydigan quritkichlar qatoriga kiradi (6-rasm).

Nam material qurilmaning tepa qismidagi bunker orqali yuklanadi va konveyerning yuqori lentasiga tushadi. Odatda, ikkita baraban orasiga tortilgan lenta teshikli bo'ladi va nam material uning ustida harakatlanadi. Lentaning ikkinchi uchiga etganda, material pastki konveyerga to'kiladi. Eng pastki konveyerdan, quritilgan material chiqarish bunkeriga to'kiladi.

Quritilgan materialning bir lentadan ikkinchisi to'kilib o'tishi uning aralashishiga sababchi bo'ladi. Natijada, quritish tezligi ortadi. Ko'pincha bunday quritkichlar ko'p lentali qilib yasaladi.

Material va issiqlik eltich o'zaro kesishgan yo'nalishda harakatlanadi.

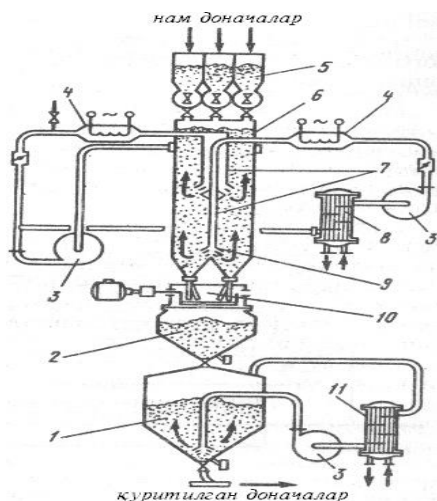
Shu bilan birga, parallel va qarama - qarshi yo'nalishli quritkichlar ham ishlab chiqariladi. Bunday quritkichlarda issiqlik eltich qisman resirkulyatsiya qilinishi mumkin.

Xavoni resirkulyatsiya va oraliq qizdirilishi tufayli lentali quritkichlarda mayin quritish rejimlariga erishish mumkin.

Lentali quritkichlarning ayrim konstrukstiyalarida, bir tekisda quritishga erishish uchun, material qatlamini aralashirish va qatlamni tekislash uchun lenta ustiga maxsus ag'diruvchi moslama o'rnatiladi.

quritkichning asosiy kamchiliklari: qo'pol, ko'p joy egallaydi, ta'mirlash va ekspluatatsiya qilish murakkab, ish unumdorligi kichik va issiqlik sarfi katta.

Shaxtali quritkichlar donador, sochiluvchan materiallarni quritish uchun ishlatiladi (7-rasm).



7-рasm. Шахтали қуриткич. 1 - бункер - совуткич; 2 - оралик бункер; 3 - газодувка; 4 - калорифер; 5 - бункер; 6 - шахта; 7 - иссиқлик элтишни узатиш трубалари; 8 - конденсатор-совуткич; 9 - жалюзлар; 10 - қадоқлагич; 11 - совуткич.

Issiqlik eltichni uzatish uchun quritkichning o'qi bo'ylab trubalar o'rnatilgan.

Trubalarning ikkinchi uchida issiqlik eltichni bir xilda taqsimlash uchun jalyuzlar o'rnatilgan. Issiqlik eltichni uzatish va sirkulyatsiya qilish sistemasi quritish hajmini ikkita zonaga bo'ladi. Birinchi zonada ikkinchisidan chiqayotgan issiqlikdan foydalaniladi. Birinchi zonada asosan sirtiy namlik, ikkinchisida esa - ichki namlik yo'qotiladi.

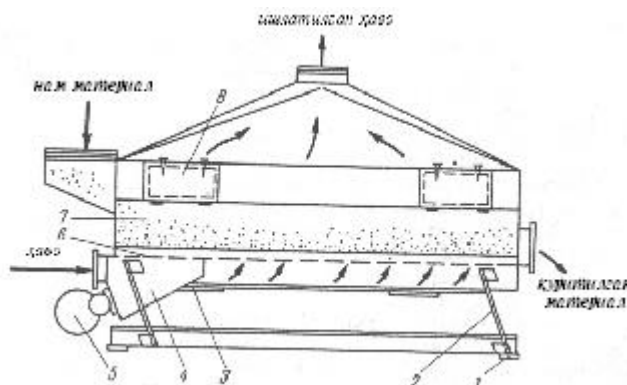
Ikkinchi zonaga yuborilayotgan issiqlik eltich dastavval shu zonadagi kondensatorda qisman quritiladi. quritkichning tepa qismida ikkila oqim bir-biriga aralashib ketadi va kaloriferda qizdirilgandan so'ng, gazoduvka yordamida quritkichning birinchi zonasiga uzatiladi. quritilgan materialni to'kish uzluksiz ishlaydigan tokchali qadoqlagich yordamida amalga oshiriladi.

Tebranma quritkichlar mayin dispers, polidispers, qumoq - qumoq va shular kabi boshqa, ya'ni mavhum qaynashga moyil bo'lmagan, materiallarni quritish uchun mo'ljallangan. Dispers material qatlamiga past chastotali tebranishlar ta'siri qatlamdagi issiqlik va massa almashinish jarayonlarni intensivlaydi. Undan tashqari, tebranishlar o'zaro kesishgan yo'nalishli, yuqori samarador va ideal siqib chiqaruvchi quritkichlar yaratish imkonini ochib beradi. Bu turdagi quritkichlarda temperatura va konstentratsiya maydonlari bir tekisda bo'ladi.

Tebranma mavhum qaynash qatlamini vertikal, gorizont va novli qurilmalarda tashkil etish mumkin.

Kimyo va oziq - ovqat sanoatlarida novli quritkichlar eng keng tarqalgan. Lekin, shuni alohida qayd etish kerakki, bu qurilmalar kichik qiyalik burchak ostida o'rnatilgan bo'ladi (8-rasm).

Quritkich uzatmasi mayatnikli yuritkich - tebratgichdan iborat. qatlam orqali o'tayotgan gaz oqimi



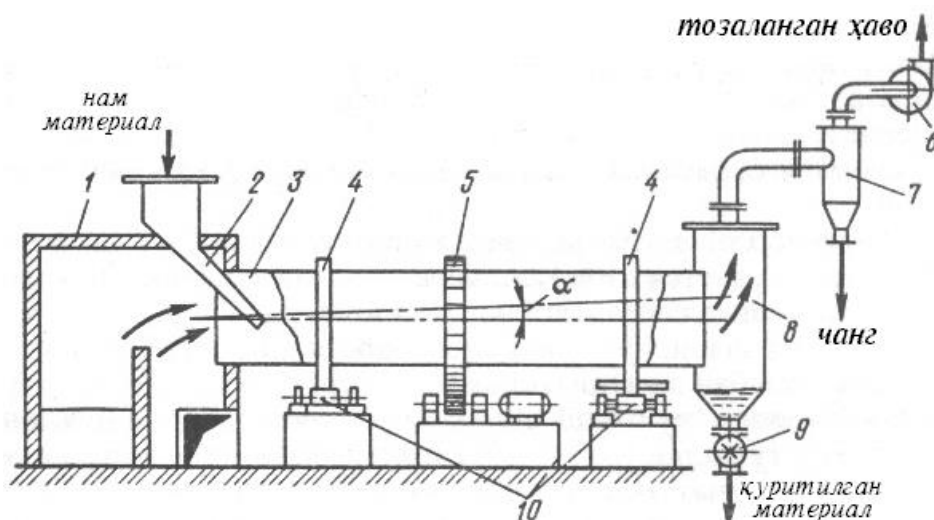
8-расм. Тебранма мавхум қайнаш қатламли қуриткич.

1 - амортизатор; 2 - пружина; 3 - тўkish люки; 4 - теbrатgич; 5 - юриткич; 6 - газ тақсимловчи тешикли панжара; 7 - тарнов; 8 - кузатиш ойнаси.

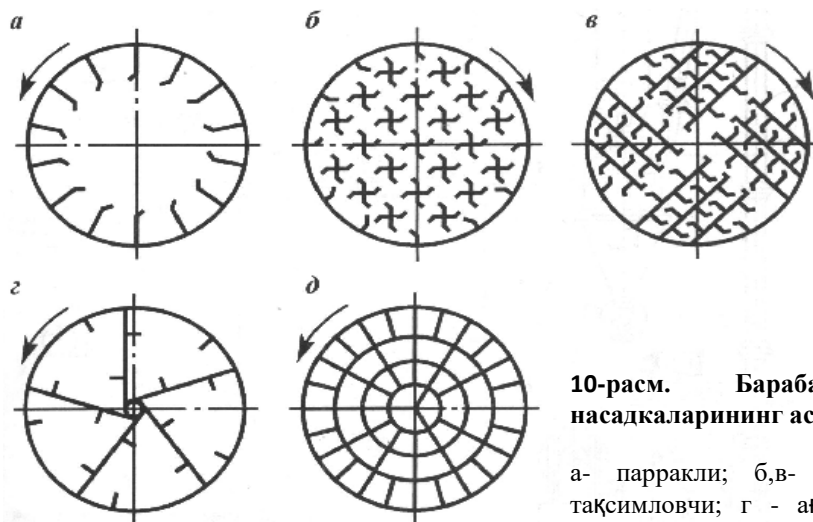
va past chastotali tebranmalarining bir vaqtda ta'siri natijasida tebranma mavhum qaynash qatlami hosil bo'ladi. Bunday qatlamda massa va issiqlik almashinish juda yuqori bo'ladi.

Barabanli quritkichlar uzluksiz ishlaydigan qurilmalar qatoriga kiradi va atmosfera bosimida donador, sochiluvchan materiallarni (mineral tuz, fosforit, qand lavlagi turpi, bug'doy, shakar va h.) quritish uchun qo'llaniladi. Issiqlik eltgich sifatida havo yoki tutun gazlari xizmat qiladi.

Barabanli quritkichlar ichi bo'sh Silindrik iborat bo'lib, ufqga nisbatan kichik qiyalik burchagida o'rnatilgan bo'ladi (9-rasm).



9-расм. Барабанли қуриткич. 1 - ўтхона; 2 - бункер; 3 - барабан; 4 - бандаж; 5 - тишли филдирак; 6 - вентилятор; 7 - циклон; 8 - тўkish бункери; 9 - шлюзли таъминлагич; 10 - таянч роликлар.



10-расм. Барабанли қуриткич насадкаларининг асосий турлари.

а- парракли; б,в- хажмий типдаги, тақсимловчи; г - ағдарувчи, секторли;

Baraban bandaj va roliklarga tayanib turadi. Uning aylanishi elektr yuritkich va reduktor, hamda tishli g'ildirak yordamida amalga oshiriladi. Barabanning aylanish chastotasi $5...8 \text{ min}^{-1}$ dan oshmaydi. quritkichga nam material ta'minlagich yordamida uzatiladi. Baraban aylanishi davrida material tepaga ko'tarilib pastga to'kiladi va bu jarayon uzluksiz davom etadi. Shu bilan birga, qurilma o'rnatilgani va ichiga maxsus nasadkalar joylanganligi sababli, quritilayotgan material to'kish bunkerlari tomoniga qarab harakatlanadi. Odatda nasadkalar Silindrik barabanning butun uzunligi bo'ylab joylashtiriladi. Baraban ichida material issiqlik eltkich bilan o'zaro ta'sirda bo'lib quritiladi.

Material va qurituvchi eltkich bilan o'zaro ta'sir samarasini oshirish uchun turli xildagi nasadkalar mavjud. Nasadkalar nam materialni bir tekisda tarqatadi va uni issiqlik eltkich bilan yuvilib turishini yaxshilaydi. Nasadka turi material xossalari qarama-qarshi tomoniga qarab tanlanadi (10-rasm).

Yirik bo'lakli va yopishib qolishga moyil materiallarni quritish uchun ko'taruvchi kurakchali nasadkalarni qo'llash maqsadga muvofiq. Mayda, sochiluvchan materiallarni quritish uchun esa, taqsimlovchi nasadkalar qo'llaniladi. Mayin dispers, kukunsimon, changiydigan materiallar esa ag'daruvchi nasadkali qurilmada quritiladi.

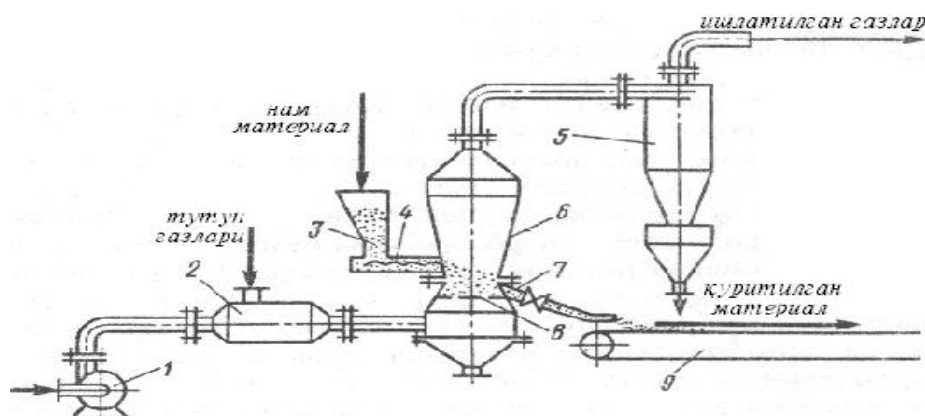
Issiqlik eltkich va material parallel va qarama-qarshi yo'nalishda harakatlanishi mumkin. Parallel yo'nalishli quritkichlarda material o'ta qizib ketish oldini olish mumkin, chunki issiqlik eltkich yuqori namlikka ega material bilan o'zaro ta'sirda bo'ladi. quritilayotgan material tarkibidagi kukunsimon fraktsiya uchib ketmasligi uchun ventilyator haydayotgan issiqlik eltkich tezligi $2...3 \text{ m/s}$ dan oshmasligi kerak. Ishlatilgan gaz atmosferaga chiqarib yuborishdan avval stiklonda tozalanadi.

Barabanli quritkichlar diametri 1 dan 3,5 m gacha bo'ladi. Diametri 2,8, 3,0 va 3,5 m li barabanlarning uzunliklari 14, 20 va 27 m qilib yasaladi.

Undan tashqari barabanli vakuum-quritkichlar ham sanoatning turli sohalarida ishlatiladi. Ko'pincha bu qurilmalar davriy ishlaydigan bo'ladi. Ushbu quritkichlar issiqlikka sezgir materiallardan suv va organik eritmalarni yo'qotish, hamda zaharli materiallarni quritish uchun qo'llaniladi.

Barabanli vakuum - quritkichlar gerbistid, zaharli dorilar, ba'zi bir polimerlarni ishlab chiqarish, hamda medistina, oziq - ovqat, kimyo va farmastevtika sanoatlarida ishlatiladi.

Mavhum qaynash qatlamli quritkichlar uzluksiz ishlaydigan qurilmalar qatoriga kiradi va mayda,



11-расм. Bir seksiyali mavhum qaynash qatlamli quritgich.

sochiluvchan, donador nam materiallarni quritish uchun keng ko'lamda ishlatiladi. Bunday qurilmalarda sirtiy va bog'langan materiallarni suvsizlantirish mumkin. Mavhum qaynash qatlamli quritkichlar vertikal va gorizontal, bir yoki bir necha sekstiyali qilib yasaladi. Uzluksiz ishlaydigan, bir sekstiyali mavhum qaynash qatlamli quritkich 11-rasmda keltirilgan.

Nam material uzluksiz ravishda quritkichga uzatiladi. Kaloriferda qizdirilgan issiqlik eltkich ventilyator yordamida gaz taqsimlovchi teshikli panjara ostiga haydaladi. quritish jarayoni ushbu panjara yaqinidagi zonada yuz beradi. quritilgan material to'kish patrubkasi orqali chiqariladi. Ishlatib bo'lingan gaz stiklonda tozalanib, quritkichdan atmosferaga chiqazib yuboriladi.

Mavhum qaynash qatlamli quritkich kamchiliklari: materialni quritish bir tekisda emas. Bu kamchilikni bartaraf qilish uchun ko'p sekstiyali yoki o'zgaruvchan ko'ndalang kesimli quritkichlardan foydalaniladi.

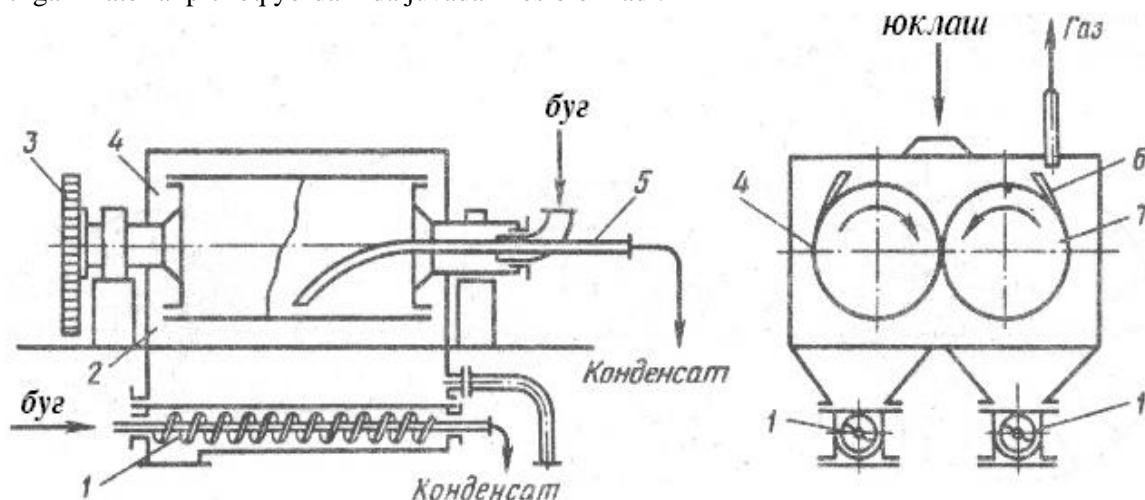
Ushbu turdagi qurilmalarda material qurishi bir tekisda bo'ladi. Konussimon quritkichlarda tartibli sirkulyatsiya vujudga keladi, ya'ni zarrachalar qurilmaning markaziy qismida tepaga ko'tariladi va chekka qismida esa - pastga qarab tushadi. Natijada material bir tekisda qiziydi va kameraning ishchi balandligi kamayadi.

Xozirgi kunda mavhum qaynash qatlamli quritkichlar kimyoviy texnologiyada mineral va organik tuzlar, yopishib qolishga moyil, masalan sulfat ammoniy, polivinilxlorid, polietilen va boshqa polimerlarni, hamdapastasimon materiallar (pigment, anilinli bo'yovchi moddalar), eritmalar, suspenziyalarni quritish uchun ishlatiladi.

Juvali quritgichlar suyuq va pastasimon materiallarni atmosfera bosimi yoki vakuum ostida quritish uchun mo'ljallangan (12-rasm). Juva bir - biriga qarab $2...10 \text{ min}^{-1}$ chastota bilan aylanadi. Ichi bo'sh juvaga stapfa orqali isituvchi bug' yuboriladi va issiqligini berib kondensatga aylanadi. Juvalar issiq suv yoki yuqori temperaturali organik suyuqliklar yordamida qizdirilishi mumkin.

Material qurilmaning tepasidan, juvalar orasiga yuklanadi va uni yupqa qatlam bilan qoplaydi. Yupqa qatlam qalinligi juvalar orasidagi tirqish kattaligi bilan belgilanadi. Odatda, ushbu tirqish eni $0,5...1,0 \text{ mm}$ bo'ladi. Materialning kirishi yupqa qatlamda, juvaning to'liq aylanishida sodir bo'ladi.

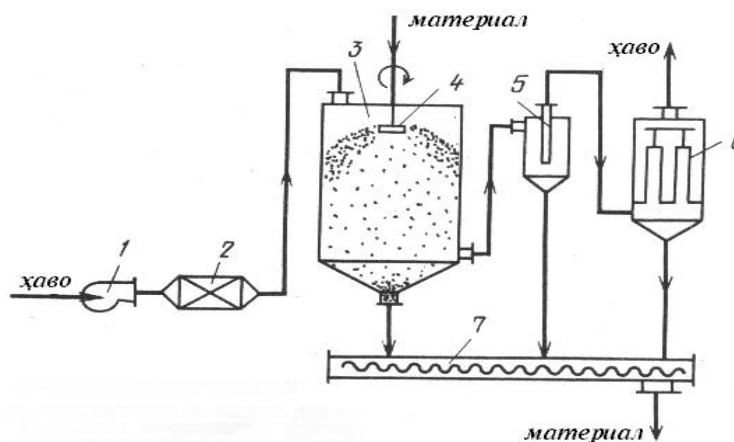
Juvadagi material qatlamining qalinligi qanchalik kichik bo'lsa, u shunchalik tez va bir tekisda quriydi. Lekin, quritish davomiyligi kam bo'lgani uchun, ko'pincha qo'shimcha quritish talab etiladi. quritilgan material pichoq yordamida juvadan kesib olinadi.



12-расм. Жуваги қуриткич. 1 - шнекли нов-қуриткич; 2 - қобиқ; 3-узатма; 4 - етакловчи жува; 5 - сифон трубки; 6 - пичоқ; 7 - етакланувчи жува.

Purkovchi quritkichlar eritma, suspenziya va pastasimon materiallarni quritish uchun qo'llaniladi. Purkab quritish usulida sut kukuni, sut-sabzavot konsentratlari, xamirturish, tuxum kukuni va boshqa mahsulotlar olinadi.

Bunday quritkichlarda material maxsus moslamalarda purkaladi va issiqlik eltkich oqimida quritiladi (13-rasm). Materialning quritish zonasida bo'lish vaqti juda qisqa, lekin yuqori darajada maydalanganligi va namlikning bug'lanish tezligi kattaligi, uningtez qurishiga olibkeladi. Shuning uchun, purkovchi quritkichlarda yuqori temperaturali issiqlik eltkichlarni



13-рasm. Пурковчи қуриткич. 1 - вентилятор; 2 - калорифер; 3 - қуритиш камераси; 4 - диск; 5 - циклон; 6 - англи фильтр; 7 - қуритилган материални тўқувчи шнек.

qo'llash mumkin.

Quritish natijasida olingan mahsulot bir xil dispers tarkibli, sochiluvchan va mayda dispers bo'ladi.

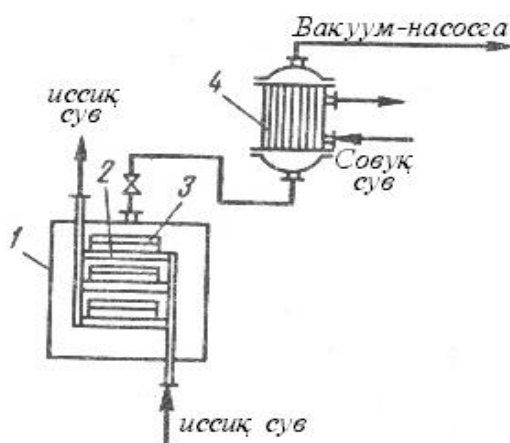
Purkovchi quritkichlar kamchiliklari: gabarit o'lchamlari va energiya sarfi katta.

Materialni purkash mexanik yoki pnevmatik purkagichlar yordamida, hamda aylanish chastotasi 4000...20000 min⁻¹ bo'lgan markazdan qochma diskda amalga oshiriladi. quritkichda materialning bo'lish vaqti 50 s dan ortmaydi. Shu qisqa vaqt ichida issiqlik va massa almashinish jarayoni yuz beradi. Purkovchi quritkichlarda fazalar parallel va qarama-qarshi yo'nalishda harakatlanishi mumkin. Bunday quritkichlar afzalliklari: yuqori temperaturali issiqlik eltkichlarni ham qo'llash mumkin.

Kamchiliklari: issiqlik eltkich sarfi katta bo'lgani uchun energiya va metall sarfi ham nisbatan yuqori; solishtirma namlik olish ko'rsatkichi juda past, ya'ni 20 kg/m³; material quritkich devorlariga yopishib qoladi; issiqlik eltkich tezligi nisbatan kichik, chunki katta tezliklarda mayda zarrachalar uchib ketadi.

Sublimastiyali quritkichlar. Turli materiallardagi muz agregat holatidagi namligini vakuum ostida bug'ga (suyuq agregat holatidan sakrab) aylantirib suvsizlantirish jarayoni sublimastiyali quritish deb nomlanadi. Sublimastiyali quritish yuqori vakuum, qoldiq bosim 133,3...13,3 Pa (1,0...0,1 mm sim.ust.) bo'lgan oralik va past temperaturalarda o'tkaziladi.

Sublimastiya quritish jarayonida material yuzasidan namlikning bug' agregat holatida tarqalish mexanizmi o'ziga xos **effuziya** usulida boradi. Effuziya usulida bug' molekularining erkin harakati davrida molekular bir-biri bilan o'zaro to'qnashmaydi.



14-рasm. Сублимацияли қуриткич

Sublimastiyali quritkich quritish kamerasi, kondensator-muzlatgich va vakuum nasosdan tarkib topgan (14-rasm.)

Plita ichida issiq suv nasos yordamida sirkulyatsiyali harakat qiladi. quritilayotgan material tunuka tovalarda plita ustiga joylashtiriladi. Plita va tovalar orasida ma'lum havoli bo'shliq bo'ladi. Plitalardan tovalarga issiqlik nurlanish usuli (radiastiya) hisobiga o'tadi.

Sublimatorida hosil bo'lgan suv bug'i va havo aralashmasi kondensator - muzlatkichga o'tadi. Bug'-havoli aralashma

qobiq-trubali issiqlik almashinish qurilmasining trubalar bo'shlig'ida, trubalararo bo'shliqda esa - ammiak sirkulyatsiyali harakat qiladi. qurilma trubalarida suv bug'lari avval kondensastiyalanadi, undan so'ng esa - muzlaydi. Sublimastiyali quritkichlarda 2 ta kondensator-muzlatkich bo'ladi. Ular navbatma-navbat ishlaydi, ya'ni bittasida kondensastiya va muzlatish sodir bo'lsa, ikkinchisida hosil bo'lgan muz eritib yo'qotiladi.

Materialdan namlikni chiqarib yuborish jarayoni 3 bosqichdan iborat:

1) quritish kamerasida bosim pasayishi bilan namlik o'z - o'zidan muzlaydi va materialdan chiqqan issiqligi hisobiga muzdan bug'ga aylanadi. Bu bosqichda 15% namlik yo'qotiladi;

2) namlikning asosiy qismi sublimastiya yo'li bilan quritish jarayonining o'zgarmas tezlik davrida yo'qotiladi;

3) qoldiq namlik materialdan issiqlik yordamida yo'qotiladi.

Sublimastiyali quritish oz miqdorda past temperaturali (40...50°S) issiqlik eltkich sarflanadi. Lekin, umumiy energiya va ekspluatasion sarflar boshqa quritish (dielektrik quritishdan tashqari) usullariga qaraganda yuqori.

Shuning uchun, bu quritish usuli qimmatbaho moddalar, yuqori temperaturaga chidamsiz va biologik xossalari uzoq muddat davomida saqlanib turishi kerak bo'lgan materiallarni (go'sht, meva, sabzavot, medistina va farmastevtika mahsulotlari) quritish uchun ishlatiladi.

Energiya sarfi bo'yicha sublimastiyali quritish, atmosfera bosimida quritishga yaqinroq turadi.

Tekshirish uchun savollar:

1. Lentali quritgichning kamchiligi va avzalliklari qanday?
2. Jo'vali quritgichning ishlash prinstipi qanday?
3. Mavxum qaynash qatlamli quritgichlar qanday maxsulotlarni quritishda ishlatiladi?

24-MA'RUZA ABSORBSIYA.

REJA:

1. Absorbsiya jarayoni.
2. Absorbsiya jarayonining fizik asoslari.
3. Absorbsiya jarayonining asosiy tenglamasi.
4. Absorbsiya jarayonini olib borish usullari.
5. Tarelkalar sonini aniqlash va tarelka turlari. nasadka turlari.
6. Absorberlar konstrukstiyalari.
7. Hidrodinamik rejimlar.

Umumiy tushunchalar

Gaz yoki bug'larni gaz yoki bug'li aralashmalardagi komponentlarining cuyuqlikda yutilish jarayoni **Absorbsiya** deb nomlanadi. Yutilayotgan gaz yoki bug' **absorbktiv**, yutuvchi suyuqlik esa – **absorbent** deb ataladi. Ushbu jarayon selektiv va qaytar jarayon bo'lib, gaz yoki bug' aralashmalarini ajratish uchun xizmat qiladi.

Absorbktiv va absorbentlarning o'zaro ta'siriga qarab, Absorbsiya jarayoni 2 ga bo'linadi: fizik Absorbsiya; kimyoviy Absorbsiya (yoki xemosorbstiya).

Fizik Absorbsiya jarayonida gazning suyuqlik bilan yutilishi paytida kimyoviy reakstiya yuz bermaydi, ya'ni kimyoviy birikma xosil bo'lmaydi. Agar, suyuqlik bilan yutilayotgan gaz kimyoviy reakstiyaga kirishsa, bunday jarayon xemosorbstiya deyiladi.

Ma'lumki, fizik Absorbsiya ko'pincha qaytar jarayon bo'lgani sababli, ya'ni suyuqlikka yutilgan gazni ajratib olish imkoni bo'ladi. Bunday jarayon **desorbsiya** deb nomlanadi. Absorbsiya va desorbsiya jarayonlarini uzluksiz ravishda tashkil etish, yutilgan gazni sof xolda

ajratib olish va absorbentni ko'p marta ishlatish imkonini beradi.

Absorbsiya jarayoni sanoat korxonalarida uglevodorodli gazlarni ajratish, sulfat, azot, xlorid kislotalar va ammiakli suvlarni olishda, gaz aralashmalaridan qimmatbaxo komponentlarni ajratish va boshqa xollarda keng miqyosda ishlatiladi.

Absorbsiya jarayoni ishtirok etadigan texnologiyalarni qurilmalar bilan jixozlash murakkab emas. Shuning uchun, kimyo, oziq - ovqat va boshqa sanoatlarda absorberlar ko'p qo'llaniladi.

Absorbsiya jarayonining fizik asoslari

Gaz faza suyuqlik bilan o'zaro ta'siri natijasida ikkita faza ($F=2$) va uchta komponent, ya'ni tarqaluvchi modda va ikkita modda tashuvchi ($K=3$) lardan iborat sistema xosil bo'ladi. Fazalar qoidasiga binoan, bunday sistema 3 ta erkinlik darajasiga ega:

$$C = K + 2 - \Phi = 3 + 2 - 2 = 3$$

Sistemadagi fazaviy muvozanatni belgilovchi asosiy uchta parametrlar quyidagilardir: bosim, temperatura va konstantasiya. Demak, «gaz -suyuqlik» sistemada ikkala fazaning bosimi r , temperaturasi t va konsentrativasi x o'zgarishi mumkin. Absorbsiya jarayoni o'zgarish bosim va temperaturada borayotgan bo'lsa, bir fazada tarqalayotgan moddaning xar bir konstantiyasiga, ikkinchi fazadagi aniq konstantiya to'g'ri keladi.

O'zgarish temperatura ($t=const$) va umumiy bosimli sharoitda muvozanat konstantiyalari orasidagi bog'liqlik Genri qonuni bilan ifodalanadi. Bu qonunga binoan, biror temperaturada eritmadagi eritma ustidagi gaz parzial bosimi, uning mol ulushiga to'g'ri proporsionaldir:

$$p = Ex$$

yoki

$$x = \frac{p}{E} \quad (1)$$

bu erda r – muvozanat xolatidagi eritmada x konstantiyali yutilayotgan gazning parzial bosimi; E – Genri konstantasi.

Genri konstantasi absorbtiv va absorbentlarning xossalari, xamda temperaturaga bog'liq bo'ladi:

$$\ln E = -\frac{q}{RT} + C \quad (2)$$

bu erda q – gazning erish issiqligi, kJ/kmol; $R = 8,325$ kJ/(kmol·K) – universal gaz doimiysi; T – absolyut temperatura, K; S – yutayotgan suyuqlik va gazlarning tabiatiga bog'liq bo'lgan o'zgarish kattalik.

(2) tenglamadan ko'rinib turibdiki, temperatura ortishi bilan gazning suyuqlikda erishi kamayadi.

Dalton qonuniga binoan, gaz aralashmasidagi komponentning parzial bosimi, ushbu komponent mol ulushining umumiy bosimga ko'paytirilganiga tengdir, ya'ni:

$$p = P \cdot y \quad \text{va} \quad y = \frac{p}{P} \quad (3)$$

bu erda R – gaz aralashmasining umumiy bosimi; u – tarqalayotgan moddaning aralashmadagi konstantiyasi; mol ulushi.

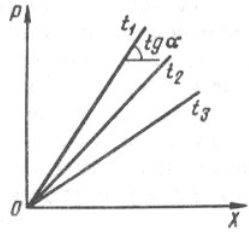
(1) va (3) tenglamalarini taqqoslab, quyidagi ifodaga kelamiz:

$$y = \frac{p}{P} = \frac{E}{P} x$$

yoki fazaviy muvozanat konstantasi E/R ni m orqali belgilab, quyidagi ifodani olamiz:

$$y = m \cdot x \quad (4)$$

(4) tenglama, gaz aralashmasi va suyuqlikda tarqalayotgan moddalarning muvozanat konstantiyalari orasidagi bog'liqlik to'g'ri chiziq bilan ifodalanishini ko'rsatadi. Ushbu chiziq koordinatalar boshidan o'tadi va uning qiyalik burchagi tangensi m ga teng. Qiyalik burchak tangensi



1-расм. Турли температураларда ($t_1 > t_2 > t_3$) газнинг суюқликда эриши.

temperatura va bosimga bog'liq. 1-rasmdan ko'rinib turibdiki bosim oshishi va temperatura kamayishi bilan gazning suyuqlikda eruvchanligi ortadi (m esa kamayadi). Suyuqlik bilan gazlar aralashmasi muvozanat xolatida bo'lganida, aralashma gaz komponentining xar biri Genri qonuniga bo'ysunadi. Absorbsiya jarayoni nisbiy mol konstantriastiyalarda ham xisoblanishi mumkin. Bunda, gaz fazasining suyuqlikdagi kichik konstantriastiyalari x da Genri qonuni ushbu ko'rinishda yoziladi:

$$Y = m \cdot X$$

(5)

Shuni aloxida ta'kidlash kerakki, o'ta suyultirilgan eritmalar, xamda kichik bosimlarda o'z xossalari bo'yicha ideal suyuqliklarga o'xshash eritmalar xam Genri qonuniga bo'ysunadi.

Yuqori konstantriastiyali eritmalar va katta bosimlarda gaz bilan suyuqlikning o'zaro muvozanat xolati Genri qonuniga bo'ysunmaydi, chunki fazalarning muvozanat konstantriastiyalari orasidagi bog'liqlik egri chiziq bilan ifodalanadi.

Adsorbsiyaning moddiy balansi va kinetik qonuniyatlari

Absorbsiya jarayonining moddiy balansi quyidagi ko'rinishdagi umumiy tenglama bilan ifodalanadi:

$$-G \cdot (dy) = L \cdot dx \quad (6)$$

Oxirgi tenglamani boshlang'ich va oxirgi konstantriastiyalar oraligida integrallagandan so'ng, undan absorbent sarfini (kmol/s) aniqlash mumkin:

$$L = G \frac{y_{\delta} - y_{ox}}{x_{ox} - x_{\delta}} \quad (7)$$

1 kmol inert gaz uchun zarur solishtirma sarf:

$$l = \frac{L}{G} \cdot \frac{y_{\delta} - y_{ox}}{x_{ox} - x_{\delta}} \quad (8)$$

Absorberda konstantriastiyaning o'zgarishi (7) va (8) tenglamalar bilan ifodalanadi. Jarayon ishchi chizig'i $u-x$ koordinatalarida to'g'ri chiziq ko'rinishida bo'ladi. Uning qiyalik burchagi tangensi $l = L/G$.

Absorbent solishtirma sarfining absorber o'lchamiga va suyuq fazada tarqalayotgan moddaning oxirgi konstantriastiyasiga ta'sirini ko'rib chiqamiz.

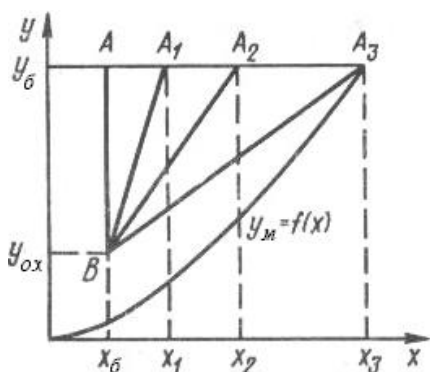
Absorberda fazalar yo'nalishi parallel deb qabul qilamiz.

$u-x$ koordinatalarning V nuqtasida aniqlanayotgan suyuq fazada tarqala-yotgan moddaning boshlang'ich konstantriastiyasi x_b , gaz fazasidagi boshlang'ich konstantriastiya u_b , oxirgisi esa - u_{ox} (2-rasm).

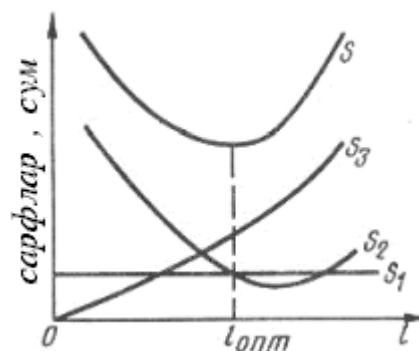
Fazalar muvozanat xolati $u_m = f(x)$ tenglamaga binoan turli qiyalik burchagi ostida bir nechta ishchi chiziqlar o'tkazamiz. Rasmdagi A_1, A_2, A_3 nuqtalar gaz faza va absorbentdagi boshlang'ich va oxirgi konstantriastiyalarni xarakterlaydi. Jarayonni xarakterlaydigan kuch ishchi va muvozanat chiziqlar o'rtasidagi farq bilan aniqlanadi, ya'ni $\Delta u = u - u_m$. Butun qurilma uchun o'rtacha xarakterlaydigan kuch o'rtacha logarifmik qiymat sifatida topiladi. Agar, ishchi chiziq VA vertikal chiziq bilan ustma-ust tushsa, xarakterlaydigan kuch eng katta qiymatga ega bo'ladi. Agar, (8) tenglamaga $x_{ox} = x_b$ qo'yilsa, absorbentning sarfi cheksiz bo'ladi.

Boshqa xolatda esa, ya'ni ishchi chiziq VA_3 muvozanat chizig'i bilan tutashsa, absorbentning sarfi minimal va tutashish nuqtasida xarakterlaydigan kuch nolga teng bo'ladi, chunki $u_b = u_m$.

Birinchi xolatda absorberning o'lchamlari minimal bo'ladi, chunki absorbentning cheksiz sarfida Δu_{or} maksimal qiymatga egadir. Ikkinchi xolatda esa, absorbentning sarfi minimal bo'lganda absorbentning o'lchamlari cheksiz bo'ladi.



2-расм. Absorberning solishtirma sarfini aniqlashga oid.



3-расм. Absorberning optimal solishtirma sarfini aniqlashga oid.

Massa almashinish, shu jumladan, absorbsiya jarayonida xam muvozanatga erishib bo'lmaydi, chunki xar doim ($x_{ox} < x_m$). Demak, absorbentning sarfi xar doim minimal qiymatdan katta bo'lishi kerak. Absorbentning minimal sarfini quyidagi tenglamadan topish mumkin:

$$l_{\min} = \left(\frac{L}{G} \right)_{\min} - \frac{y_{\delta} - y_{ox}}{x_{kp} - x_{\delta}} \quad (9)$$

Absorbentning optimal sarfi texnik-iqtisodiy xisoblashlar asosida aniqlanadi.

1 kmol gazni yutish uchun zarur sarflar gaz va ekspluatastiya narxi S_1 , amortizastiya va ta'mirlash uchun sarflar, energiya narxi S_2 , gazni uzatish va desorbsiya S_3 ga ketadigan xarajatlar yig'indisiga teng:

$$S = S_1 + S_2 + S_3$$

Ma'lumki, S_1 kattalik absorbentning solishtirma sarfiga bog'liq emas. Agar, l ortsa, absorberning ishchi balandligi va uning gidravlik qarshiligi kamayadi. Lekin, bunda qurilmaning diametri kattalashadi.

Shunday kilib, $S_2 = f(l)$ funktsiya minimumga ega bo'lishi mumkin.

Absorbentning solishtirma sarfi l oshishi bilan gazni uzatish va desorbsiyasiga ketadigan sarflar S_3 ko'payadi. 3-rasmda yuqorida keltirilgan bog'liqliklar xarakteristikalarini tasvirlangan. Xamma egri chiziqni ordinatalarini qo'shsak, 1 kmol gazni Absorbsiya qilish uchun zarur sarflar yig'indisi egri chizig'ini olamiz. Ushbu egri chiziqning minimumi, absorbent optimal solishtirma sarfiga to'g'ri keladi.

Absorbsiya jarayonining asosiy tenglamasi absorbsiya jarayoni ikki fazali sistemalarning 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 keltiruvchi kuch u - u_m bosimlar farqi bilan ifodalanadi:

$$M = K_m (p - p_m) \cdot F \tau$$

yoki

$$M = K_m \cdot \Delta p_{yp} \cdot F \tau \quad (10)$$

Bu erda r – gaz aralashmasida tarqalayotgan gazning ishchi parstial bosimi; r_m – absorbent ustidagi gazning muvozanat bosimi; K_m – massa o'tkazish koeffitsienti; M – gaz fazasidan suyuq fazaga o'tgan massa miqdori; Δr_{ur} – jarayonni xarakatga keltiruvchi kuchi.

Agar, muvozanat chizig'i to'g'ri bo'lsa, jarayonning o'rtacha **xarakatga keltiruvchi kuchi** ushbu

formuladan topiladi:

$$\Delta p_{yp} = \frac{\Delta p_{\kappa a} - \Delta p_{\kappa u}}{2,31g \frac{\Delta p_{\kappa a}}{\Delta p_{\kappa u}}}$$

$\Delta p_{\kappa a} = p_{\sigma} - p_{ox}^*$ va $\Delta p_{\kappa u} = p_{ox} - p_{\sigma}^*$ absorberning oxirgi qismlaridagi xarakatga keltiruvchi kuchlar r_b va r_{ox} - absorberga kirayotgan va chiqayotgan gazning parstial bosimi; r_{ox}^* , r_b^* - absorberga kirayotgan va chiqayotgan gazning muvozanat parstial bosimi.

Absorbsiya jarayonida massa almashinish mexanizmi quyidagicha: xar bir faza asosiy massa va chegaraviy yupqa qatlamdan iborat bo'ladi. Asosiy massaga yutiluvchi komponent konvektiv diffuziya yo'li bilan o'tadi.

Ikkala chegaraviy yupqa qatlamda esa, yutiluvchi komponentning o'tishi molekulyar diffuziya usulida boradi. Shuning uchun, Absorbsiya jarayonida massa o'tkazishga bo'lgan qarshilik chegaraviy yupqa qatlamlar yig'indisidan iborat bo'ladi. Suyuq, yupqa qatlamdagi massa o'tkazishga bo'lgan qarshilik $1/\beta_u$, gazdagi esa - m/β_x bo'lsa, massa o'tkazish koeffitsienti ushbu tenglamadan xisoblanadi.

$$K_y = \frac{1}{\frac{1}{\beta_x} + \frac{m}{\beta_y}} \quad (11)$$

$$K_x = \frac{1}{\frac{1}{\beta_x} + \frac{1}{\beta_y m}} \quad (12)$$

bu erda β_u - gaz oqimidan fazalarni ajratuvchi yuzasiga massa berish koeffitsienti; β_x - fazalarni ajratuvchi yuzadan suyuqlik oqimiga massa berish koeffitsienti; m - proporstionallik koeffitsienti, absorbtiv va absorbent xossalarga va temperaturaga bog'liq.

Koeffitsient m ning kattaligi massa o'tkazish tenglamasining tuzilishiga xam tasir etadi. Yaxshi eriydigan gazlar uchun m ning qiymati juda kichik bo'ladi. Shuning uchun, suyuqlik fazasidagi diffuzion qarshilik xam kichikdir. $1/\beta_u \gg m/\beta_x$ bo'lgani uchun, (11) tenglama quyidagicha yoziladi:

$$K_y \cong \beta_y$$

Qiyin eriydigan gazlar uchun proporstionallik koeffitsient m ning qiymati juda kattadir. Shuning uchun gaz fazasidagi diffuzion qarshilikni inobatga olmasa xam bo'ladi. $1/\beta_x \gg 1/\beta_u m$ bo'lgani uchun, (12) tenglama quyidagicha yoziladi:

$$K_x \cong \beta_x$$

yani, xamma diffuzion qarshilik suyuq fazada mujassamlangan bo'ladi.

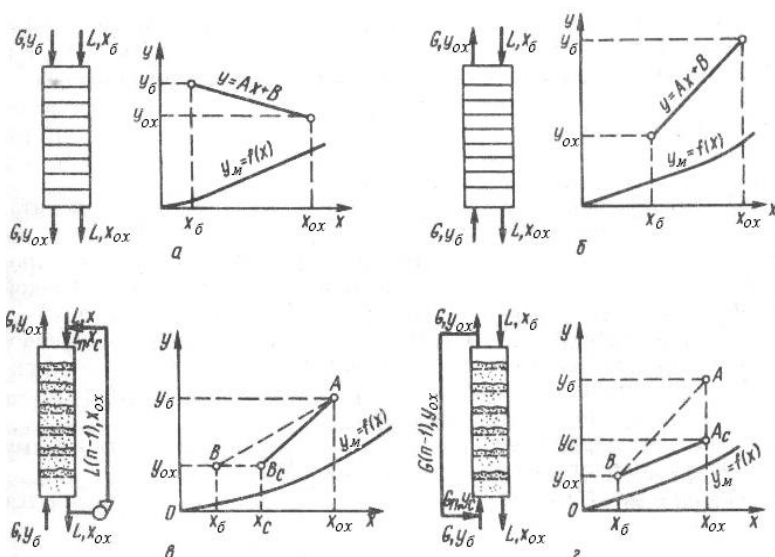
Absorbsiya jarayonini olib borish usullari

Xalq xo'jaligining turli tarmoqlarida Absorbsiya jarayonini tashkil etishda quyidagi prinstipial sxemalar qo'llaniladi:

- parallel yo'nalishli;
- qarama - qarshi yo'nalishli;
- bir pog'onali, qisman resirkulyatsiyali;
- ko'p pog'onali, qisman resirkulyatsiyali.

Parallel yo'nalishli sxema 1 a-rasmda ko'rsatilgan. Bunda gaz oqim va absorbent parallel (bir xil) yo'nalishda xarakatlanadi. Absorberga kirishda, absorbtiv konstantriyasi katta bo'lgan gaz faza, absorbtiv konstantriyasi past bo'lgan suyuq faza bilan kontaktda bo'lsa, qurilmadan chiqishda esa - absorbtiv konstantriyasi kichik bo'lgan gaz faza, absorbtiv konstantriyasi yuqori bo'lgan suyuqlik bilan o'zaro ta'sirda bo'ladi.

Qarama - qarshi yo'nalishli sxema 1 b-rasmda ko'rsatilgan.



1-расм. Абсорбция схемалари ва жараённи у-х координатларда тасвирлаш. а – parallel, б-қарам-қарши

Ushbu sxemali absorberlarning bir uchida absorbtiv konstantriyasi yuqori gaz va suyuqlik to'qnashuvda bo'lsa, ikkinchi uchida esa - konstantriyalari past fazalar o'zaro ta'sirda bo'ladi.

Qarama - qarshi yo'nalishli sxemalarda parallel yo'nalishlga qaraganda, absorbentdagi absorbtiv eng yuqori qiymatiga erishsa bo'ladi. Lekin, jarayonning o'rtacha xarakterga keltiruvchi kuchi parallel yo'nalishlga nisbatan kam bo'lgani uchun, qarama - qarshi yo'nalishli absorberning gabarit o'lchamlari katta bo'ladi.

Absorbent yoki gaz fazaning resirkulyatsiyali sxemalari (1 v,g - rasm). Bunday sxemalarda absorbent ko'p marta o'tadi.

1v-rasmda absorbent bo'yicha resirkulyatsiyali sxema keltirilgan. Bunda, gaz faza absorberning tepa qismidan kirib, past qismidan chiqib ketsa, suyuq faza esa qurilmadan bir necha marta qaytarib o'tkaziladi. Absorbent qurilmaning tepa qismiga uzatiladi va gaz fazasiga qarama - qarshi yo'nalishda xarakterlanadi. Yangi, x_b konstantriyasi absorberdan chiqayotgan suyuq faza bilan aralashishi natijasida uning konstantriyasi x_s ga ko'tariladi. Jarayonning ishchi chizig'i **u-x** diagrammada **AV** to'g'ri chizig'i bilan ifodalanadi. Absorbentning aralashtirishdan keyingi konstantriyasi x_s ni moddiy balans tenglamasidan topish mumkin.

Agar, absorberga kirishdagi absorbent miqdorini yangi absorbent miqdoriga nisbatini n deb belgilasak, moddiy balans tenglamasi ushbu ko'rinishda yoziladi:

$$G \cdot (y_b - y_{ox}) = L \cdot (x_{ox} - x_b) = Ln \cdot (x_{ox} + x_c)$$

bundan

$$x_c = \frac{x_{ox}(n - 1) + x_b}{n} \quad (1)$$

Gaz fazasi resirkulyatsiyali Absorbsiya sxemasi 1 g-rasmda keltirilgan. Ishchi chiziq xolati A_s (u_s, x_{ox}) va V (u_{ox}, x_b) nuqtalari bilan belgilanadi. u_s konstantriya moddiy balans tenglamasidan aniqlanadi:

$$y_c = \frac{y_{ox}(n - 1) + y_b}{n} \quad (2)$$

Absorbent xarakter tezligi ortishi bilan massa berish koeffitsienti ko'payadi, bu esa o'z navbatida massa o'tkazish koeffitsientini o'sishiga olib keladi.

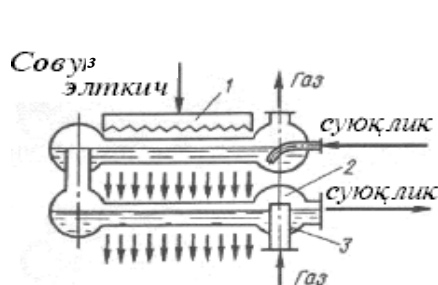
Qiyin eruvchan gazlarni Absorbsiya qilish paytida absorbentni resirkulyatsiya qilish usulini qo'llash maqsadga muvofiqdir. Agar, absorbtiv resirkulyatsiya qilsa, gaz fazasida massa berish koeffitsienti ko'payadi. Bu usul yaxshi eriydigan gazlarni Absorbsiya qilishda yuqori samara beradi.

Absorberlar konstruktsiyalari

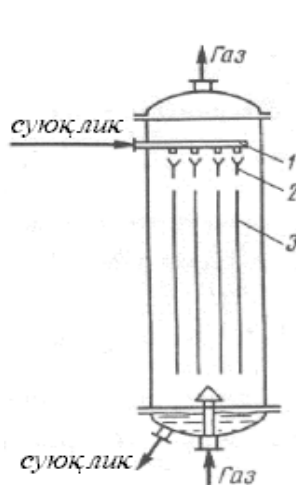
Absorbsiya jarayoni fazalarni ajratuvchi yuzada sodir bo'ladi. Shuning uchun xam, suyuqlik va

gaz fazalar to'qnashuv qiladigan absorberlar yuzasi iloji boricha katta bo'lishi kerak. Massa almashinish yuzalarini tashkil etish va loyixalash bo'yicha absorberlar 4 guruxga bo'linadi: sirtiy va yupqa qatlamli absorberlar; nasadkali absorberlar; barbotajli absorberlar; purkovchi absorberlar.

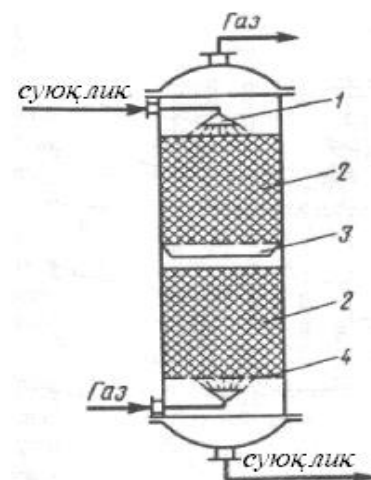
Sirtiy absorberlarda xarakatlanayotgan suyuqlik ustiga gaz uzatiladi. Bunday qurilmalarda suyuqlik tezligi juda kichik va to'qnashuv yuzasi kam bo'lgan uchun bir nechta qurilma ketma - ket qilib



2-расм. Сиртий абсорбер.



3-расм. Юпқа қатламли абсорбер. 1 - труба; 2 - тақсимлаш мосламаси; 3 - тақсимлагич; 2 - насадка; 3 - текис параллел насадка.



4-расм. Насадкали абсорбер. 1 - суюқликни қайта тақсимлаш мосламаси; 2 - тешикли панжара.

o'rnatiladi.

Suyuqlik va gaz qarama - qarshi yo'nalishda xarakatlaniriladi. 2 - rasmda gorizontal trubalardan tarkib topgan yuvilib turuvchi absorber tasvirlangan. Trubalar ichida - suyuqlik oqib o'tsa, unga teskari yo'nalishda gaz xarakat qiladi. Trubalar ichidagi suyuqlik satxi ostona 3 yordamida bir xil balandlikda ushlab turiladi.

Absorbsiya jarayonida xosil bo'layotgan issiqlikni ajratib olish uchun trubalar taqsimlash moslamasi 2 dan oqib tushayotgan suv bilan yuvilib turadi. Sovutuvchi suvni bir me'yorda taqsimlash uchun tishli taqsimlagich 1 qo'llaniladi. Bu turdagi absorberlar yaxshi eriydigan gazlarni yutish uchun ishlatiladi.

Yupqa qatlamli absorberlar ixcham va yuqori samaralidir. Bu absorberlarda fazalarning to'qnashish yuzasi oqib tushayotgan suyuqlik yupqa qatlami yordamida xosil bo'ladi. Yupqa qatlamli qurilmalar guruxiga trubali, list-nasadkali, ko'tariladigan qatlamli absorberlar kiradi.

Trubali absorberlarda suyuqlik vertikal trubalarning tashqi yuzasidan pastga qarab oqib tushsa, gaz faza esa qarama - qarshi yo'nalishda yuqoriga qarab xarakatlanadi. Qolgan turdagi absorberlarda xam fazalarning xarakat yo'nalishi trubali absorberlarnikiga o'xshashdir.

Trubali absorberlar tuzilishiga qarab qobiq - trubali issiqlik alma-shinish qurilmasiga o'xshaydi. Qurilmada xosil bo'lgan issiqlikni ajratib olish uchun trubalar ichiga suv yoki boshqa sovuqlik eltich yuboriladi.

3-rasmda tekis, parallel nasadkali absorber tasvirlangan.

Nasadkalar vertikal listlar ko'rinishida bo'lib, absorber xajmini bir nechta sekstiyaga bo'ladi. Absorberga suyuqlik truba orqali uzatiladi va taqsimlash moslamasi yordamida nasadkaga taqsimlanadi. Natijada tekis listning ikkala tomoni xam suyuqlik bilan yuvilib turadi. Gaz va yupqa qatlamli suyuqliklarning nisbiy xarakat tezligiga qarab, suyuqlik yupqa qatlami pastga oqib tushishi yoki gaz oqimiga ilakishib, tepaga xam xarakatlanishi mumkin. Agar, fazalar oqimining tezligi ko'paysa, massa berish koefficientining qiymati va fazalar to'qnashish yuzasi oshadi. Bunga sabab, chegaraviy qatlamning turbulizastiyasi va unda uyurmalar xosil bo'lishidir.

Yupqa qatlamning o'rtacha tezligi ushbu tenglamadan topilishi mumkin:

$$w_{yp} = \sqrt[3]{\frac{gL_c^2}{3\rho\mu}} \quad (3)$$

bu erda L_c – to'kish moslamasi perimetrining suyuqlik bilan solishtirma purkalish zichligi, kg/(m·s); ρ – suyuqlik zichligi, kg/m³; μ – suyuqlik dinamik qovushoqligi, Pa·s.

Yupqa qatlam yaqinidagi suyuqlikning tezligi:

$$w = 1,5 \cdot w_{yp} \quad (4)$$

Yupqa qatlamning qalinligi:

$$\delta = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot L_c \cdot \mu}{g \rho^2}} \quad (5)$$

Yupqa qatlamning xarakat tezligi Reynolds kriteriysidan aniqlanadi:

$$Re = \frac{w_{yp} \cdot d_e \cdot \rho}{\mu} \quad (5a)$$

bu erda d_e – yupqa qatlamning ekvivalent diametri, m.

Yupqa qatlamning ekvivalent diametri:

$$d_e = \frac{4\Pi \cdot \delta}{\Pi} = 4\delta \quad (6)$$

bu erda P – suyuqlik oqib chiqayotgan to'kish moslamasining perimetri, m.

Nasadkali absorberlar. Turli shaklli qattiq nasadkalar bilan to'ldirilgan vertikal stilindsimon kolonnalarning tuzilishi sodda, ixcham va yuqori samarador bo'lgani uchun sanoatda ko'p ishlatiladi. Odatda, nasadkalar qatlami teshikli panjaralarga joylashtiriladi. Gaz faza teshikli panjara ostiga yuboriladi va undan o'tib, qatlam orqali yuqoriga qarab xarakatlanadi (4-rasm).

Suyuqlik faza absorberning yuqori qismidan taqsimlash moslamasi 1 yordamida purkaladi va nasadka qatlamida gaz fazasi bilan o'zaro ta'sir etadi. Qurilma samarali ishlashi uchun suyuq faza bir tekisda purkalishi va taqsimlanishi zarur. Bu turdagi absorberlarda nasadkalar xam suyuqlikni bir me'yorda taqsimlashga salmoqli xissa qo'shadi. Nasadkalar quyidagi talablarga javob berish kerak: katta solishtirma yuzaga ega bo'lishi; gaz oqimiga ko'rsatadigan gidravlik qarshiligi kichik bo'lishi; ishchi suyuqlik bilan yaxshi xo'llanilishi; absorber ko'ndalang kesim yuzasi bo'ylab suyuqlikni bir tekisda taqsimlashi; ikkala faza ta'siri ostida emirilmaydigan bo'lishi; engil va arzon bo'lishi kerak.

Sanoatda qo'llaniladigan nasadkalarining ba'zi bir turlari va ularni qurilmada joylash usullari 5-rasmda keltirilgan. Bu nasadkalarining ichida eng keng tarqalgan nasadka Rashig xalqalaridir. Undan tashqari, keramik jism, koks, maydalangan kvarst, polimer xalqa, metall to'r va panjara, shar, propeller va parrak, egarsimon element va boshqa jismlar ishlatiladi.

Rashig xalqalari 15x15x2,5; 25x25x3; 50x50x5 mm o'lchamli qilib yasaladi. Nasadkalarining geometrik xarakteristikasi bo'lib ekvivalent diametr xisoblanadi:

$$d_e = \frac{4V_{bx}}{a} \quad (7)$$

bu erda V_{bx} – bo'sh xajm, m³/m³; a – solishtirma yuza, m²/m³.

Rashig xalqalarining o'lchamlari kattalashishi bilan solishtirma yuzasi 300; 204; 87,5 m²/m³ va bo'sh xajmi 0,7; 0,74; 0,785 m³/m³ miqdorlarga teng bo'ladi.

Nasadkali absorberlarda taqsimlovchi moslama orqali purkalayotgan suyuqlik, gazning kichik tezliklarida, nasadka ustida yupqa qatlam ko'rinishida oqadi. Nasadkaning xo'llangan yuzasi fazalarga to'qnashish yuza vazifasini bajaradi. Shuning uchun, nasadkali absorberlarni yupqa qatlamli qurilmalar

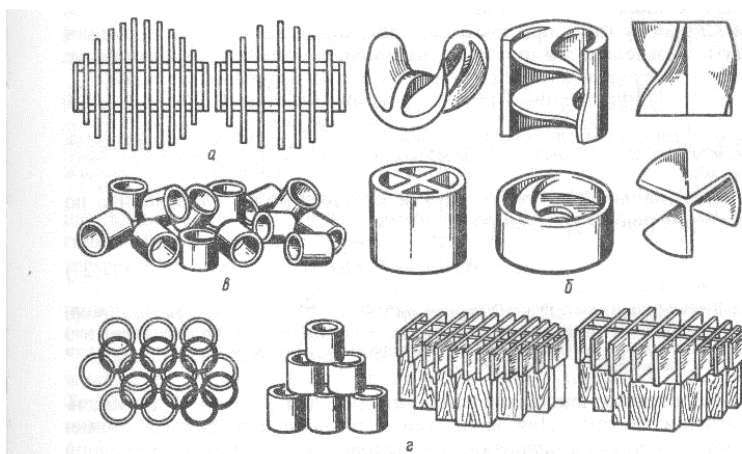
deb qarash mumkin. Suyuq faza qurilmalar devori atrofida yig'ilib qolmasligi uchun nasadka bir necha sekstiyaga yuklanadi. Suyuqlikni bir tekisda taqsimlash uchun sekstiyalar orasida qayta taqsimlash moslamalari o'rnatiladi. Nasadkali kolonnalarda gaz va suyuqlik qarama - qarshi xarakat qiladi.

Gidrodinamik rejimlar. Absorbsiya jarayonining samaradorligi gidrodinamik rejimlarga bog'liq. Bu rejimlar uzatilayotgan suyuqlik miqdori (namlash zichligi) va gaz oqimining tezligi bilan belgilanadi. Qurilmada ro'y beradigan rejimlar nasadka gidravlik qarshiligini gaz oqimining soxta tezligiga bog'liqlik funktsiyasi sifatida tasvirlanadi (6-rasm).

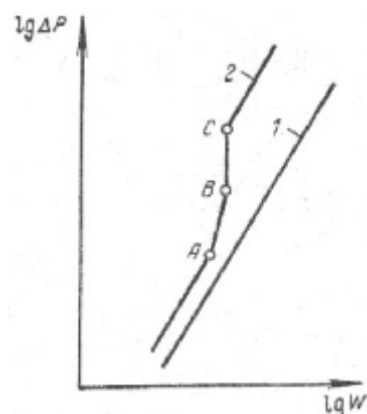
1 - rejim – **yupqa qatlamli rejim** - gaz oqimining tezligi kichik va uzatilayotgan suyuqlik miqdori kam bo'lganda ro'y beradi. Suyuqlik nasadka bo'ylab yupqa qatlam ko'rinishida oqib tushadi. Yupqa qatlamli rejim birinchi o'tish nuqtasi (A nuqta, 6-rasm) da tamom bo'ladi va u **osilib turish nuqtasi** deb nomlanadi. Bu rejimda fazalararo to'qnashish yuzasi kichik va jarayon samaradorligi kamroq bo'ladi.

2 - rejim - **osilib turish rejimi**. Bunda fazalar qarama - qarshi yo'nalishi xarakati tufayli gaz va suyuqlik orasidagi ishqalanish kuchlari ortadi. Bu xol suyuqlikni nasadkadan oqib tushish tezligini sekinlashtiradi, yupqa qatlam qalinligi va undagi suyuqlik miqdori ortadi. Shu bilan birga fazalar orasidagi to'qnashish yuzasi ko'payadi, jarayonning samaradorligi bir-muncha kattaroq bo'ladi. Bu rejim ikkinchi o'tish nuqtasi (V) da tamom bo'ladi.

Shuni ta'kidlash kerakki, osilib turish rejimida qatlamning sekin oqishi buziladi; uyurma va tomchilar xosil bo'ladi, ya'ni barbotaj xolatiga o'tish sharoitlar tug'iladi. Yuqorida qayd etilgan massa almashinish jarayonini intensivlashtiradi.



5-rasm. Nasadka turhlari. a - yassi parallel; b - keramik fasonli va ularni joylash usullari (v-betartib; g-tartibli)



6-rasm. Nasadka gidravlik qarshiligining kolonndaagi gaz tezligiga bog'liqligi. 1 - quruk nasadka; 2 - namlangan nasadka.

3 - rejim - **emulgatsion rejim** - nasadkaning bo'sh xajmida suyuqlik yig'ilishi natijasida paydo bo'ladi. Suyuqlik yig'ilishi ko'tarilayotgan gaz va oqib tushayotgan suyuqlik orasidagi ishqalanish kuchi bilan og'irlik kuchi teng bo'lgunga qadar davom etadi. Natijada «gaz – suyuqlik» dispers sistemasi va tashqi ko'rinishi bo'yicha barbotajli (ko'pikli) qatlam yoki gaz suyuqlikli emulsiya xosil bo'ladi. Ma'lumki, qurilma ko'ndalang kesimida yuklangan nasadka qatlamining zichligi bir xil emas. Shuning uchun, qatlamning eng tor joylarida emulgatsion rejim paydo bo'lib boshlaydi. Gaz uzatishni o'ta aniq rostlash yo'li bilan nasadka qatlamining butun balandligida emulgatsion rejim o'rnatish mumkin. Kolonnaning gidravlik qarshiligi keskin ravishda ortadi (VS kesma).

Shuning uchun, yuqori bosimda ishlaydigan absorberlarda gidravlik qarshilikning ta'siri sust yoki bo'lmagani uchun Absorbsiya jarayoni emulgatsion rejimda olib boriladi.

Emulgatsion rejim samarali rejim deb hisoblanadi. Bu rejimda fazalar to'qnashish yuzasi katta bo'lgani uchun jarayon juda intensiv kechadi.

Atmosfera bosimida ishlatiladigan absorberlarda gidravlik qarshilik juda yuqori bo'lgani uchun, ularni yupqa qatlamli rejimda ishlatilish maqsadga muvofiqdir.

Shunday qilib, xar bir aniq, sharoit uchun eng optimal gidrodinamik rejim texnik – iqtisodiy hisoblashlar asosida topiladi.

Agar, gaz oqimi tezligini emulgastion rejim tezligidan ozgina oshirsak, tiqilib qolish xodisasiga duch kelamiz.

Tiqilib qolish xolatiga to'g'ri keladigan gaz tezligi prof. Kasatkin A.G. tomonidan keltirib chiqarilgan formula yordamida xisoblanadi:

$$\lg \left(\frac{w_T^2 \cdot a}{gV_{bx}^3} + \frac{\rho_G}{\rho} \mu^{0,16} \right) = 0,076 - 1,75 \left(\frac{L}{G} \right)^{0,25} \cdot \left(\frac{\rho_G}{\rho} \right)^{0,125} \quad (8)$$

bu erda a - nasadkaning solishtirma yuzasi, m^2/m^3 ; V_{bx} - nasadkaning bo'sh xajmi, m^2/m^3 ; L va G - suyuqlik va gazning massaviy sarflari; kt/s ; w_T - tiqilib qolish tezligi, m/s .

Kolonnadagi gaz yoki bug'ning optimal tezligini ushbu kriterial tenglamadan aniqlash mumkin:

$$Re = 0,045 \cdot Ar^{0,57} \cdot \left(\frac{G}{L} \right)^{0,43} \quad (9)$$

bu erda

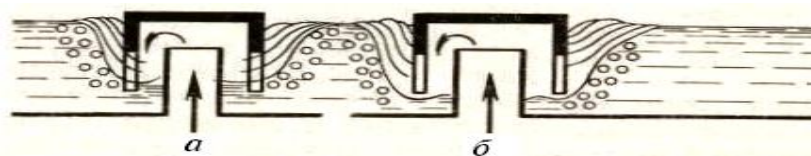
$$Re = \frac{wd_e \cdot \rho_G}{\mu_G}; \quad Ar = \frac{gd_e^3 \rho_G}{\mu_G^2} (\rho - \rho_G) \rho_G$$

w - gaz (yoki bug') optimal tezligi; d_e - nasadkaning ekvivalent diametri; ρ va ρ_G - suyuqlik va gazning zichligi; μ_G - gaz (yoki bug') dinamik qovushoqligi; G va L - gaz (yoki bug') va suyuqlik massaviy tezliklari.

4 - rejim - **uchib chiqish rejimida** suyuq faza kolonnadan gaz oqimi bilan tashqariga chiqib boshlaydi. Ushbu rejim sanoatda ishlatiladigan qurilmalarda qo'llanilmaydi.

Nasadkalar ni tanlashda ularning o'lchamlariga katta ahamiyat berish kerak. Agar, nasadka elementlari qanchalik kichik bo'lsa, gidravlik qarshilik shunchalik kam va gazning tezligi yuqori bo'ladi. Bunday nasadkali absorberlar narxi nisbatan arzon bo'ladi.

Agar, absorber yuqori bosim ostida ishlaydigan bo'lsa, kichik o'lchamli nasadkalar qo'llaniladi. Chunki, bu turdagi qurilmalarda gidravlik qarshilikning ahamiyati yo'q. Undan, tashqari nasadkalar ni o'lchami kichik bo'lganda, uning solishtirma yuzasi nisbatan katta bo'ladi va Absorbsiya jarayonida bir



7-расм. Барботаж жараёни схемалари.

fazadan ikkinchisiga o'tgan massa miqdori ko'p bo'ladi.

Absorberlarda gazlar yutilishi paytida ajralib chiqadigan issiqlikni neytrallash qiyin. Bunday qurilmalardagi issiqlikni kamaytirish va nasadkalar xo'llanishini oshirish maqsadida suyuqlikni nasos yordamida resirkulyatsiya qilish zarur. Bu usulda ishlaydigan absorberlar tuzilishi murakkablashadi va narxi ortadi. Undan tashqari, ifloslangan suyuqliklarni ajratish uchun qaynovchi absorberlarda plastmassadan yasalgan sharlar ishlatilib, gaz tezligi oshishi bilan mavxum qaynay boshlaydi. Odatda, qaynovchi absorberlarda gazning tezligi juda katta bo'ladi, ammo qatlamning gidravlik qarshiligiga juda oz miqdorga ortadi.

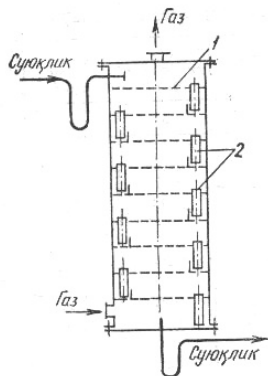
Tarelkali absorberlar samarali va eng keng tarqalgan qurilmalardan bo'lib, uning ichida butun balandligi bo'yicha bir xil masofada bir nechta tarelkalar o'rnatilgan. Teshikli tarelkalar orqali xam gaz, xam suyuqlik xarakatlanadi va undan o'tish paytida bir fazadan ikkinchisiga massa o'tadi. Gaz fazaning suyuqlik qatlamidan o'tishi davrida pufakcha va ko'piklarning xosil bo'lish jarayoni **barbotaj** deb nomlanadi. Suyuqlik va gaz (yoki bug') ni bir-biri bilan to'qnashishi zarur bo'lgan xollarda barbotaj qo'llaniladi. 7-rasmda qalpoqchali nasadkadan gaz yoki bug'ning o'tishi tasvirlangan.

Barobotaj asosan ikki rejimda kechishi mumkin: pufakchali va oqimchali. Gaz yoki bug'ning sarfi

kichik bo'lsa, pufakchali rejimni kuzatish mumkin. Bunda, gaz pufakchalari suyuqlik qatlamini bitta–bitta bo'lib yorib chiqadi. Pufakchalar o'lchami barbotyor tuzilishiga, suyuqlik va gaz xossalari bog'liq.

Agar, gaz tezligi oshirib berilsa, oqimchali rejim paydo bo'ladi. Barbotyordan chiqayotgan gaz oqimi shakli va o'lchami o'zgarmaydigan "mash'ala" xosil bo'ladi. Odatda, mash'ala balandligi 30...40 mm dan oshmaydi.

Tarelkali kolonnalar qalpoqchali, klapanli, plastinali va elaksimontarelkali bo'ladi. Fazalarning bir tarelkadan ikkinchisiga o'tishiga qarab quyilish moslamali va quyilish moslamasiz absorberlarga bo'linadi.



8-расм.Қуйилиш мосламали, тарелкали абсорбер

8-rasmda quyilish moslamali, tarelkali absorber konstruktiviyasi tasvirlangan. Ko'rinib turibdiki, quyilish trubasining pastki qismi quyida joylashgan tarelka ustidagi ostonaga tushib turadi va gidravlik tamba vazifasini bajaradi. Odatda, suyuq faza qurilmaning tepa qismidan tarelkaga uzatiladi va uning pastki qismidan chiqariladi. Gaz faza esa, qurilmaning pastidan uzatilib, tarelkalar orqali pufakchalar ko'rinishida chiqib ketadi. Tarelkada xosil bo'ladigan gaz – suyuqlik ko'pik qatlamida asosiy issiqlik va massa berish jarayonlari yuz beradi. Absorbsiya jarayonida tozalangan gaz qurilmaning tepa qismidan chiqib ketadi. Tarelka, quyilishi trubasi va ostonaga shunday joylashtiriladiki, suyuq faza albatta qarama - qarshi yo'nalishda xarakat qiladi.

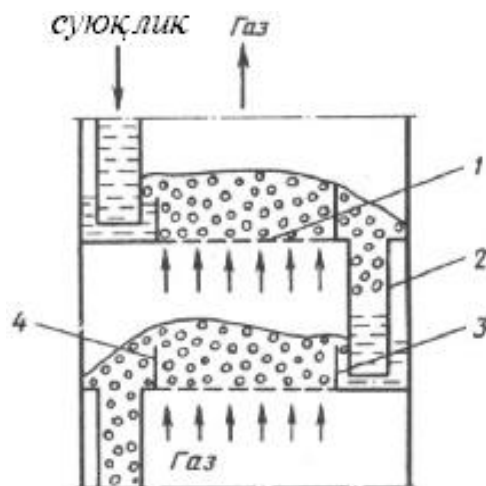
Tarelkali absorberlar gidrodinamik rejimi malumki, istalgan konstruktiviyali tarelkalarining samaradorligi uning gidrodinamik rejimlariga uzviy bog'liqdir.

Gazning tezligiga va suyuqlikni purkash zichligiga qarab barbotajli tarelkalarining 3 ta asosiy gidrodinamik rejimi bo'ladi: pufakchali, ko'pikli va oqimchali (yoki injekstion).

Pufakchali rejim. Gazning tezliklari juda kichik va suyuqlik qatlamidan alohida pufakchalar xolatida o'tish davrida pufakchali rejimni kuzatish mumkin. Bu rejimda tarelkadagi fazalar kontakt yuzasi kam bo'ladi.

Ko'pikli rejim. Gaz fazasining tezligi ortishi bilan teshiklardan chiqayotgan pufakchalar qo'shilib oqimcha xosil qiladi. Tarelkadan ma'lum bir masofada qatlam qarshiligi tufayli oqimcha buziladi va ko'p miqdordagi pufakchalarga ajrab ketadi. Natijada, "gaz – suyuqlik" dispers sistema, ya'ni ko'pik paydo bo'ladi. Ushbu rejimda gaz va suyuq fazalar to'qnashishi pufakchalar va gaz oqimchasi, xamda suyuq tomchilar sirtiga to'g'ri keladi. Ko'pikli rejimda barbotajli tarelkalarda fazalarning to'qnashishi yuzasi maksimal miqdorga egadir.

Oqimchali (injekstion rejim). Agar gaz tezligi yanada oshirilsa, gaz oqimchasining uzunligi ko'payadi va u barbotaj qatlamidan chiqib qoladi. Shu bilan birga, barbotaj qatlam buzilmaydi va ko'p miqdorda yirik tomchilar xosil bo'ladi. Bunday rejimda fazalarning to'qnashish yuzasi keskin ravishda kamayib ketadi. Shuni alohida ta'kidlash kerakki, bir rejimdan keyingisiga o'tish asta-sekin bo'ladi. Barbotajli tarelkalar gidravlik rejimlari chegarasini xisoblashning umumiy usullari shu kungacha yaratilmagan. Shuning uchun xam, tarelkali absorberlarni loyaxalashda tarelka ishlashining pastki va tepa oraliklari uchun xisoblash yo'li bilan topiladi. So'ng esa, gazni ishchi tezligi topiladi.



9-расм. Элаксимон тарелкали колонна. 1 - тарелка; 2 - қуйилиш мосламаси; 3, 4 - остоналар.

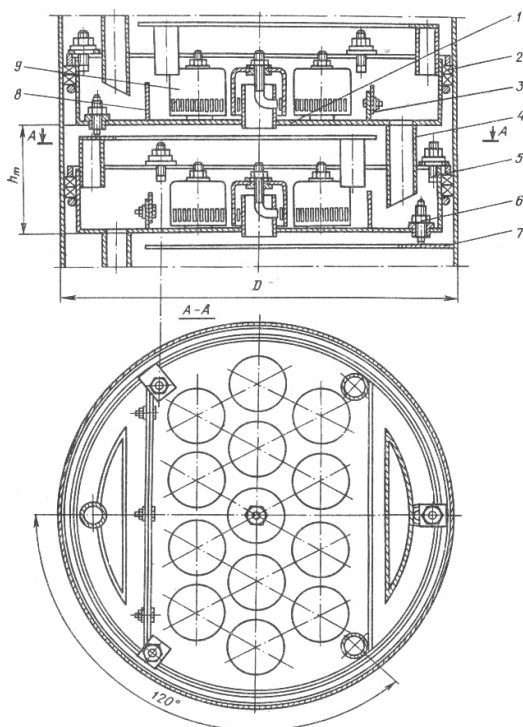
Элаксимон тарелкали абсорбер. Бу турдаги қурилма 9-расмда тасвирланган.

Бу колонна горионтал тарелка қуйилиши ва остоналардан таркиб топган бо'лади.

Одатда бу турдаги тарелка юзаси 1...5 мм ли тешиклардан иборатдир ва тарелкадан тushayotgan ko'pikni parchalash uchun ostona тарелкадаги сууқлик satxini bir xil balandlikda ushlab turish uchun esa, ostona 3 xizmat qiladi. Сууқ фаза tepadagi тарелкага uzatiladi va қуйилиши moslamasi 2 dan, o'tib, қурилmaning pastki қismidan chiqib ketadi. Газ фаза har doim қурилmaning pastki қismiga kiritiladi va тарелкалардан pufakcha shaklida o'tib, yuqori қismidagi shstusterdan chiqadi.

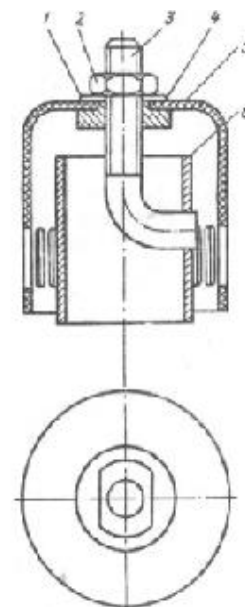
Қалпоқча тарелкали абсорбер. Бу турдаги қурилма 10-расмдан keltirilgan

bo'lib kapsula қалпоқча va segment қуйилиш moslamasidan

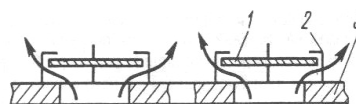


10-расм. Қалпоқчали тарелка.

1-тарелка; 2-қистирма; 3-ростловчи қуйилиш остонаси; 4-қуйилиш патрубкиси; 5-болт; 6-ростловчи болт; 7-халқа;



11-расм. Капсулали қалпоқча. 1-шайба; 2-гайка; 3-болт; 4-втулка; 5-қалпоқча; 6-патрубка.



12-расм. Клапанли тарелка. 1 - клапан; 2 - кронштейн чеклагич; 3 - тарелка.

таркиб топган. Тарелка ko'plab diskdan иборат bo'lib, tayanch xalqaga қистирма yordamida болтлар bilan maxkamlanadi.

Сууқ фаза yuqorida joylashgan тарелкадаги остона 3 dan o'tib, quyida o'rnatilgan тарелкага

tushadi. Tarelka yuzasida suyuqlikni bir me'yorda taqsimlash uchun ostona 8 xizmat qiladi. Suyuqlikni tarelka yuzasida bir xil balandlikda ushlab turish uchun rostlovchi ostona 3 dan foydalaniladi. Gaz tarelkalarga patrubka 6 orqali kirib, bir necha oqimchalar xolida qalpoqchalar teshigidan chiqib boshlaydi.

Qalpoqchadagi xavo teshiklari tishli bo'lib, to'g'ri uchburchak shaklida yasaladi. Suyuqlik qatlami orqali o'tayotgan gaz yoki bug' oqimi aloxida-aloxida pufakchalarga bo'linib ketadi. Tarelkalardan suyuqlik quyilishi patrubkasi 4 orqali to'kiladi. Bu turdagi tarelkalarda gaz ko'piklari va pufakchalarning xosil bo'lish intensivligi bug' (yoki gaz) tezligi va tarelkadagi suyuqlik qatlami balandligiga bog'liq.

Tarelkada katta massa almashinish yuzasini barpo qilish uchun o'rnatiladigan qalpoqchalar soni ko'paytiriladi. Kapsulali qalpoqchanning bo'ylama qirgimi 11 - rasmda keltirilgan. Tarelka va qalpoqchanning pastki qismi orasidagi masofa vtulka 4 va gayka 2 yordamida amalga oshiriladi. Bu turdagi tarelkalar sanoatda keng ko'lamda qo'llaniladi. Elaksimon tarelkali absorberlarga qaraganda qalpoqchali qurilmalar gaz aralashmalari iflos bo'lganda xam uzoq muddatda barqaror ishlay oladi. Undan tashqari, gaz yoki suyuq fazalar bo'yicha yuklama katta miqdorda o'zgarsa xam, qalpoqchali tarelka bir tekisda yaxshi ishlaydi. Ushbu tarelka kamchiliklari: konstruktsiyasi murakkab, qimmat va gidravlik qarshiligi yuqori. Undan tashqari, gaz faza sarfi kam bo'lganda, qurilma samaradorligi keskin ravishda kamayib ketadi.

Klapanli tarelkalar. Bu turdagi tarelkalar gaz fazasining tezligi tez o'zgarib turadigan jarayonlarda qo'llanishi maqsadga muvofiqdir.

Klapanli tarelkalar elaksimon va qalpoqchali tarelkalarning yaxshi xossalarini o'zida mujassam qilgan (12-rasm).

Klapanlar 1 dumaloq plastina shaklida, diametri esa 40...50 mm bo'ladi. Kronshteyn-cheklagich 2 dagi teshik diametri esa 30...40 mm va ular orasidagi masofa esa - 70...150 mm ga teng. Klapanlarning ko'tarilish balandligi 6...8 mm. Klapanlardan o'tadigan gaz oqimining tezligiga qarab, klapan vertikal, tepaga siljiydi.

Gaz yoki bug' bo'yicha yuklama keng ko'lamda o'zgarganda xam, klapanli tarelkalar bir me'yorda, barqaror ishlaydi. Lekin, ularning gidravlik qarshiligi nisbatan yuqori.

Oqimchali (yoki plastinali) tarelkalar. Bu turdagi tarelkalar qiya, parallel plastinalar ko'rinishida tayyorlanadi (13-rasm).

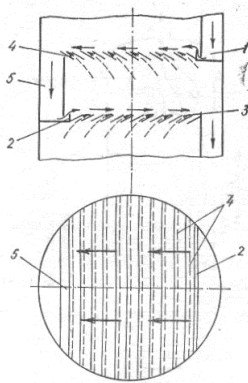
Qalpoqchali, klapanli va oqimchali tarelkalarda fazalarning yo'nalishi o'zaro kesishgan bo'ladi. Gaz yoki bug' tarelkadagi teshiklardan o'tadi, suyuqlik esa, gorizontalar xarakatlanib, tarelkadan tarelkaga quyilish moslamasi 5 orqali o'tadi.

Yuqorida qayd etilgan tarelkalar samaradorligi gidrodinamik rejimlarga bog'liq. Gaz (yoki bug') tezligi va suyuqlik sarfiga qarab 3 xil rejimlar mavjud: pufakchali, ko'pikli va oqimchali. Xar bir rejimda barbotajli qatlam o'ziga xos tuzilishiga ega bo'lib, u qatlamning gidravlik qarshiligi va massa almashinish yuzasi kattaligini xarakterlaydi. Bunday tarelkalarning gidravlik qarshiligi kam, ularni yasash uchun metall kam sarflanadi va tarkibida iflosliklar bo'lgan suyuqliklarni xam ishlatish mumkin. Undan tashqari, bu tarelkali qurilmalarda jarayonni xarakatga keltiruvchi kuch katta bo'ladi.

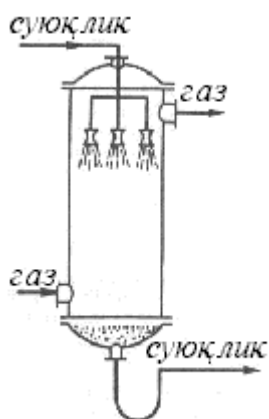
Oqimchali tarelkalar kamchiliklari: tarelkaga issiqlik berish va ajralib chiqqan issiqlikni ajratib olish murakkab; suyuqlik sarfi nisbatan kam bo'lgani uchun, uning samaradorligi pastroq.

Purkovchi absorberlar. Bu turdagi qurilmalar suyuq fazani – gaz oqimiga purkab berish usuli yordamida amalga oshiriladi. Purkovchi absorberlarga misol bo'la oladigan eng sodd konstruktsiyasi 14-rasm keltirilgan.

Bu absorber ichi bo'sh qobiq va suyuqlikni purkovchi mexanik forsunkadan tarkib topgan bo'ladi.



13-rasm. Oqimchali tarelkalar. 1 - gidravlik tamba; 2 - kuyiluvchi t'usiq; 3 - tarelka; 4 - plastina; 5- kuyilish moslamasi.



14-расм. Purkovchi absorber.

Suyuqlikni purkash paytida massa o'tkazish koeffitsienti eng katta miqdorga ega. Vaqt o'tishi va fazalar o'zaro ta'sir yuzasi kamayganligi sababli jarayon samaradorligi pasayadi. Shuning uchun xam, ko'pincha forsunkalar qurilmaning butun balandligi bo'yicha o'rnatiladi.

Odatda, purkovchi absorberlar yaxshi eriydigan gazlarni Absorbsiya qilish uchun ishlatiladi. Purkovchi absorberlar qatoriga mexanik absorberlarni xam kiritish mumkin. Bunday qurilmalarda suyuqlik aylanma mexanizm yordamida sohib beriladi. Suyuqlikdagi teshikli disklar qo'zg'almas Silindrik qobiq ichida aylanadi. Natijada, disk yordamida suyuqlik mayda tomchilar shaklida atrofga sochiladi. Mexanik absorberlar ixcham va yuqori samarali.

Tekshirish uchun savollar:

1. Absorbsiya jarayonini olib borish usullari qanday?
2. Qalpoqcha tarelkali absorber avzalliklari va kamchiliklari?
3. Nasadka turlari va ular o'rniga yana qanday elementlar ishlatilishi mumkin?
4. Absorbsiya jarayoni deb nimaga aytiladi?
5. Absorbsiyaning moddiy balansi va kinetik qonuniyatlari.
6. Absorbsiya jarayonining asosiy tenglamasi qanday?

25-MA'RUZA XAYDASH.

REJA:

1. Suyuqliklarni xaydash.
2. Konovalov qonuni.
3. Fraksiyali, deflegmatsiyali, suv bug'i bilan xaydash.

Umumiy tushunchalar

Ikki va undan ortiq uchuvchan komponentlardan tarkib topgan bir jinsli suyuqlik aralashmalarini ajratish uchun qo'llaniladigan usullardan eng keng tarqalganlari xaydash va Rektifikatsiyadir.

Xaydash va Rektifikatsiya jarayonlari kimyo, oziq - ovqat va boshqa sanoatlarda juda keng ko'lamda ishlatiladi. Masalan, texnik va oziq - ovqat etil spirtlarini, aromatik moddalar ishlab chiqarishda, xamda aralashmalarni dag'al ajratish uchun qo'llaniladi. Juda to'la 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 **qiyin uchuvchan** deb nomlanadi. Demak, engil uchuvchan komponent qiyin uchuvchanga qaraganda pastroq temperaturada qaynaydi. Shuning uchun xam, ular past va yuqori temperaturada **qaynaydigan komponentlar** deb ataladi.

Xaydash yoki Rektifikatsiya jarayonida boshlang'ich aralashma engil uchuvchan komponenti bilan boyitilgan **distillyat** va qiyin uchuvchan komponent bilan boyitilgan **kub qoldig'iga** ajraladi. Xaydash jarayonida xosil bo'lgan bug' kondensator - deflegmatorga kondensastiyalash natijasida distillyat olinadi. Qurilma kubida esa - kub qoldig'i qoladi.

Xaydash va Rektifikatsiya jarayonlarining nazariy asoslari

Eng oddiy aralashma 2 ta komponentdan tarkib topgan bo'ladi va u **binar aralashma** deb ataladi. Binar aralashmaning erkinlik daraja soni quyidagiga teng:

$$C = K + 2 - \Phi = 2 + 2 - 2 = 2$$

bu erda K - komponentlar soni; F - fazalar soni.

Sistema xolatini uchta bir - biriga bog'liq bo'lmagan parametr belgilaydi: bosim r , temperatura t va konsentratsiya x . Agar, istalgan ikkita parametr tanlansa, uchinchisini aniqlash qiyin emas. Demak, muvozanat chizig'ini istalgan ikkita o'zgaruvchi parametr orqali ifodalash mumkin, yani r va x , t va x , r va t , x va u .

Malumki, suyuqlik aralashmalari o'zlarining fizik-kimyoviy xarakteristikalari bo'yicha katta farq qiladi.

Komponentlarning o'zaro erishiga qarab, binar aralashmalarni 3 guruxga bo'lish mumkin:

- komponentlari cheksiz eruvchan aralashmalar;
- komponentlari o'zaro erimaydigan aralashmalar;
- komponentlari qisman eruvchan aralashmalar.

Komponentlari cheksiz eruvchan aralashmalar o'z navbatida ideal va xaqiqiy eritmalarga bo'linadi.

Ideal aralashmalar deb eritma tarkibidagi komponent olinishi natijasida issiqlik ajrab chiqmaydigan yoki yutilmaydigan va xajmi o'zgarmaydigan aralashmalarga aytiladi.

Engil uchuvchan A va qiyin uchuvchan V komponentli binar, suyuq aralashmani ko'rib chiqamiz. A va V toza komponentlar to'yingan bug'larining bosimini P_A va P_V deb belgilaymiz.

Malumki, ideal aralashmalar Raul qonuniga bo'ysinadi. Ushbu qonunga binoan, suyuqlik ustidagi toza komponentning bug' bosimi uning suyuqlikdagi mol ulushiga proporsionaldir:

$$p_A = P_A \cdot x ; \quad p_B = P_B(1-x) \quad (1)$$

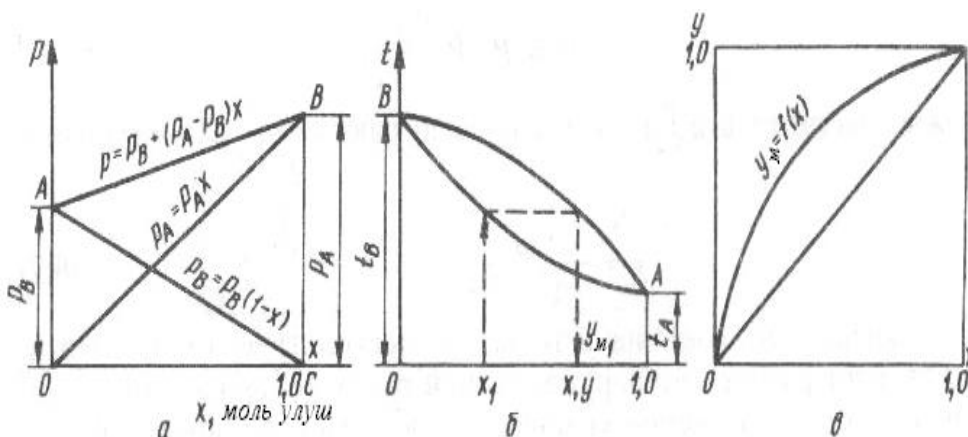
bu erda r_A, r_V - A va V komponentlarning parstial bosimi; $x, (1-x)$ - suyuq aralashmadagi A va V komponentlarning mol ulush.

Dalton qonuniga binoan sistemadagi umumiy bosim, parstial bosimlar yig'indisiga teng:

$$P = P_A \cdot x + P_B(1-x) = P_B + (P_A - P_B) \cdot x \quad (2)$$

bundan

$$x = \frac{P - P_B}{P_A - P_B}$$



1-pasm. Ideal aralashmalar uchun suyuqlik-bug' muvozanat

diagrammasi. a - aralashma ustidagi komponent parstial bosimi va umumiy

(1) va (2) tenglamalardan ko'rinib turibdiki, bir xil o'zgarmas temperaturada suyuqlik aralashmasi ustidagi komponentlar parstial bosimi va bug'larning umumiy bosimi engil uchuvchan komponentning mol

ulushi x bilan to'g'ri chiziqli bog'liqlikda bo'ladi.

1-rasmda komponentlar parstial bosimi va umumiy bosim izotermalari tasvirlangan.

OV va SA to'g'ri chiziqlar komponentlar parstial bosimi (r_A va r_V) ni, AV esa - suyuqlik ustidagi umumiy bosim o'zgarishini ifodalaydi. OA va SV vertikal kesmalar toza komponentlar to'yingan bug'i bosimi (P_A va P_V) ni ko'rsatadi.

Dalton qonuniga ko'ra, bug'dagi komponentning parstial bosimi, undagi shu komponent mol ulushiga proporsionaldir:

$$p_A = P \cdot y ; \quad p_B = P \cdot (1 - y) \quad (3)$$

bu erda R - sistema umumiy bosim; u , $(1-u)$ - bug' aralashmasidagi A va V komponentlar mol ulushi.

Muvozanat sharoiti uchun:

$$P_A \cdot x = P_A \cdot y ; \quad P_B(1-x) = P \cdot (1-y) \quad (4)$$

bundan

$$y = \left(\frac{P_A}{P} \right) x \quad \text{yoki} \quad 1-y = \left(\frac{P_B}{P} \right) \cdot (1-x) \quad (5)$$

Odatda, xaydash va Rektifikatsiya jarayonlari izobarik jarayonda o'tkaziladi. Shuning uchun, $P = \text{const}$ bo'lgan xolatdagi binar aralashmani ko'rib chiqamiz.

Bunda muvozanat chizig'ini $t - x$, y yoki $y - x$ koordinatlarda tasvirlash mumkin. Agar, temperatura ma'lum bo'lsa va x , u kattaliklari xisoblab topilsa, sistemadagi muvozanatni ifodalovchi diagrammani qurish mumkin. Diagrammadagi pastki chiziq (1 b-rasm) suyuq aralashmaning qaynash temperaturasi, yuqori chiziq esa - bug' aralashmani kondensastiyalash temperaturasi ifodalaydi. $x = 0$ va $x = 1,0$ da ordinata o'qlaridagi kesmalar, qiyin va engil uchuvchan komponentlar qaynash temperaturasi ko'rsatadi.

Suyuqlikning ma'lum tarkibi x_I bo'yicha bug' tarkibini aniqlash uchun suyuqlik konstantriyasiga tegishli absstissa o'qidagi nuqtadan qaynash chizig'i bilan kesishguncha vertikal chiziq o'tkaziladi. So'ng esa, kesilish nuqtasidan bug' kondensastiyalanish chizig'i bilan kesishguncha gorizontal chiziq o'tkaziladi. Kesilish nuqtasining absstissa o'qidagi qiymati bug'ning muvozanat tarkibi u_{r1} ni beradi.

1 b-rasmda ko'rinib turibdiki, bir xil qaynash temperaturasida bug'dagi engil uchuvchan komponent konstantriyasi uning suyuqlik bug'lari muvozanat konstantriyasidan katta bo'ladi. «Suyuqlik - bug'» sistemaning bu xossasi **Konovalovning birinchi qonuniga** bo'ysunadi, ya'ni eritma bilan muvozanatda bo'lgan bug' doim o'zida shunday komponentni ortiqcha ushlaydi, bunda eritmaga shu komponentdan qo'shilganda uning qaynash temperaturasi kamayadi. Masalan, etil spirtiga suv qo'shilsa, sistemaning qaynash temperaturasi pasayadi. Konovalovning 1-qonuniga binoan, eritmaning qaynashi davrida suv bug'i fazasining spirt bug'lari bilan boyishi sodir bo'ladi.

Rektifikatsiya jarayonini xisoblash uchun $u - x$ diagrammadan foydalanish qulaydir (1v-rasm).

$u_m = f(x)$ funktsiya quyidagi tenglamaga mos keladi

$$y = \frac{P_A \cdot x}{P} = \frac{P_A \cdot x}{P_B + (P_A - P_B) \cdot x} \quad (6)$$

xamda, suyuq va bug' fazalar muvozanat tarkiblari orasidagi bog'liqlikni ifodalaydi.

Komponentlar nisbiy uchuvchanligi:

$$\alpha = \frac{P_A}{P_B}$$

ma'lum bo'lsa, ideal aralashmalar muvozanat chizig'ini xisoblash va qurish mumkin.

$$y = \frac{\alpha \cdot x}{1 + (\alpha - 1) \cdot x} \quad (7)$$

Faqat engil uchuvchan komponentlardan tarkib topgan suyuqlik bilan shu komponentdan tarkib topgan bug' muvozanat xolatida bo'ladi. Muvozanat chizig'ining eng chetki nuqtalari kvadratning qarama - qarshi burchaklarida joylashgan. Kvadrat diagonali va muvozanat egri chizig'i suyuq va bug' fazalarning mavjud bo'lish soxalarini chegaralaydi.

Oddiy xaydash

Suyuqlik aralashmalarini bir marotaba qisman bug'latish yo'li bilan ajratish jarayoni **oddiy xaydash** deb nomlanadi. Oddiy xaydash jarayonini eritma komponentlari uchuvchanligi orasidagi farq katta bo'lgan xollardagina qo'llash maqsadga muvofiq va yuqori samara beradi. Oddiy xaydash quyidagi usullarda amalga oshiriladi: Fraksiyali xaydash; Deflegmatsiya bilan xaydash; suv bug'i bilan xaydash; molekulyar xaydash.

Fraksiyali xaydash Bu usul xaydash kubidagi eritmani asta-sekin bug'latish yo'li bilan olib boriladigan ajratish jarayonidir (2-rasm).

Jarayon davomida xosil bulayotgan bug' kondensator 2 ga uzatiladi va u erda kondensastiyalanib, distillyat xolatida yig'gich 3 ga yuboriladi. Jarayon tugagandan so'ng, kub 1 dagi kub qoldig'i chiqarib tashlanadi. Kub 1 to'yingan suv bug'i yoki tutun gazlari bilan qizdiriladi.

Eritmani xaydash jarayonida kub qoldig'ida engil uchuvchan komponent miqdori va distillyat tarkibidagi miqdori maksimal qiymatdan minimalgacha kamayadi. Shuning uchun, xar xil tarkibli distillyat fraksiyalari turli yig'gichlarga ajratib olinadi. Xar xil tarkibli maxsulot olishga mo'ljallangan eritmalarni ajratib olish usuli **Fraksiyali xaydash** deb nomlanadi.

Oddiy xaydash davrida xosil bulayotgan bug' kubdan chiqarib olinadi va xar bir onda kubda qolgan eritma bilan muvozanatda bo'ladi.

Bu usulda xaydash atmosfera yoki vakuum ostida olib boriladi. Vakuum ostida xaydash usuli issiqlikka chidamsiz eritmalarni ajratish imkoniyatini yaratadi, chunki bu usulda qaynash temperaturasi pasayadi. Shuning uchun xam bu usulda xaydash davrida past temperaturali suv bug'laridan foydalaniladi.

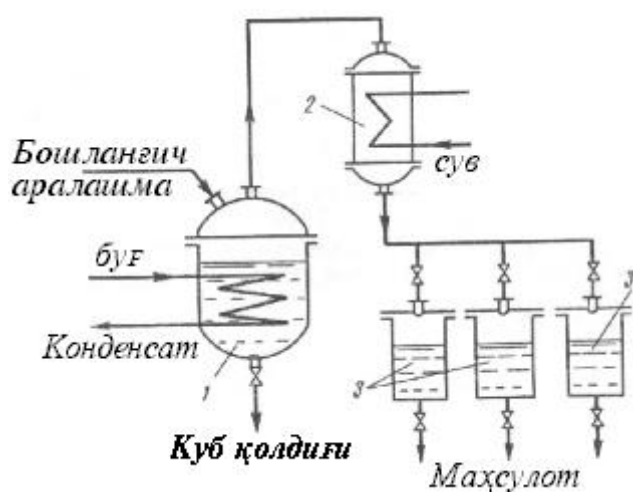
Distillyatning o'rtacha tarkibi moddiy balans tenglamasidan aniqlanadi:

$$Fx_f = Wx_w + (F - W)x_{dyp}$$

bundan

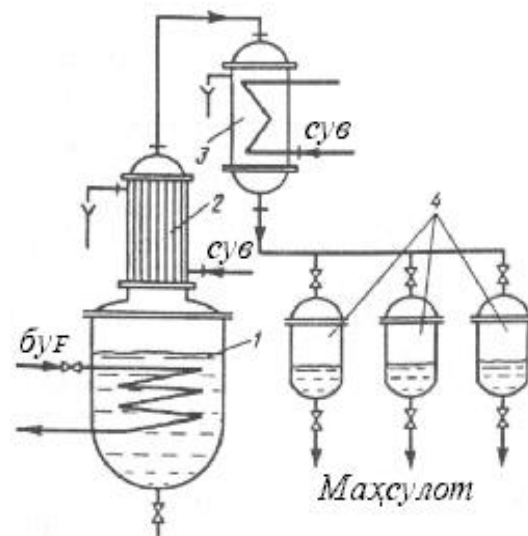
$$x_{dyp} = \frac{Fx_f - Wx_w}{F - W} \quad (8)$$

bu erda F - boshlang'icheritma miqdori; x_f - boshlang'icheritma



2-расм. Oddiy xaydash qurilmasi.

1 - kub; 2 - kondensator; 3 – distilyat yig'ich 175



3-расм. Deflegmatsiyali oddiy xaydash qurilmasi. 1 - kub; 2 - deflegmator; 3 - kondensator; 4 – yig'gichlar.

konstentrastiyasi; W - kub qoldig'i miqdori; x_w - kub qoldig'i konstentrastiyasi.

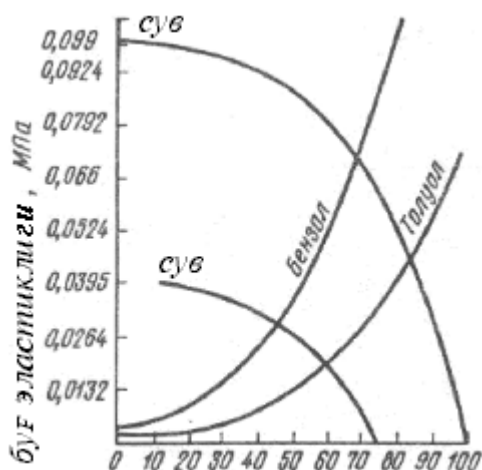
Deflegmatsiya bilan xaydash Bu usul eritmaları ajratish darajasini ko'tarish uchun qo'llaniladi (3-rasm).

Bu usulda, kub 1 da xosil bo'lgan bug'lar deflegmator 2 ga uzatiladi va u erda qisman kondensastiyalanadi. Qisman kondensastiyalanish davrida qiyin uchuvchan komponent miqdori ko'p bo'lgan flegma xosil bo'ladi va qaytadan kubga tushiriladi. Kub 1 ga tushish vaqtida ko'tarilayotgan bug'lar bilan o'zaro ta'sirida buladi.

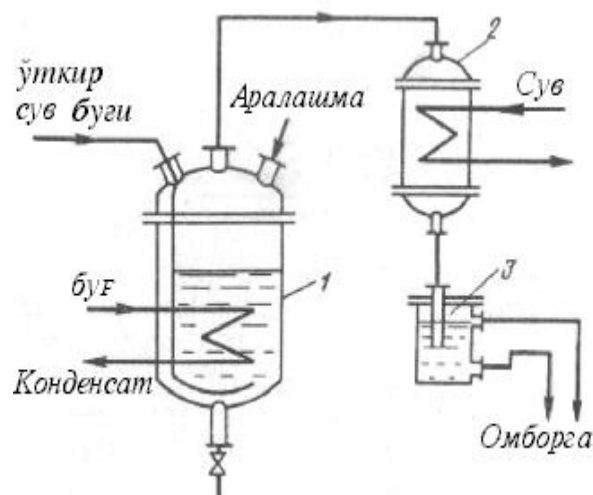
Engil uchuvchan komponent miqdori yuqori bo'lgan bug'lar kondensatorga yo'naltiriladi. Kondensastiyalanish natijasida xosil bo'lgan distillyat yig'gich 4 ga tushadi. Kub qoldig'ining konstentrastiyasi o'rnatilgan x_w qiymatiga etganda so'ng, kubdan chiqarib yuboriladi.

Suv bug'i bilan xaydash Eritmalar qaynash temperaturasini pasaytirish uchun jarayonni vakuum ostida tashkil etish usuli oldindan ma'lum edi. Lekin, eritmaları suv bug'i bilan xaydash usulida xam qaynash temperaturasini pasaytirish mumkin. Ayniqsa, bu usul qaynash temperaturasi 100°S dan ortiq bo'lgan va komponentlari suvda erimaydigan eritmalar uchun juda qo'l keladi. Shuning uchun, eritma komponentlari suvda erimasa, unda xaydash kubiga qo'shimcha komponent sifatida suv bug'i yuboriladi.

4-rasmda suv bug'i bilan oddiy xaydash davrida qaynash temperaturasini aniqlash diagrammasi



4-rasm. Suv bug'i bilan xaydash paytida qaynash temperaturasini aniqlash diagrammasi.



5-rasm. Suv bug'i bilan oddiy xaydash qurilmasi. 1 - kub; 2 - kondensator; 3 - separator.

keltirilgan. Bu diagrammada qaynash temperaturasiga suv bug'ining elastiklik egri chizig'i bilan turli suyuqliklar elastiklik egri chiziqlari kesishgan nuqtasi to'g'ri keladi. Grafikdan ko'rinib turibdiki, atmosfera bosimida benzolni suv bilan xaydash paytida jarayon temperaturasi $69,5^{\circ}\text{S}$, bosim $r = 0,0395$ MPa da 46°S atrofida, bosim $r = 0,1$ MPa da toluol uchun esa -85°S .

5-rasmda aralashmalarni suv bug'i bilan xaydash qurilmasining sxemasi keltirilgan.

Boshlang'ich eritma kub 1 ga yuklanadi va uning g'ilofiga suv bug'i yuboriladi. So'ng, kub ichidagi eritmaga barboter orqali kuchli suv bug'i xaydaladi. Eritmaning qaynash paytida xosil bo'lgan bug'lar kondensator 2 ga uzatiladi va undan keyin separator 3 da kondensat ajratiladi. Separatoridan suv chiqariladi, suvda erimaydigan engil uchuvchan komponent esa maxsus idishga yig'iladi. Odatda bu usul muvozanat bo'lmagan sharoitlarda amalga oshiriladi.

Tekshirish uchun savollar:

1. Suyuqliklarni xaydash deb nimaga aytiladi?
2. Xaydash usullari qanday?
3. Konovalov qonuni haqida nima bilasiz?

26-MA'RUZA. REKTIFIKASIYA.

REJA:

1. Rektifikatsiya.
2. Rektifikatsiya jarayonining moddiy va issiqlik balanslari.
3. Xaqiqiy flegma soni.
4. Rektifikatsion kolonna ishchi balandligi va tarelkalar sonini xisoblash.
5. Rektifikatsion kolonnalar konstruktsiyalari.
6. Rektifikatsion qurilmalarni xisoblash.

Rektifikatsiya

Suyuqlik aralashmalarini tashkil etuvchi komponentlarga bir necha marta qisman bug'latish va bug'larni kondensastiyalash natijasida ajratishga **Rektifikatsiya** deyiladi.

Odatda, eritmaları to'la ajratishni faqat Rektifikatsiya usuli ta'minlaydi. Bu jarayon nasadkali yoki tarelkali kolonnalarda o'tkaziladi. Kolonnada bug' va eritma qarama - qarshi yo'nalishda xarakatlaniriladi va xar bir to'qnashish moslamasida bug' kondensastiyalansa, eritma esa bug'ning kondensastiyalanish issiqligi xisobiga qisman bug'lanadi.

Shunday qilib, bug' engil uchuvchan komponent bilan, kolonnadan pastga oqib tushayotgan suyuqlik esa - qiyin uchuvchan komponent bilan boyitiladi. Bug' va eritmaning ko'p marta to'qnashishi xisobiga distillyat butunlay engil uchuvchan, kub qoldig'i esa - qiyin uchuvchan komponentdan tarkib topgan bo'ladi.

Rektifikatsiya jarayonini xisoblashda quyidagi taxminlar qabul qilinadi:

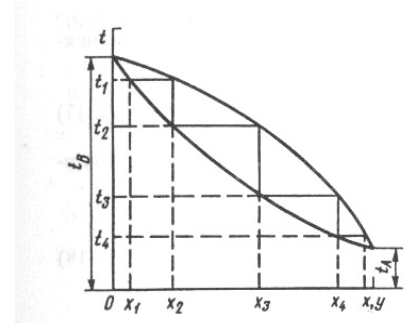
a) 1 kmol bug' kondensastiyalanish davrida 1 kmol suyuqlik bug'lanadi. Demak, Rektifikatsion kolonnaning istalgan ko'ndalang kesimida xarakatlanayotgan bug'ning miqdori bir xildir;

b) deflegmatorda kondensastiyalanayotgan bug'ning tarkibi o'zgarmaydi. Demak, Rektifikatsion kolonnadan chiqib ketayotgan bug'ning tarkibi distillyatnikiga teng ($u_d = x_d$) bo'ladi;

v) eritma bug'lanishi davrida uning tarkibi o'zgarmaydi. Demak, bug'lanish davrida xosil bo'lgan bug'ning tarkibi kub qoldig'inikiga tenglashadi, ya'ni ($y_w = x_w$).

Ko'pincha Rektifikatsiya jarayoni $t - x, y$ diagramma yordamida tasvirlanadi (1-rasm).

Konstentratsiyasi x_1 bo'lgan boshlang'ich eritma qaynash temperaturasi t_1 gacha qizdirilganda, suyuqlik bilan muvozanatdagi bug' olinadi va u kondensastiyalanganda engil uchuvchan komponentga boyitilgan x tarkibli suyuqlik xosil bo'ladi. Ushbu suyuqlik yana qizdirilsa va uning temperaturasi t_2 gacha etkazilsa, xosil bo'lgan bug'ning kondensastiyalanishi natijasida x_3 tarkibli suyuqlikni olamiz. Shunday qilib, bug'lanish va kondensastiyalash jarayoni ko'p marta qaytarilsa, boshlang'ich eritmani toza, engil va qiyin uchuvchan komponentlarga ajratish mumkin.

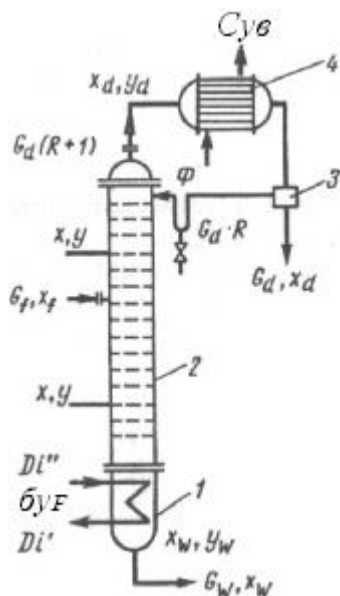


1-rasm. $t - x, y$ - diagramma.

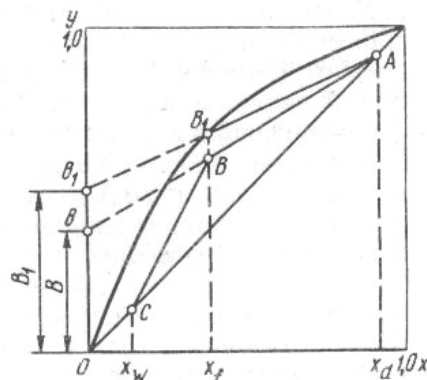
Rektifikatsiya jarayonining moddiy va issiqlik balanslari

Jarayonning prinsipial sxemasi asosida Rektifikatsiyaning moddiy va issiqlik balanslari tuziladi (2-rasm). Rektifikatsion kolonnaga uzatilgan boshlang'ich eritma distillyat va kub qoldig'iga ajratiladi.

Kolonnadan chiqayotgan bug'lar deflegmator 4 da kondensastiyalanadi va ajratuvchi idish 3 ga



2-rasm. Rektifikatsiya jarayonining moddiy va issiqlik balanslari tuzishga oid.



3-rasm. Rektifikatsiya jarayoni ishchi chizig'ining tasviri.

tushadi. Bu erda suyuqlik ikki qismga, ya'ni flegma F va distillyatga ajratiladi. Flegma kolonnada purkatilish uchun yo'naltiriladi.

Jarayon moddiy balansi ushbu ko'rinishga ega:

$$G_f = G_d + G_w \quad (1)$$

Engil uchuvchan komponent bo'yicha esa:

$$G_f \cdot x_f = G_d \cdot x_d + G_w \cdot x_w \quad (2)$$

bu erda G_f , G_d , G_w - boshlang'ich eritma, distillyat va kub qoldig'i massalari, kmol; x_f , x_d , x_w - boshlang'ich eritma, distillyat va kub qoldiqlaridagi engil uchuvchan komponentning konsentratstiyalari, mol ulushlar.

(1) va (2) tenglamalardan distillyat va kub qoldig'ining massalari aniqlanadi:

$$G_d = G_f \frac{x_f - x_w}{x_d - x_w} \quad (3)$$

$$G_w = G_f \frac{x_d - x_f}{x_d - x_w} \quad (4)$$

Boshlang'ich eritma, kub qoldig'i va flegmalarning 1 kmol distillyatga nisbatlarini quyidagicha belgilab olamiz:

$$\frac{G_f}{G_d} = F; \quad \frac{G_w}{G_d} = W; \quad \frac{\Phi}{G_d} = R$$

Flegma miqdorining distillyat miqdoriga nisbati *flegma soni* deb nomlanadi.

Rektifikatsion kolonnaning ta'minlash tarelkasi uni 2 ga ajratadi: yuqori va pastki qismlarga.

Umumiy tenglama asosida kolonnaning yuqori va pastki qismlari uchun moddiy balans tenglamalarini tuzamiz:

$$G \cdot dy = L \cdot (-dx) \quad (5)$$

bu erda $L = R \cdot G_d$ - kolonna yuqori qismida oqib tushayotgan suyuqlik miqdori.

Kolonna bo'ylab yuqoriga ko'tarilayotgan bug' miqdori:

$$G = G_d + \Phi = G_d + R G_d = G_d(1 + R) \quad (6)$$

Kolonnaning yuqori qismi uchun:

$$(R + 1) \cdot dy = R \cdot (-dx) \quad (7)$$

Pastki qismi uchun:

$$(R + 1) \cdot dy = (F + R) \cdot (-dx) \quad (8)$$

Konstrentsiyalari x, u bo'lgan kolonna yuqori qismining istalgan ko'ndalang kesimi va konstrentsiyalari x_d, u_d bo'lgan kolonnaning yuqori qismi uchun (7) tenglamani yozamiz: ($x_d = u_d$ deb qabul qilingan xolda)

$$(R + 1) \cdot (y_d - y) = (R + 1) \cdot (x_d - y) = R \cdot (x_d - x)$$

Bundan

$$y = \frac{R}{R + 1} x + \frac{x_d}{R + 1} \quad (9)$$

Konstrentsiyasi x, u bo'lgan kolonnaning pastki qismi va konstrentsiyalari x_w, u_w bo'lgan kubning istalgan ko'ndalang kesimi uchun, $x_w = y_w$ ni xisobga olib (8) tenglamani yozamiz:

$$(R + 1) \cdot (y - y_w) = (R + 1) \cdot (y - x_w) = (F + R) \cdot (x - x_w)$$

yoki

$$y = \frac{R + F}{R + 1} x - \frac{F - 1}{R + 1} x_w \quad (10)$$

Ko'rinib turibdiki (9) va (10) tenglamalar to'g'ri chiziqni ifodalaydi. (9) tenglamadagi $R/(R + 1) = \tan \alpha$ - ishchi chiziqning absstissa o'qiga og'ish burchagi tangensi $x_d/(R + 1) = B$ chiziq $u - x$ diagramma ordinata o'qida ajratgan kesmasi (3-rasm).

Shunday qilib, (9) va (10) tenglamalar Rektifikatsion kolonnaning yuqori va pastki qismlarining ishchi chiziq tenglamalarini ifodalaydi.

Agar, jarayon davriy bo'lsa, Rektifikatsiya jarayoni kolonna yuqori qismining ishchi chizig'i bilan ifodalanadi.

(7) tenglamadan kolonnaning ta'minlovchi tarelka ko'ndalang kesimi va tepasi uchun quyidagi ifodani olamiz:

$$(R + 1) \cdot (x_d - y_f) = R \cdot (x_d - x_f) \quad (11)$$

bundan

$$R = \frac{x_d - y_f}{y_f - x_f} \quad (12)$$

Хақиқий флегма sonи

Хақиқий флегма sonини танлаш о'та murakkab masaladir, chunki uning miqdoriga qarab Rektifikatsion kolonna o'lchamlari va issiqlik eltkichlar sarfi o'zgaradi. Kolonnalarni ishlatish uchun zarur sarflar va kapital xarajatlar, xamda energetik sarflar flegma soniga bog'liq.

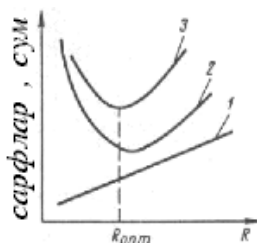
4-rasmda хақиқий флегма sonining Rektifikatsiya jarayoni sarflariga bog'liqligi tasvirlangan.

Ko'rinib turibdiki, flegma soni ortishi bilan ekspluatatsion sarflar proporsional ravishda ortadi. Kapital sarflarning flegma soniga bog'liqligi kolonna diametri va balandligiga teskari proporsionalligi bilan ifodalanadi. Flegma sonining ma'lum bir qiymatiga kapital sarflarning minimal kattaligi to'g'ri keladi.

Umumiy sarflar va flegma soni orasidagi bog'liqlik xam minimum nuqtasi bilan xarakterlanadi. Bu nuqtaga mos R хақиқий флегма sonining optimal qiymatiga teng bo'ladi.

Хақиқий флегма sonини quyidagi formulada xisoblash mumkin:

$$R_x = \beta_R R_{\min}$$



bu erda β_R - flegma ortiqchaligini ifodalovchi koeffitsient. Ko'pchilik xollarda ushbu koeffitsient quyidagi oralikda bo'ladi - $\beta = 1,04 \dots 1,5$.

4-расм. Ректификация жараёнига бўлган сарфларнинг флегма sonига боғлиқлиги. 1-эксплуатацион сарфлар; 2- капитал сарфлар; 3- умумий сарфлар.

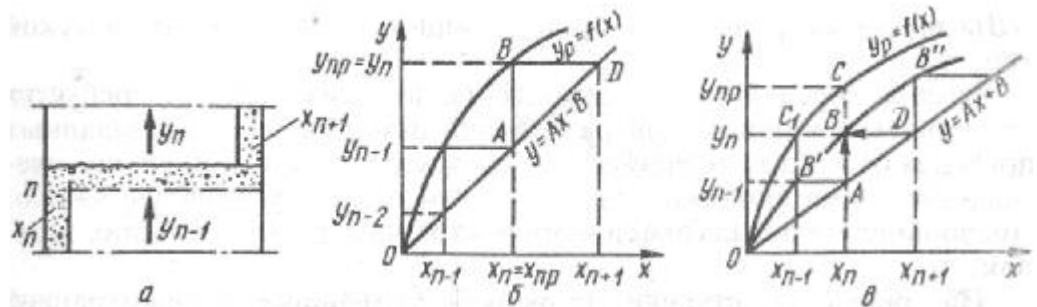
Rektifikatsion kolonna ishchi balandligi va tarelkalar sonini xisoblash

Odatda ushbu parametrlarni aniqlash konstantriyalar o'zgarishining nazariy yoki хақиқий pog'onalari soniga qarab olib boriladi.

Bunda, nazariy pog'onada bug' va oqib tushayotgan suyuqlik muvozanat xolatida bo'ladi.

Barbotaj tarelkasining ishlash prinsipini ko'rib chiqamiz (5-rasm).

Agar, konstantriyasi x_{n+1} bo'lgan suyuqlik yuqoridan n - tarelkaga oqib tushsa, pastdagi tarelkadan konstantriyasi y_{n-1} bo'lgan bug' ko'tariladi. Massa almashinish natijasida suyuqlikdagi engil uchuvchan komponent bug'ga o'tsa, qiyin uchuvchan esa - bug'dan suyuqlikka o'tadi. Bug'dagi engil uchuvchan komponent konstantriyasi y_n gacha ortsa, suyuqlikda esa x_{n+1} dan x_n gacha kamayadi.



5-расм. Тарелкalar sonini aniqlashga oid. a - тарелkada bug' va suyuqlikning o'zaro tasiri; b

– bug' va suyuqlik muvozanatga erishish jarayonini

Jarayonni taxlil qilishda quyidagi taxminlarni qabul qilamiz: tarelkadagi suyuqlik ideal aralashtirilgan va uning konstantriyasi o'zgarmas x_n ga teng; ideal siqib chiqarish rejimidagi suyuqlik qatlamida bug'ning konstantriyasi y_{n-1} dan y_n gacha o'zgaradi.

Bug' konstantriyasi y_{n-1} dan $y_n = u_{pr}$ gacha o'zgarishi davrida muvozanatga erishishi vertikal AV kesma bilan tasvirlansa, konstantriyasining x_{n+1} dan x_n gacha o'zgarishi esa, BD kesma bilan xarakterlanadi (5b-rasm). Shunday qilib, AVD pog'ona bitta nazariy tarelkada sodir bo'layotgan jarayonni ifodalaydi.

Rektifikatsion kolonnada o'rnatish zarur bo'lgan nazariy tarelkalar sonini aniqlash uchun ishchi va muvozanat egri chiziqlarining A va S nuqtalari orasiga pog'onalar quriladi.

Kolonnaning haqiqiy tarelkasida xech qachon muvozanat konstantriyasiga erishib bo'lmaydi, ya'ni $y_n < u_{pr}$ (5 v-rasm).

Kolonnadagi haqiqiy tarelkalar sonini aniqlash uchun foydali ish koeffitsienti qo'llaniladi. Odatda uning kattaligi tajribaviy usul bilan topiladi. Rektifikatsiya jarayonida massa berish koeffitsientini xisoblash uchun quyidagi tenglamalar tavsiya etiladi:

suyuq fazada:

$$Nu_{\Delta c} = 540 \cdot Re_c^{0,33} \cdot Pr_{\Delta c}^{0,45} \quad (13)$$

elaksimontar tarelkalarda gaz fazasi uchun:

$$Nu_{\Delta r} = 2,5 \cdot Re_r^{0,72} \cdot Pr_{\Delta r}^{0,5} \cdot We^{-0,25} \quad (14)$$

qalpoqchali tarelkalarda gaz fazasi uchun:

$$Nu_{\Delta r} = 0,265 \cdot Re_r \cdot Pr_{\Delta r}^{0,5} \cdot We^{-0,25} \quad (15)$$

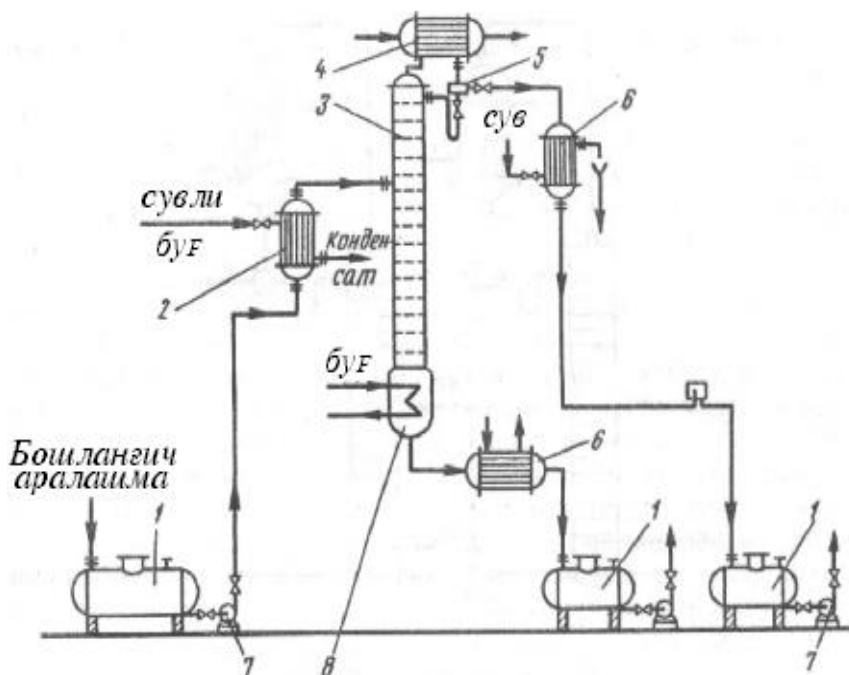
(14) va (15) tenglamalardagi Nu_{dg} va Re_g kriteriyalarda aniqlovchi o'lcham sifatida kapillyar konstanta $\chi = \sqrt{\sigma / \rho_c g}$ xisoblanadi. Veber kriteriyasi $We = (\sigma / p_c) h_{cm}^2 g$,

bu erda σ - sirtiy taranglik, N/m; h_{st} - tarelkadagi suyuqlik qatlamining statik balanligi, m.

Uzluksiz ishlaydigan Rektifikatsion kolonnaning prinstipial sxemasi 1-rasmda ko'rsatilgan. Boshlang'ich eritma isitkich 2 da qizdiriladi va kolonnaning ta'minlovchi tarelkasiga uzatiladi. Kolonnadagi qaynatkich 8 ning issiqligi ta'sirida Rektifikatsiya jarayoni sodir bo'ladi, eritma distillyat va kub qoldig'iga ajraladi. Kolonnadan chiqayotgan bug'lar deflegmator 4 da qisman yoki to'la kondensastiyalanadi. Agar bug' to'la kondensastiyalansa, xosil bo'lgan distillyat ajratuvchi moslama 5 da ikki qismiga bo'linadi.

Birinchi qism - flegma suyuqlik tambasi orqali o'tib kolonnaning yuqori tarelkasida purkaladi, ikkinchi qismi esa - distillyat sovutkich 6 dan o'tkazilib sovutiladi va yig'gich 1 da to'planadi.

Agar, bug'lar deflegmatorda qisman kondensastiyalansa, ular kondensator–sovutkich orqali



1-пasm. Uzlusiz ishlaydigan rektifikatsion kolonna. 1 – yig'gich; 2 - isitgich; 3 - rektifikatsion kolonna; 4 - deflagmator; 5 - ajratuvchi moslama; 6 - sovutgich; 7 - nasoslar; 8 - qaynatgich.

o'tkaziladi, u erda kondensastiyalanadi va sovutiladi. Jarayon mobaynida xosil bo'layotgan kub qoldig'i uning qiymatligi va zarurligiga qarab yoki yig'gichda to'planadi, yoki oqava suv sifatida utilizastiyaga yo'naltiriladi.

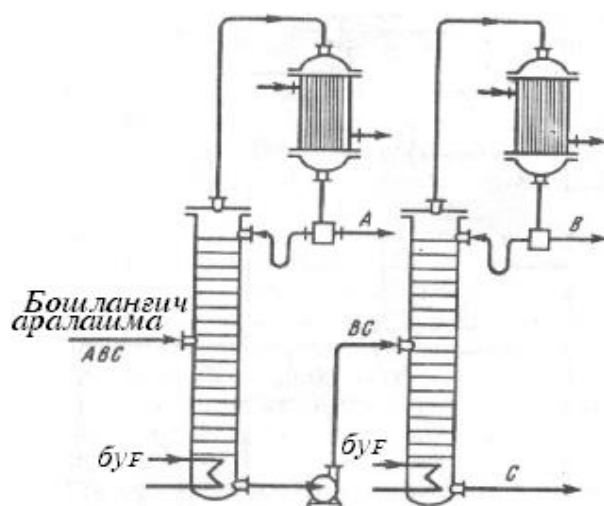
Odatda, sanoat miqyosida boshlang'ich eritma uch va undan ko'p qismlarga ajratiladi.

Ko'p komponentli eritmalarini Rektifikatsiya qilish sxemasi 2-rasmda tasvirlangan. Ushbu sxema ko'p kolonnali bo'lib, boshlang'ich eritmani uzlusiz ravishda uch qism, ya'ni A, V va S komponentlarga ajratishga mo'ljallangan.

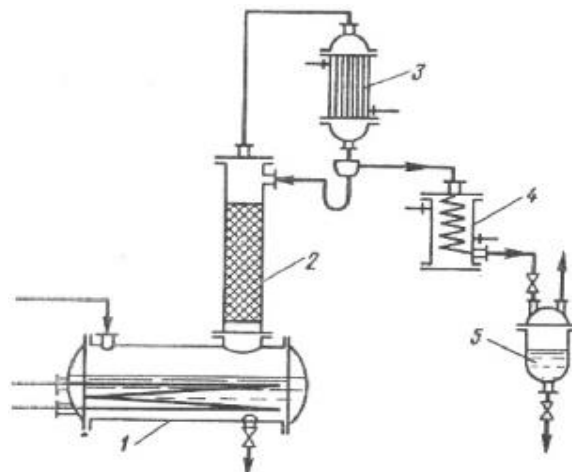
Birinchi kolonna aralashmani A+VS yoki AV+S qismlarga ajratadi. Aralashmani n qismga ajratish uchun $n-1$ Rektifikatsion kolonnalardan tarkib topgan Rektifikatsion sxema zarur bo'ladi.

Davriy ishlaydigan rektifikatsion kolonnaning prinistipial sxemasi 3-rasmda keltirilgan.

Boshlang'ich aralashma bug' bilan isitilayotgan qaynatkichga uzatiladi. Qaynash temperaturasisigacha isitilgan aralashmaning bug'lari Rektifikatsion kolonnaning pastki qismiga yuboriladi. Kolonna bo'ylab tepaga ko'tarilayotgan bug'lar engil uchuvchan komponent bilan boyib boradi, so'ng esa deflegmatorga tushadi. U erda kondensastiyalanadi. Xuddi uzlusiz ishlaydigan Rektifikatsiya sxemasidek, kondensat flegma va distillyatga ajraydi. Qurilmadagi kub qoldig'i to'kiladi va u yangi boshlang'ich aralashma bilan to'ldiriladi.



2-пasm. Ko'p komponentli ajratish rektifikatsion sxemasi. 182



3-пasm. Davriy ishlaydigan rektifikatsion kolonna sxemasi. 1 - qaynatgich; 2 – kolonna 3 - deflegmator; 4 - sovutgich; 5-yig'gich.

Rektifikatsion kolonnalarni xisoblash

Ma'lumki, xalq xo'jaligining turli soxalarida Rektifikatsiya jarayoni juda ko'p ishlatiladi. Bu jarayonni amalga oshirishda tarelkali kolonnalardan keng ko'lamda foydalaniladi.

Misol tariqasida etil spirti-suv aralashmasini ajratish uchun uzluksiz ishlaydigan Rektifikatsion kolonnani (tarelkali) xisoblashni ko'rib chiqamiz. Etil spirti-suv aralashmasining massaviy sarfi $G=800$ kg/soat etil spirtining boshlang'ich eritmadagi konstantrastiyasi $a_f = 20\%$ (mass); etil spirtning distillyatdagi konstantrastiyasi $a_d = 91\%$ (mass); etil spirtining kub qoldig'idagi konstantrastiyasi $a_w = 2,6\%$ (mass); flegmaning ortiqchalik koeffitsienti $\beta_R = 1,3$; $\eta = 0,5$; tarelkalar orasidagi masofa $h = 200$ mm; isituvchi bug' bosimi $p_b = 0,3$ MPa; Rektifikatsiya jarayoni atmosfera bosimida tashkil etilgan. Distillyat G_d , kub qoldig'i G_w va tarelkalar miqdori n , xamda kolonna balandligi N , diametri D_k va isituvchi bug' sarfi D larni aniqlash zarur.

Moddiy balans formulasidan, xosil bo'layotgan distillyat miqdorini aniqlaymiz:

$$G_d = G_f \frac{a_f - a_w}{a_d - a_w} = 800 \frac{20 - 2,6}{91 - 2,6} = 157,4 \text{ } \kappa\text{z} / \text{coam}$$

Ushbu formuladan esa kub qoldig'ining miqdori topiladi:

$$G_w = G_f - G_d = 800 - 157,4 = 642,4 \text{ } \kappa\text{z} / \text{coam}$$

Rektifikatsiya jarayonini $u-x$ koordinatlarida qurish uchun boshlang'ich aralashma, distillyat va kub qoldiqlari tarkibidagi engil uchuvchan komponent konstantrastiyasini 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 qiyin suv uchuvchan komponentlarning molekulyar massalari:

$$x_f = \frac{20/46}{20/46 + (100-20)/18} = \frac{0,434}{0,434 + 0,44} = 0,089;$$

$$x_d = \frac{91/46}{91/46 + (100-91)/18} = \frac{1,978}{1,978 + 0,5} = 0,798$$

$$x_w = \frac{2,6/46}{2,6/46 + (100-2,6)/18} = \frac{0,056}{0,056 + 5,41} = 0,01$$

Tajriba malumotlari asosida $u - x$ kordinatlarida boshlang'ich aralashma uchun muvozanat chizig'ini qo'ramiz.

Ushbu formula yordamida minimal flegma sonini aniqlaymiz:

$$R_{\min} = \frac{x_d - y_{fm}}{y_{fm} - x_f} = \frac{0,798 - 0,44}{0,44 - 0,089} = 1,25$$

bu erda y_{fm} - boshlang'ich aralashma tarkibidagi engil uchuvchan komponent bilan muvozanatda bo'lgan bug'dagi engil uchuvchan komponent konstantrastiyasi.

Kolonna yuqori qismi uchun ishchi chizig'ini qurish uchun formuladan xaqiqiy flegma sonini xisoblaymiz:

$$R = \beta_R R_{\min} = 1,3 \cdot 1,25 = 1,629$$

Kesma V ning uzunligini topamiz (4-rasm):

$$B = \frac{x_d}{R+1} = \frac{0,798}{0,629} = 0,3$$

So'ng, ordinata o'qida $V=0,3$ kesmani o'lchab, uni A nuqta ($x_d = u_d$ koordinatli) bilan birlashtiramiz va kolonnaning yuqori qismi uchun ishchi chiziq olamiz. Pastki qism uchun ishchi chiziq esa, V nuqtani (x_f, u_f - kordinatli) S nuqta ($x_w = y_w$ koordinatli) bilan birlashtirib aniqlanadi.

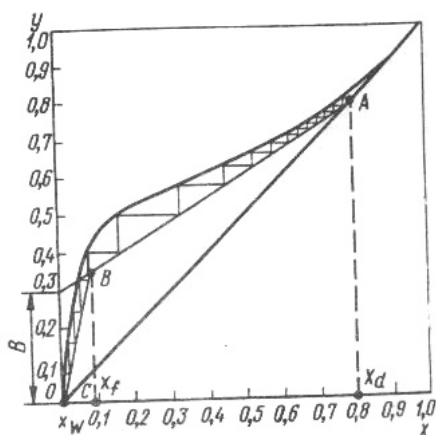
Kolonna pastki va yuqori qismlaridagi konstentrasiya o'zgarishi pog'onalarining soni (n) ni aniqlaymiz. Buning uchun muvozanat va ishchi chiziqlari orasiga A nuqtadan S gacha pog'onali chiziqlar o'tkazamiz. Tarelka soni quyidagi formula yordamida topiladi, yani:

$$n_x = \frac{n}{\eta} = \frac{16}{0,5} = 32$$

Kolonnaning xaqiqiy balandligi esa

$$H = h \cdot (u_x - 1) = 0,2 \cdot 31 = 6,2 \text{ m}$$

bu erda h – tarelkalar orasidagi masofa, m.



4-rasm. Rektifikatsion kolonna tarelkalarining sonini grafik usulda aniqlash

Qurilma diametri ushbu formuladan xisoblanadi:

$$D_K = \sqrt{\frac{V}{0,785 \cdot w_u}}$$

bu erda V - kolonnadagi bug' sarfi; w_u - bug'ning ishchi tezligi.

$$V = \frac{G_d (R+1) \cdot (273 + t_{yp}) \cdot 22,4}{3600 \cdot M_a \cdot 273} = \frac{157,4 \cdot 2,629 \cdot 360 \cdot 22,4}{3600 \cdot 46 \cdot 273} = 0,0738 \text{ m}^3 / \text{c}$$

bu erda $t_{yp} = 87^\circ\text{S}$ - kolonnadagi bug'larning o'rtacha temperaturasi.

Kolonnadagi bug'ning tezligi quyidagicha aniqlanadi:

$$w_{np} = 0,05 \sqrt{\frac{\rho_c}{\rho_o}}$$

bu erda ρ_o, ρ_b - suyuqlik va bug'ning o'rtacha zichliklari.

Bug'ning o'rtacha zichligi:

$$\rho_o = \frac{\rho_{ow} + \rho_{od}}{2} = \frac{0,596 + 1,59}{2} = 1,09 \text{ kg} / \text{m}^3$$

Kubdan chiqayotgan bug'ning zichligi (bug' faqat toza suvdan iborat deb taxmin qilinganda),

$$\rho_{\delta_w} = \frac{M_B \cdot 273}{22,4 \cdot (273 + t_w)} = \frac{18 \cdot 273}{22,4 \cdot (273 + 95)} = 0,596 \text{ } \kappa\text{z} / \text{ } \mathcal{M}^3$$

bu erda $t_w = 95^\circ\text{S}$ - kubdagi aralashma qaynash temperaturasi.

Deflegmatorga kirayotgan bug'ning zichligi (bug' faqat toza spirtidan iborat deb taxmin qilinganda),

$$\rho_{\delta_d} = \frac{M_a \cdot 273}{22,4 \cdot (273 + t_d)} = \frac{46 \cdot 273}{22,4 \cdot 351,0} = 1,59 \text{ } \kappa\text{z} / \text{ } \mathcal{M}^3$$

bu erda $t_d + 78^\circ\text{S}$ - spirtning qaynash temperaturasi.

Kolonnadagi suyuqlikning o'rtacha zichligini 78°C li spirt zichligi va kubda suvning qaynash temperaturalarining o'rtacha qiymati deb topamiz:

$$\rho_c = \frac{\rho_{cw} + \rho_{cd}}{2} = \frac{958 + 735}{2} = 846,5 \text{ } \kappa\text{z} / \text{ } \mathcal{M}^3$$

Unda

$$w_{np} = 0,05 \sqrt{\frac{846,5}{1,09}} = 1,393 \text{ } \mathcal{M} / \text{ } c$$

Ishchitezlikniruxsatetilgan chegaraviy tezlikdan 20% gakammiqdorda qabul qilamiz, yani

$$w_u = 0,8 \cdot 1,393 = 1,11 \text{ } \mathcal{M} / \text{ } c$$

Unda, kolonnaning diametri

$$D = \sqrt{\frac{0,0738}{0,785 \cdot 1,11}} = 0,291 \text{ } \mathcal{M}$$

Issiqlikning umumiy sarfi Rektifikatsion kolonnaning issiqlik balansidan aniqlanadi:

$$Q = G_d(R + 1) \cdot r_d + G_w c_w t_w - G_f c_f t_f - R G_d c_d t_d$$

bu erda $r_d = 850 \text{ kJ/kg}$ aralashmaning issiqlik xosil qilish issiqligi; $c_f = 4310$, $c_d = 3600$, $c_w = 4190 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$ solishtirma issiqlik sig'imlar; t_f , t_d , t_w - x_f , x_d , x_w 5.46-rasmdagi egri chiziqlaridan topiladigan qaynash temperaturalari; $t_f = 87^\circ\text{S}$, $t_d = 78^\circ\text{S}$, $t_w = 95^\circ\text{S}$ ga teng deb qabul qilamiz.

Atrof muxitga issiqlikning yo'qotilishi umumiy issiqlik sarfidan 3...5% deb qabul qilinadi, yani

$$Q_{i\text{y}\kappa} = 0,03 \cdot Q = 7066,3 \text{ } \kappa\text{J}/\text{ } coam$$

Issiqlik sarfi:

$$Q = 157,4 \cdot 2,629 \cdot 850 + 642,6 \cdot 4,19 \cdot 95 - 800 \cdot 4,31 \cdot 87 - 1,629 \cdot 157,4 \cdot 3,6 \cdot 78 = 2355464 \text{ } \kappa\text{J}/\text{ } coam$$

Isituvchi bug' sarfi:

$$D = \frac{Q_{ym}}{i'' - i'} = \frac{242612,7}{2730 - 558,9} = 111,75 \text{ kg/coam}$$

bu erda $i'' = 2730 \text{ kJ/kg}$ - isituvchi bug' entalpiyasi; $i' = 558,9 \text{ kJ/kg}$ – kondensat entalpiyasi. Isituvchi bug' va kondensatlarning entalpiyalari to'yingan suv bug'i bosimi bo'yicha jadvaldan aniqlanadi.

Tekshirish uchun savollar:

1. Davriy ishlaydigan Rektifikatsion kolonna ishlash prinsipi qanday?
2. Rektifikatsion qurilmalarning yana qanday turlari bor?
3. Deflegmator nima?
4. Rektifikatsiya jarayoni deb nimaga aytiladi?
5. Flegma soni nima?
6. Tarelkalar soni qanday xisoblab topiladi?

27 – MA'RUZA.

EKSTRAKSIYALASH VA ERITISH.

REJA:

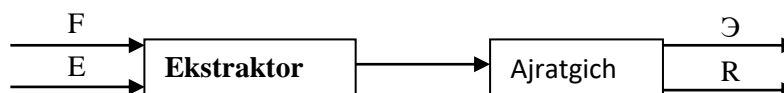
1. Asosiy tushunchalar.
2. Sistema muvozanati.
3. Ekstraksiyalashda massa o'tkazish.
4. Ekstraksiyalashning asosiy usullari.
5. Ekstraktorlar konstruktsiyalari.

Umumiy tushunchalar

«Suyuqlik - suyuqlik» sistemalarida eritma yoki qattik 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) qattiq materiallarni ekstraksiyalash.

Ekstraksiya jarayonining prinsipial sxemasi 5.47-rasmda keltirilgan.



5.47-rasm.

Ekstraksiya jarayonining prinsipial sxemasi.

Tarkibida tarqatuvchi modda M bor eritma F va erituvchi E lar ekstraktorga yuklanadi. Biror eritma tarkibidagi komponentlarni ajratib olish uchun qo'llaniladigan suyuqlik **ekstragent** (E) deb nomlanadi. Fazalar o'rtasida massa almashinish jarayoni ularning bevosita to'qnashuvi tufayli yuz beradi. Ekstraksiya natijasida hosil bo'lgan suyuq aralashma ajratgichga yuboriladi va u erda ekstrakt (E) va rafinat (R) ga ajratiladi.

Suyuq aralashmani ekstrakt va rafinatga ajratish uchun tindirish, separatsiyalash, sentrifugalash yoki boshqa mexanik jarayonlar qo'llaniladi.

Ekstrakt tarkibidagi zarur komponent (mahsulot) ajratib olinadi, rafinatdan esa ekstragent qayta tiklanadi.

Ekstraksiya jarayoni turli xil konstruktsiyali qurilmalarda - **ekstraktorlarda** o'tkaziladi.

Jarayon tahlili shuni ko'rsatadiki, bu jarayon ham Rektifikatsiya kabi eritmalarini ajratish uchun ishlatiladi. Agar, Rektifikatsiya jarayoni issiqlik ta'sirida olib borilsa, ekstraksiya uchun esa - uning zarurati yo'q. Rektifikatsiyada komponentlarga ajratish ularning turli uchuvchanligiga bo'liq. Agar, eritma komponentlarining qaynash temperaturalarini bir - biriga juda yaqin bo'lsa, ekstraksiya jarayonidan foydalanish yuqori samara beradi. Lekin,

ekstragentning zichligi, suyuq aralashma zichligidan etarli darajada farq qilishi va kam bo'lishi kerak.

Ekstraksiya jarayonidan kimyo, neftni qayta ishlash, neft kimyosi, oziq - ovqat, farmastevtika va sanoatning boshqa sohalarida keng miqyosda foydalaniladi. Bu jarayon xilma-xil organik va neft-kimyo sintez mahsulotlarini toza holda ajratib olish, nodir, kamyob va tarqoq elementlarni olish, oqava suvlarini tozalash va boshqa sohalarida ishlatiladi. Jarayonning asosiy afzalligi shundaki, u past temperaturada o'tadi va termolabil moddalari bor elementlarni ajratish imkonini yaratadi.

Ekstraksiya jarayoni kamchiliklardan holi emas, yani qo'shimcha erituvchi ishlatiladi, erituvchini qayta tiklash texnologik sxemani murakkablashtiriladi va qo'shimcha qurilma talab etadi, hamda jarayonni qimmatlashishga olib keladi.

Ko'pchilik xollarda ekstraksiya va Rektifikatsiya jarayonlari ko'pincha birgalikda qo'llaniladi. Bunga sabab, boshlanQich eritma konstantriyasi ortishi bilan Rektifikatsiya jarayoniga zarur bo'lgan issiqlik sarfi kamayadi. Demak, avval ekstraksiya jarayonining o'tkazilishi, boshlanQich eritmani ajratish uchun sarflanadigan issiqlikni tejashga olib keladi.

«Suyuqlik - suyuqlik» sistemasining muvozanati

Bir suyuqlik fazadan ikkinchisiga tarqaluvchi moddaning o'tishi muvozanat holati o'rnatilguncha davom etadi, ya'ni fazalarda kimyoviy potentsiallar tenglashgunga qadar. Faraz qilaylik, jarayonda uchta komponent (= 3) va ikkita faza (= 2) qatnashmoqda. Unda, fazalar qoidasiga binoan erkinlik darajasi = 3. Lekin, odatda ekstraksiya jarayonida temperatura va bosim bir xil qilib ushlab turiladi. Bunday, ekstraksiyalash sistemasining erkinlik darajasi 1 ga teng bo'ladi.

Demak, muvozanat holatida bir fazadagi tarqaluvchi modda konstantriyasiga, ikkinchi fazadagi ma'lum bir konstantriya to'g'ri keladi.

Ekstraksiya jarayonidagi muvozanat tarqalish koeffisienti φ bilan xarakterlanadi, yani ekstrakt va rafinatlardagi tarqaluvchi modda muvozanat konstantriyalarning nisbatiga teng.

Bertlo-Nernst qonuniga bo'ysinadigan suyultirilgan eritma uchun o'zgarmas temperaturada tarqalish koeffisienti φ , tarqaluvchi modda konstantriyasiga bog'liq emas va $\varphi = u_m/x$, bu erda u_m , x - ekstrakt va rafinatdagi tarqaluvchi moddaning muvozanat konstantriyalari. Bunday hollarda muvozanat to'g'ri chiziq ko'rinishida bo'ladi:

$$y_m = \varphi \cdot x \quad (5.142)$$

Odatda, sanoat qurilmalarining tarqalish koeffisienti tajriba yo'li bilan aniqlanadi.

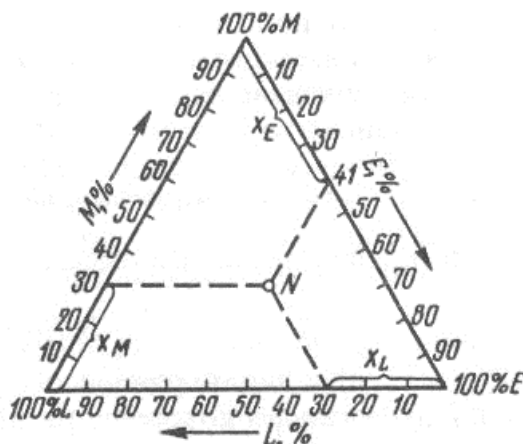
Agar, ikkiala suyuqlik fazalar bir - birida erimasa, har bir fazani ikki komponentli eritma deb hisoblasa bo'ladi. Bunday holatlarda ekstraksiya jarayoni boshqa massa almashinish jarayonlari kabi u - x koordinatalarida tasvirlash mumkin.

Ammo, suyuqlik fazalar bir-birida qisman erisa, har bir fazani uch komponentli eritma deb hisoblasa bo'ladi. Uch komponentli aralashmalar tarkibi uchburchakli koordinatalar sistemasida tasvirlanadi (5.48-rasm).

Teng tomonli uchburchakning cho'qqilari L , M , E larda toza (100% li) komponentlar tarkibi ko'rsatilgan: boshlanQich eritma erituvchi- L , ekstragent E va tarqaluvchi modda M . Uchburchakning tomonlari LM , ME va EL moddalardagi har bir nuqta ikki komponentli eritmani ifodalaydi.

Uchburchak ichki yuzasidagi istalgan nuqta N uch komponentli eritma tarkibini ko'rsatadi. Eritma tarkibini aniqlash uchun N nuqtadan uchburchak tomonlariga parallel chiziqlar o'tkaziladi.

Natijada, N nuqtaga mos keladigan aralashma tarkibi quyidagicha bo'ladi: erituvchi $L = 30\%$,



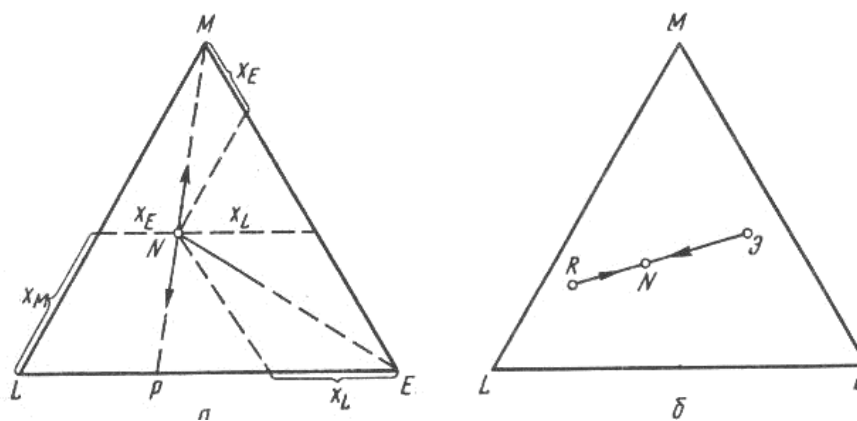
5.48-rasm. Uchburchakli diagramma.

ekstragent $E=40\%$ va tarqaluvchi modda $M=30\%$.

Uchburchakli diagrammadan uch komponentli aralashma tarkibida sodir bo'layotgan o'zgarishlar tasvirlanadi. Agar, N nuqta bilan xarakterlanadigan eritmaga tarqaluvchi modda M qo'shilsa, E va L komponentlar miqdori o'zgarmaydi. Lekin, M komponentning qo'shilish miqdoriga qarab, aralashma tarkibini aniqlovchi miqdor NM qirrada bo'ladi va uchburchakni M cho'qqisiga yaqinlashib boradi (5.49a-rasm).

Aralashma N dan tarqaluvchi modda M ni ajratib olish jarayonida va olingan mahsulot tarkibiga oid nuqta RM kesmada yotadi. Lekin, eritma qancha ko'p suyultirilgan bo'lsa, u uchburchakning LE qirrasiga shuncha yaqin joylashadi.

Tarkibi N bo'lgan aralashmani ekstragent E bilan suyultirish NE chiziqi bilan xarakterlanadi.



5.49-rasm. Uch komponentli modda tarkibi o'zgarishini uchburchakli diagrammada tasvirlash.

Agar boshlanG'ich aralshma 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:

$$R + \varnothing = N$$

bu erda R, E, N - rafinat, ekstrakt va boshlan-Qich aralashma massalari, kg.

Richag qonuniga binoan:

$$\frac{\partial}{\partial R} = \frac{R\bar{N}}{\bar{N}} \quad (5.143)$$

Muvozanat chiziG'ini uchburchakli diagrammada tasvirlaymiz. Buning uchun L va E suyuqlik fazalarida tarqaluvchi modda M cheksiz miqdorda eriydi deb qabul qilamiz. Lekin, erituvchilar bir-birida cheklanmagan miqdorda eriydi (5.49-rasm).

Bir jinsli ikki komponentli M va L , hamda M va E eritmalar tarkibi diagrammaning LM va EN qirralarida nuqtalar bilan ifodalanadi. L va E erituvchilar faqat LR va EE bo'laklaridagina bir jinsli eritmalar hosil qiladi. RE oralikda erituvchilar aralashmasi bir jinsli, ikki komponentli to'yingan eritmalar qatlamiga ajratiladi: R (E va L ning to'yingan eritmasi) va E (L va E ning to'yingan eritmasi). O'ar bir qatlamdagi to'yingan eritmalar soni N nuqtaning holati bilan belgilanadi va richag qoidasiga binoan topiladi.

Agar, N tarkibli aralashmaga M modda qo'shilganda, MN chiziqda joylashgan N_1 nuqta bilan xarakterlanadigan uch fazali aralashma hosil bo'ladi.

N_1 tarkibli aralashma R_1 va E_1 tarkibli $E_1N_1/(R_1N_1)$ nisbatda ikki fazaga ajraladi. Agar, aralashmaga yana M_2, M_3, \dots tarqaluvchi moddalar qo'shilsa, N_2, N_3, \dots tarkibidagi uch fazali aralashmalar hosil bo'ladi va ular muvozanat tarkibli R_2 va E_2, R_3 va E_3 va h. fazalari qatlamlarga ajraladi. Biror N_4 tarkibda fazalarning biri yo'q bo'lib ketgan holgacha muvozanat sarflar nisbati o'zgarib boradi. Undan keyin esa, tarqaluvchi modda M ning yana qo'shilishi bilan N_5 tarkibli bir jinsli, uch fazali aralashmalar hosil bo'ladi.

Agar, R_1 va E_1, R_2 va E_2, \dots lar to'G'ri chiziq bilan birlashtirilsa, muvozanat tarkibga oid R_1E_1, R_2E_2, \dots muvozanat xordalarini hosil qilamiz. Muvozanat xordalari kritik deb nomlanadigan K nuqtada birlashadi. Muvozanat xordalarining o'qish burchagi komponent tabiati va fazalar tarkibi bilan belgilanadi. Agar, muvozanat tarkiblar R, R_1, R_2, \dots va E, E_1, E_2, \dots ni ifodalovchi nuqtalarni ravon, silliq chiziq bilan tutashtirsak **muvozanat egri chiziqini** (binodal egri chiziqni) hosil qilamiz. RK chiziq L erituvchi fazalarining muvozanat tarkibini, EK chiziq esa - E erituvchi fazalarining muvozanat tarkibini xarakterlaydi.

Uchburchakli diagrammadagi binodal egri chiziq ikki (binodal chiziq ostidagi) va bir (binodal chiziq tashqarisidagi) fazali aralashmalarga ajratadi.

5.5049v-rasmdagi muvozanat diagrammasi o'zgarimas temperatura uchun qurilgan va u **izoterma** deb nomlanadi.

Sistema muvozanatiga temperatura ham ta'sir ko'rsatadi. Odatda, temperatura o'sishi bilan komponentlarning bir - birida erishi ortadi. Demak, geterojen sistemalar zonasi kamayib boradi. Temperatura ortishi bilan binodal egri chiziq LE o'qiga yaqinlashadi va RKE chiziq ostidagi yuza kamayadi (5.49v-rasm).

Ekstrakstiya jarayonida massa o'tkazish

Ekstrakstiya jarayonining kinetik qonunlari massa o'tkazishning asosiy qonunlari bilan belgilanadi.

Fazalar to'qnashish yuzasini oshirish maqsadida ulardan bittasi tomchi holida purkaladi. Natijada, bir suyuqlik faza qurilmaning butun hajmida yaxlit joylashadi, ikkinchisi esa tomchi holida bo'ladi. Fazalarning birinchisi **dispersion**, tomchi holatidagisi esa - **dispers** faza deb nomlanadi.

Shunday qilib, ajratilishi zarur bo'lgan komponent dispersion faza ichidan tomchining yuzasiga, keyin esa, uning tarkibiga yoki tegishli komponent tomchining ichidan chegaraviy (ajratuvchi) yuza orqali dispersion (yaxlit) fazaga o'tadi. Jarayon tezligi fazadan fazaga o'tgan modda miqdori bilan xarakterlanadi.

Tomchi ichida massa o'tkazish asosan molekulyar va konvektiv diffuziya yo'li bilan ro'y beradi. Tomchi ichida sirkulyatsiya hisobiga konvekstiya paydo bo'ladi. Jarayon mobaynida tomchining shakli va o'lchami bir necha marta o'zgaradi. Buning oqibatida fazalar orasidagi o'zaro ta'sir yuzasi bir necha bor yangilanadi.

Ekstrakstiya jarayonlarida massa almashinishni ifodalash uchun Fikning 2-qonunidan foydalaniladi.

Umumiy holatda, yani dispersion (yaxlit) va dispers fazalardagi diffuzion qarshiliklarni inobatga olmaslikni iloji bo'lmaganda, massaning ikkala fazada tarqalishi hisobga olinadi.

Massa berish koefitsientlarini hisoblashda ushbu formuladan foydalanish mumkin:

$$M = \beta_c \cdot \Delta x_{yp} \cdot F \quad (5.144)$$

$$M = \beta_d \cdot \Delta y_{yp} \cdot F$$

bu erda β_s va β_d - dispersion va dispers fazalardagi massa berish koefitsienti.

Ushbu koefitsientlar quyidagi kriterial formulalardan topiladi:

$$Nu_c = 1,13 \cdot Pe_d^{0,5}$$

$$Nu_d = 3,75 \cdot 10^{-3} \cdot Pe_d \quad (5.145)$$

(5.145) bu erda $Ni_s = \beta_s d / D_c$ - dispersion faza uchun Nusselt kriteriyasi; $Re_s = wd / D_c$ - dispersion faza uchun Pekle kriteriyasi; D_c - dispersion fazadagi diffuziya koefitsienti, m^2/s ; d - tomchi diametri, m ; w - tomchining dispersion fazadagi tezligi, m/s ; $Ni_d = \beta_d d / D_d$ - dispers faza uchun Nusselt kriteriyasi; D_d - dispers fazadagi diffuziya koefitsienti, m^2/s .

Massa o'tkazish koefitsientlari quyidagi tenglamalardan aniqlanadi:

$$K_y = \frac{1}{\frac{1}{\beta_d} + \frac{\varphi}{\beta_c}} ; \quad K_x = \frac{1}{\frac{1}{\varphi \beta_d} + \frac{1}{\beta_c}} \quad (5.146)$$

Agar, hamma diffuzion qarshilik faqat dispersion fazada mujassam bo'lsa, (5.146) tenglama $K_x = \beta_s$ ko'rinishga kelib qoladi.

Agar, hamma diffuzion qarshilik faqat dispers fazada bo'lsa, yani tomchining ichida, (5.146) tenglama $K_u = \beta_d$ ko'rinishni oladi.

Unda, massa o'tkazishning asosiy tenglamasini quyidagi yozish mumkin:

$$M = K_x \cdot \Delta x_{yp} \cdot F \quad M = K_y \cdot \Delta y_{yp} \cdot F \quad (5.147)$$

Ekstrakstiya jarayonini tashkil etish usullari

Sanoat miqyosida davriy va uzluksiz ekstrakstiya jarayoni quyidagi sxemalar asosida tashkil etiladi: bir pog'onali, ko'p pog'onali qarama-qarshi yo'nalishli va ko'p pog'onali o'zaro kesishgan yo'nalishli.

Bir pog'onali ekstrakstiya asosan ajratish koefitsientining qiymati juda katta bo'lgan hollarda ishlatiladi. Bu sxema davriy yoki uzluksiz bo'lishi mumkin (5.50a-rasm).

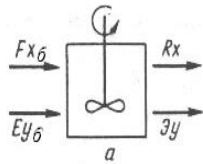
Aralashtirgichli qurilmaga boshlangich eritma F , konstantastiyasi x_b bo'lgan L (kg) miqdordagi erituvchi va ekstragent E yuklanadi. So'ng, aralashtirgich yordamida ular aralashtiriladi va ikki qatlamga ajratiladi, ya'ni ekstrakt E va rafinat R ga.

Emulsiyalarni ajratish uchun tindirgich va qiyin ajratiladigan emulsiyalar uchun esa, separatorlar ishlatiladi.

Bir pog'onali ekstrakstiya jarayonini uchburchakli va to'g'ri burchakli diagrammalarda ko'rib chiqamiz (5.50b,v-rasm).

Boshlang'ich eritma aralashtirganda uch komponentli aralashma hosil bo'ladi va uning tarkibi aralashtirish chizig'i FE da joylashgan N nuqta bilan xarakterlanadi. Aralashma ajrati natijasida ekstrakt va rafinatga bo'linadi. Ularning tarkibi N nuqta orqali o'tadigan, muvozanat xordasida yotuvchi R va E nuqtalar bilan belgilanadi. Ekstragent modulini richag qoidasiga binoan topish mumkin:

$$\frac{E}{F} = \frac{\overline{FN}}{\overline{EN}}$$

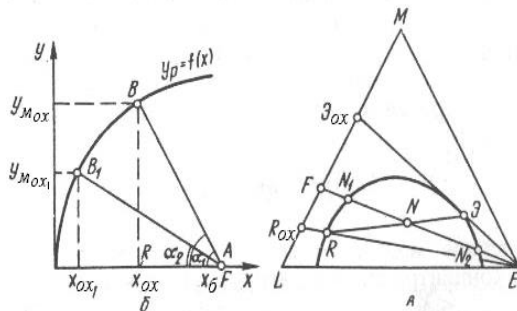


Rafinat miqdorini esa,

$$R = \frac{N\bar{\Theta}\bar{N}}{R\bar{\Theta}}$$

Ekstrakt miqdorini esa:

$$\Theta = N - R = N \cdot \left(\frac{\bar{R}\bar{N}}{R\bar{\Theta}} \right)$$



Rafinat tarkibini uchburchakning LM tomonidagi nuqta R_k , ekstrakt-nikini esa - E_k belgilaydi.

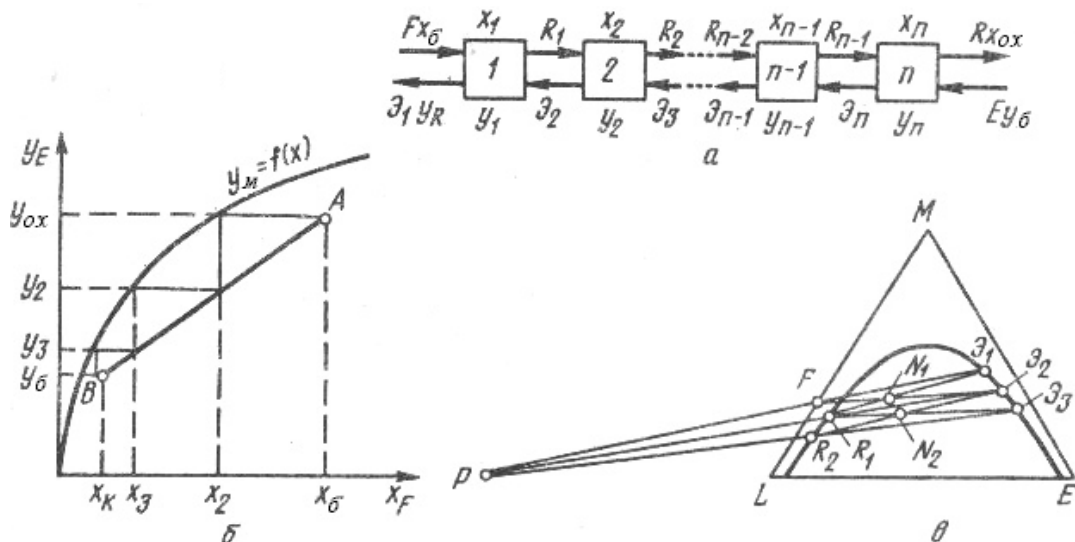
5.50-pacm. Bir pog'onali ekstraksiya (a) va jarayoni y-x kordinatalarida (b) va uchburchakli (v) diagrammada tasvirlash.

Agar, fazalar bir-birida erimay-

digan bo'lsa, bir pog'onali ekstraktsiya jarayoni I-x diagrammada AV to'g'ri chiziq bilan ifodalanadi. Ushbu to'g'ri chiziq og'ish burchagining tangensi boshlang'ich eritma va erituvchi og'irliklari nisbatiga tengdir:

$$\frac{L}{E} = \frac{\bar{B}\bar{R}}{\bar{R}\bar{F}} = \text{tg}\alpha$$

Agar, erituvchi miqdori oshirilsa, istalgan tozalik darajali rafinat olish mumkin. Lekin, ekstraktning to'yinish chegarasi u_{ox} bilan belgilanadi.



5.51-pacm. Ko'p pog'onali ekstraksiya (a) va jarayonni y - x (b) va uchburchakli (v) diagrammada tasvirlash.

Ikkala diagrammadan ko'rinib turibdiki, bir pg'onali ekstraktsiya natijasida olingan rafinat va ekstrakt tarkiblari muvozanatda bo'ladi va boshlang'ich tarkibdan kam farq qiladi. Shuning uchun, bu jarayon samaradorligi past bo'ladi va sanoat korxonalarida keng qo'llanilmaydi.

Jarayon samaradorligini oshirish uchun uni bir necha marta qaytarish kerak va har gal yangi erituvchi uzatish zarur.

Ko'p pog'onali ekstraktsiya ko'p sekstiyali ekstraktorlarda o'tkaziladi. Bunday qurilmalarda fazalar yo'nalishi qarama-qarshi, o'zaro kesishgan yoki kombinastiyalashgan bo'lishi mumkin.

Qarama - qarshi yo'nalishli ekstraktsiya jarayoni turli sxemalarda amalga oshirilishi mumkin (5.51a-rasm).

Ko'p pog'onali ekstraktsiya qurilmalarida boshlang'ich eritma F va ekstragent E qurilmaning qarama-qarshi uchlaridan yuboriladi. Tarqaluvchi komponent konstantriyasi to'yinishga yaqin bo'lgan ekstrakt birinchi pog'onada x_b konstantriyasi F boshlang'ich eritma bilan o'zaro to'qnashuvda bo'ladi. Bu komponentli aralashma birinchi pog'onada ajratilganda so'ng, $u_1 = u_{ox}$ konstantriyasi ekstrakt va x_1 konstantriyasi rafinat olinadi.

Tarkibi x_1 bo'lgan rafinat qurilmaning ikkinchi pog'onasida E_3 tarkibli ekstrakt bilan o'zaro ta'sirda bo'ladi. Ajratilgandan so'ng, R_2 tarkibli rafinat va E_2 ekstrakt hosil bo'ladi. Ekstraktorning n - pog'onasida konstantriyasi x_{n-1} bo'lgan R_{n-1} rafinat yangi $u_b = u_n$ konstantriyasi, ya'ni nolga yaqin ekstragent E bilan to'qnashishda bo'ladi. Qurilmadan chiqishda tozalangan eritma olinadi. Ko'p pog'onali ekstraktsiya jarayoni $u - x$ diagrammada ko'rsatilgan.

Ekstraktsiya jarayonining moddiy balansi ushbu ko'rinishga ega:

$$L \cdot (x_{\bar{o}} - x_{ox}) = E \cdot (y_{ox} - y_{\bar{o}}) \quad (5.148)$$

($n-1$) - sekstiya uchun

$$L \cdot (x_{\bar{o}} - x_{n-1}) = E \cdot (y_{ox} - y_n)$$

Bundan, qarama-qarshi yo'nalishli jarayon ishchi chiziqning tenglamasini keltirib chiqarish mumkin:

$$y_n = \frac{L}{E} (x_{n-1} - x_{\bar{o}}) + y_{ox} \quad (5.149)$$

Ushbu tenglama og'ish burchagining tangensi bo'lib, to'g'ri chiziqni ifodalovchi tenglamadir:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{L}{E}$$

Fazalar to'qnashish poG'onalarining soni $A(x_b u_{ox})$ va $V(x_o x_{ub})$ nuqtalari orasidagi poG'onalar soni bilan aniqlanadi.

Kinetik chiziq o'rni qurilmadagi gidrodinamik holat va ajratib olish koeffitsienti bilan belgilanadi.

Ekstraktsiya jarayonining tasviri 5.51v-rasmda keltirilgan.

Ekstraktsiya qurilmasining birinchi sekstiyasida boshlang'ich eritma F ikkinchi poG'onadan tushayotgan ekstrakt E_2 bilan o'zaro to'qnashuvda bo'ladi. Natijada, uch fazali N_1 nuqtali aralashma hosil bo'ladi. Ushbu aralashma separatorada ajratilishi tufayli muvozanatda bo'lmagan tarkibli ekstrakt E_1 va rafinat R_1 lar olinadi.

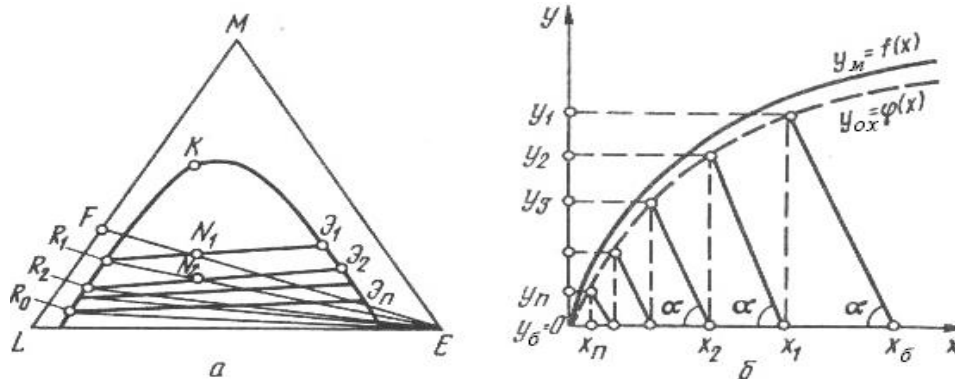
Ikkinchi poG'onadagi rafinat R_1 uchinchi poG'onadan tushayotgan ekstrakt E_3 bilan o'zaro ta'sirda bo'lib, uch fazali N_2 aralashma hosil qiladi. O'z navbatida u R_2 va E_2 ajraladi.

Fazalarni sekstiyaga kirishi va chiqishidagi tarkiblariga oid ikki nuqtalarni FE , R_1E_2 , R_2E_3 va hokazo chiziq bilan birlashtirib, ularning kesilish nuqtasi R ni topamiz.

Ekstraktorning boshqa sekstiyalarida ham xuddi shunday jarayonlar sodir bo'ladi. Natijada, boshlang'ich eritma qurilmaning oxirgi n - sekstiyasidan x_{ox} , ekstragent esa - u_{ox} konstantriyasi bilan chiqadi.

Oqimlar yo'nalishi o'zaro kesishgan ekstraktsiya jarayonida bir sekstiyada davriy (5.52a-rasm) yoki bir necha sekstiyada uzluksiz (5.52b-rasm) amalga oshirilishi mumkin.

Ekstraktsiyalash jarayoni uzluksiz bo'lganda boshlang'ich eritma F birinchi sekstiyada ekstragent E bilan birga to'qnashuvda bo'ladi. Undan so'ng, ajratilish natijasida rafinat R_1 va ekstrakt E_1 lar hosil



5.52-rasm. Ko'p pog'onali kesishgan diagramma

bo'ladi. Keyin, rafinat R_1 ikkinchi sekstiyaga o'tadi va u erda yana yangi ekstragent E bilan qayta ishlanadi. E_1 va E_2 ekstraktlar qurilmadan chiqariladi, R_2 tarkibli rafinat esa keyingi sekstiyaga o'tadi va jarayon yana qaytariladi. Natijada, zarur tarkibli rafinat R_n va o'zgaruvchan tarkibli $E_1, E_2, \dots E_n$ ekstrakt olinadi.

Uzluksiz, ko'p marotabalik ekstrakstiyalash jarayoni 5.53-rasmda keltirilgan.

Boshlang'ich eritma va ekstranent aralashtirilishi natijasida uch fazali aralashma (N_1 nuqta) hosil bo'ladi va u birinchi sekstiyada rafinat R_1 va ekstrakt E_1 ga ajraladi. Ikkinchi sekstiya R_2 tarkibli rafinat yangi ekstragent E bilan aralashtiriladi. Uch fazali aralashma (R_1E kesmadagi N_2 nuqta) rafinat R_2 va ekstrakt E_2 larga ajraladi. So'ng, rafinat keyingi sekstiyaga o'tadi.

Tozalangan, x_{ox} konstantriyali eritma qurilmaning oxirgi sekstiyasidan chiqariladi va texnologik jarayonning keyingi bosqichiga uzatiladi. Ekstrakt esa, qayta tiklanadi yoki oqava suv sifatida *utilizastiya* qilinadi.

Qarama - qarshi yo'nalishli ko'p pog'onali ekstrakstiya o'zaro kesishgan yo'nalishli jarayonga qaraganda ancha samarali. Chunki, qarama-qarshi yo'nalishli ekstrakstiyalashda o'rtacha harakatga keltiruvchi kuch miqdori ko'proq bo'ladi.

Qurilmaning tepa va pastki qismlaridagi o'rtacha harakatga keltiruvchi kuch tenglashishi hisobiga eritma tarkibidan komponentni to'laroq ajratib olishga erishiladi. Undan tashqari, ekstrakstion modul qiymati kamayadi, lekin bir xil tozalash darajasiga erishish uchun kerakli pog'onalar soni ko'payadi.

Ekstraktorlar konstrukstiyalari

Ma'lumki, ekstrakstiyalash jarayonlarida massa o'tkazishning samaradorligi massa berish yuzasi va o'rtacha harakatga keltiruvchi kuchga to'g'ri proporsional. Ekstraktorlarda massa almashinish yuzasini oshirish maqsadida suyuq fazalardan biri tomchi holida purkaladi. Dispers va dispersion fazalar o'rtasida massa o'tkazish jarayoni sodir bo'ladi. Ekstraktorda yuqori harakatga keltiruvchi kuchga erishish uchun jarayondagi oqimlar ideal siqib chiqarish sharoitida o'zaro to'qnashishi tashkil etiladi. Buning uchun ekstrakstiyalash jarayoni yupqa qatlamda nasadkali, markazdan qochma ekstraktorlarda ularni sekstiyalash yoki ko'p pog'onali sekstiyalangan qurilmalarda olib boriladi.

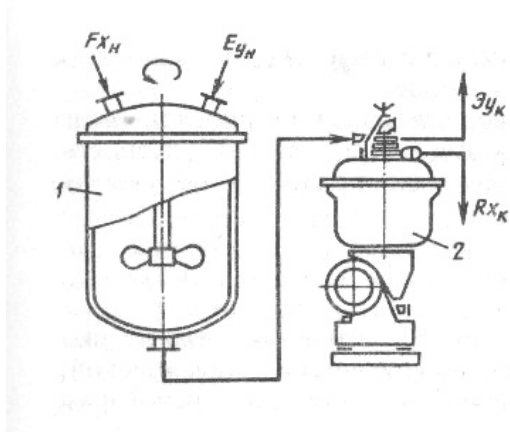
Jarayon tashkil etilishiga qarab ekstraktorlar davriy va uzluksiz prinstipda ishlaydigan bo'ladi.

Jarayonda qatnashayotgan fazalar to'qnashuviga qarab ekstraktorlar 3 guruhga bo'linadi: aralashtirib - tindiruvchi; differensial kontaktli va pog'onali yoki sekstiyali.

Aralashtirib – tindiruvchi ekstraktorlar bir necha poG'onadan iborat bo'lib, ulardan har biri tarkibida aralashtirgich va ajratgich bo'ladi. Tashqaridan berilayotgan energiya hisobiga aralashtirgichda suyuqlik fazalaridan biri tomchi holida purkaladi va natijada dispersion faza hosil bo'ladi. Tomchi holidagi dispersion faza dispers fazada tarqaladi. Dispers faza sifatida engil faza ham yoki og'ir faza ham bo'lishi mumkin.

Ajratgich sifatida tindirgichni ham ishlatish mumkin. Zamonaviy qurilmalarda esa, uning o'rniga separator ishlatiladi. Separatorda emulsiya rafinat va ekstraktga ajratiladi. Eng sodda aralashtirib-tindiruvchi ekstraktor sxemasi 5.54-rasmda keltirilgan.

Bir nechta aralashtirib - tindiruvchi qurilmalarni seksiyalarga ulash natijasida turli ekstrakstion qurilmalarni hosil qilish mumkin.



5.54-рasm. Aralashtirib - tindiruvchi ekstrakstion qurilma.

Lekin, ushbu sxemaning bir qator kamchiliklari bor: qo'pol, ko'p joy egallaydi, metall va energiya sarfi ko'p.

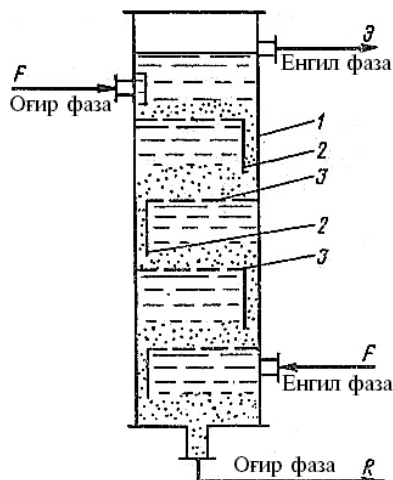
Differensial – kontaktli ekstraktorlar fazalar o'rtasidagi to'qnashishni uzluksiz va ulardagi konstantriyalarining asta - sekin, uzluksiz o'zgarishini ta'minlaydi. Bu turdagi qurilmalarda fazalarning bo'ylama siljishi hisobiga ideal siqib chiqarish qurilmasiga qaraganda o'rtacha harakatga keltiruvchi kuch birmuncha past bo'ladi.

Undan tashqari, suyuq fazani purkash uchun ham energiya safrlanishi zarur. Ekstraktorda energiya sarflanish turiga qarab, tashqi energiya hisobiga va bunday energiyasiz qurilmalarga bo'linadi. O'zaro ta'sirda bo'lgan fazalarga tashqi energiya aralastirgich, tebratgich va pulsatorlar yordamida uzatiladi.

Pog'onali (seksiyali) ekstraktorlar alohida seksiyalardan tarkib topgan bo'lib, ularda fazalar konstantriyalari notekis, sakrab-sakrab o'zgaradi. Ayrim hollarda har bir seksiyada konstantriyalar maydoni ideal siqib chiqarish qurilmasiga yaqinlashib qoladi. Shunday bir necha seksiyadan tashkil bo'lgan ekstraktor ideal siqib chiqarish qurilmasi deb hisoblanishi mumkin.

Kolonnali ekstraktorlar tarelkali, ichi bo'sh kolonna, nasadkali, pulsastion va rotor - diskli bo'lishi mumkin.

Tarelkali ekstraktorlar turli konstruktivdagi elaksimontarelka va quyilish moslamasi bor



kolonnali qurilmadir (5.55-rasm). O'zaro qarama - qarshi yo'nalishdagi fazalar oqimlarining har bir tarelkada to'qnashishi tufayli ro'y beradi. Fazalardan biri tarelka teshiklari orqali o'tib mayda tomchilarga parchalanadi. Yaxlit faza tarelka bo'ylab harakatlanadi va quyilish trubkasi orqali keyingi tarelkaga o'tadi va jarayon shu yo'sinda qaytariladi.

Mayda tomchi holatidagi suyuqlik dispers faza deb, qurilmaning butun hajmini egallagan suyuqlik esa, **dispersion** (yaxlit) faza deb nomlanadi.

Tarelkada tomchilar birlashib, uning osti yoki ustida yaxlit suyuqlik qatlamini hosil qiladi. Qurilmani seksiyalash, jarayonni harakatga keltiruvchi kuchni ortishiga olib keladi.

Tarelka teshiklaridagi dispers fazaning tezligi oqimchali rejim hosil bo'lish shartidan aniqlanadi. Tomchili rejimdan oqimchali rejimga o'tish paytidagi kritik tezlik

$$\text{tarelka teshiklariga bog'liq, ya'ni: } w_{kp} = \frac{4,4}{d_0}$$

5.55-расм. Tarelkali ekstraktor. 1- silindirik qobiq; 2- quyilish moslamasi; 3 – элаксимон тарелка.

(5.150)

TurG'un oqimchali rejimda ekstraktor samarali ishlashi uchun tezlik kritik tezlikdan 20% ko'p bo'lishi kerak.

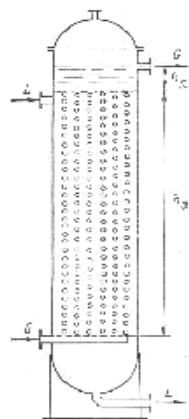
Dispers fazadagi massa berish koeffitsientini aniqlash uchun quyidagi formulani tavsiya etish mumkin:

$$Nu_d = 0,064 Re^{0,84} \cdot Pr_d^{0,5} \quad (5.151)$$

bu erda $Nu_d = \beta_d d_e / D_d$ -diffuzion Nusselt kriteriyasi (β_d -dispers fazadagi massa beri koeffitsienti); d_e -tomchining ekvivalentdiametri; D_d - dispers fazadagi diffuziya koeffitsienti); $Re = w_{max} d_e / \nu_s$ - tomchi uchun Reynolds kriteriyasi (w_{max} - yaxlit fazadagi tomchining nisbiy tezligi; ν_s - yaxlit fazaning kinematik qovushoqligi); $Rr_d = \nu_d / D_d$ - dispers faza uchun Prandtl kriteriyasi (ν_d -dispers fazaning kinematik qovushoqligi).

Ichi bo'sh (purkovchi) kolonnalar. Bu turdagi ekstraktorlar og'ir suyuqlik L bilan to'ldiriladi va u biror w_c tezlik bilan qurilmada harakatlanib, to'kish shtusteridan chiqib ketadi (5.56-rasm). Engil faza G qurilmaga purkagich orqali tomchi holatida uzatiladi va pastga qarab w_d tezlik bilan tushadi.

Ekstraktorning tepa qismida tomchilar birlashadi va yaxlit suyuqlik qatlami hosil bo'ladi va u qurilmaning tepa shtusteri orqali chiqib ketadi.



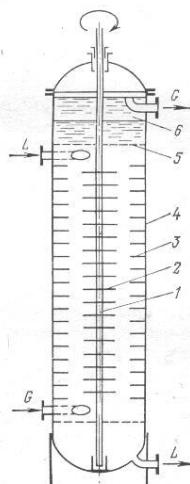
5.56-rasm. Ichi bo'sh (purkovchi)

Natijada, ushbu fazaning tezligi ortib ketadi va u ishchi zonadan dispers faza tomchilarini olib chiqq boshlaydi. Fazalarning qarama-qarshi harakati buzuladi va ekstraktor tiqilib boshlaydi.

Mexanik aralashtirgichli, kolonnali ekstraktorlar. Agar, dispers va dispersion fazalar zichliklarining farqi juda kam ($< 100 \text{ kg/m}^3$) va fazalar orasidagi sirtiy taranglik katta bo'lsa, rotor - diskli ekstraktorlar qo'llaniladi (5.57-rasm).

Mexanik aralashtirgich diskli, turbinali, parrakli va hokazo bo'lishi mumkin. Lekin, kimyo va oziq - ovqat mashinasozligida asosan rotor - diskli ekstraktorlar ishlab chiqariladi.

Bu turdagi ekstraktorning o'qi bo'ylab rotor - o'q 1 aylanadi va unga aylanuvchi disk 2 lar

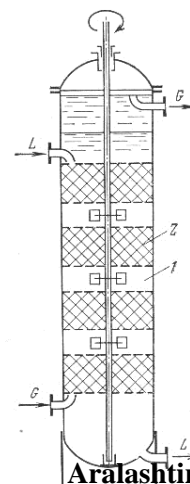


5.57-rasm. Rotor- diskli ekstraktor.

3- qo'zg'olmas halqasimon to'siqlar;

5-teshikli panjara; 6- ajratuvchi

kamera.



5.58-rasm. Aralashtirgichli va ajratuvchi zonali, kolonnali aralashtirib - tindiruvchi ekstraktor.

o'rnatilgan bo'ladi. O'q 1 ning aylanishi natijasida fazalar yaxshi aralashadi. Halqasimon to'siqlar kolonna 3 ni bir nechta sekstiyalarga bo'ladi. Disklar har bir sekstiyaning o'rtasida aylanadi.

Qarama - qarshi yo'nalishda harakatlanayotgan L va G fazalar aylanuvchi disk 2 lar yordamida kolonna balandligi bo'ylab aralashtiriladi va halqasimon to'siqlar 3 atrofida qisman qatlamlarga ajraladi. Agar, og'ir faza L yaxlit faza vazifasini o'tasa, qurilmaning tepa qismida, ya'ni teshikli panjara 5 ning yuqorisida engil faza yaxlit fazadan to'liq ajraladi. So'ngra, ajralgan faza tegishli shtuster orqali tashqariga chiqariladi. Og'ir faza esa, kolonnaning pastki qismidan olinadi.

Fazalarga ajratish jarayonining samaradorligini oshirish uchun 5.58-rasmda ko'rsatilgan ekstraktorlar ishlatiladi.

Bunday qurilmalarning aralashtirish sekstiyalari 1 oralig'ida tindirish zonolari 2 joylashgan bo'ladi. Ikki fazali oqimni ajratish jarayonini jadallash uchun zona 2 simli to'r, nasadka yoki konstantrik stilindr bloklari bilan to'ldiriladi. Bu turdagi kolonnalar vertikal yoki ma'lum oG'ish burchagi ostida o'rnatilishi mumkin.

Mexanik aralashtirgichli, kolonnali ekstraktorlar diametri quyidagi formuladan topiladi:

$$D = \sqrt{\frac{G / \rho_G + L / \rho_L}{900\pi(q_{\partial} + q_{\alpha})_{onm}}} \quad (5.152)$$

bu erda q_{∂} , q_{α} - dispers va yaxlit faza bo'yicha solishtirma yuklama, $m^3/(m^2 \cdot s)$.

Lekin, ushbu formulaga qurilmaning ko'ndalang kesimiga tushayotgan yuklamalar yiG'indisini ham kiritish uning aniqligini oshiradi.

Qurilmaning balandligi esa ushbu formuladan aniqlanadi:

$$H = h_y \cdot N = \frac{h_y \cdot m_y}{m_{y\beta}} \quad (5.153)$$

bu erda h_e - sekstiya balandligi, m; N - qurilmadagi sekstiyalar soni; m_{ue} - bitta sekstiyaning yzatisish birligi soni.

Aralashmani ekstrakt va rafinatga sifatli ajratish uchun ekstraktorning yuqori va pastki qismlarida separastion (tindirish) sekstiyalari bor.

Nasadkali, elaksimom va boshqa turdagi ekstraktorlar samaradorligini oshirish uchun qarama - qarshi yo'nalgan oqimlarga bo'ylama tebranish ta'sir ettirish kerak. Tebranish (Pulsatsiya) larning amplitudasi va chastotasi etarli miqdorda bo'lsa, suyuqlik o'ta kichik tomchilar o'lehamida purkaladi va ikkala fazalar aralashish intensivligi ortadi. Tebranishlar asosan Pulsatsiya va vibrastiyali usullarda tashkil etish mumkin.

5.59 a-rasmda Pulsatsiyali ekstraktor sxemasi ko'rsatilgan. Bunda engil fazaning kirish yo'ligi gidravlik yoki pnevmatik pulsator o'rnatilgan. Suyuqlik oqimiga ilgarilama - qaytma harakat berish uchun klapsanz porshen, plunjer yoki membranali nasosdan, hamda maxsus pnevmatik moslamadan foydalanish mumkin.

Pulsatsiya tebranishlari ta'siri ostida suyuqlik oqimining turbulenti va fazalarning tomchilarga parchalanishi ortadi. Bu hol o'z navbatida tarelkali yoki nasadkali ekstraktorlarda massa almashinish jarayonining o'sishiga olib keladi.

Pulsatsiyali ekstraktorning ishlash rejimi Pulsatsiyalar intensivligiga boG'liq bo'lib, amplitudaning chastotaga ko'paytmasi bilan xarakterlanadi.

Agar, Pulsatsiya intensivligi kichik bo'lsa, engil faza oG'ir fazada yoki og'ir faza engilda galma-gal tarqaladi. Agar, Pulsatsiya intensivligi katta bo'lsa, kolonnaning ishchi zonasi yaxlit fazaga qarama - qarshi yo'nalishda harakat qilayotgan mayda tomchilar bilan bir tekisda to'lib turadi. Bunday rejim Pulsatsiyali ekstraktorning optimal rejimi hisoblanadi.

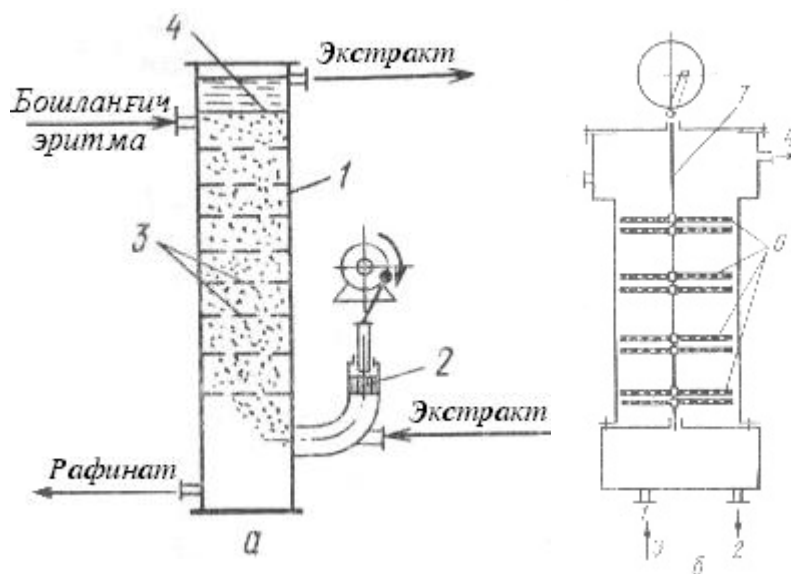
Tebranishlar amplitudasi siqilgan havoning bosimi bilan belgilanadi. Pulsatsiyalar chastotasi odatda minutiga 30...250, amplitudasi esa - 2...25 mm ni tashkil etadi.

Agar, Pulsatsiyalar intensivligi yanada oshirilsa, ekstraktorda tiqilib qolish hodisasi ro'y beradi.

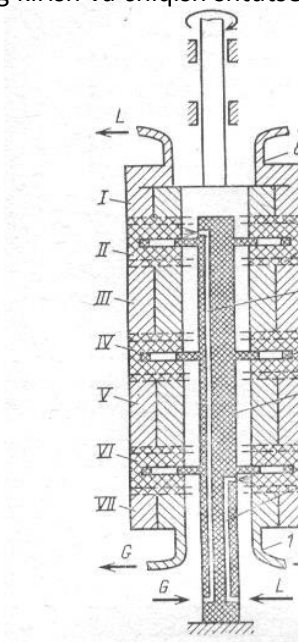
Pulsatsiyali ekstraktorlar kolonnasidagi butun suyuqlikni tebratish uchun energiya sarfi katta, ko'ndalang kesim bo'yicha oqim tezliklar bir xil emasligi va kavitastiya hodisa hosil bo'lishi mumkinligi, hamda qurilmaning ayrim bo'laklarida havfli kuchlanishlar barpo bo'lishi - bu turdagi ekstraktorning kamchiliklaridir.

Bir dasta elaksimon tarelkalar vibrastiyasi tufayli kolonnadagi suyuqlikka tebranish berish, Pulsatsiyali usulga nisbatan samarasi yuqori bo'lib chiqdi (5.59b-rasm).

Bu turdagi qurilmalarda tarelka 5 lar shtok 6 da o'rnatiladi va shtok ilgari lama - qaytma harakat



5.59-rasm. Pulsatsiyali (a) va vibratsiya tarelkali (b) ekstraktorlar. a) 1 - kolonna; 2 - porshenli pulsator; 3 - tarelka; 4 - tindirish zonasidagi fazalarni ajratuvchi yuza. b) 1,2 - og'ir fazaning kirish va chiqish shtutserlari; 3,4 - yengil fazaning kirish va chiqish shtutserlari; 5 - elaksimon tarelka; 6 - shtok.



5.60-rasm. Trubali markazdan qochma ekstraktor sxemasi.

1,8-yengil va og'ir fazalarni to'kish silindrlari; 2,6 - og'ir yengil fazalar kirish kanallari; 3 - silindrik baraban; 4 -qo'zg'olmas silindir; 5 -teshikli aralashtiruvchi disklar; 7 - teshikli qaytaruvchi to'siq; I, III, V, VII - separatsion zonalar; II, IV, VI -ekstraksiyon zonalar.

qiladi. Bunday harakat suyuqlikka tebranishlar beradi va jarayon intensivlashadi.

Pulsatsiya va vibratsiyali ekstraktorlarda massa almashinish intensivligi rotor - diskli qurilmanikiga qaraganda ancha yuqori. Bunga sabab, massa berish va o'rtacha harakatga keltiruvchi kuchning kattaligidir. Undan tashqari, solishtirma yuklama $30...80 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{soat})$. Bu ko'rsatkich boshqa ekstraktorlar uchun ruxsat etilgan yuklamadan ancha ortiq.

Yana bir afzalligi shundaki, qurilmada yuqori massa almashinishga erishilgani uchun, metall va kapital sarflar kamayadi.

Lekin, Pulsatsiya va vibratsiyali ekstraktorlar kamchiliklardan holi emas. Masalan, ular katta dinamik yuklamaga bardosh beradigan og'ir poydevorlarga o'rnatilishi zarur. Undan tashqari, boshqa ekstraktorlarga qaraganda ekspluatatsion sarflar ham birmuncha ko'proq.

Markazdan qochma ekstraktorlar. Agar, ekstrakstiyalanayotgan modda parchalanib ketish xususiyatiga ega bo'lsa, jarayonning davomiyligini maksimal darajada qisqartirish zarur bo'lganda, bu turdagi ekstraktorlar qo'llaniladi. Ma'lumki, markazdan qochma ekstraktorlarda jarayon maksimal tezlik bilan amalga oshiriladi. Eritma va erituvchi zichliklari orasida farq juda kichik bo'lganda ham, bunday ekstraktorlarni qo'llash maqsadga muvofiq.

Bu turdagi ekstraktorlar - trubali, kamerali

va yupqa qatlamli bo'ladi. 5.60-rasmda trubali, markazdan qochma ekstraktor sxemasi keltirilgan.

Ekstraktor Silindrik baraban 3 dan iborat bo'lib, ichiga qaytaruvchi disk 7 lar o'rnatilgan bo'ladi. Qaytaruvchi disklar barabanni separastion (I, III, V, VII) va ekstrakstion (II, IV, VI) zonalarga bo'ladi. Og'ir faza L kanal 2 va qo'zg'almas stilindr 4 orqali ekstraktorning VI zonasiga uzatiladi. U erdan og'ir faza barabanning pastki qismidan yuqoriga ko'tariladi va halqasimon to'kish kanali 8 orqali chiqariladi. Engil faza G esa, kanal 6 orqali yuqori ekstrakstion zona II ga uzatiladi. Og'ir faza L ga qarama - qarshi yo'nalishda harakat qilib, qurilmaning pastki qismidagi to'kish kanali 1 orqali chiqariladi.

Jarayon natijasida ekstrakstion zonalarda hosil bo'lgan emulsiya teshikli, qaytaruvchi disklar orqali o'tish paytida birinchi bor ajratiladi. Emulsiyaning to'liq fazalarga ajratilishi markazdan qochma kuch ta'sirida separastion zonalarda sodir bo'ladi.

27^A-MA'RUZA

QATTIQ MATERIALLARNI EKSTRAKSIYALASH VA ERITISH. EKSTRAKSIYALASH QURILMALARINING TUZILISHI.

REJA:

1. Ekstrakstiyalash jarayoni.
2. Bio kriteriysi. Sistema muvozanati.
3. Ekstrakstiyalashning asosiy usullari. Ekstraktorlar konstrukstiyalari.

Umumiy tushunchalar

Fovaksimon qattiq jism tarkibidan bir yoki bir necha komponentlarni ajratib olish jarayoni **ekstrakstiyalash** deb ataladi.

Qattiq jismdan bir yoki bir necha komponentni selektivlik qobiliyatiga ega bo'lgan erituvchi yordamida ajratib olish jarayoni **eritish** deb nomlanadi. Ushbu jarayon ekstrakstiyalashjarayonining xususiy xolidir.

Kimyo, oziq-ovqat va boshqa sanoatlarda juda ko'p kapillyar-g'ovakli jismlar eritish jarayoni yordamida qayta ishlanadi. Ekstrakstiyalash ishqor, kislot, tuzlar, qand, o'simlik moylar, sharbatlar, vitaminlar, turli dorilar, rangli va nodir metallar va xokazolarni olishda ishlatiladi. Ekstrakstiyalash jarayonida kerakli komponent qattiq fazadan diffuziya yo'li orqali suyuqlik fazaga o'tadi. Buning uchun shu komponentni eritadigan tegishli erituvchi tanlab olinishi kerak. Shuni aloxida ta'kidlash kerakki, ekstrakstiyalash va eritish jarayonlari «qattiq jism - suyuqlik» sistemasida olib boriladi. Ekstrakstiyalash 2 bosqichda o'tadi:

1) komponentning qattiq jismlar ichki qismidan tashqi yuzasiga diffuziya yo'li bilan o'tishi;

2) komponentning diffuziya jarayoni tufayli qattiq jism yuzasidan chegaraviy qatlam orqali suyuqlik fazaga o'tishi. Bu jarayon noturg'un bo'lib, vaqt bo'yicha o'zgaradi.

Eritish jarayonining tezligi faqat ikkinchi bosqichning qarshiligiga bog'liq, chunki birinchi bosqichda qarshilik umuman bo'lmaydi. Shuning uchun, eritish jarayoni ekstrakstiyalashga qaraganda ancha tez boradi.

Sanoat texnologik jarayonlarida erituvchilar sifatida quyidagi suyuqliklar ishlatiladi: suv - qand lavlagidan shakarni, xamda kofe, choyni ekstrakstiyalash uchun; spirt va spirt-suvli aralashmalar liker - aroq damlamasi va pivo - alkogolsiz ichimliklar ishlab chiqarish sanoatida; benzin, trixloretan, dixloretan - yog' va efir moylarini ishlab chiqarishda. Undan tashqari, suv va ayrim noorganik kislotalarning eritmalari xam, erituvchi sifatida ishlatiladi. Bunday jarayonlar **ishqorlanish** deb nomlanadi. Ishqorlanish mineral xom - ashyolarni kimyoviy qayta ishlash yo'li bilan qimmatbaxo komponentlarni olish uchun qo'llaniladi.

Eritish jarayoni texnologik sxemalarida filtrlash, bug'latish va kristallash kabi jarayonlardan avval ishlatiladi va u birinchi bosqich bo'lib xisoblanadi.

Eritish jarayoni statikasi va kinetikasi.

Jarayonning mexanizmi shundaki, erituvchi qattiq jism g'ovaklariga kirib boradi va ajratilishi kerak bo'lgan moddani eritadi.

Eritilgan moddaning kimyoviy potentsiali va uning qattiq jismdagi kimyoviy potentsialiga tenglashganda erish jarayoni muvozanat xoliga keladi. To'yinish xolatiga oid eritmaning konstantriyasi **eruvchanlik** deb ataladi.

Qattiq jismning tashqi yuzasidagi muvozanat qisqa vaqt ichida o'rnatiladi. Shuning uchun, massa almashinish jarayonlarni taxlil qilishda, "qattiq jism - erituvchi" sistemasining fazalararo yuzasidagi konstantriyasi to'yingan eritma konstantriyasi $u_{to'y}$ ga teng deb qabul qilinadi.

Eritish jarayoni kinetikasining asosiy masalasi fazalarning o'zaro to'qnashish vaqtini aniqlashdir. Fazalar to'qnashish vaqti ma'lum bo'lgandan so'ng, ekstraktorlarning asosiy o'lchamlari xisoblanadi.

Eritish jarayonida massa almashinishga qattiq jismning ichki tuzilishi: kapillyar shakli va o'lchami (1 b-rasm), zarrachalar kimyoviy tarkibiga katta ta'sir ko'rsatadi (1 a-rasm). Qattiq jismning ichki tuzilishi massa o'tkazish tezligiga xam katta ta'sir etadi.

Maqsadli komponent ajratib olingan xajm ($R-r_0$) da, shu komponent ekstragentda erigan xolda bo'ladi. Vaqt o'tishi bilan ushbu xajm ulushi ortib boradi.

Eritish jarayoni murakkab jarayon bo'lib, erituvchini qattiq jism kovaklariga diffuziyasi, ajratib olinayotgan moddalarni eritish, qattiq jism kapillyarlari orqali fazalarni ajratuvchi yuzaga ekstrakstiyalanayotgan moddaning diffuziyasi va fazalarni ajratuvchi yuzadan ekstragent oqimi yadrosiga massaning o'tishi kabi bosqichlardan iborat.

Jarayonning qayd etilgan 4 bosqichidan oxirgi ikkitasi massa almashinishning umumiy tezligini chegaralaydi. Chunki, birinchi va ikkinchi bosqichlarning massa almashinish tezligi, oxirgi ikkitasiniqiga qaraganda ancha yuqoridir.

Shunday qilib, massa almashinish jarayonining umumiy diffuziya qarshiligi qattiq jism va erituvchilarning ichki diffuzion qarshiliklari yig'indisidan iborat.

Kapillyar - g'ovak jism ichidan moddaning diffuziya tezligi ushbu tenglama bilan ifodalanadi:

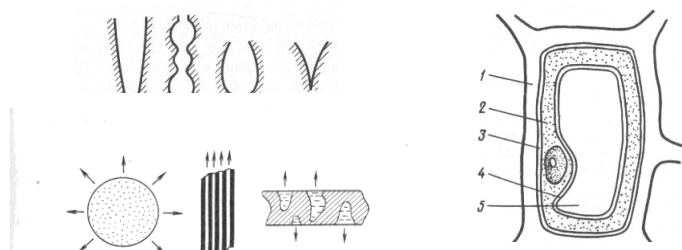
$$i = - \frac{dM}{Fd\tau} \quad (1)$$

Massa o'tkazuvchanlik va berish tezliklari orasidagi nisbatni baxolash uchun **Bio kriteriysidan** foydalaniladi:

$$Bi = \frac{\beta \cdot l}{D} \quad (2)$$

Ayniqsa, kapillyar - g'ovak jismlarda massa o'tkazuvchanlik tezligi juda kichik bo'ladi.

Massa o'tkazuvchanlik koeffisienti qattiq jismning ichki tuzilishiga, ekstragentning fizik



1-pacm. G'ovaksimon qattiq jism tuzilishi (a), g'ovaklar turi (b) va o'simlik xujayrasi (b).

xossalari, ekstrakstiyalanayotgan moddaning konstantriyasi va jarayon temperaturasiga bog'liq. Massa o'tkazuvchanlik koeffisientining yuqorida qayd etilgan omillarga bog'liqligi tajribaviy usulda topiladi.

Eritish jarayonini xarakatga keltiruvchi kuch bo'lib, qattiq jism yuzasidagi ekstrakstiyalanuvchi modda konstantriyasi $u_{ch} = u_{uy}$ va uning ekstragentdagi o'rtacha konstantriyasi u_{ur} larning farqi xisoblanadi.

Ushbu xolatda jarayonning tezligi quyidagi tenglamadan aniqlanadi:

$$\frac{dM}{Fd\tau} = \beta_y (y_{my\ddot{u}} - y_{yp}) \quad (3)$$

bu erda β_u - suyuqlik fazadagi massa berish koeffitsienti.

Qalinligi δ bo'lgan chegaraviy qatlamdagi molekulyar diffuziya tezligi Fikning 1-qonuni yordamida topiladi:

$$\frac{dM}{Fd\tau} = D \frac{(y_{my\ddot{u}} - y_{yp})}{\delta} \quad (4)$$

bu erda D - molekulyar diffuziya koeffitsienti.

Qattiq jismni eritish jarayoni uchun prof. A.N. Shukarev tomonidan ushbu formula keltirib chiqarilgan:

$$\frac{M}{\tau} = \left(\frac{D}{\delta} \right) F_{yp} (y_{my\ddot{u}} - y_{yp}) = \beta_y \cdot F_{yp} (y_{my\ddot{u}} - y_{yp}) \quad (5)$$

bu erda $\beta_u = D/\delta$ Tajribaviy usul bilan $\delta \approx D^{0,33}$ ekanligi aniqlangan.

(5) tenglamadan β_u massa berish koeffitsienti $D^{0,66}$ ga proporsionalligi ko'rinib turibdi. Yuqorida keltirilgan tenglamalarni inobatga olgan holda va tajriba natijalarini umumlashtirish natijasida, ishqorlab ajratish jarayonida massa berish koeffitsienti β_u ni ushbu tenglama yordamida topish mumkin:

$$Nu_{\pi} = 0,8 Re^{0,5} \cdot Pr^{0,33} \quad (6)$$

bu erda $Nu_D = \beta_u d/D$ - Nusselt kriteriysi (d - qattiq zarracha diametri); $Re = wd\rho/\mu$ - Reynolds kriteriysi (w - ekstragent tezligi; μ - ekstragent dinamik qovushoqligi); $Pr = \nu/D$ - Prandtl kriteriysi.

Ekstraktorlarining konstrukstiyalari

Ekstraksiya, eritish va ishqorlab ajratish uchun davriy va uzluksiz ishlaydigan ekstraktorlar qo'llaniladi. Qurilmadagi fazalar xarakteriga qarab parallel, qarama - qarshi va murakkab yo'nalishli bo'lishi mumkin.

Suyuqlik fazasining qattiq materialni yuvib o'tish xarakteriga qarab o'zgarmas, mexanik aralashtirgichi bo'lgan va mavxum qaynash qatlamli ekstraktorlar bo'ladi.

Ekstraktorlarni tanlashda qattiq faza fizik-mexanik xossalari va ajrab chiqadigan ekstrakt konstantriyasi yoki tayyor maxsulot chiqishi xisobga olinadi.

Ma'lumki, davriy ishlaydigan qurilmalar ish unumdorligi kam bo'ladi. Shuning uchun, ular kichik xajmli korxonalarda qo'llaniladi. Lekin, sanoat miqyosida ko'pincha uzluksiz ishlaydigan qurilmalar ishlatiladi. Ekstraktor va eritkich bir-biridan katta farqlanmaydi. Agar, qurilma qattiq, g'ovaksimon jismni ekstraksiyalash uchun qo'llanilsa **ekstraktor** deb nomlanadi. Agar, qurilma qattiq g'ovaksimon materialni eritish uchun ishlatilsa, unda u **eritkich** deb ataladi.

Ekstraktor va eritkichlarga qo'yiladigan talab quyidagilardan iborat:

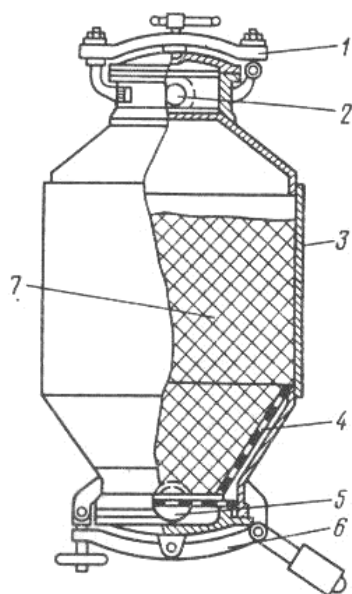
- qurilma xajmi birligiga to'g'ri kelgan ekstraktning miqdori, ya'ni solishtirma ish unumdorligi katta bo'lishi zarur;

- xosil bo'layotgan eritma konstantriyasi iloji boricha yuqori bo'lishi kerak;

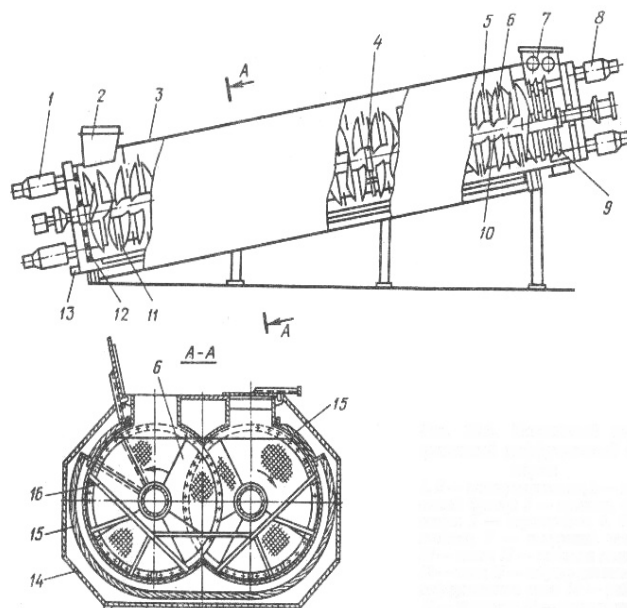
- energiya sarfi kam bo'lishi zarur.

Perkolyator - bu davriy ishlaydigan, qo'zg'almas qatlamli ekstraktor (2-rasm). U konussimon tubli va yassi qopqoqli Silindrik qurilma bo'lib, tubida teshikli panjara o'rnatilgan. Ushbu panjaraga tepa lyukdan maydalangan qattiq material qatlami yuklanadi.

Ishqorlab ajratish jarayoni tugagandan so'ng, material pastki ko'tarma lyukdan chiqarib



2-расм. Перколятор. 1-қопқоқ; 2,5-erituvchi uchun shtutserlar; 3-qobiq; 4-teshikli panjara; 6-ko'tarma lyuk.



3-расм. Ikki shnekli, og'ma diffuzion qurilma.

yuboriladi.

Perkolyatorlar ketma-ket ulanib batareyalar xosil qilinadi. Batareyaga ulanadigan perkolyatorlar soni 4 dan 15 ta gacha bo'lishi mumkin. Erituvchi perkolyatorning past qismidan yuqoriga nasos yordamida xaydaladi. Batareyalarda oqimlar yo'nalishi xar doim qarama-qarshi bo'ladi. Istalgan perkolyatorda ajratish darajasi belgilangan darajaga etishi bilan ishlatib bo'lingan materialni to'kish uchun batareya o'chiriladi va yangi xom-ashyo yuklanadi. Odatda, qurilmadan material bosim ostida to'kiladi.

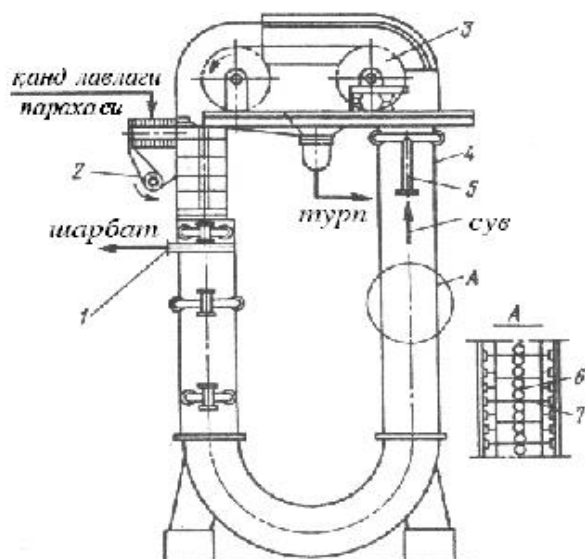
Uzluksiz ishlaydigan diffuzion qurilmalar kimyo, tog' - kon, oziq - ovqat va boshqa sanoatlarda juda ko'p ishlatiladi. Ayniqsa, qand lavlagidan shakar olishda va uning turpini chiqarib tashlashda bu turdagi qurilmalar juda samarali qo'llanilmoqda.

Ikki shnekli, og'ma diffuzion qurilma odatda 8...11° burchak ostida ishlatiladi. Qurilmaning tepa qismida qand lavlagi qirindilarini yuklash uchun bunker va xosil bo'layotgan turpini (jomni) chiqarish uchun shneklar o'rnatilgan (3-rasm).

Qurilma ichida qand lavlagi qirindisi ikkita shnek yordamida pastdan tepaga qarab uzatiladi. Vint chizig'i bo'ylab joylangan parraklar tizimi shneklarni xosil qiladi. Birinchi shnekning parraklari, ikkinchi shnekning parraklararo bo'shlig'iga kirib turadi. Shneklarning bunday joylashishi qirindini bir tekisda uzatish va qirindini parrak bilan birga aylanishiga to'sqinlik qiladi. Buning uchun qurilmada kontrparraklar va qopqoqning pastki qismida to'siqlar o'rnatilgan.

Lavlagi turpi qurilmaning tepa qismidagi shneklar yordamida chiqariladi. Turpni samarali to'kish uchun parraklar xam yordam beradi. To'kish shneklari uzatish shneklariga nisbatan to'g'ri burchak ostida o'rnatilgan va ularga qarama - qarshi yo'nalishda aylanadi. Ekstrakstiyalanayotgan materialni isitish uchun qurilmaning ostki qismida isituvchi kamera o'rnatilgan.

Ikki pog'onali diffuzion qurilma U - simon, to'g'ri to'rtburchak ko'ndalang kesimli qobiqdan iborat bo'ladi. Ushbu qobiq maxsus tayanchlari bilan og'ir poydevorga o'rnatiladi.

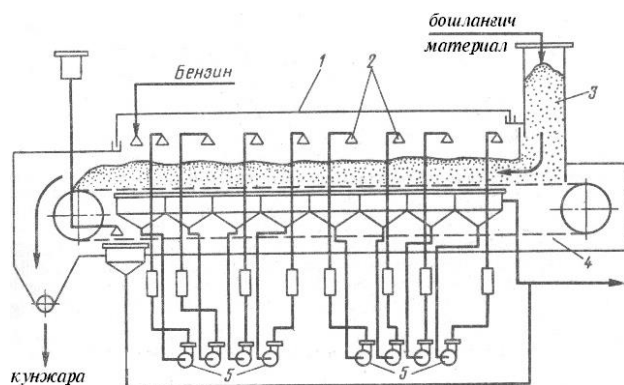


4-расм. Икки колоннали диффузион қурилма. 1,5 - штуцерлар; 2 - ротацион улоқтиргич; 3 - барабан; 4 - қобик; 5 - занжир; 6 - ромча.

yo'nalishda, kolonnaning tepa qismiga yuboriladi. Jarayon yakunida xosil bo'lgan diffuzion sharbat keyingi texnologik jarayonga uzatilsa, turp esa - presslashga yoki omborga yuboriladi. Ayrim qurilmalarda qattiq material kovshlar yordamida uzatiladi.

Lekin, materialni uzatish uchun romcha yoki kovsh zanjirli moslamalarni qo'llash, qattiq jismlarning zichlanishiga sababchi bo'ladi. Ma'lumki, zichlangan materialni ekstrakstiyalash ancha qiyin.

Parrakli va kontrparrakli diffuzion qurilmalarda qirindi ancha maydalanadi, bu esa diffuzion sharbatning filtrlanishini qiyinlashtiradi. Natijada, ekstrakstiyalash jarayonining tezligi xam kamayadi.



5-расм. Лентали экстрактор. 1 - қобик; 2 - соплолар; 3 - юкловчи шахта; 4 - узатувчи транспорт мосламаси; 5 - насослар.

kechadi. Demak, xom - ashyodan yog'ni to'la ajratib olish uchun ekstrakstiya jarayoni bir necha pog'onali qurilmada olib borish kerak.

Текшириш uchun savollar:

1. Экстракстiyalash nima?
2. Ishqorlanish deb nimaga aytiladi?
3. Lentali ekstraktor qanday maqsadlarda qo'llaniladi?

Qurilma qobig'i ayrim stargalardan tarkib topgan bo'lib, qattqlik qovurg'alari bilan mustaxkamlanadi. Ekstraktorda material uzatuvchi romchalar o'rnatilgan plastmassa zanjirlar yordamida uzatiladi. Ushbu zanjir elektr yuritkichga ulangan uzatma yordamida xarakatga keltiriladi. Romchalarni vertikal xolatda materialdan to'liq tozalash uchun zarba tipidagi tozalagich o'rnatilgan.

Xom - ashyo qurilmaga panjarasimon konveyer va rotasion uloqtirgich yordamida yuklanadi. Isitilgan sharbat qurilmaga soplolar yordamida purkaladi.

Qurilmadan diffuzion sharbat kamerada o'rnatilgan konussimon teshikli elak va patrubkalar orqali chiqariladi. Barometrik suv qurilmaning tepa qismida joylashgan presslangan turp suyuqligi esa, pastki soplolar orqali qurilmaga kiritiladi.

Qand lavlagi paraxasi romchali zanjir yordamida qurilma bo'ylab uzatiladi va oxirida to'kish shtusteriga olib kelinadi. Barometrik va presslangan turp suvlari, qand lavlagi qirindisiga qarama - qarshi

Lentali ekstraktorlar ko'pincha tarkibida yog' bor materiallardan (pista, chigit va x.) yog'ni ekstrakstiyalash uchun qo'llaniladi (5-rasm).

Maydalangan qattiq faza (pista) lentada yupqa qatlam xolida uzatilsa, ekstragent - benzin yoki geksan esa nasoslar yordamida lentadagi xom - ashyoga purkaladi. Qattiq material va ekstragentlarning o'zaro xarakati kombinastiyalangan, murakkab bo'lib, ya'ni xar bir bo'limda o'zaro kesishgan va ekstraktorning butun uzunligi bo'ylab qarama-qarshi yo'nalishda xarakatlanadi. Ekstraktor konstrukstiyasi qattiq material va ekstragentning o'zaro yaxshi to'qnashuvini ta'minlay olmaydi. Shuning uchun, ekstrakstiyalash jarayoni juda kichik tezlikda

28- MA'RUZA

ADSORBSIYA. UMUMIY TUSHUNCHALAR.

REJA:

1. Adsorbsiya, adsorbentlar xarakteristikalarini.
2. Jarayon muvozanati va tezligi.
3. Adsorbentlar konstruktiviyasi.
4. Ion almashinish jarayon va qurilmalari

Umumiy tushunchalar.

Gaz aralashmalari gaz yoki bug'larni yoki eritmalaridan erigan moddalarni qattiq, g'ovaksimon jism yordamida yutish jarayoni **adsorbsiya** deb nomlanadi. Yutilayotgan modda **adsorbent**, yutuvchi modda esa – **adsorbent** deb ataladi.

Absorbsiya jarayonining o'ziga xosligi shundaki - u selektiv va qaytar jarayondir. Jarayonning qaytar bo'lishligi tufayli adsorbent yordamida bug' – gaz aralashmalaridan bir yoki bir necha komponentlarni yutish, so'ng esa maxsus sharoitda ularni adsorbentdan ajratib olish mumkin.

Absorbsiyaga teskari jarayon **desorbsiya** deb nomlanadi. Adsorbsiya jarayoni xalq xo'jaligining turli sohalarida keng tarqalgan bo'lib, gazlarni tozalash va qisman quritish, eritmalarini tozalash va tindirish, bug' - gaz aralashmalarini ajratish uchun ishlatiladi.

Kimyo sanoatda adsorbsiya quyidagi jarayonlarni: gazlar va eritmalarini tozalash va quritishda, eritmalaridan qimmatbaho moddalarni ajratib olishda, neft va neft mahsulotlarini tozalashda, neftni qayta ishlashda hosil bo'ladigan gaz aralashmalaridan aromatik uglevodorodlarni (etilen, vodorod, benzin fraktsiyalaridan aromatik uglevodorodlarni) ajratib olishda ishlatiladi.

Oziq - ovqat sanoatida esa qand qiyomi va diffuzion sharbatlarni tozalashda, pivo va mevalar sharbatlarini tindirish, vino, konyak, aroq va spirtlarni organik va boshqa birikmalardan tozalash, kaxmal-patoka sanoatida qiyomlarni tozalashda qo'llaniladi.

Absorbsiya jarayon 2 xil bo'ladi, ya'ni fizik va kimyoviy adsorbsiya. Agar, adsorbent va adsorbentiv molekularining 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 o'rtasida kimyoviy o'zaro ta'sir bo'lmaydi.

Absorbsiya jarayonida bug'larning yutilishi paytida ular kondensastiyalanadi, ya'ni adsorbent kovaklari suyuqlik bilan to'lib qoladi. Boshqacha qilib aytganda, adsorbentda kapillyar kondensastiya ro'y beradi.

Kimyoviy adsorbsiya yoki **xemosorbsiya** adsorbent va yutilgan modda molekulari orasida kimyoviy bog'lar hosil bo'lishi bilan xarakterlanadi. Bu albatta kimyoviy reaktsiyaning natijasidir. Undan tashqari, xemosorbsiya jarayonida kimyoviy reaktsiya tufayli katta miqdorda issiqlik ajralib chiqadi. Odatda adsorbsiya jarayonida ajralib chiqadigan issiqlik **adsorbsiya issiqligi** (J/kg) deb nomlanadi va u tajribaviy usulda yoki quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$r = \frac{19,16 \cdot \ln \frac{p_2}{p_1}}{\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}} \quad (1)$$

bu erda p_1 va p_2 - tegishli absolyut temperaturalar T_1 va T_2 larda adsorbent ustidagi yutilayotgan moddaning muvozanat bosimlari.

Shunday qilib, xemosorbsiya jarayoni yuqori temperaturada kichik tezliklarda sodir bo'ladi.

Absorbsiya jarayonining selektivligi adsorbent va yutilayotgan komponentning konstantriyasiyaga temperaturaga, tabiatiga va gazlar yutilayotganda bosimga bog'liqdir.

Undan tashqari, jarayon tezligi adsorbentlarning solishtirma yuzga kattaligiga ham bog'liq.

Adsorbentlar turlari va xarakteristikalarini

Ma'lumki, xalq xo'jaligining turli sohalarida qo'llaniladigan adsorbentlar iloji boricha katta solishtirma yuzaga ega bo'lish kerak. Kimyo, oziq-ovqat va boshqa sanoatlarda faollangan ko'mir, silikagellar, alyumogellar, steolitlar, stellyuloza, ionitlar, mineral tuproq (bentonit, diatomit, kaolin) va boshqa materiallar adsorbent sifatida ishlatiladi. Albatta, adsorbentlar mahsulot bilan bevosita ta'sirda bo'lgani uchun zararsiz, mustahkam, zaharlimas va mahsulotni iflos qilmasligi kerak.

Adsorbentlar moddaning massa birligiga nisbatan juda katta solishtirma yuzali bo'ladi. Uning

ichidagi kapillyar kanallari o'lchamiga qarab 3 guruhga bo'linadi, ya'ni makrokovakli ($>2 \cdot 10^{-4}$ mm), oraliq kovakli ($6 \cdot 10^{-6} \dots 2 \cdot 10^{-4}$ mm) va mikrokovakli ($2 \cdot 10^{-6} \dots 6 \cdot 10^{-6}$ mm) bo'ladi. Shuni ta'kidlash kerakki, absorbsiya jarayonining xarakteri ko'p jihatdan kovaklar o'lchamiga bog'liq.

Adsorbent yuzasida yutilayotgan komponent molekularining miqdoriga qarab bir molekulari qatlam (monomolekulali absorbsiya) va ko'p molekulari qatlam (polimolekulali absorbsiya) hosil qilish mumkin.

Adsorbentlarning yana bir muhim xarakteristikasi shundaki, bu uning yutish qobiliyati yoki faolligidir. Adsorbent faolligi uning birlik massasi yoki hajmida komponent yutish miqdori bilan belgilanadi. Yutish qobiliyati 2 xil, ya'ni statik va dinamik bo'ladi. Adsorbentning statik yutish qobiliyati massa yoki hajm birligida maksimal miqdorda modda yutishi bilan belgilanadi.

Dinamik yutish qobiliyati esa, adsorbent orqali adsorbent o'tkazish yo'li bilan aniqlanadi.

Adsorbentlarning komponent yutish qobiliyati temperatura, bosim va yutilayotgan modda konstantrasiyasiga bog'liq. Ushbu sharoitlarda adsorbentning maksimal yutish qobiliyati muvozanat faolligi deb nomlanadi.

Adsorbentlar zichligi, ekvivalent diametri, mustahkamligi, granulometrik tarkibi, solishtirma yuza kabi xossalari bilan xarakterlanadi. Sanoatda ko'pincha granula (2...7 mm) ko'rinishidagi yoki o'lchamlari 50...200 mkm bo'lgan kukunsimon adsorbentlardan foydalaniladi.

Faollangan ko'mirlar odatda tarkibida uglerod bor yog'och, torf, hayvonlar suyagi, toshko'mir kabi mahsulotlarni quruq haydash yo'li bilan olinadi. Ko'mir faolligini oshirish uchun unga 900°S dan ortiq temperaturada havosiz termik ishlov beriladi. Bunda, material kovaklaridagi smolalar ekstragent yordamida ekstraktsiya qilib olinadi.

Faollangan ko'mirlarning solishtirma yuzasi - $600 \dots 1750 \text{ m}^2/\text{g}$, to'kma zichligi - $250 \dots 450 \text{ kg}/\text{m}^3$, mikrokovaklar hajmi - $0,23 \dots 0,7 \text{ sm}^3/\text{g}$. Undan tashqari, ular tarkibida juda kam miqdorda ($<8\%$) kul bo'ladi. Yana shuni ta'kidlash kerakki, havoda 300°S temperaturada faollangan ko'mir yonadi.

Faollangan ko'mirning mayda kukunlari 200°S ga yaqin temperaturada yonadi va konstantrasiyasi $17 \dots 24 \text{ g}/\text{sm}^3$ bo'lganda havo tarkibidagi kislorod bilan portlovchi birikma hosil qiladi.

Absorbsiya jarayonida tozalashning samaradorligi adsorbentning g'ovaksimon tuzilishiga bog'liq bo'lib, bunda mikrokovak asosiy rol o'ynaydi. Faollangan ko'mirlar adsorbent bo'shlig'ining chegaraviy hajmi $0,3 \text{ sm}^3/\text{g}$ ligi tozalash jarayonida qo'llash tavsiya etiladi. Ma'lumki, mikrokovaklar o'lchami katalitik reaktsiyalar tezligini belgilaydi. Mikrokovak o'lchami $0,8 \dots 1,0 \text{ mkm}$ bo'lgan faollangan ko'mirlar optimal deb hisoblanadi.

Spirt va liker-arog ishlab chiqarish sanoatida oq qayin BAU, buk kabi yog'ochlardan olingan faollangan ko'mir, spirt-rektifikatlarni aldegid, keton, murakkab efir, karbon kislotalar va yuqori molekulari birikmalardan tozalashda ishlatiladi. Undan tashqari, mevalar sharbati va pivoni tindirish uchun ham ishlatish mumkin. End sharbatini tindirish uchun esa suyak ko'miri asosida olingan ko'mirlar qo'llaniladi. End sharbati, konyak, vino, meva sharbatlari, efir yog'lari, jelatinni tozalash uchun mayda donasimon faollangan ko'mir - dekolat ishlatiladi. Ayrim hollarda, faollangan ko'mirlar tozalash bilan birga hid, yoqimsiz ta'm, kolloid va boshqa qo'shimcha aralashmalarni ham yo'qotadi.

Silikagellar - bu kremniy kislota gelining suvsizlantirilgan mahsulotidir. Ushbu adsorbentlar natriy silikat eritmalariga kislota yoki ular tuzlarining eritmalarini ta'siri natijasida olinadi. Silikagellarning solishtirma yuzasi $400 \dots 780 \text{ m}^2/\text{g}$, to'kma zichligi esa - $100 \dots 800 \text{ kg}/\text{m}^3$. Silikagel granulari 7 mm gacha bo'lishi mumkin. Silikagellar asosan suv bug'ini yutish, gazlarni quritish, pivo yoki meva sharbatlarini tozalash uchun qo'llaniladi. Bu adsorbent boshqa adsorbentlarga qaraganda yonmaydi, mexanik jihatdan mustahkam bo'ladi.

Seolitlar - tabiiy va sun'iy mineral holatida bo'lib, alyumosilikatning suvli birikmasi. Ushbu adsorbent suvda va organik erimlarda erimaydi. Sun'iy steolit kovaklari o'lchami sorbstiyalanayotgan molekula o'lchamiga yaqin bo'lgani uchun, kovaklarga kiriyotgan molekularni absorbsiya qila oladi. Bu turdagi steolitlar molekulyar elaklar deb nomlanadi. Steolitlarning ayrim turlari sharbatlarni konstantrlash uchun ishlatiladi.

Seolitlar yuqori yutish qobiliyatiga ega bo'lgani uchun, gazlarni va suyuqliklarni qisman quritish yoki suvsizlantirish uchun ham qo'llaniladi. Steolitlar, ko'pincha 2...5 mm diametrli granula ko'rinishida ishlab chiqariladi.

Tuproqlar va tabiiy tuproqsimon adsorbentlar qatoriga bentonit, diatomit, gumbrin, askanit, murakkab kimyoviy tarkibli yuqori dispers sistemalar SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , Fe_2O_3 , MgO va boshqa metall oksidlari kiradi. Tabiiy tuproqlar faolligini oshirish uchun ular sulfat va xlorid kislotalar bilan qayta

ishlanadi. Natijada kalstiy, magniy, temir, alyuminiy va boshqa metal oksidlari chiqarib yuborilishi tufayli qo'shimcha kovaklar hosil bo'ladi.

Bu tuproqlar solishtirma yuzasi 20...100 m²/g, kovaklar o'rtacha radiusi 3...10 mkm bo'ladi.

Kation almashinish sig'imi ortishi bilan tuproqlarning tozalash qobiliyati ko'payadi. Odatda, tuproqlar suyuqlik muhitlarni tozalash uchun ishlatiladi, masalan, rangli moddalarni qayta ishlash natijasida mahsulot oqaradi. Shuning uchun, ayrim hollarda tuproqli adsorbentlar oqartiruvchi tuproq deb ham ataladi.

Oziq-ovqat sanoatida tuproqsimon adsorbentlar vino, pivo, meva sharbatlari, o'simlik yog'larini rafinastiya qilish va boshqa maqsadlarda ishlatiladi. Pivoni tozalash uchun esa, sirt faol bentonitdan keng ko'lamda foydalaniladi. Masalan, natriyli bentonit vinoni na faqat tozalaydi va mo'tadillaydi, balki uni etilish jarayonini tezlashtiradi va muddatini qisqartiradi.

Absorbsiya jarayoni muvozanati

Adsorbent kuchlar tabiatidan qat'iy nazar, adsorbentning massa yoki hajm birligida yutilgan modda miqdori, yutilayotgan modda tabiati, temperatura, bosim va fazadagi aralashma miqdoriga bog'liq.

Jarayondagi qattiq va gaz yoki suyuqlik fazalarida yutilayotgan moddaning muvozanat konstantriyalarini o'rtasida quyidagi bog'liqlik bor:

$$\bar{x}_m = f_1(\bar{y}) \quad \text{yoki} \quad \bar{x}_m = f_2(p) \quad (2)$$

bu erda \bar{x}_m - adsorbentda yutilgan modda (adsorbentiv) konstantriyasi, ya'ni gaz yoki suyuqlik fazalaridagi adsorbentivning muvozanat konstantriyasi, kg adsorbentivning 1 kg adsorbentga nisbati; \bar{y} - bug' yoki suyuqlik fazadagi adsorbentiv konstantriyasi, kg adsorbentivning 1 kg inert qismiga nisbati; p - bug'-gaz aralashmadagi adsorbentivning muvozanat bosimi, N/m².

(2) tenglama bilan ifodalanuvchi bog'liqliklar **absorbsiya izotermalari** deb nomlanadi.

Kimyoviy termodinamika asosida absorbsiya izotermalarining aniq ifodalari topiladi:

Lengmyur izotermalari

$$x_m = \frac{abp}{1 + ap} \quad (3)$$

yoki Freydlit izotermalari

$$x_m = k \cdot p^{1/n} \quad (3a)$$

bu erda x_m - adsorbent bilan yutilgan modda konstantriyasi, kg 1 kg adsorbentga; a, b, k, n - tajribaviy usul bilan aniqlanadigan konstantalar.

Temperatura pasayishi, bosim ortishi va fazalarda qo'shimcha aralashmalar bo'lmasa, absorbsiya jarayoni tezlashadi.

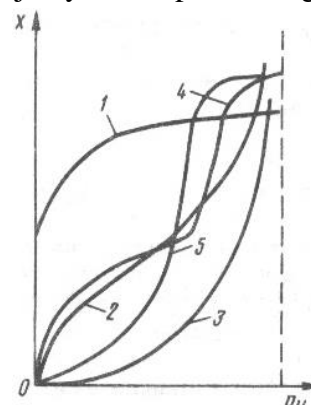
Absorbsiya izotermasining turi ko'pgina omillarga: adsorbentning solishtirma yuzasi, kovaklar hajmi, adsorbent tuzilishi, yutilayotgan modda xossalari va jarayon temperaturasiga bog'liq.

2-rasmda asosiy 5 xil izotermalar turi keltirilgan.

Rasmdagi 1 egri chiziq mikrokovakli adsorbentga oid. 2 va 4 egri chiziqlar boshlanishidagi bo'rtiqlik ham mikrokovaklar bilan bog'liq. Izotermalarning keyingi qismi yo'nalishini polimolekulyar absorbsiya va kapillyar kondensastiya belgilaydi. 3 va 5 egri chiziqlar botiq qismi "adsorbent-adsorbentiv" sistemada adsorbentiv bilan adsorbent molekularining o'zaro ta'sir kuchlari adsorbentiv molekularining o'zaro ta'sir kuchlaridan kam bo'lgan holatini xarakterlaydi. Bu turdagi izotermalar juda kam uchraydi.

Absorbsiya jarayoni boshqa qattiq fazali sistemalarda massa almashinish jarayonidan (mexanizmi) farq qilmaydi.

Umumiy holatda adsorbentda yutilayotgan moddaning diffuziya jarayoni kriterial tenglamasi yordamida ifodalanadi:



2-расм.Изотермаларнинг

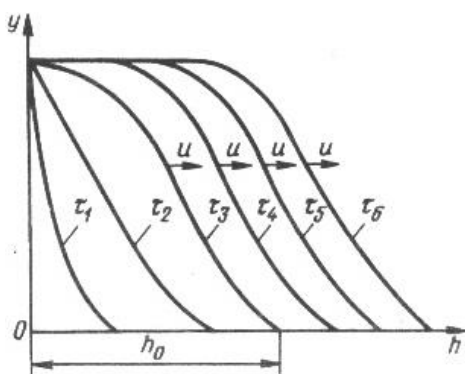
$$\frac{x - x_m}{x_0 - x_m} = f\left(Bi_{II}, Fo_{II}, \frac{z}{\delta}\right)$$

Qo'zg'almas adsorbent qatlamiga yutilayotgan moddaning boshlang'ich konsentrastiyasi u bo'lgan oqim uzluksiz ravishda uzatilish holatini ko'rib chiqamiz.

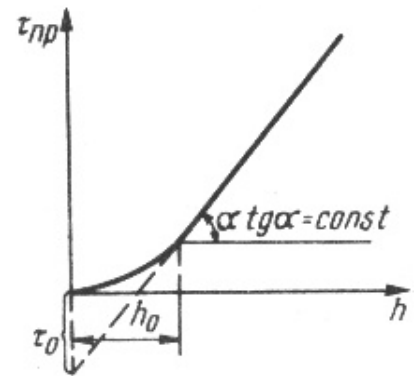
Adsorbent qatlami orqali oqim aralashmasdan, ideal siqib chiqarish rejimida harakatlanmoqda deb faraz qilamiz.

Ma'lum vaqt o'tgandan so'ng, adsorbent qatlamining boshlang'ich qismi tezda to'yinadi va adsorbentni absorbsiya qilishi to'xtaydi. Natijada, yutilayotgan modda konsentrastiyasi o'zgarmas qatlarning boshlang'ich qismidan o'tib ketadi va absorbsiya zonasi yuqoriga qarab ko'tarilib boradi. Adsorbent qatlami balandligi bo'yicha adsorbentning tarqalishi ravon va absorbsiya ko'lami hosil bo'ladi (3-rasm). Ushbu rasmda $\tau_1, \tau_2, \tau_3 \dots \tau_n$ vaqtlarda adsorbent qatlami balandligi h bo'yicha adsorbent nisbiy konsentrastiyasining taqsimlanish egri chiziqlari keltirilgan. Shuni ta'kidlash kerakki $\tau_1 < \tau_2 < \tau_3 < \dots < \tau_n$ bu erda τ_n jarayon boshlanishidan o'tgan vaqt.

Jarayon davomida biror vaqt o'tishi bilan absorbsiya ko'lami o'zgarmaydi. Absorbsiya jarayonida



3-**расм.** Адсорбция қўламнинг



4-**расм.** Химояловчи таъсир давомийлигининг адсорбент қатлами баландлигига боғлиқлиги.

adsorbent qatlamining to'yinish paytigacha ishlash vaqti, absorbsiya ko'laminin tashkil etish davri deb nomlanadi. Adsorbentning butun qatlami bo'yicha absorbsiya zonasi vaqt o'tishi bilan qatlamda adsorbent konsentrastiyasi ravon o'zgaradi. Natijada, absorbsiya ko'lami qandaydir o'zgarmas tezlik bilan siljiydi. Adsorbentning "o'tib ketishiga" to'g'ri keladigan vaqtdan boshlab adsorbent qatlamining adsorbent yoki himoyalovchi ta'siri tamom bo'ladi.

Adsorbent qatlamidan adsorbentning "o'tib ketish" vaqtiga mos keladigan o'rtacha konsentrastiyasi qatlamning dinamik faolligi deb ataladi.

Absorbsiya jarayoni boshlanishidan muvozanat holatigacha adsorbent massasi birligida yutilgan modda miqdori adsorbentning statik faolligi deyiladi. Ma'lumki, dinamik faollik har doim statik faollikdan kichik bo'ladi. Demak, adsorbentning sarfi uning dinamik faolligiga qarab tanlanadi. Adsorbent qatlami ishlatilishining frontal (qatlaml) modeli prof. Shilov I.A. tomonidan yaratilgan.

Yutilayotgan modda konsentrastiyasi boshlang'ichdan "o'tib ketish" konsentrastiyasigacha o'zgarayotgan adsorbent qatlamining h_0 qismi ishchi qatlam deyiladi. Ushbu jarayonga to'g'ri keladigan vaqt - himoya qilish vaqti deyiladi.

Prof. Shilov I.A. tomonidan o'zgarmas tezlik u da absorbsiya ko'laminin siljishini ifodalash uchun tegishli formulasi keltirib chiqarilgan. Absorbsiya yoki himoyalovchi ta'sir vaqtini ushbu tenglamadan topish mumkin:

$$\tau = kh - \tau_0 = \frac{h}{u} - \tau_0 \quad (4)$$

bu erda $k=1/u$ - qatlamni himoyalovchi ta'sir koeffitsienti; τ_0 - qatlamni himoyalovchi ta'sir vaqtining yo'qotilishi.

(4) tenglamadagi kattaliklar tajribaviy yo'l bilan aniqlanadi va ularning grafik tasviri 4-rasmda ko'rsatilgan. Egri chiziq to'g'ri qismining qiyalik burchak tangensiyasi ($\text{tg} \alpha = k$) qatlamning himoyalovchi ta'siri koeffitsientiga teng. Ordinata o'qi davomi bilan egri chiziqning to'g'ri qismining kesishgan

joyidagi kesma esa, himoyalovchi ta'sir vaqti yo'qotilishi τ_0 ga tegishli.

Absorbsiya ko'lamining siljish tezligini hisoblash uchun quyidagi tenglama tavsiya etiladi:

$$u = w_0 \frac{y_\delta}{\varepsilon \cdot y_\delta + x_m} \quad (5)$$

bu erda $w_0 = w' \cdot \varepsilon$ - oqimning soxta tezligi (w' - adsorbent zarrachalari orasidagi kanallarda oqimning tezligi; ε - adsorbent qatlamining g'ovakliligi); x_m - oqimdagi adsorbentning hajmiy konstantastiyasi u_n bilan muvozanatdagi adsorbent qatlamidagi adsorbent konstantastiyasi.

Desorbsiya.

Ma'lumki, absorbsiya jarayoni aralashmalarni ajratish uchun qo'llaniladi va har doim desorbsiya jarayoni bilan ketma-ket o'tkaziladi.

Odatda, adsorbentni qayta ishlatish maqsadida unga yutilgan modda desorbsiya qilib ajratib olinadi. Buning uchun ko'pincha suv bug'i ishlatiladi. Desorbsiya natijasida olingan adsorbent va suv bug'i aralashmasi kondensatorga yo'llaniladi. Unda, mahsulot suvdan cho'ktirish usulida ajratib olinadi. Sanoatda desorbsiyaning bir necha usuli qo'llaniladi.

a) adsorbentga yutilgan komponentlar yutiluvchi moddalarga nisbatan yuqori adsorbent qobiliyatga ega bo'lgan eltkichlar yordamida siqib chiqariladi;

b) adsorbent qatlamini qizdirish yo'li bilan nisbatan yuqori uchuvchanlikka ega yutilgan komponentlarni bug'latish.

Ayrim hollarda absorbsiya jarayonida hosil bo'lgan smola va boshqa mahsulotlarni tozalash uchun ushbu komponentlar kuydiriladi.

Desorbsiyaning u yoki bu usulini ko'llash texnik-iqtisodiy maqsaddan kelib chiqqan holda tanlanadi. Ikkala usul ham amaliyotda keng ishlatiladi va ko'pincha birgalikda qo'llaniladi.

Absorbsiya jarayoni tugagandan so'ng, adsorbent qatlamidan toza bug' yoki gaz o'tkaziladi va yutilgan modda ajratib olinadi. Desorbsiya jarayonini jadallashtirish uchun yuqori temperaturadagi desorblovchi eltkich adsorbent qatlamidan o'tkaziladi.

Desorblovchi eltkich sifatida suv va organik moddalar bug'lari, hamda inert gazlarni qo'llash mumkin. Desorbsiya jarayoni tugagandan so'ng adsorbent qatlami odatda quritiladi va sovutiladi. Fayta tiklash jarayonida faollangan ko'mirga yutilgan uchuvchan erituvchilar to'yingan suv bug'i yordamida desorbsiya qilinadi. Shuni alohida ta'kidlash kerakki, yutilgan moddaning asosiy qismi desorbsiya jarayonining boshida ajratib olinadi. Jarayon oxiriga borib, uning tezligi pasayadi, ammo yutilgan komponent birligiga suv bug'ining sarfi juda ko'payib ketadi. Shuning uchun suv yoki boshqa organik modda bug'larini tejash maqsadida, desorbsiya jarayoni oxirigacha olib borilmaydi. Shu sababli, yutilgan komponentning bir qismi adsorbentda qolib ketadi.

Desorbsiya jarayoni davomida isituvchi bug'ning bir qismi butun sistemani isitishga, adsorbentda yutilgan moddani desorbsiyalash va atrof muhitga yo'qotilgan issiqlikni kompensastiya qilishga sarflanadi. Lekin, shuni nazarda tutish kerakki, isituvchi bug'ning hammasi adsorbentda butunlay kondensastiyalanadi.

Adsorbent qatlamidagi desorbsiyalangan moddalar dinamik bug' yordamida puflab chiqarilaydi. Dinamik bug' adsorbentda kondensastiyalanmaydi va qurilmadan desorbsiyalangan moddalar bilan birga uchib chiqadi.

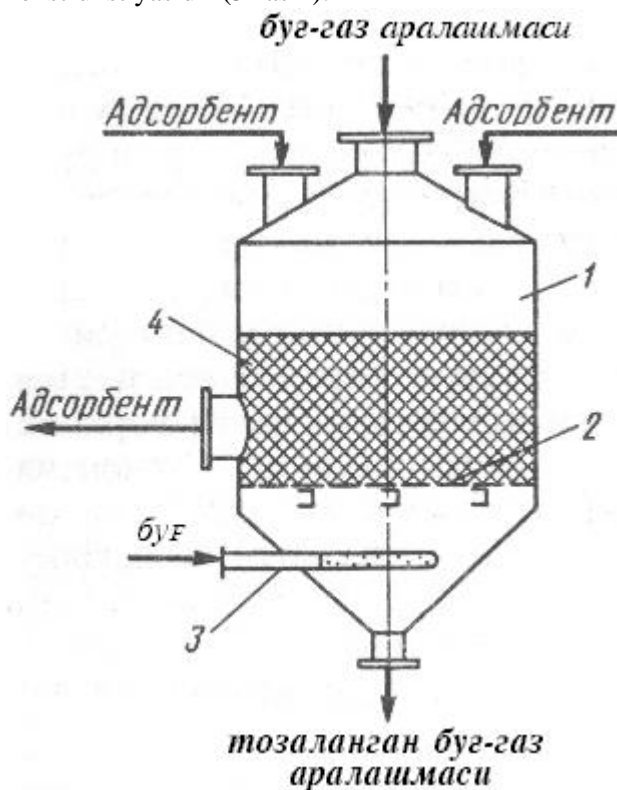
Tahminiy hisoblarga ko'ra, 1 kg moddani desorbsiyalash uchun 3...4 kg dinamik bug' sarflanadi. Steolitlarni qayta tiklash uchun ko'pincha qizdirilgan quruq gaz qo'llaniladi. Desorbsiya jarayoni absorbsiya kabi qo'zg'almas, harakatchan va mavhum qaynash qatlamlarida olib boriladi.

Adsorberlar konstruktiviyalari

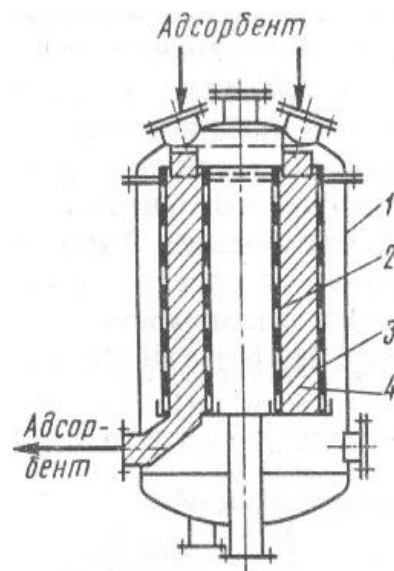
Jarayonni tashkil etish bo'yicha adsorberlar 2 guruhga bo'linadi: davriy va uzluksiz.

Davriy adsorberlar qo'zg'almas va mavhum qaynash qatlamli bo'ladi.

Vertikal Silindrik adsorber - davriy ishlaydigan adsorberlarning eng ko'p tarqalgan konstruktsiyasidir (5-rasm).



5-расм. Қўзғалмас қатламли адсорбер. 1-қобик; 2-колосникли панжара; 3-ҳалқасимон труба; 4-адсорбент



6-расм. Ҳалқасимон адсорбент қатламли

Kolosnikli panjara 2 ga qurilma tepa qismidagi lyuklar orqali adsorbent granulari yuklanadi. Qurilmaning pastki qismidagi lyuklar orqali esa, ishlatib bo'lingan adsorbent to'kiladi. Bu turdagi adsorberlar bug'-gaz aralashma va suyuqlik eritmalarini tozalash uchun ishlatiladi. Boshlang'ich aralashma va o'tkir bug'ni uzatish uchun adsorberda tegishli shtusterlar o'rnatilgan. Odatda, boshlang'ich eritma adsorberning halqasimon trubasi 3 orqali pastdan yuqoriga harakatlantiriladi. Bug'-gaz aralashmasi esa, yuqoridan pastga qarab uzatilishi mumkin. Bunday qurilmalarda, desorbsiya jarayonida o'tkir bug' halqasimon truba 3 orqali yuboriladi.

Bu turdagi adsorberlarda adsorbsiya jarayoni 4 bosqichda o'tadi: adsorbsiya, desorbsiya, quritish va adsorbentni sovitish. Jarayon tugagandan so'ng, ishlatilib bo'lingan adsorbentni qayta tiklash masalasi paydo bo'ladi. Adsorbentdan yutilgan moddani desorbsiyalash texnologik jarayonning zarur bosqichidir. Ushbu bosqichda birdaniga ikkita masala echiladi: adsorbentni qayta tiklash va moddani ajratib olish.

Desorbsiyalashning asosiy usuli bu to'yingan suv bug'i yordamida adsorbentdan yutilgan komponentni siqib chiqarish. Desorbsiya jarayoni tezligini oshirish uchun jarayon yuqori temperaturalarda o'tkaziladi.

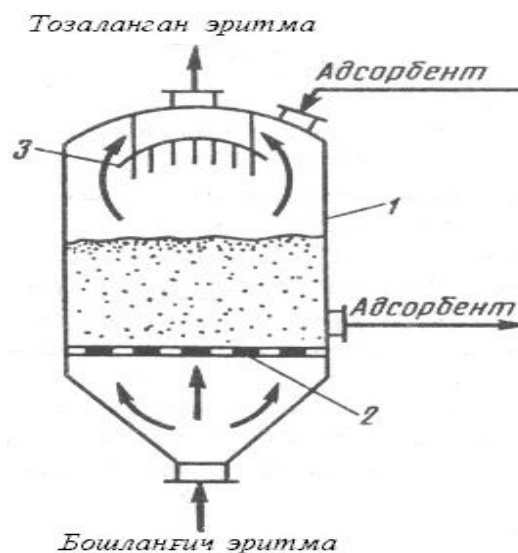
Vertikal, qo'zg'almas halkasimon adsorbent qatlamli adsorber - bug'-gaz aralashmasidan komponentlarni yutish uchun mo'ljalangan (6-rasm). Adsorber vertikal qobiq 1 dan iborat bo'lib, uning ichida ichki 2 va tashqi 3 panjaralar orasiga adsorbent 4 joylashgan bo'ladi. Adsorbsiya bosqichida bug'-gaz aralashmasi adsorberning pastki qismiga beriladi va halqasimon adsorbent qatlamining kesimi bo'yicha taqsimlanadi. Adsorbent qatlamidan o'tib, tozalangan bug'-gaz aralashma markaziy patrubkadan chiqib ketadi. Desorbsiyalash bosqichida suv bug'i adsorberning markaziy patrubkasi orqali uzatiladi. Desorbsiyalangan komponent va suv bug'larining aralashmasi qurilmaning pastki qismidagi shtuster orqali chiqariladi. Adsorbentni quritish uchun issiq, sovitish uchun esa - sovuq havo yuboriladi. Adsorbent sovutilgandan so'ng stikl yana qaytadan takrorlanadi. Adsorbentni yuklash qurilmaning tepasidagi lyuk, to'kish esa-pastki techka orqali amalga oshiriladi.

Mavhum qaynash qatlamli adsorber - mayda, donador adsorbent bilan to'ldirilgan bo'ladi (7-rasm).

Boshlang'ich aralashma adsorbent zarrachasining mavhum qaynash tezligidan kattaroq tezlikda gaz taqsimlovchi teshikli panjara 2 ostiga uzatiladi. Natijada, adsorbent qatlami kengayadi va so'ng mavhum qaynash holatiga o'tadi. Adsorbsiya jarayonini mavhum qaynash qatlamida o'tkazish massa almashinish jarayonini intensivlashga va jarayon davomiyligini qisqarishiga olib keladi.

Xarakatchan donador adsorbent qatlamli adsorberlar- bu ichi bo'sh kolonna tipidagi qurilma bo'lib, unda to'siqlar, quyilish trubkalari va uzatuvchi moslamalar o'rnatilgan.

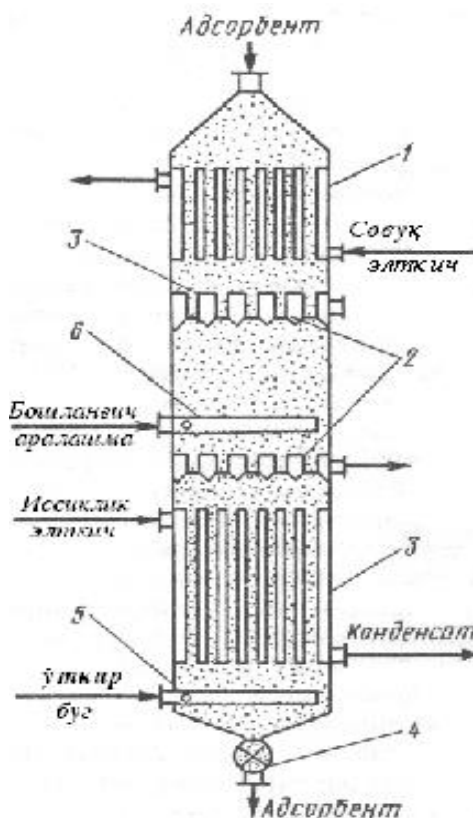
8-rasmda bug'-gaz aralashmasini tozalash va taqsimlovchi tarelkalardan tarkib topgan. Bu turdagi adsorberda adsorbent uzluksiz sirkulyatsiya qilib turadi va gazdagi yutiluvchi komponent adsorbentga



7-расм. Мавхум қайнаш қатламли адсорбер. 1-кобик; 2-тақсимловчи тешikli панжара; 3-сепаратор.

o'tadi.

Adsorbentning birinchi sekstiyasi bo'lmish sovutkichda qayta tiklangan adsorbent sovutiladi. Ushbu sekstiya qobiq-trubali issiqlik almashinish qurilmasi ko'rinishida yasalgan. Sovuqlik eltkich



8-расм. Харакатчан адсорбент қатламли адсорбер. 1-совутич; 2-тақсимловчи тарелка; 3-иситкич; 4-шлюзли тамба; 5-ўткир буғ тақсимлагич; 6-бош-ланғич эритма тақсимлагич.

sovutkichning trubalararo bo'shlig'iga uzatilsa, adsorbent esa - trubalar ichida harakatlanadi.

Ikkinchi sekstiya adsorber vazifasini bajaradi. Bu erda adsorbent bug'-gaz aralashmasi bilan to'qnashuvda bo'ladi. Birinchi sekstiyadan ikkinchisiga adsorbent patrubka va taqsimlovchi tarelkalar orqali o'tadi. Fayd etilgan moslamalar adsorbent qurilma ko'ndalang kesimi bo'yicha bir xilda taqsimlash va ikkala sekstiya orasida tamba va ajratib turuvchi vosita sifatida xizmat qiladi. Undan keyin, ishlatib bo'lingan adsorbent desorbsiya sekstiyasiga o'tadi va u erda desorbsiyalovchi eltich (o'tkir bug') bilan o'zaro ta'sirda bo'lib qizdiriladi. Fayta tiklangan adsorbent shlyuzli tamba orqali chiqarib yuboriladi.

Ion almashinish jarayonlari va qurilmalari

Elektrolit eritmalari bilan o'zaro ta'siri paytida ion almashinish qobiliyatiga ega adsorbentlar (ionitlar) tarkibidagi faol ionlarning eritmadagi ionlar bilan almashishi **ion almashinish jarayoni** deb nomlanadi.

Ion almashinish jarayonining qo'llanish sohasi juda keng, chunki u suvli eritmalaridan begona ionlarni yo'qotish va mineralsiz (yumshoq, tuzsiz) suvlar olishda ishlatiladi. Bu usulda tozalangan suv ichish uchun, hamda o'ta toza 210ita ishlab chiqarish sanoatida qo'llaniladi. Undan tashqari, issiqlik elektr stanstiyalari uchun suvni tayyorlashda, atom elektr stanstiyalarining oqava suvlarini tozalashda ham, ion almashinish jarayonidan foydalaniladi.

Oziq-ovqat sanoatining 210ita210 sohasida ayrim mahsulotlarni tayyorlashda ushbu jarayon juda ko'p ishlatiladi. Masalan, qand ishlab chiqarish sanoatida ionlar sharbat va qiyomlarni, begona moddalardan tozalash imkonini beradi. Vinohilikda vino tarkibidan kalstiy va temirni ajratib olishda, sutni kalstiy va boshqa metal ionlaridan tozalashda, yog'-moy sanoatida o'simlik moylarini tozalashda, qimmatbaho metallarni ajratib olishda, medistina, metallurgiyada ionitlar juda 210ita samara beradi. Texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlari bo'yicha ion almashinish jarayoni ekstrakstiya, Rektifikatsiya va boshqa jarayonlar bilan raqobat qila oladi.

Shuni alohida ta'kidlash kerakki, ushbu jarayonda ionit va eritma orasida ion almashinish yuz beradi. Bunda, eritmadagi ionlar ionit yuzasiga, ionit yuzasidagi ionlar esa, eritmaga o'tadi.

Ionitlar sifatida qattiq, suvda va organik erituvchilarda erimaydigan tabiiy va sun'iy materiallar ishlatiladi. Ionitlar sharsimon shaklda, mayda donador, granula holatida bo'ladi. Ularning ion almashinish xossalari almashinish hajmi bilan xarakterlanadi, ya'ni 1 g ionit bilan almashayotgan milligramm-ekivalent ion soni bilan ifodalanadi.

Ionitlar kimyoviy tarkibi va tuzilishi bilan farqlanadi. Almashadigan ion zaryadlar ishorasiga qarab, ionitlar kationit va anionitlarga bo'linadi.

Eritmada ionizastiya darajasiga qarab kationitlar quyidagi guruhlariga bo'linadi: kuchli va kuchsiz kislotali. Anionitlar esa, yuqori va past asosli guruhlariga bo'linadi.

Fovaklilik darajasiga qarab sintetik ionitlar 210ita va makrokovakli bo'ladi. Makrokovakli ionitlar rivojlangan g'ovak tuzilishli bo'lib, solishtirma yuzasi 210ita bo'ladi. Natijada, granula ichida moddalar ko'chishi yuqoridir.

Katta almashinish hajmli, mexanik mustahkam, suvda va organik suyuqliklarda erimaydigan, qayta tiklanadigan sun'iy ionitlar yaratilishi bilan ion almashinish texnologiyasi juda keng tarqala boshladi.

Kationitlar kislota xarakterli va musbat zaryadli ionlarini almashtirish qobiliyatiga ega. Kationitlar tarkibida quyidagi: SO_3^{2-} - sulfo, $HCOO^-$ - karboksil, RO_3N^{2-} - fosfon guruhlariga bo'lib, manfiy zaryad olib keladi.

Anionitlar tarkibida quyidagi: NH_3^+ - amido, NH_2^+ - amino guruhlariga bo'lib, musbat zaryad olib keladi.

Ionitlar mexanik mustahkamligi yuqori, ta'sir etayotgan suyuqlikda erimasligi va uni ifloslantirmasligi kerak.

Fizik – kimyoviy jihatdan ionitlar murakkab sistema bo'lib, unda bir vaqtning o'zida ko'pgina o'zaro ta'sirlar bo'ladi. Shuning uchun, ion almashinish nazariyasida, ionitlarning tabiati va unda bo'ladigan o'zaro ta'sirlarni hisobga olmagan muvozanat holatidagi xossalari ko'rib chiqiladi.

Ion almashinish jarayonini xarakterlovchi ionitlarning muvozanat xossalari ifodalash uchun termodinamik usullardan foydalaniladi. Bunda, hamma ionitlar uchun umumiy belgilar ajratiladi:

a) ionit – eritma sistemasi ikki fazali, geterogen sistemadir;

b) ionit fazasida 210ita yoki bir nechta muayan holatda mahkamlangan ion bo'lib, manfiy yoki

musbat zaryadlar olib keladi;

v) ionlar ionit – eritma fazalar chegarasini kesib o'tolmaydi;

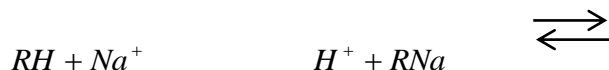
g) ionit fazasi tarkibida antiionlar bo'ladi va ular ionit – eritma fazalarni ajratuvchi chegarani kesib o'ta oladi;

d) muvozanat holatidagi eritma ionit fazasida boshqa zarrachalar ham bo'lishi mumkin, masalan, erituvchi molekullari.

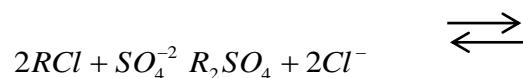
Ion almashinish jarayoni boshlanishi uchun muvozanat o'ng tomonga siljirilishi kerak, ya'ni ion almashinish reaksiyalarining kimyoviy muvozanat konstantasi birdan ancha katta bo'lishi kerak.

Ion almashinish jarayonini geterogen kimyoviy reaksiya deb qarash va misol tariqasida quyidagi tenglamalarni keltirish mumkin:

a) kationli almashinish:



b) anionli almashinish:



Kationit va anionitlar orasidagi oraliq holatni amfolitlar egallaydi. Uning tarkibida kislotali va asosiy ionogen guruhlar bo'lib, kationit va anionit vazifalarini bajaradi.

Ionit – eritma sistemaning muvozanati muvozanat koeffitsienti bilan xarakterlanadi. Koeffitsientning kattaligi tashqi omillarga bog'liq, ya'ni muvozanatdagi eritma kontrastiyasi, temperaturasi va bosimga.

Davriy ishlaydigan, qo'zg'almas ionit qatlamli ion almashinish qurilmasi 9-rasmda keltirilgan. Qurilma Silindrik qobiq 1 va taqsimlovchi moslama 2,3 lardan tarkib topgan. Pastki taqsimlovchi moslama 3 tirqishli qalpoqchali tarelka ko'rinishida bo'lib, unda qo'zg'almas ionit qatlami joylashtiriladi.

Qayta ishlanadigan eritma esa, qurilma pastki qismidagi shtuster 4 orqali uzatiladi va gaz taqsimlovchi teshikli panjaradan ionit qatlamiga o'tadi. Qurilmaning tepa (bo'sh) qismida tozalangan eritma to'planadi va yuqoridagi shtuster 5 dan chiqariladi.

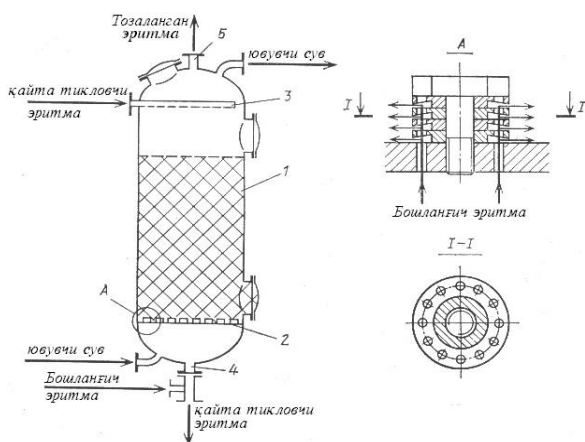
Ion almashinish jarayoni tugagandan so'ng, qurilma to'xtatiladi va ionit qayta tiklanadi. Buning uchun avval ionitdan eritma yuvib tashlanadi va undan keyin maxsus erituvchi yordamida tozalanadi. Odatda, qayta tiklovchi erituvchi, eritma yo'nalishiga qaraba – qarshi harakatlantiriladi. Keyin esa, yana ionit qatlami suv bilan yuviladi.

Ikkinchi yuvishdan maqsad maxsus erituvchini yo'qotishdir, ya'ni ionitdagi tuz, kislota va ishqor eritmalarining qoldiqlarini suv yordamida tozalashdir. Shunday so'ng qurilma keyingi ion almashinish stikliga tayyor bo'ladi.

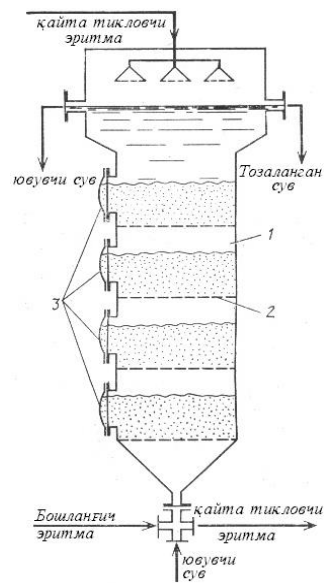
Davriy ishlaydigan sekstiyali, mavhum qaynash ionit qatlamli ion almashinish qurilmasi 10-rasmda ko'rsatilgan. Ion almashinish qurilmasi kolonna 1 va uni bir necha sekstiyaga ajratuvchi teshikli panjara 2 lardan tarkib topgan. Qurilmani sekstiyalash mavhum qaynash jarayonida ionitlarni ko'ndalang harakatlanishini kamaytiradi va ideal siqib chiqarish rejimini ta'minlaydi. Ma'lumki, bu rejimda jarayon maksimal harakatga keltiruvchi kuchga ega bo'ladi.

Qurilma lyuklari 3 orqali ionit yuklanadi va undan so'ng boshlang'ich eritma o'zaro ta'sir uchun yuboriladi. Ionit yutilgan moddalar bilan to'yingandan

so'ng, u yuviladi va qayta tiklanadi.



9-расм. Қўзгалмас ионит қатламли даврий ишлайдиган ион алмашиниш қурилмаси. 1 - қобик; 2 - тирқишли қалпоқча типидаги тақсимловчи тарелка; 3 - тақсимлагич; 4,5 - дастлабки эритманинг кириш ва тозаланган эритма чиқариш штуцерлари.



10-расм. Даврий ишлайдиган секцияли, мавҳумқайнашионит қатламли ион алмашиниш қурилмаси. 1 - қобик; 2 - тешикли панжара; 3 - люклар.

Tekshirish uchun savollar:

1. Absorbsiya deb nimaga aytiladi?
2. Adsorbentlar xarakteristikallari.
3. Desobstiya nima?
4. Ion almashini qurilmalari ishlash printsipti qanday?

29-MA'RUZA KRISTALLANISH.

REJA:

1. Kristallizatsiya. Jarayon muvozanati, to'yinish darajasi.
2. Kristallanish usullari.
3. Kristalizatorlar konstruktsiyalari.

Umumiy tushunchalar

Eritmalardan erigan qattiq komponentlarni kristall holda ajratib olish **kristallanish** jarayoni deb nomlanadi.

Kristallanishga teskari jarayon **eritish** jarayoni deyiladi.

Kristall deganda har xil shakldagi, tekis qirralar bilan cheklangan bir jinsli qattiq moddalar tushuniladi.

Kristallanish qattiq moddalarni toza holda olishning asosiy usuli, chunki kristallanish jarayonida har doim shunday sharoit yaratish mumkinki, keraksiz moddalar eritmada qolib, faqat toza modda kristallanadi.

Kristallanish jarayoni kimyo, neft kimyosi, metallurgiya, medistina, farmastevtika, oziq – ovqat va boshqa sanoatlarda keng miqyosda qo'llaniladi. Kristallanish jarayonini o'tkazishdan maqsad: eritmalardan kristallik fazani ajratish; bir va ko'p bosqichli kristallanish usullarida

aralashmalarni ajratish; moddalarni aralashmalardan o'ta tozalash; monokristallar etishtirish.

Kristallanish jarayonida turli o'lchamli kristallar, ya'ni sochiluvchan mahsulot olinadi.

Xar bir modda kristallarining o'ziga xos geometrik shakllari bor. Xammasi bo'lib 32 xil kristallar simmetriya o'qlar soni mavjud va ular 7 ta kristallografik guruhga ajratilgan: kubik, trigonal, tetragonal, geksagonal, rombik, monoklin, triklin.

Bir kimyoviy modda bir necha xil kristallar hosil qilishi **polimorfizm** deb yuritiladi.

O'z tarkibida suv molekularini tutgan kristall **kristallogidratlar** deyiladi.

Kristallanish jarayoni ro'y berishi uchun boshlang'ich eritma o'ta to'yingan holatda bo'lishi kerak. Agar, eritmadagi erigan modda konstantriyasi uning eruvchanligidan yuqori bo'lsa, bunday eritmalar o'ta to'yingan deb nomlanadi. Lekin, o'ta to'yingan eritmalar noturg'un sistema bo'lgani uchun, undan erigan moddaning ortiqcha miqdori ajralib chiqadi, ya'ni kristallanish jarayoni sodir bo'ladi. Kristallar ajrab chiqishi tugagandan keyin to'yingan eritma qoladi.

Sanoat texnologik jarayoni 3 bosqichdan iborat: 1) kristallanish; 2) kristallarni eritmalardan ajratish; 3) kristallarni yuvish va quritish.

Kristallanish statikasi va kinetikasi

Jarayon statikasi. Temperatura ortishi bilan qattiq moddalar eruvchanligi o'zgarishiga qarab "musbat" yoki "manfiy" eruvchanlikka ega bo'lishi mumkin.

Agar, temperatura o'sishi bilan moddalar eruvchanligi ortsa, unda "musbat", aksincha bo'lsa "manfiy" eruvchanlikli bo'ladi.

Ma'lum temperaturada qattiq faza bilan muvozanatda bo'lgan eritma **to'yingan** eritma deb nomlanadi. Bunday eritmalarda qattiq modda va eritma o'rtasida dinamik muvozanat holati mavjuddir.

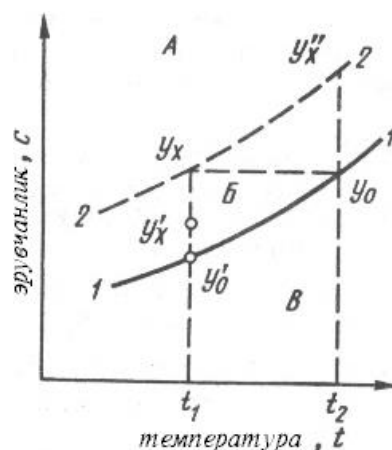
Erigan modda konstantriyasi uning eruvchanligidan katta bo'lgan aralashmalarga **o'ta to'yingan** eritmalar deb nomlanadi. O'ta to'yingan eritmalar noturg'un bo'ladi va to'yingan holatga oson o'tadi. Bunday o'tish davrida o'ta to'yingan eritmalardan kristallar ajralib chiqadi.

Temperatura o'zgarishi bilan eritmalarda yuz beradigan o'zgarishlarni holat diagrammasi xarakterlaydi (1-rasm).

Konstantriyasi labil (o'zgaruvchan) zonaga to'g'ri keladigan eritmalar juda tez kristallanadi. Metastabil zonaga oid konstantriyasi eritmalar esa - nisbatan sekin kristallanadi, chunki jarayon tezligi eritma temperaturasi, issiqlikni ajratib olish yoki erituvchini bug'lanish tezligi, aralashtirish va boshqa omillarga bog'liq.

Agar, temperatura t_2 dan t_1 gacha o'zgarsa, eritmadan juda kam miqdorda kristallar ajrab chiqadi va u eritma konstantriyasi $u_2 - u_0$ o'zgarishiga to'g'ri proporsionaldir.

O'zgarimas t_2 temperaturada erituvchining bir qismi yo'qotilgan taqdirda, o'ta to'yingan eritma olishga erishish mumkin. Bunda, konstantriyalar farqi $u_x'' - u_0$ ga proporsional miqdorda kristallar hosil bo'ladi. Demak, bunday eritmalar kristallanishi eritma temperaturasini pasaytirish yoki erituvchining bir qismini



1-расм. Эритмалар холат диаграммаси. 1-1 - эрувчанлик эгри чизиғи; 2-2 - метастабил соха чегараси; А - лабил (ўзгурувчан) эритмалар зонаси; Б - метастабил эритмалар зонаси; В - барқарор эритмалар зонаси.

yo'qotish yo'li bilan o'tkazish mumkin.

Eritma eruvchanligining temperaturaga bog'liqligi juda katta bo'lsa, temperaturani kamaytirib kristallash optimal usulga to'g'ri keladi.

Agar, temperatura ortishi bilan moddalar eruvchanligi o'zgarmasa, unda erituvchining bir qismini yo'qotish usulida kristallash mumkin.

Jarayon kinetikasi. Eritmadan moddani qattiq fazaga o'tishi, erigan moddalarning chegaraviy qatlam orqali diffuziya usulida amalga oshadi. Kristallanish jarayonining tezligi chegaraviy qatlam orqali erigan modda duffiziyasi yoki kristall bilan modda qo'shilish tezligi yoki bir vaqtning o'zida ikkala omil bilan aniqlanishi mumkin.

Saxarozaning kristallanish jarayonini ko'rib chiqamiz. Kristallar o'lchami o'sishi jarayonida ular δ qalinlikdagi o'ta to'yingan, metastabil eritma chegaraviy qatlami bilan o'ralgan bo'ladi. Ushbu o'ta to'yingan eritmadan ortiqcha saxaroza molekulari tezda ajralib chiqadi va kristall yuzasiga yopishadi. Natijada, eritma u_n konstantrastiyali holatiga o'tadi.

Lekin, kristallarni ma'lum bir masofada o'rab turgan eritmada konstantrastiyasi u_p bo'lgan o'ta to'yingan saxaroza saqlanib turadi.

Konstantrastiyalar farqi $u_p - u_n$ bo'lgani uchun eritmaning chegaraviy qatlami orqali saxaroza diffuziya qiladi. Kristall qirralariga yaqinlashgan, saxaroza molekulari kristallik panjaraga o'tadi, ya'ni fazaviy o'tish sodir bo'ladi. Shunday qilib, kristallar o'sish tezligi saxarozaning diffuziya va fazalarni ajratuvchi chegarada fazaviy o'tish tezliklari bilan belgilanadi. Agar, fazaviy o'tish tezligi saxarozaning diffuziya tezligidan yuqori bo'lsa, unda saxarozaning kristallanish jarayonini cheklovchi bosqichi bo'lib uning diffuziyasi hisoblanadi.

Saxaroza kristallarining o'sish tezligi ushbu tenglama yordamida ifodalash mumkin:

$$\frac{dM}{d\tau} = \frac{D \cdot F(y_n - y_u)}{\delta} \quad (1)$$

bu erda dM - vaqt birligida kristallangan modda miqdori; D - diffuziya koeffitsienti; F - kristallanish yuzasi; u_p - o'ta to'yingan eritma hajmidagi modda konstantrastiyasi; u_n - kristall sirti atrofidagi modda konstantrastiyasi (odatda eritma konstantrastiyasiga teng deb qabul qilinadi); δ - konstantrastiyasi u_p dan u_n gacha o'zgaradigan eritma chegaraviy qatlamining qalinligi.

(1) tenglamani integrallasak, ushbu ko'rinishga ega bo'lamiz:

$$M = \frac{D \cdot (y_n - y_u) F \tau}{\delta}$$

Kristallanish tezligi esa:

$$\frac{M}{F \tau} = \frac{D \cdot (y_n - y_u)}{\delta} \quad (2)$$

Kristallar laminar rejimda o'ta to'yingan eritma bilan yuvilib turishini hisobga olsak, chegaraviy qatlam qalinligi ushbu ifodadan aniqlanadi:

$$\delta \approx \left(\frac{\mu}{v} \right)^{0.5} \quad (3)$$

bu erda μ - to'yingan eritmaning dinamik qovushoqligi; w - kristallarning eritmada harakat tezligi. Stoks qonuniga binoan $v = l/\mu$

Eynshteyn nazariyasiga binoan diffuziya koeffitsientining absolyut temperatura T va

qovushoqlik μ ga bog'liqligi quyidagi funktsiya bilan ifodalanadi:

$$D = \frac{kT}{\mu} \quad (4)$$

bu erda k - diffuziyalanayotgan modda tabiatiga bog'liq o'zgarmas kattalik. (3) va (4) tenglamalarni (2) ga qo'ysak, ushbu ko'rinishga erishamiz:

$$\frac{M}{F\tau} = \frac{kT(y_n - y_n)}{\mu^2} \quad (5)$$

$\mu^2=1$ bo'lganda, koeffitsient $k = 2318$. Unda, (5) tenglama ushbu ko'rinishni oladi:

$$\frac{M}{F\tau} = \frac{2318 \cdot (y_n - y_n)}{\mu^2} \quad (6)$$

bu erda $M/(F\tau)$ - saxarozaning kristallanish tezligi, mg/(m²·min); u_p-u_n - konstantarstiyalar farqi, gramm 100 g eritmaga; μ - to'yingan eritmaning dinamik qovushoqligi, mPa·s.

Kristallanish tezligini belgilovchi asosiy omillar: eritmaning o'ta to'yinish darajasi; temperatura; kristallanish markazlarining hosil bo'lishi; aralashtirish intensivligi; eritmada qo'shimcha moddalar borligi va h.

Kristallanish usullari

Kristallanish jarayonini davriy va uzluksiz tashkil etish mumkin. Davriy kristallanish jarayoni kam tonnajli, uzluksiz esa – ko'p tonnajli ishlab chiqarishda qo'llaniladi.

Sanoat miqyosida quyidagi kristallanish usullaridan foydalanadi: eritmalardagi erituvchining bir qismini bug'latish; eritma temperaturasini o'zgartirib kristallash; kombinastiyalangan usullardan foydalanib kristallash.

Eritmadagi erituvchining bir qismini bug'latib kristallash. Erituvchining bir qismini yo'qotish uchun bug'lanish yoki muzlatish usulidan foydalanish mumkin. Eritma tarkibidagi suvni haydash uchun bug'lanish keng ko'lamda ishlatiladi. Odatda bu jarayon bug'latish qurilmalarida amalga oshiriladi. Kerakli darajadagi o'ta to'yingan eritma hosil bo'lgandan keyin, u shu qurilmada kristallanadi. Ushbu usul **izotermik** kristallanish deb ataladi.

Bu usulning kamchiliklari: hosil bo'layotgan kristallar issiqlik almashinish yuzalariga yopishib qoladi; boshlang'ich eritma tarkibidagi aralashmalar ham quyushadi.

Qurilma ichida qattiq moddalar yopishib yoki cho'kib qolmasligi uchun eritmaning sirkulyatsiya tezligi ko'paytiriladi.

Kristallarni ajratish va yuvish filtr yoki sentrifugalarda o'tkaziladi.

Eritma temperaturasini o'zgartirib kristallash. Bunday usul **izogidrik** kristallash deb nomlanadi, chunki bu jarayon eritmada erituvchi miqdori o'zgarmas bo'lgan holatda olib boriladi.

Kimyo sanoatida musbat eruvchanlikli tuzlarni kristallash juda keng tarqalgan. Bunday eritmalarning o'ta to'yinishiga uni sovitish yo'li bilan erishiladi. Jarayon davriy yoki uzluksiz, pog'onali joylashgan bir yoki ko'p korpusli qurilmalarda olib boriladi. Sovutuvchi eltich sifatida suv ishlatiladi. Xavo yordamida sovutilganda jarayon nisbatan sekin boradi, lekin yirik va bir jinsli kristallar hosil bo'ladi. Manfiy eruvchanlikli eritmalarni kristallash uchun eritma qizdirilishi zarur.

Kombinastiyalangan usullarga vakuum ostida, erituvchining bir qismini issiqlik eltich yordamida bug'latib kristallash va Fraksiyali kristallashlar kiradi.

Vakuum ostida kristallash. Bu usulda erituvchi devor orqali issiqlik uzatish yo'li bilan bug'latilmasdan, balki eritmaning o'z fizik issiqligini berish hisobiga ro'y beradi. Ushbu issiqlikning bir qismi erituvchini (tahminan 10% mass) bug'latish uchun sarflanadi. Xosil bo'layotgan bug'lar vakuum - nasos yordamida so'rib olinadi. Uzatilayotgan issiq to'yingan eritma temperaturasi qurilmadagi bosimga tegishli eritmaning qaynash temperaturasigacha

pasayadi va jarayon adiabatik kechadi. Eritmaning o'ta to'yinish holatiga uni sovutish yo'li bilan erishiladi, chunki konstantasiya bunda sezilar - sezilmas o'zgaradi. Erituvchi eritmaning fizik issiqligi hisobiga, hamda kristallanish jarayonida ajralib chiqayotgan issiqlik hisobiga bug'lanishi mumkin. Eritmaning sovutish va kristallanishi bilan birga bug'lanishi uning butun hajmida sodir bo'ladi. Bunday holat qurilma devorlarida kristallar yopishib qolishini kamaytiradi, hamda uni tozalash bilan bog'liq sarflar qisqaradi.

Erituvchining bir qismini issiqlik eltich yordamida bug'latib kristallash. Bu usulda erituvchining bir qismi eritma ustida harakatlanayotgan havo yordamida bug'lanadi va eritma sovutiladi.

Fraksiyali kristallash. Agar eritma tarkibida ajratiladigan moddalar bir nechta bo'lsa, uni Fraksiyali kristallash usulida qayta ishlanadi. Bu usulda eritma temperatura va konstantasiyasini o'zgartirish yo'li bilan kristallar ketma - ket cho'ktiriladi va ajratib olinadi.

Kristallizatorlar konstruktsiyalari

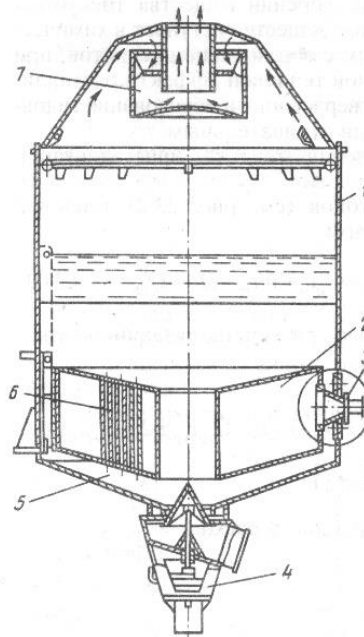
Ishlash prinsipiga qarab kristallizatorlar davriy va uzluksiz qurilmalarga bo'linadi. Uzluksiz ishlaydigan qurilmalar o'z navbatida erituvchining bir qismini bug'latuvchi va eritmani sovutuvchi kristallizatorlarga ajraladi. Undan tashqari, mavhum qaynash qatlamli kristallizatorlar ham bo'ladi.

Tabiiy sirkulyatsiyali, davriy ishlaydigan, osma isituvchi kamerali vakuum - kristallizator2-rasmda tasvirlangan.

Isituvchi kamera konussimon teshikli panjara va trubalar o'ramidan tarkib topgan. Trubalar ushbu panjaraga razvalstovka usulida mahkamlangan.

Isituvchi kameraning o'qi bo'ylab sirkulyastion truba joylantirilgan. Qurilma qobig'i va isituvchi kamera orasida halqasimon bo'shliq bo'lib, unda utfel sirkulyatsiya qiladi. Qurilmada temperaturalar farqi tufayli chiziqli uzayishlar paydo bo'ladi. Shu sababli, bug'ni uzatish uchun temperatura deformatsiyalarini kompensasiya qiluvchi maxsus moslama o'rnatilgan.

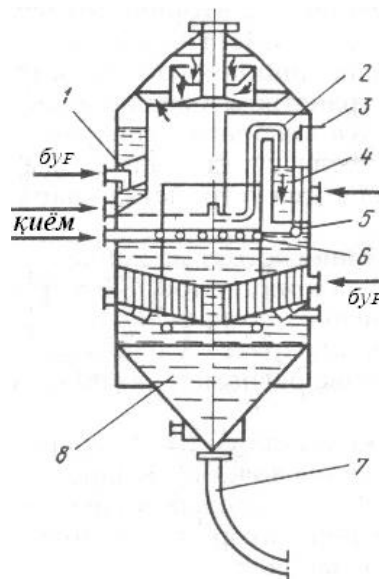
Ushbu moslama isituvchi kamera bilan qattiq birlashtirilgan bo'lsa, qurilma qobig'i bilan esa - temperatura ta'sirida hosil bo'ladigan uzayishlarni bartaraf qiluvchi membrana yordamida birlashtiriladi. Utfel sirkulyatsiyasini yaxshilash maqsadida isituvchi kamera ostiga bug' yordamida puflash qo'llaniladi.



2-расм. Осма иситувчи камерали вакуум - кристаллизатор. 1 - қобиқ; 2 - иситувчи камера; 3 – буғни узатиш мосламаси; 4 - циркуляцион труба; 5 - конуссимон туб; 6 - иситувчи труба; 7 - инерцион сепаратор.

Vakuum - kristallizatorlarda qo'llaniladigan isituvchi kamera konstrukstiyalari turli bo'lishi mumkin. Xozirgi kunda eng keng tarqalgan isituvchi kamera konstrukstiyasi - bu osma kameralardir. Ularning teshikli panjarasi konussimon, sferik va boshqa murakkab shaklli bo'lishi mumkin. Isituv bug' kameraning trubalararo bo'shlig'iga, bug'latilayotgan eritma esa - truba ichiga yuboriladi.

Uzluksiz ishlaydigan kristallizatorlar quyuqlashtirgich, kristall generatori va kristall o'stirish kamerasidan iborat. Qurilma konstrukstiyasi kristallarni devorlarga cho'kib qolmasligini ta'minlovchi, intensiv sirkulyatsiyali bo'lishi kerak. Undan tashqari, uning issiqlik almashinishi yuqori va bir xil



3-расм. Узлуksиз ишлайдиган кристаллизатор. 1 - қуюқлаштиргич; 2 – труба; 3 - труба холатини ростловчи ғилдирак (штурвал); 4 - кристалл генератори; 5 - қуйилиш трубалари; 6 - барботер; 7 – тўкиш мосламаси; 8- кристаллар устириш камераси.

kattaligidagi kristallar olishni ta'minlashi kerak. 3-rasmda qand ishlab chiqarish sanoatida qo'llaniladi uzluksiz ishlaydigan kristallizator konstruktsiyasi keltirilgan. Suyuqlashtirgich va kristall generatorlari halqasimon segment ko'rinishida yasalgan bo'lib, isitish yuzalari zarur o'lchamdagi trubalardan hosil qilingan. Qurilmaning boshqa qismlaridan quyushtirgich ajratilgan va yaxshi zichlangan. Shuning uchun ham, uning ichida boshqa qismlariga bog'liq bo'lmagan holda ortiqcha bosim hosil qilish imkoni bor. Kristall generatorining yuqori, ochiq qismi kristall o'stirish kamerasi utfel usti bo'shlig'i bilan bog'langan. Odatda, kristall o'stirish kamerasi Silindrik ko'rinishda bo'lib, Silindrik va radial to'siqlar yoradamida 4 ta bo'limga ajratilgan bo'ladi.

Turg'un rejim o'rnatilgandan so'ng, qiyom (patoka) quyushtirgich va kristall o'stirish kamerasiga o'zatiladi.

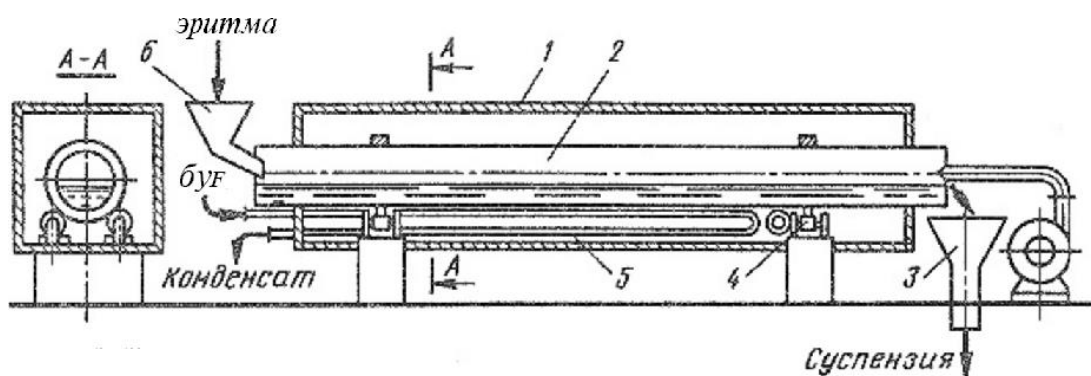
Quyushtirgichdagi yuqori bosimda va kristall hosil bo'lish temperaturasidan 10...15°S yuqori temperaturada qiyom konsentratsiyasi oshiriladi. So'ng esa, quyushtirilgan eritma kristall generatoriga yuboriladi va u erda qaynaydi. Natijada eritmadagi erituvchining bir qismi bug'lanadi va temperaturasi pasayadi. Bu hol o'ta to'yinish koeffitsientining keskin o'sishiga olib keladi. Eritma sirkulyatsiyasi davrida intensiv ravishda kristallar hosil bo'lib boshlaydi. Quyushtirgichdagi qiyomning o'ta qizish kattaligi va kristall generatoriga uzatilayotgan bug' miqdori bilan kristallar tarkibini rostlash mumkin.

Kristall generatorida olingan utfel va qiyom uzluksiz ravishda kristall o'stirish kamerasining birinchi bo'limiga uzatiladi. Utfel esa birinchi bo'limdan to'rtinchisiga oqib o'tadi, qaynatib quyultiriladi va to'kish moslamasi orqali uzluksiz ravishda chiqarib turiladi. Qurilma ishlashi avtomatik ravishda boshqariladi.

Barabanli kristallizatorlar tarkibida suv yoki havoli sovitish moslamali bo'ladi. Xavo yordamida sovutilganda, eritmadan havoga issiqlik berish koeffitsienti kichik bo'ladi.

Shuning uchun yirik, katta o'lchamli kristallar hosil bo'ladi. Lekin, kristallizator ish unumdorligi, suv bilan sovitish usuliga qaraganda, kamroq bo'ladi.

Barabanli kristallizator aylanuvchi, Silindrik barabandan tashkil topgan. Odatda baraban eritma harakat yo'nalishi bo'ylab, ufq chizig'iga nisbatan ma'lum qiyalik burchagida o'rnatiladi (4-rasm).



4-рasm. Барабанли кристаллизатор. 1 - кобик; 2 - барабан; 3 - суспензия; 4 - филдиракча; 5 - змеевик; 6 - воронка.

Eritma barabanning tepa qismiga beriladi va hosil bo'lgan kristallar uning pastki uchidan to'kiladi. Baraban aylanishi paytida uning devorlari eritma bilan ho'llanadi va natijada suvning bug'lanish yuzasi ortadi.

Baraban qobiq ichiga joylashtirilgan bo'lib, ular orasidagi halqasimon bo'shliqqa sovuqlik eltkichlar, ya'ni suv yoki yuboriladi. Eritma va sovuqlik eltkich qarama - qarshi yo'nalishda harakatlanadi. 1 m³ eritmani sovitish uchun tahminan 5 m³ suv sarflanadi. Qurilma devorlarida kristallar cho'kib yoki yopishib qolish oldini olish maqsadida barabanning pastki qismi qizdirib turiladi. Buning uchun qobiq va baraban orasidagi bo'shliqqa zmeevik o'rnatiladi.

Tekshirish uchun savollar:

1. Kristallizatsiya nima?
2. Tuyingan eritma deb nimaga aytiladi?
3. Kristallanish usullari qanday?

30-MA'RUZA

QATTIQ MATERIALLARNI MAYDALASH. KLASSIFIKASIYALASH.

REJA:

1. Mexanik jarayonlar.
2. Maydalash usullari.
3. Sochiluvchan materiallar klassifikatsiyasi.

Umumiy tushunchalar

Mexanik jarayonlarga materiallarni maydalash, uzatish, aralashtirish, presslash granullash va klassifikatsiyalashlar kiradi. Bu jarayonda materialning fizik kimyoviy xarakteristikalarini o'zgartiradi, ammo ularning shakli o'zgaradi.

Bu jarayonlarning tezligi qattiq jismlarning mexanika qonuniyatlari bilan ifodalanadi va ularning xarakteriga keltiruvchi kuchi mexanik kuchlar ta'siridir.

Maydalash - bu qattiq jism bo'laklarini kerakli o'lchamlarga keltirish, parchalash va yuzasini oshirishdir. Maydalash jaraeni qattiq jismning mayda zarrachalar (atom va molekular) 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, kuydirish kabi katta yuzab talab qiladigan jarayonlar tezligi ortadi. Maydalash kon-metallurgiya, kimyo, oziq-ovqat, qurilish va sanoatning boshqa tarmoqlarida keng qo'llaniladi.

Xozirgi paytda qattiq jismlarni maydalash uchun xar xil turdagi mashinalar qo'llaniladi. Katta xajmli (<2 m³) palaxsalarni maydalaydigan jag'li maydalagichlardan boshlab, to zarracha o'lchamini 0,1 mkm gacha maydalaydigan kolloid tegirmonlar texnologik jarayonlarda ishlatiladi.

Maydalash jarayoni qattiq jismning boshlang'ich va oxirgi o'lchamiga qarab yanchish va tortishga bo'linadi. Yanchish va tortish jarayonlari maydalash darajasi bilan xarakterlanadi.

$$i = \frac{D}{d} \quad (1)$$

Maydalash darajasi jismning boshlang'ich o'rtacha diametri D ning maydalangan zarrachalar o'rtacha diametri d ga nisbati bilan ifodalanadi. Xajmiy maydalash darajasi esa, ularning xajmlari nisbati bilan aniqlanadi:

$$i = \frac{V_{ox}}{V_{\delta}} \quad \text{yoki} \quad i = \frac{F_{ox}}{F_{\delta}} \quad (2)$$

Berilgan modda bo'laklari va yanchilgan zarrachalar to'g'ri shaklga ega bo'lmaydi. Shuning uchun, amalda ularning o'lchamlari elakli taxlil orqali aniqlanadi, ya'ni zarracha o'lchami u o'tgan elak teshiklari o'lchamiga teng deb olinadi.

Maydalash jarayoni bir yoki bir necha bosqichda olib boriladi. Xar bir maydalagich, uning ishchi organi shakliga ko'ra, cheklangan maydalash darajasini ta'minlaydi. Maydalash darajasi 1-3...5 dan (jag'li maydalagichda) $1 > 100$ - tegirmonlarda o'zgarishi mumkin.

Noto'g'ri geometrik shaklli jismning chiziqli o'lchami o'rtacha geometrik qiymat sifatida xisoblanishi mumkin:

$$d = \sqrt[3]{l \cdot b \cdot h} \quad (3)$$

bu erda l , b , h - jismning uch perpendikulyar yo'nalishi bo'yicha maksimal o'lchamlari.

Material bo'laklarining o'rtacha o'lchamlarini xisoblash uchun elaklar yordamida bir necha frakstiyaga ajratiladi. Xar bir frakstiyada bo'laklar maksimal d_{max} va minimal d_{min} o'lchamlar yarim yig'indisining o'rtacha miqdori topiladi:

$$d_{yp} = \frac{d_{max} + d_{min}}{2} \quad (4)$$

Maksimal bo'laklar o'lchami, ular o'tgan teshik diametriga, minimal bo'laklarni esa – elak ushla qolgan teshiklarining diametriga teng deb xisoblanadi.

Sochiluvchan material aralashmasining o'rtacha o'lchami ushbu tenglama yordamida aniqlanadi:

$$d = \frac{d_{yp1}a_1 + d_{yp2}a_2 + \dots + d_{ypn}a_n}{a_1 + a_2 + \dots + a_n} \quad (5)$$

bu erda $a_1, a_2, a \dots a_n$ - xar bir frakstiya miqdori,%; $d_{yp1}, d_{yp2}, \dots, d_{ypn}$ xar bir frakstiya bo'lakchalarining o'rtacha o'lchami.

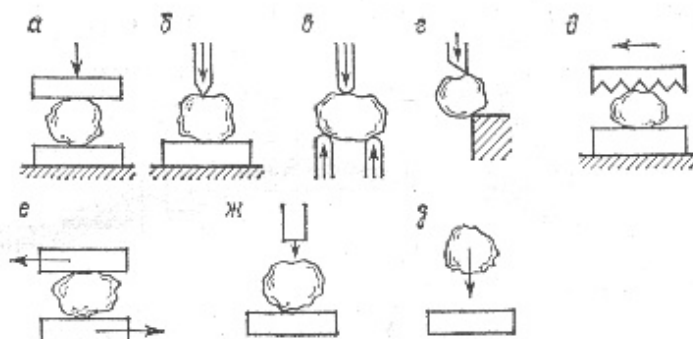
Odatda sanoatda yuqori maydalash darajasi talab etiladi. Ko'pincha qayta ishlanadigan xom-ashyo bo'laklarining o'lchamlari 1,5...2,0 m gacha bo'ladi, ammo texnologik jarayonlarda qo'llaniladigan material zarrachalari mikrometrning bir necha ulushini tashkil etadi. Bunday o'ta mayin maydalash bir necha bosqichda erishiladi, chunki bitta maydalagichda yuqorida aytilgan natijaga erishib bo'lmaydi.

Xom-ashyoning eng yirik bo'laklari va maydalangan zarracha o'lchamlariga qarab maydalash quyidagi turlarga bo'linadi (1 jadval):

1 jadval

qattiq jismlarni maydalash usullari

Maydalash turi	Materialning Dastlabki o'lchamlari, D, mm	Materialning maydalashdan keyingi o'lchamlari, d, mm	Maydalash darajasi, i
Yirik maydalash	1500...300	300...100	2...6
O'rtacha maydalash	300...100	50...10	5...10
Mayda yanchish	50...10	10...2	10...50
Mayin yanchish	10...2	2...0,075	~...100
O'ta mayin yanchish	10...0,075	0,075...0,0001	-



1-rasm. Maydalash usullari. a-ezish; b-yorish; v-sindirish; g-qirqish; d-arralash; e - yeyilish; ж - siqiq zarba; z-erkin zarba.

Turli sanoat korxonalarida qo'llaniladigan maydalash usullari 1-rasmda keltirilgan.

Odatda, qattiq jism-larni maydalash uchun ko'pincha ezish, yorish, siqiq va erkin zarba berish usullaridan keng ko'lamda foydalaniladi.

Lekin, sof xolda xech qaysi usul sanoatda uchramaydi. Masalan, ezish, yorish, zarba bilan maydalash ketidan keladigan jarayon bu eyilish yoki edirilishdir. Eyilish jarayonida ko'pincha ko'pincha chang xosil bo'ladi va materialning o'ta maydalanish kabi zararli xollar xam uchraydi.

Shuning uchun, maydalash usulini tanlash material bo'laklarining kattaligi va mustaxkamligiga bog'liq.

Mustaxkam va mo'rt materiallar ezish va zarba, mustaxkam va egiluvchanlari - ezish, o'rtacha mustaxkam, egiluvchan materiallar - zarba, eyilish yoki yorish usulida maydalanadi.

Maydalash bir yoki bir necha usullarda, ochiq va yopiq stiklarda amalga oshiriladi. Undan tashqari, maydalash jarayonini quruq yoki nam usullarda xam o'tkazsa bo'ladi.

Ayrim xollarda, material xususiyatlariga qarab: ultratovush, gidravlik zarba to'lqini, yuqori va past temperaturalarni tez almashtirish, elektrogidravlik zarba, bosimni tezda o'zgartirish, yuqori temperaturada qizdirish usullarini xam qo'llasa bo'ladi.

Maydalash jarayonlarida katta miqdorda energiya sarflanadi. Energiya sarfi mavjud maydalash nazariyalari asosida topilishi mumkin.

Yuza nazariyasiga binoan, maydalash jarayonidagi ish, materialni parchalanish yuzasi bo'yicha molekulalar tortishim kuchini engishga sarflanadi. Ushbu nazariyaga ko'ra, maydalash uchun zarur ish, maydalanish natijasida yangi xosil bo'layotgan yuzalarga proporsionaldir.

Xajmiy nazariyaga binoan, maydalash jarayonidagi ish material deformastiyasiga, ya'ni eng yuksak parchalanish deformastiyasiga etkazish uchun sarf bo'ladi.

Maydalash jarayonida tashqi kuchlar ta'sirida bajarilgan xamma ish A Rittinger tenglamasi orqali aniqlanadi:

$$A = A_D + A_{yo} = K_1 \Delta V + K_2 \cdot \Delta F \quad (6)$$

bu erda A_D - parchalanayotgan bo'lak xajmining deformastiyasiga sarflanayotgan ish, J ; A_{yo} - yangi yuza xosil qilish uchun sarflanagan ish, J ; K_1 -jismning xajm birligini deformastiya qilish uchun sarf bo'lgan ishga teng proporsionallik koeffistienti; K_2 -yangi yuza xosil kilish uchun sarflangan ishga teng proporsionallik koeffistienti; ΔV - parchalanayotgan jism xajmining o'zgarishi; ΔF - yangi xosil bo'lgan yuza.

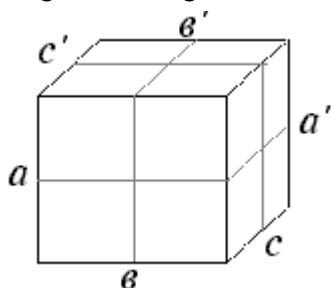
Rittinger maydalash gipotezasiga binoan, ish maydalash paytidagi xosil bo'lgan yuza qiymatiga to'g'ri proporsionaldir.

Maydalash darajasi katta maydalash jarayonida jism bo'lagi deformastiyasiga sarflanayotgan ishni xisobga olmasa bo'ladi. Unda $\Delta F \sim D^2$ ekanligini nazarda tutib, ushbu formulani olamiz:

$$A = K_2 \cdot \Delta F = K_2^1 \cdot D^2 \quad (7)$$

bu erda D - jism bo'lagining o'lchami; K_2^1 - proporsionallik koeffistienti.

Rittinger nazariyasi quyidagi xolatlardan kelib chiqadi: masalan, kub qirrasining uzunligi n , maydalangandan so'ng esa $1/n$ bo'ladi.



2-rasm. Kubni maydalashga oid.

Maydalash jarayonini tashqi kuchlar ta'sirida jism qirralarga parallel tekisliklar bo'ylab parchalanadi deb qarash mumkin.

Agar parchalanish aa',vv' va ss' tekisliklar bo'yicha parchalansa, unda 8 ta $n/2$ uzunlikka ega qirrali yangi kublar xosil bo'ladi (2-rasm).

Agar, $n/3$ bo'lsa 27 ta, $n/4$ da esa 64 yangi mayda kublar olish mumkin.

Demak, maydalash uchun sarflanayotgan ish, maydalash darajasiga proporsional:

$$\frac{A}{A_1} = \frac{i}{i_1} \quad (8)$$

bu erda

$$i = \frac{1}{a}, \quad i_1 = \frac{l}{b}$$

Unda, maydalash uchun sarflanayotgan ish, maydalash natijasida xosil bo'layotgan bo'laklarning chiziqli o'lchamlariga teskari proporsional:

$$\frac{A}{A_1} = \frac{b}{a} \quad (9)$$

Maydalash darajasi kichik, lekin yirik maydalash jarayonida yangi yuza xosil qilish uchun sarflanayotgan ishni xisobga olmasa bo'ladi. Unda, $\Delta V \sim D^3$ ekanligini inobatga olsak, quyidagi formulani olamiz:

$$A = K_1 \cdot \Delta V = K_1^1 \cdot D^3 \quad (10)$$

(10) tenglama Kik-Kirpichev gipotezasini ifodalaydi, ya'ni maydalash jarayonidagi ish, maydalanayotgan bo'lak xajmiga to'g'ri proporsional.

(6) formuladagi qo'shiluvchilarni xisobga olmaslikning iloji bo'lmasa, quyidagi tenglamani keltirib chiqarish mumkin:

$$A = K_3 \sqrt{D^3} \cdot D^2 = K_3 \cdot D^{2.5} \quad (11)$$

Ushbu tenglama **Bond tenglamasi** deb nomlanadi, ya'ni maydalash jarayonidagi ish, xajm va yuzalarning o'rtacha geometrik qiymatiga to'g'ri proporsional.

Maxsulotlarni kesib maydalashdan maqsad, unga zarur shakl, o'lcham va yuzalarini sifatli qilishdir. Materiallarni kesish jarayonida chegaraviy qatlam buziladi va natijasida bo'laklarga ajraladi. Material parchalanishdan avval elastik va qayishqoq deformatsiyalarga duchor bo'ladi. Ushbu deformatsiyalar kesuvchi asbobga ko'rsatilayotgan ma'lum kuch ta'sirida xosil bo'ladi. Ta'sir etayotgan kuchlanish materialning vaqtincha qarshiligiga teng bo'lgan xoldagina materialning parchalanishi boshlanadi.

Kesish uchun sarflangan ish elastik va qayishqoq deformatsiyalar, xamda kesish asbobining materialga ishqalanishini engishga sarflanadi.

Jismlarni kesish uchun sarflangan ish A akad.Pryachkin V.P. formulasi orqali ifodalanishi mumkin:

$$A = A_c + A_\phi \quad (12)$$

bu erda A_s -maxsulotni siqish uchun sarflangan ish, J ; A_f -kesish foydali ishi, J . Siqish uchun sarflangan ish $A_s = Eh_s/h$, bu erda E - kesuvchi pichoq bilan materialni siqish shartli moduli, J ; h_c - siqilgan qatlam balandligi, m; h - qatlamning boshlang'ich balandligi, m; Foydali ish $A_f = F_{kes}(h-h_c)$, bu erda F_{kes} -kesish kuchlanishi.

Oziq-ovqat sanoatida kesish uchun turli xil va shakldagi pichoqlar qo'llaniladi: to'g'ri burchakli, diskli, lentali, o'roqsimon va boshqalar. Kesish asboblari qo'zg'almas, tebranma, aylanma, ilgari lama-qaytma xarakatli bo'lishi mumkin.

Tekshirish uchun savollar:

1. Maydalash deb nimaga aytiladi?
2. Maydalash usullariga nimalar kiradi?
3. Maydalash nazariyasi nima?

30^A- MA'RUZA
MAYDALAGICH VA TEGIRMONLAR KONSTRUKSIYALARI. SOCHILUVCHAN
MATERIALLAR KLASSIFIKASIYASI. KLASSIFIKATOR KONSTRUKSIYALARI.

REJA:

1. Maydalagich konstruktsiyalari.
2. Avzalliklari va kamchiliklari.

Maydalagichlar konstruktsiyalari

Maydalash mashinalari ikki xil bo'ladi: maydalagich va tegirmonlar.

Maydalagichlar yirik va o'rta maydalash uchun, o'rta, mayda, mayin va o'ta mayin maydalash uchun esa, tegirmonlardan foydalaniladi.

Turli xil darajada maydalash uchun xilma-xil mashinalar ishlatiladi (1-rasm).

Kesish mashinalari plastinali, diskli, rotorli, oqimchali va boshqa turli bo'ladi. Xamma maydalash va kesish mashinalariga quyidagi talablar qo'yiladi: maydalangan material bo'laklari bir xil bo'lishi; maydalangan bo'laklar ishchi bo'shlig'idan chiqarilishi; minimal chang xosil bo'lishi; uzluksiz va avtomatik to'kilishi; maydalanish darajasini rostlash sharoiti; tez-ediriladigan ishchi qismlar oson almashtirish sharoiti; energiya sarfi kichik bo'lishi zarur.

Jag'li maydalagichlarda qo'zg'almas va xarakatchan plitalarning uzlukli yaqinlashishidan xosil bo'lgan konusli kamerada materialni ezish va yorish usullari bilan amalga oshiriladi (2-rasm).

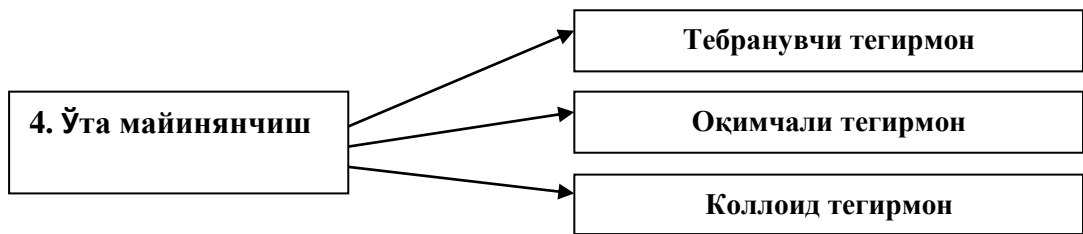
Maydalangan material xarakatchan plita orqaga yurishi paytida maydalagichdan to'kiladi.

Maydalagich jag'lari oson echiladigan, edirilishga chidamli, qirrali plitalar bilan qoplangan bo'lishi kerak. Xarakatchan plita qo'zg'almas o'qqa maxkamlanadi va eksstentrik o'q orqali shatun yordamida tebranma xarakatga keltiriladi. O'z navbatida shatun sharnir dastak 12 orqali xarakatchan plita va rostlovchi ponalar 8 va 11 lar bilan bog'langan. Ushbu ponalarni surilishi rostlovchi boltlar yordamida amalga oshiriladi va chiqish yo'li enini kerakli o'lchamda o'rnatilishiga olib keladi. Bu esa to'g'ridan-to'g'ri materialni maydalash darajasiga ta'sir etadi. Tyaga 13 va prujina 9 lar yordamida plita 1 ning qaytar xarakatiga erishiladi. Shatun 7 va yirib turuvchi plitalar tirsakli dastakni tashkil qiladi. Maydalagich konstruktsiyasining asosi bo'lib tirsakli dastak xisoblanadi va yuqori bosimlar xosil qiladi.

Jag'li maydalagichlar tuzilishi sodda va ish jarayonida ishonchli. Ammo, uning tarkibida tebranuvchi massalar (ya'ni xarakatlanuvchi plita, tirsakli dastak va xokazo) bo'lgani uchun uni og'ir poydevorlarga o'rnatish zarur. Jag'li maydalagich ishining asosiy parametrlari: ilintirish burchagi; o'qning aylanish chastotasi; ish unumdorligi va energiya sarfi.

Materialning maydalanish darajasiga ilintirish burchagi α katta ta'sir ko'rsatadi. Agar, α katta bo'lsa, maydalanish darajasi *o*rtadi.



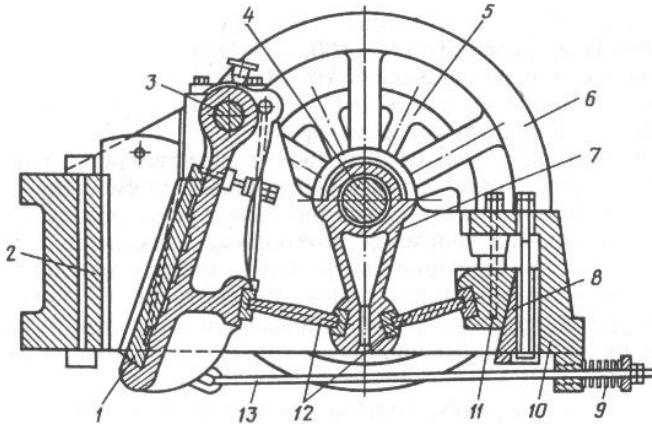


1-расм. Майдалагичлар классификацияси.

Odatda, ushbu burchak qiymati $\alpha=15...22^\circ$ oraligida bo'ladi.

Xarakatchan plitaning bir xolatdan ikkinchisiga o'tish davri $\tau=30/n$. Bu vaqt ichida material $S=g\tau^2/2=(g/2)(30/n)^2=450g/n^2$ masofani bosib o'tadi.

Agar, xarakatchan plita tebranish yuli l (sm) bo'lsa, maydalagich kamerasidagi material balandligi $h=l/tg\alpha$ ga teng bo'ladi.



2-расм. Жағли майдалагич. 1-харакатчан плита; 2-қўзғалмас плита; 3-харакатчан плита ўқи; 4-эксцентрик ўк; 5-шків; 6-маховик; 7-шатун; 8,11-ростловчи поналар; 9-пружина; 10-станина; 12-дастаклар; 13-тяга.

Og'irlik kuchi ta'siri ostida materialning to'kilishi $l/tg\alpha \leq 450g/n^2$ bo'lgan shart bajarilsa amalga oshadi.

Xarakatchan plitaning juft tebranish soni n (min^{-1}) ushbu formuladan topiladi:

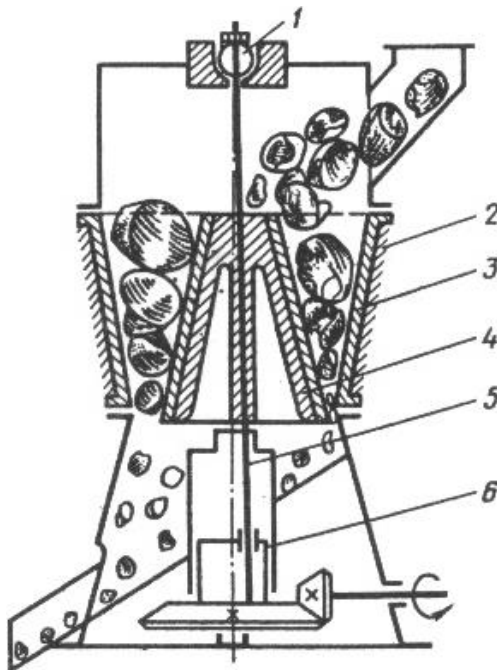
$$n \leq \sqrt{\frac{450 \cdot g \cdot tg\alpha}{l}} \quad (1)$$

$\alpha=22^\circ$ bo'lgan xolda maydalagichning ish unumdorligi quyidagi formuladan aniqlanadi:

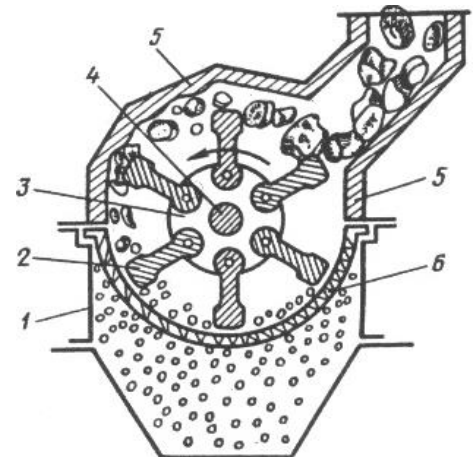
$$Q = 0,15\mu \cdot d_{yp} l b n \rho_k \quad (2)$$

bu erda μ - maydalangan materialning yumshash koeffitsienti ($\mu=0,2...0,65$); d_{ur} - maydalangan material bo'laklarining o'rtacha o'lchami, sm; l - plita yurish yo'li-ning uzunligi, sm; b - to'kish tirqishining uzunligi, sm; n - 1 minut ichida juft tebranishlar soni; ρ - material zichligi, kg/m^3 .

Maydalagichning 1 t/soat ish unumdorligida uchun 400...1500 Vt energiya sarfi to'g'ri keladi. Ushbu maydalagich afzalliklari: oddiy va ixcham, uncha katta joy egallamaydi; ishlatish oson va turli



3-расм. Конусли майдалагич. 1-шарсимон таянч; 2-қобик; 3-зирхли плита; 4-каллак; 5-вертикал ўк; 6-эксцентрик.



4-расм. Болғали майдалагич. 1-қобик; 2-майдаловчи болға; 3-диск; 4-ўк; 5-зирхли плита; 6-колосникли тўр парда.

soxalarda keng tarqalgan.

Kamchiliklari: og'ir poydevor talab qiladi; binoni tebrantiradi; zarba va shovqin bilan ishlaydi.

Konusli maydalagich materiallarni yirik, o'rta va mayda yanchish uchun ishlatiladi. Jarayon asosan ezish va sindirish usullarida olib boriladi. Maydalash qurilma qobig'i va konussimon shakldagi aylanuvchi kallak orasida amalga oshiriladi (3-rasm).

Konussimon, aylanuvchi konus qurilma o'rtasidan ma'lum masofada chetga o'rnatilgan, eksstentrik aylanma xarakat qiladi. Aylanuvchi konus qobig'ining bir tomoniga yaqinlashsa, ikkinchi tomonida qobiq va konus kallak orasidagi masofa ko'payadi va u erdan maydalangan materiallar to'kiladi.

Afzalliklari - unumdorligi katta, material uzluksiz ezish va bukish natijasida maydalaniladi, bir me'yorda, shovqinsiz ishlaydi (maxovik kerak emas) va maydalash darajasi yuqori.

Kamchiliklari - qurilma murakkab, narxi qimmat, tikka konusli qurilmaning balandligi katta.

Bolg'ali maydalagich xayvon suyaklari va boshqa qattiq jismlarni maydalash uchun qo'llaniladi (4-rasm). Ushbu mashina siqiq zarba berish usulida ishlaydi. Unda, bolg'a 2 tez aylanadigan disk 3 ga sharnir orqali biriktirilgan. Material bunker orqali mashinaga yuklanadi va bolg'alar bilan maydalanadi. Maydalangan material kolosnikli panjara 6 dan o'tib, mashinadan to'kiladi. Maydalangan material o'lchamlari kolosnikli panjara teshiklarining o'lchamlari bilan belgilanadi.

Juvali maydalagichlar ikkita parallel Silindrik juvadan iborat bo'lib, bir-biriga qarab aylanadi va ezish usulida materiallarni maydalaydi.

Tekis juvali maydalagichlar stanina 1 va juva 3,5 lardan tarkib topgan (5-rasm). Juva 1 ning podshipniklari qo'zg'almas qilib maxkamlansa, juva 2 esa xarakatchan podshipniklarda o'rnatiladi va u siljishi mumkin. Juva 3 prujinalar 2 yordamida ma'lum bir xolatda ushlab turiladi. Agar, maydalagichga katta va mustaxkam bo'lak tushib qolsa, prujina siqiladi va juvalar tirqishi ortishi natijasida ushbu bo'lak mashinadan o'tib ketadi. Ko'pincha, xar bir juva aloxida xarakatga keltirilishi mumkin.

Bu turdagi maydalagichlarning asosiy xarakteristikalariga: juva diametri D va uning uzunligi L kiradi.

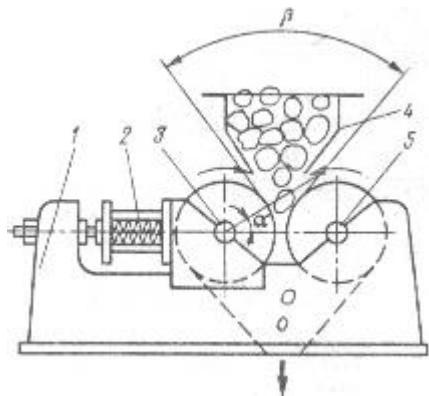
Tekis juvali maydalagichlar o'rtacha va mayda yanchish uchun ishlatiladi, chunki u ilintiradigan bo'lakning o'rtacha o'lchami $0,05 \cdot D$ dan kichik.

O'rtacha mustaxkamlikdagi mo'rt materiallarni maydalash uchun tishli, juvali mashinalar qo'llaniladi.

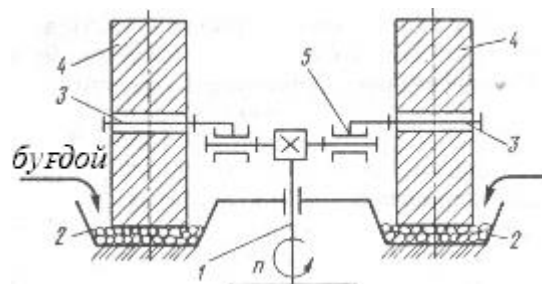
O'rtacha mustaxkamlikdagi mo'rt materiallarni juvali mashinalardi qayta ishlanganda $i = 10 \dots 15$ maydalash darajasini olish mumkin. Yuqori mustaxkamlikdagi materiallarni maydalashda esa, $i = 3 \dots 4$ dan ortmaydi. Juvali maydalagichlar quyidagi afzalliklarga ega: sodda va ixcham; ekspluatatsiyada ishonchli.

Kamchiliklari: maydalangan materiallar yassi bo'laklardan iborat; yuqori mustaxkamlikka ega materiallarni maydalash uchun kam yaroqli.

Juvali maydalagichni xisoblash quyidagi parametrlarni ilintirish burchagi, ilintirilayotgan



5-**расм.** Жували тегирмон. 1-станина; 2-пружина; 3-харакатланадиган жува; 4-бункер; 5-кўзгалмас жува.



6-**расм.** Югурувчи тегирмон. 1-вертикал ўқ; 2-жомлар; 3-горизонтал ўқлар; 4-тегирмон тошлари; 5-кривошип.

bo'lakning eng katta o'lchami, juvalar tezligi va ish unumdorligini aniqlashdan iborat.

Yuguruvchi tegirmon, odatda 2 ta tegirmon toshi va maydalanayotgan material solinadigan jom 2 lardan tarkib topgan.

Tegirmon toshlari vertikal o'qlarga o'rnatiladi va u bilan birga aylanadi.

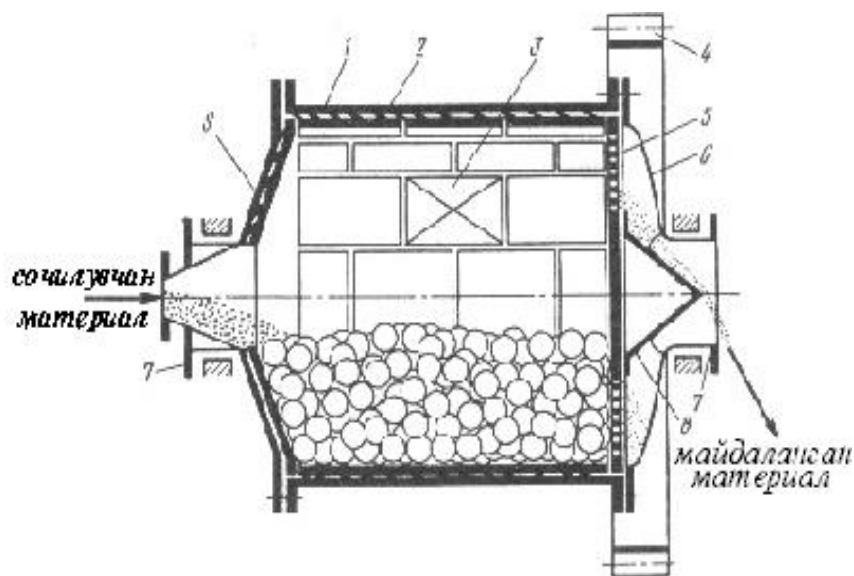
Undan tashqari, jom uchidagi material bilan ishqalanish natijasida tegirmon toshlari gorizontaal o'qi atrofida xam aylanadi. Maydalash jarayoni ezish va edirilish usullarini xisobiga bo'ladi.

Qo'zg'almas jomli va uzatmadan aylanuvchi tegirmon toshli, xamda uzatmadan aylanuvchi jomli va qo'zg'almas tegirmon toshli yuguruvchi tegirmonlar bor. Oxirgi turdagi tegirmon tez yurar ($20...50 \text{ min}^{-1}$) mashina deb xisoblanadi. Ushbu mashinalarda maydalangan materialni to'kish, markazdan qochma kuch ta'sirida, avtomatik ravishda amalga oshiriladi.

Sharli tegirmonlar mayin yanchish uchun ishlatiladi (7-rasm).

Ushbu tegirmonlar bir vaqtning o'zida shar va material bilan yuklanadi. Sharlar ko'pincha po'lat, diabaz, chinni va boshqa materiallardan yasaladi. Ularning diametri maydalanayotgan material o'lchamlariga bog'liq.

Odatda po'lat sharlar diametri $35...175 \text{ mm}$ bo'ladi va tegirmon xajmining $30...35\%$ sharlar bilan to'ldiriladi.



7-рasm. Шарли tegirmon. 1-барабан қобиғи; 2-зирхли плита; 3-люк; 4-узатма шестерняси; 5-панжара; 6,9 қопқок; 7-ичи бўш цапфалар; 8-йўналтирувчи конус.

Tegirmon aylanishi paytida, devor va sharlar ishqalanishi natijasida sharlar aylanish yo'nalishida tepaga ko'tarilib boradi. Ushbu xol, ko'tarilish burchagi materialning tabiiy qiyalik burchagidan ortmaguncha davom etadi, so'ng esa sharlar pastga qarab dumalaydi.

Aylanish tezligi ortishi bilan markazdan qochma kuch va ko'tarilish burchagi ko'payadi. Sharlar og'irligi markazdan qochma kuchdan ko'payishi bilan sharlar pastga, parabolik traektoriya bo'ylab tushib ketadi.

Agarda, aylanish tezligini yanada oshirsak, markazdan qochma kuchlar shunchalik ko'payadiki, sharlar tegirmon bilan birgalikda aylana boshlaydi.

Sharlar tushib ketmaydigan tegirmonning chegaraviy aylanish chastotasi quyidagi formuladan topadi:

$$n_c = \sqrt{\frac{900 \cdot g}{\pi^2 R}} = \frac{42,3}{\sqrt{D}} \quad (3)$$

Odatda tegirmonning aylanish chastotasi n_c ning 75% ga teng deb qabul qilinadi va ushbu formuladan aniqlanadi.

$$n = \frac{32}{\sqrt{D}} \quad (4)$$

bu erda D - baraban diametri, m.

Tegirmonning ish unumdorligi Q ($t/soat$) quyidagi taxminiy formuladan xisoblab topiladi:

$$Q = V K D^{0,6} \quad (5)$$

bu erda V -baraban xajmi, m; K - xom-ashyo bo'laklarining o'rtacha o'lchamiga bog'liq proporsionallik koeffitsienti, $K=0,41...1,31$.

Afzalliklari: universal, maydalash darajasi yuqori, ishlatishda xavfsiz va qulay.

Kamchiliklari: qo'pol, og'ir, foydali ish koeffitsienti kichik, yanchish vositalari xam uqalanib maydalanilayotgan materialni ifloslantiradi.

Tekshirish uchun savollar:

1. Jag'li maydalagichning ishlash prinstipi qanday? Kamchiligi va avzalliklari.
2. Sharli tegirmon qanday ishlaydi va avzaliklari nimalardan iborat?
3. Konusli maydalagich bilan bolg'ali maydalagich qanday ishlaydi?

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati:

1. Kasatkin A.G. Osnovnie prostessi i apparati ximicheskoy texnologii. - M.:Ximiya, 1973.-754 s.
2. Planovskiy A.N., Ramm B.M., Kagan S.Z. Prostessi i apparati ximicheskoy texnologii. - M.: Ximiya, 1968.– 847 s.
3. Yusupbekov N.R., Nurmuxamedov X.S., Zokirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalar. – T.: Shark, 2003. – 644 b
4. 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.
5. Ditnerskiy Y.I. Diplomnoe i kursovoe proektirovanie po kursu "Prostessi i apparati ximicheskoy texnologii". - M.: Ximiya, 1986.- 290 s.
6. Pavlov K.F., Romankov P.G., Noskov A.A. Primeri i zadachi po kursu prostessi i apparati ximicheskoy texnologii.-M.-L.:Ximiya, 1983.- 5
7. Salimov Z.S., To'ychiev I.S. Kimyoviy texnologiya jarayonlari va qurilmalari. - T.:O'qituvchi,1987 - 407. b.
8. 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. - T.: Jaxon, 2000. -231 b.
9. Nurmuhamedov X.S., Gulyamova N.U., Kimyoviy texnologiyaning gidromexanik, issiqlik massa almashinish jarayonlari bo'yicha laboratoriya ishlari.- Tashkent, TashpI, 1989. - 84b.

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA
MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI
GULISTON DAVLAT UNIVERSITETI
OZIQ-OVQAT TEXNOLOGIYALARI
KAFEDRASI**

**«TEXNOLOGIK JARAYON VA QURILMALAR»
fanidan**

amaliy mashg'ulotlarni bajarish uchun

***MASALALAR VA MASHQLAR
TO'PLAMI***

GULISTON – 2022

1-AMALIY ISH: GIDROMEXANIK JARAYONLAR

(2 soat)

1. Solishtirma og'irlik (xajm birligining og'irligi) γ va zichlikning (xajm birligining massasi) ρ o'zaro bog'liqligi:

$$\gamma = \rho \cdot g$$

bu yerda: $g=9,81 \text{ m/s}^2$ erkin tushish tezlanishi.

Nisbiy zichlik (nisbiy solishtirma og'irlik) Δ deb modda zichligi (solishtirma og'irligi) ning suv zichligi (solishtirma og'irligi) ga nisbatiga aytiladi:

$$\Delta = \frac{\rho}{\rho_{\text{suv}}} = \frac{\gamma}{\gamma_{\text{suv}}}$$

2. Klayperon¹ tenglamasi asosida, T temperaturadagi va R bosimdagi ixtiyoriy gazning zichligi ρ ni quyidagi tenglama orqali topish mumkin:

$$\rho = \rho_0 \cdot \frac{T_0 \cdot P}{T \cdot P_0} = \frac{M}{22,4} \cdot \frac{273 \cdot P}{T \cdot P_0}$$

bu yerda: $\rho_0=M/22,4 \text{ kg/m}^3$ gazning normal sharoitdagi zichligi²; M--gazning mol massasi, kg/kmol; T--temperatura, K.

R va R_0 bosimlarning o'lchov birliklari bir xilda bo'lishi shart.

Gaz aralashmalarining zichligi:

$$\rho_{\text{ar}} = y_1 \cdot \rho_1 + y_2 \cdot \rho_2 + \dots$$

bu yerda: u_1, u_2, \dots gaz aralashmasining xajmiy ulushlari; ρ_1, ρ_2, \dots mos keluvchi komponentlarning zichligi.

3. ρ zichlikka va h suyuqlik ustuni balandligiga ega bo'lgan suyuqlikning R bosimini quyidagicha topish mumkin:

$$P = \rho \cdot g \cdot h$$

bu yerda: R--bosim Pa da; $\rho \text{ kg/m}^3$ da; $g-- \text{m/s}^2$ da; h-- m da ifoda etilgan.

Ushbu tenglamadan kelib chiqqan xolda, bosim birliklari o'rtasidagi quyidagi o'zaro bog'liqliklarni keltirib chiqaramiz:

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mm sim. us.} = \rho g h = 13600 \cdot 9,81 \cdot 0,76 = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 1,033 \cdot 10^4 \text{ mm suv}$$

$$\text{us.} = 1,033 \cdot 10^4 \text{ kgk/m}^2 = 1,033 \text{ kgk/sm}^2;$$

$$1 \text{ kgk/sm}^2 = 10^4 \text{ kgk/m}^2 = 9,81 \cdot 10^4 \text{ Pa} = 735 \text{ mm sim. us.} = 10^4 \text{ mm suv us.}$$

4. Hidrostatikaning asosiy tenglamasi:

$$P = P_0 + \rho \cdot g \cdot h$$

bu yerda: R -- suyuqlik ustidan h (m da) balandlikdagi gidrostatik bosim, Pa; R_0 -- suyuqlik ustidagi bosim, Pa.

Tekis devorga suyuqlikning bosim kuchi:

$$P = [(P)_0 + \rho \cdot g \cdot h_c] \cdot F$$

bu yerda: P_0 - suyuqlik ustidagi bosim, Pa; h_c --suyuqlik satxi tagidagi devorga yuklashish og'irlik markazi balandligi, m; ρ -- suyuqlikning zichligi, kg/m^3 ; F -- devorning ko'ndalang kesim yuzasi, m^2 .

5. Suyuqliklarning har xil temperaturalardagi dinamik qovushqoqlik koeffitsiyentlarini ilovadagi IX jadvaldan yoki V rasmda keltirilgan nomogrammadan topish mumkin.

Kinematik qovushqoqlik koeffitsiyenti ν (m^2/s) dinamik qovushqoqlik koeffitsiyenti μ bilan quyidagi nisbat orqali bog'langan:

1 кмоль газ учун Клайперон тенгламасида $p \cdot v = R \cdot T$ газ доимийси

$$R = \frac{p_0 \cdot v_0}{T_0} = \frac{760 \cdot 133,3 \cdot 22,4}{273} = 8310 \frac{\text{Ж}}{\text{кмоль} \cdot \text{К}}$$

Яъни $T_0 = 0^\circ\text{C} = 273,15 \text{ K}$ ва $P_0 = 760 \text{ мм сим. ус.} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

$$v = \frac{\mu}{\rho}$$

6. Gazlarning har xil temperaturalardagi dinamik qovushqoqlik koeffitsiyentlarini ilovadagi VI rasmda keltirilgan nomogrammadan topish mumkin.

Gaz aralashmalarining dinamik qovushqoqlik koeffitsiyentini quyidagi tenglama orqali topish mumkin:

$$\mu_{ar} = \frac{y_1 \cdot \sqrt{M_1 \cdot T_{kr1}} + y_2 \cdot \mu_2 \cdot \sqrt{M_2 \cdot T_{kr2}} + \dots}{y_1 \cdot \sqrt{M_1 \cdot T_{kr1}} + y_2 \cdot \sqrt{M_2 \cdot T_{kr2}} + \dots}$$

bu yerda: μ_{ap} – gaz aralashmasining t temperaturalardagi dinamik qovushqoqlik koeffitsiyent; μ_1, μ_2, \dots – komponentlarning t temperaturalardagi dinamik qovushqoqlik koeffitsiyentlari; y_1, y_2, \dots – komponentlarning aralashmadagi xajmiy ulushlari; M_1, M_2, \dots – komponentlarning mol massalari; T_{kp1}, T_{kp2}, \dots – komponentlarning kritik temperaturalari, K.

Ilovadagi XI jadvalda ba'zi gazlar uchun $\sqrt{MT_{kp}}$ qiymatlari keltirilgan.

Gazlarning temperatura bo'yicha dinamik qovushqoqlik koeffitsiyentini quyidagi tenglama orqali topiladi:

$$\mu_t = \mu_0 \cdot \frac{273 + C}{T + C} \cdot \left(\frac{T}{273} \right)^{\frac{3}{2}}$$

Bu yerda μ_0 -- gazning 0°C dagi dinamik qovushqoqlik koeffitsiyenti; T – temperatura, K; C – Saterlend doimiysi (ilovadagi V jadval).

MASALALARNI ISHLASH NAMUNASI

1-MASALA. Ortiqcha bosimi $R_{ort}=10 \text{ kgk/sm}^2$ va temperaturasi $t=20^\circ\text{S}$ bo'lgan azot ikki oksidining zichligini SI sistemasida topilsin. Atmosfera bosimi 760 mm sim. us.

Masalaning ishlanishi. SI sistemasida azot ikki oksidining zichligini quyidagi tenglama orqali topamiz:

$$\rho = \frac{M}{22,4} \cdot \frac{273 \cdot P}{T \cdot P_0} = \frac{46 \cdot 273 \cdot 11,03}{22,4 \cdot 293 \cdot 1,033} = 20,5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

MASALALAR

- 1.1. Neftning nisbiy solishtirma og'irligi $0,89$. Neftning zichligini SI sistemasida topilsin. (890 kg/m^3)
- 1.2. Vakuim bosimidagi 440 mm sim. us. havoning zichligi aniqlansin. Havoning temperaturasi $t=-40^\circ\text{S}$. Ushbu xolatda atmosfera bosimini 750 mm sim. us. deb qabul qilinsin. Havoning tarkibi 79% azot va 21% kislorod. ($0,615 \text{ kg/m}^3$)
- 1.3. Temperaturasi $t=30^\circ\text{S}$ va bosimi $R_{abs}=5,28 \text{ kgk/sm}^2$ bo'lgan uglerod to'rt oksidining kinematik qovushqoqlik koeffitsiyentini aniqlansin. ($1,66 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$)
- 1.4. Tarkibi: SO_2 - 16% , O_2 - 5% , N_2 - 79% bo'lgan o'txona gazlarining dinamik qovushqoqlik koeffitsiyentini aniqlansin. Gazlarning temperaturasi $t=400^\circ\text{S}$ va bosimi $R_{abs}=1 \text{ kgk/sm}^2$. ($0,034 \cdot 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$)
- 1.5. Temperaturasi $t=90^\circ\text{S}$ va bosimi $R_{abs}=1,2 \text{ kgk/sm}^2$ bo'lgan gazning mol massasi va zichligi topilsin. Gaz quyidagi tarkibga ega: N_2 - 50% , SO - 40% , N_2 - 5% , SO_2 - 5% . ($0,616 \text{ kg/m}^3$)
- 1.6. Temperaturasi $t=85^\circ\text{S}$ va bosimi $R_{ort}=2 \text{ kgk/sm}^2$ bo'lgan uglerod to'rt oksidining zichligi aniqlansin. Atmosfera bosimi 750 mm sim. us. ($4,43 \text{ kg/m}^3$)
- 1.7. Suyuqlikning dinamik qovushqoqlik koeffitsiyenti $30 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ va nisbiy zichligi $0,9$. Kinematik qovushqoqlik koeffitsiyentini topilsin. ($0,33 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$)
- 1.8. Tarkibida 75% vodorod va 25% azot bo'lgan azot-vodorod aralashmasining 20°S temperaturalardagi dinamik qovushqoqlik koeffitsiyentini topilsin. ($1,5 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}\cdot\text{s}$)

2-AMALIY ISH: GIDRAVLIKA ASOSLARI VA UNING AMALIYOTDA QO‘LLANILISHI

Sarf tenglamalari.

Suyuqlik yoki gazning xajmiy sarfi V (m^3/s):

$$V = w \cdot F$$

1. Suyuqlik yoki gazning massaviy sarfi G (kg/s):

$$G = V \cdot \rho = w \cdot F \cdot \rho$$

bu yerda F -oqimning ko‘ndalang kesim yuzasi, m^2 ; w – oqimning o‘rtacha tezligi, m/s ; ρ – suyuqlik yoki gazning zichligi, kg/m^3 .

2. Dumaloq kesimli trubalar uchun xajmiy sarf tenglamasi quyidagi xolda bo‘ladi:

$$V = 0,785 \cdot d^2 \cdot w$$

3. Berilgan V sarf va qabul qilingan w tezlikdagi truba diametrini quyidagi tenglama orqali topiladi:

$$d = \sqrt{\frac{V}{0,785 \cdot w}}$$

Ushbu tenglama orqali IV nomogramma tuzilgan.

4. Oqimning uzluksizlik tenglamasi:

$$V = w_1 \cdot f_1 = w_2 \cdot f_2 = w_3 \cdot f_3 = \dots$$

5. Suyuqlik yoki gazning trubadagi o‘rtacha tezligini sarf tenglamalaridan keltirib chiqarilgan xolda quyidagicha topiladi:

yoki

MASALALARNI ISHLASH NAMUNASI

1-MASALA. Sarfi $G=3000$ $kg/soat$ va temperaturasi $t=20^0S$ bo‘lgan suv, ichki diamtri 30 mm bo‘lgan truba orqali uzatilmoqda. Suvning trubadagi o‘rtacha tezligini aniqlansin.

Masalaning ishlanishi. $t=20^0S$ dagi suvning zichligini IV jadvaldan topamiz: $\rho=998$ kg/m^3 . Trubaning ko‘ndalang kesim yuzasini quyidagi tenglama orqali topamiz:

$$F = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,030^2}{4} = 0,00070 \text{ m}^2$$

Suvning trubadagi o‘rtacha tezligini quyidagi tenglamadan aniqlaymiz:

MASALALAR

2.1. Issiqlik almashinish qurilmasi diametri $76X3$ mm bo‘lgan po‘lat trubalardan tayyorlangan. Trubalardan atmosfera bosimi ostida gaz uzatilmoqda. Ushbu gazning tezlikni, sarfni, hamda trubalar sonini o‘zgartirmagan xolda faqat bosimini $R_{or}=5$ $kg \cdot k/sm^2$ ga o‘zgartirilsa trubaning kerakli diametri aniqlansin. (~ 29 mm)

2.2. Sarfi $V=1700$ $m^3/soat$ (normal sharoitda) va temperaturasi $t=30^0S$ bo‘lgan metan gazi, ichki diamtri 200 mm bo‘lgan truba orqali uzatilmoqda. Metan gazining trubadagi o‘rtacha tezligini aniqlansin. ($16,7$ m/s)

2.3. Bir yo‘lli qobiq trubali issiqlik almashinish qurilmasining trubalari (trubalar soni $n=100$, diametri $20X2$ mm) orqali havo uzatilmoqda. Havoning o‘rtacha temperaturasi 50^0S va bosimi 2 $kg \cdot k/sm^2$ (manometr ko‘rsatkichi bo‘yicha), tezligi 9 m/s . Barometrik bosim 740 mm *sim. us.* Quyidagilarni aniqlansin: a) havoning massaviy sarfi; b) havoning ishchi sharoitdagi hajmiy sarfi; v) havoning normal sharoitdagi hajmiy sarfi. (*-a*) $0,57$ kg/s ; *-b*) $0,18$ m^3/s ; *-v*) $0,44$ m^3/s)

2.4. Sovutkich diametri $20X2$ mm bo‘lgan 19 *dona* trubadan iborat. Sovutkichning truba kanallariga suv diametri $57X3,5$ mm bo‘lgan truba orqali kirmoqda. Suvning ushbu trubadagi tezligi $1,4$ m/s . Suvning truba kanallaridagi tezligini topilsin. ($0,72$ m/s)

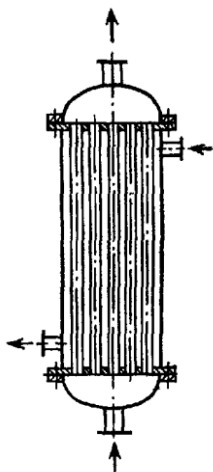
2.5. Diametri $16 \times 1,5$ mm, 379 dona trubadan iborat bo'lgan issiqlik almashinish qurilmasidan $6400 \text{ m}^3/\text{soat}$ (normal sharoitda) sarf bilan azot uzatilmoqda. Azotning bosimi $R_{ort}=3 \text{ kg}\cdot\text{k}/\text{sm}^2$. Azot qurilmaga 120°S temperatura bilan kirib, 30°S temperatura bilan chiqib ketmoqda. Qurilma trubalariga kirish va chivishdagi azotning tezligini aniqlansin. ($13,1 \text{ m/s}$; $10,1 \text{ m/s}$)

2.6. "Truba ichida truba" tipidagi sovutkichning ichki trubasi diametri $29 \times 2,5$ mm va tashqi trubasi diametri $54 \times 2,5$ mm. Ichki truba orqali $3,73 \text{ t}/\text{soat}$ sarf bilan zichligi $1150 \text{ kg}/\text{m}^3$ bo'lgan eritma (rassol) harakatlanmoqda. Trubalararo bo'shliqda esa $160 \text{ kg}/\text{soat}$ sarf va $R_{abs}=3 \text{ kg}\cdot\text{k}/\text{sm}^2$ bosim bilan temperaturasi 0°S bo'lgan gaz harakatlanmoqda. Gazning 0°S temperatura va 760 mm sim. us. dagi zichligi $1,2 \text{ kg}/\text{m}^3$. Sovutkichdagi suyuqlik va gazning tezligi hisoblab topilsin. ($2,0 \text{ m/s}$; $10,4 \text{ m/s}$)

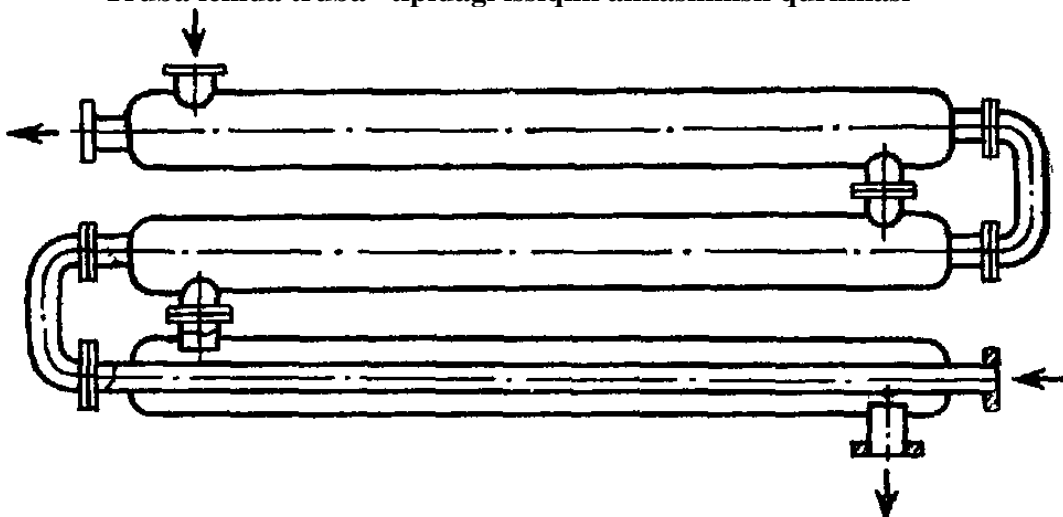
2.7. 2.6 masala sharti bo'yicha, agar gaz atmosfera bosimi ostida, lekin o'sha tezlik va o'sha massaviy sarf bilan harakatlansa, trubaning zaruriy tashqi diametri topilsin. (73 mm)

2.8. Massaviy sarfi $120 \text{ kg}/\text{soat}$ bo'lgan vodorod gazini uzatish uchun truba quvurining diametri aniqlansin. Trubaning uzunligi 1000 m . Bosimning ruxsat etilgan pasayishi $\Delta R=110 \text{ mm suv us.}$ Vodorodning zichligi $0,0825 \text{ kg}/\text{m}^3$. Ichki ishqalanish koeffitsiyenti $\lambda=0,03$. ($0,2 \text{ m}$)

Qobiq trubali issiqlik almashinish qurilmasi



"Truba ichida truba" tipidagi issiqlik almashinish qurilmasi



3-AMALIY ISH: GIDRODINAMIKA. TRUBALARDA SUYUQLIKLARNING OQISHI

Truba va kanallar orqali oqib o'tuvchi oqimlarning gidrodinamik asosiy kriteriyalari.

Reynolds kriteriyasi, gidrodinamik rejimni xarakterlaydi, hamda inersiya kuchlari va oqimdagi ichki ishqalanish kuchlarining nisbati o'lchami hisoblanadi:

$$Re = \frac{w \cdot d \cdot \rho}{\mu} = \frac{w \cdot d}{\nu}$$

bu yerda: w – oqimning o'rtacha tezligi, m/s; d – truba quvuri diametri, m; ρ – suyuqlikning zichligi, kg/m³; μ – dinamik qovushqoqlik koeffitsiyenti, Pa·s; ν – kinematik qovushqoqlik koeffitsiyenti, m²/s.

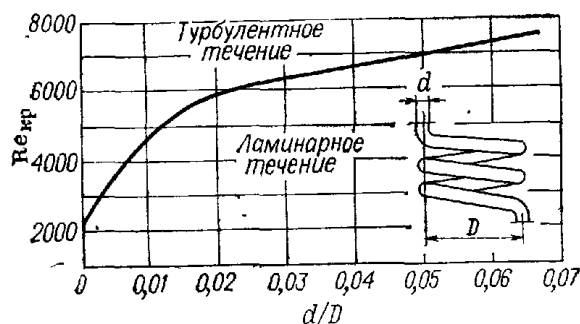
Tekis trubalar orqali uzatilayotgan oqimlar uchun Reynolds kriteriyasining quyidagi qiymatlari o'rinli:

Laminar rejim $Re < 2300$

O'tish rejimi

Turbulent rejim $Re > 10000$

Zmeyerovlikli trubalar orqali uzatilayotgan oqimlar uchun Reynolds kriteriyasining son qiymati tekis trubalardagiga nisbatan yuqoriroq bo'lib, d/D nisbatga bog'liq. Bu yerda d – zmeyerovlikli trubaning ichki diametri, D – zmeyerovlik o'ramining diametri. Ushbu bog'liqlik 3.1-rasmda ko'rsatilgan.



3.1-rasm. Zmeyerovlikli trubalarda Re kriteriyasining d/D nisbatiga bog'liqligi.

Dumaloq kesimga ega bo'lmagan trubalar uchun Reynolds kriteriyasiga ekvivalent diametr qo'yiladi. Ekvivalent diametr gidravlik radiusni to'rtga ko'paytirilganiga teng. Gidravlik radius r_g oqimning ko'ndalang kesim yuzasi F ning oqim bilan xo'llangan perimetr P ga nisbatiga teng:

$$r_g = \frac{F}{P}$$

Ekvivalent diametr:

$$d_e = 4 \cdot r_g = 4 \cdot \frac{F}{P}$$

Frud kriteriyasi, oqimdagi inersiya va og'irlik kuchlarining nisbatlarini ifodalaydi:

$$Fr = \frac{w^2}{g \cdot d}$$

bu yerda g – erkin tushish tezlanishi, m/s².

Eyler kriteriyasi, oqimdagi bosim kuchlari va inersiya kuchlarining nisbatlarini ifodalaydi:

$$Eu = \frac{\Delta P}{\rho \cdot w^2}$$

bu yerda ΔR – bosimlar farqi (gidravlik qarshiliklarga yo'qotilgan bosim), Pa.

MASALALARNI ISHLASH NAMUNASI

1-MASALA. Temperaturasi 300S bo'lgan suv 1 m/s tezlik bilan diametri 43X2,5 mm bo'lgan trubada harakatlanmoqda. Suvning oqish rejimini aniqlansin.

Masalaning ishlanihi. Suvning 30C temperaturadagi zichligi va dinamik qovushqoqlik koeffitsiyentlarini jadvallar orqali topamiz:

$\rho=995$ kg/m³; $\mu=0,8 \cdot 10^{-3}$ Pa·s

So'ng Reynolds kriteriyasini aniqlaymiz:

$$Re = \frac{w \cdot d \cdot \rho}{\mu} = \frac{1 \cdot 0,038 \cdot 995}{0,8 \cdot 10^{-3}} = 47500 \text{ turbulent rejim.}$$

MASALALAR

- 3.1. “Truba ichida truba” tipidagi issiqlik almashinish qurilmasining trubalararo bo‘shlig‘idagi suyuqlikning oqish rejimi aniqlansin. Qurilma ichki trubalarining diametri 25X2 mm, tashqi trubalarining diametri 51X2,5 mm; suyuqlikning massaviy sarfi 3730 kg/soat, suyuqlikning zichligi 1150 kg/m³, dinamik qovushqoqlik koeffitsiyenti 1,2·10⁻³ Pa·s. (turbulent rejim 15500)
- 3.2. Qobiq trubali issiqlik almashinish qurilmasi trubalararo bo‘shlig‘ining ekvivalent diametri aniqlansin. Qurilma diametri 38X2,5 mm bo‘lgan 61 dona trubalardan tashkil topgan. Qobiqning ichki diametri 625 mm. (de=0,105 m.)
- 3.3. Xalqa, kvadrat, to‘g‘ri to‘rtburchak, teng yonli uchburchak ko‘ndalang kesimli truba quvurlari uchun umumiy ko‘rinishda gidravlik radiusni aniqlang.
- 3.4. Qobiq trubali issiqlik almashinish qurilmasining trubalararo bo‘shlig‘ida anilin 0,5 m/s tezlik bilan harakatlanmoqda. Issiqlik almashinish qurilmasi 19 dona diametri 26X2,5 mm bo‘lgan trubalardan iborat. Qobiqning ichki diametri 200 mm. Anilin suv bilan 1000S dan 400S gacha sovitilmoqda. Anilinning trubalararo bo‘shliqdagi oqish rejimi aniqlansin. (turbulent rejim 14600)
- 3.5. “Truba ichida truba” tipidagi issiqlik almashinish qurilmasining xalqasimon bo‘shlig‘ida xarakterlanayotgan suvning oqish rejimini aniqlansin. Tashqi truba – 96X3,5 mm, ichki truba – 57X3 mm, suvning sarfi 3,6 m³/soat, temperaturasi 200S. (o‘tish rejimi.)
- 3.6. Etil spirtining oqish rejimini aniqlansin: a) diametri 40X2,5 mm bo‘lgan to‘g‘ri trubada; b) xuddi shunday zmeyevikli trubada. Zmeyevik o‘ramining diametri 570 mm. Spirtning tezligi 0,13 m/s, o‘rtacha temperaturasi 520S. (a) o‘tish, b) laminar.)

TRUBALARDA SUYUQLIKLARNING OQISHI. DROSSEL ASBOBLARDA SUYUQLIKLARNING SARFI VA TEZLIGINI O‘LCHASH

Ideal suyuqlik uchun Bernulli tenglamasi:

$$z_1 + \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{w_1^2}{2 \cdot g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{w_2^2}{2 \cdot g}$$

Real (haqiqiy) suyuqlik uchun Bernulli tenglamasi:

$$z_1 + \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{w_1^2}{2 \cdot g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{w_2^2}{2 \cdot g} + h_y$$

bu yerda z - geometrik napor, m; $R/\rho \cdot g$ - statik napor, m; $w^2/2 \cdot g$ - dinamik napor, m; h_y – qarshiliklarga yo‘qotilgan napor, m.

Trubadagi o‘rtacha tezlik w va maksimal (o‘qdagi) tezlik w_{max} orasidagi bog‘liqlik:

a) laminar rejimda $w = 0,5 \cdot w_{max}$ □

b) turbulent rejimda $w = (0,8 \div 0,9) \cdot w_{max}$ □

Suyuqlikning idish tagidagi yoki devoridagi teshikdan oqib chiqish tezligi w (m/s):

$$w = \varphi \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H}$$

bu yerda φ – tezlik koeffitsiyenti, o‘lchovsiz; g – erkin tushish tezlanishi, m/s²; H – teshik tepasidagi suyuqlikning balandligi, m.

Agar idishdagi suyuqlik bosimi (R_0 , Pa) va suyuqlik oqib chiqayotgan idishdan tashqaridagi bosim (R , Pa) bir xil bo‘lmasa, yuqoridagi tenglamadagi H ni o‘rniga quyidagi kattalikni kiritiladi:

$$H' = H + \frac{P_0 - P}{\rho \cdot g}, \text{ bu yerda } \rho \text{ – idishdagi suyuqlikning zichligi, kg/m}^3.$$

Ko‘ndalang kesim yuzasi f_0 (m²) bo‘lgan teshik orqali oqib chiqayotgan suyuqlikning sarfi V (m³/s) quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

$$V = \alpha \cdot f_0 \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H}$$

bu yerda α – sarf koeffitsiyenti, tezlik koeffitsiyenti φ va oqimchaning siqilish koeffitsiyenti ε ning ko‘paytmasidan iborat:

$$\alpha = \varphi \cdot \varepsilon$$

O‘zgarmas f ko‘ndalang kesim yuzasiga ega bo‘lgan ochiq idishdagi suyuqlikning f_0 yuzali teshik orqali to‘la bo‘shash vaqti τ (s) ni quyidagi tenglamadan aniqlanadi:

$$\tau = \frac{2 \cdot f \cdot \sqrt{H}}{\alpha \cdot f_0 \cdot \sqrt{2 \cdot g}}$$

bu yerda N – teshik tepasidagi suyuqlikning boshlang'ich balandligi, m.

Suyuqlik yoki gazning sarfini normal diafragma orqali o'lchash.

Suyuqlik yoki gazning xajmiy sarfi V (m³/s):

$$V = \alpha \cdot k \cdot f_0 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta P}{\rho}} = \alpha \cdot k \cdot f_0 \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H \cdot \frac{\rho_m - \rho}{\rho}}$$

bu yerda α – diafragmaning sarf koeffitsiyenti (XV jadval); k – truba devorlarining g'adir-budirligini hisobga oluvchi tuzatish koeffitsiyenti (XV1 jadval), gidravlik silliq trubalar uchun $k=1$; $f_0=0,785 \cdot d_0^2$ – diafragma teshigining yuzasi, m²; d_0 – teshik devori, m; N – diafragma ulangan difmanometrda suyuqlik balandliklarining farqi, m; ρ_m – difmanometrda suyuqlik zichligi, kg/m³; ρ – truba orqali uzatilayotgan suyuqlik yoki gazning zichligi, kg/m³.

Diafragmaning sarf koeffitsiyenti α , $Re=w \cdot d \cdot \rho / \mu$ kriteriyasiga bog'liq, lekin Re qiymati oldindan ma'lum bo'lmagani uchun sarf V ni o'lchashda α ning o'rtacha qiymatini berilgan t uchun XV jadval bo'yicha qabul qilinadi. So'ng sarf V ni aniqlab, Re ni topiladi, α ning qiymatini aniqlashtiriladi va kerak bo'lsa hisob boshqatdan qilinadi.

Suyuqlik yoki gazning sarfini Pito-Prandtl pnevmometrik naychalari yordamida o'lchash.

Pito-Prandtl naychalarini truba quvurining o'qiga joylashtiriladi va unga ulangan difmanometr yordamida

quyidagi kattalikni topiladi: $\Delta P = H \cdot (\rho_m - \rho) \cdot g$. So'ng oqimning maksimal (o'qidagi) tezligini

hisoblab topiladi $w_{max} = \sqrt{2 \cdot g \cdot H \cdot \frac{\rho_m - \rho}{\rho}}$, ushbu tezlik orqali $Re = w_{max} \cdot d \cdot \frac{\rho}{\mu}$ topiladi va

oqim rejimiga ko'ra o'rtacha tezlik w topiladi:

a) laminar rejimda $w = 0,5 \cdot w_{max}$ □

b) turbulent rejimda $w = (0,8 \div 0,9) \cdot w_{max}$ □

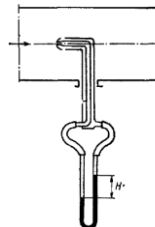
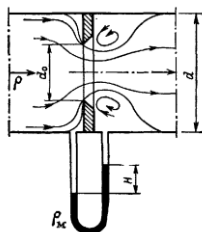
Suyuqlik yoki gazning sarfi V (m³/s) quyidagicha topiladi:

$$V = w \cdot F$$

bu yerda F - truba quvurining ko'ndalang kesim yuzasi, m².

Normal diafragma

Pito-Pradtl naychalari



MASALALARNI ISHLASH NAMUNASI

1-MASALA. Ochiq rezervuarda nisbiy zichligi 1,23 bo'lgan suyuqlik bor. Rezervuarda ma'lum bir nuqtasiga ulangan manometr $R_{ort}=0,31$ kgk/sm² bosimni ko'rsatmoqda. Rezervuardagi suyuqlik satxi ushbu nuqtadan qancha balandlikda bo'ladi?

Masalaning ishlaniishi. Manometr ulangan nuqtadan tepadagi suyuqlik balandligini quyidagi tenglama orqali topamiz:

$$P = P_0 + \rho \cdot g \cdot h$$

$$h = \frac{P - P_0}{\rho \cdot g}$$

masalaning sharti bo'yicha $R-R_0=0,31$ kgk/sm² $=0,31 \cdot 10^4 \cdot 9,81$ Pa

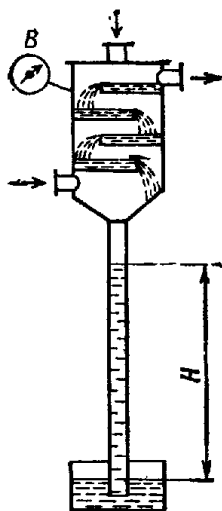
suyuqlikning zichligi $\rho=1,23 \cdot 1000=1230$ kg/m³

bundan

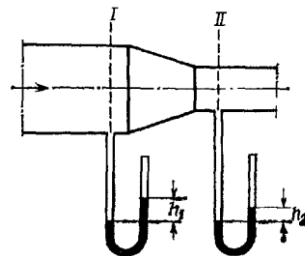
$$h = \frac{0,31 \cdot 10^4 \cdot 9,81}{1230 \cdot 9,81} = 2,52 \text{ m.}$$

MASALALAR

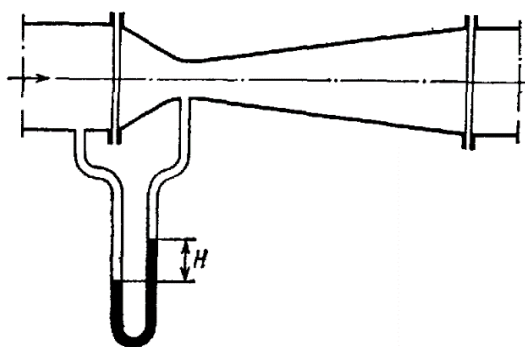
- 4.1. Barometrik kondensatoridagi vakuummetr 60 mm sim. us. siyraklanishni ko'rsatmoqda. Barometrik bosim 748 mm sim. us. Aniqlansin: a) kondensator dagi bosim Pa va kgk/sm² da aniqlansin; b) barometrik trubada suv qanday N balandlikka ko'tariladi? (a) 19700 Pa, 0,201 kgk/sm²; b) 8,16 m).
- 4.2. Ichki diametri 200 mm bo'lgan trubada asta sekin torayish orqali diametri 100 mm bo'lgan trubaga o'tish bor. Trubadan sarfi 1700 m³/soat (normal sharoitda) va temperaturasi 300S bo'lgan metan gazi uzatilmoqda. Trubaning keng qismida o'rnatilgan U-simon suvli manometr 40 mm suv us. ortiqcha bosimni ko'rsatmoqda. Xuddi shunday manometrning trubaning tor qismidagi ko'rsatkichi aniqlansin. Atmosfera bosimi 760 mm sim. us. (-98 mm suv us. yoki 961 Pa).
- 4.3. Diametri 1 m bo'lgan silindrik bak 2 m balandlikka suv bilan to'ldirilgan. Bakning tagidagi suv oqib chiqishi uchun mo'ljallangan teshik 3 sm diametrga ega. Bakning to'la bo'shish vaqti topilsin. (1180 s yoki 20 min).
- 4.4. Ichki diametri 152 mm bo'lgan gorizontall silliq truba orqali suv oqib o'tmoqda. Suvning o'rtacha tezligi 1,3 m/s, temperaturasi 200S. Trubada diametri 83,5 mm teshikli diafragma o'rnatilgan. Diafragmadagi simobli difmanometr ko'rsatkichini ko'rsatkichi aniqlansin. (0,188 m).
- 4.5. Havo uzatilayotgan trubaga o'rnatilgan Pito-Prandtl naychalarining suvli difmanometri ko'rsatkichi 13 mm ni tashkil qiladi. Agar, havoning temperaturasi 400S, trubaning diametri 159X6 mm bo'lsa, havoning sarfi aniqlansin. (0,217 m³/s yoki 780 m³/soat).
- 4.6. Sarfi 200 dm³/soat, temperaturasi 380S bo'lgan uksus kislotasi haraktlanayotgan truba diametri 57X3,5 mm ni tashkil etadi. Uksus kislotasining truba o'qidagi tezligini aniqlansin. (0,056 m/s).
- 4.7. Ichki diametri 320 mm bo'lgan trubada Pito-Prandtl naychalari o'rnatilgan. Naychalardagi suvli difmanometr N=5,8 mm farqni ko'rsatmoqda. Trubadan atmosfera bosimi ostida, temperaturasi 210S bo'lgan havo harakatlanmoqda. Havoning massaviy sarfi topilsin. (2840 kg/soat).
- 4.8. Bak tagidagi diametri 10 mm bo'lgan teshik orqali 1 soat davomida 750 dm³ miqdorda suyuqlik oqib chiqmoqda. Bakning usti ochiq va bakda suyuqlik satxi o'zgarmas balandlik 900 mm da ushlab turiladi. Sarf koeffitsiyenti topilsin. Bakning diametri 800 mm. Agar bakka suyuqlik uzatishni to'xtatilsa, uning to'la bo'shish vaqtini hisoblab topilsin. ($\tau=1$ soat 13 min; $\alpha=0,632$).
- 4.9. Ko'ndalang kesim yuzasi 3 m² bo'lgan bakka suv uzatilmoqda. Bakning tagida suvni chiqarib yuborish uchun teshik bor. Turg'un xolatda uzatilayotgan suvning sarfi teshikdan oqib chiqayotgan suvning sarfi bilan teng va suvning satxi 1m balandlikda o'rnatiladi. Agar, bakka suv uzatishni to'xtatilsa, 100 s dan keyin bak to'la bo'shaydi. Bakka uzatilayotgan suvning miqdori aniqlansin. (0,06 m³/s).
- 4.10. Ichki diametri 200 mm bo'lgan gorizontall truba orqali nisbiy zichligi 0,9 bo'lgan mineral yog' uzatilmoqda. Trubada diafragma o'rnatilgan (sarf koeffitsiyenti 0,61). Diafragma teshigining diametri 76 mm. Diafragma ulangan simobli difmanometr 102 mm farqni ko'rsatmoqda. Trubadagi yog'ning tezligi va sarfi aniqlansin. (0,47 m/s; 47800 kg/soat).
- 4.11. Diametri 160X5 mm bo'lgan trubada "Venturi trubasi" o'rnatilgan. "Venturi trubasi" ning tor qismining diametri 60 mm. Truba orqali atmosfera bosim ostida va 250S temperaturada etan gazi uzatilmoqda. Venturi trubasiga ulangan suvli difmanometr N=32 mm farqni ko'rsatmoqda. Sarf koeffitsiyentini 0,97 deb qabul qilgan xolda trubadagi etan gazining massaviy sarfini kg/soat da aniqlansin. (280 kg/soat).



(4.1 masala uchun)
Venturi trubasi



(4.2 masala uchun)



(4.11 masala uchun)

4-AMALIY ISH: QO‘ZG‘ALMAS VA MAVHUM QAYNASH QATLAMINING GIDRODINAMIKASI

Qattiq zarrachalar qo‘zg‘almas qatlami uchun g‘ovaklik, ya‘ni qattiq faza bilan band bo‘lgan xajmning nisbiy ulushi:

$$\varepsilon_0 = \frac{V_q - V}{V_q}$$

Agar, zarrachalar orasidagi qatlam zichligini ahamiyatga olinmasa, u xolda:

$$\varepsilon_0 = 1 - \left(\frac{\rho_t}{\rho} \right)$$

Bu yerda V va V_q – zarrachalar band qilgan hajm va qatlam hajmi, m^3 ; ρ va ρ_t – zarrachalar zichligi va qatlam zichligi (to‘kilma zichlik), kg/m^3 .

Odatda, bir xil diametrga ega bo‘lgan sharsimon zarrachalarning qo‘zg‘almas to‘kilma qatlami g‘ovakligi 0,38 – 0,42 oralig‘ida bo‘ladi; hisoblarda o‘rtacha qiymat 0,40 qabul qilinadi.

Qattiq zarrachalar mavhum qaynash qatlami uchun g‘ovaklik:

$$\varepsilon = \frac{V_{m.q.} - V}{V_{m.q.}}$$

bu yerda $V_{m.q.}$ – mavhum qaynash qatlam hajmi, m^3 .

1. Muhit bosim kuchlarining va qatlam og‘irligining muvozanati qattiq zarrachalar qo‘zg‘almas qatlamining mavhum qaynash xolatiga o‘tish sharti bo‘lib xizmat qiladi.

Mavhum qaynash qatlamining asosiy gidrodinamik xarakteristikasi ΔR_q doimiysidan iborat:

$$\Delta P_q = \frac{G_q}{S} = const$$

bu yerda G_q – qatlamdagi material og'irligi, N ; S – ko'ndalang kesim yuzasi, m^2 .

Qattiq zarrachalar mavhum qaynash qatlami orqali uzatiluvchi oqim uchun bosimlar farqi (Pa da) quyidagi tenglamadan aniqlanadi:

$$\Delta P_q = (\rho - \rho_m) \cdot g \cdot (1 - \varepsilon) \cdot h = (\rho - \rho_m) \cdot g \cdot (1 - \varepsilon_0) \cdot h_0$$

bu yerda h va h_0 – mavhum qaynash va qo'zg'almas qatlam balandligi, m ; ρ va ρ_m – qattiq zarrachalar va muhitning zichligi, kg/m^3 .

Agar muhit gaz bo'lsa ($\rho_m \ll \rho$), u xolda:

$$\Delta P_q = \rho \cdot g \cdot (1 - \varepsilon) \cdot h = \rho \cdot g \cdot (1 - \varepsilon_0) \cdot h_0$$

3. Muhit bosim kuchlarining va qatlam og'irlik kuchlarining muvozanat holati, ya'ni qattiq zarrachalar qo'zg'almas qatlamining mavhum qaynash xolatiga o'tishiga to'g'ri keladigan oqim tezligi birinchi kritik tezlik yoki mavhum qaynash tezligi deyiladi. Bir xil diametrga ega bo'lgan sferik zarrachalar qatlami uchun birinchi kritik tezlik yoki mavhum qaynash tezligi quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

$$Re_{m.q.} = \frac{Ar}{1400 + 5,22 \cdot \sqrt{Ar}}$$

Ushbu tenglama qo'zg'almas qatlam o'rtacha g'ovakligi $\varepsilon_0=0,4$ uchun keltirib chiqarilgan va $\pm 20\%$ xatolikni beradi. Bunda

$$Re_{m.q.} = \frac{w_{m.q.} \cdot d \cdot \rho_m}{\mu_m}; \quad Ar = \frac{g \cdot d^3 \cdot (\rho - \rho_m) \cdot \rho_m}{\mu_m^2}$$

bu yerda $w_{m.q.}$ – mavhum qaynash tezligi, m/s ; d – zarrachalar diametri, m ; ρ va ρ_m – qattiq zarrachalar va muhitning zichligi, kg/m^3 ; μ_m – muhitning dinamik qovushqoqlik koeffitsiyenti, $Pa \cdot s$.

Agar muhit gaz bo'lsa ($\rho_m \ll \rho$), u xolda:

$$Ar = \frac{g \cdot d^3 \cdot \rho \cdot \rho_m}{\mu_m^2}$$

Noto'g'ri shaklga ega bo'lgan zarrachalar uchun oqimning kritik tezligini shakl faktorini hisobga olgan holda aniqlash mumkin:

$$F = 0,207 \cdot \frac{S}{V^{\frac{2}{3}}}$$

bu yerda V – zarracha hajmi, m^3 ; S – zarrachaning yuzasi, m^2 .

MASALALAR

6.1 Dengiz sathidan 300 m balandliqla joylashgan zavodda porshsnli nasos o'rnatilgan bo'lib, umumiy surish balandligi bo'yicha yo'qotilgan napor qiymati 5,5 mm.suv.ust.ni tashkil etadi.

Geomstrik surish balandlik 3,6 m ga teng. Suvning qaysi maksimal temperaturasida, suyuqlikni surilishi mumkin bo'lmaydi?

6.2 Plunjer bosib o'tadigan masofa 480 mm, aylanishlar soni minutiga 60 ga teng. Uzatish koeffitsiyenti esa 0.85. Plunjerli nasosning pog'onasi plunjerning har bir tomoniga uzatayotgan suyuqlik miqdorini va differensial porshenli nasosning ish unumdorligini (sarfini) quyidagi shartlar bo'yicha aniqlang. Pog'onali plunjer, katta diametri 340 mm kichigi esa 240 mm ga teng.

6.3 Ikki tomonlama ishlaydigan porshenli nasos, diametri 3 m va balandligi 2,6m bo'lgan idishni 26,5 minutda to'ldirmoqda. Nasos plunjerining diametri 180 mm, shtokning diametri 50 mm, krivoship radiusi esa 145 mm. Aylanishlar chastotasi minutiga 55 ga teng. Nasosning uzatish koeffitsiyentini toping.

5-AMALIY ISH: SUYUQLIKLARNI UZATISH VA UNING QURILMALARI

Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarida barcha tarmoqlarida suyuqliklar gorizontalar va vertikal trubalar orqali uzatiladi. Suv, neft, benzin, eg'-moylar, sut, vino, pivo va boshqa suyuqliklarni uzatish uchun muljallangan mashinalar nasoslar deyiladi. Elektr dvigatelning mexanik energiyasini suyuqlikning uzatilish energiyasiga aylantiruvchi va uning bosimini oshiruvchi va gidravlik mashinalar nasoslar deb ataladi. Trubalarning boshlang'ich va oxirgi nuktalaridagi bosimlar farqi trubalardan suyuqlikning oqishi uchun xarakatlantiruvchi kuch hisoblanadi.

Nasoslar asosan ikki turga: dinamik va hajmiy nasoslarga bo'linadi. Dinamik nasoslarda suyuqlik tashqi kuch ta'sirida harakatga keltiriladi. Nasos ichidagi suyuqlik nasosga kirish va chiqish trubalari bilan uzluksiz bo'langan bo'ladi. Suyuqlikka ta'sir kiladigan kuchning turiga ko'ra, dinamik nasoslar parrakli va ishqalanish kuchi yordamida ishlaydigan nasoslarga bo'linadi. Sanoatda suyuqliklarni siqilgan gaz (yoki xavo) yordamida uzatish uchun gazliftlar va montejoylar ham ishlatiladi.

Nasosning asosiy parametrlari:

Nasosning vakt birligi ichida uzatib beradigan suyuqlikning miqloriga ish unumdorligi (yoki sarfi) deyiladi Q , (m^3/s).

1. Vakt birligida surilgan suyuqlik xajmi Q ni nasosning sarfi deb ataladi. Surish m^3/s , l/s va boshka birliklarda o'lchanadi.

Markazdan qochma nasoslarning sarfi quyidagicha hisoblanadi:

$$Q = w_1 \cdot (\pi \cdot d_1 - \delta \cdot z) \cdot b_1 \cdot \sin \beta_1$$

yoki

(2.1)

$$Q = w_2 \cdot (\pi \cdot d_2 - \delta \cdot z) \cdot b_2 \cdot \sin \beta_2$$

w_1 , w_2 - ish g'ildiragiga kirish va chiqishdagi nisbiy tezliklar;

d_1 , d_2 - nasos g'ildiragining ichki va tashqi diametrlari;

δ - nasos kuraklarining qalinligi;

z - kuraklar soni;

b_1, b_2 - kuraklarning kirishi va chiqishdagi eni;

β_1, β_2 - kuraklarning kirish va chiqishdagi egrilik burchaklari.

Eng sodsa porshenli nasosning sarfi ushbuga teng:

$$Q = F \cdot L \cdot \frac{n}{60} \quad (2.2)$$

bu yerda F - porshen ko'ndalang kesimining yuzasi; L - porshenning yurishi (bir borib kelishda bir tomonga yurgan yo'lining uzunligi); n - porshenning bir minutda borib kelish soni (yoki krivoship-shatunli mexanizmning aylanish soni).

Ko'p yulli porshen nasosining sarfi

$$Q = F \cdot L \cdot \frac{n}{60} \cdot i \quad (2.3)$$

bu yerda i - nasos silindrlarining soni.

Ikki yulli bir porshenli nasosning sarfi.:

$$Q = (2 \cdot F - f) \cdot L \cdot \frac{n}{60} \quad (2.4)$$

bu yerda f - shtok ko'ndalang kesimining yuzasi, m².

Nasosdan o'tayotgan suyuqlik oqimi olgan solishtirma energiyasi nasosning bosimi deb ataladi va suyuqlik ustunining metrlari hisobida o'lchanadi.

$$H = H_r + \frac{p_2 - p_1}{\rho \cdot g} + h_{um} \quad (2.5)$$

$H_{um} = h_c + h_x$ — trubaning umumiy gidravlik qarshiligi;

$H_G = H_S + H_X$ - geometrik balandlik.

Nasosning vaqt birligida bajargan ishi uning quvvati deyiladi. Quvvatning o'lchov birligi (Vt) va quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$N_f = \gamma \cdot Q \cdot H = \rho \cdot g \cdot H \cdot Q \quad (2.6)$$

Nasosning o'qidagi quvvati foydali quvvatdan kattaroq bo'ladi, ya'ni:

$$N_e = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot F}{\eta_H} \quad (2.7)$$

Markazdan qochma nasoslarning xosil qilgan bosimi ishchi g'ildiraklarning aylanish tezligiga bog'liq bo'ladi. Nasos ishga tushirilishidan ilgari surish trubasi, ish g'ildiragi va qobiq

uzatilayotgan suyuqlik bilan to'ldiriladi. Agar ish g'ildiragi bilan qobiq oralarida bo'shliq bo'lsa, ishchi g'ildiragining aylanishi natijasida yetarli siyraklanish hosil bo'lmaydi.

Nasosning ish unumdorligi, napori, iste'mol qiladigan quvvati, ish g'ildiraklarining aylanish chastotasining o'zgarishiga bog'liq bo'ladi, ya'ni: aylanishlar chastotasi n_1 dan n_2 ga ortsa, uning ish unumdorligi, napori va iste'mol kiladigan quvvati quyidagicha o'zgaradi:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2}; \quad \frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2; \quad \frac{N_1}{N_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3; \quad (2.8)$$

Ish g'ildiraklarining aylanishlar chastotasi n o'zgarmas bo'lganda nasos ish unumdorligi Q ning napori N nasosning o'z quvvati N va foydali ish koeffitsiyenti η_N bilan o'zaro grafik usulidagi bog'liqligi chasoslarning xarakteristikasi deb yuritiladi.

MISOLLARNI ISHLASH NAMUNASI

1-masala. Shesternali nasos shesternasining 12 ta tishi bo'lib, uning eni 42 mm. har bir tishning ko'ndalang kesimining yuzasi qo'shni shesternaning tashqi aylanasi bilan chegaralangan bo'lib 980 mm² tengdir. Nasosning ish unumdorligi 0,312 m³/min bo'lsa, nasosning uzatish koeffitsiyenti aniklansin.

Yechish:

Shesternali nasosning ish unumdorligi ushbu formula orqali hisoblab topiladi:

$$Q = \eta_v \cdot \frac{2 \cdot f \cdot b \cdot z \cdot n}{60}$$

Nazariy uzatilgan suyuqlik miqdori:

$$Q = 2 \cdot f \cdot b \cdot z \cdot n / 60 = 2 \cdot 0,00096 \cdot 0,042 \cdot 12 \cdot 440 / 60 = 0,00708 \text{ m}^3/\text{s}$$

Haqiqiy uzatilgan suyuqlik miqdori:

$$Q = 0,312 / 60 = 0,0052 \text{ m}^3/\text{s}$$

Bunda, uzatish koeffitsiyenti quyidagig teng bo'ladi:

$$\eta_b = \frac{Q}{Q} = \frac{0,0052}{0,00708} = 0,736$$

MASALALAR

7.1 Nasos 30% li sulfat kislotani bir joydan ikkinchi joyga uzatib bermoqda. Uzatish trubasidagi manometr ko'rsatkichi 1,8 kg·k/sm² (0,18 MPa), surish trubasidagi vakuummetr ko'rsatkichi 29 mm.sim.ust. Manometr vakuummetrdan 0,5 m balandda joylashgan. Surish va uzatish trubalarining diametrlari bir xil. Nasos xosil qilayotgan naporni aniqlang.

Nasos atmosfera bosimi ostidagi rezervuardan, 37 kg·k/sm² (3,7 MPa) bosimga ega, nisbiy zichligi 0,79 bo'lgan etil spirti qurilmaga uzatilmoqda. Ko'tarilish balandligi 16 m. Surish va uzatish trubalarining umumiy qarshiligi 65,6 m. Nasos hosil qilayotgan umumiy napor topilsin.

Nasos nisbiy zichligi 0,91 ga teng bo'lgan pista yog'i 380 dm³/min. hajmiy sarf bilan uzatmoqla. Nasos dvigateli iste'mol qilayotgan quvvati 2,5 kVt. Umumiy napor 30,8 m. Nasos qurilmasining foydali ish koeffitsiyentini aniqlang.

7.4. Nisbiy zichligi 1,16 ga teng bo'lgan suyuqlikni nasos 14 dm³/s miqdordagi sarf bilan uzatmoqla. Umumiy napor 58 m. Nasosning f.i.k.= 0,64, uzatishning f.i.k. = 0,97, elektredvigatelning f.i.k. = 0,95. O'rnatilishi kerak bo'lgan dvigatel quvvati qanday bo'ladi?

NASOSLARNING HISOBI

1-MASALA. Temperaturasi 20°C bo'lgan suvni ochiq idishdan 0,1 MPa bosim ostida ishlayotgan qurilmaga uzatib berish uchun nasos tanlansin. Suvning sarfi 1,2·10⁻² m³/s. Suvni geometrik ko'tarilish balandligi 15 m. Tortish liniyasida truba uzunligi 10 m, xaydash liniyasida 40 m. Tortish trubasida 2 ta to'g'ri ventil, 4 ta 90° li burilish (R0/d=6) bor. Xaydash trubasida 2 ta 120° li (R0/d=6) va 10 ta 90° li burilishlar (R0/d=6) hamda 2 ta normal ventil bor.

Truba quvurini tanlash

Tortish va xaydash trubalari uchun suvning oqish tezligini bir xil va 2 m/s deb qabul qilamiz. U holda trubaning diametrini quyidagi tenglama orqali hisoblanadi:

$$d = \sqrt{\frac{4V}{\pi\omega}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,2 \cdot 10^{-2}}{3,14 \cdot 2}} = 0,088 \text{ m}$$

Standart d=0,100 m bo'lgan, ozgina korroziyaga uchragan po'lat truba quvurini tanlaymiz. U xolda suvning trubadagi xaqiqiy tezligi:

$$\omega = \frac{V}{0,785 \cdot d^2} = \frac{1,2 \cdot 10^{-2}}{0,785 \cdot 0,100^2} = 1,53 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

b) Ishqalanish va mahalliy qarshiliklar hisobiga yo'qotilgan bosimni aniqlash.

Reynolds kriteriysini aniqlaymiz:

$$Re = \frac{w \cdot d \cdot \rho}{\mu} = \frac{1,53 \cdot 0,100 \cdot 998}{1,005 \cdot 10^{-3}} = 151934 \quad (\text{Turbulent rejim,})$$

Bu yerda: ρ – suvning 20°C dagi zichligi, kg/m³; μ – suvning 20°C dagi dinamik qovushqoqlik koeffitsiyenti, Pa·s.

Truba quvurining absolyut g'adir-budirligini $\Delta=2 \cdot 10^{-4}$ m deb qabul qilamiz. U holda:

$$e = \frac{\Delta}{d} = \frac{2 \cdot 10^{-4}}{0,100} = 0,002$$

$$560 \cdot \frac{1}{ye} = 280000; \quad 10 \cdot \frac{1}{ye} = 5000;$$

Truba quvurida aralash ishqalanish bo'lgani sababli ichki ishqalanish koeffitsiyenti λ ni quyidagicha aniqlaymiz:

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(e + \frac{68}{Re} \right)^{0,25} = 0,11 \cdot \left(0,002 + \frac{68}{151934} \right)^{0,25} = 0,024$$

Tortish va haydash trubalari uchun mahalliy qarshiliklar koeffitsiyentlarini yig'indisini aniqlaymiz.

Tortish trubasi uchun:

№	Mahalliy qarshilik ko'rinishi	Soni, dona	ζ
1.	Trubaga kirish (o'tkir qirrali)	1	$\zeta_1=0,5$
2.	To'g'ri ventil	2	$\zeta_2=\zeta \cdot k=0,5 \cdot 0,92=0,46$
3.	90O li burilish	4	$\zeta_3=A \cdot V=1 \cdot 0,09=0,09$

Tortish trubasidagi mahalliy qarshiliklar koeffitsiyentlarining yig'indisi: $\sum \zeta = \zeta_1 + 2 \cdot \zeta_2 + 4 \cdot \zeta_3 = 0,5 + 2 \cdot 0,46 + 4 \cdot 0,09 = 1,78$

Tortish trubasidagi yo'qotilgan napor:

$$h_{y.s.} = \left(\lambda \frac{l_c}{d} + \sum \zeta \right) \frac{\omega^2}{2g} = \left(0,024 \cdot \frac{10}{0,100} + 1,78 \right) \cdot \frac{1,53^2}{2 \cdot 9,81} = 0,498 \text{ m}$$

Haydash trubasi uchun:

№	Mahalliy qarshilik ko'rinishi	Soni, dona	ζ
1	120O li burilish	2	$\zeta_1=A \cdot V=1,17 \cdot 0,09=0,105$
2	90O li burilish	10	$\zeta_2= A \cdot V=1 \cdot 0,09=0,09$
3	Normal ventil	2	$\zeta_3=4,1$
4	Trubadan chiqish	1	$\zeta_4=1$

Haydash trubasidagi mahalliy qarshiliklar koeffitsiyentlarini yig'indisi:

$$\sum \zeta = 2 \cdot \zeta_1 + 10 \cdot \zeta_2 + 2 \cdot \zeta_3 + \zeta_4 = 2 \cdot 0,105 + 10 \cdot 0,09 + 2 \cdot 4,1 + 1 = 10,31$$

Haydash trubasidagi yo'qotilgan naporni quyidagicha topamiz:

$$h_{y,x} = \left(\lambda \frac{l_x}{d} + \sum \zeta \right) \frac{\omega^2}{2g} = \left(0,024 \cdot \frac{40}{0,100} + 10,31 \right) \cdot \frac{1,53^2}{2 \cdot 9,81} = 2,375 \text{ m}$$

Umumiy yo'qotilgan napor:

$$h_y = h_{y,s} + h_{y,x} = 0,498 + 2,375 = 2,873 \text{ m}$$

v) Nasos tanlash.

Nasosning napori:

$$H = \frac{\Delta P}{\rho g} + H_2 + h_y = \frac{0,1 \cdot 10^6}{998 \cdot 9,81} + 15 + 2,873 = 28,08 \text{ m}$$

$$Q = V = 1,2 \cdot 10^{-2} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Ushbu 2 ta parametrga asoslanib 8.1- jadvaldan quyidagi markazdan qochma nasos tanlanadi:

Nasos markasi – X45/31

Nasosning ish unumdorligi – $Q=1,25 \cdot 10^{-2}$

Nasosning napori – $H=31 \text{ m}$

Nasosning aylanishlar chastotasi – $n=48,3 \text{ s}^{-1}$

Nasosning f.i.k. -- $\eta=0,60$

Elektrodvigatel turi – A02-52-2;

Quvvati – $N=13 \text{ kVt}$

FIK – $\eta_{dv}=0,89$

MASALALAR

8.1. Temperaturasi 200S bo'lgan atsetonni ochiq idishdan 0,2 MPa bosim ostida ishlayotgan qurilmaga uzatib berish uchun nasos tanlansin. Suyuqlikning sarfi 30 m³/soat. Geometrik ko'tarilish balandligi 5 m. So'rish trubasi uzunligi 10 m, haydash trubasi uzunligi 12 m. Quyidagi mahalliy qarshiliklar mavjud: so'rish trubasida to'g'ri ventil 1ta; 200 li burilish 2 ta; (R0/d=1); diafragma 1 ta (d0=40 mm) va haydash trubasida normal ventil 1ta; 90oli burilish 2 ta. Truba quvurining absolyut g'adir-budirliigi $\Delta=2 \cdot 10^{-4} \text{ m}$.

8.1-Jadval

Markazdan qochma nasoslarning texnik xarakteristikalari

Marka	Q, m ³ /s	N, m suyuqlik ustuni	n, 1/s	η _n	Elektrodvigatel		
					tip	N _n , kVt	η _{dv}
X2/25	4,2·10 ⁻⁴	25	50	-	AOL-12-2	1,1	-
X8/18	2,4·10 ⁻³	11,3	48,3	0,40	AO2-31-2	3	-
		14,8					
		18			VAO-31-2	3	0,82
X8/30	2,4·10 ⁻³	17,7	48,3	0,50	AO2-32-2	4	-
		24					
		30			VAO-32-2	4	0,83
X20/18	5,5·10 ⁻³	10,5	48,3	0,60	AO2-31-2	3	-
		13,8					
		18			VAO-31-2	3	0,82
X20/31	5,5·10 ⁻³	18	48,3	0,55	AO2-41-2	5,5	0,87
		25					
		31			VAO-41-2	5,5	0,84
X20/53	5,5·10 ⁻³	34,4	48,3	0,50	AO2-52-2	13	0,89
		44					
		53			VAO-52-2	13	0,87
X45/21	1,25·10 ⁻²	13,5	48,3	0,60	AO2-51-2	10	0,88
		17,3					
		21			VAO-51-2	10	0,87
X45/31	1,25·10 ⁻²	19,8	48,3	0,60	AO2-52-2	13	0,89
		25					
		31			VAO-52-2	13	0,87
X45/54	1,25·10 ⁻²	32,6	48,3	0,60	AO2-62-2	17	0,88
		42			AO2-71-2	22	0,88
		54			AO2-72-2	30	0,89

X90/19	2,5·10-2	13	48,3	0,70	AO2-51-2	10	0,88
		16			AO2-52-2	13	0,89
		19			AO2-62-2	17	0,88
X90/33	2,5·10-2	25	48,3	0,70	AO2-62-2	17	0,88
		29,2			AO2-71-2	22	0,90
		33			AO2-72-2	30	0,90
X90/49	2,5·10-2	31,4	48,3	0,70	AO2-71-2	22	0,88
		40			AO2-72-2	30	0,89
		49			AO2-81-2	40	-
X90/85	2,5·10-2	56	48,3	0,65	AO2-81-2	40	-
		70			AO2-82-2	55	-
		85			AO2-91-2	75	0,89
X160/29/2	4,5·10-2	20	48,3	0,65	VAO-72-2	30	0,89
		24			AO2-72-2	30	0,89
		29			AO2-81-2	40	-
X160/49/2	4,5·10-2	33	48,3	0,75	AO2-81-2	40	-
		40,6			AO2-82-2	55	-
		49			AO2-91-2	75	0,89
X160/29	4,5·10-2	29	24,15	0,60	AO2-81-4	40	-
					AO2-82-4	55	-
X280/29	8·10-2	21	24,15	0,78	AO2-81-4	40	-
		25			AO2-82-4	55	-
		29			AO2-91-4	75	0,92
X280/42	8·10-2	29,6	24,15	0,70	AO2-91-4	75	0,92
		35					
		42			AO2-92-4	100	0,93
X280/72	8·10-2	51	24,15	0,70	AO-101-4	125	0,91

		62			AO-102-4	160	0,92
		72			AO-103-4	200	0,93
X500/25	1,5·10-1	19	16	0,80	AO2-91-6	55	0,92
		22					
		25			AO2-92-6	75	-

5-AMALIY ISH: GAZLARNI SIQISH VA KOMPRESSORLAR. CHO'KTIRISH, SENTRAFUGALASH VA ARALASHTIRISH. FILTRLASH.

GAZLARNI SIQISH VA KOMPRESSORLAR

Gazlarni siqish va uzatish uchun kompressor mashinalardan foydalaniladi. Xuddi suyuqliklar kabi gazlar ham bosimlar farqi bo'lganidagina uzatiladi. Siqilgan gaz bosimi R_2 ning siqilmagan gaz bosimi R_1 ga nisbati siqish darajasi deyiladi. .

1. Ventilyatorlarda $P_2/P_1 < 1,1$ - ko'p miqdordagi gazlarni uzatish uchun foydalaniladi.
2. Gazoduvkalar $1,1 < R_2/R_1 < 3$ - gaz trubalarida katta qarshilik bo'lganida ishlatiladi.
3. Kompressorlar $P_2/P_1 > 3$ - yuqori bosim hosil qilish uchun ishlatiladi.

Vakuüm nasoslar bosimi atmosfera bosimidan past bo'lgan gazlarni surish uchun ishlatiladi. Ishlash prinsipiga ko'ra kompressorlar hajmiy va parrakli bo'ladi. Gazning hajmi, bosimi va temperaturasi o'rtasidagi bog'lanish

$$\left(P + \frac{a}{v^2}\right) \cdot (v - b) = R \cdot T \quad (2.9)$$

R - gazning bosimi, N/m^2 ; v - gazning solishtirma hajmi m^3/kg ; $R = 8314/M$ - gazlarning universal konstantasi, $J/kg \cdot s$; M — molekulyar massa, $kg/kmol$; T - temperatura, K .

a va b koeffitsiyentlarning miqdori qshllanmalarda berilmasa, u kritik temperatura T_{kr} , va bosim R_{kr} orqali quyidagicha topiladi:

$$a = \frac{27 \cdot R^2 \cdot T_{kr}^2}{64 \cdot P_{kr}} \quad (2.9a)$$

$$b = \frac{R \cdot T}{8 \cdot P_{kr}}$$

Bir pog'onali kompressorda 1 kg gazni adiabatik siqish paytidagi nazariy ish L (J/kg) miqdori quyidagi formula yordamida hisoblanishi mumkin:

$$L_{ad} = \frac{1}{k-1} \cdot P_1 \cdot V_1 \left[\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right] = \frac{1}{k-1} \cdot R \cdot T_1 \cdot \left[\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right] \quad (2.14)$$

yoki

$$L_{ad} = i_2 - i_1 \quad (2.15)$$

Adiabatik siqish jarayoni oxiridagi gazning temperaturasi ushbu tenglamadan topiladi:

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{k-1}{k}} \quad (2.16)$$

(2.14-2.16) formulalarda:

k - adiabata ko'rsatkichi;

P_1 va R_2 - gazning boshlang'ich va oxirgi bosimi, Pa

V - gazning boshlang'ich sharoitidagi solishirma hajmi, ya'ni P₁ va T₁ bo'lganda, m³/kg;
i₁ va i₂ - gazning boshlang'ich va oxirgi entalpiyalari, J/kg;
R = 8310/M - gaz konstantasi, J/kg Q
M - gazning molyar massasi.

MASALARNI ISHLASH NAMUNASI

1-MASALA. Havo quvuri orqali ventilyator yordamida w=15 m/s tezliqla Q=2,5 m³/s hajmiy sarfda qavo uzatilmoqda.

Havo quvurining diametri va zarur napor miqdorlari topilsin. Quvurdagi 2ta tirsak R/D=2 nisbatda tayyorlangan.

Yechish:

Havo quvurining diametri ushbu formuladan aniqlanadi:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot w}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,5}{3,14 \cdot 15}} = 0,47 \text{ m}$$

Havo oqimining harakat rejimini hisoblaymiz:

$$Re = \frac{w \cdot D \cdot \rho}{\mu} = \frac{15 \cdot 0,47 \cdot 1,29}{18,3 \cdot 10^{-6}} = 5,05 \cdot 10^6$$

Demak havo harakati turbulent oqim rejimiga to'g'ri keladi. Re>10⁵ bo'lgani uchun, ishqalanish koeffitsiyenti ushbu formuladan hisoblanadi:

$$\lambda = 0,0032 + \frac{0,221}{Re^{0,237}} = 0,003 + \frac{0,221}{505000^{0,237}} = 0,013$$

Berilgap miqdordagi havoni uzatish uchun zarur umumiy napor quyidagi tenglamadan aniqlanadi:

$$\Delta P = \frac{\rho \cdot w^2}{2 \cdot g} \cdot \left(1 + \lambda \cdot \frac{L}{D} + \sum \xi \right) + \rho \cdot H$$

bu yerda L=4+6+3=13 m - truba quvurining uzunligi.

$$\sum \xi = 2 \cdot 0,15 = 0,3$$

$$\Delta P = \frac{1,29 \cdot 15^2}{2 \cdot 9,81} \cdot \left(1 + 0,013 \cdot \frac{13}{0,47} + 0,3 \right) + 1,29 \cdot 6 = 32 \text{ mm. suv. ust.}$$

MASALAR

9.1 Vodorodni bir va ikki pag'onali siqish paytida bosim 1,5 dan 17 atm. (absolyut) gacha ko'tarish uchun nazariy ish miqdori hisoblansin. Vodorodning boshlang'ich temperaturasi 20°C ga teng.

9.2 4,5 atm. bosimda siqilgan havo uzatilishi lozim. Massaviy sarfi 80 kg/soat ga teng. Agarda silindr diametri 180 mm, porshen yo'lining uzunligi l = 200 mm va aylanish chastotasi 240 ayl/min bo'lsa, bir pog'onali kompressordan shu sharoitda ishlatish mumkinmi. Silindrning zararli, bo'sh hajmi 5% ni tashkil etadi. Hajmiy kengayish koeffitsiyentining qiymati 1,25 teng.

CHO'KTIRISH

a) Og'irlik kuchi ta'sirida cho'ktirish.

1. Tinch holatdagi chegaralanmagan muhitda sharsimon zarrachalarni cho'ktirish jarayonini kriterial shaklda izohlash uchun quyidagi o'xshashlik kriteriyalari qo'llalilishi mumkin: Arxi-med Ag, Lyashenko Ly va Reynolds Re.

Kriterial bog'liqlikni eng qulay va to'g'ri ko'rinishi Ly=f(Ar) dir.

2. Agar kriteriyalar qiymati $Ar < 3,6$; $Ly < 2 \cdot 10^3$; $Re < 0,2$, bo'lsa, yani cho'ktirish laminar rejimda olib borilganda Stoks tomonidan sharsimon zarrachalarning cho'ktirish tezligi w_{ch} (m/s) quyidagi nazariy formula taklif etiladi:

$$w_{ch} = \frac{g \cdot d^2 \cdot (\rho_k - \rho)}{18 \cdot \mu} \quad (3.1)$$

Gazli muhitda zarralarni cho'ktirish uchun (3.1) formula quyidagicha soddalashgan ko'rinishga ega.

$$w_{ch} = \frac{g \cdot d^2 \cdot \rho_k}{18 \cdot \mu} \quad (3.2)$$

bunda $\rho \ll \rho_k$ bo'lgani uchun ρ ni hisobga olmasa ham bo'ladi

d - sharsimon zarracha diametri, m; ρ_k g zarracha zichligi, kg/m^3 , ρ - muhit zichligi, kg/m^3 ;

μ — muhitning dinamik qovushqoqlik koeffitsiyenti, Pa·s; ya'ni $\text{N} \cdot \text{s/m}^2$, yoki $\text{kg}/(\text{m} \cdot \text{s})$.

Stoke formulasini Ag va Ly kriteriyalarining son qiymatlari katta bo'lganda ham qo'llash mumkin.

ZARRACHALARNING SUYUQLIKLARDA VA GAZLARDA CHO'KISH TEZLIGINI ANIQLASH

Umumiy lashtirilgan holatda tinch chegaralanmagan muhitda sharsimon zarrachalarni cho'ktirish quyidagicha bo'ladi.

Arximed kriteriyasi quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$Ar = Ga \cdot \frac{\Delta P}{\rho} = \frac{\rho_k - \rho}{\rho} \cdot \frac{Re^2}{Fr} = \frac{g \cdot d^3 \cdot (\rho_k - \rho)}{\mu^2} \quad (3.3)$$

Galiley kriteriyasi:

$$Ga = \frac{Re^2}{Fr}$$

Gazli muhitda cho'ktirish uchun:

$$Ar = \frac{g \cdot d^3 \cdot \rho_k \cdot \rho}{\mu^2}$$

Aniqlangan Ag kriteriyasi bo'yicha Re va Ly kriteriyalari aniqlanadi (3.1 rasm):

$$Ly = \frac{Re^2}{Ar} = \frac{Re \cdot Fr \cdot \rho}{\rho_k - \rho} = \frac{w_k^2 \cdot \rho^2}{\mu \cdot (\rho_k - \rho) \cdot g} \quad (3.4)$$

Yoki

$$Ly = \frac{w_k^2 \cdot \rho}{g \cdot \rho_k \cdot \mu}$$

Keyin esa cho'ktirish tezligi hisoblanadi

$$w = \frac{Re \cdot \mu}{\rho \cdot d} \quad (3.5)$$

4. Cho'ktirish tezligi ma'lum bo'lsa, sharsimon zarracha diametri teskari yul bilan aniqlanadi, ya'ni Lyashenko kriteriyasi orqali hisoblanadi.

$$w_{ch} = \frac{w_k^2 \cdot \rho}{g \cdot \mu \cdot (\rho_k - \rho)} \quad (3.6)$$

Undan so'ng Arximed kriteriyasi 3 – rasmdan aniqlanadi.

6. Chang o'tkazish kamerasi yoki suspenziya (aralashma) uchun tindirgichning cho'ktirish yuzasi F quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$F_{ch} = \frac{V}{w_{ch}} \quad (3.7)$$

V - qurilma cho'ktirish yuzasiga parallel holda o'tayotgan suyuqlikning hajmiy sarfi, m^3/s ;
 w , - zarrachaning o'rtacha hisobiy cho'ktirish tezligi m/s.

7. Uzluksiz ishlaydigan tindirgich uchun (3.7) formula quyidagi qo'rinishga egadir:

$$F_{ch} = \frac{G_b \left(1 - \frac{s_b}{s_0}\right)}{w_{ch} \cdot \rho} \quad (3.8)$$

F - tindirgichning cho'ktirish yuzasi, m^2 ;

G_b - boshlang'ich konsentratsiyali suspenziyaning massaviy sarfi, kg/s ;

s_b - boshlang'ich suspenziya tarkibidagi qattiq faza konsentratsiyasi kg/kg ;

s_0 - quyulashirilgan suspenziya tarkibidagi qattiq fazaning massaviy konsentratsiyasi, kg/kg ;

ρ - tozalangan suyuqlik zichligi;

$w_{ch}=0,5 \cdot w_4$ — cho'kish tezligi, m/s ;

CHO'ktirish qurilmalarining ish unumdorligi quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

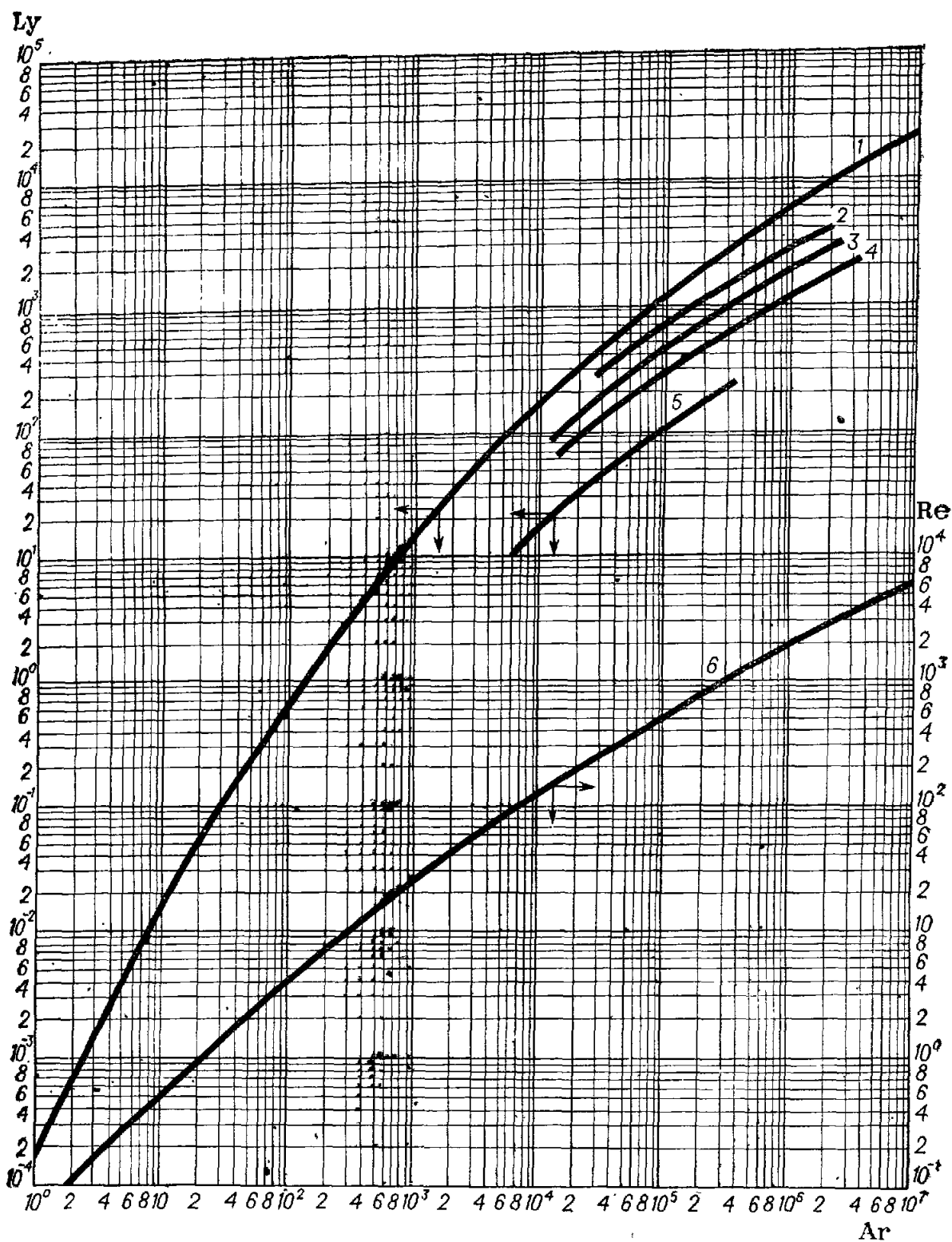
$$P = \frac{F \cdot h}{\tau} = F \cdot w \quad (3.9)$$

bu yerda F — cho'ktirish yuzasi yoki rezervuarining ko'ndalang kesimi, m^2 ; h - suyuqlik ustunining balandligi, m ; τ — cho'ktirish vaqti. s .

Sharsimon shaklga ega bo'lmagan zarrachalarning cho'kish tezligi, sharsimon zarrachalarnikiga qaraganda kamroq bo'ladi. Shuning uchun, bu xildagi zarrachalarning cho'kish tezligi ushbu tenglamadan topiladi:

$$w_{ch} = \varphi \cdot w_n \quad (3.10)$$

φ - zarracha shakliga bog'liq tuzatish koeffitsiyenti.



3.1 – rasm. Qo‘zg‘almas qatlamda qattiq zarrachaning cho‘kish xoli uchun Re va Ly kriteriylarining Ar kriteriysiga bog‘liqligi 1,6 – sharsimon zarrachalar; 2 – dumaloq; 3 – burchaksimon; 4 – cho‘zinchoq; 5 – plastinasimon.

3.1 - jadval

Zarracha shakli	φ
Dumaloqsimon	0,77
Burchakli	0,66
CHO'zinchoq	0,58
Plastinkasimon	0,43

Noto'g'ri shaklli zarrachalar odatda ekvivalent diametr orqali ifodalanadi:

$$d_e = 1,24 \cdot \sqrt[3]{\frac{M}{\rho}} \quad (3.11)$$

M - zarracha massasi, kg; ρ - zichlik kg/m³. Qattiq jism faza miqdori 10% dan ko'p bo'lgan turli jinsli sistemalarni siqilgan holatdagi cho'kish tezligini ushbu formuladan topish mumkin:

$$w_{sch} = w_{ch} \left[\sqrt{20,25 \cdot c_0 \cdot (1 - c_0)^2 - 4,5 \cdot c_0} \right] \quad (3.12)$$

w₄ - (3.1) formula orqali hisoblab topiladi; s₀— suspenziya tarkibidagi zarrachalarning hajmiy konsentratsiyasi.

SENTRIFUGALASH

Hisoblash formulalari va asosiy bog'liqliklar

21. Sentrifugalash paytida hosil bo'ladigan markazdan qochma kuch G (N) quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$C = \frac{M \cdot n^2}{R} = M \cdot w^2 \cdot R = 40 \cdot M \cdot n^2 \cdot R = 20 \cdot M \cdot n^2 \cdot D \quad (3.29)$$

bu yerda M - sentrifuga barabanidagi cho'kma va suyuqlik massasi kg; w - burchak tezligi, s⁻¹; D = 2R - baraban diametri, m; n - sentrifuga aylanish chastotasi, s⁻¹.

Sentrifugalash paytida filtrlash bosimi quyidagi formuladan hisoblanadi:

$$\Delta p_s = 20 \cdot \rho_c \cdot n^2 \cdot (R_2^2 - R_1^2) = 5 \cdot \rho_c \cdot n^2 (D_2^2 - D_1^2) \quad (3.30)$$

bu yerda ρ_s - suspenziya zichligi, kg/m³; D₁ = 2R₁ – suyuqlik ichki qatlamining diametri, m; D₂=2R₂ - barabanning ichki diametri, m; p - sentrifuganing chastotasi, s⁻¹.

Sentrifugada hosil bo'layotgan markazdan qochma kuchlar miqdorining og'irlik kuchi tezlanishdan necha marta ko'pligini ko'rsatuvchi kattlik ajratish koeffitsiyent deyiladi:

$$k_a = \frac{w^2}{R \cdot g} \approx 20 \cdot Fr_{ch} \quad (3.31)$$

R - baraban radiusi, m; sh - aylanayotgan barabanning burchak tezligi, s⁻¹.

Sentrifuga barabanining va uni yurg'izish paytida yuklash inersiyasiga sarf bo'ladigan quvvat N (Vt), ushbu tenglamadan topiladi:

$$N_1 = \frac{T_1 + T_2}{\tau} \quad (3.32)$$

τ - yurg'izish payti davomiyligi, s; T₁ va T₂ - baraban va yuklash inersiyasi yengish uchun sarf bo'ladigan ish, J.

Valning podshipnikda ishqalanishi uchun sarf bo'ladigan quvvat N₂ (Br) quyidagicha aniqlanadi:

$$N_2 = \lambda \cdot M \cdot w_v \cdot g \quad (3.33)$$

bu yerda λ - ishqalanish koeffitsiyenti, 0,07-0,1 oraliqda bo'ladi; M - aylanishda ishtrok etuvchi materiallar og'irligi, kg; w_B - val sapfasining aylanish tezligi, m/s.

Baraban devorining havoga ishqalanishida sarf bo'ladigan quvvat N₃ ushbu formuladan hisoblanadi:

$$N_3 = 2,94 \cdot 10^{-3} \cdot \beta \cdot R_2^2 \cdot w_2^3 \cdot \rho_x \quad (3.34)$$

ρ_h - havo zichligi, kg/m³; β - qarshilik koeffitsiyenti, o'rtacha qiymati 2,3 ga teng.

Sentrifugani yurg'izish paytidagi to'liq quvvati:

$$N_{\tau} = N_1 + N_2 + N_3 \quad (3.35)$$

Uzatish qurilmasining f.i.k. η_u hisobga olinsa, unda

$$N = \frac{N_{\tau}}{\eta_u}$$

Sentrifugalarni o'rnatilish quvvati zarur bo'lgan quvvatdan 10-20% ko'proq qilib belgilanadi.

Cho'ktiruvchi sentrifuga ish unumdorligi quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

NOGSH tipidagi sentrifuganing suspenziya bo'yicha ish unumdorligi V ushbu formuladan topiladi:

$$V = \frac{J \cdot 5 h D^2 \cdot L_{\tau} \cdot L_{\tau} \{ p_k - p \} d^2 n^2}{R} \quad (3.38)$$

$G > x$ va L_t - fugatni chiqarish silindrining diametri va uzunligi, m; d — cho'kayotgan eng kichik zarrachalar diametri, m; p - rotorning aylanish chastotasi, ayl/min; s — muhitning dinamik qovushqoqlik koeffitsiyenti, Pa s.

Trubasimon, yuqori samarali sentrifuga ish unumdorligi quyidagi ko'rinishdagi tenglamadan topiladi:

$$V < \frac{w - V}{h} \cdot s \quad (3.39)$$

w - zarrachalarning markazdan qochma kuch maydonida cho'kish tezligi, m/s; $V_c = 0,785 (D^2 - D_0^2) L$ - barabandagi suyuqlik hajmi, m; h - barabandagi oqim chuqurligi, m; D - barabandning ichki diametri, m; D_0 - fugatni chiqarish trubasining diametri, m.

ARALASHTIRISH JARAYONLARI

Aralashtirgich hisobi.

Aralashtirgich ustunining boshqaruvchi klapaniga katalizator ustunidagi zich qatlamning bosimi, aralashtirgichdagi katalizator mavhum qaynash qatlamining bosimi va uning ustidagi gaz-bu fazaning bosimi ta'sir ko'rsatadi:

$$\pi_1 = N_2 \cdot \gamma_2 + N_1 \cdot \gamma_1 + \Delta R_1 + R_1$$

bu yerda π_1 - boshqaruvchi klapaniga tushadigan umumiy bosim, kg/sm²; N_2 - ustunning balandligi, sm; γ_2 - ustundagi katalizatorning solishtirma oirligi, kg/sm³; N_1 - aralashtirgichdagi katalizator mavhum qaynash qatlamining balandligi, sm; γ_1 - aralashtirgichdagi katalizator mavhum qaynash qatlamining solishtirma oirligi, kg/sm³; ΔR_1 - bu-gaz faza bosimining siklonda pasayishi, $\Delta R_1 = 0,01 - 0,02$ kg/sm²; R_1 - bu-gaz fazaning aralashtirgichdan chiqishdagi bosimi, kg/sm²; $N_1 \gamma_1$ - katalizator mavhum qaynash qatlamining bosimi, kg/sm²; $N_2 \cdot \gamma_2$ - katalizator zich qatlamining bosimi, kg/sm².

Aralashtirgich ustunidagi boshqaruvchi klapanidan keyingi bosim, katalizator harakatlanayotgan yo'lda, taqsimlash panjarasida, aralashtirgichdagi katalizator mavhum qaynash qatlamida, aralashtirgichdagi siklonlar sistemasida va tutun gazlarining aralashtirgichdan chiqishidagi bosim so'qotilishlarning yiindisiga teng:

$$\pi_2 = \Delta R_6 + \Delta R'_3 + N'_1 \cdot \gamma'_1 + \Delta R'_1 + R'_1$$

bu yerda π_2 - aralashtirgich ustuniga o'rnatilgan boshqaruvchi klapanidan keyingi bosim, kg/sm²; ΔR_6 - katalizator harakatlanuvchi yo'lda bosimning pasayishi, kg/sm²; $\Delta R'_3$ - taqsimlash panjarasida bosimning pasayishi, kg/sm²; N'_1 - aralashtirgichdagi katalizator mavhum qaynash qatlamining balandligi, kg/sm²; γ'_1 - aralashtirgichdagi katalizator mavhum qaynash qatlamining solishtirma oirligi, kg/sm³; $\Delta R'_1$ - aralashtirgichdagi siklon sistemasida bosimning pasayishi, kg/sm³; R'_1 - tutun gazlarining aralashtirgichdan chiqishdagi bosimi, kg/sm².

Sistemaning boshqaruvchi klapanidan oldingi bosimi klapanidan keyingi bosimdan 0,25-0,30 atm. ga ortiq bo'lganda katalizator aralashtirgichdan aralashtirgich tomonga harakatlanadi, ya'ni:

$$\pi_1 = \pi_2 + (0,25 \div 0,30) \text{ yoki}$$

$$N_2 \cdot \gamma_2 + N_1 \cdot \gamma_1 + \Delta R_1 + R_1 = \Delta R_6 + \Delta R_3 + N'_1 \cdot \gamma'_1 + \Delta R'_1 + R'_1 + (0,25 \div 0,30)$$

Bu formuladan aralastirgich ustunining balandligi N_2 aniqlanadi. Aralastirgichning ustunidagi boshqaruvchi klapaning ustundagi katalizatorning zichligi katta bo'lgan qatlarning bosimi, aralastirgichdagi katalizator mavhum qaynash qatlarning bosimi va uning tepasidagi gaz fazaning bosimi ta'sir ko'rsatadi:

$$\pi'_1 = N'_2 \cdot \gamma'_2 + N'_1 \cdot \gamma'_1 + \Delta R'_1 + R'_1$$

bu yerda: π'_1 - aralastirgichning ustunidagi boshqaruvchi klapaning ta'sir qiladigan bosim, kg/sm^2 ; N'_2 - aralastirgich ustunining balandligi, sm ; γ'_2 - aralastirgich ustunidagi katalizatorning solishtirma oirligi, kg/sm^3 ; qolgan qiymatlar formuladagidek.

Aralastirgich ustunidagi boshqaruvchi klapaning keyingi bosim tashuvchi yo'ldagi bu katalizator fazadagi, taqsimlash panjaradagi, aralastirgichdagi katalizatorning mavhum qaynash qatlamidagi, siklon sistemasidagi bosimlarning pasayishi va aralastirgichdan chiqayotgan gaz faza bosimining yiindisiga teng:

$$\pi'_2 = \Delta R'_6 + \Delta R_3 + N_1 \cdot \gamma_1 + \Delta R_1 + R_1$$

bu yerda: π'_2 - boshqaruvchi klapaning keyingi bosim, kg/sm^2 ; $\Delta R'_6$ - harakatlanuvchi yo'ldagi bosimning pasayishi, kg/sm^2 ; ΔR_3 - aralastirgichdagi taqsimlash panjarasida bosimning pasayishi, kg/sm^2 .

Sistemaning aralastirgich ustunidagi boshqaruvchi klapaning bosimi klapaning keyingi bosimdan 0,25-0,30 atm. yuqori bo'lganda katalizator aralastirgichdan aralastirgichga harakatlanadi, ya'ni:

$$\pi'_1 = \pi_2 + (0,25 \div 0,30) \text{ yoki}$$

$$N'_2 \cdot \gamma'_2 + N'_1 \cdot \gamma'_1 + \Delta R'_1 + R'_1 = \Delta R'_6 + \Delta R_3 + N_1 \cdot \gamma_1 + \Delta R_1 + R_1 + (0,25 \div 0,30)$$

Bu formuladan aralastirgich ustunining balandligi (N'_2) aniqlanadi.

Formulalardan ustunning balandligi katalizator ustuni solishtirma oirligiga teskari proporsional ekanligi ko'rinib turibdi. Katalizatorning ustundagi solishtirma oirligi 0,000550-0,000650 kg/sm^3 bo'lishi kerak. Ustundagi katalizatorning zichligini zarur darajaga keltirish uchun zarur bo'ladigan inert gazning hajmi quyidagicha aniqlanadi.

Ustundagi gaz hajmiy konsentratsiyasini x , katalizatorning hajmiy konsentratsiyasini $(1-x)$, katalizatorning haqiqiy zichligini ρ_k , qurilmadan chiqadigan katalizatorning oirligini G_k , gazning zichligini ρ_g , ustunga beriladigan gaz hajmini V , harakatlanayotgan katalizatorning zichligini ρ_2 bilan belgilab quyidagi formulani olamiz:

$$(1-x) \cdot \rho_k + x \cdot \rho_g = \rho_2$$

$$\text{Bundan gazning hajmiy konsentratsiyasini topamiz: } x = (\rho_k - \rho_2) / (\rho_k - \rho_g)$$

$$\text{Aralastirgichdan chiqadigan katalizatorning hajmi: } V_1 = G_k / \rho_k$$

Katalizator zichligini ρ_2 gacha pasaytirish uchun kerak bo'ladigan inert gazning hajmi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$V = (G_k / \rho_k) \cdot (x / (1-x)) = (G_k / \rho_k) \cdot (\rho_k - \rho_2) / (\rho_k - \rho_g)$$

Harakatlanuvchi yo'lda bosimning pasayishi asosan katalizatorning konsentratsiyasiga va uning uzunligiga bog'liq. Harakatlanuvchi yo'lning 1 m uzunligida bosim, katalizatorning gaz-katalizator fazadagi konsentratsiyasiga qarab 2 dan 3,5 $\text{mm} \cdot \text{sim} \cdot \text{ust.}$ gacha o'zgaradi.

Taqsimlovchi teshikli panjarada bosimning pasayishi asosan katalizatorning konsentratsiyasiga bog'liq bo'lib, 18-35 $\text{mm} \cdot \text{sim} \cdot \text{ust.}$ ga teng bo'ladi.

Aralastirgich va aralastirgichlarning harakatlanuvchi yo'ldagi bug va gaz fazalarining chiziqli tezligi 6,5-7,5 m/s, undagi katalizatorning konsentratsiyasi 12-18 kg/m^3 , aralastirgichdagi katalizator mavhum qaynash qatlarning solishtirma oirligi 410-470 kg/m^3 , aralastirgichda 400-450 kg/m^3 , harakatlanuvchi yo'ldagi sirpanish koeffitsiyenti 1,6-2,0.

Sirkulyatsion harakatlanadigan changsimon katalizator bilan ishlaydigan katalitik kreking qurilmasidagi aralastirgichga yuklangan sintetik alyumosilikat katalizatorning miqdorini va aralastirgichning diametirini aniqlash, uning unumdorligi xom-ashyoga hisoblanganda (kerosin-solyar fraksiyasi) 1200 t/sutka.

Bu fraksiyani kreking qilinganda quyidagi mahsulotlar olinadi (% oirl. xom-ashyoga nisbatan):

benzin.....	25
kerosin.....	30
flegma	26
kreking-gaz.....	14
koks.....	4
yo'qotilishlar.....	1

Fraksiyalarning molekulyar ogirliklari quyidagicha: $M_b = 110$, $M_{ker}=180$, $M_f = 260$, $M_g = 32$. Aralastirgichga desorbsiya uchun xom-ashyoga nisbatan 2% miqdorda suv bui beriladi. Reaksiya zonasida katalizatorning temperaturasi 450^0S , katalizator mahum qaynash qatlamining ustidagi bosim 1050 mm.sim.ust. ga teng.

Yechish:

Qurilmaning unumdorligi: $G_x = (1200 \cdot 1000) : 24 = 50000$ kg/soat

Olinayotgan benzinning miqdori:

$G_b = 0,25 \cdot G_x = 0,25 \cdot 50000 = 12500$ kg/soat yoki $12500/3600 = 3,47$ kg/s

Kerosinning miqdori:

$G_{ker} = 0,30 \cdot G_x = 0,30 \cdot 50000 = 15000$ kg/soat yoki $15000/3600 = 4,16$ kg/s

Flegmaning miqdori:

$G_f = 0,26 \cdot G_x = 0,26 \cdot 50000 = 13000$ kg/soat yoki $13000/3600 = 3,61$ kg/s

Kreking-gazning miqdori:

$G_g = 0,14 \cdot G_x = 0,14 \cdot 50000 = 7000$ kg/soat yoki $7000/3600 = 1,94$ kg/s

Koksning miqdori: $G_{koks} = 0,04 \cdot G_x = 0,04 \cdot 50000 = 2000$ kg/soat.

Sarflanadigan suv bugining miqdori: $G_z = 0,02 \cdot G_x = 0,02 \cdot 50000 = 1000$ kg/soat yoki $1000/3600 = 0,278$ kg/s

Aralastirgichga uzatilayotgan xom-ashyoning ogirlik tezligini $s = 0,7$ soat⁻¹ deb qabul qilib, reaksiya zonasidagi katalizator miqdorini formula yordamida aniqlaymiz: $G_k = G_x/s = 50000/0,7 = 71450$ kg.

Aralastirgichdagi bug ning sekundli hajji sarfini formula orqali topamiz:

$$V_{sek} = (G_g/M_g + G_b/M_b + G_{ker}/M_{ker} + G_f/M_f + G_p/18) \cdot 22,4/3600 \cdot (273 + t_k)/273 \cdot 760/\pi = (1,94/32 + 3,47/110 + 4,16/180 + 3,61/260 + 0,278/18) \cdot 22,4 \cdot (273 + 450)/273 \cdot 760/1050 = 6,25 \text{ m}^3/\text{s}$$

Aralastirgichning erkin ko'ndalang kesimidagi buning chiziqli tezligini $v = 0,3$ m/s deb qabul qilamiz, bunda formuladan aralastirgichning diametrini topamiz:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot V_{mz}}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 6,25}{3,14 \cdot 0,3}} = 5,15 \text{ m}$$

Tajribadan katalizator mavhum qaynash qatlamining zichligini 420 kg/m^3 deb qabul qilamiz va uning aralastirgichdagi hajmini formuladan hisoblab aniqlaymiz:

$$V_k = G_x/s \cdot \rho_k = 50000/0,7 \cdot 420 = 170 \text{ m}^3$$

Aralastirgichdagi katalizator mavhum qaynash qatlamining balandligini formuladan topamiz: $H_1 = 4 \cdot V_k / \pi \cdot D^2 = 4 \cdot 170 / 3,14 \cdot 5,15^2 = 8,17$ m.

Shuncha koksni yondirish uchun zarur havoning miqdori formula orqali hisoblanadi, $g_{xavo} = 13$ kg/kg deb qabul qilamiz:

$G_{xavo} = G_{koks} \cdot g_{xavo} = 2000 \cdot 13 = 26000$ kg/soat yoki $26000/1,29 = 20200 \text{ m}^3/\text{soat}$ (0^0S va 760 mm.sim.ust.)

Aralastirgichdagi katalizator mavhum qaynash qatlamining hajmini aniqlaymiz, koks hosil bo'lish $\sigma = 14 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{soat}$:

$$V'_k = G_{koks} / \sigma = 2000/14 = 143 \text{ m}^3$$

Tajribadan, katalizator mavhum qaynash qatlamining zichligini 410 kg/m^3 deb qabul qilib, aralastirgichdagi miqdorini hisoblaymiz:

$$G'_k = V'_k \cdot \rho'_k = 143 \cdot 410 = 58600 \text{ kg}$$

Aralashtirgichdagi tutun gazlarining miqdori:

$$G_{t.g.} = G_{koks} + G_{xavo} = 2000 + 26000 = 28000 \text{ kg/soat}$$

$$V_{t.g.} = G_{t.g.} / \rho_{t.g.} = 28000 / 1,29 = 21700 \text{ m}^3/\text{soat}$$

Aralashtirgichda bir sekund ichida hosil bo'ladigan tutun gazlarining hajmi:

$$V_{t.g.}^{sek} = (V_{t.g.}/3600) \cdot (273+t_p)/273 \cdot 760/\pi = 21700/3600 \cdot (273+550)/273 \cdot 760/1000 = 13,8 \text{ m}^3/\text{s}$$

Aralashtirgichning erkin ko'ndalang kesimidagi tutun gazlarining chiziqli tezligini 0,4 m/s deb qabul qilamiz va aralashtirgichning diametrini hisoblaymiz:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot V_{mz}}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 13,8}{3,14 \cdot 0,4}} = 6,64 \text{ m}$$

Aralashtirgichdagi katalizator mavhum qaynash qatlamining balandligi aniqlanadi

$$H'_1 = 4 \cdot V'_k / \pi \cdot D^2 = 4 \cdot 143 / 3,14 \cdot 6,64^2 = 4,13 \text{ m}$$

FILTRLASH (4 soat)

Hisoblash formulalari va asosiy bog'liqliklar.

τ vaktida 1 m² filtrlash yuzasi orqali $\Delta P = \text{const}$ bo'lganda V filtrlash hajmi va filtrlash jarayoniniig davomiyligi bilan bog'liqlik tengligi ushbu qo'rinishga ega:

$$V^2 + 2 \cdot V \cdot C = K \cdot \tau \quad (3.13)$$

bu yerda S - filtr to'siqning gidravlik qarshiligini tavsif qiluvchi filtrlash doimiysi, m³/m²; K - cho'kma va suyuqlikni fizik-kimyoviy xossalarni va filtrlash jarayoni rejimini hisobga oluvchi filtrlash doimiysi, m²/s; τ - filtrlash davomiyligi, s.

K va S doimiylar tajriba yo'li bilan aniqlanadi.

13. Berilgan holatdagi filtrlash tezligi ushbu tenglama orqali aniqlanadi:

$$\frac{\Delta V}{\Delta \tau} = \frac{K}{2 \cdot (V + C)} \quad (3.14)$$

yokn (3.14) tenglamani quyidagi boshqa ko'rinishda ifoda etsa bo'ladi:

$$\frac{\Delta \tau}{\Delta V} = \frac{2 \cdot V}{K} + \frac{2 \cdot C}{K} \quad (2.15)$$

$d\tau/dV$ va V kattalıklar orasidagi bog'liqlik to'g'ri chizig'i orqali K va S doimiyliklar tajriiba yo'li bilan aniqlanadi. O'lchangan V₁ V₂, kattalıklarni absissa o'kiga, ordinata o'qiga esa $\Delta \tau_1/V_1$ $\Delta \tau_2/V_2$ qiymatlari qo'yiladi. Bu olingan nuqtalar orqali o'tgan to'g'ri chiziq yordamida K va S lar quyidagi tenglama yordamida aniqlanadi:

$$\text{tg} \beta = \frac{2}{K}; \quad m = \frac{2 \cdot C}{K} \quad (3.16)$$

14. $\Delta P = \text{const}$ bo'lganda 1 m² filtrlash yuzasiga nisbatan olingan filtrlash doimiysi K cho'kma solishtirma qarshiligi quyidagicha bog'liqlikda bo'ladi:

$$K = \frac{2 \cdot \Delta P}{\mu \cdot c \cdot r} \quad (3.17)$$

bu yerda ΔP - filtrlash jarayonidagi bssimlar farki, Pa; μ - filtratning dinamik qovushqoqlik koeffitsiyenti, Pa·s; g— cho'kmaning solishtirma qarshiligi (cho'kma tarkibidagi 1 kg qattiq quruq moddalar hisobida), m/kg; s - filtrlash yuzasi orqali 1 m³ filtrat o'tganda hosil bo'lan quruq qattiq modda massasi, kg/m³.

15. 3.17 formuladagi s parametr suspenziyaning konsentratsiyasi x orqali ifodalanishi mumkin:

$$c = \frac{\rho \cdot x}{1 - m \cdot x} \quad (3.18)$$

x - suspenziyadagi qattiq fazaning massaviy konsentratsiyasi, kg/kg; m - 1 kg quruq modda hisobida olingan cho‘kmaning namligi, kg/kg.

18. Chukmadagi **quruq** modda miqdori G (kg) yig‘ib olingan filtrat miqdori V , uning zichligi ρ , cho‘kmaning namligi m , suspenziyadagi qattiq zarrachalar massaviy qismi x bog‘liqlik bo‘lib, quyidagi formula yordamida ifodalanadi:

$$G = V_c = V \cdot \frac{\rho \cdot x}{1 - m \cdot x} \quad (3.19)$$

19. Suspenziya tarkibidagi qattiq faza konsentratsiya x uning zichligi ρ_s ga bog‘liq bo‘lib, ushbu formula orqali topiladi:

$$x = \frac{(\rho_c - \rho) \cdot \rho_k}{(\rho_k - \rho) \cdot \rho} \quad (3.20)$$

20. Suspenziya zichligi esa:

$$\rho = \frac{n + 1}{\frac{1}{\rho_k} + \frac{1}{\rho}} = \frac{\rho(1 + n) \cdot \rho_k}{\rho + \rho_k^2} \quad (3.21)$$

x - suspenziya tarkibidagi qattiq fazaning massaviy konsentratsiyasi, kg/kg; ρ_s - suspenziya zichligi, kg/m³; ρ - suyuq faza zichligi, kg/m³; ρ_k - qattiq faza zichligi, kg/m³; n - suspenziyadagi bir qism qattiq faza og‘irligiga to‘g‘ri keladigan suyuq faza og‘irligi (K:S=1:n). Uzlukli ishlaydigan filtrlarning ish unumdorligi quyidagi formuladan topiladi:

$$P = \frac{V}{\sum \tau} \quad (3.22)$$

V - filtrat hajmi, m³; τ - filtrlash jarayoni bir siklining vaqti, s.

$$\sum \tau = \tau_f + \tau_{yord} \quad (3.23)$$

τ_f - filtrlash vaqi, s, τ_{yord} - filtrni jarayonga tayyorlash va to‘ldirish vaqti, s.

Agarda, filtrlash tezligi w ma‘lum bo‘lsa, filtr qurilmasining ish unumdorligi

$$P = F \cdot w \quad (3.24)$$

F - filtrlash yuzasi, m²; w - filtrlash tezligi, m³/m²·s (vinolar uchun $w = 0,00007 - 0,00025$ m³/m²·s).

Kerakli filtrlash plastinalar soni ushbu formuladan aniqlanadi:

$$n = \frac{F}{f_0} \quad (3.25)$$

f_0 - bitta plastina yuzasi, m².

$$f_0 = (a - 2 \cdot b)^2 \quad (3.26)$$

bu yerda a - kvadrat plita tomoni, m; b - plita eni, m.

Zarur filtrlar soni z pastda keltirilgan tenglikdan hisoblab topiladi:

$$z = \frac{n}{n_0} \quad (3.27)$$

n_0 - bitta filtrdagi plastinkalar soni.

Suyuqlik tomonidan plaschinkaga tushayotgan bosim kuchi r ushbu tengliqlan aniqlanadi:

$$p_n = h \cdot F_{ef} \quad (3.28)$$

r_p - filtrlash jarayonining bosimi, Pa; F_{ef} - nligalarga suyuqlik ta‘sir qilayotgan yuza, m²

7-AMALIY ISH: ISSIQLIK ALMASHINISH JARAYONLARI.

1. Suyuqlik sarf tenglamasi.

1.1 Hajmiy sarf V_c quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$V_c = w \cdot S \quad (4.33)$$

Bu erda S -trubaning kuzndalang kesimi va u ushbu tenglama yordamida hisoblanadi:

$$S = \frac{n \cdot d_2^2 \cdot n}{4 \cdot m} \quad (4.34)$$

formuladagi m -kojux trubali qurilmaning yo'llar soni.

2.2 Massaviy sarf quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$G = V_c \cdot \rho = w \cdot S \cdot \rho = w \cdot \frac{n \cdot d_2^2 \cdot n}{4 \cdot m} \cdot \rho \quad (4.35)$$

bu erda ρ -issiqlik tashuvchi muhitning zichligi, kg/m^3 .

9. Issiqlik o'tkazuvchanlik.

9.1. Bir qavatli tekis devordan o'tayotgan issiqlik oqimining issiqlik o'tkazuvchanlik tenglamasi quyidagichadir:

$$q = \frac{Q}{F} = \frac{t_i - t_c}{F} = \frac{\lambda}{\delta} \cdot (t_i - t_c) \quad (4.36)$$

bu erda q -issiqlik oqimining zichligi, Vt/m^2 ; Q -issiqlik oqimi, Vt ; F -devor yuzasi, m^2 ; t_i va t_c – issiqlik va sovuq devorlar yuzasining temperaturasi, $^{\circ}\text{S}$; $r = \delta/\lambda$ -devorning termik qarshiligi, $\text{m}^2 \cdot \text{K/Vt}$; δ -devor qalinligi, m ; δ/λ -issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti, $\text{Vt/m} \cdot \text{K}$.

9.2. Ko'p qavatli tekis devor orqali o'tgan issiqlik miqdori esa quyidagicha hisoblanadi:

$$q = \frac{Q}{F} = \frac{t_i - t_s}{\sum r} = \frac{t_i - t_s}{\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n}} \quad (4.37)$$

9.3. Stilindrsimon devorning o'tkazuvchanlik tenglamasi:

Bu erda $\delta = (d_2 - d_1)/2$. Stilindrsimon devorning o'rtacha yuzasi quyidagi formuladan topiladi:

d_1 va d_2 – trubaning ichki va tashqi diametrlari, m ; L -truba uzunligi, m . Agarda $d_1/d_2 < 2$ bo'lsa, $F_{o'r}$ ni (4.3) formuladan emas, balki yuqori aniqlikka ega ushbu formuladan topsa bo'ladi:

9.4. Ko'p qavatli stilindrsimon devordan o'tayotgan issiqlik miqdori quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$Q = \frac{2 \cdot \pi \cdot L \cdot (t_i - t_s)}{\sum \frac{1}{\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot L \cdot (t_i - t_s)}{\frac{1}{\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\lambda_2} \ln \frac{d_2}{d_1} + \dots} \quad (4.41)$$

9.5. Temperatura 30°S atrofida bo'lganda, tajribaviy ma'lumotlar yo'q bo'lsa, suyuqliklarning issiqlik o'tkazuvchanligi ushbu formula yordamida hisoblash mumkin:

c -suyuqlikning solishtirma issiqlik sig'imi, $\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$; ρ -suyuqlik zichligi, kg/m^3 ; M – suyuqlik molyar massasi, kg/kmol ; A – suyuqlikning assosiativlanish darajasiga bog'liq koeffitsient, $\text{m}^3 \cdot \text{kmol}^{-0,33} \cdot \text{s}^{-1}$ (suv uchun $A = 3,5 \cdot 10^{-6}$, benzol uchun $A = 4,22 \cdot 10^{-6}$).

Istalgan t temperaturadagi suyuqlikning issiqlik o'tkazuvchanligi quyidagi formuladan topiladi:

$$\lambda_t = \lambda_0 \cdot [1 - \varepsilon \cdot (t - 30)] \quad (4.43)$$

bu erda ε – temperaturaviy koeffitsient.

Ba'zi suyuqliklar uchun $\varepsilon \cdot 10^3$ ($^{\circ}\text{S}^{-1}$) qiymatlari:

Anilin	1,4	Propil spirti	1,4
Asteton	2,2	Uksus kislotasi	1,2
Benzol	1,8	Xlorbenzol	1,5
Geksan	2,0	Xloroform	1,8

Metil spirti	1,2	Etilastetat	2,1
Nitrobenzol	1,0	Etil spirti	1,4

Suvli eritmalarining ttemperaturadagi issiqlik o'tkazuvchanligi:

bu erda λ_e va λ_s – eritma va suvning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffistientlari.

9.6. Gazlarning past bosimlardagi issiqlik o'tkazuvchanlik koeffistientini ushbu formulada hisoblash mumkin:

$$\lambda = B \cdot c_0 \cdot \mu \quad (4.45)$$

bu erda μ - gazning dinamik qovushqoqligi, Pa·s; $V=0,25 \cdot (9 \cdot k - 5)$, $k=c_p/c_v$ – adiabata ko'rsatkichi; c_p va c_v – gazning o'zgarmas bosim va hajmdagi solishtirma issiqlik sig'imi, J/(kg·K); Bir atomli gazlar uchun $V=2,5$, ikki atomliklar uchun $V=1,9$ va uch atomliklar uchun $V=1,72$.

MISOLLARNI ISHLASH NAMUNASI

4-1. Suv spirtining 75% li bug'i Rektifikatsiya kolonnasining kondensatorida kondensastiyalanmoqda. Sovituvchi suv 10⁰S temperatura qurilmaga kirib, 50⁰S ga isimoqda. Kondensatorning diametri

35x1,5 mm va uzunligi 1,3 bo'lgan 121 ta trubadan yig'ilgan. Qurilmaning issiqlik o'tkazish koeffistienti 400 Vt/(m²·K). Kondensastiyalanayotgan bug'ning sarfi topilsin.

Echish:

Hisoblash quyidagi tartibda olib boriladi:

1. Issiqlik o'tkazish yuzasi (4.32) formula yordamida hisoblanadi:

$$F = 3,14 \cdot \frac{0,032 + 0,035}{2} \cdot 1,3 \cdot 121 = 16,5 \text{ m}^2$$

2. Bug'ning parametrlari 22-jadvaldan topiladi. Bug'ning konstentraziyasi 75% bo'lganda kondensastiyalanish temperaturasi $t=82,8^{\circ}\text{C}$, bug'lanish issiqligi $r=1210 \text{ kJ/kg}$, zichligi esa $\rho=1,145 \text{ kg/m}^3$.
3. O'rtacha temperaturalar farqi quyidagicha aniqlanadi:
82,8→82,8
10→50

Dastlab

$$\Delta t_{ka}=82,8-10=72,8^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{ki}=82,8-50=32,8^{\circ}\text{C}$$

$\Delta t_{ka}/\Delta t_{ki}>2$ bo'lgani uchun, $\Delta t_{o,r}$ (4.7) formula orqali hisoblanadi:

4. Kondensatorning issiqlik yuklamasi (4.1) formula yordamida aniqlanadi:

$$Q = 400 \cdot 16,5 \cdot 50,6 = 334177,2 \text{ Vt}$$

5. $\theta_{kond}=t_b$ deb qabul qilib, kondensastiyalanayotgan bug'ning massaviy sarfi (4.3) formuladan topiladi:

$$D = \frac{Q}{r} = \frac{334177,2}{1210000} = 0,276 \text{ kg/s} = 994 \text{ kg/soat}$$

6. Bug'ning hajmiy sarfi esa (4.35) tenglamadan topiladi:

$$V = \frac{G}{\rho} = \frac{994}{1,145} = 868,12 \text{ m}^3/\text{soat}$$

4-2. Kojux-trubali issiqlik almashinish qurilmasining diametri $d=25 \times 2$ mm li 13ta trubadan yasalgan. Kojuxning ichki 273 mm. Qurilmada soatiga 10 t suv 10^0S dan 70^0S gacha isitilmoqda. Suv truba ichidan va trubalararo bo'shliqdan o'tayotgan paytidagi issiqlik berish koeffitsienti topilsin.

Echish:

Hisoblash quyidagi ketma-ketlikda olib boriladi:

1. Ilovadagi 4-jadvaldan $t_{o1}=40^0\text{S}$ da suvning fizik xarakteristikalarini aniqlanadi:
 $\rho_2=992 \text{ kg/m}^3$; $s_2=4,18 \text{ kJ/kg}$; $\lambda_2=0,634 \text{ Vt/m} \cdot \text{K}$; $\mu=657 \cdot 10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{s}$; Prandtl kriteriyasi $Pr=4,31$.
2. Truba ichida oqayotgan suvning tezligi ushbu formula bo'yicha hisoblanadi:

3. Reynolds kriteriyasi (4.14) formuladan topiladi:

$$Re = \frac{0,62 \cdot 0,021 \cdot 992}{657 \cdot 10^{-6}} = 19658,8$$

4. $Re > 10000$ bo'lgani uchun, $\epsilon_1=1$ va $(Pr/Pr_d)=1$ deb qabul qilib, Nusselt Nu qiymati (4.22) tenglama orqali aniqlanadi:

$$Nu = 0,021 \cdot 19658,8^{0,6} \cdot 4,31^{0,43} = 107,12$$

unda issiqlik berish koeffitsienti quyidagi formuladan hisoblanadi:

$$\alpha_2 = \frac{107,12 \cdot 0,634}{0,021} = 3234 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{K}$$

5. Suvning trubalararo bo'shliqdagi tezligi (4.29) formuladan topiladi:

$$w = \frac{10000}{0,052 \cdot 992 \cdot 3600} = 0,054 \text{ m/s}$$

bu erda $S=0,052 \text{ m}^2$ - trubalararo bo'shliqning ko'ndalang kesim yuzasi:

d_{ich} va d_t – trubaning ichki va tashqi diametrlari, m.

6. Trubalararo bo'shliqning ekvivalent diametrini (4.21) formuladan topish mumkin:

$$d_e = \frac{4 \cdot 3,14 \cdot (0,273^2 - 13 \cdot 0,025^2)}{4 \cdot 3,14 \cdot (0,273^2 + 13 \cdot 0,025^2)} = 0,11 \text{ m}$$

7. Reynolds kriteriyasi esa (4.14) formula bo'yicha hisoblanadi:

$$Re = \frac{0,054 \cdot 0,11 \cdot 992}{657 \cdot 10^{-6}} = 8967,7$$

8. Reynolds soni $2300 < Re < 10000$ bo'lgani uchun Nu qiymati (4.23) formula yordamida aniqlanadi:

$$Nu = 0,008 \cdot 968,7^{0,9} \cdot 4,31^{0,43} = 54,12$$

issiqlik berish koeffitsienti esa,

$$\alpha = \frac{54,12 \cdot 0,634}{0,0978} = 350,8 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{K}$$

9. $\epsilon_1=1$ va $(Pr/Pr_d)=1$ inobatga olib, turbulent harakat rejimi uchun (4.22) va (4.23a) formulalar yordamida issiqlik berish koeffitsienti hisoblanadi.

$$Nu = 0,021 \cdot 8968,7^{0,8} \cdot 4,31^{0,43} = 57,1$$

10. Agar $Re=8968,7$ bo'lsa, $\epsilon_1=0,975$ (10-jadvalga qaralsin), unda o'tish sohasi uchun issiqlik berish koeffitsienti quyidagicha topiladi:

Ular orasidagi farq 2,9% ni tashkil etadi.

4-3. Diametri 1,8 m va balandligi 2,6 m o'lchamlarga ega bo'lgan Silindrik rezervuarining 80% quvvatlangan vino bilan to'ldirilgan. Ushbu vinoni 15°S dan 57°S gacha isitish uchun qancha issiqlik miqdori sarf bo'ladi? Issiqlikning atrof muhitga isrof bo'lishi hisobga olinmasin.

Echish:

Rezervuarining to'la hajmini ushbu formuladan hisoblash mumkin:

$$V = \left(\frac{\pi \cdot D^2}{4} \right) \cdot H$$

Rezervuardagi vino hajmi:

$$V_v = \varphi \cdot V$$

formuladan aniqlanadi. Uning miqdori esa,

$$M = V_v \cdot \rho$$

bu erda $\rho = 1010 \text{ kg/m}^3$. Unda,

$$M = \varphi \cdot \left(\frac{\pi \cdot D^2}{4} \right) \cdot H \cdot \rho = 0,8 \cdot \left(\frac{3,14 \cdot 1,8^2}{4} \right) \cdot 2,6 \cdot 1010 = 5346 \text{ kg}$$

Isitish uchun zarur issiqlik miqdori

$$Q = M \cdot c_v \cdot \Delta t_v = 5346 \cdot 3700 \cdot 42 = 830750 \text{ KJ}$$

8-AMALIY ISH: ISSIQLIK O'TISHNING TURLARI. ISSIQLIK O'TKAZUVCHANLIK. KONVEKSIYA VA NURLANISH, YUZALI ISITGICHLARGA ISSIQLIK BERISH. ISSIQLIK O'TKAZISH.

Issiqlik asosan 3 usulda uzatilishi mumkin. *Issiqlik o'tkazuvchanlik, konveksiya va issiqlik nurlanishi.*

Issiqlik balansi. Agar, issiqlik eltkichning massaviy sarfi G_1 , uning qurilmaga kirish entalpiyasi I_{1b} va chiqishdagisi esa I_{1c} , sovuqlik eltkichning sarfi G_2 qurilmaga kirishdagi entalpiyasi I_{2b} v chiqishdagisi I_{2c} bo'lganda (4.1) tenglikni ushbu ko'rinishda yozish mumkin:

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

Issiqlik o'tkazuvchanlik

Furye qonuni. Qattiq jismlarda issiqlik tarqalish jarayonini tajribaviy o'rganish natijasida Furye (1768-1830) issiqlik o'tkazuvchanlikning asosiy qonunini kashf etdi. Ushbu qonunga binoan, issiqlik o'tkazuvchanlik orqali uzatilgan issiqlik miqdori dQ temperatura gradiyenti $\frac{\partial t}{\partial n}$, vaqt $d\tau$ ga va issiqlik oqimi yo'nalishiga perpendikulyar bo'lgan maydon yuzasi dF ga proporsional bo'ladi, ya'ni:

$$dQ = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n} dF \cdot d\tau$$

formuladagi proporsionallik koeffitsiyenti λ issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti deb ataladi. Bu koeffitsiyent jismning issiqlik o'tkazish qobiliyatini xarakterlaydi va quyidagi o'lchov birligiga ega:

$$[\lambda] = \left[\frac{dQ \partial n}{\partial t dF \cdot d\tau} \right] = \left[\frac{\mathcal{K} \cdot \mathcal{M}}{K \cdot \mathcal{M}^2 \cdot c} \right] = \left[\frac{Bm}{\mathcal{M} \cdot K} \right]$$

Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti issiqlik almashinish yuza birligidan (1 m^2) vaqt birligi davomida izotermik yuzaga normal bo'lgan 1 m uzunlikka to'g'ri kelgan temperaturalarning 1 K ($^{\circ}\text{S}$) ga pasayishi vaqtida uzatilgan issiqlik miqdorini ifodalaydi.

Issiqlik nurlanishi

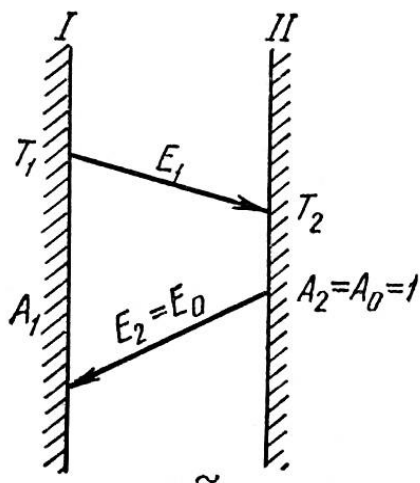
Stefan-Bolsman qonuni jismning nur chiqarish qobiliyati YE va jismdan 1 soat mobaynida F yuzasidan ajralib chiqayotgan issiqlik miqdori Q orasidagi bog'liqlikni ifodalaydi:

$$E = \frac{Q}{F \cdot \tau} \quad (4.41)$$

Nurlanish energiyasi to'liq uzunligi va jismning temperaturasi bog'liq bo'ladi. Absolyut qora jismning nur tarqatish qobiliyati va temperaturasi orasidagi bog'liqlik ushbu formuladan topiladi:

$$E_0 = K_0 T^4 \quad \text{yoki} \quad E_0 = C_0 \left(\frac{T}{100} \right)^4 \quad (4.42)$$

bu yerda $K_0 = (4,19 \dots 5,67) \cdot 10^{-8} \text{ Vt/(m}^2 \cdot \text{K}^4)$ – absolyut qora jismning nur chiqarish konstantasi; $S_0 = K_0 \cdot 10^8 = 4,19 \dots 5,67 \text{ Vt/(m}^2 \cdot \text{K}^4)$.



4.9-расм. Кирхгоф қонунига

oid schema.

$$Q_{\text{ай}}/Q_{\text{чур}} = Q_{\text{т}}/Q_{\text{чур}} = 1.$$

Kirxgof qonuni kul rang jismlarning nur tarqatish va uni yutish qobiliyatlari o'rtasidagi bog'liqlikni ifodalaydi.

Bir-biriga parallel joylashgan, kul rang **I** va absolyut qora **II** jismlarni ko'rib chiqamiz (4.9-rasm).

Kul rang jismning yutish qobiliyatini A_1 , absolyut qora jismnikini esa $A_2 = A_0 = 1$. Kul rang jism temperaturasi absolyut qoranikidan katta, ya'ni $T_1 > T_2$ deb qabul qilamiz. Bunda, kul rang jismdan nurlanish usulida uzatilgan issiqlik miqdori quyidagicha aniqlanadi:

$$q = E_1 - E_0 A_1 \quad (4.44)$$

Ikkala jismning temperaturasi tenglashganda, issiqlik muvozanat holati yuzaga keladi va $q = 0$ bo'ladi.

Demak:

$$E_1 - E_0 A_1 = 0 \quad (4.45)$$

bundan

$$\frac{E_1}{A_1} = E_0 \quad (4.45a)$$

Ushbu xulosani umumlashtirib, bir nechta parallel joylashtirilgan jismlar uchun ushbu ifodani keltirib chiqaramiz:

$$\frac{E_1}{A_1} = \frac{E_2}{A_2} = \dots = \frac{E_n}{A_n} = \frac{E_0}{A_0} = f(T) \quad (4.46)$$

(4.46) tenglama Kirxgof qonunini xarakterlaydi. Ushbu tenglamaga binoan, ma'lum biror temperatura uchun istalgan bir jismning nur tarqatish qobiliyati, uning nur yutish qobiliyatiga bo'lgan nisbati o'zgarmas miqdor bo'lib, absolyut qora jismning nur tarqatish qobiliyatiga tengdir.

Issiqlik berish

Issiqlik berish jarayoni issiqlik berish koeffitsiyenti α bilan belgilanadi.

Ushbu qonunga binoan, issiqlik almashinish suyuqlik (gaz) ga uzatilgan issiqlik miqdori dQ , devorning yuzasi dF , yuza t_w va muhit temperaturalarini t_f ning farqi $(t_w - t_f)$, hamda jarayonning davomiyligi $d\tau$ ga to'g'ri proporsionaldir, ya'ni:

$$\left. \begin{aligned} dQ &= \alpha (t_w - t_f) \cdot dF \cdot d\tau \\ dQ &= \alpha (t_f - t_w) \cdot dF \cdot d\tau \end{aligned} \right\} \quad (4.51)$$

(4.51) tenglamadan issiqlik berish koeffitsiyentining o'lchov birligini keltirib chiqarish mumkin:

$$\alpha = \left[\frac{dQ}{(t_w - t_f) dF d\tau} \right] = \left[\frac{\text{Ж}}{\text{m}^2 \cdot \text{coam} \cdot \text{K}} \right] = \left[\frac{\text{Bm}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \right]$$

Issiqlik o'tkazish

Issiqlik almashinish jarayonlarida ko'pincha issiqlik energiyasi bir suyuqlikdan ikkinchisiga ularni ajratib turuvchi devor orqali uzatiladi. Temperaturasi yuqori bo'lgan suyuqlikka devor orqali issiqlikning uzatilishi **issiqlik o'tkazish** deyiladi. Ushbu yo'l bilan uzatilgan issiqlik miqdori issiqlik o'tkazishning asosiy tenglamasidan aniqlanadi:

$$Q = K \Delta t_{yp} F$$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (4.96)$$

bu yerda K – issiqlik o'tkazish koeffitsiyenti, $Vt/(m^2 \cdot K)$.

ISSIQLIK O'TKAZUVCHANLIK

1. Bir qavatli tekis devordan o'tayotgan issiqlik oqimining issiqlik o'tkazuvchanlik tenglamasi quyidagichadir:

$$q = \frac{Q}{F} = \frac{t_i - t_c}{F} = \frac{\lambda}{\delta} \cdot (t_i - t_c) \quad (4.36)$$

bu yerda q -issiqlik oqimining zichligi, Vt/m^2 ; Q -issiqlik oqimi, Vt ; F -devor yuzasi, m^2 ; t_i va t_c – issiqlik va sovuq devorlar yuzasining temperaturasi, $^{\circ}S$; $r = \delta/\lambda$ -devorning termik qarshiligi, $m^2 \cdot K/Vt$; δ -devor qalinligi, m ; δ/λ -issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti, $Vt/m \cdot K$.

2. Ko'p qavatli tekis devor orqali o'tgan issiqlik miqdori esa quyidagicha hisoblanadi:

$$q = \frac{Q}{F} = \frac{t_i - t_s}{\sum r} = \frac{t_i - t_s}{\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n}} \quad (4.37)$$

3. Silindrsimon devorning o'tkazuvchanlik tenglamasi:

Bu yerda $\delta = (d_2 - d_1)/2$. Silindrsimon devorning o'rtacha yuzasi quyidagi formuladan topiladi:

d_1 va d_2 – trubaning ichki va tashqi diametrlari, m ; L -truba uzunligi, m . Agarda $d_1/d_2 < 2$ bo'lsa, F_{or} ni (4.3) formuladan emas, balki yuqori aniqlikka ega ushbu formuladan topsa bo'ladi:

4. Ko'p qavatli silindrsimon devordan o'tayotgan issiqlik miqdori quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$Q = \frac{2 \cdot \pi \cdot L \cdot (t_i - t_s)}{\sum \frac{1}{\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot L \cdot (t_i - t_s)}{\frac{1}{\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\lambda_2} \ln \frac{d_2}{d_1} + \dots} \quad (4.41)$$

5. Temperatura $30^{\circ}S$ atrofida bo'lganda, tajribaviy ma'lumotlar yo'q bo'lsa, suyuqliklarning issiqlik o'tkazuvchanligi ushbu formula yordamida hisoblash mumkin:

c - suyuqlikning solishtirma issiqlik sig'imi, $J/(kg \cdot K)$; ρ - suyuqlik zichligi, kg/m^3 ; M – suyuqlik molyar massasi, $kg/kmol$; A – suyuqlikning assotsiatsiyalanish darajasiga bog'liq koeffitsiyent, $m^3 \cdot kmol^{-0.33} \cdot s^{-1}$ (suv uchun $A = 3,5 \cdot 10^{-6}$, benzol uchun $A = 4,22 \cdot 10^{-6}$).

Istalgan t temperaturadagi suyuqlikning issiqlik o'tkazuvchanligi quyidagi formuladan topiladi:

$$\lambda_t = \lambda_0 \cdot [1 - \varepsilon \cdot (t - 30)] \quad (4.43)$$

bu yerda ε – temperaturaviy koeffitsiyent.

Ba'zi suyuqliklar uchun $\varepsilon \cdot 10^3$ ($^{\circ}S^{-1}$) qiymatlari:

Anilin	1,4	Propil spirti	1,4
Atseton	2,2	Uksus kislotasi	1,2
Benzol	1,8	Xlorbenzol	1,5
Geksan	2,0	Xloroform	1,8
Metil spirti	1,2	Etilatsetat	2,1
Nitrobenzol	1,0	Etil spirti	1,4

Suvli eritmalarning t temperaturadagi issiqlik o'tkazuvchanligi:

$$\lambda_{et} = \lambda_{330} \cdot \frac{\lambda_{s1}}{\lambda_{s30}} \quad (4.44)$$

bu yerda λ_e va λ_s – eritma va suvning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyentlari.

6. Gazlarning past bosimlardagi issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyentini ushbu formulada hisoblash mumkin:

$$\lambda = B \cdot c_0 \cdot \mu \quad (4.45)$$

bu yerda μ - gazning dinamik qovushqoqligi, Pa·s; $V=0,25 \cdot (k-5)$, $k=c_p/c_v$ – adiabata ko'rsatkichi; c_p va c_v – gazning o'zgarmas bosim va hajmdagi solishtirma issiqlik sig'imi, J/(kg·K); Bir atomli gazlar uchun $V=2,5$, ikki atomliklar uchun $V=1$, va uch atomliklar uchun $V=1,72$.

MISOLLARNI ISHLASH NAMUNASI

1-masala. Suv spirtining 75% li bug'i rektifikatsiya kolonnasining kondensatorida kondensatsiyalanmoqda. Sovituvchi suv 10⁰S temperatura qurilmaga kirib, 50⁰S ga isimoqda. Kondensatorning diametri 35x1,5 mm va uzunligi 1,3 bo'lgan 121 ta trubadan yig'ilgan. Qurilmaning issiqlik o'tkazish koeffitsiyenti 400 Vt/(m²·K). Kondensatsiyalanayotgan bug'ning sarfi topilsin.

Yechish:

Hisoblash quyidagi tartibda olib boriladi:

7. Issiqlik o'tkazish yuzasi (4.32) formula yordamida hisoblanadi:

$$F = 3,14 \cdot \frac{0,032 + 0,035}{2} \cdot 1,3 \cdot 121 = 16,5 \text{ m}^2$$

8. Bug'ning parametrlari 22-jadvaldan topiladi. Bug'ning konsentratsiyasi 75% bo'lganda kondensatsiyalanish temperaturasi $t=82,8^0\text{C}$, bug'lanish issiqligi $r=1210$ kJ/kg, zichligi esa $\rho=1,145$ kg/m³.

9. O'rtacha temperaturalar farqi quyidagicha aniqlanadi:

$$\begin{aligned} 82,8 &\rightarrow 82,8 \\ 10 &\rightarrow 50 \end{aligned}$$

Dastlab

$$\Delta t_{ka}=82,8-10=72,8^0\text{C}$$

$$\Delta t_{ki}=82,8-50=32,8^0\text{C}$$

$\Delta t_{ka}/\Delta t_{ki}>2$ bo'lgani uchun, $\Delta t_{o'r}$ (4.7) formula orqali hisoblanadi:

10. Kondensatorning issiqlik yuklamasi (4.1) formula yordamida aniqlanadi:

$$Q = 400 \cdot 16,5 \cdot 50,6 = 334177,2 \text{ Vt}$$

11. $\theta_{kond}=t_b$ deb qabul qilib, kondensatsiyalanayotgan bug'ning massaviy sarfi (4.3) formuladan topiladi:

$$D = \frac{Q}{r} = \frac{334177,2}{1210000} = 0,276 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 994 \frac{\text{kg}}{\text{soat}}$$

12. Bug'ning hajmiy sarfi esa (4.35) tenglamadan topiladi:

$$V = \frac{G}{\rho} = \frac{994}{1,145} = 868,12 \frac{\text{m}^3}{\text{soat}}$$

MASALALAR

18.1. Ko'ndalang kesimi kvadrat, tomoni $d=10\text{mm}$, uzunligi $l=1600\text{mm}$ bo'lgan kvadrat ko'ndalang kesimdan $w=4\text{m/s}$ tezlikda suv oqmoqda. Kanal yuzasining temperaturasi 90°C , suvning o'rtacha temperaturasi 40°C bo'lganda devor yuzasidan suvga issiqlik berish koeffitsiyenti aniqlansin.

18.2. "Truba ichidagi truba" issiqlik almashinish qurilmasining trubalararo bo'shlig'ida o'rtacha temperatura 10°C va $w=3\text{m/s}$ tezlikda suv o'tmoqda. Agarda ichki trubaning tashqi yuzasi 70°C bo'lsa, issiqlik almashinish qurilmasining issiqlik berish koeffitsiyenti va issiqlik quvvati topilsin. Ichki trubaning diametri $d=26\times 3\text{mm}$, uzunligi $l=1,4\text{m}$.

18.3. Simob $w=2,5\text{m/s}$ tezlikda diametri $d=14\text{mm}$ va uzunligi $l=900\text{mm}$ bo'lgan trubadan oqib o'tmoqda. Simobning o'rtacha temperaturasi $t=250^\circ\text{C}$. Devorning o'rtacha temperaturasi $t=220^\circ\text{C}$ bo'lganda, simobning devorga issiqlik berish koeffitsiyenti, issiqlik o'tkazish koeffitsiyenti, issiqlik oqimining zichligini va vaqt birligi ichida uzatilayotgan issiqlik miqdori topilsin.

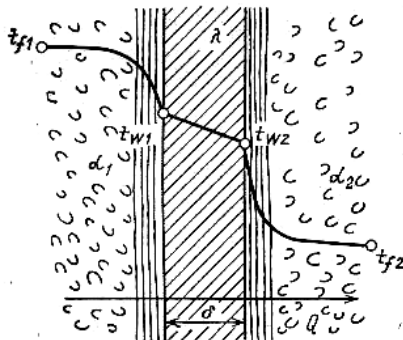
ISSIQLIK O'TKAZISH KOEFFITSIYENTINI ANIQLASH

Issiqlik o'tkazish

Issiqlik almashinish jarayonlarida ko'pincha issiqlik energiyasi bir suyuqlikdan ikkinchisiga ularni ajratib turuvchi devor orqali uzatiladi. Temperaturasi yuqori bo'lgan suyuqlikka devor orqali issiqlikning uzatilishi **issiqlik o'tkazish** deyiladi. Ushbu yo'l bilan uzatilgan issiqlik miqdori issiqlik o'tkazishning asosiy tenglamasidan aniqlanadi:

$$Q = K \Delta t_{ur} F \quad (4.92)$$

bu yerda K – issiqlik o'tkazish koeffitsiyenti, $\text{Vt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$; Δt_{ur} – issiqlik va sovuqlik eltichlar temperaturalarining farqi, K ; F – ajratib turuvchi devor yuzasi, m^2 .



4.13-расм. Текис девор орқали иссиқлик ўтказиш жараёнида температуранинг ўзгариш

Текис деворнинг иссиқлик о'тказиши. 4.13-расмда qalinligi δ va materialining issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti λ bo'lgan tekis devor tasvirlangan.

Devorning bir tomonidan temperaturasi t_{f1} (oqim o'zagida) bo'lgan issiqlik eltich, ikkinchi tomonidan esa - temperaturasi t_{f2} bo'lgan sovuqlik eltich oqib o'tmoqda.

Devor yuzalarining temperaturasi t_{w1} va t_{w2} . Issiqlik berish koeffitsiyentlari α_1 va α_2 .

Turg'un jarayonda F yuza orqali birinchi issiqlik eltich o'zagidan devorga uzatilayotgan issiqlik miqdori, devordan o'tgan va devordan ikkinchi issiqlik eltich o'zagiga uzatilayotgan issiqlik miqdoriga teng bo'ladi.

Ushbu issiqlik miqdorini quyidagi tenglamalardan topish mumkin:

$$Q = \alpha_1 (t_{f1} - t_{w1}) \cdot F$$

$$Q = \frac{\lambda}{\delta} (t_{w1} - t_{w2}) \cdot F$$

$$Q = \alpha_2 (t_{w2} - t_{f2}) \cdot F$$

Yuqorida keltirilgan tenglamalardan quyidagi ifodalarni olish mumkin:

$$t_{f1} - t_{w1} = \frac{1}{\alpha_1} \cdot \frac{Q}{F}$$

$$t_{w1} - t_{w2} = \frac{\delta}{\lambda} \cdot \frac{Q}{F} \quad (4.93)$$

$$t_{w2} - t_{f2} = \frac{1}{\alpha_2} \cdot \frac{Q}{F}$$

Tenglamalar chap va o'ng tomonlarini qo'shish natijasida, ushbu ko'rinishga erishamiz:

$$t_{f1} - t_{f2} = \frac{Q}{F} \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \right) \quad (4.94)$$

bundan:

$$Q = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \cdot (t_{f1} - t_{f2}) \cdot F \quad (4.95)$$

(4.92) va (4.95) tenglamalarni solishtirib, quyidagi formulaga erishamiz:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (4.96)$$

bu yerda K – issiqlik o'tkazish koeffitsiyenti, $Vt/(m^2 \cdot K)$.

Unda, tekis devor uchun issiqlik eltkichning o'zgarmas temperaturalarida issiqlik o'tkazish tenglamasi ushbu ko'rinishni oladi:

$$Q = KF\tau \cdot (t_{f1} - t_{f2}) \quad (4.97)$$

uzluksiz jarayonlar uchun esa:

$$Q = KF(t_{f1} - t_{f2}) \quad (4.98)$$

(4.97) tenglamaga binoan issiqlik o'tkazish koeffitsiyentining o'lchov birligi:

$$K = \left[\frac{Q}{F\tau(t_{f1} - t_{f2})} \right] = \left[\frac{\mathcal{K}}{m \cdot c \cdot K} \right] = \left[\frac{Bm}{m^2 \cdot K} \right]$$

(4.96) tenglamadan

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \quad (4.99)$$

Shunday qilib issiqlik o'tkazish koeffitsiyenti K temperaturasi yuqori bo'lgan issiqlik eltkichdan, temperaturasi past eltkichga vaqt birligida ajratuvchi devorning $1m^2$ yuzasidan eltkichlar temperaturasi $1K$ bo'lganda o'tkazilgan issiqlikning miqdorini bildiradi.

MASALALARNI ISHLASH NAMUNASI

1-masala. Diametri 1,8 m va balandligi 2,6 m o'lchamlarga ega bo'lgan silindrik rezervuarining 80% quvvatlangan vino bilan to'ldirilgan. Ushbu vinoni 15^0S dan 57^0S gacha isitish uchun qancha issiqlik miqdori sarf bo'ladi? Issiqlikning atrof muhitga isrof bo'lishi hisobga olinmasin.

Yechish:

Rezervuarining to'la hajmini ushbu formuladan hisoblash mumkin:

$$V = \left(\frac{\pi \cdot D^2}{4} \right) \cdot H$$

Rezervuardagi vino hajmi:

$$V_v = \varphi \cdot V$$

formuladan aniqlanadi. Uning miqdori esa,

$$M = V_v \cdot \rho$$

bu yerda $\rho=1010 \text{ kg/m}^3$. Unda,

$$M = \varphi \cdot \left(\frac{\pi \cdot D^2}{4} \right) \cdot H \cdot \rho = 0,8 \cdot \left(\frac{3,14 \cdot 1,8^2}{4} \right) \cdot 2,6 \cdot 1010 = 5346 \text{ kg}$$

Isitish uchun zarur issiqlik miqdori

$$Q = M \cdot c_v \cdot \Delta t_v = 5346 \cdot 3700 \cdot 42 = 830750 \text{ kJ}$$

$$\Delta t_v = t_{2v} - t_{1v} = 57 - 15 = 42^{\circ}C$$

MASALALAR

19.1 Agarda devorning usti 0,5mm qalinlikda emal bilan qoplangan bo'lsa, diametri 38x2,5 mm li po'lat zmeyevik devorining termik qarshiligi necha barobar ortadi? Devor tekis deb hisoblansin. Emalning issiqlik o'tkazuvchanligi 1,05 Vt/(m·K) ga teng.

19.2 Uzunligi 40m, diametri 51x2,5 mm li bug' uzatuvchi truba 30 mm li qalinlikda tashqi truba bilan ajratilgan (izolyatsiya), qoplamaning tashqi tomondagi temperaturasi $t=45^{\circ}\text{C}$, ichki tomonida esa $t=175^{\circ}\text{C}$. Bug' o'tkazuvchi (uzatuvchi) trubaning 1 soatda atrofga yo'qalayotgan issiqlik miqdori aniqlansin. Qoplamaning issiqlik o'tkazuvchanligi 0,116 Vt/(m·K) ga teng deb qabul qilinsin.

19.3 Diametri 60x3 mm po'lat truba qalinligi 30 mm li po'kak va uning ustidan 40 mm li qalinlikda sovelit (85% magneziy + 15% asbest) li qatlam bilan qoplangan. Truba devorining temperaturasi 110°C , qoplam tashqi devorining temperaturasi 10°C . Trubaning 1 m uzunligida 1 soat mobaynida yo'qotilayotgan issiqlik miqdorini aniqlang.

19.4. Qurilma g'ishtli qoplama bilan qoplangan bo'lib, ularning tutashgan joyidagi qoplama yuzasidagi temperaturasi aniqlansin. Qoplama tashqi yuzasining temperaturasi 35°C . G'isht qoplama qalinligi 260 mm. Qoplamaning tashqi yuzasidan 50 mm chuqurlikda o'rnatilgan termometr 70°C ni ko'rsatmoqda.

ISSIQLIK BERISH KOEFFITSIYENTINI ANIQLASH

Issiqlik berish koeffitsiyentining o'lchov birligini keltirib chiqarish mumkin:

$$\alpha = \left[\frac{dQ}{(t_w - t_f) dF d\tau} \right] = \left[\frac{\mathcal{K}}{m^2 \cdot \text{coam} \cdot K} \right] = \left[\frac{Bm}{m^2 \cdot K} \right]$$

Agar, issiqlik almashinish yuzasi bo'ylab issiqlik berish koeffitsiyentining qiymati o'zgarmas ($\alpha = \text{const}$) bo'lsa, (4.51) tenglama ushbu ko'rinishni oladi:

$$\left. \begin{aligned} Q &= \alpha (t_w - t_f) \cdot F \cdot \tau \\ Q &= \alpha (t_f - t_w) \cdot F \cdot \tau \end{aligned} \right\} \quad (4.52)$$

Demak, issiqlik berish koeffitsiyenti α devorning I m² yuzasidan suyuqlikka I s vaqt davomida, devor va suyuqlik temperaturalarining farqi I K bo'lganda uzatilgan issiqlik miqdorini bildiradi. Ushbu, issiqlik berish koeffitsiyentining miqdori bir nechta parametrlarga bog'liqdir, ya'ni suyuqlikning harakat rejimi w , uning zichligi ρ , qovushoqligi μ , solishtirma issiqlik sig'imi s , issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti λ , hajmiy kengayish koeffitsiyenti β , devorning shakli va o'lchamlari (truba diametri d va uzunligi L), hamda g'adir-budurliigi ye va hokazolarga.

Yuqorida aytilganlarni quyidagi funksiya holatida yozish mumkin:

$$\alpha = f(w, \rho, \mu, c, \lambda, \beta, d, L, e, \dots) \quad (4.53)$$

Umumiy ko'rinishga ega bo'lgan issiqlik berish koeffitsiyenti tenglamasi ko'rinishidan sodda bo'lsa ham, α ni aniqlash juda murakkab. Chunki, (4.53) dan ko'rinish turibdiki, α juda ko'p parametrlarga bog'liq. Shuning uchun, tajriba natijalarini o'xshashlik nazariyasi yordamida umumlashtirish yo'li bilan issiqlik berish koeffitsiyentini hisoblash kriterial formulasini keltirib chiqarish mumkin.

Issiqlik berish koeffitsiyentini aniqlash uchun suyuqlikda temperatura taqsimlanishini bilish zarur. Undan tashqari, issiqlik almashinish jarayonini hisoblash uchun issiqlik berish koeffitsiyentini o'zgaruvchi parametrlar bilan bog'liq tenglamasiga ega bo'lishi kerak.

Bunday tenglama bo'lib konvektiv issiqlik almashinishning differensial tenglamasi xizmat qiladi. Lekin, ushbu tenglama devor va suyuqlik chegarasidagi shartlarni xarakterlovchi tenglama bilan to'ldirilgan bo'lishi kerak.

MASALALARNI ISHLASH NAMUNASI

1-masala. Qobiq-trubali issiqlik almashinish qurilmasining diametri $d=25 \times 2$ mm li 13ta trubadan yasalgan. Qobiqning ichki 273 mm. Qurilmada soatiga 10 t suv 10°S dan 70°S gacha

isitilmoqda. Suv truba ichidan va trubalararo bo‘shliqdan o‘tayotgan paytidagi issiqlik berish koeffitsiyenti topilsin.

Yechish:

Hisoblash quyidagi ketma-ketlikda olib boriladi:

1. Ilovadagi 4-jadvaldan $t_{o,r}=40^{\circ}\text{S}$ da suvning fizik xarakteristikalari aniqlanadi:
 $\rho_2=992 \text{ kg/m}^3$; $s_2=4,18 \text{ kJ/kg}$; $\lambda_2=0,634 \text{ Vt/m}\cdot\text{K}$; $\mu=657\cdot 10^{-6} \text{ Pa}\cdot\text{s}$; Prandtl kriteriyasi $\text{Pr}=4,31$.
2. Truba ichida oqayotgan suvning tezligi ushbu formula bo‘yicha hisoblanadi:

$$w = \frac{4 \cdot G}{\pi \cdot d_{ich}^2 \cdot n \cdot 3600 \cdot \rho} = \frac{4 \cdot 10000}{3,14 \cdot 0,021^2 \cdot 13 \cdot 992 \cdot 3600} = 0,62 \frac{m}{s}$$

3. Reynolds kriteriyasi (4.14) formuladan topiladi:

$$Re = \frac{0,62 \cdot 0,021 \cdot 992}{657 \cdot 10^{-6}} = 19658,8$$

4. $Re > 10000$ bo‘lgani uchun, $\varepsilon_1=1$ va $(\text{Pr}/\text{Pr}_d)=1$ deb qabul qilib, Nusselt Nu qiymati (4.22) tenglama orqali aniqlanadi:

$$Nu = 0,021 \cdot 19658,8^{0,6} \cdot 4,31^{0,43} = 107,12$$

unda issiqlik berish koeffitsiyenti quyidagi formuladan hisoblanadi:

$$\alpha_2 = \frac{107,12 \cdot 0,634}{0,021} = 3234 \frac{\text{Vt}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

5. Suvning trubalararo bo‘shliqdagi tezligi (4.29) formuladan topiladi:

$$w = \frac{10000}{0,052 \cdot 992 \cdot 3600} = 0,054 \frac{m}{s}$$

bu yerda $S=0,052 \text{ m}^2$ - trubalararo bo‘shliqning ko‘ndalang kesim yuzasi:

$$S = 0,785 \cdot (d_{ich}^2 - d_t^2)$$

d_{ich} va d_t – trubaning ichki va tashqi diametrlari, m.

6. Trubalararo bo‘shliqning ekvivalent diametrini (4.21) formuladan topish mumkin:

$$d_e = \frac{4 \cdot 3,14 \cdot (0,273^2 - 13 \cdot 0,025^2)}{4 \cdot 3,14 \cdot (0,273^2 + 13 \cdot 0,025^2)} = 0,11 \text{ m}$$

7. Reynolds kriteriyasi esa (4.14) formula bo‘yicha hisoblanadi:

$$Re = \frac{0,054 \cdot 0,11 \cdot 992}{657 \cdot 10^{-6}} = 8967,7$$

8. Reynolds soni $2300 < Re < 10000$ bo‘lgani uchun Nu qiymati (4.23) formula yordamida aniqlanadi:

$$Nu = 0,008 \cdot 968,7^{0,9} \cdot 4,31^{0,43} = 54,12$$

issiqlik berish koeffitsiyenti esa,

$$\alpha = \frac{54,12 \cdot 0,634}{0,0978} = 350,8 \frac{\text{Vt}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

9. $\varepsilon_1=1$ va $(\text{Pr}/\text{Pr}_d)=1$ inobatga olib, turbulent harakat rejimi uchun (4.22) va (4.23a) formulalar yordamida issiqlik berish koeffitsiyenti hisoblanadi.

$$Nu = 0,021 \cdot 8968,7^{0,8} \cdot 4,31^{0,43} = 57,1$$

$$\alpha_{2T} = 370,6 \cdot 0,975 = 361,3 \frac{\text{Vt}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

10. Agar $Re=8968,7$ bo‘lsa, $\varepsilon_1=0,975$ (10-jadvalga qaralsin), unda o‘tish sohasi uchun issiqlik berish koeffitsiyenti quyidagicha topiladi:

$$\alpha_{2T} = \frac{57,1 \cdot 0,634}{0,0978} = 370,6 \frac{\text{Vt}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

Ular orasidagi farq 2,9% ni tashkil etadi.

MASALALAR

20.1 Bug'latuvchi qurilmadan chiqayotgan quyuqlashtirilgan (konsentrlangan) eritma temperaturasi 106°C bo'lib, u suyultirilgan sovuq eritmani 50°C gacha isitish uchun foydalanilmoqda. Sovituvchi agentning (boshlang'ich) dastlabki temperaturasi 30°C. Qyuqlashtirilgan eritma 60°C gacha sovitilmoqda. Oqim yo'nalishlari to'g'ri va qarama-qarshi bo'lgan holatlar uchun o'rtacha temperaturalar farqini aniqlang.

20.2 Yuzasi 6 m² bo'lgan qarama-qarshi yo'nalishli issiqlik almashinish qurilmada 1930 kg/soat sarf bilan o'tayotgan butil spirtini 90°C dan 50°C gacha sovitish kerak. Issiq muhit temperaturasi 18°C bo'lgan suv bilan sovitilmoqda. Issiqlik almashinish qurilmasidagi issiqlik o'tkazish koeffitsiyentining qiymati 230 Vt/(m²·K); Δt o'rtacha arifmetik xolda hisoblansin. Issiqlik almashinish qurilmasi orqali 1 soatda necha metr suv oqib o'tishi kerak?

20.3 Uzunligi 1,2 m diametri 18x2mm li 19 ta latun trubadan tayyorlangan qobiq trubali issiqlik almashinish qurilma asbob-uskuna (jixoz)lar omborida saqlanmoqda. Suvning boshlang'ich temperaturasi 15°C va oxirgisi 15°C bo'lsa, issiqlik o'tkazish koeffitsiyenti 700 Vt/(m²·K) ga teng bo'lganda, soatiga 350 kg to'yingan etil spirti bug'ini kondensatsiyalash (suyuqlikka aylantirish) uchun qurilmaning yuzasi yetarli bo'ladimi? Suyultirilgan spirt qurilmadan kondensatsiyalanish temperaturasida chiqazib olinmoqda, jarayon esa atmosfera bosimi ostida olib borilmoqda.

9-AMALIY ISH: KO'P KOMPLEMENTLI SISTEMALARNI AJRATISH.

BUG'LATISH JARAYONLARI

1. Bug'latish jarayonining moddiy balans tenglamasi:

$$G_{bosh} = G_{ox} + W \quad (5.1)$$

$$G_{bosh} \cdot X_{bosh} = G_{ox} \cdot X_{ox} \quad (5.2)$$

bu yerda G_{bosh} , G_{ox} – eritmaning (dastlabki) boshlang'ich va oxirgi (bug'latilgan) moddiy sarfi, kg/s X_{bosh} , X_{ox} – eritmaning boshlang'ich va oxirgi eritilgan moddadagi moddiy ulushlari, W – bug'latilayotgan suvning moddiy sarfi, kg/s

2. Bug'latish qurilmasining issiqlik balans tenglamasi:

$$Q + G_{bosh} \cdot C_{bosh} \cdot t_{bosh} + G_{ox} \cdot c_{ox} \cdot t_o + W \cdot i_{kk} + Q_{yuk} + Q_{deg} \quad (5.4)$$

bu yerda Q – bug'latishga sarfdangan issiqlik miqdori, Vt;

s_{bosh}, s_{ox} – boshlang'ich (dastlabki) va oxirgi (bug'latilgan) eritmalarining solishtirma issiqlik sig'imi, J/(kg·K);

t_{bosh}, t_{ox} – boshlang'ich eritmaning qurilmaga kirishdagi va oxirgi eritmaning qurilmadan chiqishdagi temperaturasi, °C;

i_{kk} – ikkilamchi bug'ning qurilmadan chiqayotgandagi solishtirma entalpiyasi, J/kg;

$Q_{yo'q}$ – atrof-muhitga yo'qotilgan issiqlik miqdori qiymati, Vt;

Q_{deg} – degidratatsiya issiqligi, Vt.

3. Bug'latishga sarflangan issiqlik miqdorini aniqlash.

(5.4) tenglamadan quyidagi holdagi ko‘rinishni hosil qilamiz:

$$Q = G_{bosh} \cdot s_{bosh} \cdot (t_{ox} - t_{bosh}) + W \cdot (i_{akk} - s_s \cdot t_{ox}) + Q_{yuk} \quad (5.5)$$

bu yerda t_{ox} –ga mos kelgansuvning solishtirma issiqligi, J/(kg·K);

Agar eritma bug‘latish qurilmasiga qizdirilgan holatda , ya‘ni ($t_{bosh} > t_{ox}$) bo‘lsa, u holda $Q = G_{bosh} \cdot s_{bosh} \cdot (t_{ox} - t_{bosh})$ bo‘lib, manfiy ishoraga ega bo‘ladi va bu yerda ma‘lum qism suv eritmani sovitish tufayli bug‘lanadi. $G_{bosh} \cdot s_{bosh} \cdot (t_{ox} - t_{bosh})$ qiymat o‘z-o‘zini bug‘latish qiymati deb nomlanadi.

Atrof-muhitgayo‘qotilgan issiqlik miqdorini hisoblash uchun bug‘latish qurilmasining $Q_{isit} + Q_{bug}$ yig‘indisining 3-5% ni olsak hato qilmagan bo‘lamiz. Qyo‘qqiymatini quyidagicha ham hisoblash mumkin:

$$Q_{yuk} = \alpha \cdot F_{izol} \cdot (t_{izol} - t_x) \quad (5.6)$$

bu yerda $\alpha = \alpha_{nur} + \alpha_{konv}$ –nurlanish va konveksiya issiqlik berish koeffitsiyentlarining yig‘indisi, W/(m²·K); F_{izol} –qurilmaning qoplama qilingan yuzasi, m²; t_{izol} –qoplama tashqi yuzasining temperaturasi, °C yoki K; t_x – havo temperaturasi, °C yoki K;

4. Bug‘latish qurilmasidagi isituvchi bug‘ sarfi G

$$G_{ib} = \frac{Q}{(i - i) \cdot x} = \frac{Q}{(r_{ib} \cdot x)} \quad (5.7)$$

bu yerda i –to‘yingan quruq bug‘ning solishtirma entalpiyasi, J/kg;

i –kondensatsiyalanish temperaturadagi kondensatning solishtirma entalpiyasi, J/kg; x - qizitish bug‘ining namlik darajasi (quruqlik darajasi); r_{ib} -qizdirish bug‘i solishtirma kondensatsiyalanish issiqligi, J/kg.

Isituvchi bug‘ sarfi G_{ib} ning bug‘lanayotgan suv sarf W nisbatiga bug‘latish uchun ketgan bug‘ning solishtirma sarfi deyiladi.

$$d = \frac{G_{ib}}{W} \quad (5.8)$$

5. Eritmaning issiqlik sig‘imi. Eritmaning solishtirma issiqlik sig‘imi quyidagi tenglamadan aniqlanadi:

$$c = c_1 \cdot x_1 + c_2 \cdot x_2 + c_3 \cdot x_3 + \dots \quad (5.9)$$

$s_1, s_2, s_3 \dots$ - tashkil etuvchi komponentlarning solishtirma issiqlik sig‘imi; $x_1, x_2, x_3 \dots$ - tashkil etuvchi komponentlarning miqdoriy ulushi.

Ikki komponentli suyultirilgan suvli eritmalar (suv+eritilgan modda) ning solishtirma issiqlik sig‘imini hisoblash uchun quyidagi tahminiy tenglamadan foydalaniladi ($x < 0,2$):

$$c = 4190 \cdot (1 - x) \quad (5.10)$$

bu yerda 4190 J/(kg·K) - suvning solishtirma issiqlik sig‘imi; x - eritilgan modda konsentratsiyasi, massaviy ulushi.

Quyushtirilgan ikki komponentli suvli eritma uchun ($x > 0,2$) hisoblash quyidagi tenglama yordamida olib boriladi:

$$c = 4190 \cdot (1 - x) + c_1 \cdot x \quad (5.11)$$

s1 – suvsiz eritilgan moddaning solishtirma issiqlik sig'imi, J/(kg·K).

Agar tajriba ma'lumotlari yo'q bo'lib, kimyoviy birikmaning solishtirma issiqlik sig'imini aniqlash kerak bo'lsa, quyidagi tenglamadan tahminiy qiymatini topish mumkin:

$$M \cdot c = n_1 \cdot C_1 + n_2 \cdot C_2 + n_3 \cdot C_3 + \dots \quad (5.12)$$

bunda M - kimyoviy birikmaning molyar massasi;

s - kimyoviy birikmaning massaviy solishtirma issiqlik sig'imi, J/(kg·K);

n_1, n_2, n_3, \dots – birikmadagi elementlar atom soni;

S1, S2, S3 ... – atom issiqlik sig'imi, J/(kg·K).

(5.12) tenglama yordamida birikmalarning solishtirma issiqlik sig'imini hisoblash uchun 5-1 jadvaldagi atom issiqlik sig'implaridan foydalanish kerak bo'ladi.

5-1 jadval

Element	Atom issiqlik sig'imi kJ/(kg K)		Element	Atom issiqlik sig'imi kJ/(kg K)	
	Qattik xolda	Suyuq xolda		Qattik xolda	Suyuq xolda
S	7,5	11,7	F	20,95	29,9
CH	9,6	18,0	P	22,6	31,0
B	11,8	19,7	S	22,6	31,0
Si	15,9	24,3	Qolganlari	26,0	33,6
O	10,8	25,1			

6. Eritmalarning qaynash temperaturasini hisoblash ($P \geq P_{atm}$)

1-usul. Agarda eritmaning ma'lum bosimda 2 ta qaynash temperaturasima'lum bo'lsa quyidagi tenglamadan

$$\frac{\lg P_{A_1} - \lg P_{A_2}}{\lg P_{B_2} - \lg P_{A_2}} = C \quad (5.13)$$

yoki I7- rasmdagi nomogrammadan foydalansa bo'ladi. Bu yerda P_{A_1} va P_{B_1} - bir xil t1 temperaturadagi 2 suyuqlikning to'yingan bug'larining bosimi; P_{A_2} va P_{B_2} bir xil t2 temperaturadagi 2 suyuqlikning to'yingan bug'larining bosimi; S – o'zgarmas konstanta.

2-usul. Agarda eritmaning faqat ma'lum bir bosimda bitta qaynash temperaturasi aniq bo'lsa, boshqa bosimdagi qaynash temperaturasi Babo qoidasidan foydalanib topilishi mumkin.

$$\left(\frac{p}{p_0}\right) = const \quad (5.14)$$

bu yerda r – eritma bug'ining bosimi; p_0 – o'sha temperaturada toza erituvchining to'yingan bug' bosimi.

Konsentrlangan suvli eritmalar uchun (5.14) tenglama professor V.I. Stabnikov topgan koeffitsiyentlarni (5-2- jadval) inobatga olgan holda hisoblash kerak.

5-2- jadval

p/p ₀ nisbati							Tuzatish koeffitsiyenti +Δt, K
0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	
Bosim P, mm sim.ust.							
100	200	400	450	500	550	650	0,9
-	50	200	350	450	500	550	1,8
-	-	100	275	300	350	400	2,6
-	-	-	150	200	250	300	3,6

Agarda erish issiqligi musbat bo'lsa (eritish paytida issiqlik ajralib chiqsa) tuzatish koeffitsiyenti qo'shiladi, manfiy bo'lsa ayriladi.

7. t_{qay} -truba ichida eritmaning o'rtacha qaynash temperaturasi.

$$t_{kon} = t_{kon} + \Delta t_{g,ef} \quad (5.15)$$

bu yerda $t_{g,ef}$ - gidrostatik depressiya yoki gidrostatik bosim hisobiga eritmaning qaynash temperaturasining ortishi (gidrostatik effekt).

MISOLLARNI ISHLASH NAMUNASI

1-MASALA. Boshlang'ich natriy gidroksid eritmasining 1 litrida 79 g suv bor. Bug'latilgan eritmaning 30°C dagi zichligi 1,555 g/sm³ teng, konsentratsiyasi esa 840 g/l, 1 t boshlang'ich eritma uchun bug'latilgan suv miqdorini aniqlang.

Yechish:

Boshlang'ich eritmada erigan moddaning massaviy ulushi quyidagicha topiladi:

$$x_{bosh} = \frac{79}{1000 + 79} = 0,0733$$

oxirgi eritmada esa,

$$x_{ok} = \frac{840}{1555} = 0,54$$

1t boshlang'ich eritmadan bug'latilgan suv miqdori ushbu tenglamadan hisoblanadi:

$$W = G_{bos\grave{h}} \cdot \left(1 - \frac{x_{bos\grave{h}}}{x_{ox}}\right) = 1000 \cdot \left(1 - \frac{0,0733}{0,54}\right) = 865 \text{ kg}$$

MASALALAR

25.1. Atmosfera bosimi ostida va siyraklanish holatida, ya'ni $R_v = 0,8 \text{ kgk/sm}^2$ bo'lganda, suvni bug'latish uchun quruq to'yingan suv bug'ining solishtirma sarfi hisoblansin. Suv bug'ining ikkala holatdagi absolyut bosimi $R_{a6s} = 2 \text{ kgk/sm}^2$ Suvni bug'latish uchun 2 xil holatda: a) temperaturasi 15°S da; b) qaynash holatiga borganda hisoblansin.

25.2 Bug'latish qurilma unumdorligi dastlabki holatdagi eritma bo'yicha 2650 kg/soat bo'lib, eritma konsentratsiyasi 1 litr suvda 50 g tuzni tashkil qiladi. Bug'latilgandan so'ng, eritmaning konsentratsiyasi 1 litr eritmada 295 g tuzni tashkil qiladi. Bug'latilgan eritmaning zichligi 1189 kg/m^3 ni tashkil etdi. Qurilmaning bug'latilgan eritma bo'yicha unumdorligi topilsin.

25.3. 1500 kg xlorli kaliy eritmasining quyuqligini 8% dan 30% (massaviy)gacha o'zgartirilsa qancha suv bug'latiladi?

25.4. 1 m^3 sulfat kislota zichligi 1560 kg/m^3 dan {65,2% (massaviy)} 1840 kg/m^3 zichlikgacha {98,7% (massaviy)} borishi uchun qancha suv bug'latilishi kerak? Quyuqlashtirilgan kislota qanday hajmni egallaydi?

25.5. Oxirgi quyuqligi 32% (massaviy) bo'lgan atmosfera bosimi ostida bug'latilayotgan boshlang'ich quyuqligi 9% bo'lgan eritma $1,4 \text{ t/soat}$ sarf bilan qurilmaga kelib tushmoqda. Suyultirilgan eritma 18°S temperatura bilan bug'latishga kiritilmoqda. Bug'latilgan so'ng, eritma 105°S temperatura bilan qurilmadan chiqmoqda. Suyultirilgan eritmaning solishtirma issiqlik sig'imi $3800 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$. Ortiqcha bosimi $R_{ort} = 2 \text{ kgk/sm}^2$ ga teng bo'lgan isituvchi bug'ning sarfi 1450 kg/soat bo'lib, uni namligi 4,5% ni tashkil etadi. Atrof muhitga yo'qotilayotgan issiqlik miqdori topilsin.

25.6. Tarkibida 2 l suv, 8 kg muz va 5 kg osh tuzidan hosil bo'lgan sovutuvchi aralashmani solishtirma issiqlik sig'imi aniqlansin.

25.7. Eritma tarkibida $0,7 \text{ m}^3$ 100% - li sulfat kislota, 400 kg mis kuprosi ($\text{SiSO}_4\cdot 5\text{H}_2\text{O}$) va $1,4 \text{ m}^3$ suv bor. a) Eritmaning issiqlik sig'imi; b) Eritmani 12°S dan 58°S gacha isitish uchun kerak bo'ladigan absolyut bosimi 2 kgk/sm^2 bo'lgan to'yingan quruq suv bug'ining (sarf) miqdorini aniqlang. Eritmani isitish davomida qurilmaning tashqi muhitga yo'qotgan issiqlik miqdori 25100 kJ ni tashkil etadi. Sulfat kislota va mis kuprosining solishtirma issiqlik sig'imini (5.12) formula yordamida aniqlang.

25.8 7% li suvli eritma atmosfera bosimida $2,69 \text{ t/soat}$ sarf bilan bug'latish qurilmasida bug'latilmoqda. Eritmaning boshlang'ich temperaturasi 95°S oxirgisi 103°S da. Qurilmadagi o'rtacha qaynash temperatura 105°S . Isituvchi to'yingan bug'ning ortiqcha bosimi 2 kgk/sm^2 . Qurilmaning issiqlik almashinish yuzasi 52 m^2 , issiqlik o'tkazish koeffitsiyenti $1060 \text{ Vt/(m}^2 \cdot \text{K)}$. Atrof muhigga yo'qotilayotgan issiqlik miqdori 110000 Vt ga teng.

a) Eritmaning oxirgi quyuqligini (konsentratsiyalanadi)

b) Namligi 5% bo'lgan isituvchi bug'ning sarfini aniqlash

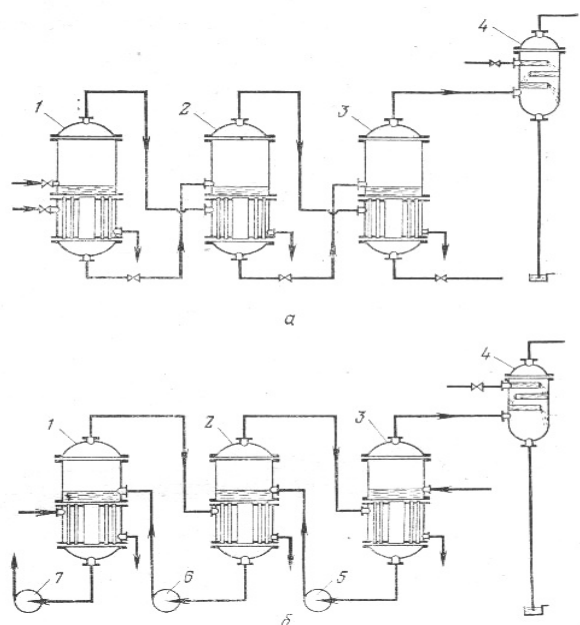
25.9. Atmosfera bosimi ostida 255°S temperatura bilan difenil (S_6N_5)₂ qaynamoqda. Suyuq difenilning solishtirma bug'latish issiqligi va solishtirma sig'imini hisoblab toping!

25.10. Atmosfera bosimida ishlaydigan issiqlik almashinish yuzasi 30 m^2 bo'lgan bug'latish qurilmasida xlorli kaliy eritmasi 9,5% dan 26,6% gacha uzluksiz ravishda quyuqlashtirilmoqda. Eritmaning

boshlang'ich temperaturasi 18°S to'yingan isituvchi suv bug'ining ortiqcha bosimi 2 kg/ sm². Qurilmaning dastlabki unumdorligi (sarfı suyuq eritma bo'yicha) 900 kg/soat, lekin ma'lum vaqtdan so'ng, ko'rsatgich devorlar ifloslanishi tufayli 500 kg/soat gacha pasaydi. Atrof muhitga yo'qotiladigan issiqlik miqdorini hisobga olmagan holda hosil bo'lgan qoplama (nakip) qatlamining qalinligini aniqlang. Qoplamaning $\lambda = 1,4 \text{ Vt}/(\text{m}^2 \text{ K})$ ga teng. Hidrostatik effektни hisobga olmag.

10-AMALIY ISH: ERITMALARNING KRISTALLANISHI. ISITISH, SUYUQLIKLARNI SOVUTISH VA BUG'NI KONDENSATSIYALANISHI.

NaNo₃ning 12% li suv eritmasini 5 l/soat sarfda konsratsiyalash uchun uch korpusli tabiiy sirkulyatsiya qurilmasi hisoblab chiqilsin(5.1-rasm). Eritmaning oxirgi konsratsiyasi 40% (mass.). Bug'latish qurilmasida qaynash temperaturasida isitilgan eritma bug'latish uchun uzatiladi. To'yingan isituvchi suv bug'inig absolyut bosimi 4 kg/sm². Isituvchi trubalar uzunligi 4m. Barometrik kondensatorдagi vakuum 0,8kg·k/sm² ga tengdir.



5.1-rasm. Bug'latishqurilmalariningprinsipialsxemalari.

a - bir xil (parallel) yo'nalishli;

b - qarama-qarshiyo'nalishli;

1-3 – korpuslar; 4- barometrikcondesator; 5-7 – nasoslar

Yechish:

1) Uchala qurilmalarda bug'lanayotgan erituvchining umumiy miqdori:

$$W = G \cdot \left(1 - \frac{X_{bosh}}{X_{ox}}\right) = \frac{5000}{3600} \cdot \left(1 - \frac{12}{40}\right) = 3500 \frac{kg}{ch} = 0,97 \frac{kg}{s}$$

2) Har bir korpusga yuklamani taqsimlash.

Nazariy tahlil va sanoatdagi ko'p yillik natijalar asosida har bir korpusdagi ikkilamchi bug'ning miqdorini aniqlaymiz:

$$W_1:W_2:W_3 = 1,0:1,1:1,2$$

Har bir korpusda hosil bo'lgan ikkilamchi bug' miqdorini topamiz:

1 – korpusda

$$W_1 = \frac{3500 \cdot 1}{3600 \cdot (1 + 1,1 + 1,2)} = 0,295 \frac{kg}{s}$$

2 – korpusda

$$W_2 = \frac{3500 \cdot 1,1}{3600 \cdot (1 + 1,1 + 1,2)} = 0,324 \frac{kg}{s}$$

3 – korpusda

$$W_3 = \frac{3500 \cdot 1,2}{3600 \cdot (1 + 1,1 + 1,2)} = 0,351 \frac{kg}{s}$$

Jami:

$$W = 0,97 \frac{kg}{c}$$

3) Korpuslar bo'yicha eritmaning konsentratsiyasini hisoblash

Eritmaning boshlang'ich konsentratsiyasi x_{bosh} . Birinchi korpusdan ikkinchisiga kirayotgan eritmaning miqdori:

$$G_1 = G_{bosh} - W_1 = \frac{5000}{3600} = 1,39 - 0,295 = 1,09 \frac{kg}{s}$$

konsentratsiyasi esa,

$$x_1 = \frac{G_{bosh} \cdot x_{bosh}}{G_{bosh} - W_1} = \frac{1,39 \cdot 12}{1,39 - 0,295} = 15,2 \%$$

Ikkinchi korpusdan uchinchisiga kirayotgan eritma miqdori:

$$G_2 = G_{bosh} - W_1 - W_2 = 1,39 - 0,295 - 0,324 = 0,77 \frac{kg}{s}$$

konsentratsiyasi esa,

$$x_1 = \frac{G_{bosh} \cdot x_{bosh}}{G_{bosh} - W_1 - W_2} = \frac{1,39 \cdot 12}{1,39 - 0,295} = 15,2 \%$$

Uchinchi korpusdan chiqayotgan eritma miqdori,

$$G_2 = G_{\text{bosha}} - W_1 - W_2 = 1,39 - 0,295 - 0,321 = 0,77 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

konsentratsiyasi esa,

$$x_2 = \frac{1,39 \cdot 12}{0,77} = 21,6 \%$$

4) Korpuslar bo'yicha isituvchi bug' bosimining taqsimlanishi.

Birinchi korpus va barometrik kondensatorlardagi isituvchi bug' bosimlarining farqi.

$$\Delta p = 4,0 - 0,2 = 3,8 \frac{\text{kgk}}{\text{sm}^2}$$

Dastlab ushbu bosimlar farqini korpuslar o'rtasida barobar taqsimlaymiz, ya'ni

$$\Delta p = \frac{3,8}{3} = \frac{1,27 \text{kgk}}{\text{sm}^2}$$

Bunda, korpuslardagi absolyut bosim quyidagicha bo'ladi:

$$3 - \text{korpusda } p_3 = 0,2 \frac{\text{kgk}}{\text{sm}^2} \text{ (berilgan)}$$

$$2 - \text{korpusda } p_2 = 0,2 + 1,27 = \frac{1,47 \text{kgk}}{\text{sm}^2}$$

$$1 - \text{korpusda } p_1 = 1,47 + 1,27 = \frac{2,74 \text{kgk}}{\text{sm}^2}$$

Isituvchi bug' bosimi:

$$p = 2,74 + 1,27 = 4 \frac{\text{kgk}}{\text{sm}^2}$$

Jadvallardan korpuslarda qabul qilingan bosimlar uchun suvning to'yingan bug' temperaturalari va solishtirma bug' hosil qilish issiqliklarini topamiz.

Korpuslar	To'yingan bo'g' temperaturasi, °C	Solishtirma bo'g' xosil qilish issiqligi
1-korpusda	129,4	2179
2-korpusda	110,1	2234
3-korpusda	59,7	2357
Isituvchi bo'g'	148	2241

Ushbu temperaturalar korpuslar bo'yicha ikkilamchi bug'lar kondensatsiyalanish temperaturalari bo'ladi.

5) Korpuslar bo'yicha temperaturaning pasayishini hisoblash.

a) Temperatura depressiyasidan.

36 – jadvaldan atmosfera bosimida eritmalarning qaynash temperaturasi topiladi.

Korpuslar	NaNo3 Konsentrlangan	Qaynash temperaturasi, °C	Depressiya, °C yoki K
1-korpusda	15,2	102	2,0
2-korpusda	21,6	103	3,0
3-korpusda	40,4	107	7,0

Uch korpus bo'yicha depressiyasi

$$\Delta t_{depr} = 2 + 3 + 7 = 12^{\circ}\text{C}$$

b) Hidrostatik effektdepressiyasi

20°C temperaturada NaNO3 eritmaning zichligi tanlanadi [22]:

NaNo3 konsentratsiyasi, %	15,2	21,6	40,0
Zichlik, kg/m ³	1098	1156	1317

Trubalardagi eritmalarning optimal sathda qaynashini hisoblaymiz:

1 – korpusda

$$H_{opt} = [0,026 + 0,0014 \cdot (p_{er} - p_{sup})] H_{tr} = [0,026 + 0,0014 \cdot (1098 - 1000)] \cdot 4 = 1,589 \text{ m}$$

$$p_{ur} = p + 0,5 \cdot p_{er} \cdot g \cdot H_{opt} = 274 + \frac{0,5 \cdot 1098 \cdot 9,8 \cdot 1,589}{9 \cdot 10^4} = \frac{2,827 \text{ kgk}}{\text{sm}^2}$$

$$p_1 = 2,14 \frac{\text{kgk}}{\text{sm}^2} \text{ da } t_{kay} = 129,4^{\circ}\text{C}$$

$$p_{ur} = 2,827 \frac{\text{kgk}}{\text{sm}^2} \text{ da } t_{kay} = 130,6^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{g,ef} = 130,6 - 129,4 = 1,2^{\circ}\text{C}$$

2 – korpusda

$$H_{opt} = [0,026 + 0,0014 \cdot (1156 - 1000)] \cdot 4 = 1,91 \text{ m}$$

$$p_{ur} = 1,47 + \frac{0,5 \cdot 1156 \cdot 9,8 \cdot 1,91}{9 \cdot 10^4} = 1,580 \frac{\text{kgk}}{\text{sm}^2}$$

$$p_1 = 1,47 \frac{\text{kgk}}{\text{sm}^2} \text{ da } t_{kay} = 59,7^{\circ}\text{C}$$

$$p_{ur} = \frac{1,580 \text{ kgk}}{\text{sm}^2} \text{ da } t_{kay} = 112,3^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{g,ef} = 112,3 - 110,1 = 2,2^{\circ}\text{C}$$

3 - korpusda

$$H_{opt} = [0,026 + 0,0014 \cdot (1317 - 1000)] \cdot 4 = 2,81 \text{ m}$$

$$p_{ur} = 0,20 + \frac{0,5 \cdot 1317 \cdot 9,8 \cdot 2,81}{9 \cdot 10^4} = 0,385 \frac{\text{kgk}}{\text{sm}^2}$$

$$p_1 = \frac{0,20 \text{kgk}}{\text{sm}^2} \text{ da } t_{kay} = 59,7^{\circ}\text{C}$$

$$p_{ur} = \frac{0,385 \text{kgk}}{\text{sm}^2} \text{ da } t_{kay} = 74,4^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{g,ef} = 74,4 - 59,7 = 14,7^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Jami: } \sum \Delta t_{g,ef} = 1,2 + 2,2 + 14,7 = 18,1^{\circ}\text{C}$$

v) Gidravlik qarshilik depressiyasi

Har bir korpus oralig'ida temperaturalar pasayishini 1K deb qabul qilamiz. Oraliqlar hammasi bo'lib 3 (1-2, 2-3, 3- kondensator). Demak,

$$\Delta t_{g,k.} = 1 \cdot 3 = 3K$$

Butun qurilma uchun temperaturalar yo'qotilishining yig'indisi:

$$\sum \Delta t_{yuk} = 1 + 18,1 + 3 = 33,1K$$

6) Temperaturalarning foydali farqi.

Temperaturalarning umumiy farqi:

$$143 - 59,7 = 83,3^{\circ}\text{C}$$

Demak temperaturalarning foydali farqi

$$\Delta t_{foyd} = 83,3 - 33,09 = 50,2^{\circ}\text{S}$$

7. Korpuslarda qaynash temperaturalarini aniqlaymiz

3 – korpusda

$$t_3 = 59,7 + 1 + 7 + 14,69 = 82,4^{\circ}\text{S}$$

2 korpusda

$$t_2 = 110,1 + 1 + 3 + 2,2 = 116,3^{\circ}\text{S}$$

1 korpusda

$$t_1 = 129,4 + 1 + 2 + 1,2 = 133,6^{\circ}\text{S}$$

8. Har bir korpus uchun issiqlik o'tkazish koeffitsiyentini aniqlaymiz.

Qurilmadagi eritmalarning qaynash temperaturasi va konsentratsiyasiga qarab maxsus adabiyotlardan 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 uchuch tegishli kriterial tenglamalar yordamida issiqlik berish koeffitsiyentlaridan issiqlik o'tkazish koeffitsiyenti topiladi. Hisoblash paytida trubalarda qaynash natijasida hosil bo'lgan qoplama qalinligini ($\delta = 0,5 \text{ mm}$) inobatga olish kerak.

Dastlabki hisoblar asosida quyidagi qiymatlarni qabul qilamiz.

$$1 - \text{korpus uchun} \quad K_1 = 1700 \text{ Vt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

$$2 - \text{korpus uchun} \quad K_2 = 990 \text{ Vt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

$$3 - \text{korpus uchun} \quad K_3 = 580 \text{ Vt}/(\text{cm}^2 \cdot \text{K})$$

Tuzning suvli eritmalarini bug'latish jarayonida korpuslar bo'yicha issiqlik o'tkazish koeffitsiyentlarining tahminiy nisbati quyidagicha:

$$K_1 : K_2 : K_3 = 1 : 0,58 : 0,34$$

9. Korpuslar bo'yicha issiqlik balanslarini tuzamiz.

Tahminiy hisoblarni soddalashtirish maqsadida issiqlik balanslarini issiqlik yo'qotilishini hisobga olmagan holda tuzamiz va bir korpusdan ikkinchisiga eritma o'rtacha qaynash temperaturasida o'tadi deb qabul qilamiz.

Shartga binoan 1 - korpusga bug'latish uchun eritmani qaynash temperaturasigacha qizdirilgan holda uzatiladi.

1 - korpusda issiqlik sarfining miqdori,

$$Q_1 = W_1 \cdot r_1 = 0,295 \cdot 2179 \cdot 103 = 643000 \text{ Vt}$$

2 - korpusga eritma o'ta qizdirilgan holda beriladi va issiqlik sarfining miqdori:

$$Q_2 = W_2 \cdot r_2 - G_1 \cdot c_1 \cdot (t_1 - t_2) = 0,324 \cdot 2234 \cdot 103 - 1,094190 \cdot 0,848 \cdot (133,6 - 116,3) = 657000 \text{ Vt}$$

1 - korpusdan chiqayotgan ikkilamchi bug' beradigan issiqlik miqdori

$$W_1 \cdot r_1 = 643000 \text{ Vt. Issiqlik kirishi va sarf bo'lishining farqi 1\%.$$

3 - korpusdagi issiqlik miqdorining sarfi

$$Q_3 = W_3 \cdot r_3 = G_3 \cdot c_3 \cdot (t_2 - t_3) = 0,351 \cdot 2357 \cdot 10^3 - 0,77 \cdot 4190 \cdot 0,784 (116,3 - 82,7) = 743000 \text{ Vt}$$

10. 1-korpusda isituvchi bug' sarfi

$$G_{ib} = \frac{643000}{2141 \cdot 10^3} = 0,3 \text{ kg/s}$$

11. Foydali temperaturalar farqining korpuslar bo'yicha taqsimlanishi. Bu 2 usul yordamida qilish mumkin: hamma qurilmalarning isitish yuzasi bir xil bo'lgan sharoitda va umumiy isitish yuzasi eng kam bo'lgan sharoitlarda topish mumkin, ya'ni Q/K ga va $\sqrt{Q/K}$ ga proporsionallik shartidan.

Proporsionallik faktorlarini topamiz:

Nisbat	$\frac{Q}{K}$	$\sqrt{\frac{Q}{K}} \cdot 10^3$
--------	---------------	---------------------------------

1 - korpus	$\frac{643000}{17000} = 378$	615
------------	------------------------------	-----

2 - korpus	$\frac{657000}{990} = 664$	815
------------	----------------------------	-----

3- korpus	$\frac{743000}{580} = 1280$	1131
-----------	-----------------------------	------

$$\sum \frac{Q}{K} = 2322 \qquad \sum \sqrt{\frac{Q}{K}} \cdot 10^3 = 2561$$

Foydali temperaturalar farqi korpuslar bo'yicha quyidagicha aniqlanadi:

korpuslarning isitish

umumiy isitish yuzasi

yuzasi bir xil variant

eng kam variant

$$\Delta t_1 = \frac{\frac{Q^1}{K^1} \cdot \Delta t}{\sum \frac{Q}{K}} = \frac{50,21 \cdot 378}{2322} = 8,174; \qquad \Delta t_1 = \frac{\frac{\sum \sqrt{\frac{Q^1}{K^1}} \cdot \Delta t}{\sum \frac{Q}{K}}}{\sum \frac{Q}{K}} = \frac{50,21 \cdot 615}{2561} = 12,057$$

$$\Delta t^2 = \frac{50,21 \cdot 664}{2322} = 14,358;$$

$$\Delta t^2 = \frac{50,21 \cdot 815}{2561} = 15,978;$$

$$\Delta t^2 = \frac{50,21 \cdot 1280}{2322} = 27,682;$$

$$\Delta t^2 = \frac{50,21 \cdot 1131}{2561} = 22,174;$$

12. Har bir korpusning isituvchi yuzasi topiladi

korpuslarning isitish

umumiy isitish yuzasi

yuzasi bir xil variant

eng kam variant

$$F_{1=K^1 \cdot \Delta t^1} = \frac{Q^1}{1700 \cdot 8,174} = 46,27;$$

$$F_{1=K^1 \cdot \Delta t^1} = \frac{Q^1}{1700 \cdot 12,057} = 31,27;$$

$$F_2 = \frac{657000}{990 \cdot 14,358} = 46,22 ;$$

$$F_2 = \frac{657000}{990 \cdot 15,978} = 41,58 ;$$

$$F_3 = \frac{743000}{580 \cdot 27,682} = 46,28 ;$$

$$F_3 = \frac{743000}{990 \cdot 27,682} = 57,77 ;$$

$$\sum F = 138,8 \text{ m}^2$$

$$\sum F = 138,8 \text{ m}^2$$

Demak, korpuslarning bir xil issiqlik almashinish yuzalari bo'lganda, umumiy isitish yuzasi atigi 6% ga ko'pdir. Shuning uchun, korpuslarning isitish yuzasi bir xil variant qabul qilinadi, chunki bu variant qurilmalarning bir xilligini taminlaydi.

Korpuslar bo'yicha bosim va ikkilamchi bug' temperaturasini tekshiramiz.

Korpus	Qaynash temperaturasi $\Delta t \text{ qay} = t_{gm} - \Delta t_{foyd}$	Ikkilamchi bug' kondensatining temperaturasi °S $t_0 = t_{qay} - \sum \Delta t_{yo'q}$	Bosim Rabs kgk/sm ²
1	143,0 - 10,1 = 132,9	132,9 - 3,59 = 129,3	2,7
2	129,3 - 17,6 = 111,7	111,7 - 4,96 = 106,7	1,31
3	106,7 - 33,4 = 73,3	73,3 - 13,52 = 60,0	0,2

Shundan so'ng, atrof muhitga issiqlik yo'qotilishini va temperatura, bosimlarning korpuslar bo'yicha taqsimlanishini bir muncha o'zgariganini hisobga olib, korpuslarning isitish yuzlari topilgani tufayli qurilmaning aniq hisobi o'tkaziladi.

MASALALAR

26.1. Konsentratsiyasi 15 dan 70% gacha ortishi uchun 1000 kg qand eritmasining qancha suvini bug'latish kerak?

26.2. 15% li qand eritmasining solishtirma issiqlik sig'imini hisoblang.

26.3. 70% li kand eritmasining solishtirma issiqlik sig'imini toping.

26.4. Qand eritmasi $x_{bosh} = 15\%$ (quruq modda hisobida) dan $x_{ox} = 65\%$ gacha atmosfera bosimida bug'latish qurilmasida quyulash tirilmoqda. Qurilmaning isitish yuzasi $G' = 65 \text{ m}^2$, qaynatish trubasining uzunligi 3,5 m, isitish va bug'latish davrlari uchun issiqlik o'kazish koeffitsiyenti $K = 1100 \text{ Vt}/(\text{m}^2\text{K})$. Isituvchi agent sifatida temperaturasi 140°S bo'lgan to'yingan suv bug'i ishlatilmoqda.

Bug'latish qurilmasiga eritma

a) $t_0 = 20^\circ\text{S}$;

b) $t_0 = t_{qay.}$;

v) qaynash temperaturasi 20°S dan ko'p bo'lgan uch variantda kirayotgan bo'lsa, boshlang'ich eritma hisobida qurilmaning ish unumdorligi hisoblansin.

26.5. Boshlang'ich eritma hisobida 2650 kg/soat miqdoridagi ish unumdorlikka ega bug'latish qurilmasida yog'sizlantirilgan sut bug'latilmoqda. Boshlang'ich mahsulot konsentratsiyasi 5% (quruq modda hisobida). quyultirilganiniki esa – 29,5 % (quruq modda hisobida, KM).

Tayyor mahsulot bo'yicha qurilmaning ish unumdorligi hisoblansin.

26.6. Temperaturasi 15°S va boshlang'ich konsentratsiyasi 7 % (KM) bo'lgan 2,69 t/soat tomat sharbati atmosfera bosimida bug'latish qurilmasida quyulqashtirilmokda. Sharbatning qaynash temperaturasi 103°S , isituvchi bug' bosimi $r_{abs}=295$ kPa, qurilmaning issiqlik almashinish yuzasi 52 m², issiqlik o'tkazish koeffitsiyenti 974,4 Wt/(m K). Atrof muhitga issiqlikning yo'qotilishi 12,2 kVt.

Eritmaning oxirgi konsentratsiyasini toping.

26.7. Kand eritmasi 15 dan 65% (KM) quyulqashtirish uchun, sirkulyatsion ko'p korpusli bug'latish qurilmasida necha dona korpus bo'lishi kerak.

Birinchi korpusda isituvchi bug' bosim $r_{abs}=323$ kPa, kondensatordagi qoldik bosim 19,6 kPa. Hamma korpuslardagi temperaturalar yo'qotilishining yig'indisi $\sum \Delta t_{yo'q} = 41^{\circ}\text{S}$ deb qabul qilinsin. Har bir korpusdagi ruxsat olingan temperaturalar foydali farqi 8°S dan yuqori.

26.8 Boshlang'ich konsentratsiya 10% (KM) 1000 kg/soat sarfda eritma 2-korpusli bug'latish qurilmasida quyulqashtirilmoqla 1-korpusda eritmaning oxirgi konsentratsiyasi 15% (KM). 2- korpusda esa - 30% (KM) 1-korpusda qaynash temperaturasi 100°S , 2-da esa - 95°S

2-korpusda bug'latilgan suv miqdori aniqlansin.

26.9. Bir yo'nalishli sxema bo'yicha ishlovchi ikki korpusli bug'latish qurilmasiga 1000 kg/soat miqdorida quyultirilgan glyukoza eritmasi berilmokda. Eritmaning boshlang'ich konsentratsiyasi 8% (KM), oxirgisi esa - 30% (KM).

1-korpusda bug'latish $r=98,1$ kPa, $t=105^{\circ}\text{S}$ da, 2-korpusda esa – $r=29,4$ kPa va $t=80^{\circ}\text{S}$ da olib borilmoqda.

2-korpusda 400 kg/soat miqdorda ikkilamchi bug' hosil bo'lmoqda, shundan bir qismi chetga (ekstra bug'), boshqa zaruriyat uchun olinmoqda. Chetga olinayotgan ekstra bug' miqdori aniqlansin.

26.10. Qand sharbati eritmasi 15 va 65% (KM) gacha bir yo'lli uch korpusli bug'latish qurilmasida bug'latilmoqda. Boshlang'ich eritma sarfi 5500 kg/soat va u bug'latish qurilmasiga qaynash temperaturasi kiritilmoqda. Isituvchi bug' bosimi (1-korpus) $r_{abs} = 343$ kPa, oxiri korpusdagi ikkilamchi bug' bosimi $r_{abs}=108$ kPa. Hamma korpuslarniig issiqlik almashinish yuzasi teng bo'lishi kerak. Ushbu jarayon uchun tabiiy, ichki sirkulyatsiyali bug'latish qurilmalari qo'llanilsin.

11-AMALIY ISH: MASSA ALMASHINISH JARAYONLARI. MASSA ALMASHINISH TURLARI.

I. Suyuqlik-gaz (bug') ikki komponentli sistemalarning tarkibini ifoda etish usullari 6-1 jadval keltirilgan.

№ t/r	K o n s y e n t r a s i y a	A-komponent konsentratsiyasining belgilanishi	
		Suyuq fazada	Gaz fazada
1.	Mol ulushi, kmol A/kmol(A+ B)	$\frac{x}{x}$	$\frac{x}{y}$
2.	Massaviy ulushi, kg A/k (A + B)	x	y
3.	Nisbiy mol konsentratsiya ulushi, kmol A/kmol B	X	U
	Nisbiy massaviy konsentratsiya ulushi, kg A/ t B	X	U
4.	Hajmiy mol konsentratsiya kmol A/m ³ (A + B)	S_x	S_u
5.	Hajmiy massaviy konsengrasiya, kg A/m ³ (A + B)	S_x	S_u
6.			

2. Gaz fazadagi komponent konsentratsiyasi uniig parsial bosimi orqali ifodalanishi mumkin. Klapeyron va Dalton tenglamasiga binoan ideal gaz aralashmasining istalgan komponenti uchuch massaviy (hajmiy) ulushi quyidagicha topiladi:

$$y = \frac{P}{\Pi} \quad (6.1)$$

bu yerda r - gaz aralashmasi komponentining parsial bosimi;

$\Pi = r_A + r_B + r_S + \dots$ - gaz yoki bug'lar aralashmasining umumiy bosimi bo'lib, hamma komponentlarining umumiy bosimi.

3. Ideal eritmalar uchun fazalararo muvozanat qonuni.

a) Genri qonuni:

$$r^* = YE \cdot \chi \quad (6.2)$$

r^* - gaz aralashma komponentining parsial bosimi; χ - suyuqlikdagi komponentning mol ulushi; YE- Genri koeffitsiyenti, suyuqlik va gazning temperaturasi va xossalariga bog'liq. Uning son qiymatlari ilovaning 74-jadvalida keltirilgan.

Agar (6.2) tenglamaga (6.1) ning $r^* = u^*P$ ko'rinishini qo'ysak, quyidagi tenglamani olamiz:

$$u^* = t \cdot x \quad (6.3)$$

bu yerda u^* - suyuqlik bilan muvozanatdagi gaz fazadagi komponentning mol ulushi $t = YE/P$ - o'lchamsiz koeffitsiyenti $t = \text{const}$ va $P = \text{const}$ bo'lganda gaz-suyuqlik sistemasi uchun o'zgarmasdir.

b) Raul qonuni:

$$r^* = R \cdot x \quad (6.4)$$

bu yerda r^* - suyuqlik ustidagi muvozanat sharoitidagi bug'-gaz aralashmasi komponentining parsial bosimi; R - toza komponent to'yingan bug'ining bosimi - temperaturaga bevosita bog'liqdir; x - suyuqliqdagi komponentning mol ulushi.

Agarda, $r^* = u^* P$ ni (6.4) tenglamaga qo'ysak quyidagi ko'rinishga ega bo'lamiz:

$$y^* = \frac{P}{\Pi} \cdot \chi \quad (6.5)$$

bu yerda u^* - suyuqlik bilan muvozanatdagi bug' fazadagi komponentning mol ulushi.

6. Fazalarni ajratuvchi yuza bo'ylab harakat qilganda, ularning konsentratsiyalari o'zgaradi. Natijada jarayonni harakatga keltiruvchi kuchi xam o'zgaradi. Shu sababli, modda o'gkazishni asosiy tenglamasiga o'rtacha harakatlantiruvchi kuch tushunchasi Δx_{ur} va Δu_{ur} kiritiladi:

$$M = K_u \cdot F \cdot \Delta u_{ur} \quad (6.6)$$

$$M = K_x \cdot F \cdot \Delta x_{ur}$$

bu yerda M - tarqalgan modda massasi, kg; A – fazalarni ajratuvchi yuzasi, m²; Δx_{ur} yoki Δu_{ur} - modda almashinish jarayonining o‘rtacha harakatlantiruvchi kuchi.

$$\Delta x_{ur} = \frac{\Delta x_{ka} - \Delta x_{kich}}{2.3 \cdot \lg \frac{\Delta x_{ka}}{\Delta x_{kich}}} \quad (6.7)$$

$$\Delta y_{ur} = \frac{\Delta y_{ka} - \Delta y_{kich}}{2.3 \cdot \lg \frac{\Delta y_{ka}}{\Delta y_{kich}}} \quad (6.8)$$

bu yerda Δu_{ka} - qurilmaning birinchi (yoki ikkinchi) chekkasidagi konsentratsiyalarning katta farqi; Δu_{ka} - qurilmaning ikkinchi (yoki birinchi) chekkasidagi konsentratsiyalarning kichik farqi.

Agarda, $\Delta u_{ka} / \Delta u_{ka} < 2$ bo‘lsa, texnikaviy hisoblar uchun modda o‘tkazishning harakatlanuvchi kuchi o‘rtacha arifmetik qiymat orqali topiladi:

$$\Delta x_{ur} = \frac{\Delta x_{ka} + \Delta x_{kich}}{2} \quad (6.9)$$

$$\Delta y_{ur} = \frac{\Delta y_{ka} + \Delta y_{kich}}{2} \quad (6.10)$$

MISOLLARNI ISHLASH NAMUNASI

1-masala. Suyuq aralashma tarkibi 58,8 % (mol) toluol va 41,2% (mol) CCl_4 dan iborat. Toluolning nisbiy massaviy konsentratsiyasi

va ekstraksiyasi $\bar{x} \left(\frac{kg.toluol}{kg.CCl_4} da \right)$ va uning hajmiy massaviy konsentratsiyasi C_x (kg/m²) aniqlansin.

Yechish:

Toluolning nisbiy massaviy konsentratsiyasi quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$\bar{x} = \frac{M_{molx}}{M_{CCl_4} \cdot (1 - x)}$$

bu yerda $M_{tol} = 92$ kg/kmol - toluolning mol massasi; $M_{Cl_4} = 154$ kg/kmol; x - toluolning mol ulushi.

Son qiymatlarni formulaga qo‘yib, quyidagi natijani olamiz:

$$\bar{x} = \frac{92 \cdot 0,588}{154 \cdot 0,412} = 0,853 \frac{kg.toluol}{kg.CCl_4}$$

Toluolning hajmiy massaviy konsentratsiyasi \bar{C}_x ni hisoblash uchun aralashmaning zichligi ρ_{ar} ni bilish zarur. Buning uchun, avval toluolning massaviy ulushi \bar{x} ni aniqlash kerak.

K.F.Pavlov va boshqalar kitobidagi [7] 6.2 - jadvaldan formula tanlab, so‘ng hisoblanadi.

$$\bar{x} = \frac{x}{1 + \bar{x}} = \frac{0,853}{1,853} = 0,461$$

Ikkala fazalarning zichligi 28-jadvaldan topiladi:

toluol uchun	$\rho_{tol} = 870$ kg/m ³ ;	CCl_4 uchun	$\rho = 1630$ kg/m ³ ;
--------------	--	---------------	-----------------------------------

Aralashtirish paytida hajm o‘zgarmaydi deb hisoblab, 1 kg aralashmaning hajmini anqlaymiz:

$$\frac{0,461}{870} = \frac{0,539}{1630} = 0,862 \cdot 10^{-3} m^3$$

Aralashmaning zichligi esa,

$$\rho_{ar} = \frac{1}{0,862 \cdot 10^{-3}} = \frac{1160 \text{ kg}}{\text{m}^3}$$

Aralashma zichligini boshqa usul bilan ham topsa bo'ladi:

$$\rho_{ar} = \frac{1 - \bar{X}}{\frac{1}{\rho_{CCl_4}} + \frac{1}{\rho_{mol}}} = \frac{1 + 0,853}{\frac{1}{1630} + \frac{1}{870}} = 1160 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Tuluolning hajmiy massaviy konsentratsiyasi quyidagiga teng bo'ladi:

$$\bar{S} = \rho \cdot \bar{x} = 1160 \cdot 0,461 = 535 \text{ kg/m}^3$$

MASALALAR

27.1. O'zaro hajmlari teng bo'lgan benzol va nitrobenzol suyuqliklari aralastirilgan. Aralashmaning hajmi tashkil etuvchi komponentlar hajmlari yig'indisiga teng deb olib, aralashmaning zichligini, nitrobenzolning X solishtirma massaviy konsentratsiyasini va uning hajmiy molyar konsentratsiyasini C_x ni aniqlang.

27.2. Suyuq aralashmaning tarkibi quyidagilardan iborat: 20% xloroform, 40% atseton va 40% foizlar molekulyar holatda hisoblangan. Komponentlarni bir-biriga aralastirish natijasida hajmlari o'zgarmaydi deb hisoblab, aralashmaning zichligini hisoblab toping.

27.3. Havo etil spirtining bug'i bilan to'yintirilgan. Bu havo-bug' aralashmasining umumiy bosimi 600 mm.sim.ust, temperaturasi 60°C. Ikkala tashkil etuvchilar ideal gaz hisoblanib, aralashmadagi etil spirtining nisbiy massaviy konsentratsiyasi Y va aralashma zichligini aniqlang.

27.4. Tarkibida 26% vodorod 60% metan va 14% etilen gazlari bo'lgan aralashma bosimi $P_{abs} = 40 \text{ kg/cm}^2$ va temperaturasi 20°C (% molyar holatda hisoblangan). Aralashma gazlarini ideal hisoblab, ularning hajmiy massaviy konsentratsiyalarini C_y (kg/m³) aniqlang.

27.5. Atmosfera bosimi ostida binar aralashma bug'lari tarkibida 50% xloroform va 50% benzol bo'lgan, tarkibida 44% xlorofori va 56% (% molyar holatda hisoblangan) benzol bo'lgan suyuqlik bilan to'qnashmoqda.

- Xloroform va benzol qaysi aralashmadan qaysinisi ga tomon harakat qilishini;
- Bug' va suyuqlik fazalari bo'yicha bug'ning suyuqlikka kirishida modda o'tkazish jarayonini harakatga keltiruvchi kuchning (molyar ulushda) aniqlang.

Muvozanat tarkibi bo'yicha ma'lumotlar 62 - jadvalda berilgan.

12-AMALIY ISH: ABSORBSIYA. REKTIFIKATSIYA VA HAYDASH.

Modda o'tkazish va berish koeffitsiyentlari o'rtasidagi bog'liqlikni aniqlash uchun fazalarni ajratib turuvchi yuzada muvozanat xolati o'rnatilgan deb faraz qilinadi. Bu hol fazalarni ajratuvchi chegaradan moddaning o'tishiga qarshilik yo'q degan ma'noni bildiradi. Natijada fazaviy qarshiliklarning additivlik qoidasi kelib chiqadi. Asosan K va β o'rtasida quyidagi bog'liqliklar bor:

Agarda, asosiy diffuziya qarshiligi gaz fazada, ya'ni

$$\frac{m}{\beta_x} \ll \frac{1}{\beta_y} \quad (6.13)$$

bo'lsa,

$$K_u \approx \beta_u \quad (6.14)$$

Agarda, asosiy diffuziya qarshiligi suyuqlik fazada, ya'ni

$$\ll \frac{1}{\beta_x} \quad (6.15)$$

bo'lsa,

$$K \approx \beta_u \text{ bo'ladi} \quad (6.16)$$

Olingan natijalarni va (6.11) - (6.12) formulalar tahlil qilinsa, quyidagi ko‘rinishdagi tenglama kelib chiqadi:

$$K_y = \frac{K_x}{m} \quad (6.17)$$

8. Turg‘un modda almashinish jarayonlarining o‘xshashlik diffuzion kriteriyalari. Nussult diffuziya kriteriyasi quyidagi ko‘rinishga ega:

$$Nu = \frac{\beta \cdot l}{D} \quad (6.18)$$

Pekle diffuziya kriteriyasi esa:

$$Pr' = \frac{w \cdot l}{D} \quad (6.19)$$

Prandtl diffuziya kriteriyasi esa:

bu yerda ν - kinematik qovushqoqlik koeffitsiyenti, m^2/s ; D molekulyar diffuziya koeffitsiyenti, m^2/s .

9. Agarda, biror A gazning V gazda (yoki V gazning A gazdagi) molekulyar diffuziya koeffitsiyentlarining tajribaviy natijalari yo‘q bo‘lsa, uning koeffitsiyentini quyidagi formula yordamida hisoblash mumkin:

$$D_g = \rho \cdot (V_A^{0,33} + V_V^{0,33})^2 \cdot \sqrt{\frac{1}{M_A} + \frac{1}{M_V}} \quad (6.21)$$

Bu yerda D_g - diffuziya koeffitsiyenti, m^2/s ; T - temperatura K; R - bosim (absolyut), kgk/sm^2 ; M_A , M_V - A va V gazlarning mol massasi; v_A , v_B - A va V gazlarning mol hajmi.

Biror T_1 temperatura bosimi R_1 da diffuziya koeffitsiyenti D_1 ma‘lum bo‘lsa, T_1 va R_2 dagi diffuziya koeffitsiyenti quyidagi formula yordamida topilishi mumkin:

$$D_2 = D_1 \cdot \frac{P_1}{P_2} \cdot \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{1,5} \quad (6.22)$$

Temperaturasi $20^\circ S$ suyuqlikdagi diffuziya koeffitsiyentini ushbu formula orqali tahminan hisoblash mumkin:

$$D_s = \frac{1 \cdot 10^{-6}}{A \cdot B \cdot \sqrt{\mu \cdot (V_A^{0,33} + V_V^{0,33})^2}} \cdot \sqrt{\frac{1}{M_A} + \frac{1}{M_V}} \quad (6.23)$$

bu yerda μ – dinamik qovushqoqlik koeffitsiyenti.

Suvda erigan ba‘zi moddalar uchun A koeffitsiyentning son qiymatlari:

Gazlar uchun	A = 1,0
Etil spirti uchun	A = 1,24
Metil spirti uchun	A = 1,29
Sirka kislotasi uchun	A 1,27

V koeffitsiyentning son qiymatlari:

Suv uchun	V = 4,7
Etil spirti uchun	V = 2,0
Metil spirti uchun	V = 2,0
Atseton uchun	V = 1,15
Assotsiatsiyalanmagan suyuqliklar uchun	V = 1,0

Ma'lum bir t temperaturada suyuqlikda erigan gazning diffuziya koeffitsiyenti D ning diffuziya koeffitsiyenti D_{20} (20°S temperaturada) bilan bog'liqligi ushbu tahminiy formula orqali ifodalanadi:

$$D_1 = D_{20} \cdot [1 + b \cdot (t - 20)] \quad (6.24)$$

bu yerda b - temperatura koeffitsiyenti va u ushbu empirik tenglama yordamida aniqlanishi mumkin.

MISOLLARNI ISHLASH NAMUNASI

1-masala. $1000 \text{ m}^3/\text{soat}$ miqdordagi gaz aralashmasidan butan va propanni to'liq ajratib olish uchun mol massasi 224 kg/kmol - suyuqtuvchining nazariy minimal sarfi aniqlansin. Gaz aralashmasi tarkibida 15% (hajmiy) propan va 10% (hajmiy) butan bor. Absorber ichidagi bosim 3 kgk/sm^2 , temperatura esa 30°C . Propan va butanning yutuvchida erishi Raul qonuni bilan ifodalanadi.

YE ch i sh :

Skrubberdan oqib chiqayotgan yuvuvchi tarkibidagi propanning maksimal konsentratsiyasi (6.5) formuladan topiladi:

$$x_p^* = \frac{P}{R_p} \cdot y_p = \frac{294}{981} \cdot 0,15 = 0,045$$

bu yerda $r_p = 981 \text{ kPa}$ (10 kgk/sm^2) - 30°C temperaturadagi propanning to'yingan bug'i bosimi.

Gaz aralashmadan yutilishi kerak bo'lgan propan miqdori ushbu tenglamadan aniqlanadi:

$$G_p = \frac{V \cdot y_p}{22,4} = \frac{1000 \cdot 0,15}{22,4} = 6,7 \frac{\text{kmol}}{\text{soat}}$$

Propanni yutish uchun yutuvchining minimal sarfi ushbu tenglamadan topiladi:

$$\frac{L_{\min} \cdot x_p}{1 - x_p} = G_p$$

Undan

$$L_{\min} = \frac{G_p \cdot (1 - x_p^*)}{x_p^*} = \frac{6,7 \cdot 0,955}{0,045} = 142 \frac{\text{kmol}}{\text{soat}}$$

yoki

$$142 \cdot 224 = 31800 \frac{\text{kg}}{\text{soat}}$$

Skrubberning pastki qismidan oqib chiqayotgan yutuvchi tarkibidagi eng ko'p bo'lishi mumkin bo'lgan butan konsentratsiyasi quyidagi hisoblanadi:

$$x_b^* = \frac{P}{R_b} \cdot y_b = \frac{294}{265} \cdot 0,10 = 0,11$$

bu yerda $r_b = 265 \text{ kPa}$ - 30°C temperaturadagi butanning to'yingan bug'i bosimi.

Yutilayotgan butan miqdori

$$G_b = \frac{V \cdot y_b}{22,4} = \frac{1000 \cdot 0,10}{22,4} = 4,47 \frac{\text{kmol}}{\text{soat}}$$

Butanni yutish uchun yutuvchining minimal sarfi ushbu tenglamadan topiladi:

$$L_{\min} = \frac{G_b \cdot (1 - x_b^*)}{x_b^*} = \frac{4,47 \cdot 0,89}{0,11} = 36,1 \frac{\text{kmol}}{\text{soat}}$$

Propan uchun

$$L_{\min} = 142 \frac{\text{kmol}}{\text{soat}}$$

Butan uchun

$$L_{\min} = 36,1 \frac{\text{kmol}}{\text{soat}}$$

Butanni to'liq yutishi uchun zarur yutuvchining minimal sarfi, propanni yutishga keragidan ancha kam bo'ladi

Demak, miqdordagi yutuvchida butan to'liq yutiladi.

NASADKALI ABSORBERLARNI HISOBLASH

Absorberdan gaz o'tganda naporning yo'qotilishi sodir bo'ladi. Uning miqdori nasadkaning harakteriga gazning tezligi, namlanish zichligiga bog'liq. Quruq nasadkadagi naporning yo'qotilish yoki quruq nasadkaning qarshiligi quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta R_k = \lambda \cdot \frac{H}{d_e} \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2} \quad (6.26)$$

bu yerda H - nasadka qatlamining balandligi, m; $d_e = 4 \cdot \varepsilon / a$ nasadka elementlari tashkil qilgan kanallarning ekvivalent diametri, m; $w - w_0/\varepsilon$ - nasadka qatlamidagi gazning haqiqiy tezligi m/s, ε - nasadkalar orasidagi bo'shliq; a - nasadkalarining solishtirma yuzasi, m^2/m^3 ; λ - ishqalanish va mahalliy qarshiliklarni yengish uchun ketgan bosimning yo'qotilishini hisobga oluvchi qarshilik koeffitsiyenti.

Qarshilik koeffitsiyenti λ ning qiymati Re kriteriyasiga bog'liq. U nasadkaning turli elementlari uchun gazning harakat rejimiga bog'liq bo'lib, asosan empirik tenglamalar bilan aniqlanadi:

Agarda $Re < 40$, ya'ni laminar rejim bo'lsa,

$$\lambda = \frac{140}{Re} \quad (6.27)$$

Turbulent rejimdagi gazning harakati uchun, ya'ni $Re > 40$ bo'lsa:

$$\lambda = \frac{140}{Re^{0.2}} \quad (6.28)$$

Kolonnada -tartibsiz joylashtirilgan xalqali nasadkalar uchun

$$\lambda = \frac{140}{Re^{0.375}} \quad (6.29)$$

Namlangan nasadkalar gidravlik qarshiligi Δp_x quruq, nasadkalaridan katta, chunki suyuqlik ma'lum miqdori nasadkaning xo'llanishi natijasida uning yuzasida va uning tor kanallarida ushlanib qoladi. Xo'llangan nasadkaning gidravlik qarshiligi Δp_x ushbu taxminiy empirik formula orqali topiladi:

$$\Delta p_x = 10^{bu} \cdot \Delta p_k \quad (6.30)$$

bu yerda i - namlash zichligi, m^3/m^2 ; b - nasadkaning kattaligi va namligiga qarab tajriba orqali aniqlanadigan koeffitsiyent.

Namlangan faza a_n ning hamma nasadka elementlarining solishtirma yuzasining a ga nisbati nasadkaning namlash koeffitsiyenti ψ ni beradi:

$$\psi = \frac{a_n}{a}$$

Nasadkaning namlanish koeffitsiyenti quyidagi tenglama bilan aniqlanishi ham mumkin

$$\psi = 1 - \Phi \cdot e^{-m}$$

Daraja ko'rsatkichi t ning qiymati:

$$m = c \cdot Re_c^t = c \cdot \left(\frac{4 \cdot u \cdot \rho}{a \cdot \mu} \right)^t$$

Nasadkaning turiga qarab, A , c va p larning miqdori maxsus adabiyotlardan topiladi. Masalan, Rashina halqasi uchun $A=1,02$, $c=0,16$; $t=0,4$

Absorbrenin diametri quyidagi tenglamadan aniqlanadi:

$$u = \frac{L_o}{0,785 \cdot \Gamma^2}$$

bu yerda L - absorberdagi hajmiy sarf, m^3/s .

Absorberning ish balandligi nasadkalarining hajmiga qarab aniqlanadi. Nasadkaning hajmi esa, o'z navbatida, xuddi shu nasadka uchun uning modda o'tkazish yuzasiga bog'liq. Bu holda nasadkaning hajmi:

$$V_{nac} = H \cdot S = \frac{F}{a \cdot \psi}$$

Bu yerda S - kolonnaning ko'ndalang kesim yuzasi m^2 ;

Modda o'tkazish yuzasi esa, modda o'tkazishning asosiy tenglamasidan aniqlanadi F ning qiymatini (6.35) tenglamaga qo'yib, absorberning balandligini aniqlash mumkin.

$$H = \frac{V_{nac}}{S} = \frac{F}{S \cdot a \cdot \psi} = \frac{M_i}{S \cdot a \cdot \psi \cdot K_y \cdot \Delta y_{yp}}$$

Modda o'tkazish koeffitsiyentlari K_x , K_u larni hisoblashda, gaz fazadagi modda berish koeffitsiyenti β_2 tartibsiz o'rnatilgan nasadkalar uchun quyidagi kriterial tenglamadan aniqlanadi.

$$Nu'_2 = C \cdot \Gamma \cdot \epsilon_2^{0,665} \cdot (Pr')^{0,33}$$

Gaz fazasi uchun balandlik birligidan o'tayotgan gaz fazasidagi o'tkazish sonning balandligi quyidagicha:

$$h_2 = 0,615 \cdot d_3 \cdot Re_2^{0,345} \cdot (Pr')^{0,66}$$

Tartibli joylashtirilgan nasadkalar uchun

$$Nu'_2 = 0,167407 \cdot Re_2^{0,74} \cdot (Pr')^{0,33} \cdot \left(\frac{l}{d_3}\right)^{0,47}$$

yoki

$$h_2 = 1,5 \cdot d_3 \cdot Re_2^{0,26} \cdot (Pr')^{0,67} \cdot \left(\frac{l}{d_3}\right)^{0,47}$$

bu yerda h - nasadkaning balandligi

tenglamalari topilgan $Na_g = \beta_g d_e D$ va $Re_r = w_0 d_{ye} \rho / \epsilon \cdot \mu_g$ kriteriyalarda aniqlovchi geometrik kattalik sifatida nasadkaning ekvivalent diametri olinadi ($d_e = 4\epsilon/a$) Halqasimon nasadkalar uchun suyuqlik fazasidagi modda berish koeffitsiyentlarining birlik yuzasiga bo'lgan nisbati quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$Nu'_c = 0,0021 \cdot Re_c^{0,75} \cdot (Pr')^{0,5}$$

bu yerda

$$Nu_c = \frac{f_c \cdot \delta_\kappa}{D_c}$$

bu yerda Nu_c - Nusselt kriteriyasi hosil bo'lgan yupqa qatlam qalinligi uchun hisoblangan. Suyuq fazadagi o'tkazish sonining balandligi esa:

$$h_2 = 119 \cdot c_\kappa \cdot Re_c^{0,25} \cdot (Pr')^{0,5}$$

MASALALAR

31.1. CCl_4 bug'i havo bilan absolyut 0 simi 10 kgk/sm^2 gacha siqilib, trubali sovutgichda suv bilan sovutilmoqda. $40^\circ C$ da CCl_4 ning kondensatsiyalanishi boshlanadi.

a) Boshlang'ich aralashmada CCl_4 ning massaviy foizini ajrating.

b) 27°C gacha sovutilgandan so'ng gaz aralashmasidan ajratib chiqarish ko'rsatgichini aniqlang.

CCl₄ ning to'yingan bug'i bosimi I7 yoki I8 — rasmlardan olinadi.

31.2 Tarkibida 0,8% (% xajmiy) oktan bo'lgan gaz aralashma kompressor yordamida p_{abs} — 5 kgk/sm² gacha siqilib, so'ng esa 25°C gacha issitilmoqda. Oktanning ajratish ko'rsatgichini aniqlang. Agar siqilgan gaz aralashma sovutuvchi agent yordamida 25°C gacha temperaturasi pasaytirilsa, uning ajratish ko'rsatgichi qanchaga o'zgaradi? Oktanning to'yingan bug'ining bosimi I7 rasm, 31 nuqtadan aniqlanadi.

31.3 a) Temperaturasi 100°C bo'lganda benzol bug'ining toloul bug'idagi; b) Temperaturasi 92°C bo'lganda etil spirt bug'ining suv bug'idagi molekulyar diffuziya koeffitsientlarini atmosfera bosimiga tegishli bosim uchun aniqlang.

31.4 Agarda, absorberda suv purkalib brilayotgan paytidagi β_y = 2,7610⁻³ kmol/(m soat kP) va β_x = 1,17·10⁻⁴ m/s bo'lsa, modda o'tkazish koeffitsiyentini aniqlang. Qurilmadagi bosim p_{abs} = 1,07 kgk/sm² g ga teng. Muvozanat chiziq tenglamasi mol ulushda bo'lib, quyidagi ko'rinishga ega: y* = 102x

31.5 Temperaturasi 20°C bo'lgan uglerod dioksidi fasadkali absorberda suvda yutilayotgan paytida, suyuq fazaning modda berish koeffitsiyentini hisoblab toping. Suyuqlik purkash zichligi 60 m³/soat. Keramik xalqalar o'lchami 35x35x4 mm bo'lib, ular qurilmaga tartibsiz joylangan. Nasadkaning ho'llanish koeffitsiyenti Ψ = 0,86.

REKTIFIKATSIYA VA HAYDASH

1. Oddiy haydash tenglamasi:

$$\ln \frac{F}{W} \int_{x_1}^{x_2} \frac{dx}{y^* - x} \quad (7.1.)$$

Bu yerda F - haydalgan aralashmaning boshlang'ich miqdori; W - haydash jarayonidan so'ng kubda qolgan suyuqlik miqdori, u va x - bug' va suyuqlikdagi yengil uchuvchan komponentning muvozanat konsentratsiyalari; x_r - boshlang'ich aralashmadagi yengil uchuvchan komponent miqdori; x_w - haydash jarayonidan so'ng hosil bo'lgan qoldiqlikda yengil uchuvchan komponent miqdori.

Haydalgan suyuqlikning o'rtacha tarkibi quyidagi formula orqali topiladi:

$$x_d = \frac{F \cdot x_p - W \cdot x_v}{F - W} \quad (7.2)$$

2. Suvda erimaydigan suyuqliklarni bug' yordamida haydash paytidagi bug'ning sarfi ushbu formula yordamida hisoblanadi:

$$G_B = G \frac{M_B \cdot (n - m)}{M \cdot P \cdot \varphi} \quad (7.3)$$

bu yerda G_B - haydalgan suyuqlik bilan ketayotgan suv bug'i miqdori kg; M va M suv va haydalgan aralashmaning mol massasi; R-haydash temperaturasidagi haydalayotgan suyuqlik to'yingan bug'ning bosimi P-aralashma bug'larining umumiy bosimi; φ – 0,7- 0,8.

Ikki komponentli A va V fazalarning tarkibi mol foizlar (% mol) va ulushlarda:

$$x_{mol} = \frac{\text{kmol} A}{\text{kmol} (A + B)} \cdot 100 \quad (7.4)$$

massaviy foiz (% mas) va ulushlarda:

$$x_{mas} = \frac{\text{kg} A}{\text{kg} (A + V)} \cdot 100 \quad (7.5)$$

hajmiy foiz (% hajm) va ulushlarda:

$$x_{hajm} = \frac{m^3 \cdot A}{m^3 \cdot (A + V)} \cdot 100 \quad (7.6)$$

ifodalanishi mumkin. Bu yerda x – suyuq fazadagi yengil uchuvchan A komponentning konsentratsiyasi.

Konsentratsiyalar o‘rtasidagi nisbatlar quyidagi ko‘rinishda bo‘ladi:

$$x_{hajm} = \frac{x_{hajm} \cdot \rho_D}{\rho_{AXhajm}} \quad (7.7)$$

$$x_{hajm} = \frac{x_{mas} \cdot \rho_{AXhajm}}{\rho_A} \quad (7.8)$$

bu yerda – 20°S temperaturada toza komponent A ning zichligi, kg/m³ (14-jadvaldan topiladi);

R_{AXhajm} – 20°S hajmiy konsentratsiyada A komponentning zichligi, kg/m³ (23-jadvaldan topiladi)

$$x_{mol} = \frac{\frac{x_A \cdot 100}{M_A}}{\frac{x_{mas}}{M_A} + \frac{100 - x_{mas}}{M_B}} \quad (7.9)$$

$$x_{mol} = \frac{x_{mol} \cdot M_A \cdot 100}{x_{mol} \cdot M_A + (100 - x_{mol}) \cdot M_B} \quad (7.10)$$

M_A va M_B - A va B toza komponentlarning mol massasi, kg/mol (20-jadvaldan olinadi).

Suv spirt aralashmasi uchun massaviy foizdan mol foizga o‘tish ushbu formula yordamida amalga oshirilishi mumkin:

$$x_{mol} = \frac{x_{mas}}{256 - 1,58 \cdot x_{mas}} \quad (7.11)$$

Binar aralashmalar mol massasi (kg/kmol) kuyidagi formuladan topiladi:

$$M = \frac{100}{\frac{x_{mas}}{M_A} + \frac{100 - x_{mas}}{M_B}}$$

(7.12)

3.Uzluksiz ishlatsdigan rektifaksiya kolonnasining moddiy balans tenglamasi kuyidagi ko‘rinishga ega:

$$G_{bosh} = G_D + G_k \quad (7.13)$$

$$G_{bosh} \cdot x_{bosh} = G_D \cdot x_D + G_k \cdot x_k \quad (7.14)$$

bu yerda G_{bosh} , G_D , G_k aralashma, distillyat va kub qoldiqlarining massaviy yoki mol sarf x_{bosh} , x_D , x_k – aralashma, distillyat va kub qoldiqlariga yengil uchuvchan komponentning massaviy yoki mol miqdori.

4.Ish chiziq tenglamalari:

a) Kolonnaning yukorigi bug‘ tarkibini oshiruvchi qismi uchun ish chizig‘i kuyidagicha aniqlanadi.

(7.15)

b) kollonaning eng pastki qismi uchun ish chizig‘i tenglamasi ushbu ko‘rinishga ega:

$$U = \frac{R + F}{R_F + 1} \cdot x - \frac{F - 1}{R + 1} \cdot x_D \quad (7.16)$$

Rektifikatsion kollarlarda, nazariy tahlillar asosida, uning butun balandligi bo'yicha suyuqlik va bug'ning mol sarflar o'zgarmas deb qabul qilinadi.

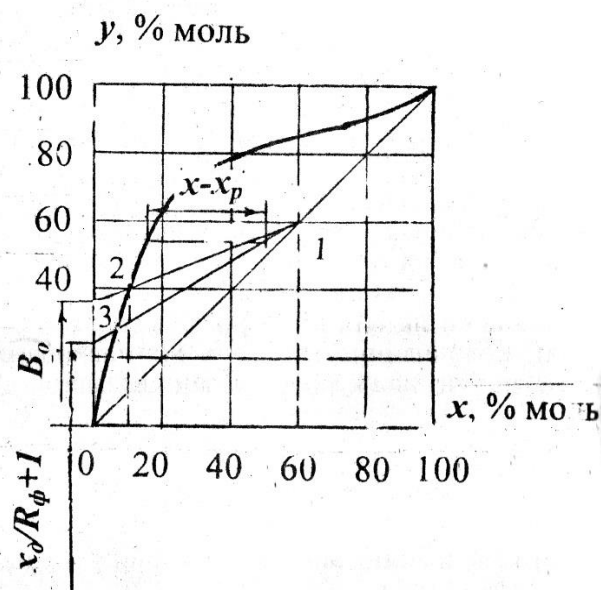
Agarda, nisbiy mol sarflar ko'llanilsa, (7.13) va (7.14) tenglamalar quyilagi ko'rinishga ega bo'ladi.

$$F = 1 + W \quad (7.17)$$

$$F \cdot x_F = x_D + W \cdot x_W \quad (7.18)$$

bu yerda

$$W = \frac{G_W}{G_D} = \frac{x_D - x_W}{x_F - x_W}$$



Минимал ва оптимал флегма со'ни аниқловчи $x - y$ диаграмма

5. Muvozanat egri chizig'da sinish nuqtalari bo'lmaganda, uzluksiz ishlaydigan rektifikatsion kolonnaning minimal flegma soni R_{min} quyidagi tenglamadan topiladi. (7.1 rasm);

$$R_{min} = \frac{x_D - y_p^x}{y_p^x - x_p} \quad (7.19)$$

bu yerda x_D – yengil uchuvchan komponentning distillyatdagi mol ulushi, x_G – xuddi shu, faqat kolonnanig boshlang'ich suyuqligida; y_G – xuddi shu, faqat boshlang'ich suyuqlikning muvozanat bug'ida.

Minimal flegma soni:

$$R_{min} = \frac{x_D - B_0}{B_0} \quad (7.19a)$$

Formula yordamida ham hisoblasa bo'ladi. V_0 - 7.1 – rasmdan, muvozanat chizig'ining ordinata o'qilagi kesmasining qiymati. Haqiqiy flegma soni tahminiy usul bilan ushbu tenglikdan topiladi ya'ni,

$$R = \varphi \cdot R_{min} \quad (7.20)$$

Bu yerda $\varphi > 1$ – flegmaning ko‘proq olinishini hisobga oluvchi koeffitsiyent, odatda $\varphi = 1.04 - 1.05$.

Rektifikatsion kolonnalarni hisoblashda flegmaning haqiqiy soni quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

6. Uzluksiz ishlaydigan rektifikatsion kolonna uchun quyidagi issiqlik balansini tuzish mumkin:

$$Q_K + Q_F \cdot i_F = Q_D + G_D \cdot i_D + G_W \cdot i_W + Q_{yuk} \quad (7.21)$$

Bu yerda Q_K – qaynayotgan suyuqlikga isituvchi bug‘dan o‘tayotgan issiqlik miqdori, Vt; Q_D – deflegmatorda kondensitsiyalanayotgan bug‘lardan sovituvchi suv yordamida olinayotgan issiqlik miqdori, V; Q_{yuk} – atrof muhitga issiqlikning yo‘qotilishi, Vt; i_G, i_a, i_W – boshlang‘ich suyuqlik, distillyat va kub qoldig‘i entalpiyalari.

Olingan (7.21) tenglamadan Q_K ni topish mumkin:

$$Q_K = Q_D + G_D \cdot t_D + G_W \cdot c_W \cdot t_W + G_F \cdot c_F \cdot t_F + Q_{yuk} \quad (7.22)$$

Bu yerda c_D, c_G, c_W o‘rtacha solishtirma sig‘imlar, J/(kg·K) t_D, t_G, t_W tegishli temperaturalar, °C.

Deflegmatorda sovituvchi suvga o‘tgan issiqlik sarjlari ushbu formulada xisoblanadi:

$$Q_D = G_D \cdot (1 + R) \cdot r_D \quad (7.23)$$

R – flegma soni; r_D – deflegmatorda bularning kondensatsiyalash solishtirma issiqligi, J/kg.

7. Tarelkali rektifikatsion kolonnaning diametri kuyilagi tenglama orqali aniqlanadi:

$$D = \sqrt{\frac{V}{0,785 \cdot w}} \quad (7.24)$$

Bu yerda V – kolonnadan o‘tgan bug‘ sarfi, m³/s; w – bug‘ tezligi m/s.

Ko‘p ko‘llaniladigan bug‘ning tezligi esa, ushbu formuladan topiladi:

$$w = C \cdot \sqrt{\frac{p_c - p_b}{p_b}} \quad (7.25)$$

Agarda $r_c \gg r_b$ bo‘lsa,

$$w = C \cdot \sqrt{\frac{p_c}{p_b}} \quad (7.26)$$

8. Rektifikatsion kolonna balandligi kuyida formula bo‘yicha hisoblanadi:

$$H_T = (n - 1) \cdot h \quad (7.27)$$

n – tarelkalar soni, h – tarelkalar orasidagi masofa. Tahminiy hisoblar uchun tarelkalar sonini ularning o‘rtacha f.i.k orqali aniqlash mumkin:

$$n = \frac{n_T}{\eta}$$

n_T – tarelkalarining nazariy soni.

MISOLLARNI ISHLASH NAMUNASI

1-masala. Benzol 40% (mol) va toluoldan 60% (mol) tashkil topgan. 60° S li suyuq aralashma uchun bug‘ fazasining muvozanat tarkibi hisoblansin. Aralashma Raul qonuni bilan harakterlanadi. Atmosfera bosimi 760 mm.sim.ust. va temperatura 90° S da qaynaydigan, benzol va toluolning suyuq aralashmasining tarkibi aniqlansin.

Yechish:

I8g‘ rasmdan 60° S uchun benzoliga toluolning to‘yingan bug‘larining bosimini topamiz: benzol uchun - $R_B = 385$ mm.sim.ust. va toluol uchun - $R_T = 140$ mm.sim.ust

Benzol va toluol uchun parsial bosimlar ushbu formuladan aniqlanadi:

$$P_b = P_b \cdot x_b = 385 \cdot 0,4 = 154 \text{ mm.sim.ust}$$

$$P_T = P_T \cdot x_T = P_T \cdot (1 - x_b) = 150 \cdot (1 - 0,4) = 84 \text{ mm.sim.ust}$$

Umumiy bosim esa,

$$P = r_b + r_T = 154 + 84 = 238 \text{ mm.sim.ust}$$

Bug‘ fazasining tarkibi ushbu tenglama orqali aniqlanadi:

$$y_b = \frac{p_b}{P} \cdot \frac{154}{238} = 0,648$$

Demak, muvozanatdagi bug' tarkibida 64.8% (mol) benzol va 35.2% (mol) toluol bor.

Artosfera bosimi 760 mm.sim.ust. va temperatura 90° S da kaynaydigan, benzol va toluolning suyuq aralashmasining tarkibi uchun ushbu tenglamani yozamiz:

$$P = r_b \cdot x_b + R_T \cdot x_T$$

Yoki

$$760 = 1013 \cdot x_b + 40[(1 - x)_b]$$

$$\text{Undan } x_B = 58,3 \%; \quad x_T = 41,7 \%$$

Bu yerda:1013 va 408 (mm.sim.ust.) – toza benzol va toluolning 90° S dagi to'yingan bug'larning bosimi.

2-masala. Aralashma raul qonuni bilan xarakterlanadi. Atmosfera bosimida benzol-toluol aralashmasi uchun t – x, y va y* - x koordinatalarida muvozanat diagrammasini quring va fazalarning muvozanat tarkibini hisoblang.

Yechish:

Fazalarning muvozanat tarkibi quyidagicha aniqlanadi:

$$r_b = R_b \cdot x; \quad r_T = R_T \cdot (1 - x)$$

Dalton qonuniga binoan

$$P = r_b + x_T = R_b \cdot x + R_T \cdot (1 - x)$$

Bunda

$$x = \frac{P - R_T}{R_b - R_T}$$

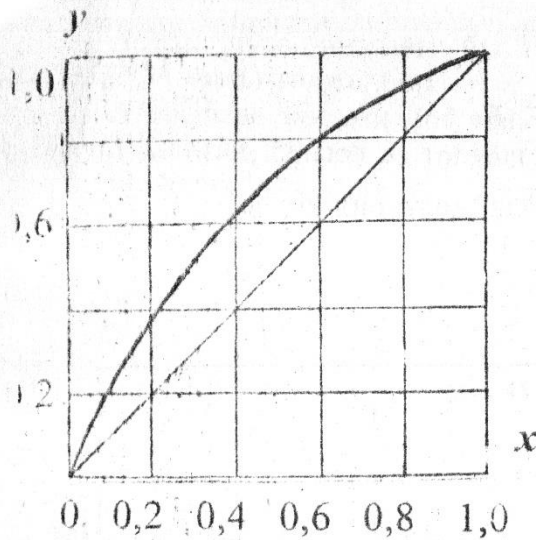
(6.5) formulaga binoan

$$y = \frac{R_b}{P} \cdot x$$

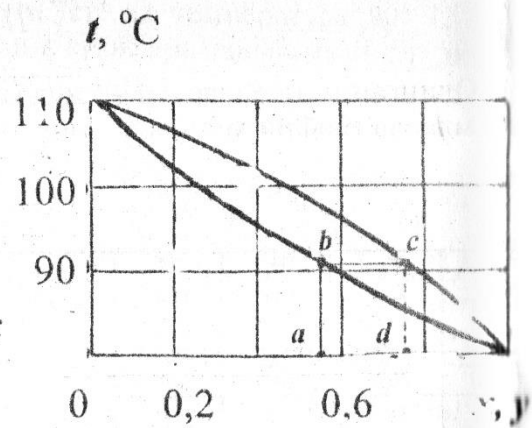
Olingan natijalar 7.1 – jadvalda keltirilgan va 7.2, 7.3 rasmlarda grafik holida tasvirlangan.

t, °C	R _b mm. Simob ustuni	R _T mm. Simob ustuni	P mm. Simob ustuni	$x = \frac{P - R_T}{R_b - R_T}$	$y = \frac{R_b}{P} \cdot x$
80	760	300,0	780	1	1
84	852	333,0	760	$\frac{760 - 333}{852 - 333} = 0,823$	$\frac{852}{760} \cdot 0,823 = 0,922$
88	957	379,5	760	$\frac{760 - 379,5}{957 - 379,5} = 0,659$	$\frac{957}{760} \cdot 0,659 = 0,830$
92	1078	432,0	760	$\frac{760 - 432}{1078 - 432} = 0,508$	$\frac{1078}{760} \cdot 0,508 = 0,720$
96	1204	492,5	760	$\frac{760 - 492,5}{1204 - 492,5} = 0,376$	$\frac{1204}{760} \cdot 0,376 = 0,596$
100	1344	559,0	760	$\frac{760 - 559}{1344 - 559} = 0,256$	$\frac{1344}{760} \cdot 0,256 = 0,453$
104	1495	625,5	760	$\frac{760 - 625,5}{1495 - 625,5} = 0,155$	$\frac{1495}{760} \cdot 0,155 = 0,304$

108	1659	704,5	760	$\frac{760 - 704,5}{1659 - 704,5} = 0,058$	$\frac{1659}{760} \cdot 0,058 = 0,128$
110	1748	760,0	780	0	0



7.2-rasm. y^* - x diagramma.



7.3-rasm. $t - x, y$ diagramma.
(7.15 - masalaga ham o'q.)

3-masala. Kondensatordan chiqayotgan distillyat konsentratsiyasi $x = 71,2\%$ (hajmiy) flegma soni R_{\min} bo'lsa, deflegmatorga kirayotgan bug' konsentratsiyasi va flegmadagi etil spirt konsentratsiyasi aniqlansin.

Yechish:

Hisoblash ketma-ketligi quyidagicha bo'ladi:

1. (7.1) va (7.8) formulalar orqali % (hajmiy) konsentratsiyasi % (mass) va (mol) larga qayta hisoblanadi.

$$x_D = 71,2\% \text{ (hajmiy)} = 63\% \text{ (mas)} = 40,8\% \text{ (mol)}$$

2. 27-jadval ma'lumotlari asosida $t - x, y$ diagramma ko'riladi (7.3-rasm). Ushbu diagrammadan, distillyat konsentratsiyasi $x_d = 40,8\%$ (mol) uchun flegmani konsentratsiyasi $x_f = 8,0\%$ (mol) topamiz.

3. $a + b = (40,8 - 8,0) = 32,8\%$ (mol) kesmaning qiymati topiladi.

Flegma soni

$$R_f = 1,9 = \frac{a}{b} \quad da$$

$$\frac{a}{1,9} + a = 32,8\%$$

Demak, $a = 21,5\%$

Kesma a ning qiymati nuqta 1 ning o'rnini aniqlashga yordam beradi va unga qarab bug'ning konsentratsiyasi $U_b = 19,6$ % (mol) yoki 38,2 % (mass) topiladi.

MASALALAR

32.1 Benzol va toluol aralashmasi 760mm.si ust bosimi ostida va 95°C temperaturada qaynalmoqda. 95°C temperaturada benzolning tuyingan bug'i bosimi 480 mm sim ust niga teng . Aralashma Raul qonuni buyicha xarakterlanadi deb xisoblab,qaynayotgan suyuqlikning tarkibini aniqlang.

Agarda suyuqlikdagi touol miqdori 2 barobar kam bo'lsa, shu temperaturatura suyuqlik qanday bosimda qaynashi mumkin?

32.2 50°C temperaturada metil spirti-suv aralashmasi uchun suyuqlik va bug' muvozanat holat tarkiblarini quyidagi 2 shart bo'yicha aniqlang: a) 300mm.sim.ust. bosim ostida va b) 300mm.sim.ust bosimi ostida bo'lganda aniqlang. Aralashma Raul qonuni bo'yicha xarkatlanadi deb olinsin. d)holat buyicha olingan malumot izohlab berilsin.

32.3 Raul qonunini qullash mumkin deb hisoblab, teksantepgan aralashmasi uchun umumiy bolim 2 kgk/s m^2 bo'lganda x-u muvozanat holat egri chig'ini quring. Tashkil etuvchilarning alohida olingan tuyingan bug'lar. Bosimlarini nomogrammadan oling (I7-rasm)

32.4 Suyuq aralashma 10%(mol) suvchan ,50% (mol) sirka kislatasi va 40%(mol) atsetondan tashkil topgan bo'lib, temperaturasi 80°C ga teng. Aralashmani tashkil etuvchi komponentlar Raul qonuniga bo'ysungani uchun , suyuq aralashma yuqorisida hosil buladigan muvozanat holati bo'g'in tarkibini aniqlab bering.

32.5 1000kg li 2komponentli aralashma, benzol toluoladan iborat bo'lib, uning 30% (mass) ni benzol tashkil etadi. Bu aralashmaatmosfera bosimi ostida oddiy haydalmoqda. Agar qoldiq yig'gichda benzol miqdori 18% (mass) ni tashkil etgan bo'lsa distillyatning tarkibi va miqdori 7.1-jadval malumotlaridan foydalanib aniqlang.

32.6 2600kg li suv sirka kislota aralashmasi atmosfera bosimi ostida oddiy haydash yordamida ajratilmoqda . Dastlab aralashma tarkibida sirka kislatasi 10%(mol)ni tashkil etgan bo'lsa,haydagandan so'ng , Qoldiqdagi miqdori 50%(mol)ni tashkil etadi.

Qoldiq va distilyat miqdorlari va distillyatning ,tarkibini aniqlang. Tashkil etuvchilarning muvozanat holati haqidagi malumotni 62-jadvaldan oling.

32.7 Uzliksiz ishlaydigan rektifikatsion kolonnaga yengil uchuvchan24%(mol)li suyuqlik kelib tushmoqda .Distillyaning konsentratsiyasi (quyuqligini) 95%(mol) kaynatgichdagi qoldiq engil uchuvchan komponentning (kub) miqdori 3%(mol)ni tashkil etadi. Soatiga 850 kmol miqdordagi bug' deflegmatorgda tushadi va deflegmatorgdan 670 mol/soat miqdorda flegma kolonna qaytib keladi.Qaynatgich (kub)dagi koldiq miqdori kancha bo'lishini aniqlang.

32.8 Uzluksiz ishlaydigan rektifikatsion kolonna yordamida etil spirti va suv aralashmasi haydab ajratilmoqda .Kolonna pastki qisim ishchi chizig'i tenglamasi : $y=1.28 \times x -0.0143$ Qaynatgich (kub) dagi spirt qoldigining massiviy % miqdori aniqlansin. Kolonna quruq (gluxoy) bug' bilan isitilmoqda.

32.9 Uluksiz ishlaydigan kolonnada benzol va xloroform aralashmasi kayta ishlanmoqda Rektifikatsiya qilingandan sung distillyant tarkibida yengil uchuvchan modda komponentdan 95%(mass) hosil bo'omoqda . Yutuvchi(taminlovchi) suyuqlik tarkibida ushbu komponentdan 40% bor. Flegmanning ish kiymati minimal kiymatdan ikki barobar katta bulishi malum bo'lsa kalonna yuqori qismi ishchi

chizigining og'ish burchagi tangensini aniqlab bering. Tashkil etuvchilarning muvozanat holatlari malumotlari 62-jadvaldan oling.

32.10 Geksan va suvdan tashkil topgan 65°C temperaturalari suyuq aralashma uchun bug' fazasining muvozanat tarkibi hisoblansin.

Ikkala suyuqlik o'zaro erimaydi deb taxmin qilinsin.

32.11 Suv va benzoldan iborat suyuq aralashma uchun atmosfera bosimida qaynash temperaturasi aniqlansin. Ular bir birila erimasligi hisobga olinsin.

32.12 Atmosfera bosimida Raul qonuni bilan xarakterlanadigan benzol-toluol aralashmasi uchun t-x va y*-x kordinatalarida muvozanat diagrammasi va fazalarning muvozanat tarkibi xisoblansin.

32.13 t-x, y diogrammasi (7.3 rasm) yordamida 55%(mol) benzol va 45%(mol) toluoldan iborat suyuq aralashmaning qaynash temperaturasi va bug'ning muvozanat tarkibi aniqlansin.

32.14 Suyuqlik tarkibida spirt miqdori 6.1% (hajmiy) bo'lganda, bug'lanish koeffitsientini aniqlang.

32.15 Kondensatordan chiqayotgan distillyat konsentratsiyasi x 75.2%(hajmiy) flegma soni $R_{\min} = 1.6$ bo'sa deflegmatorga kirayotgan bug' konsentratsiyasi va flegmadagi metil spirti konsentratsiyasi aniqlansin.

32.16 Kondensatordan $G=155\text{kg/soat}$ sarfda distiliyant chiqsa 7.17. masala shartlari bulgan jarayon uchun flegma miqdori G_f hisoblansin.

32.17 Suv-spirt aralashmada spirt konsentratsiyasi $x=8.0\%$ (distillyatda esa $X_d=69.5\%$ (hajmiy) bo'lganda minimal flegma sonini aniqlang.

32.18 Bug'dagi spirtning konsentratsiyasi 35.0%, 55.0%, 93.5% (hajmiy) qaynayotgan suv-etil spirt aralashmada esa -4.0%, 10.0%, 91.8% (hajm) Bug'lanish koeffitsenti ochiqlansin.

32.19 Kondensatorda $G_d=1200\text{kg/soat}$ tarf bilan atseton –etilspirti kondensatsiyalanmoqda. Distillyat tarkibida atseton konsentratsiyasi 50%, kondensatsiyalanyotgan bug'da esa -43%(mol) Flegma soni va uning miqdori topilsin.

32.20 Konsentratsiya $x_{\text{bosh}}=8\%$ bulgan 800 l miqdordagi tarkibida spirt bor suyuqlik haydalmoqda. Haydash jarayoni tugagandan sung konsentratsiyasi x_d 24% (hajm) 270l suyuqlik olindi. Qoldiqdagi spirt konsentratsiyasi $x_k=0,1\%$ (hajmiy) Xaydash uchun yuborilayotgan aralshmaning temperaturasi $t=60^{\circ}\text{C}$ isituvchi bug' bosimi $r=0.15\text{MPa}$ ga teng.

32.21 Suv atseton aralashmasi fazalarga ajralishi kerak. Boshlang'ich aralashma tarkibidagi atseton konsentratsiyasi 10% (mass) distillyadagi esa -92.8% (mass). Minimal flegma eni hisoblansin.

32.22 Konsentratsiyasi 60% (hajmi) bulgan 1.300kg/soat sarfda aralashma braga haydash qurilmasiga yuborilmoqda. Flegma soni 2.0ga teng. Kolonnadagi bug'ning tezligi 0.5m/s bosim esa $1.2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$. Kolonna yuqori qismining diometri aniqlansin.

32.23 Konsentrsiyasi 8% (hajmiy) bo'lgan suv spirt aralashma 1200kg/soat miqdorda braga haydash qurilmasiga kiritilmoqda. Konsentratsiyasi 30% (hajmiy) bo'lgan flegma miqdori -0.01 % (hajmiy) Flegma soni 2.0. Kolonnaning pastki qismidan nazariy tarelkalar soni topilsin.

13-AMALIY ISH: EKSTRAKSIYA. <SUYUQLIK-SUYUQLIK>, <QATTIQ JISM-SUYUQLIK> SISTEMASIDA EKSTRAKSIYALASH.

Ekstraksiyalash deb shunday jarayonga aytiladiki, aralashmani tarkibidan qattiq yoki suyuq holatdagi bir yoki bir necha komponentni erituvchi (ekstragent) yordamida boshqa komponentga nisbatan eritib ajratib olishga aytiladi. Hosil bo'lgan aralashma tarkibidan asa, kerakli komponentni bug'latish yoki rektifikatsiyalash yordamida ajratib olinadi.

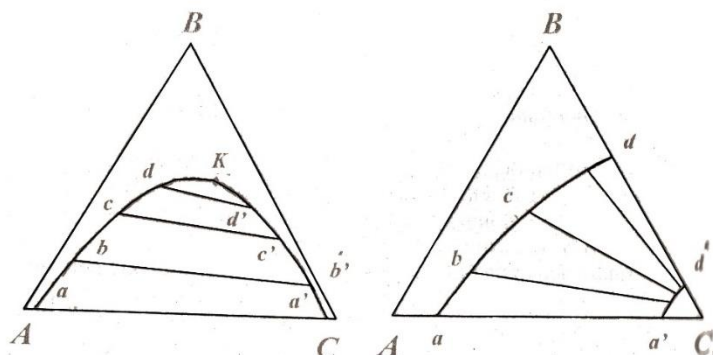
Qattiq jismlardan eriydigan moddalarni ekstraksiya qilish jarayonlari shakar, o'simlik, kraxmal, patoka, sharbatlar, vitaminlar, farmatsevtika, neftni qayta ichlash, nodir va kamyob alementlarni olish, chiqindi suvlarni tozalash, ishqor, kislota va guzlarpi olish texnologiyalarida, hamda oziq-ovqat maqsulotlarini ishlab chiqarishda keng ko'llaniladi.

Suyuqlik ekstraksiyasini qo'llashdan maqsad:

1) rektifikatsiya yordamida aralashmadan ajraladigan azeotrop aralashma hosil bo'lishi, komponentlarni termik chidamsizligi va uchib chiqa olmasligi tufayli;

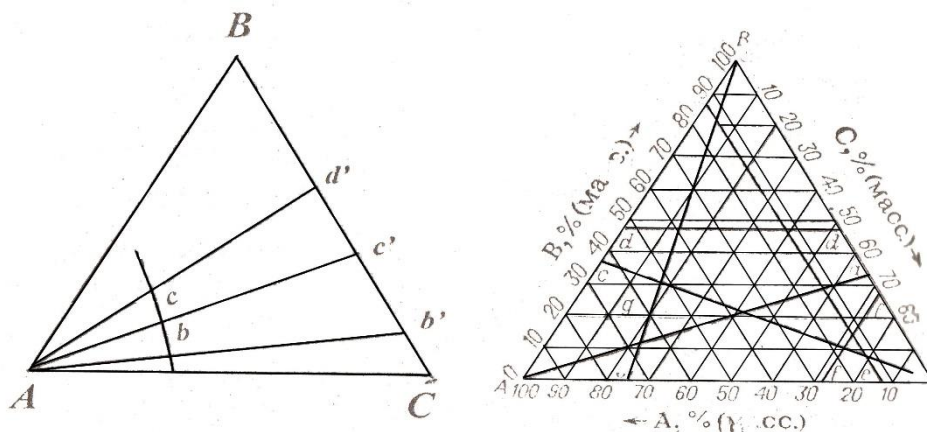
2) tashkil etuvchy komponentlarni qaynash temperaturali bir - biriga yaqin bo'lib, yoki konsentratsiyasi kam bo'lsa yoki boshqa sabablar bilan rektifikatsiya usuli ekstraksiyaga nisbatan iqtisodiy sarf harajat katta bo'lganda.

8.1- rasm: abedKd'c'b'a' - chegaraviy chiziq (binoda) ; ushbu egri chiziq ichiga joylashgan maydon bu 2 ta tashkil etuvchy faza joylashgan ajratuvchi aralashma maydoni bo'lib, uning tashkil etuvchilarning qiymatlari shu egri chiziqdagi nuqtalar bilan ifodalanadi; egri chiziq tashqarisida joylashgan maydon esa, bu ajralmaydigan eritmalar maydoni qilib belgilanadi,



8.1-rasm. $t \sim \text{const}$ bo'lganda, bir (a) va ikki (b) bir-birnda qismi eriydngan komponentli «suyuqlik-suyuqlik» sistemasi.

K nukta - kritik nuqta hisoblanadi; degaraviy egri chiziqning an qismi - rafinantning shoxobchasi (birlamchi erituvchining qoldig'i shu qoldig'dan ekstraksiyalangan moddadan olingandan so'nggi xolati); egri chiziq chegarani o'ng- ekstraktlar shahobchasi; bb', ss', dd' o'xshash fazalarni birlashtiruvchi nuqtalar - ya'ni muvozanat bo'laklari;



8 2-rasm. $t = \text{const}$ bo'lganda «qattiq 8 3-rasm. Muvozanatli uch burchakli jism-suyuqlik» sistemasi diagrammasi.

8.2-rasmda abcde - chegaraviy egri chiziq bo'lib, uning chap tomoni uch komponentli geterogen arapashma maydoni; o'ng tomom esa qatlamlarga ajralish maydoni.

Uchburchakning vs tomoni oqimning (qatlamning) yuqori qismini harakterlaydi (ekstraksiyalayotgan moddaning erituvchidagi eritma qismi) chegaraviy egri chiziq esa, pastki oqim (qatlam)ning tarkibini harakterlaydi: bb', ss', dd', muvozanat bo'laklari bo'lib hisoblanadi. Uchburchakning a cho'qqisi orqali davomi bo'lib hisoblanadi.

Statik ekstraksiyaga bag'ishlangan masalalar asosan grafik usulda, ya'ni uchburchak yoki to'rtburchak diagrammalar yordamida yechiladi.

1. Uchburchak diagrammaning xususiyatlari:

A) uchburchak cho'qqilari toza, sof komponent a, v va s ga tomonlari av, vs va as lar ikki komponentlari a va v, v va s, a va s aralashmaga, uchburchak ichidagi nuqtalar esa - uch komponentli aralashmani ifodalaydi. Masalan, 8.3-rasmdagi g nuqta aralashmaning quyidagi tarkibini ko'rsatadi: 70% (mass) a, 20% (mass) v, 10% (mass) s

B) uchburchak cho'qqisidan chiqarilgan aa,bb, ss nurlar boshqa ikki qomponentdan tashkil topgan, bir xil o'zgarmas nuqtalarning geometriq o'rnini ko'rsatadi.

V) dd, yeye, ff chiziq, uchburchakning as, vs, av tomonlariga parallel bo'lib, o'zgarmas v a, s komponentli aralashmalarning geometrik o'rnini ko'rsatadi.

2) posongi qoidasi (og'irlik kuchi markazi qoidasining xususiy holi). Istalgan 2 ta eritma qo'shilganda, ularning tarkibi diagrammada "a" va "b" nuqtalar bilan berilgan bo'lsin. Aralashmaning umumiy tarkibi ab to'g'ri chiziqda yotgan "s" nuqta orqali ifodalangan as va bs kesmalar olingan eritmalar miqdoriga teskari proporsionaldir (3.4- rasm):

$$G_a + G_b = G_s \quad (8.1)$$

bunda $x_a + x_b + x_s$ unda

$$\begin{aligned} G_a \cdot as &= G_b \cdot bs & G_a / bs &= G_b / ac; \\ G_b \cdot as &= G_a \cdot ab & & \\ G_s \cdot bs &= G_s \cdot ab & G_s t ab &= G_b t as = G_a t be \end{aligned} \quad (8/2)$$

bu yerda G_a, G_b, G_c - aralashmadagi, a,b va s komponentlar massasi kg; x_b, x_c, x_a istalgan(A,V va S) komponentining a, b va s , aralashmadagi miqdori % (massa).

3. Uchburchak diagramma yordamnda ekstraktorda yuz berayotgan jarayoilarni ifodalash mumkin (8.5-rasm). Dastlabki aralashmaning tarkibi YE nuqga, ekstraktning tarkibi esa, D nuqta bilan belgilansin. D nuqtaga mos kelgan aralashmaning miqdori Gd, YE nuqtaga mos kelgan ekstragentning miqdori G_E ga teng.

Dastlabki aralashma va erituvchini aralastirish natijasida hosil bo'lgan suyuqlik aralashmasi M nuqta bilan belgilanadi:

M nuqtaga to'g'ri kelgan aralashma ekstrakt vz rafinatga ajraladi. Shunday qilib, dastlabki aralashmaning erituvchi bilan bir marta to'qnashuvi orqali 2 ta faz (ekstrakt va rafinat) hosil bo'ladi.

Ekstrakt V komponent bilan boyitilgan bo'lsa, rafinantning tarkibida V komponent juda oz miqdorda bo'ladi. Ekstrakt va rafinat miqdori quyidagi ifoda yordamida topiladi:

$$\frac{G_B}{G_L} = \frac{M_L}{M_R} \quad (8.4)$$

Ekstraksiya qilinnayotgan komponent V ning ekstrakt va rafinat fazalari o'rtasida taqsimlanish koeffitsenti quyidagi nisbatdan topiladi:

$$k = \frac{U_B}{X_B}; \quad (8.5)$$

Bu yerda UV - ekstrakt tarkibidagi V komponent mikdori, % (massa); XV - rafinat fazasidagi V komponentining muvozanat miqdori, % (massa).

odatda taqsimlanish koeffitsiyenti konsentratsiyaga bog'lik bo'ladi. shuning uchun analitik hisoblar faqat tahminiy natijalar beradi.

4. to'g'ri to'rtburchak diagrammalari.

Agarda birlamchi A va ikkilamchi V eritmalarining o'zaro erishini hisobga olinmasa, grafik usulda hisoblash uchun to'g'ri to'rtburchak diagrammadan foydalaniladi.

6. Eritmani qisman almashtirish usuli bilan qattiq jismdan, ekstraksiya qilish, n - pog'onali ekstraksiyaning umumiy moddiy balansi quyidagi ko'rinishga ega:

$$G_{R,n} + G_{S,n} = G_{R,n} + G_{E,n} \quad (8.7)$$

Ekstraksiya qilinayotgan n komponent bo'yicha p- pog'onaning umumiy moddiy balansi ushbu formula orqali topiladi.

$$G_{R,n} \cdot x_{n-1} + G_{S,n} \cdot y_s = G_{R,n} \cdot x_n + G_{E,n} \cdot y_n \quad (8.8)$$



8.6-rasm. Erituvchini vaqti-vaqtida almashtirish usulida qattiq jismdan ekstraksiya qilish.

7. Qattiq jismlarni to'g'ri yo'nalishli ekstraksiyalash.

Moddiy balans tenglamasi xuddi qarama-qarshi yo'nalishli suyuqlik ekstraksiyasi tenglamasi kabidir, ya'ni 8.6-rasm, va ushbu tenglamalar orqali topiladi.

M- pog'onali ekstratorning umumiy moddiy balansi tenglamasi.

$$G_F + G_S = G_R + G_E$$

Ekstraksiya qilinayotgan komponent bo'yicha moddiy balans tenglamasi ushbu ko'rinishga ega:

$$G_F \cdot x_F + G_S \cdot x_F = G_R \cdot x_E + G_E \cdot x_E$$

Agar birinchi pog'onadan tashqari hamma pogonalar uchun oqimlar nisbati o'zgarmas bo'lsa ya'ni $a_2 = a_3 = \dots = a_n = a$ const, ekstraksiyalanayotgan komponentning kam ajratiladigan. Pog'onasi quyidagi tenglama yordamida aniqladi:

$$\varphi = \frac{1}{1 + a_1(1 + a + a^2 + \dots + a^{n-1}) - \frac{G_x \cdot y_x}{G_{R,n} \cdot x_n} [1 + a_1 \cdot (1 + a \cdot a^2 + \dots + a^{n-2})]} \quad (8.9)$$

Toza erituvchini qo'llasak, $y_s=0$ bo'lishi va (8.9) kyirinishi quyidagicha bo'ladi:

$$\varphi = \frac{1}{1 + a_1 \cdot (1 + a \cdot a^2 + \dots + a^{n-2})} \quad (8.10)$$

Bundan tashqari, kiritilayotgan qattiq modda miqdori eritma, miqdoriga teng bo'lsa va xuddi pog'onalar orasidek bo'lsa, ya'ni $a_1 = a$ bo'lsa, u holda

$$\varphi = \frac{1}{1 + a + a^2 + \dots + a^n} \quad (8.11)$$

Ekstraksiyalashning nazariy pog'onalar soni n aniqlash uchun, oqimlar nisbati $a_2 = a_3 = \dots = a_n = a$ const o'zgarmas bo'lganda,, **quyidagicha** aniqlanadi:

$$n_c - 1 = \frac{\frac{\lg(x_R - y_S)}{x_1 - y_2}}{\frac{\lg(y_2 - y_S)}{x_1 - x_R}} = \frac{\lg(x_1 - y_2)}{\frac{x_R - y_S}{y_2 - y_S}} \quad (8.12)$$

Yuqoridagi sonni grafik yordamida ayiqlash mumkin, xuddi binar sistemalarini aniqlagandek u - x' to'g'ri koordinatali l diagrammada, $x' = X_B/1-X_A$; ya'ni erimaydigan qattiq jism massasi hisobda ishtirok etadi.

Muvozanat chiziq tenglamasi ushbu holatda $u=x'$; ish chizig'i tenglamalarini moddiy balans tenglamalaridan chiqarish mumkin.

$$D_{20} = - \frac{10^{-6}}{AB \cdot \sqrt{\mu_{20}} \cdot [V_A^{0.3a} + V_B^{0.3a}]} \cdot \sqrt{\frac{1}{M_A} + \frac{1}{M_B}} \quad (8.17)$$

Agarda 20°S temperatura uchun D ma'lum bo'lsa, boshqa temperaturalarga tegyshli diffuziya koeffitsiyenti ushbu formula orqali hisoblab topiladi:

$$D = D_0 \cdot [1 + b \cdot (t - 20)] \quad (8.18)$$

$$b = \frac{0.2 \cdot \sqrt{\mu_{20}}}{\sqrt[3]{\mu}}$$

bu yerda b- koeffitsiyent; p- suyuqlikni. r hajmiy massasi, kg/m3.

Temperatura 20-90°S oraliqda saxarozaning suvda erigan konsentratsiyasi s -5-30 % bo'lsa, diffuziya koeffitsiyenti ushbu formulami topiladi:

$$D = 0.422 \cdot 10^{-5} \cdot e^{0.015c} \cdot e^{\frac{2700}{T}} \quad (8.19)$$

MISOLLRNI ISHLASH NAMUNASI

1-masala. Lavlagi tarkibidagi boshlang'ich miqdori 17 5%, diffuziya koeffitsiyenti D — 69,2 m2/s, jarayon temperaturasi 63°S, 100 g parrak uzunligi l = 20 m, batareya aylanish vaqgi t= 70 min, ekstrakt saralab olinganda a = R125 % bo'lsa, 14 qisimli diffuzion batareyada qayta ishlanayotgan lavlagi parraklaridagi qand miqdori S aniqlansin.

Samaraly diffuziya vaqti:

$$\tau = \frac{\tau_0 \cdot (m - 4)}{14}$$

bu yerda m - diffuzion batareyalar soni; 4-jarayonida ishtirok etmayotgan diffuzomar soni [20].

$$\tau = \frac{70 \cdot (14 - 4)}{14}$$

Koeffitsiyent A diffuzion batareyalar tarkibidagi bloklartga bog'liq bo'lib, B-1 jadvaldan tanlanadi.

$$y = A \cdot D \cdot l \cdot \tau = 5.7 \cdot 10^{-5} \cdot 69.2 \cdot 20 \cdot 50 = 3.94$$

Arar, n=125% ft 7=3,94 aniqlanganidan so'ng nomogrammadan (8.8-rasm) jom bilan yo'qotilnayotgan qand miqdori topiladn, ya'ny 100 qism qand hisobiga X—2,65%.

Agar, boshlang'ich lavlagi parraklarida qand miqdori 17,5 bo'lsa, qayta ishlangan jom tarkibidagi qand miqdori quyidagiga teng bo'ladi:

$$e_1 = \frac{X \cdot 17.5}{100} = \frac{2.65 \cdot 17.5}{100} = 0.46\%$$

8-2. Konsentratsiyasi 20% va temperaturasi 70°S bo'lgan saxarozaning suvdagi diffuziya koeffitsiyentini aniqlang.

Yechish:

Jarayon temperaturasi T = 273 + 70 = 343 K ga teng bo'ladi.

Diffuziya koeffitsiyenti (8.19) formula orqali topyladi

$$D = 0.422 \cdot 10^{-5} \cdot e^{\frac{2700}{T}} = 0.42 \cdot 10^{-5} \cdot e^{0.015 \cdot 20} \cdot e^{\frac{2700}{343}} =$$

$$= 0.422 \cdot 0.7408 \cdot 0.3882 \cdot 10^{-8} = 1.195 \cdot \frac{10^{-8} \text{ m}^2}{\text{c}}$$

M A S A L A L A R

33.1 Temperaturasida 25°S bo'lganda suv-sirka kislotasi - etil efiri (84°S-8',8%-7,2%) sistemasi uchun uchburchakli muvozanat diagrammasini ko'ring:

33.2 40 kg suv, 5 kg etil efiri va 5 kg sirka kislotali qatlamlarga ajraladigan aralashmaning tarkibi va fazalar miqdorini aniqlab bering. Qancha miqdorda etil efiri chiqib ketishi bilan ushbu aralashma qatlamlarga ajralishi to'xtaydi.

33.3 25°S temperaturada tarkibida 1 % (mass) suvli eritmadan sirka kislotasi ekstraksiyalanmoqda. Aralashmaning dastlabki massasi 1200 k. Agarda ekstraksiya qarama-qarshi yo'nalishda toza efir yordamida olib boriladigan bo'lsa, erituvchini haydab bo'lgandan so'ng, hosil bo'ladigan mahsulot miqdori va tarkibini aniqlab bering. Jarayon, erituvchisining massasining ishlov berilayotgan aralashmasiga nisbati 1,5 barobar katta bo'lganda 2 ta pog'ona yordamida olib borilmoqda.

33.4 Tarkibida 20% (mass) sirka kislotasi bo'lgan suvli eritmadan ekstraksiya yordamida, etil efiri oqimi qarama-qarshi yo'nalishda sirka kislotasi ajratib olinmoqda. Agarda ekstrakt miqdorida 60% (mass), rafinatda esa 2% kislotasi qolishi kerak bo'lsa, (erituvchi haydalgandan so'ng) dastlabki eritma miqdori 1000 kg/soat ychun zarur bo'ladigan erituvchining miqdori va ekstraksiyalash uchun nazariy pog'onalar sonini aniqlab bering.

33.5 1 m³ suv tarkibida 1,5 kg benzoy kislotasi bor suvli eritma ekstraksiyalanmoqda. So'ngra, bu mahsulot qetma-ket 1 m³ benzolda 0,2 kg benzoy kislotasi bor eritma bilan yuvilmoqda.

Suv va benzol hajmlarining nisbati V_g / V_s=4 ga teng. Suvdagi benzoy miqdori 0,2 kg/m³ ga yetguncha necha marta yuvish kerakligini aniqlang (ya'ni nechta pog'ona). Hosil bo'ladigan ekstraktning tarkibini ham aniqlab bering. Ishchi temperaturasida muvozanat holatdagi ma'lumotlar quyidagicha:

Benzoy kislotasining suvdagi konsentratsiyasi, kg/m³:

0,104; 0,456; 0,707; 1,32; 1,56;

Benzoy kislotasining benzoldagi konsentratsiyasi kg/m³:

0,182; 7,45 ; 6,12 • 18,2; -4,5;

33.6. Benzolning 25% li suvdagi eritmasida 0,5% (mass) 1, g dioksan bo'lib, u qarama-qarshi oqimli ekstraktorda ekstraksiyalanmoqda. Dioksanning suvdagi ohirgi miqdori 2% (mass) tashkil etilmoqda.

1) 400 kg dastlabki aralashmaga to'g'ri keladigan erituvchilarning minimal miqdori;

2) Ekstraksiyalash uchun kerakli nazariy pog'onalar sonini;

3) Erituvchining miqdorini minimal miqdoridan 1 5 barobar ko'p bo'lganda ekstrakt tarkibini aniqlang.

25° S dagi muvozanat holatdagi ma'lumotlar quyidagicha: Dioksanning suvdagi miqdori kg/m³.. 0,0537; 0,233; 0,337; , Dioksanning benzoldagi miqdori kg/m³: 0,0548; 0,291; 0,471;

33.7 Ekstrakt va rafinagning bir qismi qayta kelishi bilan ekstraksiya qurilmasida 25°S da metilsiklogeksan geptandagi 10% eritmasidan analin yordamida ekstraksiyalanmoqda. Ekstrakt tarkibida metilsiklogeksan miqdori 98%, rafinat tarkibida esa 1% (erituvchidan tashqari) tashkil etadi. Qaytuvchi ekstrakt miqdorini - ekstrakt-mahsulot miqdoriga nisbatini minimal qiymatidan 1,615 barobar ko'p deb olish kerak. Dastlabki aralashma miqdori 400 kg/soat bo'lganda, ekstraksiyalash pog'onalar sonini, rafinat va ekstrakt tarkibini, rafinat va ekstraktning, qaytuvchilarning va erituvchining miqdorlari aniqlansin.

33.8 Har biri 7 m³ hajmga ega bo'lgan qarama-qarshi oqimli 3 ta tindirgich batareyasiga, CaGO₃ cho'kmasi 1 m³ suvda % t NaON eritma kiritilmoqda va bug'latish uchun esa 6 m³

tindirilgan konsentrlangan eritma olinmoqda. Boshqa tomondan esa, eruvchi sifatida batareyaga 2000 kg NaOH ga mos ravishda 6 m^3 toza suv kiritilmokda. NaSO_3 cho'kmasi pog'onadan pog'onaga o'tishda va batareyadan chiqarib tashlanayotgan paytida 1 m^3 eritmani ushlab qolmoqda.

Yuqoridagi sharoitlarda quyidagilarni aniqlang:

a) shlamdagi NaOH miqdorini; .

b) NaOH ajratib olinishini;

v) bug'latishga yuborilayotgan eritmadagi NaOH necha foizni tashkil qiladi.

33.1. NaOH ching chiqarib olish darajasi 0,98 ga teng bo'lganda, ~~33.12~~ masala sharti bo'yicha ekstraksiyalash pog'onasini aniqlab bering.

33.9 Agar ekstraktida CaCl_2 miqdori 9% bo'lib (mass) va **mis**ni chiqarib olinish darajasi 92% tashkil etsa, 8.13 masala sharti bo'yicha ekstraksiyalash jarayoining pog'onalar sonini aniqlash kerak,

33.10 Temperaturasi 20°S va bosim 110 Pa bo'lganda, ammiakni suvdagi diffuziya koeffitsiyenti aniqlansin.

33.11 Temperaturasi 20, 50, 100°S bo'lganda ammiakni suvdagi diffuziya koeffitsiyenti hisoblab chiqilsin.

33.12 Temperaturasi 60°S va konsentratsiyasi 25% bo'lganda saxarozani suvdagi diffuziya koeffitsiyenti topilsin.

33.13 Bosim 210 Pa va temperaturasi 70°S bo'lganda, uglerod dioksilining havodagi diffuziya koeffitsiyenti aniqlaksin.

33.14 Jom tarkibida shakar miqdori 0,4% bo'lishi uchun 16 qismli batareyadan ekstrakt (qand lavlagi massasiga % hisobida) olinishi qanday bo'lishi kerak? Qand lavlagi tarkibida shakar miqdori 19% 100 g qand lavlagi parraginging uzunligi 20 m Jarayon temperaturasi 70°S ($D = 79,4 \text{ l}^2/\text{s}$). Batareya to'liq aylanishi $G = 80 \text{ min}$.

33.15 Jom tarkibidagi shakar miqdori 0,4% (lavlagi massasiga olinganda) bo'lishi uchun uzluksiz ishlaydigan kolonna diffuzi qurilmada ekstraksiya jarayoni qancha vaqt G bo'lishini hisoblang. Qand lavlagi tarkibidagi shakar miqdori 18%, jarayon temperaturasi 75°S , $D=83,5 \text{ m}^2/\text{s}$, ekstrakt olinishi $a=120\%$ (qand lavlagi massasiga), 100 g qand lavlagi parragi uzunligi $I = 10 \text{ m}$, $A = 6 \cdot 10^5$.

14-AMALIY ISH: NAM MATERIALLARNI QURITISH. ADSORBSIYA.

NAM MATERIALLARNI QURITISH

1. Nam modda namlik miqdori uning umumiy massasiga nisbatan (u) foiz hisobida, yoki quruq modda massasiga nisbatan (u') ifodalash mumkin. U va u' kattaliklar quyidagicha bog'liqlikka ega:

$$u' = \frac{100 \cdot u}{100 - u}; \quad u = \frac{100 \cdot u'}{100 + u'}; \quad (10.1)$$

1. Quritish jarayonida modda namligi u'_{bosh} dan u'_o - o'zgargandagi namlik miqdori W qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$W = G_{\text{bosh}} \cdot \frac{u'_{\text{bosh}} - u'_{\text{ox}}}{100 - u'_{\text{ox}}} \quad W = G_{\text{ox}} \cdot \frac{u'_{\text{bosh}} - u'_{\text{ox}}}{100 - u'_{\text{bosh}}} \quad (10.2)$$

bu yerda, G_{bosh} - boshlang'ich massa kg; u'_{bosh} - boshlang'ich namlik, %; S_{ox} - oxirgi massa, kg; u'_{ox} - oxirgi namlik, %.

Agarda, moddaning nam saqlash miqdori quruq modda massasiga nisbatan foizda (u') berilgan bo'lsa, u holda

G_{qu} - absolyut quruq moddaga nisbatan quritgichning mahsuldorligi, kg/s.

2. Bug'-havo aralashmasida bug' miqdori x (kg·bug'/kg·quruq gaz);

$$(10.4)$$

M_b va M_g – bug' va havoning molyar massasi; P -bug'-havo aralashmasining umumiy bosimi; R_b – bug'ning parsial bosimi.

Bug' va havodan iborat aralashmaning nam saqlash miqdori x kg·quruq-havo):

$$x = 0.622 \cdot \frac{\varphi - R_{tuy}}{P - \varphi \cdot R_{tuy}} \quad (10.5)$$

bu yerda 0,622 - suv bug'i va xavoning molyar massalari nisbati; φ - havoning nisbiy namligi:

$$\varphi = \frac{R_n}{P_{tuy}} \quad (10.6)$$

R_p - suv bug'ining havodagi parsial bosimi (quruq termometr temperaturasi bo'yicha).

R_{tuy} - shu temperaturadagi to'yingan suv bug'ining bosimi (ilovadagi 34-jadval).

4. Nam havoning entalpiyasi I (kJ/kg·quruq havo)

$$I = (c_x - c_b \cdot x) \cdot t + r_0 \cdot x = (1,01 + 1,97 \cdot x) \cdot t + 2493 \cdot x \quad (10.7)$$

bu yerda $s_x = 1,01$ kJ/(kg·K) – quruq havoning o'rtacha solishtirma issiqlik sig'imi (bosim o'zgarmas bo'lganda) $s_o = 1,97$ kJ/(kg·K) - suv bug'ining o'rtacha solishtirma issiqlik sig'imi.

x - havoning nam saqlashi, kg·bug'/kg·quruq havo; T – havo harorati (quruq termometr bo'yicha), °S; $r_0 = 2493$ kJ/kg - suvning 0°S da bug'ga aylanish solishtirma issiqlik miqdori.

Quritish jarayonining potentsiali quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$\varepsilon = t_k - t_n$$

bu yerda t_k - quruq termometr bo'yicha havoning temperaturasi; t_n -

nam termometr bo'yicha havoning temperaturasi; Ho' l termometrning haqiqiy temperaturasi

$$t_n = t_n - \frac{\Delta \cdot (t_k - t_n)}{100}$$

Δ - ho'l termometr ko'rsatkichiga kiritiladigan tuzatish, %.

5. Nam havoning parametrlari x , t , φ , I orasidagi bog'likliklar Ramzinning I - x diagrammasi orqali oson aniqlanadi (10-1 rasm) va uning yordamida nam materialni konvektiv quritish masalalari yechiladi.

6. Bosimi R , temperaturasi T bo'lgan nam havoning zichligi quyidagicha aniqlanadi:

$$\rho_{nh} = \rho_{kh} + \rho_b \quad (10.8)$$

bu yerda ρ_{nh} - quruq havo zichligi; ρ_b - suv bug'ining zichligi, o'z parsial bosimi yordamida aniqlangan:

$$\rho_n = \frac{M_x \cdot T_o \cdot (n_x \cdot \varphi \cdot P_{tuy})}{22,4 \cdot T \cdot n_o} \quad (10.9)$$

$$\rho_b = \frac{M_o \cdot T_o \cdot \varphi \cdot P_{tuy}}{22,4 \cdot T \cdot P_o} \quad (10.10)$$

YA'ni P - bug'-havo aralashmasining umumiy bosimi,

P_o – normal bosim (0,1013 MPa yoki 1 atm)

(10.8)-(10.10) – formulalarni qo'shib quyidagi formulani hosil qilamiz:

$$\begin{aligned} \rho_{nx} &= \frac{M_x \cdot T_o \cdot p}{22,4 \cdot T \cdot p_o} \left[1 - \left(1 - \frac{M_x}{M_o} \right) \frac{T}{T_o} \right] = \\ &= \frac{273 \cdot p}{1,293 \cdot T \cdot 101300} \cdot \left(1 - \frac{378}{T} \cdot \frac{\varphi \cdot P_{tuy}}{p} \right) = \\ &= \frac{3,48 \cdot 10^{-3}}{T} \cdot (p - 0,378 \cdot \varphi \cdot P_{tuy}) \quad (10.11) \end{aligned}$$

8. Quritgich orqali o'tadigan quruq havo sarfi L (kg/s) ushbu tenglamadan aniqlanadi:

$$L = W \cdot l \quad (10.12)$$

Bu yerda, W – quritgichning bug'latilayotgan (moddadan ajralayotgan) namlik bo'yicha unumdorligi, kg/s; l – quruq havo solishtirma sarfi, kg/kg bug'lanayotgan namlik.

$$\tau = \quad (10.13)$$

x_0 va x_2 – quritgichga kirayotgan va undan chiqayotgan havoning nam saqlashi.

9. Quritish jarayoni normal sharoitda olib borilganda kaloriferdagi issiqlik sarfi Q (Vt),

$$Q=L \cdot (I_1-I_0) \quad (10.14)$$

Bu yerda I_1 va I_0 – havoning kaloriferga kirish va undan chiqishdagi entalpiyalari, J/kg^o quruq havo.

Quritgichda jarayon normal quritish sharoitida olib borilganda issiqlik balansi ushbu ko'rinishga ega:

$$Q=L \cdot (I_2-I_0)+\sum q \quad (10.15)$$

I_2 – quritgichdan chiqayotgan havo entalpiyasi;

$$\sum q$$

- materialning qizdirish uchun sarf bo'lgan issiqlik, transport qurilmasini isitish uchun va atrof muhitga yo'qotilgan issiqliklar yig'indisiga teng.

$L \cdot (I_2-I_0)$ namlikni bug'lanishi, havo va bug'ni isitishga sarf bo'lgan asosiy issiqlik miqdoriga

nisbatan $\sum q$ juda kichik bo'lgani uchun hisobga olmaymiz. Unda, nazariy quritgich uchun tenglama quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$Q_{naz}=L \cdot (I_2-I_0) \quad (10.16)$$

10. Haqiqiy quritgichdagi solishtirma issiqlik sarfi q (J/kg bug'lanayotgan namlik) ushbu formula yordamida topiladi:

$$q=\frac{Q}{W}=\frac{I_1-I_0}{x_2-x_0}=l \cdot (I_1-I_0) \quad (10.17)$$

nazariy quritgichda havoning oxirgi holati bo'yicha

$$q_{naz}=\frac{I_1-I_0}{x_2-x_0} \quad (10.18)$$

Haqiqiy va nazariy quritgichlarning solishtirma issiqlik sarflarining farqi:

$$q-q_{naz}=\frac{I_1-I_0}{x_2-x_0}-\Delta \quad (10.19)$$

agarda, quritgich kamerasida qo'shimcha isitkich bo'lmasa, unda:

$$\Delta=\frac{\sum Q}{W}=q_{mat}+q_{tr}+q_{yuq}-c \cdot \theta_b \quad (10.20)$$

Bu yerda

$$q_{mat}=c_{ox} \cdot (\theta_{ox}-Q_b); \quad q_{tr}=\frac{G_{tr}}{W} \cdot c_{ox} \cdot (\theta_{ox}-Q_b); \quad q_{yo'q}=\frac{G_{yo'q}}{W} \cdot c_{yo'q} \cdot (\theta_{yo'q}-Q_b)$$

bu yerda s_{ox} , s_{tr} , s – quritilgan materialning, transport qurilmasi, suvning solishtirma issiqlik sig'imlari; θ_{ox} , θ_b – boshlang'ich (nam materialning quritgichga kirayotganidagi) va oxirgi (quritilgan materialning quritgichdan chiqqandagi) temperaturalari, °S.

11. Quritgichning issiqlik f.i.k.

$$\eta=\frac{r}{q} \quad (10.21)$$

bu yerda r – materialni quritish paytidagi temperatura bo'yicha aniqlanadigan (ho'l termometr temperaturasi bo'yicha), suvning bug'ga aylanish solishtirma issiqligi, J/kg; q – quritgichdagi issiqlikning solishtirma sarfi, J/kg.

O'zgarmas bir xil sharoitda quritish jarayonining davomiyligi quyidagi taxminiy formulalar yordamida topish mumkin:

a) o'zgarmas tezlik davri (I-davr) uchun

$$\tau_1=(u_{bosh}-u_{kr}) \quad (10.22)$$

b) kamayuvchi tezlik davri (II-davr) uchun

$$\tau_2 = \frac{u_{kr} - u_m}{N} \cdot 2,3 \cdot \lg \frac{u_{kr} - u_m}{u_{ox} - u_m} \quad (10.23)$$

bu yerda N – I-davr quritish tezligi; u_{bosh} , u_{kr} , u_{ox} , u_m - jarayonning boshlang'ich, kritik, oxiridagi va muvozanat holatdagi material namligi.

Umumiy quritish vaqti

$$\tau = \tau_1 + \tau_2 \quad (10.24)$$

o'rtacha harakatlantiruvchi kuch ushbu formulalar orqali aniqlanadi:

$$\Delta_{X_{o'r}} = \frac{\Delta X_1 - \Delta X_2}{2,3 \cdot \lg \frac{\Delta X_1}{\Delta X_2}} \quad (10.25)$$

$$\Delta_{X_1} = X_{tuy} - X_1$$

$$\Delta_{X_2} = X_{tuy} - X_2$$

I- davr quritish tezligi N tajriba o'tkazish yo'li bilan yoki modda berish koeffitsiyenti orqali aniqlanishi mumkin.

Nam material yuzasidan bug'latilgan namlik miqdori

$$W = \beta \cdot F \cdot \Delta_{X_{o'r}} \quad (10.26)$$

Bo'lsa, quritish tezligi N ushbu ifoda yordamida topiladi:

$$N = \frac{W}{G_k} = \frac{\beta \cdot F \cdot \Delta_{X-p}}{G_k} = \quad (10.27)$$

Bu yerda, β – gaz fazasidagi modda berish koeffitsiyenti, $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{kg}/\text{kg})$; F – bug'lanish yuzasi, m^2 ; $f = F/G_{\text{gur}}$ – solishtirma yuza, m^2/kg ; ΔX - o'rtacha harakatga keltiruvchi kuch, $\text{kg} \cdot \text{bug}'/\text{kg} \cdot \text{quruq havo}$.

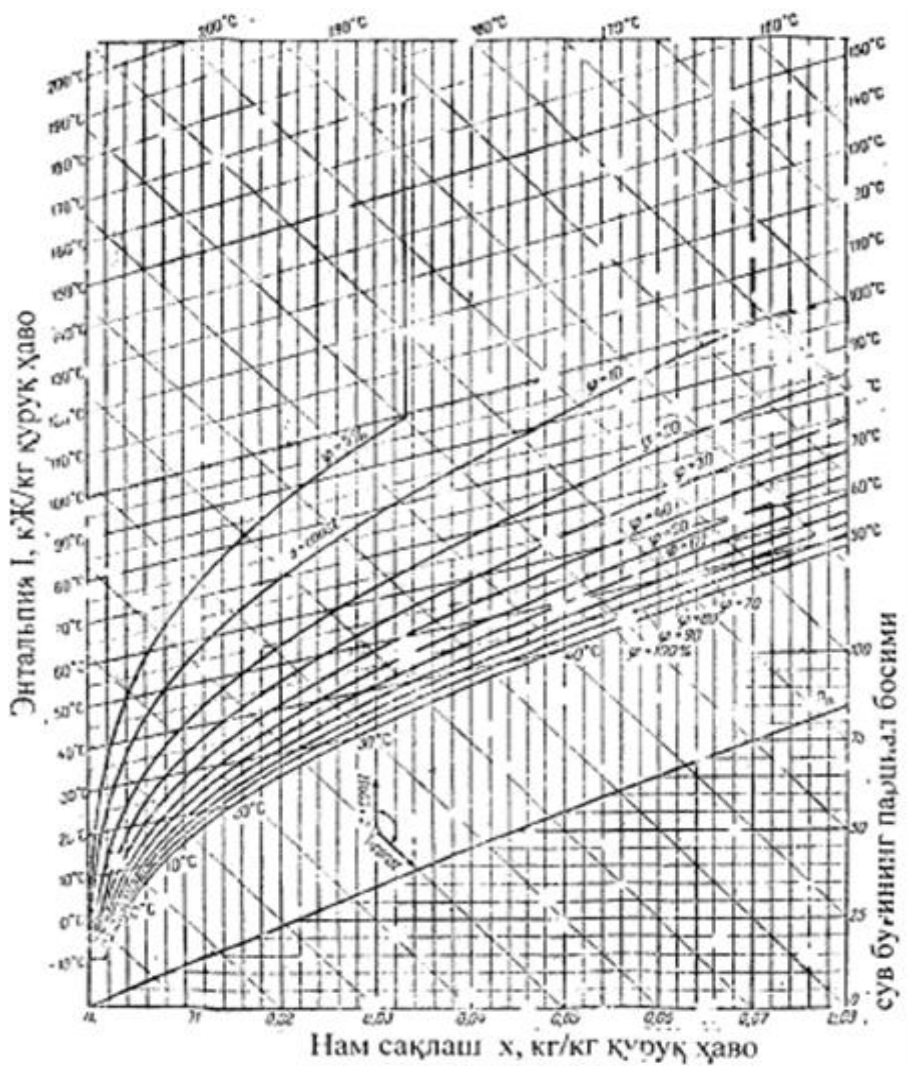
Modda berish koeffitsiyenti β ushbu kriterial tenglamadan topiladi:

$$\text{Nu} = A \cdot \text{Re}_r \cdot (\text{Pr}_r)^{0,33} \cdot \text{Gu}^{0,136} \quad (10.28)$$

Bu yerda $\text{Nu} = \frac{\beta \cdot l}{D}$; $\text{Re} = \frac{w \cdot l}{v}$; $\text{Pr}_r = \frac{v}{D}$

Guxman kriteriysi:

$$\text{Gu} = \frac{T_k - T_n}{T_k} \quad (10.29)$$



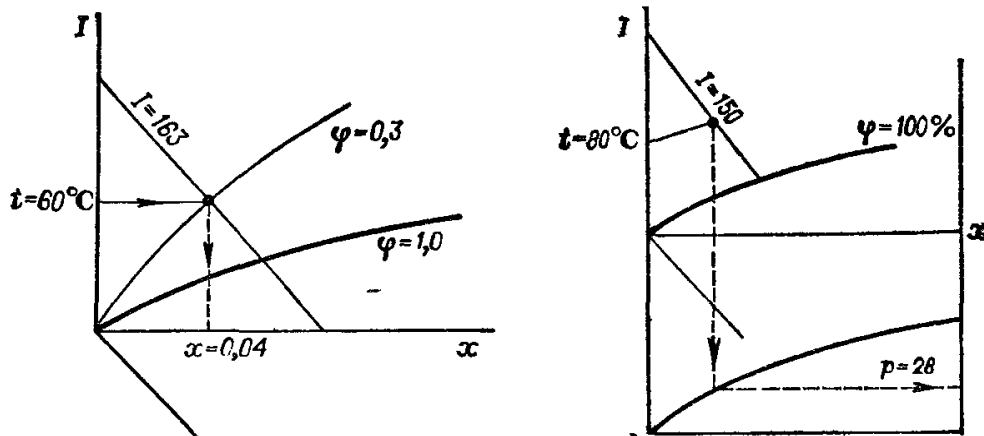
10.1-расм. Нам ҳавонинг I-x диаграммаси.

MISOLLAR ISHLASH NAMUNASI

1-masala. Nisbiy namligi $\varphi=0,3$ va temperaturasi 60°S bo'lgan havoning entalpiyasi va nam saqlashi Ramzinning I-x diagrammasidan toping.

Yechish:

10.2-rasmda ko'rsatilgandek, entalpiya $I=163$ kJ/kg^{*} quruq havo nam saqlashi $x=0,04$ kg/kg^{*} quruq havo.



10.2-rasm. 10-1 masalaga oid

10.3-rasm. 10-2 masalaga oid

2-masala. Temperaturasi 80°S va entalpiyasi $I=150$ kJ/kg quruq havo bo'lgan bug'-havo aralashmasidagi suv bug'ining parsial bosimi aniqlansin.

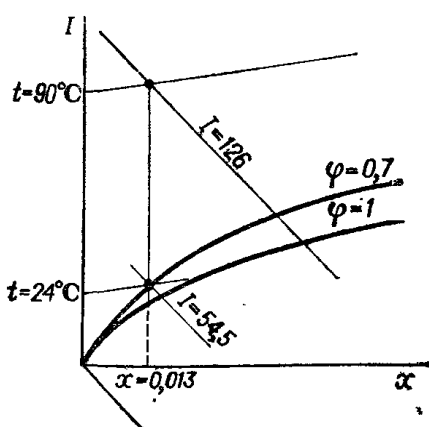
Yechish:

Ramzinning I-x (10.1-rasm) diagrammasidan 80°S li izoterma va $I=150$ kJ/kg quruq havo chiziqlarining kesilishi nuqtasini topib, uni suv bug'ining parsial bosimi chizig'iga tushiriladi, so'ng esa absissa o'qiga parallel holda orinataga cho'zib olib boramiz.

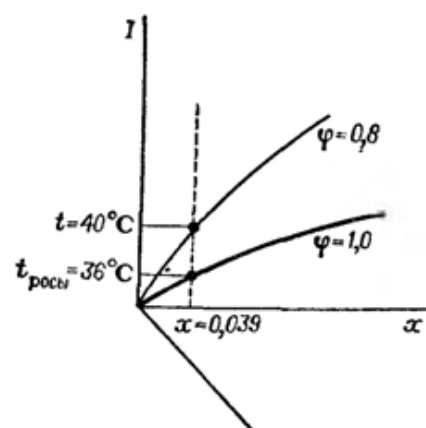
Demak, $t=80^{\circ}\text{S}$ va $I=150$ kJ/kg quruq havo uchun parsial bosim $p_p=28$ mm.sim. ust.ga teng.

Yechishning grafik sxemasi 10.3-rasmida keltirilgan.

3-masala. Temperaturasi 24°S va $\varphi=0,7$ bo'lgan havo kaloriferdan 90°S gacha isitilmoqda. Kaloriferdan chiqayotgan havoning entalpiyasi va nam saqlashi topilsin.



10.4-rasm. 10-3 masalaga oid



10.5-rasm. 10-4 masalaga oid

Yechish:

I-x diagrammada havoning boshlang'ich holati $t=24^{\circ}\text{S}$ li izoterma $\varphi=0,7$ chizig'i bilan kesishgan nuqtasiga to'g'ri keladi (10.4-rasm).

Ushbu nuqtaga $x=0,013$ kg/kg* quruq havo va $I=54,5$ kJ/kg* quruq havo to'g'ri keladi. Isitish paytida

havoning nam saqlashi o'zgarmaydi, shu sababli havoni isitish jarayoni $x=\text{const}$ chizig'i bilan ifodalaniladi.

Demak havoning oxirgi holati $x=0,013$ chizig'i $t=90^{\circ}\text{S}$ li izoterma bilan tutashgan nuqtasi bilan

xarakterlanadi. Bu nuqtaga entalpiyaning $I=126$ kJ/kg* quruq havo son qiymati to'g'ri keladi.

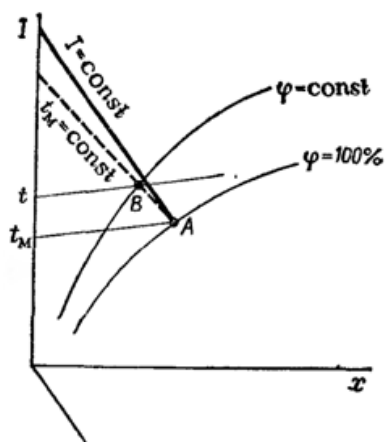
4-masala. Agar havoning temperaturasi $t=40^{\circ}\text{S}$ va nisbiy namligi $\varphi=0,8$ bo'lsa, uning shudring nuqtasi topilsin.

Yechish:

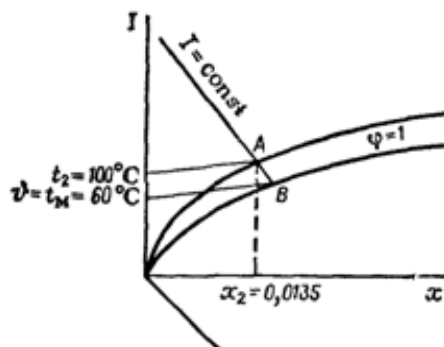
Nam havo sovitilsa, ma'lum temperaturaga tgach, namlik shudring sifatida ajrala boshlaydi. Namlikning bunday holatda ajralishiga to'g'ri keladigan temperaturaga shudring nuqtasi deb ataladi. Bu nuqtani topish uchun I-x diagrammaning ordinata o'qidagi 40 oS ga tegishli nuqtadan izoterma chizig'ini $\varphi=0,8$ bilan kesishguncha davom ettiramiz.

Tutashgan ushbu A nuqtadan $x=\text{const}$ chiziq bo'ylab pastga $\varphi=1,0$, ya'ni to'yinish chizig'i bilan kesishguncha tushiramiz (10.5-rasm). Berilgan parametrlarga to'g'ri kelgan nam saqlashi $x=0,039$ kg/kg va shudring nuqtasi $t=36^\circ\text{S}$.

10-5. Psixrometr ko'rsatgichi quyidagicha: quruq termometr $t_q=40^\circ\text{C}$, ho'l termometr esa $t_x=36^\circ\text{C}$. I-x diagrammadan havoning nisbiy namligi aniqlansin.



10.6-rasm. 10-5 masalaga oid



10.7-rasm. 10-6 masalaga oid

$t_x=35^\circ\text{S}$ izotermani $\varphi=100\%$ bilan kesishguncha cho'zib boramiz va A nuqtani topamiz (10.6-rasm). Ushbu nuqtadan izoterma bo'yicha ($t_x=\text{const}$) xarakat etib V nuqtada t temperatura izoterma bilan kesishguncha cho'zamiz va bu nuqtaga oid φ ni aniqlaymiz.

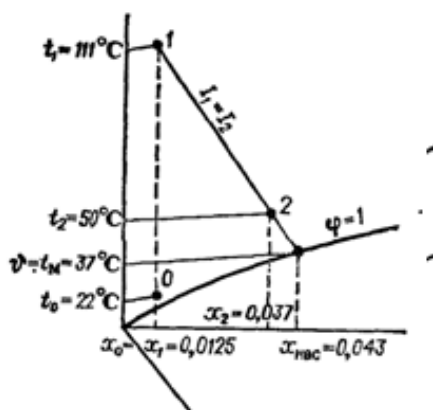
Bizning misolimiz uchun $t_k=40^\circ\text{C}$ va $t_x=35^\circ\text{C}$ bo'lganda $I=\text{const}$ chizig'i bo'yicha $\varphi=70\%$ ligini topamiz.

6-masala. Quritgichdan chiqayotgan havo temperaturasi $t_2=100^\circ\text{C}$ va nam saqlashi $x_2=0,0135$ kg/kg va materialning namligi kritik namlik yuqori bo'lsa, materialning temperaturasi topilsin.

Yechish:

Quritish jarayonining I-davrida nam materialning temperaturasi ho'l termometrnin temperaturasi t_x ga teng bo'ladi.

Bu temperaturani topish uchun A nuqtadan $I=\text{const}$ chizig'ini $\varphi=1$ bilan V nuqtada tutashguncha davom ettiramiz (10.7-rasm). Ushbu nuqtadan $t_x=60^\circ\text{S}$ izoterma o'tadi.



10.8-rasm. 10-7 masalaga oid

7-masala. Soatiga 550 kg, namligi 23 % gacha quritilgan marmelad ishlab chiqarish uchun quritish qurilmasiga namligi 30 % bo'lgan marmeladdan qancha miqdorda kiritish kerak.

Yechish:

Nam material bo'yicha quritgichning unumdorligini hisoblash uchun (10.2) formuladan foydalanamiz:

$$G = 550 \frac{100 - 23}{100 - 30} = 605 \frac{\text{kg}}{\text{soat}}$$

MASALALAR

- 28.11kg nam materialdan 50% dan 25% gacha quritganda, 1 kg nam materialni 2% dan 1% gacha qurtilganga qaraganla necha barobar ko'p namlik chiqariladi (umumiy massaga nisbatan hisoblanganda).
- 28.2 Quritgichdan chiqayotgan havoning temperaturasi $t_1 = 50^\circ\text{S}$ va nisbiy namligi $\varphi = 0,7$ bo'lganda uning nam saqlashi, entalpiyasi, xo'l termometr temperaturasi va shudrii nuqtalarini aniqlang.
- 28.3 Xavoning quruq termometrdan harorati 50°S va xo'l termometrdagi temperaturasi 30°S bo'lganda, havoning qolgan Hamma xarakterlovchi parametrlarini aniqlab bering.
- 28.4 Suv bug'ining havo bilan aralashmasidagi parsial bosimi $0,1 \text{ kgs}/\text{sm}^2$ ligi ma'lum bo'lsa, 50°S , temperaturada bu aralashmaning nisbiy namligi va nam saqlashini aniqlab bering. .
- 28.5—Suv bug'ining a) havo bilan; b) vodorod bilan va s) etan bilan aralashmalaridagi temperatura $t = 35^\circ\text{S}$ da va nisbiy namligi $\varphi = 0,45$ dagi miqdorini aniqlang (gazlarning miqdorini 1 kg deb olinsin). Umumiy absolyut bosim $P = 1,033 \text{ jgk}/\text{sm}^2$
- 28.6. Agarda, quritgichdan chiqayotgan havoning temperaturasi $t_2 = 40^\circ\text{S}$ va nisbiy namligi $\varphi = 2 = 0.6$ -bo'lsa, yoz va qish fasllari ;(Toshkent shahri sharoiti) uchun havoning solishtirma sarfi va issiqlik miqdori aniqlansin. Nazariy quritgichda normal quritish jarayoni tashkil etilgan.
- 28.7. Havo-bug' aralashmasi temperaturasi 150°S da va nisbiy namligi $\varphi = 0,5$ ga teng bo'lganda umumiy (absolyut) bosim miqdori 745 mm.sim.ust. ni tashkil etadi. Suv buyi va havoning parsial bosimini va havoning nam saqlashini toping.
- 28.8. Nam xavo temperaturasi 130°S , nisbiy namligi $\varphi = 0,3$ va absolyut bosimi $7 \text{ kgk}/\text{sm}^2$ ($0,7 \text{ MPa}$) ga teng. Havoning parsial bosimini, zichligi va nam saqlanishini aniqlab bering.
- 28.9 Quritgichga kirayotgan havo miqdori soatiga 200 kg (absolyut quruq havo deb hisoblanganda) bo'lib, uning temperaturasi $t_1 = 95^\circ$ va $\varphi = 5\%$ ni tashkil etadi. Quritgichdan chiqayotgan namlik miqdori qancha? Havoning solishtirma sarfm ham aniqlansin..
- 28.10 Soatiga 800 kg namligi 32% pastilani quritish jarayonida $44 \text{ kg}/\text{soat}$ miqdordagi namlik bug'latilgan bo'lsa, yulingan pastinga necha foiz namlikda bo'ladi?
- 28.11. *Quyidagi sharoitlarda* , ya'ni $t_0 = 15^\circ\text{S}$, $\varphi_0 = 0,8$, $111^\circ 45^\circ\text{S}$, $\varphi = 2 = 0.6$; $P = 50 \text{ mm.sim.ust.}$ da quritilayotgan materiallardan soatiga 100 kg namlik ajralayotgan bo'lsa,ventilyatorning ish unumdorligini aniqlang.
- 28.12 Havo quritgichga kirishdan oldin kaloriferda 113°S gacha isitiladi. Quritgichdan chiqayotganda havo temperaturasi 60°C va nisbiy namligi $0,3$. Kaloriferga kirayotgan havoning shudring nuqtasini aniqlab bering. Quritish $I = \text{const}$ chizig'i bo'ylab bormoqda deb hisoblansin.
- 28.13 Non mahsulotlarini quritish jarayonida chiqib ketayotgan issiq havoning bir qisyonini quritgichga qaytarish rejimida ishlamoqda:
 Havoning . parametrlari quyidagicha; $t_0 = 30^\circ\text{C}$, $\varphi_0 = 19\%$;
 Ishlatib bo'lingan issiq havo parametrlari: $t_2 = 52^\circ\text{S}$, $\varphi = 2 = 55\%$;
 Aralashtirish darajasi: $n = 2$;
 Kaloriferdan chiqayotgan havo temperaturasi $t_{\text{apal}} = 93^\circ\text{S}$.
- Ushbu jarayonlar uchun quyidagilar aniqlansin: havoning solishtirma entalpiyasi va namligi; ishlatib bo'lingan issiq havoning solishtirma namligi, entalpiyasi, temperaturasi va nisbiy namligi; quritgichga kirishdagi havoning solishtirma namligi, entalpiyasi, temperaturasi va nisbiy namligi. Xisoblar analitik va grafik ($I-x$ diagrammasi yordamida) qilinsin va bir-biriga taqqoslansin.
- 28.14 Ish unumdorligi $G_1 = 1600 \text{ kg}/\text{soat}$ bo'lgan quritgich nonni normal quritish jarayonida quritmoqda. Nonning namligi $u_1 = 52\%$, quritilgandan keyin esa, $u_2 = 9\%$
- Qurilma o'rnatilgan sex ichidagi havoning temperaturasi 23°S , kaloriferlan chiqayotgan ishlatilib bo'lingan issiq havo parametrlari quyidagicha: $t_2 = 40^\circ\text{S}$, $\varphi = 2 \sim 45\%$. Quritish

jarayonini o'gkazish uchun havo, kaloriferdan chiqayotgan, ishlatib bo'lingan issiq havo hajmlari va kaloriferda sarflanayotgan issiqlik miqdori aniqlansin.

Namligi 52% (umumiy massaga nisbatan) non 1600 kg/soat sarfda tonnelli qurilmada quritilmoqda. Quritilgan non namligi 9%. Quritilgan nondagi absolyut quruq moddaning solishtirma issiqlik sig'imi $s_{km} = 1,42 \text{ kJ/k. K.}$.

Qurilma o'rnatilgan bino ichidagi havoning temperaturasi 22°S , kaloriflardan chiqayotganligi esa -105°S , quritgichda ishlatib bo'lingan havoniki esa -55°S .

Havo va matsriallar quritish kamerasidagi harakati 2 xil yo'nalishda, ya'ni:

- to'g'ri yo'li;
- qarama-qarshi yo'li bo'lganda, materialni isitish uchun sarf bo'ladigan issiqlik miqdori hisoblansin.

Temperaturasi t va nisbiy namligi φ bo'lgan havoning nam saqlashi, entalpiyasi, partial bosimi, xo'l cha quruq termometr, hamda shudring nuqtasiga mos temperaturalarini $I x$ diagramma yordamida aniqlang.

ADSORBSIYA (4 soat)

Gaz yoki suyuq faza tarkibidagi bir yoki bir necha komponentlarni qattiq jism yordamida yutilish jarayoni adsorbsiya deb ataladi.

Adsorbsiya paytida yutilayotgan modda adsorbktiv deb yuritiladi.

Adsorbsiya jarayoni sanoatda gazlarni tozalash va quritish, eritmalarni tozalash va tindirish, hamda gaz va bug' aralashmalarini ajratish uchun ishlatiladi. Masalan, havo va boshqa gaz aralashmalaridan uchuvchan erituvchilarni ajratish, ammiakni tozalash, tabiiy gazni quritish, gazidan aromatik uglevodorodlarni ajratish, nastmassa va sintetik kauchuk ishlab chiqarishda, neftni qayta ishlash natijasida hosil bo'lgan gaz aralashmalaridan vodorod va etilenni, benzin fraksiyalaridan aromatik uglevodorodlarni ajratib olishda, yog'larni, vino mahsulotlarini har xil meva-sabzavot sharbatlarini tozalashda adsorbsiya jarayoni keng ishlatiladi.

Sanoat gazlarini SO_2 , NO_2 , CS_2 , N_0 va boshqa shu kabi birikmalardan adsorbentlar yordamida tozalash, atrof muhitni muhofaza qilishda ishlatiladi.

Qattik jismning yuzasiga ta'sir qilayotgan kuchlarning tabiatiga qarab adsorbsiya 2 xil bo'ladi: fizik adsorbsiya va xomosorbsiya.

Fizik adsorbsiya molekulyar kuchlarning o'zaro ta'sirlanishiga asoslangan. Xemosorbsiya esa, kimyoviy kuchlarning o'zaro ta'sirlanishi natijasida yuz beradi.

Xisoblash formulalari va asosiy bog'liqlar

Adsorbsiyadagi muvozanat konsentratsiyalari o'rtasidagi borliqlik quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$x^n = f(\bar{y}, T) \quad (9.1)$$

Agarda temperatura o'zgarmas bo'lsa,

$$x^n = f(\bar{y}) \quad (9.2)$$

bu yerda x^n - gaz yoki suyuqlik fazasidagi adsorbktivning konsentratsiyasiga teng bo'lgach adsorbktivning adsorbengdagi, nisbiy konsentratsiyasi; \bar{y} - t i l a y o t n g a n gaz yoki suyuqlik aralashmalaridagi adsorbktivning nisbiy konsentratsiyasi:

Hususiyl hollarda bug'-gaz iralashmalaridan otilayotgai moddaning konsentratsiyasi uning normal bosimi bilan almashtirilishi mumkin.

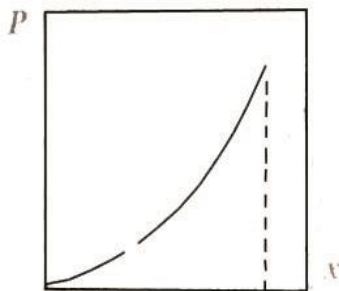
$$x^n = (P) \quad (9.3)$$

Umuman olganda $x^n = f(\bar{y})$ va $x^n = (P)$ bog'liqyaiklar adsorbsiya paytidagi muvozanat chiziklar yoki adsorbsiya izteomalarini ifoda kiladi. Izoteramaning aniq shakli adsorbent va

yutilayotgan moddaning xossalariga va ular o'rtasidagi o'zaro ta'sir qilish kuchlariga bog'liq bo'ladi.

Agar, adsorotsiya izotermasini $R \sim x$ koordinatalari ifoda etilsa, egri chiziqni boshlang'ich qismida R va x larning taxminan to'g'ri proporsionalligi borligi oxirgi qismida esa, egri chiziq **asimptotik holati** Adsorbktivning qattiq fazadagi chegara konsentratsiyasi x ga intilishini ko'ramiz.

9.1-rasmdagi egri chiziqning o'rta qismi Freydlitxning empirik tenglamasi orqali ifodalanadi.



9.1-rayem. Adsorbsiya jarayoni izotermasi

$$P = K \cdot x^n \text{ yoki } x = K \cdot P^{1/n}$$

bu yerda K va n tajriba yo'li bilan topiladigan konstantalar. Fizik adsorbsiya jarayoni. Langmyur tenglamasi bilan ifoda qilinadi.

$$x = \frac{a \cdot e \cdot p}{1 + e^n} \quad (9.4)$$

bu yerda a, b - temperaturaga bog'liq va tajriba yo'li bilan topiladigan koeffitsiyentlar.

Standart modda bug'ining T_1 temperaturadagi adsorbsiya izotermasiga ko'ra boshqa modda bug'ining T_2 temperaturadagi adsorbsiya izotermasini hisoblash mumkin.

–Adsorbsiya paytida yutilgan moddaning miqdorini aniqlash uchun quyidagi tenglamadan foydalaniladi:

$$a_2^n = a_1^n \frac{V_1}{V_2} \quad (9.5)$$

bu yerda a_1 - standart modda adsorbsiya izotermasining ordinatasi kg/kg; a_2 - aniqlanayotgan izotermaning ordinatasi kg/kg; V_1, V_2 - standart va tekshirilayotgan moddaning mol hajmlari, $m^3/kmol$.

Jarayon uzluksiz ravishda olib borilganda, adsorbsiya jarayonining moddiy balansini quyidagicha topish mumkin:

$$L \cdot (a - a_b) = G_1 \cdot (c_0 - c_b) \quad (9.6)$$

bu yerda L - adsorbentning sarfi, kg/s; a_0, a_b yutilayotgan moddaning adsorbentdagi boshlang'ich va oxirgi tarkibi; G - tashuvchi gazning sarfi, kg/s; c_0 - yutilayotgan moddaning adsorbsiya paytida chiqayotgan gazlardagi o'rtacha tarkibi; c_b - adsorbktivning tashuvchi gazdagi tarkibi.

Adsorbsiya jarayoni issiqlik ajralib chiqishi bilan boradi. Shu sababli, sanoatda ajralib chiqqan issiqlikni foydali sarflaydigan qurilmadan foydalaniladi.

Adsorbsiya jarayonida ajralib chiqqan issiqlik yashirin bug'lanish issiqligi deyiladi va u yutilgan bug' miqdoriga bog'liq bo'lib quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$q = m \cdot a^n$$

bu yerda a -yutilgan bug' miqdori; dm^3/kg ko'mir; m va p - konstantlar, ularning son qiymchtlari 9-2 jadvalda keltirilgan.

Adsorbsiya jarayonining kinetikasi

Adsorbsiya jarayonida modda o'tkazish 2 bosqichdan iborat bo'ladi:

- tashqi diffuziya;

- ichki diffuziya.

Tashqi diffuziyaning tezligi asosan jarayonning, gidrodinamik holati bilan, ichki diffuziyaning tezligi esa, adsorbentning tuzilishi cha adsorbsion sistemaning fizik-kimyoviy xossalari bilan harakterlanadi.

Tashqi diffuziyada modda o'tishining tezligi quyidagi Tenglama yordamida aniqlanadi:

$$\frac{da}{aC} = \beta_a \cdot (\bar{C} - \bar{C}_{10}) \quad (9.7)$$

bu yerda a - yutilgan moddaning miqdori vaqtga s ; S yutilayotgan komponentning bug', gaz aralashmasi hajmini konsentratsiyasi, kg/m^3 gaz S_0 - yutilayotgan komponentning yuzasidagi konsentratsiyasi, kg/m^3 inert gaz; β_0 modda berish koeffitsiyenti, s .

Ichki diffuziyada paytida modda yutishning tezligi **molekulyar diffuziya tenglamasi bilan ifodalanadi:**

$$\frac{dc}{d\tau} = D_3 \cdot \left(\frac{d^2c}{d\tau^2} + \frac{d^2c}{dy^2} + \frac{d^2c}{d\pi^2} \right) \quad (9.8)$$

bu yerda D_e - diffuziyaning effektiv koeffitsiyenti. Jarayon davomida V ning qiymati o'zgarmas deb olinadi.

Adsorbsiya kinetikasini ifodalaydigan kriterial tenglama Nu' ni aniqlash mumkin:

$$Nu' = A \cdot Re^m \cdot (Pr')^n \quad (9.9)$$

bu yerda Nu' - Nusselt diffuzion kriteriysi; Pr' - Prandtl diffuzion kriteriysi; Re - Reynolds kriteriysi; A, m, n - tajriba yo'li bilan aniqlanadigan doimiy qiymatlar.

Masadan, pista ko'mir uchun (d_3 — 1,7-2,2 mm, sh = 0,3-2 m/s) kriterial tenglama quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$Nu' = A \cdot Re^{0.54} \quad (9.10)$$

bu yerda

$$Nu' = \frac{\beta \cdot d_e^2}{D}$$

V - diffuziya koeffitsiyenti, m^2/s ; d_3 - adsorbent zarrachalarining o'rtacha diametri, m ; w - bug' - gaz aralashmasining tezligi, m/s ; u_g - gazning kinematik qovushoqlik koeffitsiyenti, m^2/s . yuqoridagi tenglamadan r topiladi:

$$\beta = \frac{1.6 \cdot D \cdot w_g^{0.54}}{v^{0.54} \cdot d_e^{0.46}} \quad (9.11)$$

Istalgan temperatura va bosim uchun diffuziya koeffitsiyenti D quyidagicha topiladi:

$$D = D_0 \cdot \left(\frac{P_0}{P} \right) \cdot \left(\frac{T}{T_0} \right)^{1.5} \quad (9.12)$$

Yutuvchi sorbent qatlamining himoya harakati vaqti H.A.Shilov tenglamasi yordamida hisoblanadi:

$$\tau = K \cdot (H - h)$$

bu yerda $\tau_0 = K \cdot h$

Demak, $\tau = K \cdot H - \tau_0$

K - sorbent qatlamining himoya harakati koeffitsiyenti; N - sorbent qatlamining balandligi, m ; h - dinamik tajriba

sharoitida sorbent qatlamining ishlatilmagan balandligi, m; τ_0 sorbent qatlamining himoya harakat vaqtining yo'qotilishi yoki kinetik koeffitsiyent, s.

Sorbent qatlamining himoya harakati koeffitsiyenti 1 quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$K = \frac{a_a}{w \cdot C_0} \quad (9.14)$$

bu yerda a'_0 - muvozanat adsorbsion hajm, kg/m^3 ; w - tezlik, m/s; S_0 - ga aralashmasidagi yutiladigan moddaning boshlang'ich konsentratsiyasi, kg/m^3 .

Uzluqli adsorbsiya jarayonining davomiyligi yutilgan modda balans, adsorbsiya kinetikasi va izotermasi tenglamalari sistemasini yechish orqali aniqlanadi.

Adsorbsiya izotermasi 3 qismga bo'linadi:

a) Bu qismda adsorbsiya izotermasi to'g'ri chiziqli va taxminan Genri qonuni bilan ifodalanadi.

$$\sqrt{\tau} = \sqrt{\frac{a_0}{w \cdot C}} \cdot \sqrt{H \cdot b} \cdot \sqrt{\frac{a_a}{w \cdot C_0}} \quad (9.15)$$

τ - adsorbsiya jarayoni davomiyligi c, w - bug' - gaz oqimining tezligi m/s; N - pista ko'mir qatlam balandligi N ; C_0 - bug' - gaz oqimida yutiladigan moddaning boshlang'ich konsentratsiyasi, kg/m^3 ; a_0 - oqim konsentratsiyasi S_0 bilan muvozanatdagi yutilgan modda miqdori kg/m^3 ; β - modda almashinish koeffitsiyenti c^{-1} . b - koeffitsiyent qiymati 9-3 jadvaldan qarab tanlanadi.

9-3 jadval

$\frac{\bar{c}}{C_0}$	b	$\frac{\bar{c}}{C_0}$	b	$\frac{\bar{c}}{C_0}$	B
0,05	1,64	0,2	0,63	0,7	-0,27
0,01	1,67	0,3	0,42	0,8	-0,46
0,03	1,35	0,4	0,23	0,9	-0,68
0,05	1,19	0,5	0,09		
0,1	0,94	0,6	-0,10		

b) Adsorbsiya izotermasining ikkinchi qism uchun τ ni aniqlashda ushbu tenglamadan foydalanadi

$$\tau = \frac{a_0}{w \cdot C_0} \left\{ H \cdot \beta_y \left[\frac{1}{p} \cdot \ln \left[\left(\frac{\bar{c}}{C_0} \right) - 1 \right] + \ln \left[(C / C_0) - 1 \right] \right] - 1 \right\} \quad (9.16)$$

d) adsorbsiya izotermasining uchinchi qismi uchun τ ni topish uchun quyidagi tenglama to'g'ri keladi

$$\tau = \frac{a_0}{w \cdot C_0} [H - \dots] \quad (9.17)$$

modda o'tkazish zonasining balandligi quyidagi formuladan topiladi:

$$h_0 = H \frac{\tau_{tuy} - \tau_{sk}}{\tau_{tuy} (1 - f) \cdot (\tau_{tuy} - \tau_{sk})} \quad (9.18)$$

bu yerda τ_{tuy} - muvozanatli to'yinishigacha ketgan vaqt; τ_{sk} - minimal sakrab o'tish konsentratsiyasining himoya harakati vaqti; f - sorbentning ishlatilmagan muozanat adsorbsion hajmi.

Qatlamning xarakat tezligi u ushbu formula orqali xisoblanadi.

$$u = (\bar{c}_0 - \bar{c}_{sk}) \cdot \frac{w}{a_0} \quad (9.19)$$

Qurilmadagi qatlamning ichki balandligi quyidagi formuladan aniqlanadi.

$$H_0 = Y \cdot h_0 \quad (9.20)$$

h_0 - qo'zg'almas qatlamning modda o'tkazish zonasining balandligi, m; $Y = 1,4$ o'zgarmas koeffitsiyent.

O'tkazish birligining soni konsentratsiyalar o'zgarganda, har pog'ona uchun alohida hisoblanadi.

$$m_0 = \frac{2(\bar{S}_{bosh} - \bar{S}_{ox})}{\bar{S}_{bosh} - \bar{S}_{ox}} \quad (9.21)$$

Izoteraning to'g'ri chiziqli qismida qatlam balandligi ushbu formuladan topiladi.

$$H = h_e \cdot \sum_u^n m_e \quad (9.22)$$

Undan tashqari N ni topishda ushbu formuladan foydalansa ham bo'ladi.

$$H = \frac{G}{S \cdot \beta_y \cdot \Delta \bar{c}_{ur}} \quad (9.23)$$

G - vaqt birligida yutilyotgan modda miqdori: adsorbsiya jarayonini o'rtacha xarakatga keltiruvchi kuch :

$$(9.24)$$

$\Delta \bar{S}_0 = (\bar{S}_0 - \Delta \bar{S}_0)$ - qatlam oxiridagi katta harakatga keltiruvchi kuch .

$\Delta \bar{S}_1 = (\Delta \bar{S}_1 - \Delta \bar{S}_1)$ - boshqa qatlam oxiridagi kichik harakatga keltiruvchi kuch .

MISOLLARNI ISHLASH NAMUNASI

1-MASALA. Bug'-havo aralashmasining sarfi $3450 \text{ m}^3/\text{soat}$. Benzinning boshlang'ich konsentratsiyasi $C=0,02 \text{ kg/m}^3$. Pista ko'mirning zichligi $\rho=500 \text{ kg/m}^3$, desorbsiyadan so'ng qoldiq aktivligi 0% (massa), benzina nisbatan ko'mirning dinamik aktivligi 7% (massa) va qurilmaning to'liq ko'ndalang kesimiga hisoblangan bug'-havo aralashmaning tezligi $= 0,23 \text{ m/s}$. Adsorbentni desorbsiya, quritish va sovutish vaqti $1 \text{ soat } 45 \text{ minut}$.

Benzin bug'i va xavo aralashmadan benzin bug'ini yutish uchun uzlukli adsorberning diametri, adsorbent qatlamining balandligi va pista ko'mirning miqdorini aniqlansin.

Yechish:

Isoat 45 minut vaqt ichida benzinni yutish uchun adsorbent miqdori :

$$G = C_2 - C_1 = \frac{V \cdot \tau \cdot C}{0,07 - 0,008} = 1612 \text{ kg}$$

Bug'-havo aralashmasining tezligi $0,23 \text{ m/s}$ va sarfi m^3/soat bo'lganda, adsorbent diametri quyidagiga teng bo'ladi.

$$D = \sqrt{\frac{3450}{3600 \cdot 0,785 \cdot 0,23}} = 2,3 \text{ m}$$

Adsorbent qatlamining balandligi esa :

$$H = \frac{1612}{500 \cdot 0,785 \cdot 2,3 \cdot 2,3} = 0,8 \text{ m}$$

2-MASALA. Adsorber diametri 2 m va adsorbent qatlamining balandligi $N=1,0 \text{ m}$. Etil spirti bug'i va havo aralashmasining tezligi $w=25 \text{ m/min}$; boshlang'ich konsentratsiyasi $\bar{S}_0 = 0,029 \text{ kg/m}^3$; adsorberdan chiqayotgan aralashma konsentratsiyasi $\bar{S}_1 = 0,0002 \text{ kg/m}^3$; qatlamining sochilgan holdagi zichligi $\rho_{s,x}=500 \text{ kg/m}^3$.

Bir davr ichida ($\tau = 133 \text{ min}$) etil spirti bug'lari pista ko'mir bilan yutilishi paytida ajralib chiqayotgan issiqlik miqdori aniqlansin.

Yechish :

Qurilmaning ko'ndalang kesim yuzasi :

$$S = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 2^2}{4} = 3,14 \text{ m}^2$$

Bu davr ichida adsorberdan o'tayotgan bug' havo aralashmasining miqdori:

$$V = W \cdot S \cdot \tau = 25 \cdot 3,14 \cdot 133 = 10400 \text{ m}^3$$

Yutilayotgan etil spirt bug'larining miqdori:

$$G_{cp} = \frac{10400 \cdot (29 - 0,2)}{1000} = 300 \text{ kg}$$

yoki

$$G_{cp} = \frac{300}{46} = 6,52 \text{ kmol}$$

Adsorberga solinadigan pista ko'mir massasi.

$$S \cdot H \cdot \rho_{nas} = 3,14 \cdot 1,0 \cdot 500 = 1570 \text{ kg}$$

Bu esa

$$\frac{1570}{6,52} = 2406,8 \frac{\text{kg} \cdot \text{ko'mir}}{\text{kmol}}$$

ni tashkil etadi.

Adsorbsiya jarayonida ajralib chiqayotgan issiqlik miqdori ushbu formuladan topiladi .

$$q = m \cdot a^n$$

1kg pista ko'mirga bug' a ning miqdori quyidagini tashkil etadi.

$$a = \frac{6,52 \cdot 22,4 \cdot 1000}{1570} = 93 \text{ l/kg}$$

bu yerda **m** va **n** larning son qiymatlari 9-2 jadvaldan olinadi $m = 3,65 \cdot 10^3$, $n = 0,928$. Formulaga binoan 1kg pista ko'mirga to'g'ri keladigan issiqlik miqdori .

$$q = 3,65 \cdot 10^3 \cdot 93^{0,928} = 245 \text{ kJ/kg}$$

Bitta davr mobaynida ajralib chiqqan issiqlik miqdori,

$$q_1 = 245 \cdot 1570 = 385000 \text{ kJ}$$

Ushbu issiqlik pista ko'mirni va qurilmani isitishga, atrof muhitga yo'qotilishga va ko'p qismi bug'-gaz aralashmani qizdirishga sarf bo'ladi.

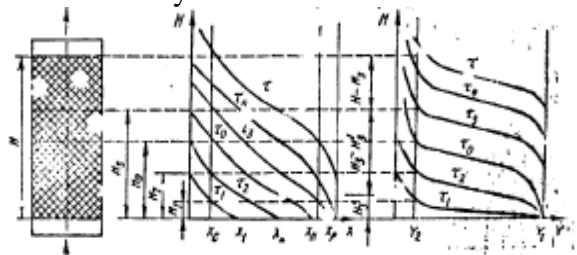
Agarda, hamma ajralib chiqqan issiqlik bug' -gaz aralashmani qizdirishga sarflanmoqda deb taxmin qilsak va uning solishtirma issiqlik sig'imini va zichligini havonikidek deb hisoblansa aralashmaning temperaturasi quyidagi qiymatga ko'tariladi :

$$\Delta t = \frac{385000 \cdot 10^3}{10400 \cdot 1,2 \cdot 1,01 \cdot 10^3} = 30,5 \text{ K}$$

Adsorberlarni hisoblash [6,10].

O'zgarmas qatlami adsorberni hisoblash. Adsorbsiya jarayonining davom etish vaqti adsorbent qatlamini taxlil qilish yo'li bilan topiladi. Yutiladigan moddaning adsorbentdagi miqdori x qatlam balandligi va vaqt bo'yicha o'zgaradi (9.2-rasm). x_c -adsorbentdagi moddaning u_2 ga to'g'ri kelgan konsentratsiyasi x_c biror vaqtdan so'ng, adsorbentning N balandligida hosil bo'ladi. Shu sababli N balandlikda amaliy jihatdan yutilishi kerak bo'lgan modda adsorbentga to'la yutilgan bo'ladi.

τ_0 - vaqtning boshlanishida adsorbentdagi moddaning konsentratsiyasi x_n bo'ladi, x_r esa u_1 bilan muvozanatda bo'lgan konsentratsiyadir.



9.2-rasm. Adsorbsiya jarayonida qo'zg'olmas adsorbent qatlamining konsentratsiyalar maydoni [10].

Adsorbsiya vaqti N.A. Shidov tenglamasidan aniqlanadi.

$$\tau = \tau_0 + (H - H_0) \quad (9.25)$$

k-qatlaming yutish qobiliyatini harakterlovchi koeffitsiyent, c/m.

bu koeffitsiyent 1 m adsorbent qatlaming to'yinish vaqtini harakterlaydi va quyidagi moddiy balans tenglamasi orqali topiladi:

$$S \cdot \rho_0 \cdot X_n = G \cdot Y_1 \cdot k \quad (9.26)$$

bundan

$$k = \frac{S \cdot \rho_0 \cdot X_n}{G \cdot Y_1} \quad (9.27)$$

ρ_0

bu yerda S-adsorberning ko'ndalang kesim yuzasi, m²; - adsorbentning zichligi kg/m³; G-gazining sarfi kg/s. τ_0 -ning qiymati quyidagi ifoda orqali aniqlanadi.

$$\tau_0 = \frac{\rho_0}{K \cdot F} \cdot \int_0^{X_n} \frac{dx}{Y_1 - Y_2} \quad (9.28)$$

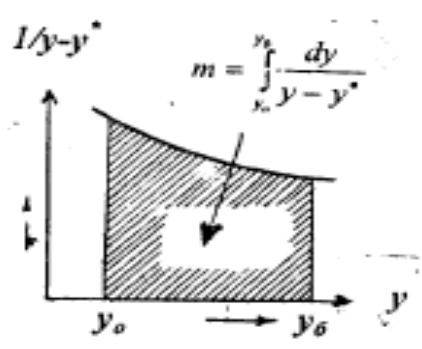
Bu yerda K-modda o'tqazish koeffitsiyenti kg m³/c - adsorbentning solishtirma yuzasi; $Y_1 - Y_2$

- jarayonni harakatga

keltiruvchi kuch.

Integralning o'ng tomoni grafik usulda topiladi. Uning qiymati $1/(Y_1 - Y_2)$ koordinatalarida chizilgan egri chiziqning yuzasiga 9.3-rasm. Modda o'tqazish koeffitsiyenti K_y quyidagi tenglamalar orqali aniqlanadi:

$$K_y = \quad (9.29)$$



(9.3-rasm). Jarayonning harakatlantiruvchi kuchini integrablab, o'tkazish birligini aniqlash [6].

Re=2÷30 bo'lganda ,

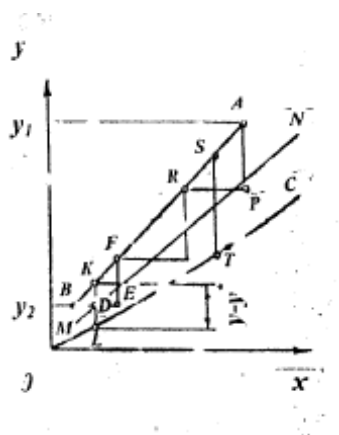
$$Nu^1 = 0,725 \cdot Re^{0,47} \cdot (Pe)^{0,33} \quad (9.30)$$

N_0 ning qiymati quyidagicha topiladi:

$$H_0 = n \cdot h \quad (9.31)$$

Bu yerda h – o'tkazish birligining balandligi M; n-o'tqazish birligining soni.

n-ning miqdori grafik usul bilan topiladi. (9.4-rasm). AB ish chizig'i; OC-muvozanat chizig'i; M-AB va OC chiziqlarni o'rtasidan teng bo'luvchi chiziq; K–birinchi bo'lakdagi jarayonni harakatga keltiruvchi kuchni ifodalaydi .



9.4-rasm. O'tkazish birligi soni grafik usulda aniqlash. OC- muvozanat chizig'i; AB - ish chizig'i; M-muvozanat chizig'i bilan chiziqlarining ordinati qismini teng ikkiga bo'luvchi

O'tqazish birligi sonini topish uchun B nuqtadan gorizontal chiziq o'tkazamiz. $V_F=2V_D$ deb olamiz. So'ngra YE nuqtadan AV bilan kesishguncha vertikal chiziq o'tkazib, F nuqtani hosil qilamiz. VEF uchburchak bitta o'tqazish birligiga teng bo'ladi va uning o'rtacha harakatlantiruvchi kuchi KL ga teng. Xuddi shu usul bilan F nuqtadan A nuqttagacha uchburchaklar chizamiz. Uchburchaklarning soni o'tkazish birligining sonini belgilaydi. O'tkazish birligining soni:

$$n = \frac{y_1 - y_2}{\Delta y_y} \quad (9.32)$$

Δy_y -o'rtacha harakatlantiruvchi kuch . o'tkazish birligining balandligi quyidagicha aniqlanadi :

$$h = \frac{G}{K \cdot S \cdot F} \quad (9.33)$$

bu yerda S –apparat ko'ndalang kesim yuzasi; m^2 . Adsorber kesimining yuzasi quyidai tenglama bilan topiladi .

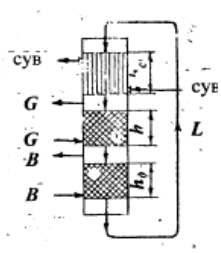
$$S = \frac{G}{W_0 \cdot \rho_g} \quad (9.34)$$

Bu yerda G – gaz sarfi, kg/c;-gazning mavxum (qurilma to'la kesimiga nisbatan olingan) tezligi, m/s; ρ_1 -gazning zichligi kg/m^3 . Odatda $w=0,08 \div 0,25$ m/s qilib olinadi .

O'zgaruvchan qatlamina uzluksiz ishlaydigan N adsorberlani hisoblash .

Bu qurilmalarda donodor qatlamini adsorbebent yuqoridan pastga tomon spiralsimon harakat qilib, ketma –ket ravishda balandlikdagi sovutish balandlikdagi adsorbsiya va isitish soxalaridan o'tadi (9.5-rasm). Qurilmaning umumiy ish balandligi esa Uchala balandlikning yig'indisiga teng:

$$H = h_c + h + h_d \quad (9.35)$$



9.5. – rasm. Qurilmaning umumiy balandligini aniqlash [10].

Fazalarning bir –biriga tegib turgan yuzasi modda o‘tqazishining asosiy tenglamalardan aniqlanadi.

$$F = \frac{M}{K \cdot \Delta y_{yr}} \quad (9.36)$$

Bu yerda

$$\Delta y_{yr} = \frac{\bar{y}_b - \bar{y}_o}{\int_{y_b}^{y_o} \frac{dy}{y - y_M}} \quad (9.37)$$

M - adsorbsiya qilingan moddaning miqdori; K- modda o‘tqazish koeffitsiyenti; \bar{y}_o - gaz aralashmasidagi yutilyotgan moddaning boshlangich konsentratsiyasi; \bar{y}_b - gaz aralashmasidagi yutilyotgan moddaning oxirgi konsentratsiyasi; y_M - muvozanat konsentratsiyasi.

O‘zgaruvchan qatlamdagi donador qatlamli adsorbentning ko‘ndalang kesim yuzasi sarf tenglamasidan aniqlanadi :

$$S = \frac{V_c}{W} \quad (9.38)$$

Bu yerda V_c - qurilmadagi gaz aralashmasining sarfi, m^3/s , w gaz oqimining tezligi m/s . Adsorbsiya zonasining balandligi quyidagicha aniqlanadi .

$$h = \frac{F}{S \cdot f} \quad (9.39)$$

bu yerda f- adsorbsiyaning solishtirma yuzasi, m^2/m^3 .

Qurilmaning qolgan ish qismining balandliklari quyidagi nisbatlar orqali aniqlanadi :

$$\frac{h}{h_c} = \frac{\tau}{\tau_s} \quad \text{va} \quad \frac{h}{h_d} = \frac{\tau}{\tau_d} \quad (9.40)$$

yoki

$$h_c = h \cdot \frac{\tau_c}{\tau} \quad \text{va} \quad h_d = h \cdot \frac{\tau_d}{\tau} \quad (9.41)$$

Bu yerda, τ , τ_s , τ_d - adsorbsiya, sovitish va desorbsiya uchun ketgan vaqtni ko‘rsatadi.

Adsorbsiya uchun ketgan vaqt quyidagicha aniqlanadi:

$$\tau = \frac{S \cdot h}{L_c} \quad (9.42)$$

Bu yerda L_c - adsorbentning sarfi, m/s.

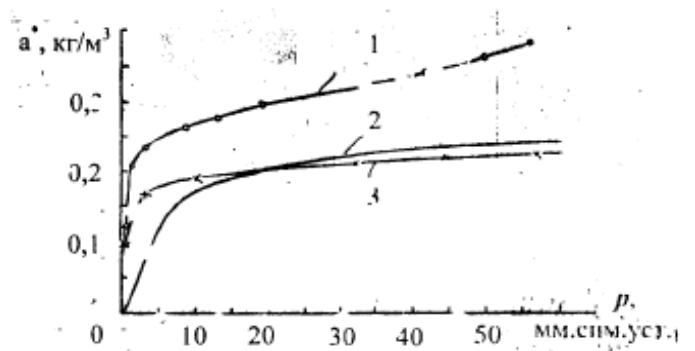
Adsorbentning sarfi esa material balans tenglamasidan aniqlanadi.

MASALALAR

34.1. Oktan bug‘larining boshlang‘ich konsentratsiyasining miqdori $S_o = 0,012$ kg/m^3 , tezligi 20 m/min, ko‘mirning benzolga ko‘rsatadigan aktivligi 7 %, ko‘mirning to‘kib, uyib qo‘yilgandagi zichligi 350 kg/m^3 , absorber ichidagi ko‘mirning qatlamining balandligi $N = 0,8$ m bo‘lgan holda, absorber diametri va havo bilan aralashgan 100 kg oktan bug‘ining yutilish davri davomiyligini yuqoridagi ma‘lumotlar yordamida aniqlab bering.

34.2. Uglerod zarrachalardan iborat qatlamining balandligi $N = 0,1$ m bo‘lganda SCl_4 bug‘lari adsorbsiyalanishi uchun - ning sakraguncha bo‘lgan yutilish davomiyligini va τ_o himoya xarakati vaqtining yo‘qotilishini aniqlash kerak. Gaz-bug‘ aralashmaning tezligi 5 m/min, ko‘mir zarrachalarining diametri $d = 2,75$ mm, dinamik koeffitsiyentlar qiymati $V_1 = 14500$, $V_2 = 52945$.

34.3. 20°S dagi benzol adsorbsiyasi izotermasi yordamida (9.6-rasm) 25°S etil spirti bug‘i adsorbsiyasi izotermasi chizig‘ini quring.



9.6-rasm. 20°S temperaturada adsorbsiya izotermalari [7].

34.4 9.6 - rasmdagi benzol adsorbsiyasi izotermasi yordamida boshlang'ich konsentratsiyasi $S_0 = 0,11 \text{ kg/m}^3$ bo'lgan, gaz-bug' aralashmaning uzluksiz adsorbsiyalanishidagi tezligini va ko'mir qatlami balandligini aniqlash kerak. Aralashmaning o'tish tezligi $\omega = 20 \text{ m/min}$, modda berish koeffitsiyenti $\beta_u = 4 \text{ s}^{-1}$. Ko'mir o'zining statik faolligida adsorbsiyalanish jarayonida 80% gacha to'yinadi. Ko'mirning desorbsiyalangandan so'ng, boshlang'ich statik faolligiga nisbatan qoldiq faolligi 14,5% ni tashkil etadi. Gaz-bug' aralashma konsentratsiya miqdori $S_0=0,01 \text{ kg/m}^3$ dan oshmagan qiymatgacha tozalanishi kerak.

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI

OLIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI

GULISTON DAVLAT UNIVERSITETI

ISHLAB CHIQRISH TEXNOLOGIYALARI FAKULTETI

OZIQ-OVQAT TEXNOLOGIYALARI KAFEDRASI

« TEXNOLOGIK JARAYON VA QURILMALAR »

FANIDAN

LABORATORIYA MASHG'ULOTLARI UCHUN USLUBIY KO'RSATMA

GULISTON-2022

1-LABORATORIYA ISHI: SUYUQLIKLARNING OQISH REJIMINI ANIQLASH.

Ishning nazariy asoslari

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

Suyuqliklar oquvchanlik xususiyatiga ega. Suyuqlik go'yo ma'lum hajmga ega, lekin shaklga ega emas, ammo faqat molekulyar kuchlar ta'siri ostida shar shaklini oladi.

Moddalarning suyuq holati o'z tabiatiga ko'ra, gaz holat bilan qattiq holat o'rtasidagi orqali o'rinni egallaydi.

Gidravlikada suyuqlik deyilganda gaz ham, suyuqlik ham tushuniladi. Ularni bir-biridan ajratish uchun suyuqliklar tomchili, gazlar esa elastik suyuqlik deb qaraladi.

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

1) Suyuqliklar xuddi gazlar kabi ma'lum shaklga ega emas, uning fizik xossalari barcha yo'nalishda bir xil, ya'ni izotropdir;

2) gazlarning qovushoqligi kichik bo'lib, yuqori temperaturada suyuqliklarnikiga yaqinlashadi;

3) kritik temperaturadan yuqori temperaturada suyuqliklar bilan gazlar orasidagi farq yo'qoladi.

Gidravlikada nazariy tadqiqotlar natijalarini soddalashtirish maqsadida ideal suyuqlik modelidan foydalaniladi.

Ideal suyuqlik deb - bosim va temperatura ta'sirida o'z hajmini o'zgartirmaydigan yoki siqilmaydigan, o'zgarmas zichlikka ega bo'lgan va ichki ishqalanish bo'lmagan suyuqliklarga aytiladi. Har qanday suyuqlikda ichki ishqalanish kuchlari va qovushoqlik bo'ladi. Demak, xaqiqatda tabiatda ideal suyuqlik bo'lmaydi, ya'ni barcha suyuqliklar real suyuqliklardir.

Ammo suyuqliklar temperatura va bosim ta'sirida o'z hajmini va zichligini o'zgartiradiki yoki siqiladi, hamda ma'lum bir qovushoqlikka ega bo'ladi. Bunday suyuqliklar shartli ravishda **real suyuqliklar** deyiladi. Elastik suyuqliklarning hajmi temperatura va bosim ta'sirida keskin o'zgaradi.

Suyuqliklarning asosiy fizik xossalari zichlik, solishtirma og'irlik va qovushoqlik bilan karakterlanadi:

ZICHLIK. Hajm birligidagi bir jinsli jismning (suyuqlikning) massasi zichlik deb ataladi va ρ bilan belgilanadi.

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (1.1)$$

bu erda m – suyuqlik massasi, kg; v – suyuqlikning hajmi, m^3 ;

SOLISHTIRMA OG'IRLIK. Hajm birligidagi suyuqlikning og'irligi solishtirma og'irlik deb ataladi va γ bilan belgilanadi

$$\gamma = \frac{G}{V} \quad (1.2)$$

bu erda G – suyuqlikning og'irligi. SI sistemasiga binoan solishtirma og'irlik " N/m^3 " da o'lchanadi, massa bilan og'irlik o'zaro quydagicha bog'langan:

$$m = \frac{G}{g} \quad (1.3)$$

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

BOSIM. Suyuqlik idish devorlariga, tubiga va uning ichiga tushirilgan boshqa jism yuzasiga bosim kuchi bilan ta'sir qiladi. Biror kichik ΔF yuzaga ta'sir qiladigan bosim gidrostatik bosim deyiladi. Agar yuza kattaligi nolga yaqinlashtirilsa, bu qiymat shu nuqtaning bosimi deyiladi:

$$P = \lim_{\Delta F \rightarrow 0} \frac{\Delta P}{\Delta F}, \text{ Pa} \quad \text{yoki} \quad \frac{H}{M^2} \quad (1.4)$$

Bosimning yo'nalishi va ta'siri suyuqlikning hamma nuqtalarida bir xil, chunki bu kuch hamma vaqt normal bo'yicha yo'nalgan bo'ladi. Bundan ko'rinib turibdiki, bosimning kattaligi yuzaning shakliga va uning qanday joylashishiga bog'lik bo'ladi.

Bosim manometr va vakuummetrlarda o'lchanadi. Bu o'lchov asboblari qurilma ichidagi to'la bosim P_{ab} . (absolyut bosim) bilan atmosfera bosimi orasidagi ortiqcha bosim R_{or} . ni ko'rsatadi. Shuning uchun, to'la yoki absolyut bosim ikkala bosimning yig'indisiga teng:

$$P_{ab} = P_{mon} + P_{amm} \quad (1.5)$$

bu erda P_{mon} . - manometr bilan o'lchanadigan bosim. Agar jarayon siyraklanish sharoitida ketsa, atmosfera yoki barometrik bosim bilan siyraklanish orasidagi ayirma to'la bosim deyiladi:

$$P_{ab} = P_{amm} - P_{vak} \quad (1.6)$$

bu erda P_{vak} . - vakuummetr bilan o'lchanadigan siyraklanish. Bosimni fizik va texnik atmosferada, mm.suv va mm.simob ustunida o'lchanadi.

1 fizik atmosfera (1 atm) = 760 mm simob ustuni = 10,33 m suv ustuni = 1,033 kg·k/sm³ = 101300 kg·k/m³;

1 texnik atmosfera (1 atm) = 736,6 mm simob ustuni = 10 m suv ustuni = 1 kg·k/sm³ = 10000 kg·k/m³ = 98100 N/m².

QOVUSHOQLIK. Haqiqiy real suyuqliklar tuba ichida harakatlenganda, uning

ichida ichki ishqalanish kuchlari hosil bo'lib, siljishiga to'sqinlik qiladi. Suyuqliklarning bir qatlamdan ikkinchi qatlamga siljishi uchun sarf bo'lgan kuch qovushoqlik deyiladi. Nyuton qonuniga binoan, suyuqlikning siljishi uchun zarur bo'lgan kuch shu qatlamning yuzasiga, so'rilish tezligi gradientiga va shu suyuqlikning qovushoqlik koeffitsientiga to'g'ri proporsional :

$$T = \mu \cdot F \frac{dw}{dn} \quad (1.7)$$

bu erda T - ta'sir etayotgan kuch; F - yuza ; dw / dn - tezlik gradienti; μ - qovushoqlik koeffitsienti.

Tenglamadagi qovushoqlik koeffitsienti μ dinamik qovushoqlik koeffitsient yoki qovushoqlik deyiladi. Qovushoqlik suyuqliklarning fizik xususiyatlariga va temperaturasiga bog'liq bo'lib, keng oraliqda o'zgaradi. Masalan, glisterinning qovushoqligi suvnikiga nisbatan bir necha marta kattadir. qovushoqlik SI sistemasiga binoan quyidagi birlikda o'lchanadi:

$$\mu = \frac{T}{F \left(\frac{dw}{dn} \right)} = \frac{H}{m^2 \cdot \left(\frac{m/c}{m} \right)} = \frac{H \cdot c}{m^2} = \text{Pa} \cdot c$$

DINAMIK QOVUSHOQLIK koeffitsientning shu suyuqlik zichligiga nisbati kinematik qovushoqlik deyiladi va ν bilan belgilanadi

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (1.8)$$

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

Ba'zan nisbiy qovushoqlik tushunchasi ham ishlatiladi. Bunda biror suyuqlik qovushoqligining suvning qovushoqligiga nisbati olinadi.

Temperatura ortishi bilan suyuqliklarning qovushoqligi kamayadi, gazlarniki esa ko'payadi. Suyuqliklarning qovushoqligi gazlarnikiga nisbatan bir necha marta kattadir. Nyutonning ichki ishqalanish qonuniga bo'ysinadigan suyuqliklar Nyuton suyuqliklari deyiladi. Kolloid eritmalar, moyli bo'yoqlar, smolalar, past temperaturada ishlatiladigan surkov moylari Nyuton suyuqliklariga kirmaydi.

Suyuqlikning harakati tezlik, sarf, bosim va boshqa kattaliklar bilan harakterlanadi.

Vaqt birligi ichida oqib o'tgan suyuqlik miqdori " m^3/soat ", " l/soat ", " l/s ", " m^3/s " birliklarida o'lchansa hajmiy sarf, agar kg/soat , kg/s da o'lchansa massaviy sarf deyiladi.

Trubada oqayotgan suyuqlikning tezligi trubaning devorlariga yaqinlashgan sari kamayadi, chunki suyuqlik harakati ishqalanish kuchi tufayli sekinlashadi va suyuqlik zarrachalari devorga yopishib, minimal tezlik bilan harakat qiladi.

Suyuqlikning xaqiqiy tezligini o'lchash juda qiyin, chunki suyuqlik zarrachalari

oqimning har bir nuqtasida alohida tezlikka ega bo'ladi. Shuning uchun zarrachalarning tezligi o'rtacha kattalik bilan aniqlanadi. Hajmiy sarf miqdorining truba ko'ndalang kesimiga nisbati o'rtacha tezlik deyiladi.

$$w = \frac{V}{S}, [\text{m/s}] \quad (1.9)$$

bu erda V - hajmiy sarf miqdori, m^3/s ; S - trubaning ko'ndalang kesimi, m^2 .

Yuqoridagi tenglikdan:

$$V = w \cdot S, [\text{m}^3/\text{s}].$$

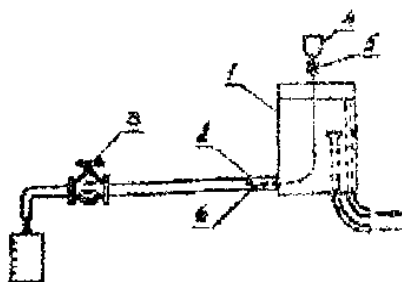
Bu tenglik sekundlik **sarf tenglamasi** deyiladi. Suyuqlikning massaviy sarfi quydagicha aniqlanadi:

$$M = \rho \cdot w \cdot S, [\text{kg/s}] \quad (1.10)$$

bu erda $\rho \cdot w$ - suyuqlikning massaviy tezligi, $\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$.

Truba yoki boshqa shakldagi kanalda suyuqlik ikki hil rejimda, ya'ni laminar yoki to'liqsimon rejimda harakat qiladi. Oqimlarning harakat rejimini birinchi bo'lib 1833 yilda ingliz fiziki O.Reynolds rangli eritmalar yordamida suyuqlikning ikki hil - laminar va turbulent rejimda bo'lishini aniqladi. Tajriba qurilmasi 1.1- rasmda ko'rsatilgan.

Rezervuarda suvning sathi bir hil ushlab turiladi. Unga gorizontal shisha truba biriktirilgan. Shisha trubadagi oqim harakatini kuzatish uchun uning o'qi bo'ylab, rangli suyuqlik yuboriladigan naycha o'rnatilgan. Suvning tubidagi tezligi kran orqali rostlanadi.



1.1 - rasm. Laboratoriya tajriba qurilmasi.

1- rezervuar; 2- truba; 3- jo'mrak; 4- rangli suyuqlik solingan idishcha; 5- jo'mrak; 6- kapillyar truba.

Suv oqimining tezligi kichik bo'lganda rangli suyuqlik suvga aralashmasdan to'g'ri

chiziq bo'ylab gorizontaal ip shaklida harakat qiladi. Chunki, kichik tezlikda suvning zarrachalari bir-biriga aralashmasdan, parallel rejim deb yuritiladi.

Trubadagi suv oqimi tezligi keskin ko'paytirilsa, rangli eritma truba bo'ylab to'lqinsimon harakat qilib suvning butun massasiga aralashib ketadi. Bu vaqtda suv zarrachalari ham bir-biri bilan aralashib, tartibsiz to'lqinsimon harakat qiladi. Bunday oqim turbulent rejim deyiladi.

Reynolds o'z tajribalarida faqat tezlikni emas, balki trubaning diametri, suyuqlikning qovushoqligi, zichligini o'zgartiradi.

Bu o'zgaruvchan parametrlar tezlik w , diametr d , zichlik ρ , qovushoqlik μ kabi kattaliklardan Reynolds o'lchamsiz kompleks keltirib chiqaradi, ya'ni:

$$Re = \frac{w \cdot d \cdot \rho}{\mu} \quad (1.11)$$

Bu kompleks **Reynolds kriteriyasi** deyiladi. Reynolds kriteriyasi o'lchovsiz ma'lum son qiymatga ega. Masalan, halqaro birliklar sistemasida uning son qiymati quydagiga teng:

$$Re = \frac{w \cdot d \rho}{\mu} = \frac{\frac{M}{c} \cdot \frac{M \cdot K^2}{M^3}}{H \cdot \frac{c}{M^2}} = \frac{K^2 \cdot M}{c^2 \cdot \frac{K^2 \cdot M}{c^2}} = 1 ;$$

Reynolds kriteriyasi harakat rejimini aniqlash bilan birga oqim harakatidagi qovushoqlik va inerstiya kuchlarining o'zaro nisbatini ham aniqlaydi. Suyuqliklarning harakat rejimi Reynolds kriteriyasining kritik qiymati Re_{kr} bilan aniqlanadi. To'g'ri va tekis yuzaga ega bo'lgan trubalardagi suyuqlik oqimi uchun $Re_{kr}=2320$ ga teng. Agar $Re_{kr}< 2320$ brlsa, **laminar** rejim bo'ladi, $Re>2320$ bo'lsa, to'lqinsimon harakat (**turbulent** rejim) bo'ladi. $Re>10000$ bo'lganda turg'un turbulent rejim bo'ladi.

$Re = 2320-10000$ oraliqda o'zgarsa o'tish sohasi bo'lib, bu vaqtda bir vaqtning o'zida trubada ikki xil harakat mavjud bo'ladi, ya'ni truba o'rtasida suyuqlik turbulent, devor yaqinida laminar harakatda bo'ladi. Suyuqliklar harakatini dumaloq kesim yuzali trubalardan tashqari har xil kanallarda aniqlash uchun Re kriteriyasidagi diametr o'rniga ekvivalent diametr kattaligi ishlatiladi. U xolda:

$$Re = \frac{w \cdot d_s \cdot \rho}{\mu}; \quad d_s = \frac{4S}{\Pi} \quad (1.12)$$

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

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

$$h_{MKH} = \xi_{MKH} \cdot \frac{w^2}{2g} \quad (1.13)$$

Ishni bajarish tartibi

1. 1.1- rasmdagi laboratoriya tajriba qurilmasi tekshiriladi.

2. Jo'mrak 3 ni asta-sekin ochib suyuqlik sarfini ko'paytirib, vaqt birligida oqib o'tgan suyuqlikning hajmi o'lchanadi. 5 jo'mrakni ochib, indikatr yordamida trubadagi suyuqlikning harakat rejimi aniqlanadi. Suyuqlikning harakat rejimi rangli suyuqlikning suv bilan aralashib ketishiga karab aniqlanadi.

3. Trubada oqayotgan suvning temperaturasi o'lchanadi.

Tajriba natijalarini hisoblash jadvaliga yoziladi. Suvning temperaturasiga qarab, ilovadagi 2 - jadvaldan suvning qovushoqligi, zichligi aniqlanadi.

Tajriba natijasida hisoblangan Re kriteriyasi bilan tezlik orasidagi bog'lanish, ya'ni $Re = f(w)$ grafigi chiziladi. Grafikdan $Re=2320$ bo'lganda trubadagi suyuqlik oqimining kritik tezligi aniqlanadi.

1-1 jadval

Ko'rsatmalar	To'g'ri tajriba				Teskari tajriba			
	1	2	3	4	5	6	7	8
Suvhajmi V, m^3								
Suvning oqib chiqish vaqti τ, s								
Is oqib chiqqan suvning hajmi $V_c = \frac{V}{\tau}, m^3/c$								
Suvning oqim yuzasi $F = \pi \cdot d^2 / 4, m^2$								
Suyuqlik harakatini o'rtacha tezligi $w_{yp} = \frac{V_c}{F}, m/c$								
Reynolds soni $Re = \frac{w \cdot d \cdot \rho}{\mu}$								
Suvning temperaturasi, $^{\circ}S$								

Vizual ko'rinish								
Oqim rejimi								

Tekshirish uchun savollar

1. Suyuqliklarning asosiy fizik xossalari: zichlik, solishtirma og'irlik, bosim, qovushoqlik.
2. Suyuqlikning harakat tezligi va sarflanishi.
3. Gidravlik radius va ekvivalent diametr.
4. Suyuqlik oqimining harakat rejimlari.
5. Laminar va turbulent hajmdagi oqim harakatining o'rtacha tezligi.
 1. Eylarning differensial tenglamasi.
 2. Gidrostatikaning asosiy tenglamasi.

2-LABORATORIYA ISHI: TRUBALARDA MAHALIY VA ICHKI ISHQALANISH QARSHILIKLRINI ANIQLASH.

Ishning nazariy asoslari

Bernulli tenglamasi:

$$Z + \frac{P}{\rho \cdot g} + \frac{w^2}{2g} = const \quad (2.1)$$

ixtiyoriy ikki ko'ndalang kesimli 1 va 2 truba uchun quyidagi xolda ifoda qilish mumkin:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{w_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{w_2^2}{2g} \quad (2.2)$$

Bu (2.2) ifoda ideal suyuqliklar uchun Bernulli tenglamasidir va u

$$Z + \frac{P}{\rho \cdot g} + \frac{w^2}{2g} = H$$

umumiy gidrodinamik bosimni ifodalaydi. Bernulli tenglamasiga asosan turg'un harakatdagi ideal suyuqliklar uchun istalgan ko'ndalang kesimda gidrodinamik bosim o'zgarmas qiymatga ega.

Z - geometrik bosim (h), shu nuqtadagi potensial solishtirma energiyaning xolatini xarakterlaydi. $P/\rho g$ - statik bosim (h_{cm}), shu nuqtadagi solishtirma bosim, potensial energiyani xarakterlaydi. $w^2/2g$ - dinamik bosim (h_d), shu nuqtadagi solishtirma kinetik energiyani xarakterlaydi.

Bu uchala bosim uzunlik o'lchamiga ega bo'lib, metr hisobida ifodalanadi.

Shunday qilib, Bernulli tenglamasiga binoan, ideal suyuqliklarning turg'un xarakatida geometrik, statik va dinamik bosimlar yig'indisi o'zgarmas umumiy gidrodinamik bosimga teng

bo'lib, unda oqim trubaning bir kesimidan ikkinchisiga o'tganda o'zgarmaydi. Shu bilan birga ideal suyuqliklarning turg'un harakatida potentsial ($Z+P/\rho g$) va kinetik $w^2/2g$ energiyalarnig yig'indisi har bir ko'ndalang kesim uchun o'zgarmasdir. Shunday qilib, Bernulli tenglamasi, energiyaning saqlanish qonuning xususiy ko'rinishi bo'lib, oqimning energetik balansini belgilaydi.

Trubaning ko'ndalang kesimi va suyuqlikning harakat tezligi o'zgarganda energiyaning o'zgarishi ro'y beradi. Bunda bir qism potentsial energiya kinetik energiyaga o'tadi yoki aksincha, umumiy energiyaning qiymati o'zgarmaydi.

Xaqiqiy suyuqliklarda ichki ishqalanish kuchi mavjud bo'lgani sababli, suyuqliklar trubalarda oqayotganda bir qismi bosim bu kuchni engish uchun sarf bo'ladi.

Bunday sharoitda Bernulli tenglamasi quyidagicha ifodalanadi:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{w_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{w_2^2}{2g} + h_u \quad (2.3)$$

yoki

$$h_g + h_{cm} + h_\delta + h_u = H \quad (2.4)$$

ifodada h_u ishqalanish kuchini engish uchun sarflangan bosim.

Sarflangan bosim h_u haqiqiy suyuqliklarning harakati paytida ketgan solishtirma energiyaning xarakterlaydi.

Agar (2.3) tenglamani o'ng va chap tomonlarini (ρg) ga ko'paytirsak, Bernulli tenglamasini quyidagi holda yozish mumkin:

$$\rho g Z_1 + p_1 + \frac{\rho w_1^2}{2} = \rho g Z_2 + P_2 + \frac{\rho w_2^2}{2} + \Delta P \quad (2.5)$$

bu erda ΔR - sarflangan bosim fari [Pa].

$$\Delta P = \rho g h_u \quad (2.6)$$

Umumiy holda, sarflangan bosim va bosimlarning farqi ishqalanish va mahalliy qarshiliklarni engish uchun ketadi.

$$h_u = h_{uk} + h_{uk} \quad (2.7)$$

Haqiqiy suyuqliklarning harakati paytida trubalarning butun uzunligida ichki ishqalanish qarshiligi paydo bo'ladi. Uning qiymatiga suyuqlikning oqish rejimi ta'sir ko'rsatadi.

Trubada suyuqlik oqimining harakat yo'nalishi va tezligi o'zgarganda u mahalliy qarshiliklarga duch keladi. Trubadagi ventillar, tirsak, jo'mrak, toraygan hamda kengaygan qismlar va har xil to'siqlar mahalliy qarshiliklar deyiladi.

Gidravlik qarshiliklarni hisoblash katta amaliy ahamiyatga ega. Yo'qotilgan bosimni bilmasdan turib nasos va kompressorlar yordamida suyuqlik va gazlarni uzatish uchun kerak bo'lgan energiya sarfini hisoblash mumkin emas.

Truba va kanallarda ichki ishqalanish qarshiligi uchun yo'qotilgan bosim Darsi-Veysbax tenglamasi orqali aniqlanadi:

$$h_u = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{w^2}{2g} \quad (2.8)$$

ya'ni, ichki ishqalanishni engish uchun sarflangan bosim dinamik bosim $h_d = w^2/2g$ orqali ifodalanadi. Ichki ishqalanish uchun sarflangan bosimini dinamik bosimdan farqini ko'rsatuvchi kattalikka ichki ishqalanish qarshiligi koeffitsienti deb ataladi va ξ bilan belgilanadi ξ tarkibidagi $64/Re$ esa ichki ishqalanish gidravlik koeffitsienti deyiladi va λ bilan belgilanadi.

Shuning uchun

$$\lambda = \frac{64}{Re}$$

$$\xi = \lambda \cdot \frac{l}{d} \quad (2.9)$$

Shunday qilib, (2.8) tenglamani quyidagicha ifodalash mumkin

$$h_u = \xi \cdot \frac{w^2}{2g} \quad (2.10)$$

yoki

$$\Delta P_u = \rho \cdot g \cdot h_u \quad (2.11)$$

ni xisobga olganda ichki ishqalanish tufayli hosil bo'ladigan gidravlik qarshilik ushbu formuladan aniqlanadi:

$$\Delta P_u = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2} \quad (2.12)$$

$Re=4 \cdot 10^3 - 1 \cdot 10^6$ (turbulent rejim) bo'lganda ishqalanish koeffitsienti λ quyidagi ifodadan topiladi:

$$\lambda = 0,316 / \sqrt[4]{Re} \quad (2.13)$$

Turbulent oqimda ishqalanish gidravlik qarshilik koeffitsientining kattaligi suyuqlikning oqish rejimiga va truba devorining g'adir-budurlikligiga bog'liq bo'ladi.

Trubalarning g'adir-budurlikligi absolyut geometrik va nisbiy g'adir-budurlik bilan xarakterlanadi. Truba devorlaridagi g'adir-budurliklar o'rtacha balandliklarning truba uzunligi

bo'yicha o'lchanishi absolyut geometrik g'adir-budurlik deyiladi.

Truba devorlaridagi g'adir-budurliklar balandligining (Δ) truba ekvivalent diametriga (d_e) nisbati nisbiy g'adir-budurlik deyiladi va ε bilan ifodalanadi.

$$\varepsilon = \frac{\Delta}{d_e} \quad (2.14)$$

g'adir-budurliklarning λ_r ta'siri truba devorlaridagi g'adir-budurliklar balandligi (Δ) va laminar qatlam qalinligining (δ) o'zaro munosabatidan aniqlanadi. Turbulent rejim boshlanish paytida laminar qatlamning qalinligi δ g'adir-budurliklar balandligidan $\delta > \Delta$ katta bo'ladi. Bunda suyuqliq g'adir-budurliklardan asta-sekin oqib o'tadi. Shuning uchun λ ni hisoblash paytida Δ ni hisobga olmasa bo'ladi. Bunday trubalarni gidravlik silliq deb hisoblasa bo'ladi va λ ni topish uchun (2.13) tenglamadan foydalanish mumkin. Turli xil mahalliy qarshiliklarda oqim tezligining kattaligi va yo'nalishi o'zgaradi yoki ayni bir paytda ham oqim tezligining kattaligi, ham yo'nalishi o'zgarishi mumkin. Bunda bosimning (ishqalanishga sarf bo'lgandan tashqari) qo'shimcha yo'qotilishi sodir bo'ladi.

Mahalliy qarshiliklardagi bosimning yo'qotilishi, ishqalanish qarshiligidек, dinamik bosim orqali topiladi. Aynan bir mahalliy qarshilikdagi bosim yo'qotilishining dinamik bosimga h_o nisbatini – mahalliy qarshilik koeffitsienti deyiladi va u $\xi_{m.k.}$ deb belgilanadi.

Chunonchi, har xil mahalliy qarshiliklar uchun:

$$\begin{aligned} h_{mk} &= \xi_{mk1} \cdot \frac{w^2}{2g} \\ h_{mk} &= \xi_{mk2} \cdot \frac{w^2}{2g} \\ h_{mkn} &= \xi_{mkn} \cdot \frac{w^2}{2g} \end{aligned} \quad (2.15)$$

yoki hamma mahalliy qarshiliklar uchun:

$$h_{mk} = \sum \xi_{mk} \cdot \frac{w^2}{2g} \quad (2.16)$$

Ko'pincha, turli xil mahalliy qarshilik koeffitsientlari tajriba yo'li bilan aniqlanadi. Ularning o'rtacha kattaliklari ilovaning 3-jadvalida yoki boshqa adabiyotlardan topish mumkin.

Masalan: Trubaning birdan kengayishi tufayli, oqim ko'ndalang kesimi kichik trubadan kesimi katta bo'lgan trubaga o'tganda tezligi kamayadi, bu paytda suyuqlik oqimlari truba devorlariga urilib natijada bosim yo'qotiladi.

Mahalliy qarshilik koeffitsientining qiymati

$Re = \frac{w_c \cdot d_3}{\nu}$	F_0/F_1					
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
10	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1
100	1,7	1,4	1,2	1,1	0,9	0,8
1000	2,0	1,6	1,3	1,05	0,9	0,6
3000	1,0	0,7	0,6	0,4	0,3	0,2
3500	0,81	0,64	0,5	0,36	0,25	0,16

F_0 - ko'ndalang kesimi kichik bo'lgan trubaning yuzasi, m^2 ; w_0 - ko'ndalang kesimi katta bo'lgan trubadagi tezlik, m/s F_1 - ko'ndalang kesimi katta bo'lgan trubaning yuzasi, m^2 .

Truba birdan kengayganda mahalliy qarshiliklarni engish uchun yo'qotilgan bosim ΔR_{δ_k} quyidagi tenglamadan topiladi:

$$\Delta P_{\delta_k} = \xi_{\delta_k} \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2} \quad (2.17)$$

Qolgan mahalliy qarshiliklar koeffitsientlari 2-2 jadvalda keltirilgan:

2-2 jadval

T.b. №	Mahalliy qarshilik turlari	Mahalliy qarshilik koeffitsient qiymatlari
1	Trubaga kirish	0,5
2	Trubadan chiqish	1,0
3	Kran to'la ochiq bo'lganda	0,2
4	Tirsak uchun	1,1
5	Normal ventil	4,5-5,5
6	Trubaning burilishi burchak ostida bo'lsa	0,14

Umumiy bosim yo'qolishini quyidagi tenglamadan

$$h_y = \xi_u \cdot \frac{w^2}{2g} + \sum \xi_{mk} \cdot \frac{w^2}{2g} = \sum \xi \cdot \frac{w^2}{2g} \quad (2.18)$$

$$h_y = \left(\lambda \cdot \frac{l}{d} + \sum \xi_{mk} \right) \cdot \frac{w^2}{2g} \quad (2.19)$$

va to'la gidravlik qarshilikni

$$\Delta P_y = \left(\lambda \cdot \frac{l}{d} + \sum \xi_{mk} \right) \frac{\rho \cdot w^2}{2} \quad (2.20)$$

ushbu tenglamalar yordamida aniqlash mumkin.

Ushbu ishni o'tkazishdan maqsad, tajriba yo'li bilan suyuqliq harakati davomida ishqalanish va mahalliy qarshiliklarni aniqlash, so'ngra ularni hisoblash yo'li yoki jadvaldan topilgan qiymatlari bilan solishtirish. $\lambda = f(\text{Re})$ va $\xi = f(\text{Re})$ bog'iliklarni grafik usulda tasvirlash.

Ishni bajarish tartibi.

2.1- rasmda tajriba o'tazish qurilmasi ko'rsatilgan. Idishdagi (1) suv markazdan qochma nasos (4) yordamida truba va turli xil mahalliy qarshiliklar sistemasi orqali o'tazilib, yana (1) idishga qaytariladi.

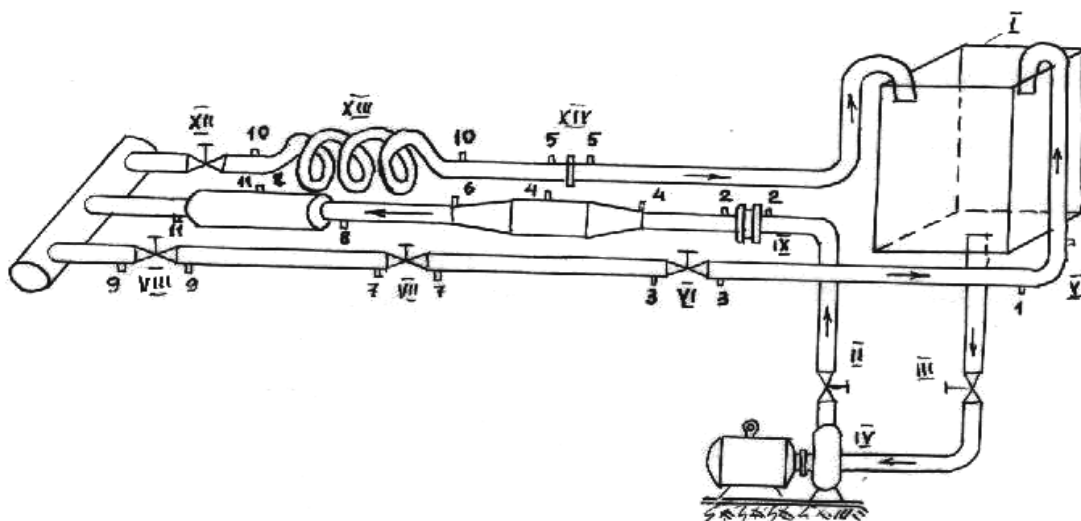
Tajriba qurilmasida 10 ta mahalliy qarshiliklar bor. Suyuqlikning tezligi xaydash yo'lidagi jo'mraklarning yopish yoki ochish orqali amalga oshiriladi. Suyuqlikning tezligi 0,5 dan 2,5 m/s gacha o'zgartirish mumkin qurilmadagi truba va jo'mraklarnig shartli diametri 50 mm.

Hajmiy sarf o'lchovi diafragma (9) ulangan simobli manometrning ko'rsatkichiga qarab aniqlanadi. Mahalliy qarshiliklarda bosimning yo'qolishi ham manometrlar yordamida topiladi. Suyuqlikning temperaturasi simobli termometrda o'lchanadi.

Tajriba qurilmasi quyidagi qismlardan iborat:

1- o'zgarmas suyuliklik idish; 2- xaydash yo'lidagi jo'mrak; 3- so'rish yo'lidagi jo'mrak; 4- markazdan qochma nasos; 5- sinalayotgan tekis burchak ostidagi to'g'ri burilish ($l = 900\text{mm}$); 6- sinalayotgan jo'mrak ($l = 1750\text{mm}$); 7- sinalayotgan jo'mrak ($l = 375\text{mm}$); 8- tiqinli jo'mrak ($d_u = 50\text{mm}$); 9- o'lchovchi diafragma ($d_u = 50\text{mm}$, $d_o = 37\text{mm}$); 10- asta-sekin kengayish va torayish $F_0/F_1 = 0,3$; 11- sinalayotgan birdan kengayish va torayish $d_{ok} = 98\text{mm}$; $d_m = 50\text{mm}$ $F_0/F_1 = 0,5$; 13- sinalayotgan zmeevik ($D = 380\text{ mm}$ $d_{mp} = 50\text{mm}$); 14- manometr.

TAJRIBA QURILMASINING SXEMASI



1. Suyuqlik uzatuvchi bak suv bilan to'ldiriladi.
2. So'rish yo'lidagi kran 3 ochiladi, haydash yo'lidagi kran oxirigacha yopiladi. 3 yoki 12 kranlardan biri sinalayotgan qarshiliklarning xiliga qarab ochib quyiladi.
3. Nasos ishga tushiriladi.
4. Kran 7 ochib, suvning eng kichik sarfi o'rnatiladi va suv sinalayotgan qarshilik orqali o'taziladi.
5. Manometr 15 yordamida bosimning yo'qotilishi o'lchanadi, so'ngra suvning issiqiligi aniqlanadi.
6. Kran 2 ochish orqali suvning sarfi asta-sekin ko'paytirib boriladi va manometrlarning ko'rsatkichi o'lchanadi.
7. Suvning sarfi o'lchov diafragmasiga ulangan manometrning ko'rsatkichi asosida hisoblanadi.

Tajriba ko'rsatkichlarini hisoblash

Oqimning o'rtacha tezligi sekundli sarf tenglamasi oraliq aniqlanadi:

$$w_{yp} = \frac{V_c}{F};$$

Suyuqlikning sarfini quyidagicha topish mumkin:

$$V = \frac{\alpha \cdot K \cdot \pi \cdot d_0^2}{4} \cdot \sqrt{2gh_0 \cdot \frac{\rho_M - \rho_c}{\rho_c}}$$

bu erda α - tuzatish koeffitsienti, $\alpha=0,62$; K - trubaning g'adir-budurligini hisobga oluvchi tuzatish koeffitsienti. Gidravlik silliq trubalar uchun $K=1$; d_0 - diafragma teshigining diametri, m; h_g - manometrda suyuqlik bosimlarining farqi, m; ρ_c - trubada oqayotgan suyuqlikning zichligi, kg/m^3 ; ρ_m - manometrik suyuqlikning zichligi, kg/m^3 .
2-3 isobot jadvali

	O'lchov birligi	1-tajriba	2-tajriba	3-tajriba	4-tajriba
Suyuqlikning hajmiy sarfi V_c	m^3/c				
Manometrning ko'rsatkichi	$\text{kg}\cdot\text{k}/\text{sm}^2$				
Trubaning ko'ndalang kesim yuzasi, F	m^2				
Oqimning o'rtacha tezligi, w_{ur}	m/s				
Suvning temperaturasi, t	$^{\circ}\text{S}$				
Suvning dinamik qovushoqligi μ	$\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$				
Reynolds soni Re	-				
Mahalliy qarshilikni engish uchun yo'qotilgan bosim, ΔR_{mk}	-				
To'g'ri kanallarda ishqalanishni engish uchun	$\text{kg}\cdot\text{k}/\text{sm}^2$				
Yo'qotilgan bosim ΔR_i	-				
Ishqalanish koeffitsienti, λ	-				
Mahalliy qarshilik koeff., ξ	-				
Ekvivalent g'adir- budurlik	mm				

Tekshirish uchun savollar.

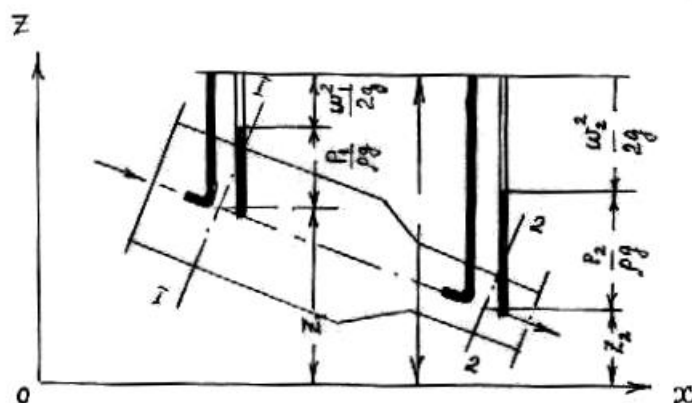
1. Bernulli tenglamasi.
2. Ishqalanish qarshiligi.
3. Mahalliy qarshiliklar.
4. Laminar va turbulent rejimlarda, hamda o'tish sohasida ishqalanish koeffitsientlarini aniqlash.

5. G'adir-budurlik va gidravlik silliq trubalar.
6. Bernulli tenglamasini keltirib chiqaring. Uning fizik ma'nosi.
7. Oqimning uzluksiz tenglamasi.

3-LABORATORIYA ISHI: SUYUQLIKLARNING TEZLIGI VA SARFINI PITO-PRANDTL NAYCHASI BILAN O'LCHASH.

Ishning nazariy asoslari

Suyuqliklarni harakatini o'rganishda, tezligi va sarflanish miqdorini aniqlashda Bernulli tenglamasi qo'llaniladi. Sanoatda suyuqlikning tezligi va sarfini o'lchash uchun drossel asboblari va pnevmometrik trubalar ishlatiladi. Pnevmetrik trubalarni masalan, Pito-Prandtl naychasining ishlash prinsipi quyidagicha.



3.1 - rasm. Statik va dinamik bosimlarning o'zgarishi.

To'g'ri vertikal pezometrik naychada suyuqlik gidrostatik bosim h_{st} ga teng balandlikka ko'tariladi $h_{cm} = \frac{P}{\rho \cdot g}$, ya'ni bu kattalik truba o'rnatilgan joyidagi statik bosimni o'lchaydi.

Bukilgan naycha harakatlanayotgan suyuqlik oqimi yo'nalishiga qarma-qarshi qilib o'rnatilgan bo'lib, undagi suyuqlik balandligi kattaroq bo'ladi. Bu balandlik statik bosim h_{st} va dinamik bosim h_d larning yig'indisiga teng bo'ladi.

Bu trubalar yonma-yon o'rnatilgan bo'lib, ulardagi suyuqliklar balandligini farqi dinamik bosimni ko'rsatadi. Dinamik bosimning qiymatidan tezlikni topish mumkin. Bukilgan naychaning o'qi oqim yo'nalishining o'qi bilan bir bo'lgani uchun bu tezlik maksimal tezlik bo'ladi:

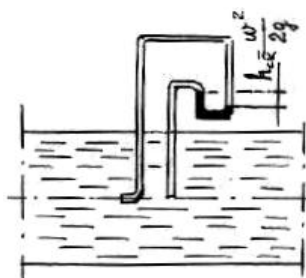
$$h_d = \frac{w_{max}^2}{2g}; \quad w_{max} = \sqrt{2g \cdot h_d} \quad (3.1)$$

3.1 - rasmdan ko'rinib turibdiki, trubaning keng joyida tezlik kichik bo'lgani uchun dinamik bosim kichik bo'ladi. Bernulli tenglamsiga binoan trubaning har bir kesimida umumiy gidrodinamik bosim o'zgaras bo'lib, geometrik, statik ($P/\rho \cdot g$) va dinamik ($w^2/2g$) bosimlar yig'indisiga teng:

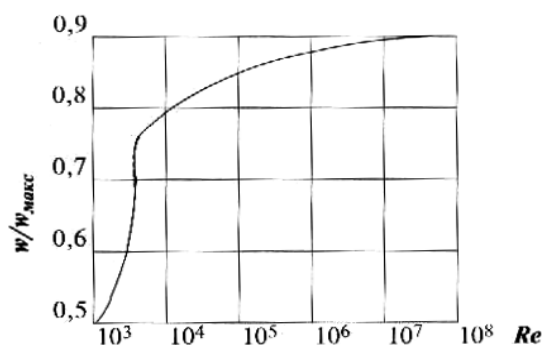
$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{w_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{w_2^2}{2g} = H \quad (3.2)$$

Shunga asosan ikkinchi kesimida trubaning tor qismida ham umumiy bosim o'zgaras bo'lib, geometrik va statik bosimlar kamayadi, dinamik bosim esa, tezlik oshgani uchun, ko'payadi.

3.1-rasmdagi naychalar pezometrik naycha deb ataladi. Pezometrik naychalaridagi suyuqlik trubadagi oqayotgan suyuqlik bilan bir hil bo'ladi. Pito-Prandtl naychasi U - simon manometrga ega bo'lib, bu manometr (3.2-rasm) trubadagi suyuqlikka nisbatan zichligi kattaroq, trubadagi suyuqlik bilan aralashmaydigan suyuqlik bilan to'ldiriladi.



3.2 - rasm.



3.3. rasm.

Oqimning maksimal tezligi w_{\max} (3.3) tenglamadan aniqlanadi.

$$w_{\max} = \sqrt{2g \cdot h \cdot \frac{\rho_m - \rho}{\rho}}; \quad (3.3)$$

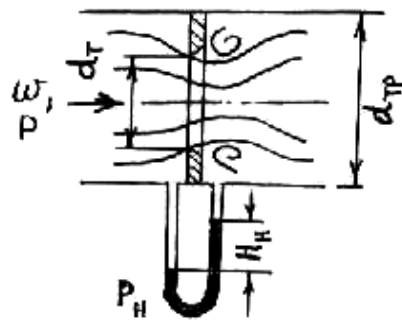
bu erda ρ - muhit zichligi, kg/m^3 ; h - manometrdagi suyuqlik balandligi, m; ρ_m - manometrdagi suyuqlik zichligi, kg/m^3 .

O'rtacha tezlikni topish uchun harakat rejimini aniqlash kerak. Suyuqliklarni harakat rejimi Reynolds kriteriysining qiymati Re_{kr} bilan aniqlanadi:

$$Re_{kr} = \frac{w \cdot d \cdot \rho}{\mu};$$

d- trubaning diametri, m; μ - muhitning dinamik qovushokligi, $\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$.

Maksimal tezlik orqali



$$Re_{\max} = \frac{w_{\max} \cdot d \cdot \rho}{\mu}; \quad (3.4)$$

Agar $Re_{\max} < 2320$ bo'lsa, harakat rejimi laminar rejim bo'lib, o'rtacha tezlik

3.4-rasm

$$w_{yp} = 0,5 \cdot w_{\max}; \quad (3.5)$$

3.5-rasm

$Re > 10000$ bo'lganda harakat rejimi turg'un turbulent rejim bo'lib, u holda o'rtacha tezlik

$$w_{yp} = (0,8 \div 0,9) \cdot w_{\max} \quad (3.6)$$

Bundan tashqari o'rtacha tezlikni aniqlash uchun Pito-Prandtl naychasini trubadagi oqimning kesimi bo'yicha turli joyiga so'rib, shu nuqtalarga to'g'ri kelgan tezliklar aniqlanadi. Masalan, bir kesimning vertikal bo'yicha 10 ta nuqtasida tezliklarni aniqlab ularni o'rtachasi topiladi:

$$w_1 + w_2 + \dots + w_n = \Sigma w; \quad (3.7)$$

$$w_{yp} = \Sigma w / n;$$

bu erda n - o'lchamlar soni.

O'rtacha grafik tezlikni bo'yicha topilsa ham bo'ladi. Buning uchun maksimal tezlik va Reynolds kriteriyasi aniqlab, grafikdan topiladi va bu nisbatan o'rtacha tezlik topiladi 3.3 rasm.

Suyuqlik miqdori esa sekundli sarf tenglamasi orqali aniqlanadi:

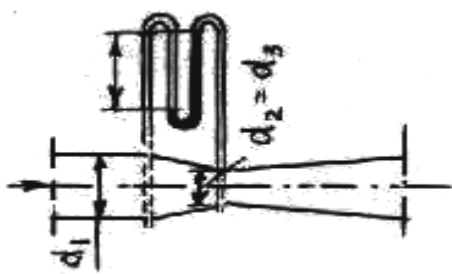
$$V = F \cdot w_{yp} \quad (3.8)$$

Bu erda F -trubaning ko'ndalang kesim yuzasi, m^2 .

Sanoatda oqim tezligi va sarfini o'lchash uchun drossel asboblari ham ishlatiladi. Ularning ishlash prinsipi Bernulli tenglamasiga asoslangan bo'lib, trubalarning tor va keng kesimlaridagi dinamik bosimlar farqining o'zgarishi bilan orqali aniqlanadi. Drossel asboblari sifatida o'lchovchi diafragma, soplo, Venturi trubalari ishlatiladi.

O'lchovchi diafragma yumaloq yuzali teshikli yupqa gardish bo'lib, uning markazi trubaning o'qiga to'g'ri keladi (3.4-rasm).

O'lchovchi soplo ravon, yumaloqlashgan kirish va Silindrik chiqishga ega bo'lgan nasadkalar (3.5-rasm). O'lchovchi soplo va diafragmalarning differenstal manometrlari, asosiy trubaga xalqasimon kamera bo'lmasa ikki kanal orqali qo'shiladi.



Venturi trubkasida o'lchovchi diafragma va soploga nisbatan bosimni yo'qolishi kam bo'ladi, chunki uning diametri asta sekin torayib, so'ngra kengayadi va o'z xolatiga qaytadi. (3.6.-rasm)

3.6.-rasm

Trubaga gorizontol holda o'rnatilgani uchun 1-1 va 2-2 kesimlardagi bosimlarning o'zgarishi Bernulli tenglamasi orqali quyidagicha ifodalanadi:

$$\frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{w_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{w_2^2}{2g} \quad (3.9)$$

$$\frac{w_2^2}{2g} - \frac{w_1^2}{2g} = \frac{P_1 - P_2}{\rho \cdot g} = h \quad (3.10)$$

bu erda h- trubaning tor va keng qismidagi bosimlar o'zgarishini dinamometrda o'lchangan miqdori, mm (ishchi suyuqlik ustuni).

Trubadagi suyuqlikning o'rtacha tezligi va sarfini aniqlash uchun uzluksizlik tenglamasidan foydalaniladi. Trubaning keng qismidagi tezlikni w_1 , tor kesimdagi tezlik w_2 orqali ifodalaymiz.

$$w_1 = w_2 \cdot \frac{F_1}{F_2} = w_2 \cdot \frac{d_2^2}{d_1^2} \quad (3.11)$$

Venturi trubasi, soplo va diafragmada siqilgan oqimning yuzasi F_2 , trubaning tor qismining kesim yuzasiga teng bo'ladi.

Tezlikning qiymatini dinamik naporlar ayirmasini ifodalovchi tenglamaga (3.10) qo'ysak:

$$\frac{w_2^2}{2g} - \frac{w_1^2}{2g} \cdot \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^4 = h \quad (3.12)$$

bundan

$$w_2 = \frac{\sqrt{2g \cdot h}}{\sqrt{1 - \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^4}} \quad (3.13)$$

Diafragma sopolni teshigi S_0 dan va Venturi trubasining tor kesimidan o'tayotgan, ya'ni, trubadan o'tayotgan suyuqlik sarfining miqdori esa:

$$V_c = w \cdot F_0 \cdot \alpha = \alpha \cdot \frac{\pi \cdot d_0^2}{4} \sqrt{\frac{2g \cdot h}{1 - \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^4}} \quad (3.14)$$

bu erda α - tuzatish koeffisienti ($\alpha < 1$); d_0 - diafragma tegishli diametr.

Tuzatish koeffisientining miqdori suyuqlikning harakat rejimiga va drossel asboblarning diametrining truba diametri nisbatiga bog'liq:

$$\alpha = f\left(\text{Re}, \frac{d_0}{d_1}\right) \quad (3.15)$$

bu erda α - drossel asboblarning sarf koeffisienti deb yuritiladi.

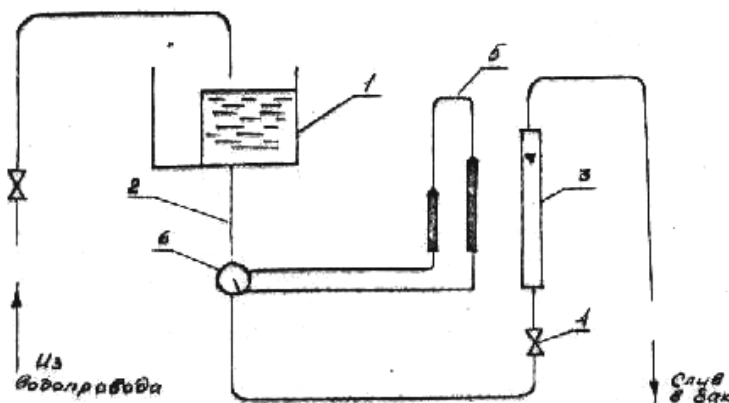
Drossel qurilmalarning diametri truba diametridan 3-4 marotaba kichik, shuning uchun (3.14) tenglamadagi $(d_2/d_1)^4$ kattalik ham kichik bo'ladi. Demak, suyuqlikning sarfini quydagicha aniqlash mumkin

$$V_c = \alpha \cdot \frac{\pi \cdot d_0^2}{4} \cdot \sqrt{2g \cdot h} \quad (3.16)$$

Ish bajarishdan maqsad:

Suyuqliklarning tezligi va sarfini Pito-Prandtl naychalari bilan o'lchashni o'rganish.

Ishni bajarish tartibi.



3.7-rasmdagi laboratoriya qurilmasi tekshiriladi.

1-bosim xosil qiluvchi idish; 2-suyuqlik sarfi o'lchanayotgan truba $d=40\text{mm}$;

3-rotametr RS-5; 4-ventil; 5-U-simon difmanometr; 6-Pito-Prandtl naychasi.

Idishga suyuqlik to'ldiriladi. Ventilm ochilib, suyuqlik sarfi V_{\min} dan V_{\max} gacha o'zgartiriladi. Rotametrning har bir ko'rsatuviga qarab grafik bo'yicha suyuqlik sarfi o'lchanadi. U-simon difmanometrning h_d ko'rsatuviga o'lchaniladi. Bu ko'rsatuvlar hisoblash jadvaliga yoziladi.

3-1 jadval

O'lchanadigan miqdorlar				Hisoblanuvchi miqdorlar		
h_{din}, m	$R, \text{kgs/sm}^2, \text{s/m}^2$	$T, ^\circ\text{S}$	Rotametr ko'rsatishi	$w = \frac{V_c}{f}$ m/s	$\Delta P = (\rho_m - \rho_e)gh$ N/m ²	$\text{Re} = \frac{w \cdot d \cdot \rho}{\mu}$

Tajriba natijalarini isoblash.

Suyuqlik sarfini hisoblash uchun birinchidan suyuqlikning maksimal tezligi o'lchanadi:

$$w_{\max} = \sqrt{2g \cdot h \cdot \frac{\rho_m - \rho}{\rho}}, \quad \text{m/c}$$

h -U-simon differensial manometrdagi suyuqlik balandliklarini farqi, m. Keyin suyuqlikni harakat rejimi aniqlanadi:

$$\text{Re}_{\max} = \frac{w_{\max} \cdot d \cdot \rho}{\mu}$$

bu erda d - trubaning diametri, $d=40\text{mm}$; ρ - suvning zichligi, kg/m^3

μ - suv qovushoqligi, $\text{N}\cdot\text{s/m}^2$.

Reynolds kriteriysiga qarab o'rtacha tezlik topiladi:

1) $\text{Re} < 2320$ - $w_{\text{ur}} = 0,5 w_{\max}$

2) $\text{Re} > 1000$ - $w_{\text{ur}} = (0,8-0,9) w_{\max}$

va nihoyat suyuqlikni sarfi aniqlanadi:

$$V_c = w_{yp} \cdot F = w_{yp} \cdot \pi \cdot d^2 / 4 = 0,785 \cdot w_{yp} \cdot d^2$$

Bu erda F - trubaning ko'ndalang kesim yuzasi, m^2 .

Tekshirish uchun savollar

1. Bernulli tenglamasining fizik ma'nosi.
2. Suyuqlikning tezligini va sarfini o'lchash.
 - a) Pnevmetrik trubaning ishlash prinsipi.
 - b) O'lchovchi diafragma;
 - g) O'lchovchi soplo;
 - g) Venturiy trubasi;
3. Sarf koeffisienti.
4. Nyutonmas suyuqliklar.
5. Bernulli tenglamasining amalda qo'llanilishi.

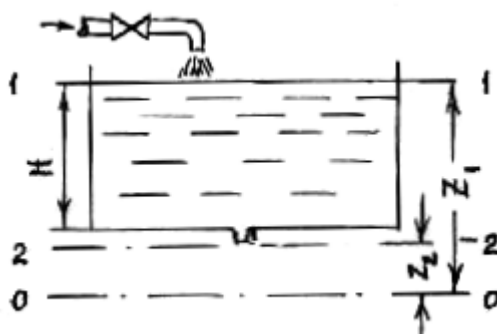
4-LABORATORIYA ISHI: SUYUQLIKLARNI NASADKA VA TESHIKLARDAN OQISHI.

Ishning nazariy asoslari

Usti ochiq pastki qismi yassi bo'lgan dumaloq teshik orqali oqib tushgandagi sarfni aniqlashni ko'rib chiqamiz. Uning balandligi bir xil vaziyatda, o'zgarmasdan turadi.

Bernulli tenglamasini ideal suyuqliklar uchun idishning pastki qismiga parallel bo'lgan 0-0 tekislikka nisbatan 1-1 va 2-2 kesimlar uchun quyidagicha yozamiz (4.1- rasm).

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{w_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{w_2^2}{2g} \quad (4.1)$$



4.1- rasm.

Idishning ustki qismi ochiq bo'lgani uchun $R_1 = R_2$ va suyuqlikning balandligi o'zgarmagani uchun tezligi $w_1 = 0$ teng bo'ladi, bundan tashqari $Z_1 - Z_2 = N$ deb olsak bo'ladi. Bu holda tenglamamiz quyidagi ko'rinishga keladi:

$$\frac{w_2^2}{2g} = H \quad (4.2)$$

bundan

$$w = \sqrt{2g \cdot H} \quad (4.3)$$

Real suyuqliklarni oqib o'tishida bosimni bir qismi to'siqlarni va ichki ishqalanish kuchlarini engish uchun sarf buladi. Shuning uchun real suyuqliklar oqib tushish tezligi quyidagicha aniqlanadi;

$$w_2 = \varphi \cdot \sqrt{2g \cdot H} \quad (4.4)$$

bu erda φ - tuzatuvchi koeffisient ($\varphi < 1$), ya'ni suyuqlik oqimi teshikdan oqib tushayotganda, bosimni yo'qhisobga oladi va tezlik koeffisienti deyiladi. Suyuqlik oqimi teshikdan oqib tushayotganda siqilishi natijasida, tezlik va bosim kamayadi, bunday xolat teshikdan chiqayotgan oqimning siqilishi koeffisienti orqali hisobga olinadi va ε bilan belgilanadi:

$$\varepsilon = \frac{S_1}{S_2} \quad (4.5)$$

bu erda S_2 - teshikdan o'tgan suyuqlik oqimining siqilgan joydagi ko'ndalang kesimi; S_1 - teshikdan o'tayotgan suyuqlik oqimining ko'ndalang kesimi. Unda teshikdan oqib chiqayotgan suyuqlikning tezligi w_0 kichik bo'lishi kerak, w_2 ga nisbatan

$$w_0 = \varepsilon \cdot w_2 = \varepsilon \cdot \varphi \cdot \sqrt{2g \cdot H} \quad (4.6)$$

Tezlik va oqimning siqilish koeffisientlarining ko'paytmasi sarf koeffisienti deyiladi va α bilan belgilanadi.

$$\alpha = \varepsilon \cdot \varphi \quad (4.7)$$

bundan

$$w_0 = \alpha \cdot \sqrt{2g \cdot H} \quad (4.8)$$

Bu koeffisient suyuqlik turiga bog'lik bo'lib, har qanday suyuqlik uchun tajriba orqali aniqlanadi, hamda uning qiymati Reynolds kriteriysiga, suyuqlik xossalari, teshik shakli va oqim tezligiga bog'liq. Suv va qovushqoqligi suvning qovushqoqligiga yaqin bo'lgan suyuqliklar uchun sarf koeffisienti $\alpha = 0,2$ ga teng.

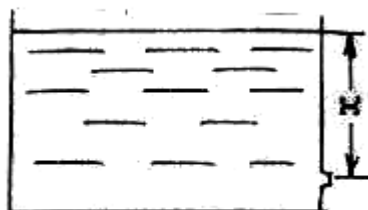
Suyuqliklar kalta patrubkalardan (nasadkalardan) oqib o'tayotganda kirish va chiqish qismida qo'shimcha tezlik va bosim yo'qotadi, bu esa φ qiymatini kamaytiradi. Shu bilan birga oqim patrubkaga kirish chog'ida, bir muncha to'ldirgan holda oqib chiqadi, ya'ni $\varepsilon = 1$ ga teng natijada, sarf koeffisienti, nasadkadan suyuqlikni oqib chiqishida katta qiymatga ega bo'lib, nisbatan suyuqlikni teshikdan oqib chiqishga, va suv uchun $\alpha = 0,82$ ga teng.

Hajmiy sarf miqdori:

$$V = \alpha \cdot S_0 \cdot \sqrt{2g \cdot H} \quad (4.9)$$

Idishdan teshik orqali oqib chiqayotgan suyuqlikning sarf miqdori idishning shakliga bog'lik bo'lmasdan, teshik kattaligi va suyuqlik balandligiga bog'liqdir.

Bu formuladan teshik orqali oqib chiqayotgan xajmiy sarf miqdorini aniqlash mumkin (4.9) Tenglamadagi N suyuqlikning yuqori qatlami bilan teshik orasidagi masofadir (4.2 -rasm).



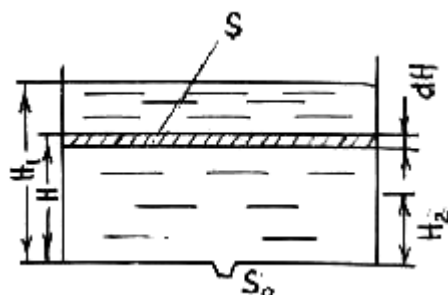
4.2 - rasm.

O'zgaruvchan balandlikda suyuqlikni yupqa devordagi teshik orqali oqib chiqishi.

Bunday oqib chiqishda, suyuqlikning balandligi N vaqt birligida kamayib boradi va shu bilan birga uning tezligi ham kamayib, oqish jarayonini turg'unmas harakatda bo'ladi. Elementar vaqt $d\tau$ birligida suyuqlikning balandligi N_1 dan N_2 gacha o'zgaranda, idish hajmidagi pastki teshikdan oqib o'tayotgan suyuqlik hajmi:

$$dV = V_c \cdot d\tau = \alpha \cdot S_0 \cdot \sqrt{2g \cdot H} \cdot d\tau \quad (4.10)$$

bu erda S_0 - idish tubidagi teshikning ko'ndalang kesimi.



4.3.- rasm.

Vaqt birligida idishdagi suyuqlik balandligi dH ga o'zgaradi va bunda idishdagi suyuqlik miqdori quyidagi qiymatga kamayadi:

$$dV = -S \cdot dH \quad (4.11)$$

bu erda S - idishning ko'ndalang kesimi; minus ishora idishdagi suyuqlik balandligining kamayganini ko'rsatadi.

Uzluksizlik tenglamasiga asosan, oqib tushgan suyuqliklar miqdorlarini bir-birigi

tenglashtirsak:

$$\alpha \cdot S_0 \cdot \sqrt{2g \cdot H} \cdot d\tau = -S \cdot dH \quad (4.12)$$

bundan

$$d\tau = \frac{S \cdot dH}{\alpha \cdot S_0 \cdot \sqrt{2g \cdot H}} \quad (4.13)$$

suyuqlikni oqib tushish vaqtini aniqlash uchun bu ifodani integrallasak: (4.14)

$$\tau = \frac{S}{\alpha \cdot S_0 \cdot \sqrt{2g}} \cdot \int_{H_1}^{H_2} H^{-1/2} dH = \frac{2 \cdot S}{\alpha \cdot S_0 \cdot \sqrt{2g}} \cdot (\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2}) \quad (4.15)$$

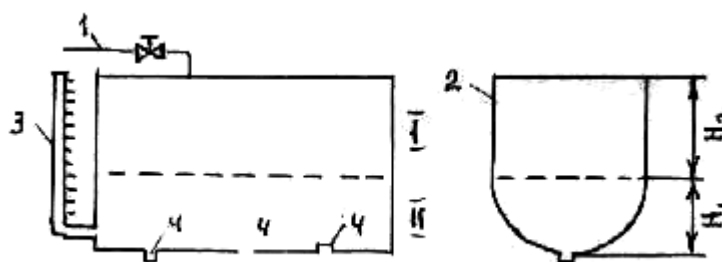
Demak,

$$\tau = \frac{2 \cdot S \cdot (\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2})}{\alpha \cdot S_0 \cdot \sqrt{2g}} \quad (4.16)$$

4.16 tenglama orqali idishdagi suyuqlik balandlik ma'lum miqdorga kamayganda, ya'ni N_1 dan N_2 ga o'zgariganda suyuqlikning butunlay oqib chiqish vaqti quyidagicha aniqlanadi:

$$\tau = \frac{2 \cdot S \cdot \sqrt{H_1}}{\alpha \cdot S_0 \cdot \sqrt{2g}} \quad (4.17)$$

Ushbu ishni bajarishdan maqsad tajriba yo'li bilan vaqt ichida suyuqlikni har hil shakldagi teshiklar orqali va shunda idishning ko'ndalang kesimi o'zgarmagan xolda suyuqlikni o'zgaruvchan balandlikda oqib chiqishini aniqlashdir.



4.4- rasm. Laboratoriya qurilmasi.

1-jo'mrak; 2-idish; 3-o'lchashnayi; 4-teshik.

Ishni bajarish tartibi

Vaqt birligi ichida idishning ko'ndalang kesimi o'zgarmagan xolda suyuqlikni oqib chiqishini aniqlash quyidagicha:

1. Jumrak (1) ni ochib idish suv bilan to'ldiriladi va bunda suv sathi, o'lchash nayining (3) yuqori qismigacha bo'lishi kerak.

2. Idish tubidagi biron-bir teshik (4) ni ochib shu vaqt (τ) ichida oqib chiqayotgan suvning hajmiymiqdorini, idish balandligining har 2 sm balandlik kamayganda aniqlanadi.

3. Suv o'lchagich balandligining o'zgarishi va vaqt ichida sarf miqdorini yozib turish kerak.

4. Suv o'lchagich balandligining o'zgarishida teshikdan oqib chiqqan suyuqlik vaqti 4.16 formuladan hisoblanadi.

Tajriba natijalarini hisoblash

$$\tau = \frac{2 \cdot S \cdot (\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2})}{\alpha \cdot S_0 \cdot \sqrt{2g}} \quad (4.18)$$

bunda L - qurilmaning uzunligi, m. Suyuqlikni qanday vaqtda oqib chiqishi (4.16) va (4.18) formuladan hisoblanib, natijani tajribada olingan kattalik bilan taqqoslab, % miqdorida o'zgarish aniqlanadi.

4-1 jadval

Vc, m ³ /c	τ, c	H ₁ , m	H ₂ , m	τ, c	% o'zgarishi

Tekshirish uchun savollar

1. Suyuqlikni bir xil balandlikda oqib chiqishi.
2. Suyuqlikni balandligi o'zgargan xolda oqib chiqishi.
3. Suyuqlikni oqib chiqish vaqtini aniqlash.
4. Bernulli tenglamasini keltirib chiqarish va uning fizik ma'nosi.
5. O'xshashlik nazariyasi. o'xshashlik nazariyalari va kriteriyalari.

5-LABORATORIYA ISHI: MAVHUM QAYNASH QATLAMI GIDRODINAMIKASI. MAVHUM QAYNASH QATLAMIDA QAYNASH VA ZARRACHALARNING UCHIB CHIQISH TEZLIKLARINI ANIQLASH.

Ishning nazariy asoslari

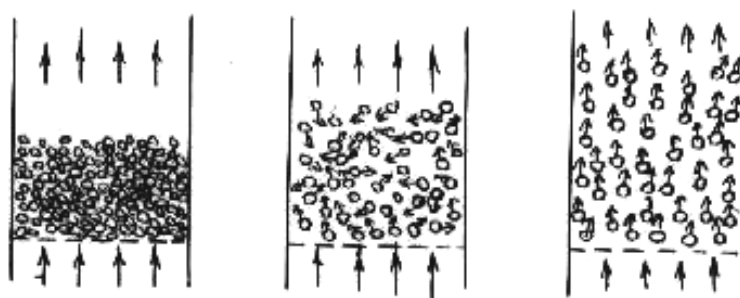
Kimiyo va oziq-ovqat sanoatlarining texnologik jarayonlarida mavhum qaynash usuli keng

qo'llanilmoqda. Issiqlik almashinish, quritish, absorbsiya, aralastirish, uzatish, katalitik, kuydirish kabi jarayonlarda ishlatilishi yaxshi natijalar bermoda.

Mavhum qaynash usulining bir qator afzalliklari bor, ya'ni fazalar o'rtasida kontakt yuzasi katta bo'lishi jarayoni bir necha marta tezlashtiradi. Mavhum qaynash qatlamining gidravlik qarshiligi nisbatan katta emas.

Donasimon zarrachalar qatlami gaz taratuvchi to'r ustiga solinadi. Xamma shart-sharoitlar bir xil bo'lganda, Mavhum qaynash usulida massa almashinish o'zgarmas qatlamdagi intensivroq bo'ladi. Natijada, ko'pchilik jarayonlarning tezligi ortadi.

Gaz yoki suyuqlik tezligiga qarab donasimon qatlamning xolati xar xil bo'ladi. Agar to'r orqali pastdan yuqoriga qaratib kichik tezlik bilan havo oqimi yuborilsa, material qatlami o'zgarmay qoladi va uning xarakteristiklari (solishtirma yuza, qatlamdagi zarrachalar orasidagi bo'shliq va xokazo) tezlik oshishi bilan o'zgarmaydi (6.1a-rasm).



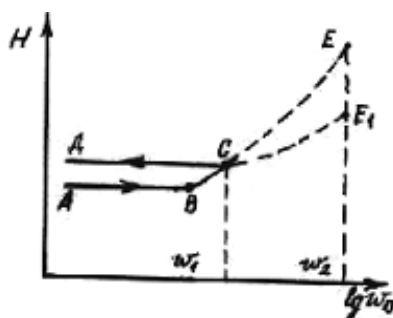
Lekin, xavo oqimning tezligini asta-sekin oshirib borsak, tezlik ma'lum 6.1-rasm.

bir kritik qiymatga ega bo'lganda qatlam kengayadi, uning balandligi (N) va qatlamdagi zarrachalar orasidagi bo'shliq (ε) ortib boradi. Bunda qatlamdagi materiallarning og'irligi oqimning gidrodinamik bosim kuchiga teng bo'lib qoladi zarrachalar gidrodinamik muvozanat xolatini egallaydi va xar xil yo'nalishda siljiy boshlaydi. Havo tezligini yanada oshirsak, zarrachalar xarakatining intensivligi ortadi va ular xar xil yo'nalishda intensiv xarakat qiladi. Bunday sharoitda qatlam mavhum qaynash xolatini egallaydi, ya'ni qatlam xuddi qaynayotgandek bo'lib ko'rinadi (6.1b-rasm).

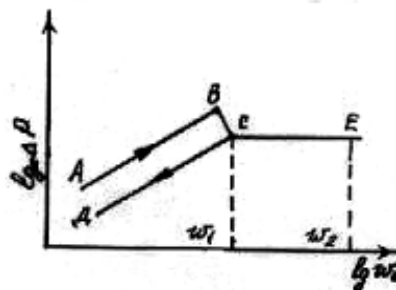
Qatlamning o'zgarmas xolatdan mavhum qaynash xolatga o'tishiga to'g'ri keladigan xavo yoki suyuqlikning tezligi mavhum qaynashning boshlanish tezligi yoki birinchi kritik tezlik deb ataladi.

Agar, oqim tezligini yana oshiraversak, qatlamdagi zarrachalarning orasida bo'shliq $\varepsilon = \frac{V_k - V_0}{V_k}$ ortadi va uning balandligi N yangi kritik tezligacha ortaveradi. Bunda, gidrodinamik bosim kuchlari materialning og'irlik, kuchlaridan ancha ortib ketadi, natijada qattiq zarrachalar oqim bilan chiqib ketadi (6.1v-rasm). Zarrachalarning yuza oqimi bilan chiqib ketish xolatiga to'g'ri keladigan tezlik chiqib ketish tezligi yoki ikkinchi kritik tezlik deb ataladi. Shunday qilib, mavhum qaynash birinchi (w_1) va ikkinchi (w_2) kritik tezliklar o'rtasida yuz beradi.

Zarrachalarning chiqib ketish tezligi ostida ommaviy olib ketilishi xodisasini pnevmotransport deyiladi va u sanoatda materiallarni bir erdan ikkinchi erga siljitish uchun qo'llanadi.



6.2-rasm.



6.3-rasm

Donador materiallar gidravlik qarshiligining (a) va balandligining (b) tezlik bilan o'zaro bog'liligi.

6.2-rasmda qatlam balandligining oqim tezligiga bog'liligi tasvirlangan. Fiktiv tezligi deb oqim tezligini qurilmaning ko'ndalang kesim yuzasining nisbatiga aytiladi.

Fiktiv tezlik w_0 qandaydir w_0 tezlkkacha oshguncha, qatlamning balandligi o'zgarmaydi (AV kesma). AV chizig'i o'zgarmas qatlam oraliqo'tayotgan gaz xarakatini tasvirlaydi. Bu oraliqda tezligi oshishi bilan qatlamning gidravlik qarshiligi R ortib boradi. VS chiziqmavhum qaynash jarayonining boshlanishini xarakterlaydi.

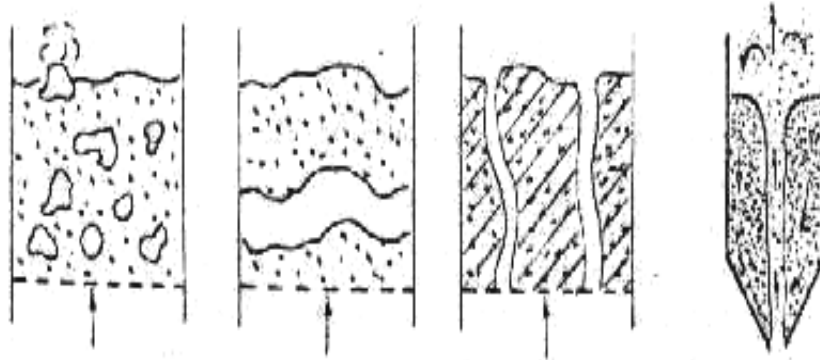
Ammo, mavhum qaynash boshlanishidan avvalgi gidravlik qarshilik S nuqtadagidan ko'prok bo'ladi (V nukta). Bunga sabab, o'zgarmas qatlamdagi (AV chizi) zarrachalar orasidagi tortishish kuchlarining borligidir. Oqimning tezligi w_0 kattaligiga etganda, zarrachalar tortishish kuchini engadi va bosimlar farqi qattiq zarrachalar og'irligiga teng bo'ladi. S nuqta o'zgarmas qatlamning mavhum qaynash holatiga o'tishini ko'rsatadi, shu nuqta to'g'ri kelgan tezlik w_1 birinchi kritik tezlini xarakterlaydi. Mavhum qaynash jarayonining boshlanishi bilan oqimning gidrodinamik bosim kuchlari qatlamidagi qattiq zarrachalar og'irligi muvozanatga solib turadi. Gaz oqimi tezligining ortishi bilan qattiq zarrachalar og'irligini o'zgarmaydi, zarrachalarni mavhum qaynash holatida ushlab turish uchun zarur bo'lgan energiya sarfi xam bir xil bo'ladi. Bu holat grafikda SE gorizontol chizig'i orqali ifodalanadi. E nuqta to'g'ri kelgan tezlik w_2 ikkinchi kritik tezlikni xarakterlaydi.

6.4-rasm. Mavhum qaynash turlari:

a) porshenli qaynash qatlami; b) kanalli qaynash qatlami; v) fontanli qaynash qatlami.

Tezligini w_2 ikkinchi kritik tezlik w_2 dan oshirsak, qatlam muvozanati buziladi va zarrachalar qurilmadan oqim bilan birga chiqib keta boshlaydi. Bunda qatlamdagi zarrachalar orasidagi bushliqo'sib boradi.

Agar oqimning tezligi asta-sekin kamaytirib borilsa, egri chizig'i A nuqtada kesishmay pastroqdan o'tadi, ya'ni cho'qqihosil bulmaydi. Bu xodisa gisterezis deb nomlanadi.



Mavhum qaynash jarayoni mavhum qaynash soni bilan xarakterlanadi:

$$K_w = \frac{w_w}{w_1} \quad (6.1)$$

bu erda w_w - qurilmaning to'la kesimiga nisbatan olingan oqimning ishchi tezligi.

Mavhum qaynash soni K_w zarrachalarning qatlamdagi aralashish intensivligi ko'rsatadi. Tajriba usuli bilan $K_w=2$ bo'lganda, eng intensiv aralash sodir bo'lishi aniqlangan. K_w qiymati oshishi bilan qatlam turli jinsli bo'lib boshlaydi. Ayrim sharoitlarida gaz ko'piklariga ega bo'lgan mavhum qaynash qatlami hosil bo'ladi (6.4a,b,v-rasm). Agar donasimon zarrachalarning o'lchami katta, qurilmaning diametri kichik va gazning tezligi yuqori bo'lsa porshenli qatlam paydo bo'ladi. O'lchami kichik va nam materiallarning qaynashida kanalsimon mavhum qaynash hosil bo'ladi (6.2b-rasm). Bu xolatda gaz kanallar orqali o'tib, qattiq materiallarning massasi o'zgarmaydi. Konussimon va konusstilindsimon qurilmalarda kanal hosil qiluvchi qatlam fontanli qatlamga aylanadi. (6.2v- rasm). Bunda gaz yoki suyuqlik oqimi qurilmaning o'qi bo'ylab qattiq zarrachalar bilan birgalikda xarakat va fontan kabi ularni yuqoriga otadi. So'ngra qattiq zarrachalar qurilma devori yonidan pastga qarab xarakat qiladi. Mavhum qaynash qatlamining gidravlik qarshiligi ΔR_k qattiq zarrachalar og'iriligining G_k qurilma ko'ndalang kesimi yuzasining nisbatiga teng.

$$\Delta P = \frac{G_k}{S} \quad (6.2)$$

qattiq zarrachalar og'irligi esa,

$$G_k = F \cdot H \cdot (1 - \varepsilon) \cdot (\rho_{k.z.} - \rho_m) \cdot g \quad (6.3)$$

bu erda N - qatlamning balandligi, m; ε - qatlamdagi bo'sh xajm; $\rho_{k.z.}, \rho_m$ - qattiq zarracha va muhitning zichliklar kg/m^3 .

Fiktiv tezlik w oshib borishi bilan qatlamning balandligi N va bo'sh xajmi ε ortadi. Lekin, $(1 - \varepsilon)$ kamaygani bilan $N(1 - \varepsilon)$ o'zgarmaydi, chunki mavhum qaynash qatlamining gidravlik qarshiligi fiktiv tezlikning w_0 qiymatiga bog'liq emas. O'zgarmas qatlam va Mavhum qaynash qatlami balandliklari o'zaro bog'liqligi quyidagi ifodadan topiladi:

$$H \cdot (1 - \varepsilon) = H_0 \cdot (1 - \varepsilon) \quad (6.4)$$

bu erda N_0 - o'zgarmas qatlam balandligi, m;

Mavhum qaynash qatlamining bo'sh xajmi ushbu tenglamadan topiladi:

$$\varepsilon_0 = 1 - \frac{H_0}{H} \cdot (1 - \varepsilon) \quad (6.5)$$

bu erda N_0/N -qatlarning kengayish koeffitsienti. U mavhum qaynash qatlamining xajmi o'zgarish qatlarning xajmidan necha barobar kattaligini ko'rsatadi.

Sharsimon bir jinsli zarracha uchun $\varepsilon \approx 0,4$ bo'lganda birinchi kritik tezlik prof. O.M.Todes tenglamasi yordamida topiladi:

$$Re_{kp1} = \frac{Ar}{1400 + 5,22 \cdot \sqrt{Ar}} \quad (6.6)$$

bu erda

$$Re_{kp1} = \frac{w_1 \cdot d\rho}{m} = \frac{w_1 \cdot d}{\nu} \quad (6.7)$$

$$w_1 = \frac{Re_{kp1} \cdot \mu}{d\rho}; \quad Ar = \frac{g \cdot d^3 \cdot (\rho_{k3} - \rho_m)}{\mu^2} \quad (6.8)$$

Qattiq zarrachalarning gaz yoki suyuqlik oqimi bilan chiqib ketish tezligi yoki ikkinchi kritik tezligi prof.O.M.Todes tenglamasi orqali topiladi:

$$Re_{kp2} = \frac{Ar}{18 + 0,575 \cdot \sqrt{Ar}} \quad (6.9)$$

bu erda

$$Re_{kp2} = \frac{w_2 \cdot d\rho}{\mu} = \frac{w_2 \cdot d}{\nu} \quad (6.10)$$

$$w = \frac{Re_{kp2} \cdot \mu}{d\rho} \quad (6.11)$$

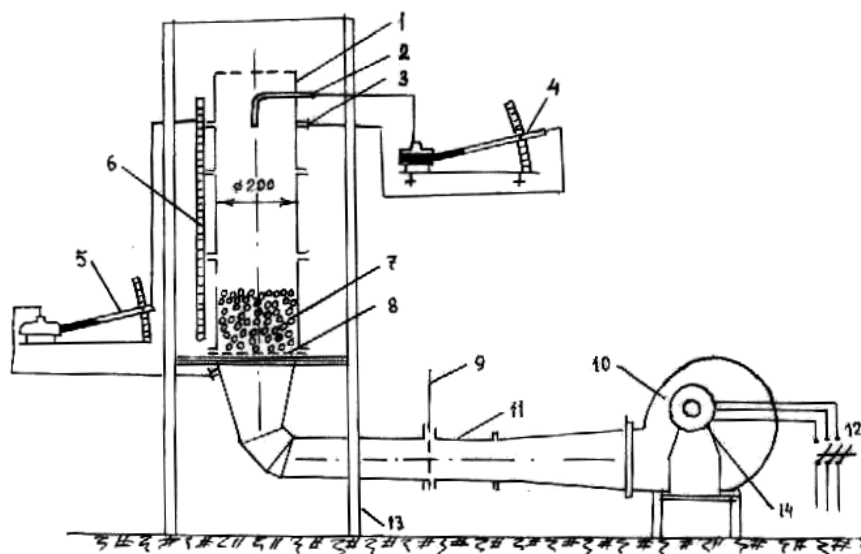
bu erda Ar - Arximed kriteriysi; ν - kinematik qovushoqlik, m^2/s ; d - qattiq zarracha diametri, m.

Ishni o'tkazishdan maqsad: Mavhum qaynash qatlamining gidravlik qarshiligini, birinchi va ikkinchi kritik tezliklarini aniqlash, xamda ularni nazariy usulda hisoblangan kattaliklar bilan taqqoslash. $\Delta P = f(w)$ va $H = f(w)$ bog'likliklarni grafik usulda tasvirlash.

Ishni bajarish tartibi

6.5-rasmda tajriba o'tkazish qurilmasi tasvirlangan va u quyidagi qismlardan iborat: organik shishadan yasalgan kolonna (1), uning pastki qismida kesim yuzasi 20% bo'lgan to'r parda (8) o'rnatilgan. To'r parda ustiga o'lchami $10 \times 10 \times 10$ mm bo'lgan penoplastdan tayyorlangan kubsimon zarrachalar joylashtiriladi: To'r parda ostiga, gaz trubalar (11) orqali ventilyator yordamida rostlanadi. havoning sarfi shiber (9) yordamida rostlanadi. Mavhum qaynash qatlamining balandligi o'lchov chizig'i (6) bilan o'lchanadi. Gidravlik qarshilik miqdori

mikromanometr (5) bilan aniqlanadi. havoning sarfi Pito-Prandtl trubkasi ulangan mikromanometrda h_d ni o'lchash yo'li bilan topiladi.



6.5-rasm.

Kolonnaning (1) to'r pardasi (8) ustiga donasimon zarrachalardan iborat qatlam quyiladi va tagidan ventilyator (10) yordamida havo berib boshlanadi. havoni sarfini ozginadan oshirib borib qatlamning mavhum qaynash boshlanishi aniqlanadi. So'ngra xavoning sarfi asta-sekin ko'paytiriladi. Mavhum kaynash boshlanadi. Tajribalar paytida qatlamning gidravlik qarshiligi va balandligi N o'lchanib boriladi. Materiallarni intensiv qaynash xolatiga olib borilib, ΔR va R ning qiymatlari yozib olinadi. Keyin ventilyator va havo berish to'xtatiladi. har bir tajribaning son qiymatlari jadvalga yozib qo'yiladi.

Tajriba ko'rsatkichlarini hisoblash

1. Dinamik bosimning qiymatiga karab hajmiy sarf quyidagi tenglamadan qarab topiladi:

$$\Delta P_x = x \cdot K_1 \rho_{cn} g$$

bu erda D -qurilma diametri, $D=200$ mm; α -tuzatish koeffistienti, $\alpha=0,7$; g -erkin tushish tezlanishi, $g=9,81$ m/s²; ρ - spirtning zichligi, kg/m³; x_1 - mikromanometrning ko'rsatkichi, mm.sim.ust.; K_1 - mikromanometrning burchak koeffistienti; h_d - dinamik bosim, mm.suv.ust.

$$h_d = \frac{x_2 \cdot K_2 \cdot (\rho_{cn} - \rho_x)}{\rho_x}$$

bu erda x_2 - manometrning ko'rsatkichi, mm.spirt.us. ρ_x -havoning zichligi, kg/m³.

2. Havoning fiktiv tezligi aniqlanadi;

$$w = \frac{V_x}{F}$$

3. $\Delta P_x = f(w_0)$ va $H = f(w_0)$ grafiklari quriladi.
4. $\Delta P_x = f(w_0)$ grafikdan (vizual kuzatishlarning natijalarini hisobga olib) birincha w va ikkinchi w kritik tezliklar aniqlanadi.
5. Kritik tezliklarning (w_1, w_2) (6.8), (6.11) nazariy formulalar yordamida son qiymatlari topiladi.
6. Nazariy formula va tajriba yo'li bilan aniqlangan w_1 va w_2 ning qiymatlari solishtiriladi.

6-1 jadval.

Havoning hajmiy sarfi $V, m^3/s$	Havoning fiktiv tezligi $w_0, m/s$	Qatlamning gidravlik qarshiligi $\Delta P, Pa \cdot s$	Qatlamning balandligi, m.

Tekshirish uchun savollar

1. Mavhum qaynash qatlami. Uning afzalliklari va kamchiliklari.
2. Qatlamning gidravlik qarshiligi.
3. Mavhum qaynash turlari.
4. Mavhum qaynashning kritik tezliklari.

Qo'shimcha savollar

1. Ikki fazali oqimning gidrodinamikasi.
2. Qaysi texnologik jarayonlarda mavhum qaynash ishlatiladi?

6-LABORATORIYA ISHI: MARKAZDAN QOCHMA NASOSLARNING XARAKTERISTIKALARI.

Ishning nazariy asoslari

Suyuliqlarni gorizontal va vertikal trubalar orqali uzatish uchun mo'ljallangan gidravlik mashinalar nasoslar deyiladi. Trubalarning boshlang'ich va oxirgi nuqtalaridagi bosimlar farqi, trubalardan suyuqlikning oqishi uchun harakatlantiruvchi kuch hisoblanadi. Suyuqlik oqimining trubalardagi harakatlantiruvchi kuchi nasoslar yordamida hosil qilinadi. Nasos elektr dvigateldan olgan mexanik energiya suyuqlikning harakatlanayotgan oqim energiyasiga aylantiradi va bosimini oshiradi.

Nasoslar ishlash prinstipiga qarab quyidagi turlarga bo'linadi: parrakli yoki markazdan

qochma, xajmiy, uyurmaviy va o'qli bo'ladi. Parrakli yoki markazdan qochma nasoslarda markazdan qochma kuch, ishchi g'ildiragi aylanishida parraklarning suyuqlikka ta'sirida xosil bo'ladi. har qanday nasosning asosiy parametrlari, uning ish unumdorligi (m^3/s), napor N (m) va quvvati N (kVt) hisoblanadi. Nasosning massa birligiga ega bo'lgan suyuqlikka bergan solishtirma energiyasi napor N deb yuritiladi. Nasosning napori oqimning unga kirish va chiqishdagi solishtirma energiyalari ayirmasiga teng. Nasosning umumiy napori 1 kg suyuqlikni balandlikka ko'tarish uchun nasos xosil qiladigan energiya miqdori bilan o'lchanadi. Shuning uchun nasosning umumiy napori uzatilayotgan suyuqlikning zichligiga va solishtirma og'irligiga bog'lik bo'lmaydi.

Nasosning xosil qilgan umumiy napori quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$H = \frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot g} + H_r + h_{\text{ii}} \quad (5.1)$$

$$H = \frac{P_x - P_c}{\rho \cdot g} + H_0 + \frac{w_x^2 - w_c^2}{2} \quad (5.2)$$

agar, $w_x = w_c N_0$ kichik bo'lsa, u xolda

$$H = \frac{P_x - P_c}{\rho \cdot g} \quad \text{yoki} \quad H = \frac{P_{\text{MOH}} - P_{\text{GAK}}}{\rho \cdot g} + h \quad (5.3)$$

bu yerda R va R_I - uzatilayotgan va so'rib olinayotgan suyuqlik yuzasidagi bosimlar, N/m^2 ; N_g - suyuqlikning geometrik ko'tarilish balandligi, m; y - so'rish va xaydash trubalaridagi gidravlik qarshiliklar engish uchun sarflangan napor miqdori, m; R_c - suyuqlikning so'rish trubasidagi nasosga kirishidagi bosimi, N/m^2 ; R_x - suyuqlikning uzatish yoki haydash trubasidagi nasosdan chiqishdagi bosim, N/m^2 ; - suyuqlik bosimini ko'rsatuvchi manometr va vakuummetrga ulangan nuqtalar orasidagi vertikal masofa, m; w_x - haydash trubasidagi suyuqlikning tezligi, m/s; w_c - so'rish trubasidagi suyuqlikning tezligi.

Shunday qilib nasosning umumiy napori manometr va vakuummetrlar ko'rsatkichlarining yig'indisi bilan bu asboblardan ulangan nuqtalar ulangan vertikal masofaning (h) yig'indisiga teng.

Nasosning foydali quvvati N_f suyuqlik sarfi miqdori $\rho \cdot g \cdot$ ning solishtirma energiyaga ko'paytirilganiga teng:

$$N_\phi = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \quad (5.4)$$

nasos o'qidagi quvvat

$$N_y = \frac{N_\phi}{\eta_n} = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{\eta_n} \quad (5.5)$$

Dvigatel iste'mol qiladigan quvvat:

$$N_{\text{os}} = \frac{Q \cdot \rho \cdot g \cdot H}{1000 \cdot \eta_n} \quad (5.6)$$

Nasos qurilmalarini o'rnatish uchun zarur bo'lgan quvvat, dvigatel quvvatidan katta bo'ladi va ortiqcha midorda qabul qilinadi:

$$N_y = \beta \cdot N_{\text{os}} \quad (5.7)$$

bu erda β - quvvatning zaxira koeffitsienti bo'lib, qiymati dvigatelning nominal quvvatiga nisbatan topiladi; η_n - nasosning to'la foydali ish koeffitsienti.

$$\eta_n = \eta_v \cdot \eta_r \cdot \eta_{\text{Mex}} \quad (5.8)$$

bu erda $\eta_v = Q_x / Q$ - hajmiy foydali ish koeffitsienti, nasosning xaqiqiy unumdorligini, nazariy unumdorlikka nisbatini ko'rsatadi; η_r - gidravlik foydali ish koeffitsienti, xaqiqiy naporni nazariy naporga nisbatini ko'rsatadi; η_{Mex} - mexanik f.i.k., nasos mexanizmlaridagi ishalanishni engishga sarflanadigan quvvatning yo'qtilishini ko'rsatadi.

So'rish balandligi. Suyuqlik so'rib olinayotgan idishdagi bosim R_0 bilan yuqoriga uzatilayotgan idishdagi bosim R_s orasidagi farqi hosil bo'lganligi sababli suyuqlik ustunining metrlarda ifodalangan napori $R_0 - R_s / \rho g$ xosil bo'ladi. Bu bosimning bir qismi suyuqlikni so'rish trubasida N balandlikka ko'tarish uchun, qolgan qismi esa suyuqlikni w tezlik bilan harakatlanishiga yoki tezlik naporini hosil qilish uchun va so'rilayotgan suyuqlik yo'lida uchraydigan barcha qarshiliklar engishga sarflanadi.

Nasosning so'rish balandligi quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$H_c = \frac{P_1}{\rho \cdot g} - \left(\frac{P_c}{\rho \cdot g} + \frac{w_c^2 - w_1^2}{2g} + h_c \right) \quad (5.9)$$

So'rib olinayotgan idishdagi suyuqlikning harakat tezligi w nolga yaqinligini hisobga olsak, u xolda so'rish balandligi:

$$H_c = \frac{P_1}{\rho \cdot g} - \left(\frac{P_c}{\rho \cdot g} + \frac{w_c^2}{2g} + h_c \right) \quad (5.10)$$

Shunday qilib, nasosning so'rish balandligi so'rib olinayotgan idishdagi bosimning ortishi bilan kuchayib, uzatilayotgan idishdagi bosimning, xaydash trubasidagi suyuqlikning tezligi, xamda gidravlik qarshiliklar engish uchun ketgan napor miqdorlarini oqishi bilan kamayadi.

Markazdan qochma turdagi nasoslarda so'rish balandligini hisoblashda gidravlik va mahalliy qarshiliklar engish uchun ketgan sarflardan tashqari, kavitatsiya hodisasi ta'sirini xam inobatga olinishi lozim.

Nasos g'ildiragining tez aylanishida va issiq suyuqliklar markazdan qochma nasoslar yordamida uzatilganda kavitatsiya xodisasi yuz beradi. Bu vaqta nasosdagi suyuqlik tez bug'lanadi. Xosil bo'lgan suyuqlik bilan yuqori bosimli zonaga o'tib, tezda

kondensatsiyalanadi. Natijada nasos qobig'ida katta bo'shliq xosil bo'ladi, nasos qattiq silkinadi va taqillab ishlaydi. Agar nasos kavitatsiya rejimida ko'proq ishlasa, u tezda buziladi. Shuning uchun temperaturasi yuqori bo'lgan suyuqliklar uzatilayotganda, u qo'shimcha kavitatsion koeffitsient h_k bilan hisobga olinadi.

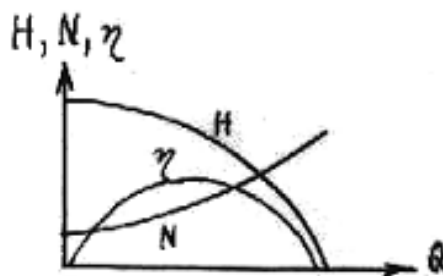
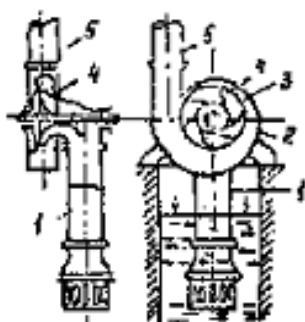
$$h_k = 0,019 \cdot \frac{(Q \cdot n^2)^{2/3}}{H} \quad (5.11)$$

bu erda Q - nasosning unumdorligi, m^3/s ; n - nasos valining aylanish tezligi, s^{-1} H - nasosning napori, m .

Markazdan qochma nasoslar (5.1 - rasm) spiralsimon qobiq ichida joylashgan parrakli ish g'ildiragining aylanishi natijasida xosil bo'lgan markazdan qochma kuch ta'sirida suyuqlik to'xtovsiz bir me'yorda so'riladi va uzatiladi. Suyuqlik atmosfera bosimi ta'sirida yig'gich rezervuardan kirish klapani orqali so'rish trubasidan nasosga kirib, ishchi g'ildiragining markaziy qismini to'ldiradi. Suyuqlik g'ildirak bilan birga aylanib, markazdan qochma kuch ta'sirida parraklar yordamida g'ildirakning markazidan chekkasiga otilib, spiralsimon qo'zgalmas kamerani to'ldiradi va xaydash trubasi orqali yuqoriga ko'tariladi.

Bu vaqta Bernulli tenglamasiga muvofiq suyuqlik oqimi kinetik energiyasining miqdori statik naporga aylanishi suyuqlik bosimini oshirishga muvaffaq bo'ladi. Ishchi g'ildiragiga suyuqlik kirayotgan qismida, vakuum vujudga keladi va suyuqlik so'rish trubasi yordamida to'xtovsiz yig'gich rezervuardan so'riladi. Shunday qilib, uzluksiz markazdan qochma kuch ta'sirida suyuqlikning nasos orqali o'tadigan uzluksiz oqimi vujudga keladi.

Markazdan qochma nasoslarning xosil qilgan bosimi ishchi g'ildiraklarning aylanish tezligiga bog'lik bo'ladi. Nasos ishga tushirilishidan avval so'rish trubasi, ishchi g'ildiragi va qobiq uzatilayotgan suyuqlik bilan to'ldiriladi. Agar, ishchi g'ildiragi bilan qobiq orasidagi bo'shliq bo'lsa, ishchi g'ildiragining aylanishi natijasida etarli vakuum hosil bo'lmaydi, ya'ni suyuqlik so'rish trubasi bo'ylab yuqoriga ko'tarilmaydi.



5.1-rasm. Markazdan qochma nasos. 1- so'rish trubasi; 2- ishchi g'ildiragi; 3- obi; 4- parraklar; 5- xaydash trubasi. 5.2-rasm. Markazdan qochma nasosning xarakteristika.

Nasosning ish unumdorligi, napori, iste'mol quvvati va ishchi g'ildirakning aylanish chastotasining o'zgarishiga bog'lik bo'ladi, ya'ni aylanish chastotasi n_1 dan n_2 ga o'zgarganda:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2}; \frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2; \frac{N_1}{N_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3; \quad (5.12)$$

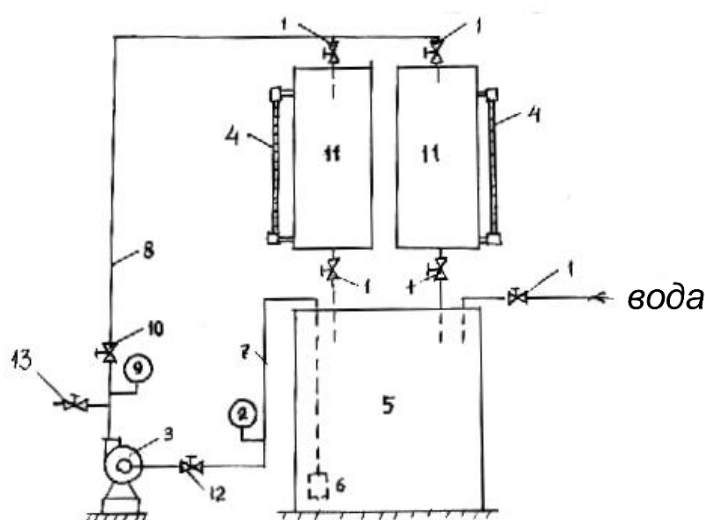
Ishchi g'ildirakning aylanish chastotasi n o'zgarmas bo'lganda, nasos ish unumdorligi Q , napori N , quvvati N va foydali ish koeffitsient η_n bilan o'zaro grafik usuldagi bog'liligi nasoslarning xarakteristikasi deb yuritiladi (5.2 – rasm).

Ushbu ishni o'tkazishdan maqsad, nasos urilmasini sinab nasosning asosiy parametrlarini aniqlashdir. Aniqlangan parametrlar asosida nasos ish g'ildiragining aylanishlar chastotasi o'zgarmas $n=const$ xolda $Q-N$, $Q-N$, $Q-\eta$ orasidagi bog'lanishlarni grafikda tasvirlab, nasosning xarakteristika quriladi.

Ishni bajarish tartibi

Markazdan qochma nasos o'zgaruvchan elektr toki bilan ishlaydigan elektrdvigatel bilan bir valga o'rnatilib, aylanishlar soni o'lchanib turiladi. Rezervuardagi so'rish trubasiga o'rnatilgan qaytarma klapan nasosni suyuqlik bilan to'ldirganda suyuqlikni so'rish trubasidan to'kilib ketmasligini ta'minlaydi.

Uzatish trubasiga manometr va suyuqlik miqdorini rostlovchi ventil o'rnatilgan. Uzatish trubasi orqali suyuqlik idishlarga uzatiladi. Har bir idishda suyuqlik sathini o'lchovchi shisha naychalar o'rnatilgan. Idishlardagi suyuqlik jo'mraklar orqali suyuqlik so'riladigan idishga beriladi. Ish unumdorligi 12 ventilni ochilishi bilan o'zgartiriladi. Nasos qurilmasini sinashga $Q-H$, $Q-H$, $Q-\eta$ orasidagi bog'lanishlarni aniqlashga kerak bo'ladigan



5.3-rasm. Laboratoriya nasos qurilmasining sxemasi.

1 – ventillar; 2 – vakuummetr; 3 – nasos; 4 – suyuqlik satxini o'lchovchi naycha; 5 – suyuqlik rezervuari; 6 - qayttariq klapan; 7 – so'rish trubasi; 8 – uzatish trubasi; 9 – manometr; 10, 12 - rostlovchi ventillar; 11 – suyuqlik baklari; 13 – ventil.

kattaliklar uzatilayotgan suyuqlikning miqdori, so'rish trubasidagi vakuum, uzatish trubasidagi bosim, dvigatel iste'mol qilayotgan kuchlanish aniqlanadi. Nasos qurilmasi ishlashi paytida bu kattaliklar, ya'ni uzatilayotgan suyuqlikning miqdori shisha naychasining ko'rsatkichlari buyicha, vaqt esa sekundomer bilan o'lchanib, hisoblash jadvaliga yoziladi. Uzatilayotgan suyuqlikning napori metr suv ustunida aniqlanadi:

$$H = P_m + P_{vak} + \frac{w_x^2 + w_c^2}{2 \cdot g} + h \quad (5.13)$$

bu erda R_m , R_{vak} - manometr va vakuummetrning metr suv ustunidagi ko'rsatkichi; w_s , w_x - so'rish va xaydash trubalaridagi suyuqlikning tezligi, m/s; h - vakuummetr va manometr oraliqlaridagi masofa, m.

So'rish va uzatish trubalarining diametri bir xil bo'lganligi uchun suyuqlik bu trubalarda bir xil tezlikda harakat qiladi, ya'ni $w_s = w_x$ Bu xolda

$$H = P_m + P_{vak} + h \quad (5.14)$$

Tajriba natijalarini hisoblash

Nasosning ish unumdorligi (m^3/c)

$$Q = \frac{Q_1}{1000 \cdot \tau} \quad (5.15)$$

bu erda Q_1 - suvning shisha naychasi bo'yicha o'lchangan miqdori, l; τ - vat birligi, s.

Nasosning iste'mol qiladigan quvvati, (kVt)

$$N = U \cdot I / 1000 \quad (5.16)$$

bu erda U – tok kuchlanishi, V; I - tok kuchi, A.

Nasosning foydali ish koeffisient ushbu tenglamadan aniqlanadi:

$$\eta = \frac{Q \cdot \rho \cdot g \cdot H}{1000 \cdot N} \quad (5.17)$$

bu erda Q - nasosning ish unumdorligi, m^3/s ; ρ - suyuqlik zichligi, kg/m^3 ; g – erkin tushish tezlanishi, m^2/s ; H - nasos umumiy napori, uzatilayotgan suyuqlikning metr ustunida .

Q-H, Q-N, Q- η funktsiya bog'liklik grafiklari, millimetrli qog'ozda chiziladi.

5-1 jadval

Aylanish lar soni, n, ayl/min	Vaqt birligi τ , s	Suvning miqdori, dm^3	Manometr ko'r- satgan bosim, P_m		Vakuom ko'rsat- gan siyrakla-nish		Umumiy napor, N, m	uv- vat N, kVt	Foydal anish koef. η , %
			kg/sm^2 yoki mm.sim . ustun	Mm.suv ustuni- da, N_m	$\text{kg}\cdot\text{k}/\text{sm}^2$ R_v	m. suv ustuni N_s			

Bir hil vaqt birligida uzatilayotgan suyuqlikning miqdori 3 marta o'lchanadi. 3 marta o'lchangan suyuqlikning o'rtacha miqdori hisoblash jadvaliga yoziladi.

Nazorat savollari

1. Nasoslar. Nasoslarning turlari.
2. Nasosning asosiy parametrlari: ish unumdorlik, iste'mol qiladigan quvvat, foydali ish koefitsient va so'rish balandligi.
3. Kavitastiya xodisasi.
4. Markazdan qochma nasosning tuzilishi va ishlash prinsipi.
5. Proporstionallik qonuni.
6. Markazdan qochma nasoslarning xarakteristikalari.

7-LABORATORIYA ISHI: FILTRLASH DOIMIYSINI ANIQLASH.

Ishning nazariy asoslari

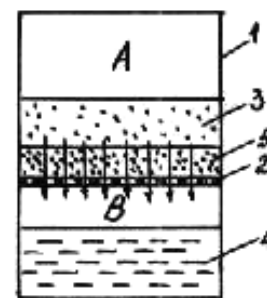
Suspenziya va changli gazlarni filtr to'siqlar orqali o'tkazib tozalash jarayoni filtrlash deyiladi.

Filtr to'siqlar qattiq zarrachalarni ushlab olib suyuqlik yoki gazni o'tkazib yuborish qobiliyatiga ega.

Filtr to'siqlar yoki filtr sifatida mayda teshikli to'rlar, turli gazlamalar, sochiluvchan materiallar, keramik buyumlar va boshqalar ishlatiladi. Filtr sifatida paxta, yung va sintetik gazlamalardan tayyorlangan materiallar ham ishlatiladi.

Suspenziya va chang gazlarni mayda qattiq zarrachalardan tozalash jarayoni filtr qurilmalarida olib boriladi. Filtr qurilmalarining asosiy qismlari quyidagilardan iborat (7.1-rasm).

Filtr to'siqlari qurilmaning xajmini ikki bo'lakka ajratib turadi (A va B). Yuqoridagi A hajm filtrlash lozim bo'lgan suyuqlik bilan to'ldiriladi, quyidagi B esa, hajm tozalangan suyuqlik, ya'ni filtrdan iborat bo'ladi.



7.1. rasm. Filtr qurilmasi. 1 - фильтр; 2 - фильтр тусиклар; 3 - чуқма; 4 - суспензия; 5 - филтрат.

Filtrlash jarayonida gidrodinamikaning aralashgan ikki sharti bajariladi, ya'ni avval filtr to'qimalarida qattiq zarrachalarni cho'kma hosil bo'lishida gidrodinamikaning tashqi vazifasi, suyuqlikning hosil bo'lgan cho'kma holdagi qattiq zarrachalarning qatlami, hamda cho'kma orasidagi kapillyarlaridan va filtr to'qimalaridan o'tishida gidrodinamikaning ichki vazifasi namoyon bo'ladi. Suspenziya A bo'lakdagi hajmdan B hajmga o'tishida, ya'ni filtratning hosil bo'lishida, tozalanayotgan suyuqlik bir qator gidravlik qarshiliklarga duch keladi, ya'ni dispers fazaning suyuqlik xarakteriga asosiy to'sqinlik qiluvchi hosil bo'lgan cho'kmaning, hamda filtr to'siqlarining qarshiliklarini engib o'tadi.

Filtrlash jarayonining xarakatlantiruvchi kuchi A va B bo'laklarni hajmlardagi bosimlarning farqi ΔR teng bo'ladi ya'ni

$$\Delta P = P_1 - P_2 \quad (7.1)$$

bu erda R_1 -A bo'lak xajmdagi suyuqlik ustidagi absolyut bosim, N/m^2 ; R_2 - B bo'lak xajmdagi yig'ilgan filtratdagi absolyut bosim, N/m^2 .

Filtrlash jarayonida vaqtinng o'tishi bilan filtr to'qimalarining yuza qismida cho'kma xosil bo'lib, cho'kma qatlamining balandligi oshib boradi.

Hosil bo'lgan cho'kma balandligi o'zgarmas ko'ndalang kesim filtr qurilmasi, ya'ni filtr to'qimasidagi cho'kmaning xajmini belgilaydi. Cho'kmaning ortib borishi natijasida suspenziya asosan cho'kma qatlamidan o'tib, filtr to'qimalar esa, filtr vazifasini bajarmay qo'yadi. Bu vaqtda filtrlash jarayonida asosiy gidravlik qarshilik cho'kmaning qarshiligi bilan belgilanadi.

Filtr $\Delta R > R_4$ bo'lganda normal ishlaydi. qatlamning ortib borishida cho'kmaning gidravlik qarshiligi ΔR_4 ko'payib, vaqt o'tishi davomida A va V bo'lak xajmlari orasidagi bosimlar farqi ΔR cho'kma xajmining gidravlik qarshiligiga ΔR teng bo'lib qoladi.

$$\Delta P = \Delta P_2 \quad (7.2)$$

Bu vaqtda filtrlash prostessi to'xtatilib, filtr to'qimalari yuzasidagi cho'kma tozalab olinadi. Filtr to'qima kapillyarlaridagi olgan cho'kmalar tozalab olish uchun suv bilan yuviladi yoki havo bilan puflanadi va filtr qurilmasida qaytadan ishlatiladi.

Shunday qilib filtrlash jarayonining asosiy xarakteristikasi quyidagilardan iborat:

1. Jarayonning xarakatlantiruvchi kuchi

$$\Delta P = P_1 - P_2$$

2. Suspenziyaning filtrlash tezligi

$$dV/S \cdot d\tau, \quad m^3/m^2 \cdot c \quad (7.3)$$

bu erda V - olingan filtratning hajmiy miqdori, m^3 ; τ -jarayonning davomiyligi, s; S - filtr to'qimalarining ko'ndalang kesimi, m^2

3. Jarayonning gidravlik qarshiligi ΔR_k .

Filtrlash tezligi $\frac{dV}{S \cdot d\tau}$ jarayonning xarakatlantiruvchi kuchiga ΔR to'g'ri va gidravlik qarshiligiga ΔR_k teskari proporsionaldir.

$$\frac{dV}{S \cdot d\tau} = \frac{\Delta P}{\Delta P_k} \quad (7.4)$$

yoki

$$\frac{dV}{S \cdot d\tau} = \frac{\Delta P}{\mu \cdot (R_u + R_{\phi.m.})} \quad (7.5)$$

bu erda R_{ch} - cho'kma qatlamining qarshiligi cho'kmaning hajm miqdori va cho'kmaning xajm jihatdan olingan solishtirma qarshiligi r_0 bilan aniqlanadi; μ suspenziyaning qovushoqligi; $R_{f.t.}$ - filtr to'qimalarining qarshiligi. Filtrda xosil bo'lgan cho'kmaning miqdori filtrat xajmi va uning tarkibidagi qattiq moddalarning konsentrastiya miqdori x_0 bilan aniqlanadi. Bu vaqtda cho'kmaning hajmi quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$x_0 \cdot V = h_r \cdot S \quad (7.6)$$

bu erda h_{ch} - cho'kma qatlamining balandligi, m; S - filtr qurilmasining ko'ndalang kesimi, m^2 ;

Cho'kma qatlamining qarshiligi quyidagicha aniqlanadi:

$$R_r = r_0 \cdot h_r = r_0 \cdot x_0 \cdot \frac{V}{S} \quad (7.7)$$

(7.7) tenglikdagi R_r ning qiymatini (7.5) tenglamaga qo'yib quyidagi ifodaga erishamiz:

$$\frac{dV}{S \cdot d\tau} = \frac{\Delta P}{\mu \cdot \left(r_0 \cdot x_0 \cdot \frac{V}{S} + R_{\phi.m.} \right)} \quad (7.8)$$

Bu tenglik filtrlash jarayonining asosiy tenglamasi deyiladi.

Cho'kma qatlamining qarshiligiga nisbatan filtr to'siqlarining qarshiligi juda xam kichkina qiymat bo'lganligi uchun, uni hisobga olmasak, u holda filtrlashning differensial tenglamasi quyidagi holda bo'ladi:

$$\frac{dV}{S \cdot d\tau} = \frac{\Delta P \cdot S}{\mu \cdot r_0 \cdot x_0 \cdot V} \quad (7.9)$$

yoki

$$\frac{dV}{d\tau} = \frac{\Delta P \cdot S^2}{\mu \cdot r_0 \cdot x_0 \cdot V} \quad (7.10)$$

Kimiyo va oziq-ovqat sanoatida filtrastiya jarayoni uch xil rejimda olib boriladi.

1. $\Delta R = \text{const}$. Bosimlar farqi o'zgarmas bo'lganda, filtrlash tezligi kamayib boradi. Bu rejimda siqilgan havo yordamida filtr bilan cho'kma ostida doimiy o'zgarmas bosim xosil qilinib turiladi va filtr

ochiq bo'lib, filtrat vakuum yordamida tortib olinadi.

2. $W = \text{const}$ filtrlash tezligi o'zgarmas bo'lishi uchun bosimlar farqini oshirish kerak. Bu rejimda ishlaydigan filtrlarga suspenziya porshenli nasoslar yordamida beriladi.

3. Bir vaqtning o'zida bosim va filtrlash tezligi o'zgarib turadi. Bu rejimda ishlaydigan filtrlarga suspenziya vakuum nasos yordamida beriladi.

Agar (7.10) tenglamani bosimlar farqi o'zgarmas rejimda ishlaydigan $\Delta R = \text{const}$ filtrlash uchun integrallasak, quyidagi ifodaga erishiladi:

$$\int_0^V V dV = \frac{\Delta P \cdot S^2}{\mu \cdot r_0 \cdot x_0} \quad (7.11)$$

$$\frac{V^2}{2} = \frac{\Delta P \cdot F}{\mu \cdot r_0 \cdot x_0} \cdot \tau \quad (7.12)$$

$$V = F \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta P \cdot \tau}{\mu \cdot r_0 \cdot x_0}} \quad (7.13)$$

(7.13) tenglama oraliq vaqt davomida olingan filtratning hajmini, filtr qurilmasining unumdorligini aniqlash mumkin. Xuddi shuningdek, filtrlash vaqtini xar qanday rejim uchun topish mumkin. Bu tenglamadan ko'rinib turibdiki, bosimlar farqi o'zgarmas bo'lganda, filtrlash vaqti ancha ko'p bo'lsa, shuncha ko'p filtrat olinadi.

(7.13) tenglamadagi bosimlar farqi ΔP suspenziyaning qovushoqligi, cho'kmaning solishtirma qarshiligi μ , cho'kma va filtrat hajmlarining nisbati faqat tajriba orqali aniqlanadi. Shu sababli, bularning o'zaro bog'liqligi filtrlash doimiyligi K orqali ifodalanadi:

$$K = \frac{\Delta P}{\mu \cdot r_0 \cdot x_0} \quad (7.14)$$

Filtrlash doimiyligi bosimlar farqi, cho'kmaning fizik tarkibi va suspenziyaning

qovushoqligini hisobga olinadi.

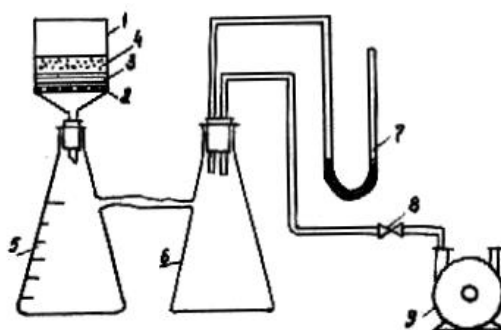
Xuddi shuningdek filtr to'siqlarining gidravlik qarshiligini, xam filtrlash doimiyligi S bilan belgilash mumkin:

$$C = \frac{R_{\phi.m.}}{r_0 \cdot x_0} \quad (7.15)$$

Filtr to'siq va filtrlash doimiylarining qiymatlarini (7.8) tenglamaga qo'ysak, quyidagi ko'rinishga keladi:

$$V^2 + 2 \cdot V \cdot c = K \cdot \tau \quad (7.16)$$

Ushbu ishni o'tkazishdan maqsad, filtrda cho'kmaning hosil bo'lishida filrlash doimiyligini aniqlash. 7.2-rasmda filrlash doimiyligini aniqlash uchun laboratoriya qurilmasi tasvirlangan.



7.2-rasm. Laboratoriya urilmasi.

1-voronka; 2-nutch filtrning tag qismi; 3-filtrlash to'sig'i; 4-cho'kma; 5-vakuumnasosga ulangan filtrat yig'iladigan idish; 6-oraliq idish; 7-vakuumni o'lchovchi simobli manometr; 8-vakuum miqdorini rostlovchi kran; 9-vakuumnasos.

Ishni bajarish tartibi

1. Berilgan konstentrastiya buyicha suspenziya tayyorlanadi.
2. Laborant ishtirokida laboratoriya tajriba qurilmasining xolati tekshiriladi.
3. Filtrlash uchun suspenziya nutch-filtrga quyiladi. Laborant ishtirokida vakuum-nasos ishga tushirilib, yig'gichda vakuum hosil kilinadi. Vakuum-biror qurilmaning atmosfera bosimidan past bosimda ishlashni ko'rsatadi. Vakuumning miqdori U-simon manometr bilan aniqlanadi. Yig'gichdagi to'la absolyut bosim atmosfera va vakuum bosimlar orasidagi farqqa teng bo'ladi.
4. O'zgarmas bir xil vaqt birligida filtrlangan filtratning xajmi aniqlanadi.
5. Filtrning yuzasi aniqlanadi.
6. Kuzatish tajriba birliklari jadvaldan yoziladi va hisoblanadi.
7. Tajriba asosida $\Delta\tau/\Delta q - q$ orasidagi bog'lanish grafigi chiziladi.
8. Filtrlash doimiyligi K hisoblanadi.

Tajriba ko'rsatkichlarini xisoblash

Filtrlash davomida cho'kmaning hosil bo'lishida filtrlash doimiyligi aniqlanadi. Ushbu filtrda filtrlash doimiyligi o'zgarmas kattalik bo'lib, filtrlash rejimini, cho'kmaning, xamda eritmaning fizik-kimyoviy xususiyatlarini hisobga oladi, filtrlash differensial tenglamasi oraliq aniqlanadi:

$$\frac{dV}{d\tau} = \frac{\Delta P \cdot S^2}{\mu \cdot r_0 \cdot x_0 \cdot V}$$

Ifodada V - filtrning unumdorligi τ vaqt ichida oqib o'tgan filtratning xajm miqdori, m^3 ; τ - filtrlash vaqti, s ; ΔR - filtrlashdagi bosimlarning farqi, N/m^2 ; S - filtrning umumiy yuzasi, m^2 ; μ - suyuqlikning qovushoqligi, $N \cdot s/m^2$; $x_0 = V_2/V$ cho'kma hajmining V_4 filtrat xajmiga V_4 ga nisbati; r_0 - cho'kmaning solishtirma qarshiligi.

Agar $S = 1 m^2$ deb qabul qilinsa:

$$dV/d\tau = \Delta P / \mu \cdot r_0 \cdot x_0 \quad (7.17)$$

Filtrlash jarayoni o'zgarmas bosimlar farqida olib borilganligi uchun ya'ni $\Delta R = \text{const}$ da K' ning miqdori:

$$\Delta P / \mu \cdot r_0 \cdot x_0 = K'$$

(7.18) tenglamani K bilan ifodalasak, u olda (7.17) tenglama quyidagicha ifodalanadi:

$$\frac{dV'}{d\tau} = \frac{K'}{V} \quad \text{yoki} \quad V \cdot dV = K' \cdot d\tau \quad (7.18)$$

(7.12) integrallab quyidagi ifodani olinadi:

$$\frac{V^2}{2} = K' \cdot \tau \quad \text{yoki} \quad V^2 = 2 \cdot K' \cdot \tau \quad (7.19)$$

ifodada K – filtrlash doimiyligi. Filtrlash tezligini shu moment vaqt ichida aniqlash uchun (7.19) tenglamani differensiallab, xaqiqiy filtrlash tezligini topamiz, ya'ni

$$2 \cdot V \cdot dV = K' \cdot d\tau \quad (7.20)$$

hosil bo'lgan ifodadan filtrlash doimiyligini aniqlash uchun quyidagicha yozish mumkin:

$$\frac{dV}{d\tau} = \frac{K}{2 \cdot V} \quad (7.21)$$

Hisoblashni qulaylashtirish uchun (7.21) ifodani quyidagicha tasvirlash mumkin:

$$\frac{\Delta \tau}{\Delta q} = \frac{2}{K} \cdot q \quad (7.22)$$

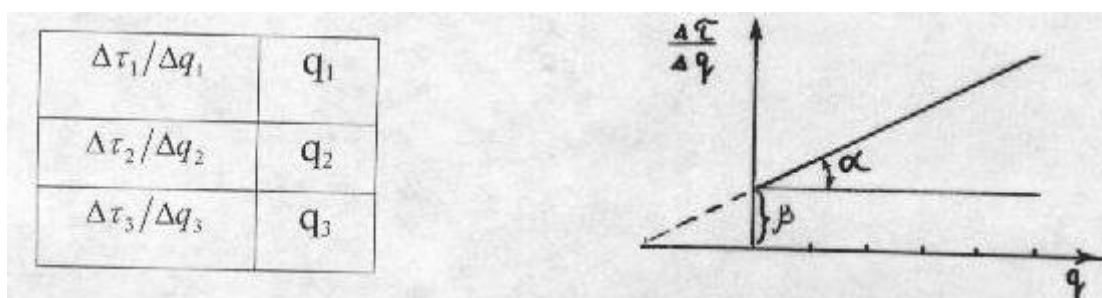
ifodada $q = V/S$ - filtrning solishtirma unumdorligi, m^3/m^2 ; $\Delta \tau / \Delta q = f(q)$ filtrlash

tezligining teskari qiymatiga to'g'ri kelgan miqdor: (7.22) tenglamani koordinat o'qlarida $\Delta\tau/\Delta q - q$ bog'lanish orqali ifodalanganda, grafikda to'g'ri chiziq hosil bo'lib, uning og'ma tangens burchagining $\text{tg} = 2/K$ qiymati filtrlash doimiyligiga teng bo'ladi.

7-1 jadval

Filtratning umumiy hajm midori V, m^3	O'lchov vaqtlar orasidagi farq τ, s	Filtratxajm miqdorini ng vaqt birligida ortishi $\Delta V, \text{cm}^3$	Filtrat hajm midorining filtrat yuzasiga nisbati $\Delta q = \frac{\Delta V}{S}$ $\text{sm}^3/\text{sm}^2 = \text{s}$ m	$\Delta\tau/\Delta q$ ning nisbati s/sm	Filtr yuzasi- S, sm^2	Umumiy filtrat hajm miqdori V, sm^3
Olingan kattaliklarning SI sistemada ifodalanishi						
m^3	s	m^3	m	s/m	m^2	m^3

7-2 jadvaldan $\Delta\tau/\Delta q$ va q ga to'g'ri kelgan olinib koordinat o'qlariga grafik quriladi.



Grafikda hosil bo'lgan to'g'ri chiziq uspenziyani filtrlash jarayonini ifodalaydi. To'g'ri chiziqdan tangens og'ish burchagining qiymatini aniqlab, undan $\text{tg} \alpha = 2/K$ ifoda orqali filtrlash doimiyligi K ni aniqlaymiz. Filtr to'siqlarining o'zgarmas qarshiligining miqdorini aniqlash uchun, ordinata o'qi bilan filtrlash jarayoni chizig'i bilan kesishgan kesma aniqlanadi. Bu kesmaning miqdori $V = 2s/K$ ga teng bo'ladi. Bu ifodadan o'zgarmas kattalik "S" ning miqdori aniqlanadi.

NAZORAT SAVOLLARI

1. Filtrlash jarayonning fizik mohiyati.
2. Filtrlash jarayonining qarshiligi va xarakatlantiruvchi kuchi.
3. $P = \text{sonst}$ bo'lgan xolatda filtrastiya tenglamasi.
4. Filtrlar konstrukstiyalari, ishlash prinsipi, solishtirish xarakteristikalari.
5. Suspenziyalarni markazdan qochma kuch ta'sirida ajratish.
6. Gaz aralashmalarini filtrlar vositasida tozalash.

8-LABORATORIYA ISHI: "TRUBA ICHIDA TRUBA TIPIDAGI" ISITGICHDAGI ISSIQLIK BERISH KOEFFITSENTINI ANIQLASH.

Ishning nazariy asoslari

Ko'pchilik texnologik jarayonlarning intensivligi, isitish yoki sovitish jarayonini qanday amalga oshirilayotganiga bog'liq.

Issiqlik jarayonlari - temperaturalar farqi mavjud bo'lganda, temperaturasi yuqori bir jismdan temperaturasi past ikkinchi jismga issiqlikning o'tishidir.

Bunday jarayonlar issiqlik almashinish qurilmalaridan amalga oshiriladi. Issiqlik almashinish jarayonlarida qatnashuvchi suyuqliklar issiqlik tashuvchi agentlar deb ataladi. Yuqori temperaturaga ega bo'lib, o'zidan issiqlikni temperaturasi past muhitga beruvchi suyuqliklar isituvchi agentlar deyiladi. Sovutilayotgan muhitga nisbatan past temperaturaga ega bo'lgan va o'ziga muhitdan issiqlikni oluvchi suyuqliklar sovutuvchi agentlar deb ataladi.

Issiqlik tashuvchi agentlardan sovutuvchi agentlarga issiqlik taralishining asosan uchta turi bor:

1. Issiqlik o'tkazuvchanlik (kondukstiya);
2. Konvekstiya;
3. Issiqlikning nurlanishi.

Bir-biriga tegib turgan kichik zarrachalarning tartibsiz harakati natijasida yuz beradigan issiqlikning o'tish jarayoni issiqlik o'tkazuvchanlik deyiladi.

Issiqlik o'tkazuvchanlik yo'li bilan uzatilayotgan issiqlik miqdori Fure qonuniga binoan topiladi:

$$dQ = -\lambda \cdot \frac{dt}{dn} \cdot dF \cdot d\tau \quad (8.1)$$

Gaz yoki suyuqliklarda makroskopik hajmlarning harakati va ularni aralastirish natijasida yuz beradigan issiqlikning tarqalishi konvekstiya deb ataladi. Konvekstiya ikki xil

buladi. Gaz yoki suyuqliklarning har xil qismlaridagi zichliklarning farqi natijasida hosil bo'ladigan issiqlikning almashinishi tabiiy yoki erkin konvekstiya deyiladi. Tashqi kuchlar ta'sirida (nasoslar yordamida uzatish, mexanik aralashtirgichlar bilan aralashtirish paytida) majburiy konvekstiya hosil bo'ladi.

Issiqlik tashuvchi agentlar trubaning devoriga yoki trubaning devoridan sovituvchi agentga issiqlikning o'tishiga issiqlik berish deyiladi va u Nyutonning sovutish qonuniga binoan aniqlanadi:

$$Q = \alpha \cdot F \cdot (t_d - t_e) \quad (8.2)$$

ya'ni, τ vaqt ichida o'tayotgan issiqlik miqdori devor yuzasi va muhit temperaturalarining farqiga ($t_d - t_e$), hamda jarayonning davomiyligiga to'g'ri proporsionaldir.

Hozirgi paytda konvektiv issiqlik almashinish jarayonlarini tezlatishni bir necha xil usullari o'rganilgan va yangi qurilmalarda (isitgichlarda) ullanishga tavsiya etilgan.

Bir fazali suyuqliklarning truba ichida oqib o'tayotganda quyidagi usullar bilan issiqlik almashinishni tezlatish mumkin: sun'iy yo'l bilan truba yuzasida turbulizatorlar, g'adir - budurliklar va qirralar hosil qilish, spiralsimon qirralar yordamida oqimga aylanma harakat berish, shnekli va oqimga to'liqsimon yo'nalish beruvchi moslamalar yordamida amalga oshiriladi.

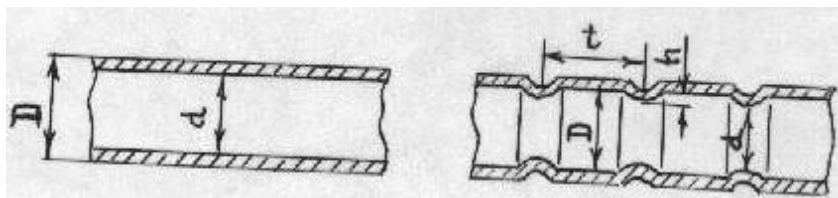
Bug'larni kondensatsiyalash jarayonida esa, kondensat yupqa qatlamni turbulizator yoki qirralar yordamida buzish, maxsus qurilma orqali tomchi-simon kondensastiya hosil qilish, oqimga yoki issiqlik almashinish yuzasiga aylanma xarakat berish usullari yordamida issiqlik jarayonini tezlatish mumkin.

Shuni ta'kidlash kerakki, issiqlik almashinish jarayonini u yoki bu usul bilan tezlatish, faqat truba yuzasining samaradorlik ko'rsatkichi etarli emas. Shuning uchun, issiqlik almashinish qurilmalarini yig'ish texnologiyasi, mustahkamligi, truba yuzasining ifloslanish darajasi, foydalanish xususiyatlari va xokazo ko'rsatkichlarga xam axamiyat berish kerak.

Yuqorida aytib o'tilgan ko'rsatkichlar, tezlatish usulini tanlash ko'lamini kamaytiradi, chunki texnologik qulaylik, mustahkamlik va qurilmalarning foydalanish paytidagi qulayliklar asosiy mezonlardir.

Hozirgi paytda oqimni sun'iy ravishda turbulizastiya qilish usullari bilan konvektiv issiqlik almashinishni tezlatish eng samarador usul deb tan olingan.

Bu usullardan qulay va samaraligi dumalatib zichlash orqali trubalarda sun'iy g'adir-budurliklar hosil qilishdir (8.1b - rasm).



8.1-rasm. Silliq (a) va ko'ndalang ariqchali(b)

trubalarning bo'ylama kesimlari tasvirlangan.

Issiqlik berish koeffitsienti α devorning 1 m² yuzasidan suyuqlikka 1s vaqtichida, devor va suyuqliklar farqi 1⁰S bo'lganda, berilgan issiqlik miqdorini bildiradi va u quyidagi o'lchov birligiga ega.

$$[\alpha] = \frac{Q}{F \cdot \tau \cdot (t_o - t_e)} = \frac{\mathcal{K}}{M^2 \cdot c \cdot K} = \frac{Bm}{M^2 \cdot K} \quad (8.3)$$

Proporstionallik koeffitsienti α devor yuzasidan atrof muhitga yoki aksincha atrof muhitdan devorga issiqlik o'tishi intensivligini xarakterlaydi. Issiqlik berish koeffitsienti ko'pchilik faktorlarga: oqimning tezligiga w va zichligiga ρ , uning qovushoqligi μ , muhit issiqlik va fizik xossalarga, issiqlik sigrimi c , issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti λ , suyuqlikning hajmiy kengayish koeffitsienti β , devorning shakli, o'lchami va uning g'adirbudurligiga ε bog'lik, ya'ni:

$$\alpha = f(w, \mu, \rho, c, \lambda, \beta, \alpha, l, \varepsilon) \quad (8.4)$$

Issiqlik berish koeffitsienti α ko'pchilik faktorlarning funktsiyasi bo'lganligi uchun, bu koeffitsientni Nusseltning kriterial tenglamasidan topish mumkin:

$$Nu = \frac{\alpha \cdot l}{\lambda} \quad (8.5)$$

Nu - Nusselt kriteriyasi devor va oqim chegarasida issiqlikning o'tish tezligini xarakterlaydi; l - aniqlovchi geometrik o'lcham (trubalar uchun uning diametri), m; λ - muhitning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti, Wt/(mK).

Konvektiv issiqlik almashinishning kriterial tenglamasi umumiy holda quyidagi ko'rinishga ega:

$$Nu = f(Re, Gr, Pr, Fo, Pe...) \quad (8.6)$$

Dumalatib zichlash usuli bilan olingan trubalar uchun issiqlik almashinish tezligi quyidagi ko'rsatkichlarga bog'lik:

$$Nu = f\left(Re, Pr, \Psi, \frac{h}{D}, \frac{d}{D}, \frac{t}{D}\right) \quad (8.7)$$

bu erda $\psi = t_d/t_s$ - temperatura faktori; h/D - dumalatib zichlashning o'lchovsiz chuqurligi; d/D - dumalatib zichlashning o'lchovsiz diametri; t/D - dumalatib zichlashning o'lchovsiz qadami.

Bug'larni silliq trubali qurilmalarda kondensastiyalash paytida, bug' tarkibiga havo qushilib olsa, issiqlik almashinish tezligi keskin ravishda kamayib ketadi. Lekin, kondensatorlardagi silliq trubalar, dumalatib zichlash usuli bilan olingan trubalar bilan almashtirilsa, issiqlik almashinish tezlashadi va bu jarayon ushbu funktsiya orqali ifodalanadi:

$$Nu = f\left(\text{Re}, \text{Re}_{nt}, \varepsilon, \frac{h}{D}, \frac{d}{D}, \frac{t}{D}, \frac{t}{D}, P\right) \quad (8.8)$$

bu erda $\varepsilon = (G_x/G_b)$ - xavo bug aralashmasidagi havoning miqdori, %;

G_x - havoning sarfi, kg/s; G_b - bug'ning sarfi, kg/s; P - qurilmadagi bosim, Pa; Re_{pl} - kondensat yupqa qatlami oqimining Reynolds soni. Pe - Pekle kriteriysi, jarayonning gidrodinamik sharoiti va muhitning hossalari belgilaydi.

$$Pe = \frac{w \cdot l}{\alpha}; \quad \alpha = \frac{\lambda}{c \cdot \rho} \quad (8.9)$$

bu erda a - temperatura o'tkazuvchanlik koeffitsienti, m^2/s ; Pr - Prandtl kriteriysi suyuqlikning qovushqoqlik va temperatura o'tkazuvchanlik xossalari nisbatini ifodalaydi.

$$Pr = \frac{Pe}{\text{Re}} = \frac{w \cdot l}{a} : \frac{w \cdot l}{\nu} = \frac{\nu}{a} \quad (8.10)$$

Reynolds kriteriysi oqimdagi inersiya va ishalanish kuchlari nisbatini aniqlaydi.

$$\text{Re} = \frac{w \cdot d \cdot \rho}{\mu} = \frac{w \cdot d}{\nu} \quad (8.11)$$

Fure kriteriysi noturg'un issiqlik jarayonlarida temperatura maydonining o'zgarish tezligi - muhitning o'lchami vaqt va fizik kattaligi - o'rtasidagi bog'lilqarni belgilaydi

$$Fo = \frac{a \cdot \tau}{l^2} \quad (8.12)$$

Grasof kriteriysi erkin konvektsiya paytida issiq va sovuq suyuqlik zichliklarining farqi ta'sirida hosil bo'lgan oqimning gidrodinamik rejimini ifodalaydi

$$Gr = \frac{g \cdot l^3}{\nu^2} \cdot \beta \cdot \Delta t \quad (8.13)$$

bu erda β - hajmiy kengayish koeffitsienti, $1/\text{K}$; Δt - devor va atrof muhit orasidagi temperaturalar farqi.

Issiqlik o'tkazishning har qanday xolati uchun alohida kriterial tenglama mavjud.

Shunday qilib, oqimning xar bir rejimi alohida kriterial tenglama bilan ifodalanadi. Turbulent rejimda

$$Nu = 0,023 \cdot \text{Re}^{0,8} \cdot \text{Pr}^{0,43} \cdot \left(\frac{\text{Pr}_c}{\text{Pr}_g}\right)^{0,25} \quad (8.14)$$

Laminar rejimda:

$$Nu = 0,17 \cdot Re^{0,33} \cdot Pr^{0,43} \cdot Gr^{0,1} \cdot \left(\frac{Pr_c}{Pr_g} \right)^{0,25} \quad (8.15)$$

bu erda Pr_s – suyuqlikning o'rtacha temperaturasida hisoblanadi; Pr_d - devorning o'rtacha temperaturasida hisoblanadi.

Dumalatib zichlangan trubalar ichida bir fazali suyuqliklar yoki gazlar oqib o'tganda, o'rtacha issiqlik berish quyidagi kriterial tenglamadan aniqlanadi:

$$Nu = A \cdot Nu_{ct} \quad (8.16)$$

bunda

$$Fo = \frac{a \cdot \tau}{l^2} \quad (8.17)$$

bu erda Nu_{sl} - silliq truba uchun ushbu formuladan topiladi:

$$Nu_{ct} = 0,0207 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,443} \quad (8.18)$$

(8.16) formuladan va $Re \geq 10^4$ bo'lgan oraliqda foydalanish mumkin. Isituvchi agentlar uchun issiqlik berish koeffitsientining oraliqda issiqlik berish koeffitsientining qiymati quyidagicha o'zgarishi mumkin:

Isitib yoki sovutilayotganda α , $Vt/m^2 \cdot K$

1. Havo uchun	1,16 - 58
2. Yog'lar uchun	58,0 - 1740
3. Suv uchun	232 - 11600
4. O'ta qizdirilgan suv bug'i uchun	23,2 - 116
5. Qaynayotgan suv uchun	2580 - 52200
6. Plyonkasimon kondensastiyalanayotgan bug' uchun	4640 - 17400
7. Organik moddalar bug'ining	580 - 2320
8. Plyonkasimon kondensastiyalanayotgan ekstrakstion benzin-havo bug'ining kondensastiyalanishi uchun	500 - 2000

Kondensastiyalanayotgan bug'ning issiqlik berish koeffitsienti kondensastiyalanish kriteriysi orqali xisobga olinadi:

$$K = \frac{r}{C_p \cdot \Delta t} \quad (8.19)$$

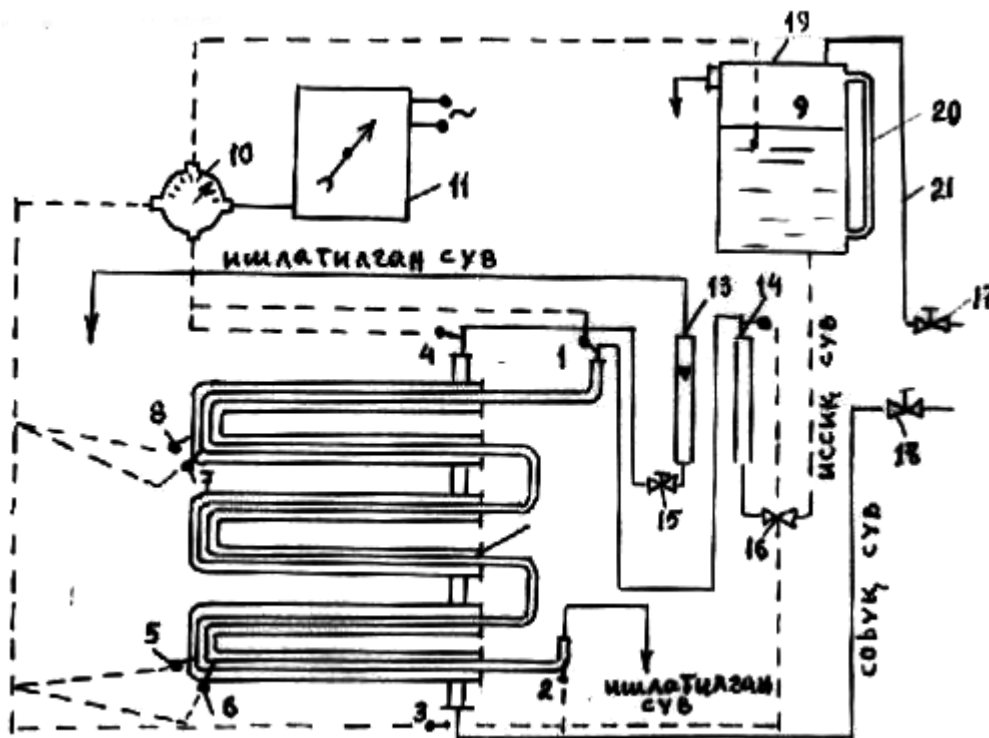
bu erda r – bug'lanish issiqligi, J/kg.

Kondensastiyalanish kriteriysi K isituvchi agentning agregat xolatining o'zgarishini xarakterlaydi. r va C_r lar isituvchi agentning o'rtacha temperaturasida berilgan (ilovadagi 8-jadvaldan) aniqlanadi.

Ish o'tkazishdan maqsad - isituvchi agentdan trubaning devoriga yoki trubaning devoriga yoki trubaning devoridan sovutuvchi agentga issiqlik o'tganda issiqlik berish koeffitsientlarini aniqlash.

Ishning bajarish tartibi

8.2 - rasmda eksperimental qurilma sxemasi tasvirlangan. Qurilma naporli bak 19, "truba



ichidagi truba" tipidagi issiqlik almashinish qurilmadan 12 va suv sarfini o'lchovchi asboblardan iborat. Isituvchi agent sifatida issiq suv ishlatiladi va u issiqlik almashinish qurilma trubasining ichki qismida yo'naltiriladi. Sovutuvchi agent sifatida sovuq suv ishlatilib, u trubalar va qurilmaning ichki devori oralig'idagi bo'shliqda xarakat qiladi. Issiqlik almashinish qurilmasida issiq va

sovuq suv suvlar o'zaro qarama-arshi yo'nalishda xarakat qiladi.

Sovuq va issiq suvlarning sarfi rotametrlar (13, 14) yordamida o'lchanadi.

Temperatura termoparalar yordamida o'lchanadi va ularning tartib nomeri 8-1 jadvalda berilgan.

8.2 - rasm. Labratoriya qurilmasining sxemasi.

1-9 termoparalar; 10 - termoparalarni potensiometrqa ulaydigan qurilma, 11 - potensiometr, 12 - Issiqlik almashinish qurilmasi; 13,14 - suv sarfini o'lchaydigan RS rotametri; 15-18 - suv sarfini rostlovchi moslamalar, 19 - bosim xosil qiluvchi idish; 20 - suv balandligini ko'rsatuvchi naycha, 21 - issiq suv

beriladigan truba.

8.1-jadval.

Termoparalar nomeri	O'lchanayotgan temperatura	Belgilanishi
1	Issiq suv qurilmaga kirishdan oldin	t_1
2	Issiq suv qurilmaga kirishdan oldin	t_2
3	Sovuk suv qurilmaga kirishdan oldin	t_3
4	Sovuk suv qurilmaga kirishdan oldin	t_4
5	Ichki devor atrofidagi suvning temperaturasi	t_5
6	Kichik trubaning ichki devorning temperaturasi	t_6
7	Kichik trubaning tashqi devorining temperaturasi	t_7
8	Katta trubaning ichki devori atrofida suyuqlikning temperaturasi	t_8
9	Bakdagi suvning temperaturasi	t_9

Quyidagi ishda issiqlik berish koeffitsientini aniqlash quyidagi tartibda olib boriladi;

1. Naporli bak 19 suv bilan to'ldiriladi va termopara 9 yordamida uning temperaturasi aniqlanadi. Buning uchun termoparalarni potentsiometrqa ulaydigan qurilmani 0 (nol) holatiga qo'yiladi.

2. Sovuq suv berila boshlanadi. Uning sarfi rotometr 13 yordamida o'lchanadi.

3. So'ng issiq suv berib, uning sarfi, rotometr 14 yordamida o'lchanadi.

4. Hamma termoparalarning ko'rsatkichlari aniqlanadi va yozib olinadi.

5. Besh minut vat o'tgandan keyin qaytadan hamma termoparalar ko'rsatkichi aniqlanadi va yozib olinadi.

6. Sovuq yoki issiq suvning sarfi ko'paytiriladi va 4,5 bandlardagi ishlar qaytariladi.

Tajriba ko'rsatkichlarini hisoblash

Isituvchi agentdan devorga berilayotgan issiqlik miqdori quyidagi tenglamadan aniqlanadi:

$$Q = G_1 \cdot c_1 \cdot (t_1 - t_2) \quad (8.20)$$

bu erda G_1 - isituvchi agentning sarfi, kg/s; c_1 - o'rtacha temperaturadagi $t_{yp} = \frac{t_1 + t_2}{2}$ isituvchi agentning issiqlik sig'imi.

Tenglamadan Q ning qiymatini aniqlab, isituvchi agentdan truba devori orasidagi tajribiy issiqlik berish koeffitsienti α_1 quyidagi formuladan topiladi.

$$Q_1 = \alpha_1 \cdot F_1 \cdot (t_1 - t_2) \quad (8.21)$$

bu erda Q_1 - truba devorning yuzasi, $Q_1=0,193m^2$

Isitilgan truba devoridan sovutuvchi agentga o'tayotgan issiqlik miqdori, ushbu formuladan aniqlanadi

$$Q_2 = G_2 \cdot c_2 \cdot (t_4 - t_3) \quad (8.22)$$

bu erda G_2 - sovutuvchi agent sarfi, kg/s; c_2 - o'rtacha temperatura $t_{yp} = \frac{t_3 + t_4}{2}$ dagi sovuq agentning issiqlik sig'imi, J/kg·K.

Truba devori va sovutuvchi agent orasidagi issiqlik berish koeffitsienti α_2 quyidagi formuladan topiladi:

$$Q_2 = \alpha_2 \cdot F_2 \cdot (t_4 - t_3) \quad (8.23)$$

bu erda G_2 - ichki trubaning yuzasi, $G_1=0,139m^2$

Issiqlik berish koeffitsienti qiymatini kriterial tenglamadan aniqlanadi:

$$Nu = 0,17 \cdot Re^{0,33} \cdot Pr^{0,43} \cdot Gr^{0,1} \cdot \left(\frac{Pr_c}{Pr_\theta} \right)^{0,25} \quad (8.24)$$

$$Re = \frac{w \cdot d\rho}{\mu} \quad (8.25)$$

bu erda w - suyuqlikning tezligi, sekundli sarf tenglamasidan topiladi:

$$V_c = w \cdot F \quad (8.26)$$

bu erda V_c – suyuqlikning hajmiy sarfi miqdori, m^3/s ; S - trubaning ko'ndalang kesim, $F = \pi \cdot d^2/4$. Trubalar ko'ndalang kesim uchun $F = \pi \cdot d_s^2/4$ ($d=0,021m$, $d_e=0,028m$). Illovadagi 2-jadvaldan olinadi.

$$Pr = \frac{c \cdot \mu}{\lambda} \quad (8.27)$$

bu erda s , μ , λ - o'rtacha temperatura suyuqlikning issiqlik sig'imi, qovushoqligi va issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsientlari.(Illovaning 2- jadvalidan olinadi)

$$Gr = \frac{g \cdot d_3^3}{\nu^2} \cdot \beta \cdot \Delta t \quad (8.28)$$

bu erda β - hajmiy kengaysh koeffitsientining qiymati ilovadagi ilovadagi 1- jadvaldan aniqlanadi; Δt - devor va atrof muhit orasidagi temperaturalar farqi; d_3 - truba diametri; ν - suyuqlikning kinematik qovushoqligi (ilovaning 2 - jadvalidan olinadi).

$$Pr_c / Pr_o \approx 0,25 \div 1,1$$

bu erda Pr_o - kriteriyni hisoblash uchun suyuqlikning fizik-kimyoviy kattaliklari devorning temperaturasi bo'yicha olinadi.

Issiqlik o'xshashlik kriteriylarining qiymatlarini bilgandagina, Nusselt kriteriysini aniqlash mumkin. So'ngra, Nuselt kriteriysidan issiqlik berish koeffitsienti α topiladi:

$$Nu = \frac{\alpha \cdot d}{\lambda}$$

bu erda λ - issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti (ilovaning 2-jadvalidan olinadi). Keyin, tajribaviy va hisobiy α larning qiymatlari taqqoslab tajribaning hatosi % larda aniqlanadi.

8 – 2 xisobot jadvali

Suv sarfi		Temperatura $^{\circ}\text{S}$														
Is-siq	So-vuq															
$\frac{M^3}{c}$	$\frac{M^3}{c}$	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	t_7	t_8	t_9	α_1 tajr.	α_2 tajr.	α_3 tajr.	α_4 tajr.	α_5 tajr.	α xisob.

NAZORAT SAVOLLARI

1. Konvektiv issqlik almashinish jarayonining fizikaviy asosi.
2. Nyutonning sovitish qonuni.
3. Issiqlik berish koeffitsienti va uning turli faktorlarga bog'liqligi.
4. Issiqlik berishni hisoblash uchun kriterial tenglamalar: a) Isituvchi agentning agregat holi o'zgarganda; b) Isituvchi agentning agregat xoli o'zgarmaganda.

9-LABORATORIYA ISHI: “TRUBA ICHIDA TRUBA TIPIDAGI” ISITGICHNING ISSIQLIK O'TKAZISH KOEFFITSENTINI ANIQLASH.

Ishning nazariy asoslari

Issiqlik o'tkazish - issiqlik energiyasi tarqalish qonunlarini o'rganuvchi fandır. Issiqlik o'tkazish qonunlari isitish, sovitish, kondensastiyalanish, bug'latish kabi issiqlik jarayonlarning asosi bo'lib, issiqlik ta'sirida boradigan massa almashinish jarayonlarini amalga oshirishda juda katta ahamiyatga ega.

Temperaturasi yuqori bo'lgan muhitdan temperaturasi past bo'lgan muhitga biror devor orqali issiqlikning berilishi issiqlik o'tishi deb ataladi. Bunda berilgan issiqlikning miqdori issiqlik o'tkazishning asosiy tenglamasi orqali topiladi:

$$Q = K \cdot \Delta t_{yp} \cdot F \quad (9.1)$$

Bu tenglama binoan, temperaturasi yuqori bo'lgan muhitdan temperaturasi past bo'lgan muhitga o'tayotgan issiqlik miqdori, ajratuvchi devorning yuzasiga F , o'rtacha temperaturalar farqiga Δt_{or} va vaqt τ ga to'g'ri proporsionaldir. Uzluksiz ishlaydigan turg'un jarayonlar uchun (9.1) tenglamagi τ hisobga olinmaydi. U holda:

$$Q = K \cdot \Delta t_{yp} \cdot F \quad (9.2)$$

Issiqlik o'tkazish koeffitsienti K temperaturasi yuqori bo'lgan muhitdan temperaturasi past bo'lgan muhitga vaqt birligi ichida ajratuvchi devorning yuzasi 1 m^2 , muhitlar temperaturalari farqi 1°S bo'lganda, o'tkazilgan issiqlik miqdorini bildiradi.

Issiqlik o'tkazish koeffitsienti quyidagi o'lchov birligiga ega:

$$Nu = 0,023 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_c}{Pr_g} \right)^{0,25}$$

Tekis devor uchun issiqlik o'tkazish koeffitsientini quyidagi ifodadan topish mumkin:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (9.3)$$

Silindrsimon yuzadan issiqlik o'tganda issiqlik o'tkazish koeffitsientini ushbu tenglamadan aniqlash mumkin:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_u \cdot r_u} + \frac{1}{\lambda} 2,31g \frac{r_m}{r_u} + \frac{1}{\alpha_u \cdot r_m}} \quad (9.4)$$

bu erda α_1, α_i - isituvchi, agentdan devorga issiqlik o'tayotgan paytdagi issiqlik berish koeffitsientlari, $\text{Vt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$; α_2, α_T - devor yuzasidan sovutuvchi agentga issiqlik o'tayotgan paytdagi issiqlik berish koeffitsientlari, $\text{Vt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$; λ - trubaning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti $\text{Vt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$; δ/λ - truba devorining qalinligi; r_i, r_T - trubaning ichki va tashqi radiuslari, m.

Isitish yuzasi issiqlik o'tkazishning umumiy tenglamasidan topiladi:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{yp} \cdot \tau} \quad (9.5)$$

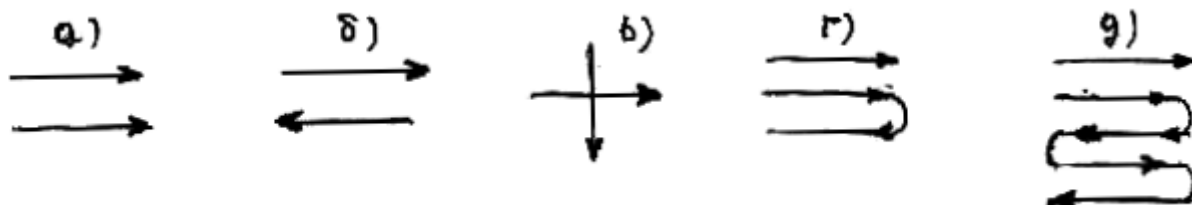
bu erda Q – suyuqlikni isitish uchun ketgan issiqlik miqdori, Vt ; G – suyuqlik sarfi, kg/s ; Δt_{yp} - o'rtacha temperaturalar farqi, issiqlik jarayonlarini xarakatlantiruvchi kuchi va u quyidagi tenglama bilan topiladi:

$$\Delta t_{yp} = \frac{\Delta t_{ka} - \Delta t_{ku}}{2,31 \cdot g \frac{\Delta t_{ka}}{\Delta t_{ku}}} \quad (9.6)$$

Agar $\Delta t_{ka} / \Delta t_{ku} \leq 2$ bo'lsa, o'rtacha temperaturalar farqi quyidagi ifodadan topiladi:

$$\Delta t_{yp} = \frac{\Delta t_{ka} + \Delta t_{ku}}{2} \quad (9.7)$$

(9.6) va (9.7) formulalardagi Δt_{ka} va Δt_{ku} issiqlik almashinish qurilmasining chetlardagi temperaturalarining katta va kichik farqlari bo'lib, issiqlik tashuvchi agentlarning yo'nalishiga bog'liq. Issiq va sovuq suyuqliklar o'zaro parallel (9.1a - rasm), qarama-qarshi (2.1b - rasm) yoki o'zaro kesishgan (9.1v - rasm) xolda harakat qilishi mumkin. Bundan tashqari, amalda issiqlik tashuvchi agentlarning ancha murakkab harakat yo'nalish sxemalari uchraydi.



9.1 - rasm. Issiqlik almashinish qurilmalarida issiqlik tashuvchi agentlarning yo'nalishlari.

Δt_{ka} va Δt_{ku} isituvchi va sovutuvchi agentlarning qurilmaga kirish va chiqish paytidagi farqi deb hisoblanadi.

Issiqlik almashinish qurilmalari ikkiga bo'linadi:

1) Sirtiy issiqlik almashinish qurilmalari, bularda issiqlik bir muxitdan ikkinchi muhitga ajratib turuvchi yuza orqali o'tadi;

2) aralashtiruvchi issiqlik almashinish qurilmalari, bunday issiqlik almashinish qurilmalari keng ishlatiladi.

Sanoatning barcha tarmoqlarida suyuqlik va gazlarni isitish hamda sovitish uchun sirtiy

Issiqlik almashinish qurilmalari keng tarqalgan. Konstruktiv tuzilishga ko'ra sirtiy issiqlik almashinish qurilmalari trubali, zmeevili, plastinali, spiralsimon, qirrali, g'iloqli va maxsus issiqlik almashinish qurilmalariga bo'ladi. Isitish yuzasining joylashishiga qarab vertikal va gorizontal issiqlik almashinish qurilmalariga bo'linadi.

Qobiq-trubali qurilmalarda trubalar turlarga razvalstovka, payvandlash, kavsharlash va salniklar yordamida birlashtirilishi mumkin.

Yuqorida qayd etilgan qurilmalarning o'ziga yarasha afzalliklari va kamchiliklari bordir.

Qobiq-silliqlik trubali isitkichlar quyidagi afzalliklarga ega: ixcham, metall kam sarf qilinadi, trubalarning ichini tozalash oson, (U - simon trubali isitkichlardan tashqari) issiqlik almashinish yuzasi va unumdorligi katta.

Bu qurilmalar kamchiliklardan ham xoli emas: issiqlik tashuvchi agentlarni katta tezlik bilan o'tkazish qiyin, trubalararo bo'shliqni tozalash va tuzatish imkoni kam, razvalstovka va payvandlashga moyil bo'lmagan materiallardan isitkichlarni yasab bo'lmaydi.

Dumalatib zichlanish orqali olingan trubali isitkichlar quyidagi afzalliklarga ega: ixcham, metall kam sarf bo'ladi, issiqlik almashinish yuzasi katta, trubalarning ichini tozalash vaqtining oralig'i 3-5 marta ko'proq, chunki truba devori atrofidagi oqimning qatlami turbulizatsiya qilinadi.

Bundan tashqari, dumalatib zichlash usuli bilan olingan trubali issiqlik almashinish qurilmalari sillikli trubalik qurilmalar oldida ushbu asosiy xususiyatlar bilan ajralib turadi:

1. Dumalatib zichlangan trubalarda eng yuqori intensivlash qiymatiga erishiladi. Unda issiqlik o'tkazish koeffitsientining qiymati sillikli trubadagidan 1,2-2,0 barobar ko'pdir.

2. Dumalatib zichlangan truba ishlatilsa, birdaniga truba devorlarning ikkala yuzasida issiqlik berish jarayonlari ancha tezlashadi.

3. Dumalatib zichlangan trubalarni ishlab chiqarish texnologiyasi oddiy va arzonidir.

Shuni alohida ta'kidlash kerakki, dumalatib zichlangan trubalar issiqlik almashinish qurilmalarida ishlab chiqarish texnologiyasi o'zgartirmaydi. Bundan tashqari, bularni kondensatsiyalashda, dumalatib zichlangan trubali kondensatorlarda sovuq suvning sarfi sillikli trubali kondensatornikidan 30-35% kam.

"Truba ichidagi truba" tipidagi issiqlik almashinish qurilmalari yuqori bosimda va issiqlik tashuvchi agentlarning sarfi kam bo'lganda ham ishlaydi. Bundan tashqari, suyuqliklarning tezligi katta bo'lgani uchun issiqlik o'tkazish koeffitsientining qiymati katta va qurilmani tayyorlash oson.

Kamchiliklari: trubalar o'rtasidagi bo'shliqni tozalash qiyin.

Zmeevikli issiqlik almashinish qurilmalarning afzalliklari: tayyorlash oson, issiqlik yuzasini kuzatish va tuzatish oson, idishdagi suyuqlikning hajmi katta bo'lganligi sababli, rejimning o'zgarishlariga uncha sezgir emas.

Kamchiliklari: o'lchami katta, idishdagi suyuqlikning tezligi kichik bo'lganligi uchun, zmeevikning tashqarisidagi issiqlik berish koeffitsienti kam, trubalar ichki yuzasini tozalash qiyin.

Yuvilib turuvchi issiqlik almashinish qurilmalarining afzalliklari quyidagilardan iborat: sovutuvchi agetning sarfi kam, tuzilishi sodda, trubalarni tozalash oson, shu bilan birga narxi xam arzonga tushadi.

Kamchiliklari: o'lchami katta, juda ko'p suyuqlik sarflanadi.

Spiralsimon issiqlik almashinish qurilmalarining afzalliklari: tuzilishi ixcham, ikkala issiqlik tashuvchi agentlarni katta tezlik bilan o'tkazish mumkinligi uchun, katta issiqlik o'tkazish koeffitsientiga ega, gidravlik qarshiligi ko'p yo'lli qobiq-trubali qurilmalarnikiga qaraganda kam.

Kamchiliklari: tayyorlash va tuzatish murakkab, 0,6 MPa dan ortiq bosimlarda ishlash mumkin emas.

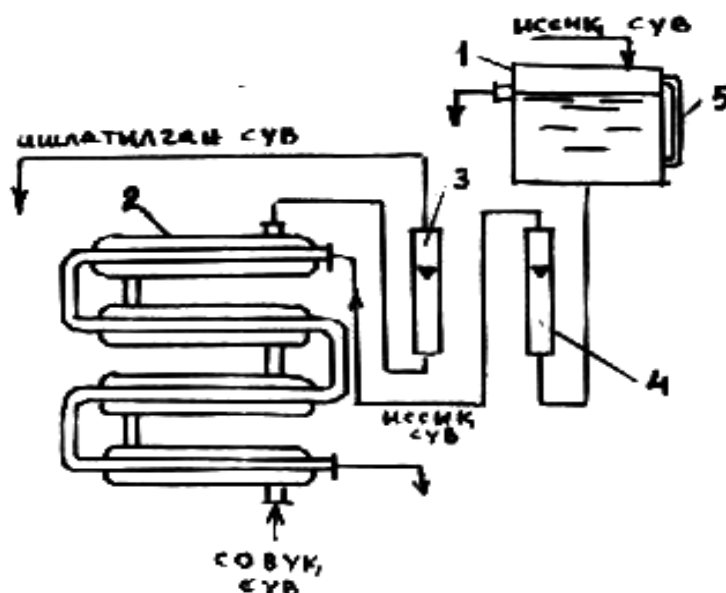
Plastinali issiqlik almashinish qurilmalarning afzalliklari: ixcham, gidravlik qarshiliklari katta emas, shuning uchun ikkala agentlarning tezligini katta qilish mumkin, natijada issiqlik o'tkazish koeffitsientini oshirish mumkin.

Kamchiliklari: katta bosimlarga bardosh bera olmaydi, isitkichlar tuzatilgandan keyin (qistirmalarning soni ko'p bo'lgani uchun) tegishli zichlikni xosil qilish qiyin.

G'ilofli issiqlik almashinish qurilmalari konstruktiv jixatdan sodda, kuzatish va tuzatish qulay.

Ish o'tkazishdan maqsad - "truba ichida truba" tipidagi issiqlik almashinish qurilmasida isituvchi agentdan sovutuvchi agentga issiqlik o'tkazish koeffitsientini aniqlash.

Ishni bajarish tartibi



9.2 - rasmda tajriba o'tkazish qurilmasi tasvirlangan. Eksperimental qurilma naporli bak 1, "truba ichida truba" tipidagi issiqlik almashinish qurilmasi 2, suyuqliklarning sarfini o'lchaydigan rotametrlar 3, 4 va temperatura o'lchash asbobi 5 lardan iborat. Isituvchi agent sifatida issiq suv (60-80⁰S) ishlatiladi va u isitkichning ichki trubasiga yo'naltiriladi. Sovutuvchi agent sifatida sovuq suv (11-15⁰S) ishlatiladi va u isitkichning trubalararo bo'shlig'iga yuboriladi.

9.2-rasm. Laboratoriya qurilmasini sxemasi.

Issiqlik o'tkazish koeffisienti tajriba qurilmasida quyidagi tartibda aniqlanadi:

Naporli bak 1 issiq suv bilan to'ldiriladi va uning temperaturasi (t_1) o'lchanadi. So'ngra issiq suv almashinish jarayoniga yuborilib, rotometr yordamida sarfi (V_1) aniqlanadi. Krandan kelayotgan sovuq suvning temperaturasi (t_1') aniqlanadi va isitkichga yuborilib, uning sarfi (V_2) rotometr yordamida topiladi. 30 minutdan keyin issiq (t_2) va sovuq (t_2') agentlarning temperaturasi, isitkichdan chiqish paytida o'lchanadi.

Tajriba natijalarini hisoblash

Issiqlik o'tkazish koeffisientlarining tajribadan olingan qiymatlari issiqlik o'tkazishning asosiy tenglamasi orqali topiladi

$$K = \frac{Q}{F \cdot \Delta t_{yp}}$$

F - devorning yuzasi, $F=0,193m^2$

$$Q_1 = G_1 \cdot c_1 \cdot (t_1 - t_2)$$

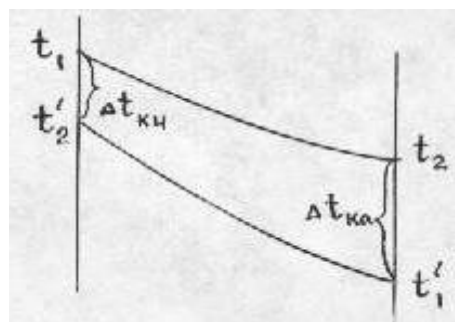
$$Q_2 = G_2 \cdot c_2 \cdot (t_2' - t_1')$$

bu erda Q_1 – issiqquvdagi issiqlik miqdori, Vt; Q_2 – sovuquvdagi issiqlik miqdori, Vt; c_1 , c_2 - o'rtacha temperaturadagi issiq va sovuq suvning solishtirma issiqlik sig'imi koeffisienti (ilovaning 2 jadvalidan olinadi), J/kg·K.

$$\Delta t_{yp} = \frac{\Delta t_{ka} - \Delta t_{ku}}{2,31g \frac{\Delta t_{ka}}{\Delta t_{ku}}}$$

$$\Delta t_{ka} = (t_2 - t_1')$$

$$\Delta t_{ku} = (t_1 - t_2')$$



Issiqlik o'tkazish koeffisienti K ning hisobiy qiymatini quyidagi tenglamadan topiladi:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \Sigma \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}, \left[\frac{Bm}{m^2 \cdot K} \right]$$

bu erda δ - truba devorining qalinligi $\delta=2$ mm; λ - issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti, $\lambda=46,5$ Vt/m.K; $\alpha_1= 600$ Vt/m.K; $\alpha_2= 200$ Vt/m.K;

So'ngra, tajribaviy va xisobiy issiqlik o'tkazish koeffitsientlar taqqoslanib, tajribaning xatosi % larda aniqlanadi.

9-1 jadval

Issiq suv sarfi		Sovuq suv sarfi		Issiq suvning isitkichga kirish paytidagi temperaturasi	Issiq suvning chiqish paytidagi temperaturasi	Sovuq suvning isitkichga kirish paytidagi temperaturasi	Sovuq suvning chiqish paytidagi temperaturasi	Issiqlik o'tkazish koeffitsienti
$\frac{M^3}{c}$		$\frac{M^3}{c}$		$t_1, ^\circ C$	$t_2, ^\circ C$	$t_1', ^\circ C$	$t_2', ^\circ C$	$K, \frac{Bm}{m^2 \cdot K}$

Tekshirish uchun savollar.

1. Issiqlik o'tkazish jarayonining fizikasosi.
2. Issiqlik o'tkazishning asosiy qonuni, uning fizik ma'nosi.
3. Issiqlik o'tkazish koeffitsienti va uning fizik ma'nosi.
4. Issiqlik tashuvchi agentlarning xarakteristikalarini va issiqlik almashinish jarayonini xarakterlatuvchi kuchini aniqlash.
5. Issiqlik almashinish qurilmalarining ishlash prinsipi va konstruktiviyasi (kobiq trubali, zmeevikli, plastinali va b.).
6. Issiqlik almashinish qurilmalarining solishtirma xarakteristikasi.
7. Issiqlik almashinish qurilmalarini xisoblash.

11-LABORATORIYA ISHI: ERITMALARNING TEMPERATURE DEPRESSIYASINI ANIQLASH.

Ishning nazariy asoslari

Uchuvchan bo'lmagan moddalar eritmalarini uning tarkibidagi erituvchisini qaynatish paytida chiqarib yuborish yo'li bilan quyuvlantirish jarayoni bug'latish deb yuritiladi. Agar bug'lanish jarayoni qaynash temperaturasida past temperaturalarda, ya'ni suyuqlikning yuzasida ro'y bersa, bug'latish jarayonida bu eritmaning butun hajmidan ajralib chiqadi.

Bug'latish jarayoni bug'latuvchi qurilmada olib boriladi.

Kimyo sanoatida ishqor, tuz va bosha moddalarning suvli eritmatlari, ayrim mineral va organik kislotalar, ko'p atomli spirtlar, hamda shu kabi bir qator suyuqeritmalar bug'latiladi. Ayrim vaqtda bug'latish yordamida toza erituvchilar ham olinadi. Ba'zi sharoitlarda quyuqlashtirilgan eritma kristallanish jarayonini amalga oshirish uchun maxsus bug'latish qurilmalariga yuboriladi. Bug'latish jarayonlarida isituvchi agent sifatida asosan suv bug'i ishlatiladi, bunday bug' birlamchi bug' deb yuritiladi. Qaynayotgan eritmani bug'latish paytida xosil bo'lgan bu ikkilamchi bug' deb ataladi. Bug'latish jarayoni vakuum ostida, atmosfera va yuqori bosimlarda olib borilishi mumkin. Eritmalarning xossalari va ikkilamchi bug'ning issiqligidan foydalanish zaruratiga ko'ra har hil bosimlar ishlatiladi. Vakuum ostida bug'latish bir qator afzalliklarga ega: jarayonni past temperaturalarda olib borish mumkin; vakuum ta'sirida isituvchi agent va eritma temperaturasi o'rtasidagi foydali farq ko'payadi va natijada qurilmaning isitish yuzasi kamayadi, vakuum bilan bug'latish uchun nisbatan past parametrli (temperatura va bosim) isituvchi agentlardan foydalanish mumkin. Vakuum ishlatilganda ikkilamchi bug'dan qaytadan birlamchi bug' sifatida foydalanish imkoni tug'iladi.

Kimyo sanoatida bug'latish jarayoni bir va ko'p korpusli qurilmalarda amalga oshiriladi. Ko'p korpusli, ya'ni bir necha qurilmalardan tashkil topgan bug'latish qurilmalari keng ishlatiladi. Ko'p korpusli qurilmalarning faqat birinchi korpusiga isituvchi (birlamchi) bug' beriladi, keyingi korpuslarini isitish uchun esa oldingi korpuslardan chiqqan ikkilamchi bug' ishlatiladi. Sanoatda ko'pincha 3-4 korpusli bug'latish qurilmalari keng ishlatiladi. Natijada bu qurilmalarda bug'ning umumiy sarfi, bir korpusli bug'latish qurilmalariga nisbatan 3-4 marta kamayadi. Har qanday issiqlik jarayonlaridek, bug'latish jarayonini xarakatlantiruvchi kuchi deb temperaturalar farqi hisoblanadi. Ko'p korpusli bug'latish qurilmalarda jarayonni xarakatlantiruvchi kuchi umumiy va foydali temperaturalar farqidir.

Ko'p korpusli bug'latish qurilmasining umumiy temperaturalar farqi Δt_y , birinchi korpusni isituvchi birlamchi bug'ning temperaturasi T_1 va kondensatorga tushgan ikkilamchi bug'ning to'yinish temperaturasi T'_{kond} o'rtasidagi farqga teng:

$$\Delta t_y = T_1 - T'_{\text{kond}} \quad (10.1)$$

bu erda T_1 - birlamchi bug'ning temperaturasi, K; T'_{kond} - ikkilamchi bug'ning oxirgi korpusidan kondensatorga tushgan ikkilamchi bug'ning to'yinish temperaturasi, K.

Ko'p korpusli bug'latish qurilmasidagi temperaturalarning umumiy foydali farqi Δt_ϕ ni aniqlashga hamma qurilmalarda temperaturalar yo'qotilishining yig'indisi xisobga olinadi:

$$\Delta t_\phi = \Delta t_y - \Sigma \cdot \Delta \quad (10.2)$$

$$\Sigma \Delta = \Delta' + \Delta'' + \Delta''' \quad (10.3)$$

bu erda $\Sigma \Delta$ - temperaturalarning yo'qotilishi; Δ' - temperatura depressiyasi, bir xil bosimda olingan eritma qaynash temperaturasi bilan toza erituvchi qaynash temperaturasi o'rtasidagi farqni ko'rsatadi.

Temperatura depressiyasining qiymati erigan modda va erituvchining fizik-kimyoviy

xossalari, eritma konsentrastiyasi va bosimiga bog'liq.

Suyultirilgan eritmalar uchun har hil bosimlarda temperatura depressiyasining qiymati I.A.Tishenko tenglamasi orqali aniqlanadi:

$$\Delta' = 1,62 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{T^2}{r} \cdot \Delta'_{amm} \quad (10.4)$$

bu erda Δ'_{amm} - eritmaning atmosfera bosimidagi temperatura depressiyasi, $^{\circ}\text{S}$; T - toza erituvchining berilgan bosimdagi qaynash temperaturasi, K ; r - toza erituvchining berilgan bosimdagi bug'lanish issiqligi, kJ/kg .

Δ'' - gidrostatik depressiya, gidrostatik bosim ta'sirida bug'latish qurilmalarning isitish trubalari ichidagi eritmaning pastki va ustki qatlamlaridagi qaynash temperaturalarining farqi. Isitish trubalarning pastki qatlamida eritma, suyuqlik ustunining ta'sirida, ustki qatlamga nisbatan yuqori temperaturada qaynaydi. Gidrostatik depressiyaning qiymati aniqhisoblash qiyin, chunki Δ'' isitish trubalarning deyarli katta qismini egallangan bug'-suyuqlik emulsiyaning sterkulyastiya tezligiga va uning o'zgaruvchan zichligiga, xamda isitish trubasining uzunligiga bog'liq. Eritma sterkulyastiya qilinadigan vertikal qurilmalar uchun Δ'' qiymatini $1-3^{\circ}\text{S}$ atrofida olish mumkin.

Δ''' - gidravlik depressiya, ikkilamchi bug'separator qurilmalari va truba orqali harakatlanganida o'z yo'lida gidravlik ishqalanish va mahalliy qarshiliklarni engish uchun ketgan vaqtidagi, ikkilamchi bug' bosimining kamayishini hisobga oladi. Bitta qurilma uchun Δ''' qiymati 1°S teng deb olish mumkin.

Temperatura va gidrostatik, gidravlik depressiyalarni hisobga olgan xolda eritmaning qaynash temperaturasini quyidagicha aniqlash mumkin:

$$t_{\kappa} = T' + \Delta' + \Delta'' + \Delta''' \quad (10.5)$$

bu erda T' - ikkilamchi bug'ning temperaturasi.

Bug'latish jarayonining yaxshi ketishi uchun har bir qurilmada temperaturalarning foydali farqi (isituvchi bu va qaynayotgan eritma temperaturalarning farqi) ma'lum qiymatga ega bo'lishi shart. Bu farqi tabiiy sterkulyastiya bilan ishlaydigan qurilmalar uchun kamida $5-7^{\circ}\text{S}$ va majburiy sterkulyastiya bilan ishlaydigan qurilmalar uchun kamida 3°S bo'lishi kerak.

Umumiy va foydali temperaturalarni bilgan xolda, har bir qurilma uchun foydali temperaturalarni hisobga olgan xolda, ko'p korpusli bug'latish qurilmalarida, ularning optimal sonlarini aniqlash mumkin.

Masalan:

$$\Delta t_{\phi} = T_1 - T'_{\kappa o n o} - \Delta = 160 - 60 - 25 = 75^{\circ}\text{C}$$

ikki qurilmali qurilma uchun

$$\Sigma \Delta t_{\phi} = 160 - 60 - 2 \cdot 25 = 50^{\circ}\text{C}$$

xar bir korpus uchun

$$\Delta t_{\phi} = \frac{\Sigma \Delta t_{\phi}}{2} = \frac{50}{2} = 25^{\circ} C$$

Uch korpusli bug'latish qurilmasining har bir korpusi uchun

$$\Sigma \Delta t_{\phi} = 160 - 60 - 3 \cdot 25 = 75^{\circ} C$$

To'rt korpusli bug'latish qurilmasining har bir qurilmasi uchun

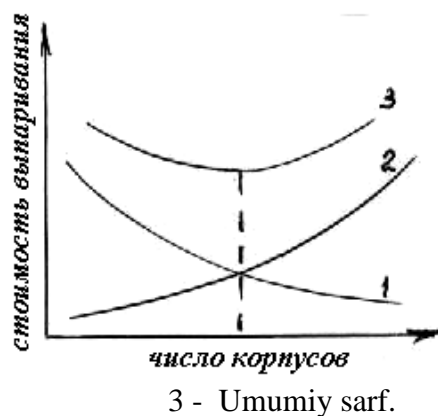
$$\Delta t_{\phi} = \frac{25}{3} = 8,3^{\circ} C$$

Shunday qilib ko'p korpusli bug'latish qurilmalari uchun qurilmalarning soni 3 ta bo'lishi kerak.

$$\Sigma \Delta t_{\phi} = 160 - 60 - 4 \cdot 25 = 0$$

Shunday qilib ko'p korpusli bug'latish qurilmalarida korpuslar soni oshishi bilan foydali temperaturalar farqi kamayadi, ammo isitish yuzasi bir hil bo'lgan xolda esa uning unumdorligi yuqori bo'ladi.

Ko'p korpusli bu qurilmalarida korpuslarning optimal sonini grafik usul bilan xam aniqlash mumkin. Vertikal o'qda bug'latishning qiymati, gorizonttal o'qda esa korpuslarning soni ko'rsatilgan (10.1 - rasm).



10.1 - rasm. Qurilmaning optimal sonini aniqlash.

1 - Isituvchi bug'ning sarfi.

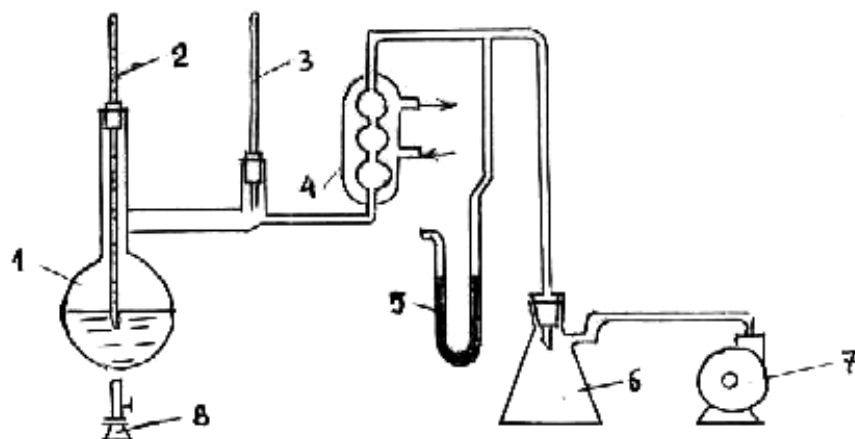
2 - Amortizatstiya sarflari.

Grafikdan ko'rinib turibdiki, korpuslarning soni ko'payishi bilan isituvchi bug'ning sarfi kamayadi, amortizastiya sarflari esa ortadi, umumiy sarflarni belgilovchi egri chizig'ining (3) minimumiga to'g'ri kelgan qurilmalarning soni taxminan optimal deb qabul qilinadi.

Ishni o'tkazishdan maqsad- suyultirilgan eritmalarining har hil bosim ta'sirida qaynash paytidagi temperatura depressiyasini tajriba yo'li bilan aniqlash.

Ishni bajarish tartibi

Laboratoriya tajriba qurilmasining sxemasi 10.2 - rasmda ko'rsatilgan.



10.2 - rasm. Laboratoriya tajriba qurilmasi

1 - suyultirilgan eritma quyilgan kolba; 2 - eritmaning qaynash temperaturasi o'lchovchi termometr; 3 - ikkilamchi bug'ning temperaturasi o'lchovchi termometr; 4 - sovutkich; 5 - manometr; 6 - Bunzen kolbasi; 7 - vakuum-nasos; 8 - gaz isitkich.

Vakuum nasos va Bunzen kolbasi vositasida suyultirilgan eritma quyilgan kolbada vakuum xosil qilinadi. vakuumning miqdori U-simon manometrnin ko'rsatkichi bo'yicha o'lchanadi. Eritmaning qaynash va ikkilamchi bug'ning temperaturasi termometrlar vositasida o'lchanadi.

Eritmani qaynash temperaturasigacha gaz isitkich yordamida qizdiriladi. Laboratoriya tajriba qurilmasida eritmaning temperatura depressiyasi quyidagi tartibda aniqlanadi:

1. Qurilmaning xolati tekshiriladi.
2. Laborant ishtirokida vakuum-nasos elektr tok manbaiga ulanadi va gaz isitkich yoqiladi.
3. Vakuum nasos yordamida sistemada eng ko'p siyraklanish xosil qilinib, kolbadagi eritmani qaynash xolatigacha qizdiriladi.
4. Eritmani qaynash paytidagi termometrlarning ko'rsatkichi bo'yicha, eritmaning qaynash temperaturasi (t) va to'yingan bug'ning (ikkilamchi bu) temperaturasi (θ) anqilab hisoblash jadvaliga yoziladi.
5. Vakuum nasos xosil qilayotgan vakuum miqdorini asta-sekin minimumgacha kran vositasida kamaytirilib, eritma qaynatiladi. Vakuum miqdori har hil bo'lganda, eritma qaynash paytida termometrlarning ko'rsatkichi aniqlab, hisoblash jadvaliga yoziladi. Gaz isitkich o'chiriladi. Eritmani asta-sekin sovutib, sistemada asta-sekin vakuum miqdori ko'paytiriladi va tajriba qaytadan bajariladi.

Tajriba natijalarini hisoblash

Sistemada tajriba vaqtida vakuum har hil miqdorda o'zgarganda eritmaning temperatura depressiyasi quyidagi tenglama vositasida aniqlanadi:

$$\Delta'_T = t - \theta \quad (10.6)$$

Eritmaning temperatura depressiya nazariy jihatdan I.A.Tishenko tenglamasi orqali hisoblanadi.

$$\Delta' = 1,62 \cdot 10^{-2} \frac{T^2}{r} \Delta_{amm}$$

Formuladagi r - ning miqdori absolyut bosimning kattaligiga asosan ilovadagi 8 - jadvaldan aniqlanadi.

Δ_{amm} - eritmaning konstantriyasi bo'yicha ilovadagi 9-jadvaldan aniqlanadi. Tajriba olingan Δ'_T qiymatini, A.I.Tishenko tenglamasi bilan hisoblangan Δ' qiymati bilan taqqoslab tajribaning xatosi % miqdorida aniqlanadi.

Hisoblash jadvali

№	Eritma va uning konsent-ratsiyasi			Atmosfera bosimidagi tempera-tura depressiyasi Δ'_{amm}		
	Absolyut bosim $P_{abs}=P_{at}-P_{vak}$	Eritmaning qaynash temperaturasi $t, ^\circ C$	To'yin-gan bug'ning temperaturasi $\theta, ^\circ S$	Eritma-ning tempera-tura depressiya-si $\Delta'_T, ^\circ C$	Eritma-ning hisoblan-gan tempera-tura depressiya-si $\Delta'_T, ^\circ C$	Tajribaning xatosi $\frac{\Delta' - \Delta'_T}{\Delta'} \cdot 100\%$
1						
2						
3						
4						
5						
6						

Tekshirish uchun savollar

1. Bug'latish. Bug'latish haqida umumiy tushuncha.
2. Bir korpusli bug'latish qurilmasi.
3. Moddiy va issilik balanslari.

4. Temperaturalarining yo'qotilishi.
5. Umumiy va foydali temperaturalar farqi.
6. Ko'p korpusli bug'latish qurilmalari.
7. Qurilmalarning optimal sonini aniqlash.

8. Bug'latish qurilmalarning konstrukstiyalari (osma isitish kamerali, tashi stirkulyastion trubali, ajratilgan isitkichli, majburiy stirkulstiyali, plenkali, issiqlik nasosli bug'latish qurilmalari).

12-LABORATORIYA ISHI: QURITISH QURILMASIDA QURISH JARAYONINI O'RGANISH. QURITISH JARAYONING KINETIKASI.

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 $x = \text{const}$ sovuvtalsa, 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:

$$\varphi = \frac{\rho_{c\bar{o}}}{\rho_T} = \frac{P_{c\bar{o}}}{P_T} \quad (13.1)$$

bu erda: P_{sb} - tekshirilayotgan nam havodagi suv bug'larining parstial 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:

$$x = \frac{\rho_{c\bar{o}} \cdot m_{c\bar{o}}}{\rho_{kx} \cdot m_{kx}}; \quad \frac{\kappa\bar{z}.b\bar{y}\bar{z}}{\kappa\bar{z}.a\bar{b}c.kyp.xavo} \quad (13.2)$$

$$\alpha = 1000 \cdot \frac{\rho_{c.\bar{o}.}}{\rho_{k.x.}} \quad (13.3)$$

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:

$$x = \frac{\rho_{c\bar{o}}}{R_{\bar{o}} \cdot T} \cdot \frac{R_{\bar{o}} \cdot T}{\rho_{\Gamma}} = \frac{P_{\bar{o}} \cdot P_{\Gamma}}{R_{\bar{o}} \cdot R_{\Gamma}} \quad (13.4)$$

bu erda: R_b - suv bug'i doimiysi; T - aralashmaning absolyut temperaturasi, K.

Absolyut quruq havoning parstial bosimini $P_{k.x.}$ umumiy aralashmaning bosimi R ga almashtirsak va Dalton qonuniga asosan: qaysiki $P_{c\bar{o}} = \varphi \cdot P_{\Gamma}$ bo'lsa,

$$P_{\Gamma} = P - P_{c\bar{o}} = P - \varphi \cdot P_{\Gamma} \quad (13.5)$$

unda

$$x = \frac{R_{\Gamma}}{R_{\bar{o}}} \cdot \frac{\varphi \cdot P_{\Gamma}}{P - \varphi \cdot P_{\Gamma}} = \frac{29,27}{47,06} \cdot \frac{\varphi \cdot P_{\Gamma}}{P - \varphi \cdot P_{\Gamma}} \quad (13.6)$$

yoki

$$x = 0,622 \cdot \frac{\varphi \cdot P_{\Gamma}}{P - \varphi \cdot P_{\Gamma}}, \quad (13.7)$$

yoki agarda $x = d$

$$d = 0,622 \cdot \frac{\varphi \cdot P_{\Gamma}}{P - \varphi \cdot P_{\Gamma}}, \quad \frac{\kappa\bar{z}.cy\bar{b}.b\bar{y}\bar{z}u.}{\kappa\bar{z}.kyp.xavo.} \quad (13.8)$$

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.

$$I = c_{k.x.} \cdot t + x \cdot i_{y.\bar{o}.} \quad (13.9)$$

bu erda: $s_{k.x.}$ - quruq havoning solishtirma issiqlik sig'imi, J/kg·K; t - havo temperaturasi,

0S ; $t_{u.b.}$ - o'ta qizdirilgan bug'ning entalpiyasi, J/kg;

O'ta qizdirilgan bug'ning entalpiyasi $i_{u.b.}$ (J/kg) termodinamikada quyidagi tenglama bilan topiladi:

$$i_{y.o.} = r + c_{o.} \cdot t \quad (13.10)$$

bu erda: r - 0S dagi bug'ning entalpiyasi, $r = 2493 \cdot 10^3$, J/kg; s_b - bug'ning solishtirma issiqlik sig'imi; $s_b = 1,97 \cdot 10^3$, 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 sovishda ($x=const$) 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 ($I=const$) 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 sovish chegarasi deb xam yuritiladi.

Quritish potnstiali deb, quruq gaz temperaturasi (t_k) bilan xo'l termometr temperaturasining ayirmasiga aytiladi.

$$\varepsilon = t_k - t_x \quad (13.13)$$

Quritish potnstiali gazning nam yutish xususiyatini xarakterlaydi. Quritish jarayoni analitik va grafik usulidan xisoblanishi mumkin. Grafik isoblash ulay bo'lgani uchun keng ko'llanqiladi. Bu diagramma Ramzin tomonidan taklif ilingan va $I - x$ diagramma am deb yuritqiladi, uning tuzilishida bosim iymati o'zgarmas 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'zgarmas temperatura chiziqlari yoki izotermalar ($t=const$) o'zgarmas nisbiy namlik chiziqlar $\varphi = const$, suv bug'ining parstial 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 parstial 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)

$$l = \frac{1}{x_2 - x_0}, \quad \frac{\text{кг курикухаво}}{\text{кг буг}} \quad (13.16)$$

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 issiqligi, n - isitkichda havoning bergan issiqligi;

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 - $L \cdot I_2$

2) Quritilgan material bilan - $G_2 \cdot c_2 \cdot \theta_2$

3) Transport qurilmalari bilan - $G_{mp} \cdot c_{mp} \cdot \theta_{mp}$

4) Issiqlikni atrof-muxitga yo’qolishi - Q_u

Issiqlik balansini tuzamiz:

$$L \cdot I_1 + G_1 \cdot c_1 \cdot \theta_1 + G_{mp} \cdot c_{mp} \cdot \theta_{mp} + q_k = L \cdot I_2 + G_2 \cdot c_2 \cdot \theta_2 + G_{mp} \cdot c_{mp} \cdot \theta_{mp} + Q_u$$

bundan

$$L \cdot (I_2 - I_1) = G_1 \cdot c_1 \cdot \theta_1 + G_{mp} \cdot c_{mp} \cdot \theta_{mp} + q_k - G_2 \cdot c_2 \cdot \theta_2 - G_{mp} \cdot c_{mp} \cdot \theta_{mp} - Q_u$$

yoki

$$L \cdot (I_2 - I_1) = \sum Q$$

Oxirgi tenglamaning o'ng va chap tomonlarini W_{ga} bo'lib, quyidagi ifodani olamiz:

$$\frac{L}{W} \cdot (I_2 - I_1) = \frac{\sum Q}{W}$$

$$\frac{\sum Q}{W} = \Delta \quad \text{deb belgilaymiz,} \quad \frac{L}{W} = l \quad \text{bo'lgani uchun}$$

$$l \cdot (I_2 - I_1) = \Delta \text{ yoki} \quad I_2 = I_1 + \frac{\Delta}{l}$$

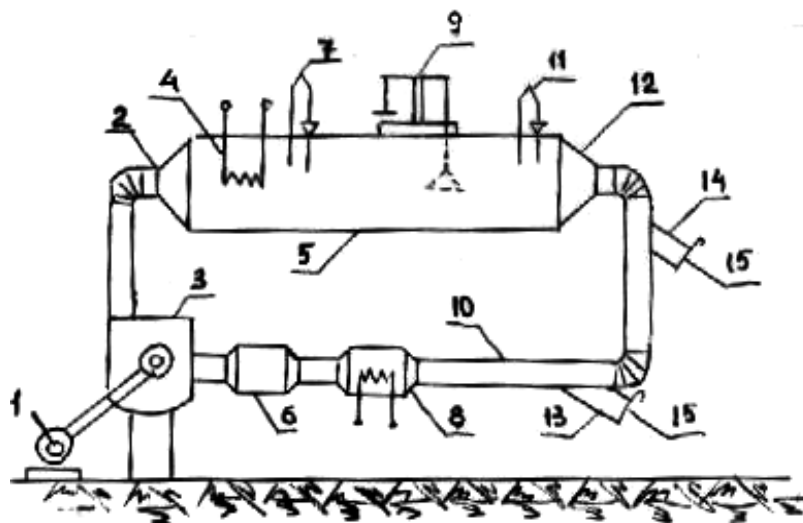
Tenglamaga kiritilgan Δ kattalik quritish kamerasi ichidagi kiritilgan va sarflangan issiqliklar ayirmasining 1 kg bo'langan namlikka nisbatini belgilaydi. Bu erda asosiy kaloriferda isitilgan havo bilan kirgan va chiqqan issiqliklar hisobga olinadi. Ko'pincha Δ quritish kamerasining ichki balansi deb 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 $\Delta = 0$ bo'lsa, 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.



13.1-rasm. Laboratoriya qurilmasining sxemasi

1-elektroyuritkich; 2-diffuzor; 3-ventilyator; 4-quritkichning qobig'i (400x400); 6- N_2SO_4 b-n to'ldirilgan idish uchun trubaning kengaygan qismi; 7-quruq va xo'l termometrlar (quritishdan oldin); 8-elektir isitkich; 9-tarozi; 10- avo oqimi xarakterlanadigan truba $D = 200$ mm; 11-quruq va xo'l termometrlar (quritishdan keyin); 12- konfuzor; 13- havo beriladigan patrubka; 14-ishlatilgan havo chiqaradigan patrubka; 15-havo sarfini sozlovchi moslama.

Laboratoriya quritish urilmasida ish quyidagi tartibda bajariladi.

1. Qurilmadagi quritgich, ventillyator, tarozi, isitkich havoning miqdorini o'lchovchi shiber, termometrlarning holati tekshiriladi.
2. Quritish uchun 100 – 120 g miqdorda namlangan material tortib olinadi.
3. Namlangan material quritish uskunasiidagi kamera ichidagi tarozi pallasiga qo'yib quritiladi.
4. Xo'l va quruq termometrlarning birinchi ko'rsat-kichlari yozib olinadi.
5. "Assman" psixrometri yordamida quruq va xo'l termometrlar ko'rsatkichi o'lchanadi (Ramzin diagrammasida havoning boshlang'ich nuqtasini anilash u-n).
6. Quritish apparati tok manbaiga ulanadi.
7. Ma'lum vaqtdan so'ng (o'qituvchi ko'rsatmasidan so'ng) quruq va xo'l termometrlar ko'rsatkichi o'lchanadi.

Tajriba natijalarini xisoblash

Olingan natijalarga asosan I – x diagrammada nazariy quritish jarayoni tasvirlanadi. I - x diagrammaga bir bo'lak kalka kog'ozni qo'yib koordinatalar o'qi ko'chirib olinadi va kalka kog'ozida tajribada aniqlangan havoning quritishdan avvalgi, quritkichga kirish va chiqish xolati A, V, S, nuqtalar bilan tasvirlanadi.

Bug'langan namlikning miqdori W aniqlanadi

$$W = G_1 - G_2 \quad (11.23)$$

bu erda G_1 - nam materialning massasi, kg/s; G_2 - quruq materialning massasi, kg/s;

Havo sarfi (6.15) tenglamasi yordamida aniqlanadi:

$$L = \frac{W}{x_2 - x_0} \quad (11.15)$$

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 q – 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 kamerasining 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) parzial 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.

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 konstantrasiya yoki parstial bosimlar ayirmasi $P_m - P_x$ 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 ($P_m = P_t$). 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_r - material yuzasidagi to'yingan bug'ning parstial bosimi; P_x – bug'ning havodagi parstial bosimi; V - barometrik bosim.

P_r, P_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 adsorbstion namlik qattiq fazalar ichida faqat bug' xolida tarqaladi. Bu xodisa namlik o'tkazuvchanlik deb ataladi. Namlik o'tkazuvchanlikning intensivligi yoki namlik oqimining zichligi, namlik konstentratstiyasi gradientiga proporstionaldir:

$$m = -D_m \cdot \frac{\partial c}{\partial n} \quad (14.3)$$

bu erda D_m - namlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti.

Bu ifodaning o'ng tomonidagi minus ishora namlikning konstentratstiyasi katta bo'lgan qatlamdan, konstentratstiyasi 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

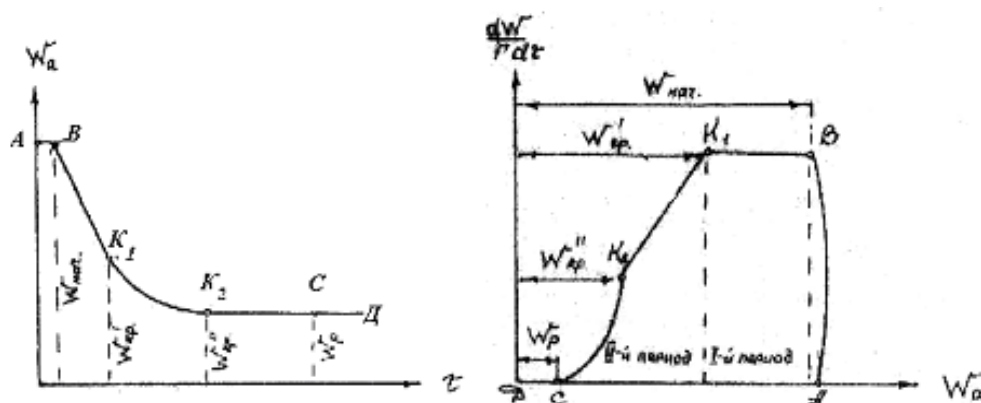
Quritgichlarni xisoblash va loyixalash uchun quritish tezligini bilish zarur. Quritish tezligi U cheksiz qisqa vaqt $d\tau$ davomida material namligining kamayishi dW orqali aniqlanadi:

$$U = \frac{dW}{d\tau} \quad (14.4)$$

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 ($x = const$, $\varphi = const$, $t = const$) 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_I nuqtada tugaydi va bu nuqtaga materialning kritik namligi w_{ur} to'g'ri keladi.



14.2- rasm. Quritish tezligining egri chizig'i.

14.1 - rasm. Material namligining vaqt davomida o'zgarishi.

Birinci davrda erkin bog'langan namlik ajralib chiqadi. K_I 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). Gorizantal 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 gorizantal 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 adsorbstion 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

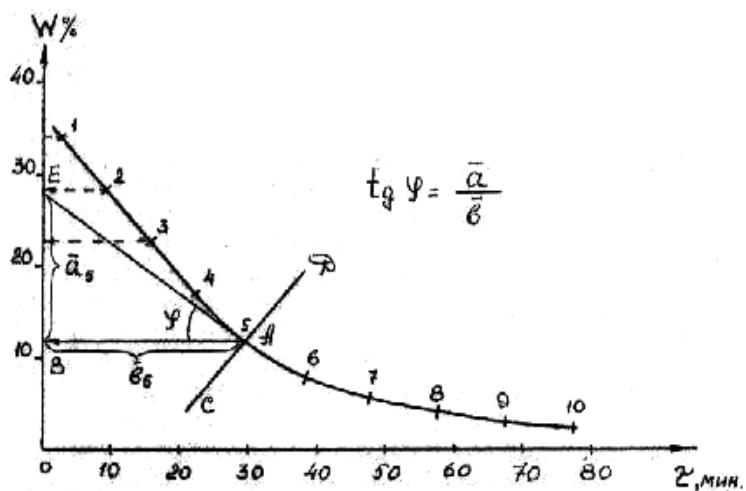
1. Quritgich, ventillyator, elektr isitkich, quqru va xo'l termometrlarning xolati tekshiriladi.
2. 150 – 200 g nam material quritishga tayyorlanadi.
3. Nam material tortib, olinib, quritish kamerasiga joylashtiriladi.
4. Faqat laborant ishtirokida quritgich ishga tushiriladi.
5. Ma'lum vaqt ichida materialning 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.

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 material-ning quruq materialga nisbatan namlagi isobida o'zgarishi, $\frac{G_1 - G_n}{G_n} = W\%$

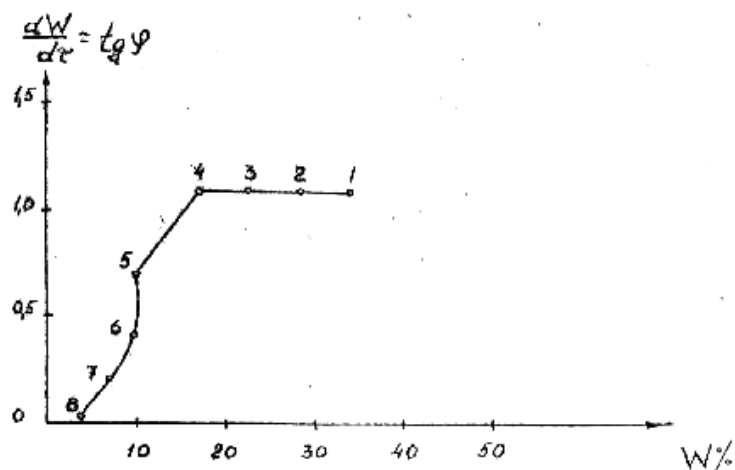
Tajriba natijalarini xisoblash

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 $tg\varphi - W$ 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, $tg\varphi$ qiymati, $tg\varphi = dw/F \cdot d\tau$
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 konstruktsiyalari.

9. Mavxum qaynash qatlamli quritkichlar.

13-LABORATORIYA ISHI: HAKAKATCHAN NASADKALI KOLONNALARDA MASSA BERISH VA O'TKAZISH KOEFFITSENTINI ANIQLASH.

Ishning nazariy asoslar

Kimyo va oziq-ovqat mahsulotlari ishlab chiqarish texnologiyasida modda almashinish jarayoni muhim o'rin egallaydi. Bunday jarayonlar bir fazadan ikkinchi fazaga moddalarning 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 Absorbsiya deb ataladi. Absorbsiya jarayoni gaz-suyuqlik sistemasida olib boriladi. Yutilayotgan gaz absorbtiv, yutuvchi suyuqlik absorbent deyiladi. Teskari jarayon, ya'ni yutilgan komponentlarni suyuqlikdan ajratib chiqishi desorbsiya deb ataladi. Sanoatda Absorbsiya jarayoni turli maqsadlarda qo'llaniladi: gaz aralashmalardan qimmatbaho komponentlarni ajratib olishda, komponentlarni har hil zararli moddalardan tozalashda uchun (mineral o'g'itlarni olishda hosil bo'lgan gaz aralashmalarini fitor birikmalaridan), tayyor masulotlar, masalan SO_3 va azot oksidlar, HCl ning suvda yutilishi natijasida sulfat, azot, xlorid kislotalar va hakazolar olishda. Absorbsiya, quritish ekstraktsiya kabi modda almashinish jarayonlari qattiq-jism, suyuqlik, qattiq-jism bu (gaz) fazalar sistemasida olib boriladi.

Gaz, bu yoki suyuqlik aralashmalaridan bir yoki bir necha komponentlarning g'ovaksimon qattiq moddaga yutilish jarayoni absorbsiya deyiladi. Faol yuzaga ega bo'lgan qattiq materiallar adsorbentlar deb ataladi. Yutiluvchi modda adsorbent yoki adsorbktiv deyiladi. Teskari jarayon, ya'ni qattiq absorbsiyadan keyin olib boriladi, va ko'pincha yutilgan komponentni adsorbentdan ajratib olish uchun (yoki adsorbentni regeneratstiya ilish uchun) xizmat qiladi. Ion almashinish jarayoni absorbsiyaning bir turi bo'lib, ayrim qattiq moddalar (ionitlar) o'zlarining xarakatchan ionlarini elektrolit eritmalaridagi ionlarga almashtirish qobiliyatiga asoslangan. har bir adsorbent murakkab aralashmalarda ma'lum komponentlarni yutib, aralashmaning boshqa komponentlariga ta'sir qilmaydi. Demak, adsorbentlar tanlovchanlik qobiliyatiga ega.

Absorbsiya jarayoni ko'pincha gaz va suyuqlik aralashmalaridagi yutilayotgan komponentning konstentratstiyasi kam miqdorda bo'lganda adsorbktivni butunlay ajratib olish uchun qo'llaniladi. Agar ajiralayotgan komponentning konstentratstiyasi yuqori bo'lsa, u xolda absorbsiya qo'llaniladi.

Absorbsiya jarayoni gazlarni, eritmalarni tozalashda, eritmalardan qimmatbaho moddalarni ajratib olishda, neft mahsulotlaridan hosil bo'lgan aralashmalarni tozalashda, neftni qayta ishlash natijasida hosil bo'lgan aralashmalarini tozalashda, neftni qayta ishlash natijasida xosil bo'lgan gaz aralashmalaridan vodorod va etilenni, benzin frakstiyalaridan 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. Quritilgan materiallarni transport vositasida uzatish arzonlashadi, ularning tegishli xossalari yaxshilanadi, qurilma va trubalarning emirilishga uchrashi kamayadi.

Ekstraktsiya jarayoni «suyuqlik-suyuqlik», «qattiq jism-suyuqlik» fazalar sistemasida olib boriladi. Biror suyuqlikda erigan moddani boshqa suyuqlik yordamida ajratib olish jarayoni suyuqlikni ekstrakstiyalash deb ataladi. Bunday jarayonda bir yoki bir necha komponent bir suyuq fazadan ikkinchi suyuq fazaga o'tadi. Suyuqlikni ekstrakstiyalash jarayoni neftni qayta ishlash, koks kimyo sanoatida, mineral kislotalar ishlab chiqarish va oziq-ovqat sanoatlarida keng qo'llaniladi.

Ekstraktsiya jarayonida «qattiq-jism suyuqlik» sistemasida olib borilganda - qattiq fazaning suyuqlikka (erituvchiga) o'tishi eritish jarayoni deb ataladi. Bunday jarayonlarda qattiq, g'ovaksimon materiallar tarkibidan bir yoki bir necha komponentlar erituvchilar yordamida ajratib olinadi. Agar eritish jarayonida qattiq faza to'la suyuq fazaga o'tsa, ekstrakstiyalash paytida esa, qattiq faza amaliy jihatdan o'zgarmay oladi, faqat uning tarkibidagi tegishli komponent suyuq fazaga o'tadi.

Qattiq moddalarni ekstrakstiyalash jarayoni sanoatning turli tarmoqlarida ishlatiladi. Kimyo sanoatida ishqor, kislota va tuzlarni, oziq-ovqat sanoatida qand, o'simlik moylari, sharbatlar vitaminlar, kimyo-farmastevtika sanoatida turli dorivor moddalarni, gidrometallurgiyada esa rangli va nodir metallarni ekstrakstiyalash 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 farqqancha katta bo'lsa, bunda oddiy haydash usulidan foydalaniladi. Oddiy haydash paytida suyuqlikning bir marta qisman bug'lanish yuz beradi. Odatda bu usul suyuq aralashmalarni keraksiz qo'shimchalardan tozalash uchun ishlatiladi.

Suyuq aralashmalarni komponentlarga to'la ajratish uchun Rektifikatsiya usulidan foydalaniladi. Rektifikatsiya jarayoni aralashmani bug'latishda ajralgan bug' va bug'ning kondensastiyalanishi natijasida hosil bo'lgan suyuqlik o'rtasida ko'p marotabalik kontakt paytidagi modda almashinishiga asoslangan.

Rektifikatsiya jarayoni spirt, neft va sintetik kauchuk ishlab chiqarishda keng ishlatiladi. Bundan tashqari spirt, vino, liker-aroq, 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, glyukoza olishda, konditer sanoatida va boshqa sohalarda ishlatiladi. Membrana usuli bilan ajratish modda almashinishning yangi yo'nalishidir. Membrana yordamida ajratish quyidagi usullar bilan amalga oshiriladi: teskari osmos, ultrabin, ultrafiltrlash, mikrofiltrlash, membrana orqali bug'lanish, dializ, elektrodializ, gazlarni diffuziya bilan ajratish. Yarim o'tkazuvchi membranalar yordamida uglevodorodlarni, yuqori va quyi molekulari birikmalar aralashmalarini ajratish, tabiiy gazlardan geliy va vodorodni, havodan kislorodni ajratib olish, sut mahsulotlarini, meva, sabzavot sharbatlarini va boshqa eritmalarini quyultirish, pivoni pasterizatsiya qilish, yuqori sifatli qand va 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 amalga oshiriladi. Modda o'tkazish jarayonlari uchun ikki fazaning bo'lishi xarakterli bo'lib, modda bir fazadan ikkinchisiga, fazalar orasidagi chegaraviy qatlam orqali o'tadi. Har bir fazada ikkita zona bor: fazaning yadrosi (yoki fazaning asosiy massasi) va fazaning chegarasida yupqa chegara qatlam.

Modda o'tkazish murakkab jarayon bo'lib, u 3 boskichdan iborat:

1. Taqsimlanayotgan moddaning molekulari, fazaning yadrosidan shu fazaning chegara qatlamiga o'tadi;

2. Chegara qatlamdan taqsimlanayotgan modda fazalararo chegaraviy qatlamga o'tadi;

3. Fazalararo chegaraviy qatlamdan taqsimlanayotgan modda molekulari ikkinchi fazaning 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 konstantratstiyasiqiyamatiga boshqa fazadagi tegishli aniq bir qiymatli muvozanat konstantratstiyasi \bar{y}^* to'g'ri keladi. Xuddi shuningdek \bar{y} ning ma'lum konstantratstiya qiymatiga tegishli muvozanat konstantratstiyasi \bar{x}^* to'g'ri keladi. Muvozanat paytida fazalardagi taqsimlanayotgan modda konstantratsiyalari o'rtasidagi umumiy bog'lilik quyidagicha aniqlanadi:

$$y^* = f(\bar{x}) \quad (11.1)$$

$$x^* = f(\bar{y}) \quad (11.2)$$

Modda o'tishida sistemadagi muvozanat holatining o'zgarishi jarayonining harakatlantiruvchi kuchi hisoblanadi. Sistemaning muvozanat holati o'zgarganda, taqsimlanayotgan komponent konstantriyasi yuqori bo'lgan fazadan, konstantriyasi past bulgan fazaga muvozanat holat davom etguncha o'tadi.

Modda o'tkazish jarayoni tezligi, sistema muvozanat holati o'zgarishining darajasiga va 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 ahmiyati 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:

$$M = -D \cdot F \cdot \frac{dc}{dn} \cdot \tau \quad (11.3)$$

bu erda M - bir fazadan ikkinchi fazaga o'tayotgan moddaning miqdori, kg/s; D - proporsionallik koeffistienti, molekulyar diffuziya koeffistienti, m^2/s ; F - fazalarning to'qnashuv yuzasi, m^2 ; τ - moddaning o'tish vaqti, s; $\frac{dc}{dn}$ - konstantriya gradienti, kg/m; n - qatlamning qalinligi, m.

Tenglamaning o'ng tomonidagi minus ishora molekulyar diffuziyaning tarqaluvchi komponent konstantriyasining kamayishi tomonga qarab borishini ko'rsatadi.

Molekulyar diffuziya koeffistienti fizik o'zgarimas kattalik bo'lib, moddaning diffuziya yo'li bilan qo'zalmas muhitga kirish qobiliyatini belgilaydi. Diffuziya koeffistienti tarqaluvchi modda va muhitning xossalriga, temperaturaga va bosimga bog'liq. Har bir oniy sharoit uchun D ning qiymati tajriba yo'li bilan tenglamalar yordamida aniqlanadi.

Gazning boshqa biror gaz tarkibida tarqalish diffuziya koeffistienti $D \approx 0,1 \div 1,0 \text{ sm}^2/s$, gazning suyuqlikka o'tish diffuziya koeffistienti $D = 10^5$ marta kam bo'lib, taminan $1 \text{ sm}^2/s$ utkaga 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 gidromexanik rejimiga bog'liq. Biror faza miqyosida turbulent diffuziya orqali tarqalgan moddaning miqdori quyidagi tenglama bilan topiladi:

$$dM = -\mathcal{E}_D \cdot dF \cdot \frac{dc}{dn} \cdot d\tau \quad (11.4)$$

bu erda \mathcal{E}_D -turbulent diffuziya koeffistienti. 11.4-tenglamadan \mathcal{E}_D ni aniqlanadi;

$$\mathcal{E}_D = \frac{dM \cdot dn}{d\tau \cdot dF \cdot dc} = \frac{\kappa z \cdot M}{c \cdot M^2 \cdot \kappa z / M^3} = \frac{M^2}{c}$$

Turbulent diffuziya koeffitsienti vat birligi ichida konstantrasiya gradienti birga teng bo'lganda yuza birligidan turbulent diffuziya yo'li bilan o'tgan moddaning miqdorini bildiradi. Turbulent diffuziya koeffitsienti m^2/s o'lchov birligiga ega bo'lib, uning qiymati jarayonning gidrodinamik shart-sharoitlariga bog'liq. Buerdagidrodinamikshart-sharoitotiqimningtezligivaturbulentlikmasshtabigaqarabaniqlanadi.

Harakatlanuvchisuyuqlikyokigazdamoddamolekulyarvaturbulentdiffuziyalaryordamidatar qaladibujarayonlarningyig'indisikonvektivdiffuziyadebataladi. Konvektiv diffuziya konstantratstiya gradienti, muhitning tezligi va fizik xossalariga 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:

$$\frac{dc}{d\tau} + \frac{\partial c}{\partial x} w_x + \frac{\partial c}{\partial y} w_y + \frac{\partial c}{\partial z} w_z = D \left(\frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 c}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 c}{\partial z^2} \right) \quad (11.5)$$

Tenglamadagi $dc/d\tau$ ifoda vat birligi ichida konstantrasiyasining 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:

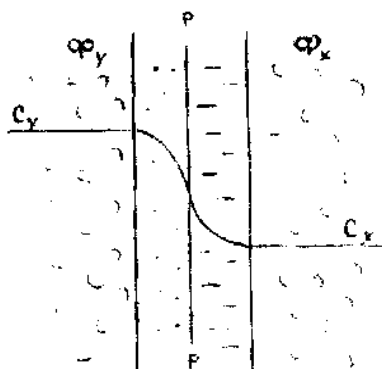
$$\frac{\partial c}{\partial x} w_x + \frac{\partial c}{\partial y} w_y + \frac{\partial c}{\partial z} w_z = 0 \quad (11.6)$$

Bu xolda 11.5 tenglama molekulyar difuziyaning differensial tenglamasi ko'rinishiga keladi:

$$\frac{dc}{d\tau} = D \left(\frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 c}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 c}{\partial z^2} \right) \quad (11.7)$$

(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 yuz 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
konstentrastiyaning taqsimlanishi.

Fazalar bir-biriga nisbatan ma'lum tezlikda, ya'ni turbulent rejimda harakat qiladi va 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'lik. Hidrodinamikadan ma'lumki, turbulent oqimda qattiq yuz ustida chegaraviy qatlam xosil bo'ladi. Har bir faza yadroga (yoki fazaning asosiy massasi) va fazaning chegaraviy yupqa qatlamga ega bo'ladi. Fazaning yadrosida modda asosan turbulent **pulstaiyalar** yordamida tarqaladi va tarqaluvchining konstentrastiyasi (s_{ou} va s_{ox}) amaliy jihatdan o'zgarish qiyamatga ega bo'ladi. Chegaraviy qatlamda turbulent rejim asta-sekin so'nib boradi, natijada ajratuvchi yuzga yaqinlashgan sari konstentrastiyasi o'zgarib boradi. Ajratuvchi yuzaning o'zida moddaning tarqalishi juda sekinlashadi, chunki moddaning o'tishi faqat molekulyar diffuziyaning tezligiga bog'liq bo'lib oladi. Fazalar o'rtasidagi ishqalanish va suyuq faza chegarasidagi sirt taranglik kuchlari ta'sirida ajratuvchi yuz yaqinida konstentrastiya keskin, taxminan to'g'ri chiziq 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 konstentrastiyalari farqiga to'g'ri proporsional bo'ladi. Faza yadrosidan chegaraviy qatlamga yoki ajratuvchi yuzga berilayotgan moddaning miqdori modda berish tenglamasi bilan aniqlanadi:

gaz fazasi uchun, F_u

$$M = \beta_y \cdot F \cdot (y - y_u) \quad (11.8)$$

cuyuqlik fazasi uchun, F_x

$$M = \beta_x \cdot F \cdot (x_u - x) \quad (11.9)$$

bu erda M - vaqt birligi ichida berilgan moddaning miqdori; β_u, β_x - gaz va suyuqlik fazalaridagi modda berish koeffitsientlari; $(u - u_{ch})$ – modda berishning F_u fazadagi harakatlantiruvchi kuchi; $(x_{ch}-x)$ – modda berishning F_x fazadagi harakatlantiruvchi kuchi; u_{ch} va x_{ch} xar bir fazaning yadrosidagi o'rtacha konsentrativiyasi; u_{ch}, x_{ch} – tegishli fazalar chegarasidagi konsentrativiyalar; F - fazalarni ajratuvchi yuza.

Modda berish koeffitsienti (11.8),(11.9) tenglamalaridan aniqlanadi:

$$\beta_y = \frac{M}{(y - y_u) \cdot F} = \frac{\kappa z / c}{\kappa z / M^3 \cdot M^2} = \frac{M}{c} \quad (11.10)$$

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 massasini bildiradi.

Modda berish koeffitsienti fizik o'zgarmas kattalik emas, u fazaning fizik xossalari (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 nazariyasidabog'liqliklarni ifodalovchi, moddaberishning umumiy kriterial tenglamalarini keltiribchiqaramiz.

O'xshashlik nazariyasi usullari yordamida bir nechta diffuzion kriteriyalari hosil qilingan. Bular jumlasiga (Nu'), Fure (Fo'), Pekle (Pe'), Prandtl (Pr') diffuzion kriteriyalar kiradi.

Nusselt diffuziya kriteriyasi quyidagi ko'rinishga ega:

$$Nu' = \frac{\beta \cdot \ell}{D} \quad (11.11)$$

bu erda β - modda berish koeffitsienti; D – molekulyar diffuziya koeffitsienti; L – sistemaning aniqlovchi o'lchami. O'xshash sistemalarning o'xshash nuqtalarida Nu' kriteriyasi 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 kriteriyasi tenglamasida xisoblanayotgan modda berish koeffitsienti bo'lgani uchun u aniqlanuvchi kriteriyadir.

Fure diffuziya kriteriyasi noturg'un holdagi modda berish jarayonlarini ifodalaydi va quyidagi kattaliklar orqali belgilanadi:

$$Fo' = \frac{\tau \cdot D}{l^2} \quad (11.12)$$

bu erda τ - jarayonning davomiyligi.

Noturg'un o'xshash sistemalar o'xshash nuqtalarida Fure kriteriyasi bir xil qiymatga ega bo'lib, vaqt birligi ichida modda berilishining o'zgarishini ko'rsatadi.

Pekle kriteriyasi o'xshash sistemalarning o'xshash nuqtalarida konvektiv va molekulyar diffuziyalar orqali o'tayotgan modda massalarining nisbati darajasini belgilaydi va quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$Pe' = \frac{w \cdot l}{D} \quad (11.13)$$

bu erda w - oqimning tezligi. Ko'p xollarda Re' kriteriyasi o'rniga Prandtl diffuziya kriteriyasi ishlatiladi:

$$Pr = \frac{Pe'}{Re'} = \frac{w \cdot l}{D} : \frac{w \cdot l}{\nu} = \frac{\nu}{D} = \frac{\mu}{\rho \cdot D} \quad (11.14)$$

Prandtl kriteriyasi o'xshash oqimlarning o'xshash nuqtalarida suyuqlik (gaz) ning fizik xossalari nisbatining o'zgarmasligini ifodalaydi. Gazlar uchun Re' ning qiymati birga yaqin suyuqliklar uchun esa $Re' = 10^3$, chunki suyuqliklarda diffuziya koeffitsienti juda kichkina qiymatga ($D = 10^{-9} \div 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$) ega.

Nusselt diffuziya kriteriyasi asosiy aniqlanishi lozim bo'lgan kriteriy bo'lib, uning boshqa kriteriyalar va komplekslar bilan bog'liqligi quyidagi umumiy ko'rinishga ega.

$$Nu = f(Re, Pr', Fo', Pe', G_1, G_2) \quad (11.15)$$

bu erda G_1, G_2 - geometrik o'xshashlik komplekslar.

Modda berish jarayonlarini hisoblash qiyin, chunki fazalar chegarasidagi taqsimlanayotgan modda konstantriyasining miqdorini aniqlash qiyin, chunki xisoblash usullari ma'lum emas. Shuning uchun bir fazadan ikkinchi fazaga vaqt birligi ichida o'tgan moddaning massasi M ni 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 konstantriyalar; u^*, x^* - berilgan fazadagi muvozanat konstantriyalar.

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 chap 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 koeffisienti (11.18), (11.19) tenglamalardan aniqlanadi.

$$K = \frac{M}{(y - y^*) \cdot F} = \frac{\kappa z}{\kappa z / M^3 \cdot M^2 \cdot c} = \frac{M}{c} \quad (11.20)$$

Modda o'tkazish koeffisienti (K_u , K_x) vaqt birligi ichida fazalarning kontakt yuzasi birligidan, jarayonning harakatlantiruvchi kuchi birga teng bo'lganda, bir fazadan ikkinchi fazaga o'tgan moddaning massasini bildiradi.

Modda berish va o'tkazish koeffisientlarining o'lchov birliklari bir xil bo'lib, jarayonning harakatlantiruvchi kuchning o'lchov birligiga, hamda fazolararo o'tayotgan moddaning miqdoriga bog'liq bo'ladi.

Fazalar ajratuvchi yuza bo'lib xarakat qilganda, ularning konstantriyasi o'zgaradi, natijada jarayonning harakatlantiruvchi kuchi xam o'zgaradi. Shu sababli modda o'tkazishning asosiy tenglamasiga o'rtacha harakatlantiruvchi kuch tushunchasi ($\Delta u_u'$, $\Delta x_u'$) kiritiladi.

$$M = K_u \cdot F \cdot \Delta u_{ur} \quad (11.21)$$

$$M = K_x \cdot F \cdot \Delta x_{ur} \quad (11.22)$$

Gaz fazaning konstantriyasi bo'yicha, modda o'tkazishning o'rtacha harakatlantiruvchi kuchi quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta y_{yp} = \frac{(y_{\delta} - y_{\delta}^*) - (y_o - y_o^*)}{2,31g \frac{y_{\delta} - y_{\delta}^*}{y_o - y_o^*}} = \frac{\Delta y_{ka} - \Delta y_{ku}}{2,31g \frac{\Delta y_{ka}}{\Delta y_{ku}}} \quad (11.23)$$

bu erda u_b , u_o - moddaning boshlang'ich va jarayon oxiridagi konstantriyasi; Δu_{ka} - qurilmaning birinchi (yoki ikkinchi) chekkasidagi konstantriyalarning katta farqi; Δu_{ki} - qurilmaning ikkinchi (yoki birinchi) chekkasidagi konstantriyalarning kichik farqi.

Xuddi shuningdek, suyuq fazaning konstantriyasi bo'yicha:

$$\Delta x_{yp} = \frac{(x_o^* - x_o) - (x_\delta^* - x_\delta)}{2,31g \frac{x_o^* - x_o}{x_\delta^* - x_\delta}} = \frac{\Delta x_{ka} - \Delta x_{ku}}{2,31g \frac{\Delta x_{ka}}{\Delta x_{ku}}} \quad (11.24)$$

Jarayonning harakatlantiruvchi kuchini o'tkazish birligi soni bilan xam ifodalash mumkin:

$$n_{oy} = \frac{y_\delta - y_o}{\Delta y_{yp}} \quad (11.25)$$

$$n_{ox} = \frac{x_o - x_\delta}{\Delta x_{yp}} \quad (11.26)$$

o'tkazish birligi soni harakatlantiruvchi kuch birligiga mos kelgan faza ishchi konstantastiyasining o'zgarishini belgilaydi. Ushbu ishda modda berish koeffitsientini aniqovchi qatlamli nasadkali kolonnada aniqlanadi. Nasadka sifatida Rashig halqalari, keramik buyumlar, koks, maydalangan kvarst, polimer halqalar, sharlar, egarsimon elementlar ishlatiladi. Nasadkali kolonnalarda gaz va suyuqlik nasadka qatlami orqali qarama-qarshi yo'nalishda harakatlanadi. Berilayotgan suyuqlikning miqdori (namlash zichligi) va gaz harakati tezligiga qarab, kolonna har xil rejimda ishlashi mumkin. Kolonnadagi bu rejimlar qo'llangan nasadkaning gidravlik qarshiligi 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 sarf miqdorini V_c kolonna ko'ndalang qismining F nisbatiga teng bo'ladi. Mavhum qaynovchi qatlamli nasadkali kolonnalarning gidravlik qarshiligini tajriba yo'li va empirik tenglama bilan aniqlash mumkin

$$\Delta P = \Delta P_k + 32,1 \cdot F^{1,03} \cdot H_n^{0,6} \cdot Z^{0,56} \cdot w^{0,82} \quad (11.27)$$

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:

$$\Delta P_K = \lambda \cdot \frac{H_o}{d_s} \cdot \frac{w_x \cdot \rho_r}{2} \quad (11.28)$$

bu erda λ - gidravlik qarshilik koeffitsienti; $d_e = 4a$ – nasadkaning ekvivalent diametri, m; $w_x = w_o/\varepsilon$ - gazning xaqiqiy tezligi, m/s; a - nasadkaning solishtirma yuzasi, m^2/m^3 ; ρ_r - gazning zichligi, kg/m^3 ; w_o - gazning mavhum tezligi, m/s.

Gidravlik qarshilik koeffitsienti oqimning rejimiga bog'lik bo'ladi. Nasadka qatlamidan suyuqlik oqib o'tayotganda, uning gidravlik qarshilik koeffitsienti gaz oqimining har qanday rejimi uchun quyidagi umumiy tenglama bilan aniqlanadi:

$$\lambda = 133/Re_r + 2634 \quad (11.29)$$

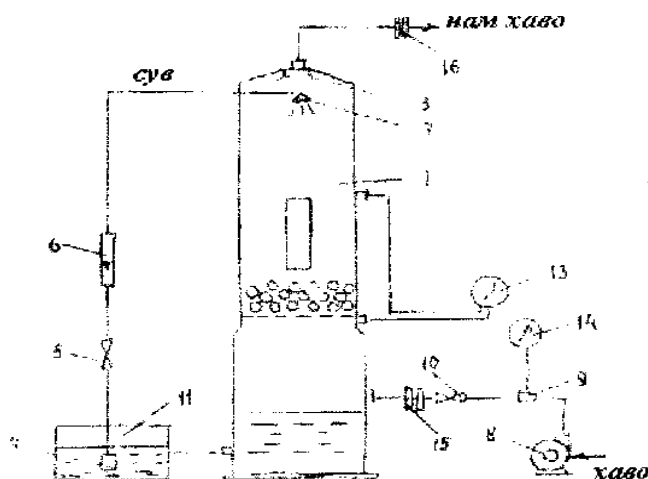
bu erda

$$Re_r = \frac{w_r \cdot d_s \cdot \rho_r}{\mu_r} = \frac{4 \cdot w_r \cdot \rho_r}{\mu_r \cdot a} \quad (11.30)$$

Ushbu ishni qilishdan maqsad mavhum qaynovchi qatlamli nasadkali kolonnalarda, modda berish koeffitsienti, quruq va ho'llangan nasadkaning gidravlik qarshiliklarini aniqlashdir.

Berilayotgan suyuqlikning miqdori va gaz harakatining tezligiga qarab qurilma to'rt xil 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 elaksimom bo'lib, teshiklarining diametri $d=0,016$ m, kolonna yuzasini egallagan tarelkaning ozod qismi $F=20\%$ ga teng. Nasadka sifatida tarelkaga diametri $d=37$ mm bo'lgan sharlar solingan. 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. Markazdan qochma nasos (4) orqali purkagich (7) ga suv beriladi. Suvning sarfi rotametr (6) orqali o'lchanib, sarfi kran (5) bilan rostlanadi. Havo diametri $d=110$ mm bo'lgan truba orqali ventilyator vositasida beriladi. Havoning sarfi maxsus moslama bilan o'zgartiriladi, uning sarflanish miqdori mikromanometr (14) ulangan Pito-



Prandtl (8) trubkasi

11.2-rasm. Laboratoriya qurilmasining sxemasi. 1- kolonna; 2- ag'darilma tarelka; 3- tomchi ajratgich; 4- nasos; 5- suyuqlik sarfini 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}) quruq 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 sterkulstiya qilinadi. Rotametrlarning 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 (8) orqali havo beriladi, hamda mikromanometr (14) ko'rsatkichi va psixrometr (15), (16) kolonnadan oldingi va keyingi ko'rsatkichlarini hisoblash jadvaliga yoziladi.

Ikkinchi usulda havoning sarf miqdorini o'zgarmas holatda suvning sarfi 4 marta rotametrlarning 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 xisoblanadi. 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 o'zda tasvirlanadi.

11-1 hisoblash jadvali

O'lchanadigan miqdorlar	1	2	3	4
Havo sarfi $V_c, m^3/s$				
Suvning sarfi $V, m^3/\text{soat}$				
Kolonnaga kirayotgan havoning temperaturasi, °S				
quruqhavoning temperaturasi - $t_k, °S$				
ho'l termometrning temperaturasi - $t_x, °S$				
Kolonnaga kirayotgan havoning nam saqlashi- $x_b, kg/kg$				
Kolonnadan chiqayotgan havoning temperaturasi - $t_{ch}, °S$				
quruqhavoning temperaturasi - $t_k, °S$				
Kolonnadan chiqayotgan havoning nam saqlashi- $x, kg/kg$				

Tajriba kursatkichlarini xisoblash

1. Ikki xil usul uchun modda berish koeffitsientini quyidagi tenglama bilan hisoblaymiz:

$$\beta_y = K_y = \frac{M}{F \cdot \Delta y_{yp}} \quad (11.31)$$

bu erda M - suvdan havoga o'tgan namlik miqdori, kg/s; $F = 0,031 m^2$ - tarelkaning ish yuzasi, m^2 ; Δy_r - jarayonning harakatlantiruvchi kuchi, kg/kg.

2. Suvdan havoga o'tgan namlikning miqdori quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$M = G_x \cdot (y_o - y_{\bar{o}}) \quad (11.32)$$

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 diagrammadan aniqlanadi.

3. Havoning massaviy sarfi quyidagicha aniqlanadi:

$$G_x = V_c \cdot \rho \quad (11.33)$$

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, olingan dinamik naporning qiymati orqali aniqlanadi: $h_o = w^2 / 2g$

bu erdan $w = \sqrt{2g \cdot h_o}$

Havoning hajmiy sarfi esa:

$$V_c = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \varphi \sqrt{2g \cdot h_o} \quad (11.34)$$

bu erda $d=110$ mm - havo berilayotgan trubaning diametri, m; $\varphi = 0,97$ -sarflanish koeffitsienti; h_o -dinamik napor, havo ustunida.

5. Jarayonning harakatlantiruchi kuchi Δx_{ur} quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta x_{yp} = \frac{(x_m - x_{\bar{o}}) - (x_m - x_o)}{2,31g \frac{x_m - x_{\bar{o}}}{x_m - x_o}} \quad (11.35)$$

bu erda x_m -havoning muvozanat holatdagi nam saqlashi, temperaturaga I-x diagrammadan aniqlanadi.

6. Havoning mavhum tezligi sekundi sarf tenglamasidan aniqlanadi:

$$w_o = \frac{V_c}{F} \quad (11.36)$$

bu erda $F = 0,0314 \text{ m}^2$ - kolonnaning ko'ndalang kesim yuzasi. Suvning sarf miqdori bo'yicha namlash zichligi quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$Z = \frac{G}{3600 \cdot F} \quad (11.37)$$

bu erda Z -namlash zichligi; G - suvning sarf mikdori, rotametning ko'rsatkichi bo'yicha grafikdan aniqlanadi.

Quruq va xo'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'zgarmas ($G=const$) holatida mikromanometrning (13) ko'rsatkichi bo'yicha, ho'llangan nasadkaning gidravlik qarshiligini aniqlanadi. Havoning sarfini mikromanometr (14) bilan aniqlanadi. Bu tajribani 4 marta qaytaramiz. Olingan tajriba natijalarini 13-2 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				
Rotametrning 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 xisoblanadi. Quruq va ho'llangan nasadkalarining gidravlik qarshiligining o'lchov birligi Pa da ifodalab tezlak bilan o'zaro bog'lanishlari, ya'ni ΔR_k-w_o va ΔR_x-w_o grafilari millimetrli qog'ozda tasvirlanadi.

Tajribada olingan quruq va ho'llangan nasadkalarining gidravlik qarshiliklarining qiymatini (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.
8. Modda berish va o'tkazish koeffitsientlarining fizik ma'nosi.
9. O'xshashlik diffuzion kriteriyalar va ularning fizik ma'nosi.
10. Jarayonning o'rtacha harakatlantiruvchi kuchi va uni aniqlash.
11. Fazalarning additiv qarshiligi.

14-LABORATORIYA ISHI: YARIM SFERIK 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 absorbsiya deyiladi. Absorbsiya jarayoni gazlarni, eritmalarini tozalash va quritishda, eritmalardan qimmatbaho moddalarni ajratib olishda, neft maxsulotlaridan xosil bo'lgan aralashmalarni tozalashda, xavo yoki boshka gazlar aralashgan (portlovchan) eritmalarini xamda gaz va bug' aralashmalarini ajratib olishda, neftni qayta ishlash natijasida xosil bulgan gaz aralashmalaridan vodorod va etilenni, benzin frakstiyalaridan 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, qattiqg'ovaksimon silikagel, stellyuloza, 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.

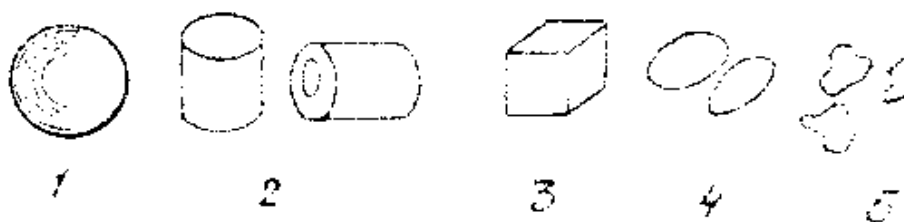
Adsorbentning fizik xususiyati zarrachalar ichida kapillyar kanallarning kattaligiga bog'liq bo'ladi. Kapillyar kanallar makro, oralik, mikro g'ovakli bo'ladi.

Mikrog'ovakli adsorbentlarning solishtirma yuzasi kichik bo'lgani uchun bunday adsorbentning devorlarida juda kam mikdorda modda yutiladi. Makrog'ovakli adsorbentlarda yutilayotgan molekular faqat ularning kanallari orqli uzatiladi. Oraliqg'ovakli adsorbentlarning yuzasida absorbsiya jarayoni davomida yutilayotgan modda molekularining kattaligi g'ovak teshiklaridan kichik bo'lgan uchun, yutiladigan modda qatlami hosil bo'ladi.

Mikrog'ovakli adsorbentlarda teshiklarning kattaligi yutilayotgan molekularning kattaligiga teng bo'lib, absorbsiya davomida mikrog'ovaklarning xajmlari yutilayotgan molekular bilan to'ladi. Shuning uchun jarayon davomida mikrog'ovakli adsorbentlarning yuzasida moddaning yutilishida modda qatlamining 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 o'z aktivligidan qat'iy 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 – stilindr; 3 – kub; 4 – aylanasimon;
5 – noto'g'ri shakldagi zarrachalar.

Donasimon materiallar orasidagi bo'sh xajmining qatlam xajmiga nisbati bo'sh 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 – qatlamdagi zarrachalar egallagan xajm; $V_1 - V_0$ – qatlamning bo'sh xajmi.

Bo'sh xajmning kattaligi donasimon materiallarning xiliga va ularning katta-kichikligiga bog'liq bo'lib, u tajriba orqali topiladi. O'zgarimas qatlamda bir xil diametrli sharsimon zarrachalar uchun uning diametrining katta kichikligidan qat'iy nazar bo'sh xajmi $\varepsilon = 0,375$ teng bo'ladi. Donador material qatlamining asosiy xarakteristikasidan biri zarrachalarning solishtirma yuzasi bo'lib, zarrachalarning sirt yuzasini hajmga bo'lgan nisbatini ko'rsatadi, ya'ni:

$$S_0 = S_T / V \quad (15.2)$$

Aniq shaklga ega bo'lgan zarrachalarning kattalik miqdori ma'lum bo'lsa, ularning sirt yuzasini hisoblash oson bo'ladi. Solishtirma yuz S_0 qatlamning xajm birligida joylashgan barcha zarrachalarning yuzasini ifodalaydi. Sferasimon shakldagi zarrachalar uchun:

$$S = S_0(1 - \varepsilon) \quad (15.3)$$

Yassi sirtli elementlardan (kubsimon, stilindrsimon, plastinali) tashkil topgan zarrachalar qatlamda, o'rnashganda ular bir-birlariga tegib, o'z solishtirma yuzalarining bir qismini to'sib ko'yadilar. Shuning uchun bu xolda to'sish 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 qatlamning erkin yuzasi:

$$S = S_{o.ef}(1 - \varepsilon) = S_0(1 - \varepsilon)K_n \quad (15.5)$$

Qatlam kanallaridan o'tayotgan gaz oqimining haqiqiy tezligi qatlamning bo'sh 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 $w_0 = V/F$ - mavhum tezlik, gaz oqimining xajmiy sarfini qatlamning ko'ndalang kesim yuzasiga bo'lgan nisbatiga teng.

Zarrachalar orasidagi bo'sh, qatlamning o'zgaruvchan ko'ndalang kesimi va uzunligi bo'yicha, kanallar hosil qilishi natijasida, qatlamda esa, ichki bo'sh hajm vujudga keladi. Kanallarning gidravlik radiusi aniqmas shaklli zarrachalar uchun quyidagicha aniqlanadi:

$$r = \varepsilon d / 6(1 - \varepsilon) \quad (15.7)$$

Har qanday ko'ndalang kesim uchun kanallarning ekvivalent diametri quyidagicha aniqlanadi:

$$d_e = 4r = \varepsilon d / 6(1 - \varepsilon) = 4\varepsilon / S = 4\varepsilon / S_0(1 - \varepsilon)K_n \quad (15.8)$$

Absorbsiya qurilmasidagi qatlamning gidravlik qarshiligini engish uchun sarflangan kuvvatning miqdori jarayonning oqim tezligini belgilab, tozalash jarayonini qisman bahosini oshiradi. Massa almashinish jarayonida bir fazadan ikkinchi fazaga o'tayotgan moddaning miqdori oqimning tuzilish tarkibiga bog'liq bo'ladi.

Zarrachalar qatlamida oqim 2 xil rejimda harakat qiladi. Muhit oqimning tezligi kichik bo'lganda uning zarrachalari bir-biriga aralashmasdan, parallel xolda tartibli xarakat qiladi. Bunday harakat laminar rejim deyiladi. Turg'un rejimda muhit oqimining tezligi qatlamdan o'tayotgan gaz oqimining xar bir nuqtasida o'zgarmas bo'ladi, ya'ni $w = f(x, y, z)$. Muhit oqimining tezligi asta-sekin oshirilsa uning zarrachalari bir-biri bilan aralashib tartibsiz tulqinsimon xarakat qiladi. Bunday oqim turbulent rejim deyiladi. Oqimning xarakat rejimi muhit oqimining o'rtacha tezligiga, muxitning zichligiga, va qovushokligiga xamda kanallarning ekvivalent diametriga bog'liq bo'ladi.

Bu kattaliklar o'lchamsiz kompleks Reynolds kriteriyasi orqali aniqlanadi:

$$Re = \frac{wd_3\rho}{\mu} \quad (15.9)$$

Donasimon qatlamdagi 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 qarshiliklarni, ya'ni muxitning zarrachalar orasidan o'tayotgandagi qarshiliklarni hammasini hisobga oladi va umumiy qarshilik koeffitsienti deyiladi.

Qarshilik qonuniga asosan umumiy qarshilik koeffitsienti Reynolds kriteriyasi bilan quyidagi bog'lanishda bo'ladi:

$$\lambda = f(Re) \quad (15.11)$$

Adsorbent erkin hajmi o'zgarmas bo'lganda, yoki g'ovakli moddalar qaysiki qatlam 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.

$$\Delta P = \lambda_m \frac{L}{\psi \cdot d_3} \cdot \frac{\rho w^2}{2} \cdot \frac{1 - \varepsilon}{\varepsilon^3} \quad (15.13)$$

bu erda $\lambda_m = f(Re_m)$ - modifikastiyalashtirilgan qarshilik koeffitsienti $Re_m = wd_e \psi \rho / \mu (1 - \varepsilon)$ - modifikastiyalashtirilgan Reynolds kriteriyasi zarrachalarning shaklini, qatlamdagi bo'sh xajmni xisobga oladi. O'zgarmas qatlamdagi gidravlik qarshilik turbulent harakat rejimida quyidagicha aniqlanadi:

$$Eu = c \cdot Re_m^{-n} \cdot \Gamma \quad (15.14)$$

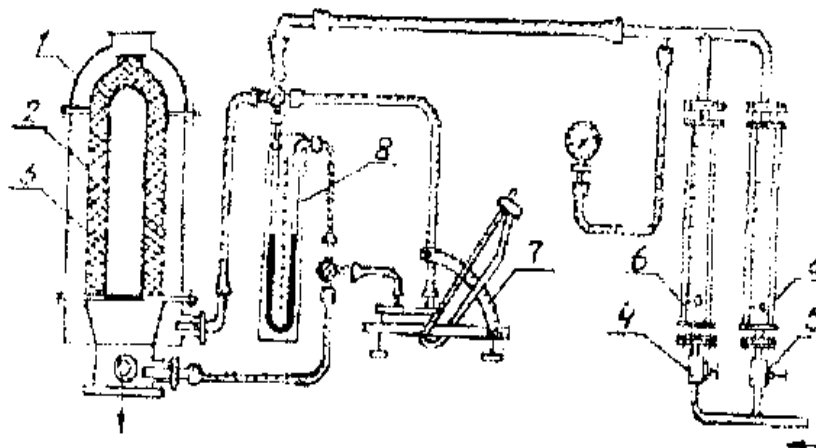
Gaz oqimining turg'un xarakati jarayonida (15.12) va (15.14) umumiy tenglamalar xisoblanadi, bu tenglamadagi A , s koeffitsientlari va daraja ko'rsatkichi n tajriba orqali aniqlanadi. Bu miqdorlarning qiymati Reynolds kriteriyasiga bog'liq bo'lib, uning o'zgarishi bilan bu koeffitsientlar mos ravishda o'zgarib, tajriba natijalariga asoslanib aniqlanadi.

Ish bajarishdan maqsad, o'zgarmas adsorbent qatlamidagi gidravlik qarshilikni aniqlab, $Eu=f(Re)$ orasidagi bog'lanish grafigini qurish, tajriba natijalari asosida A , s koeffitsientlari 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 rotometr; 7 – MMN-240 mikromometr; 8 – difmanometr.

Laboratoriya kurilmasi o'zgaruvchan ko'ndalang kesimdagi adsorberdan iborat bo'lib, uning ichiga tashqi 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 rotometr ko'rsatkichi buyicha 4 va 5 kran orqali sozlanadi. Adsorberdagi bosimlarning farqi mikromometr 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 aniqlanadi. Bu kattalikni o'lchash uchun ma'lum mikdordagi aktivlangan ko'mirni tarozida tortib stilindrga solinadi va uning egallagan xajmini mikrometr bilan o'lchanadi. Qatlamdagi 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 hisoblanadi.

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 rotometri yordamida har xil o'zgartirib laboratoriya qurilmasining gidravlik qarshiligini mikromometr 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, rotometrning ko'rsatkichi bo'yicha havoning sarflanish miqdori aniqlanadi.

Tajriba davomida havoning sarflanish miqdorini rotometrning ko'rsatkichi bo'yicha oshirib, laboratoriya kurilmasining gidravlik qarshiligini quruq adsorberda va adsorber ko'mir bilan to'ldirilgan xolda 5-6 marta mikromometr va difmanometr bilan o'lchaymiz. Tajriba natijalari hisoblash jadvaliga yoziladi.

Tajriba natijalarini xisoblash

1. Havoning sekundli sarfi miqdoriga asosan modifikastiyalashtirilgan Reynolds kriterisini aniqlaymiz.

$$Re_m = \frac{w_x d_\psi \psi}{\nu(1 - \Sigma)} \quad (15.15)$$

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 miqdori buyicha Eyler kriteriyasi 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 koeffistientining 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.

15-1 jadval

Tajriba	w_x , m/s	ΔR , Pa	$Eu = \frac{\Delta H}{\rho w_x^2}$	$Re = \frac{w_x d_\psi \psi}{\nu(1 - \Sigma)}$	$\lg \frac{Eu}{\Gamma}$	$\lg Re$
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						
7.						
8.						

Tekshirish uchun savollar

1. Kimyoviy texnologiya jarayonlarida gidromexanik jarayonlarning qo'llanilishi.
2. Gaz oqimining donador materiallar qatlamidagi xarakat rejimi. Donador zarracha qatlamining fizik geometrik xarakteristikalari.
3. Gaz oqimining donador material qatlamida laminar va turbulent harakat rejimidagi karshilik qonunlari.
4. O'zgarmas donador material qatlamida gaz oqimining laminar va turbulent xarakat rejimida gidravlik karshiliklarni umumiy hisoblanish xollari.

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA MAXSUS
TA'LIM VAZIRLIGI
GULISTON DAVLAT UNIVERSITETIK
OZIQ-OVQAT TEXNOLOGIYALARI
KAFEDRASI**

**«TEXNOLOGIK JARAYON VA QURILMALAR»
FANIDAN**

MUSTAQIL TA'LIM

GULISTON – 2022

VI. Mustaqil ta'lim va mustaqil ishlar.

№	Mustaqil ta'lim mavzulari	Soat hajmi
1-qism (4-semestr). Asosiy texnologik jarayon va qurilmalar		
1	Isitish bug'lanish, sovutish va kondensatsiyalanish. Temperatura maydoni va gradiyenti. Turli materiallar issiqlik o'tkazuvchanligi va ularning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffisientlari.	15
2	Isitish bug'lanish, sovutish va kondensatsiyalanish. Injektorli va turbokompressor bug'latish qurilmalari konstruksiyalari, ishlash prinsipi, afzallik va kamchiliklari.	15
3	Massa almashinish asoslari. Fazalar qoidasi. Massa o'tkazishning asosiy qonunlari. Massa almashinish jarayoni mexanizmi.	15
4	Massa almashinish asoslari. Fazalar qoidasi. Massa almashinish jarayoninig modellari.	15
5	Massa almashinish asoslari. Fazalar qoidasi. Massa almashinish jarayonin asosiy qonunlari. Kalonnali qurilma tarelkalarning konstruksiyalari.	15
6	O'xshashlik nazariyasi asoslari va o'lchov birliklar taxlili. Modellashtirish prinsiplari. Modifikatsiyalashgan va hosila o'xshashlik kriteriyalari.	15
	Jami	90
2-qism (5-semestr). Asosiy texnologik jarayon va qurilmalar		
1	Nyuton suyuqlik oqimi. Truba quvurlari diametrini hisoblash.	15
2	Ion almashinish jarayonlari. Desorbsiya Desorberlar konstruksiyalari, ishlash prinsipi, afzallik va kamchiliklari.	15
3	Filtrlash jarayoni intensivlash. Listli va romli filtr konstruksiyasi, ishlash prinsipi, afzallik va kamchiliklari.	15
4	Gazlarni yuvib tozalash. Ko'pikli chang ushlagichlar konstruksiyasi, ishlash prinsipi, afzallik va kamchiliklari.	15
5	Ikki fazali oqimlar gidrodinamikasi. Diafragmali nasos konstruksiyasi, ishlash prinsipi, afzallik va kamchiliklari.	15
6	Qurilmada suyuqlik bo'lish vaqti taqsimoti va oqimlar tuzilishi.	15
	Jami	90

Mustaqil o'zlashtiriladigan mavzular bo'yicha talabalar tomonidan referatlar tayyorlash va uni taqdimot qilish tavsiya etiladi.

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

GULISTON DAVLAT UNIVERSITETIK

OZIQ-OVQAT TEXNOLOGIYALAR

KAFEDRASI

“ TEXNOLOGIK JARAYON VA QURILMALAR ”

FANIDAN

GLOSSARIY

GULISTON – 2022

Glossariy

1. **Termodinamik jarayon** - Termodinamik sistemada sodir bo'ladigan va uning holat parametrlaridan hech bo'lmaganda bittasi o'zgarishi bilan bog'liq bo'lgan har qanday o'zgarish.
2. **Temperatura**- modda tarkibidagi zarrachalarning kinetik energiyasini o'lchovi.
3. **Bosim**- suyuqlik va gaz molekularining yuza birligiga uzatgan ta'siri kuchi.
4. **Solishtirma hajm**- moddaning birlik massasi egallagan hajm.
5. **Issiqlik mashinasi**- Issiqlik energiyasini mehanik energiyaga aylantiruvchi qurilma.
6. **Termik F.I.K** - aylanma jarayonda ish jismga uzatilgan issiqlik miqdorining foydali ishga teng qismining uzatilgan to'la issiqlik miqdoriga nisbati.
7. **Sistemaning muvozanat** -tinch, turg'un harakatsiz holati.
8. **Ichki energiya**-Sistemaning ichida molekula zarrachlarini harakati
9. **Potensial energiya**-namoyon bo'lishi, foydalanishi mumkin bo'lgan, ammo ro'yobga chiqmagan.
- 10.**Ish jism**- energiyani bir turdan boshqa turga , aylantirish jarayonida ish bajaradigan moddalar.
- 11.**Ideal gaz**- bosim va temperaturalar o'zgarishida ham o'zgarmaydigan zichlik qovushqoqlikka ega bo'lgan gaz. Real - Chindan ham bor gaz, bu gazning fizik xossalari, xolati o'zgaradi.
- 12.**Absolyut nol**-Termodinamik temperatura shkalasining o nuqtasi uchun ideal gaz molekulasining tartibsiz harakati go'yoki to'xtaydigan temperatura.
- 13.**Issiqlik sig'im**- modda birlik massasini 1 °c ga isitish uchun zarur bo'lgan issiqlik miqdori.
- 14.**Solishtirma issiqlik sig'imi**-gazlarni hossalari turlicha bo'lganini hisobga olib, termodinamik jarayonlar kelishida hisoblash, ishlari aniq bo'lishi uchun ishlatiladigan kattalik
- 15.**Puasson koeffistienti**- $P=const$, $V=const$ bo'lgandagi issiqlik sig'imi nisbati
- 16.**Entalpiya** - yunonchada (isitaman) degan ma'noni anglatadi. Termodinamik sistemani holat funkstiyasi.
- 17.**Entropiya** - yunonchada (aylanish, o'zgarish) degan ma'noni anglatadi. U ham termodinamik sistemaning holat funkstiyasidir.
- 18.**Politropik jarayon**- sistema yoki gazning solishtirma issiqlik sig'imi $C=const$ o'zgarmas bo'lgan termodinamik jarayon
- 19.**Izobarik jarayon**- o'zgarmas bosim ostida kechadigan termodinamik xodisalar majmui.
- 20.**Izoxorik jarayon**- o'zgarmas xajm ostida kechadigan termodinamik jarayon.

21. **Izotermik jarayon**- o'zgarmas temperaturada sodir bo'ladigan termodinamik jarayon.
22. **Adiabatik jarayon**- Ish moddasi tashqi muxit bilan issiqlik almashmagan holda unda kechadigan termodinamik jarayon.
23. **Soplo**- konus nayga,xavo chiqaradigan soplo.
24. **Nasadka**- Biror bir kanalni toraytirish uchun qo'yiladigan qo'llanma
25. **Bug'**- issiqlik ta'sirida havoga emirilib chiqqan gaz.
26. **Kritik**- kritik holatdagi temperatura yoki kritik holatdagi tezlik.
27. **To'liq energiya**- ichki energiya, potentsial energiya va kinetik energiyalar yig'indisi.
28. **Oqim differentsial tenglamasi**-sistemaga tashqaridan issiqlik ko'rinishda energiya berilsa, uning kinetik energiya, ichki energiya va entalpiyasi o'zgarishini yig'indisidan iborat.
29. **Kompressor**- bosim ostida havo, gaz va bug'larni haydaydigan mashina
30. **Zararli bo'shliq**- stilindr qopqog'i va porshen orasidagi bo'shliq.
31. **Drossellash**- yo'lida uchraydigan mahalliy qarshilik tufayli bosimini yuqotishi drossellash jarayoni deyiladi.
32. **Jarayon**- ish, harakat, voqea, hodisani borishi, oqim rivoji.
33. **Bug'**- issiqlik ta'sirida havoga yopirilib chiqqan gaz
34. **Nisbiy namlik**- havo absolyut namligining to'yinish paytidagi absolyut namlikga nisbati.
35. **Absolyut namlik**- nam havoning hajm birligi to'g'ri kelgan suv bug'larining miqdori.
36. **Qozon**- bug' hosil qilish uchun xizmat qiladigan qurilma.
37. **Bug' mashinasi**- bug' hosil qiladigan qurilma.
38. **Kondensator**- bug'ni suyuq holatga aylantiradigan issiqlik almashish qurilmasi.
39. **Issiqlik o'tqazish** - jism tarkibidagi malekula harakati natijasida yuzaga keladigan kinetik energiya, harorati bir joydan ikkinchi joyga ko'chirmoq.
40. **Temperatura** - suv, havo harorati.
41. **Konvekstiya** - gaz yoki suyuqliklarda mikroskopik hajmlarni aralashtirish natijasida yuz beradigan issiqlikning o'tishi jarayonlarni issiqlik o'tqazuvchanligi.
42. **Issiqlik nurlanishi** (radioaktiv) - Issiqlik energiyasining elektromagniy to'lqinlari orqali tarqalishi.
43. **Vatt**- elektr quvvatini o'lchov birligi.
44. **Kondenstasiya**- bug' gazning suyuq xolga aylanish jarayoni.
45. **Qaynash**- Issiqlik ta'sirida suyuqlik qatlamida bug' hosil bo'lish jarayoni.
46. **Ifloslangan zarrachalar**- Suyuqlikni qaynash paytida bug' puffakchalarni isitish yuzasining bug' hosil bo'lishi markazlarda hosil bo'ladi.

47. **Bug' puffakchalar**- Qaynash paytida isitish yuzasidan ajralib chiqayotgan bug'.
48. **Yoqilg'i**-asosiy tarkibiy qismi ugleroddan iborat yonuvchi modda.
49. **Yonish issiqligi**- ish yoqilg'sining birlik massasi to'la yonganda ajralib chiqqan issiqlik miqdori.
50. **Koks**- tabiiy yoqilg'ini va ba'zi neft mahsulotlarini kokslash natijasida hosil bo'lgan qattiq qoldiq 90-98% uglerodga ega.
51. **Yonmoq**-alanga hosil qilmoq.
52. **Agregat**-murrakab mashinalarning ma'lum vazifasini bajaruvchi moslama.
53. **Suyuqlik**- Oqib.o'zi ishg'ol qilib turgan idish shaklini olish.
54. **Gaz**- zarralari kuchsiz bog'langan va o'zi ishg'ol qilgan bo'shliqni bir tekki to'ldirib turadi.
55. **Qozon- mahsus qurilma.**
56. **O'thona**- yoni devor bilan o'ralgan alohida joy yoki yonish jarayoning borishini ta'minlaydigan va boshqaradigan uskunalar majmuasi.
57. **Forsunka**- sovuq yoki chugunsimon moddani nurlab beruvchi asbob.
58. **Rangsiz**- biror ranga ega bo'lmagan tusiz.
59. **Qozon agregati**- o'choqda yoqilgan yoqilg'idan ajralgan issiqlik xisobiga bosim ostida issiq suv va bug' hosil qiladigan uskunalar majmuyasi.
60. **Surish**- sirg'antirish
61. **Puflash**- kuchli bosim bilan xavo chiqarish.
62. **Changsimon**- chang to'zonga o'xshash.
63. **Ventilyator**- parrakli mexanizm.
64. **Qozon qurilma**- qozon agregati va yordamchi uskunalar.
65. **Energetik qozon**- faqat issiq elektr stanstiyalarining bug' turbinalarini bug' bilan ta'minlaydigan qurilmalari.
66. **Utilizator qozon**- Pechlardan chiqadigan tutun gazi aralashmalari issiqligidan foydalanib ishlaydigan qurilma.
67. **Bug' turbinasi**- bug'ning issiqlik energiyasi bosqichma-bosqich mexanik energiyaga aylantirib beruvchi issiqlik mashinasi.
68. **Turbina**- berilayotgan ish jismi bug', gaz, suvlarning kinetik energiyasini mexanik ishga aylantirib beradigan birlamchi dvigatel.
69. **Disk** - mexanizmning dumaloq qismi.
70. **Gaz turbina**-yuqori bosim va temperatura yonish maxsuli energiyasini kurkalar yordamida rotor valining mexanik energiyasiga aylantiruvchi issiqlik mashinasi.
71. **Elektr stanstiyalari**- organik yoqilg'i yonganda ajraladigan issiqlik energisini o'zgartirish natijasini issiqlik va elektr ishlab chiqarishi inshoati.
72. **Elektr**-zaryadlangan zarra, tok.
73. **GRES**- davlat rayon elektro stanstiyasi.
74. **IES**- issiqlik elektr stanstiyasi.
75. **KES** - kondensastiyali elektr stanstiyasi.
76. **IEM** - issiqlik markazi.
77. **MGD**- magnit gidrodinamik generator.

Glossariy

1. **Thermodynamic process** - any change that occurs in a thermodynamic system and is associated with a change in at least one of its state parameters.
2. **Temperature** is a measure of the kinetic energy of particles in a substance.
3. **Pressure** is the force exerted by liquid and gas molecules on a surface unit.
4. **Relative volume** is the volume occupied by a unit mass of a substance.
5. **Heat engine** - a device that converts heat energy into mechanical energy.
6. **Thermal F.I.K** - the ratio of the amount of heat transferred to the working body in the circulation process equal to the amount of useful work to the amount of full heat transferred.
7. **Equilibrium** - of the system is a calm, steady state of motion.
8. **Internal energy**-Movement of molecular particles inside the system
9. **Potential energy**-appearance, which can be used, but not realized.
10. **Work body** - substances that perform work in the process of converting energy from one type to another.
11. **An ideal gas** - is a gas with a density and viscosity that does not change even with changes in pressure and temperature. Real - real gas, the physical properties of this gas change.
12. **Absolute zero** - is the temperature at which the random movement of an ideal gas molecule supposedly stops for point o of the thermodynamic temperature scale.
13. **Heat capacity** - is the amount of heat needed to heat a unit mass of a substance by 1 °C.
14. **Relative heat capacity** - is a quantity used for the calculation and accuracy of thermodynamic processes, taking into account the fact that gases have different properties.
15. **Poisson's coefficient** - is the ratio of heat capacity when $P=\text{const}$, $V=\text{const}$
16. **Enthalpy** - means (to heat) in Greek. The state function of a thermodynamic system.
17. **Entropy means (rotation, change)**- in Greek. It is also a state function of a thermodynamic system.
18. **Polytropic process** - is a thermodynamic process in which the specific heat capacity of a system or gas $C = \text{const}$
19. **19. Isobaric process** - is a set of thermodynamic phenomena occurring under constant pressure.
20. **20. Isochoric process is** - a thermodynamic process that takes place under constant volume.
21. **Isothermal process** - is a thermodynamic process that takes place at a constant temperature.
22. **Adiabatic process** - a thermodynamic process in which the working substance does not exchange heat with the external environment.
23. **Nozzle** - a cone tube, a nozzle that emits air.
24. **Nasadka** - a guide to narrow a channel
25. **Steam** - is a gas released into the air under the influence of heat.

26. **Critical** - critical state temperature or critical state speed.
27. **Total energy** - is the sum of internal energy, potential energy and kinetic energy.
28. **The flow differential equation**- consists of the sum of changes in kinetic energy, internal energy, and enthalpy when energy is supplied to the system in the form of heat from the outside.
29. **A compressor** - is a machine that drives air, gas and steam under pressure
30. **Damaged space** - the space between the cylinder cover and the piston.
31. **Throttling** - pressure loss due to local resistance in the path is called the throttling process.
32. **Process** - work, action, event, event progress, flow development.
33. **Steam** - is a gas released into the air under the influence of heat
34. **Relative humidity** - is the ratio of the absolute humidity of the air to the absolute humidity at the time of saturation.
35. **Absolute humidity is the amount of water vapor per unit volume of humid air.**
36. **Boiler** - is a device used to generate steam.
37. **A steam engine** - is a device that generates steam.
38. **Condenser** - is a heat exchange device that turns steam into a liquid state.
39. **Heat transfer** - kinetic energy resulting from the movement of molecules in the body, moving temperature from one place to another.
40. **Temperature** - water, air temperature.
41. **Convection** - heat transfer processes that occur as a result of the mixing of microscopic volumes in gases or liquids.
42. **Heat radiation (radioactive)** - The spread of heat energy through electromagnetic waves.
43. **Watt** - is a unit of measurement of electric power.
44. **Condensation** - is the process of turning gas vapor into a liquid.
45. **Boiling** - The process of steam formation in a liquid layer under the influence of heat.
46. **Contaminated particles** - During the boiling of the liquid, steam bubbles are formed in the centers of the heating surface of the steam.
47. **Steam bubbles** - steam released from the heating surface during boiling.
48. **Fuel** - is a combustible substance whose main component is carbon.
49. **Combustion heat** - is the amount of heat released when a unit mass of working fuel burns completely.
50. **Coke** - a solid residue formed as a result of coking natural fuel and some petroleum products has 90-98% carbon.
51. **To burn** - to create a flame.
52. **Aggregate** - is a device that performs certain functions of complex machines.
53. **Liquid** - Flowing, taking the shape of the container it occupies.
54. **Gas particles** - are weakly connected and fill the space occupied by themselves.

55. **Boiler** - is a special device.
56. **Stove** - a separate place surrounded by a wall or a complex of equipment that ensures and controls the progress of the combustion process.
57. **Nozzle** - a device that radiates a cold or ferrous substance.
58. **Colorless** - without any color.
59. **Boiler unit** - a set of equipment that generates hot water and steam under pressure due to the heat released from the fuel burned in the furnace.
60. **Pushing** - sliding
61. **Blowing** - releasing air with strong pressure.
62. **Dusty** - like dust.
63. **Fan**- leaf mechanism.
64. **Boiler equipment** - boiler unit and auxiliary equipment.
65. **Energy boiler** - devices that supply steam turbines of steam turbines of hot power stations only.
66. **Utilization boiler**- a device that works using the heat of flue gas mixtures coming out of furnaces.
67. **A steam turbine** - is a heat engine that gradually converts the thermal energy of steam into mechanical energy.
68. **Turbine** - is a primary engine that converts the kinetic energy of steam, gas, and water into mechanical work.
69. **Disk** - is a circular part of the mechanism.
70. **Gas turbine**-a heat engine that converts the energy of combustion products of high pressure and temperature into mechanical energy of the rotor shaft using turbines.
71. **Power stations** - facilities for the production of heat and electricity as a result of the conversion of thermal energy released when organic fuel is burned.
72. **Electrically** - charged particle, current.
73. **GRES** - state district power station.
74. **IES**- thermal power station.
75. **KES** - condensing power station.
76. **IEM** - heat center.
77. **MGD** – magnetic hydrodynamic generator.

Глоссарий

1. **Термодинамический процесс** - любое изменение, происходящее в термодинамической системе и связанное с изменением хотя бы одного из параметров ее состояния.
2. **Температура** - есть мера кинетической энергии частиц в веществе.
3. **Давление** – это сила, с которой молекулы жидкости и газа действуют на единицу поверхности.
4. **Относительный объем** – это объем, занимаемый единицей массы вещества.
5. **Тепловая машина** – устройство, преобразующее тепловую энергию в механическую.
6. **Тепловая Ф.И.К** - отношение количества теплоты, переданной рабочему телу в процессе циркуляции, равной количеству полезной работы, к количеству полностью переданной теплоты.
7. **Равновесие системы** – это спокойное установившееся состояние движения.
8. **Внутренняя энергия**-Движение молекулярных частиц внутри системы
9. **Потенциальная энергия**-проявляется, используется, но не реализуется.
10. **Рабочие тела** - вещества, совершающие работу в процессе преобразования энергии одного вида в другой.
11. **Идеальный газ** – это газ, плотность и вязкость которого не меняются даже при изменении давления и температуры. Реальный - настоящий газ, физические свойства этого газа меняются.
12. **Абсолютный ноль** – это температура, при которой хаотическое движение молекулы идеального газа якобы прекращается для точки о термодинамической шкалы температур.
13. **Теплоемкостью** - называется количество теплоты, необходимое для нагревания единицы массы вещества на $1\text{ }^{\circ}\text{C}$.
14. **Относительная теплоемкость** – величина, используемая для расчета и уточнения термодинамических процессов с учетом того, что газы обладают различными свойствами.
15. **Коэффициент Пуассона** – отношение теплоемкости при $P=\text{const}$, $V=\text{const}$
16. **Энтальпия** - в переводе с греческого означает (нагревать). Функция состояния термодинамической системы.
17. **Энтропия** - означает (вращение, изменение) по-гречески. Это также функция состояния термодинамической системы.

18. **Политропический процесс** – термодинамический процесс, при котором удельная теплоемкость системы или газа $C = \text{const}$
19. **Изобарический процесс** – это совокупность термодинамических явлений, происходящих при постоянном давлении.
20. **Изохорный процесс** – термодинамический процесс, протекающий при постоянном объеме.
21. **Изотермический процесс** – это термодинамический процесс, протекающий при постоянной температуре.
22. **Адиабатический процесс** - термодинамический процесс, при котором рабочее тело не обменивается теплом с внешней средой.
23. **Форсунка** - конусная трубка, сопло, выбрасывающее воздух.
24. **Насадка** - путеводитель по сужению русла
25. **Пар** – это газ, выделяющийся в воздух под действием тепла.
26. **Critical** - температура критического состояния или скорость критического состояния.
27. **Полная энергия** - есть сумма внутренней энергии, потенциальной энергии и кинетической энергии.
28. **Дифференциальное уравнение течения** - состоит из суммы изменений кинетической энергии, внутренней энергии и энтальпии при подводе энергии к системе в виде тепла извне.
29. **Компрессор** – это машина, которая приводит в движение воздух, газ и пар под давлением.
30. **Поврежденное пространство** - пространство между крышкой цилиндра и поршнем.
31. **Drossellash-** yo'lida uchraydigan mahalliy qarshilik tufayli bosimini yuqotishi drossellash jarayoni deyiladi.
32. **Процесс** - работа, действие, событие, ход события, развитие потока.
33. **Пар** – это газ, выделяющийся в воздух под действием тепла.
34. **Относительная влажность** – отношение абсолютной влажности воздуха к абсолютной влажности в момент насыщения.
35. **Абсолютная влажность** – это количество водяного пара в единице объема влажного воздуха.
36. **Котел** – это устройство, используемое для производства пара.
37. **Паровая машина** — устройство, вырабатывающее пар.
38. **Конденсатор** – теплообменное устройство, переводящее пар в жидкое состояние.
39. **Теплопередача** - кинетическая энергия, возникающая в результате движения молекул тела, перемещения температуры из одного места в другое.
40. **Температура** – температура воды, воздуха.

41. **41. Конвекция** - процессы теплообмена, происходящие в результате смешения микроскопических объемов газов или жидкостей.
42. **Тепловое излучение (радиоактивное)** - Распространение тепловой энергии посредством электромагнитных волн.
43. **Ватт** – единица измерения электрической мощности.
44. **Конденсация** – это процесс превращения паров газа в жидкость.
45. **Кипение** - Процесс образования пара в слое жидкости под действием тепла.
46. **Загрязненные частицы.** При кипении жидкости в центрах поверхности нагрева образуются пузырьки пара.
47. **Пузырьки пара** - пар, выделяющийся с поверхности нагрева при кипении.
48. **Топливо** – это горючее вещество, основным компонентом которого является углерод.
49. **Теплотой сгорания является количество теплоты, выделяющееся при полном сгорании единицы массы рабочего топлива.**
50. **Кокс** - твердый остаток, образующийся в результате коксования природного топлива и некоторых нефтепродуктов, имеет 90-98% углерода.
51. **Гореть** - создавать пламя.
52. **Агрегат** – это устройство, выполняющее определенные функции сложных машин.
53. **Жидкость.** Течет, принимает форму сосуда, в котором находится.
54. **Частицы газа** слабо связаны и заполняют занимаемое ими пространство.
55. **Котел** – это специальное устройство.
56. **Печь** - обособленное место, окруженное стеной или комплексом оборудования, обеспечивающего и контролирующего протекание процесса горения.
57. **Сопло** - устройство, излучающее холодное или железосодержащее вещество.
58. **Бесцветный** - без цвета.
59. **Котельная установка** - комплекс оборудования, вырабатывающий горячую воду и пар под давлением за счет тепла, выделяющегося от сжигаемого в топке топлива.
60. **Толкать** - скользить
61. **Выдувание** – выпуск воздуха сильным напором.
62. **Пыльный** - как пыль.
63. **Веерно-створчатый механизм.**
64. **Котельное оборудование** - котельная установка и вспомогательное оборудование.

65. **Энергетический котел** - устройства, питающие паровые турбины паровых турбин только тепловых электростанций.
66. **Котел-утилизатор** - устройство, работающее на теплоте смесей дымовых газов, выходящих из топок.
67. **Паровая турбина** – это тепловой двигатель, который постепенно преобразует тепловую энергию пара в механическую энергию.
68. **Турбина** — первичный двигатель, преобразующий кинетическую энергию пара, газа и воды в механическую работу.
69. **Диск** – круглая часть механизма.
70. **Газотурбинная установка** – тепловой двигатель, преобразующий энергию продуктов сгорания высокого давления и температуры в механическую энергию вала ротора с помощью турбин.
71. **Электростанции** - объекты по производству тепловой и электрической энергии в результате преобразования тепловой энергии, выделяющейся при сжигании органического топлива.
72. **Электрически заряженная частица, ток.**
73. **ГРЭС - ГРЭС.**
74. **КЭС- тепловая электростанция.**
75. **КЭС - конденсационная электростанция.**
76. **ИЭМ - тепловой центр.**
77. **МГД – магнитогидродинамический генератор.**

TARQATMA MATERIALLAR

FAN BO'YICHA ORALIQ NAZORAT SAVOLLARI.

Oraliq nazorat bilet № 1

- 1.Kirish. «Kimyo texnologiya jarayon va qurilmalari» fanining asosiy vazifasi.
- 2.Changlarni yuvib tozalash.
- 3.Diametri 38*3 mm li trubadan soatiga G tonna va temperatura $t^{\circ}\text{C}$ bulgan N suyuqlik okib o'tmoqda . Suyuqlikning oqim rejimi va o'rtacha xarakat tezligi aniqlang . $G = 0.54$ $t^{\circ} = 20$

Oraliq nazorat bilet № 2

- 1.Jarayonlar turlari, qonunlari, xarakatga keltiruvchi kuchi.
- 2.Inerston ajratgichlar.
- 3.Diametri 38*3 mm li trubadan soatiga G tonna va temperatura $t^{\circ}\text{C}$ bulgan N suyuqlik okib o'tmoqda. Suyuqlikning oqim rejimi va o'rtacha xarakat tezligi aniqlang . $G = 0.9$ $t^{\circ} = 25$

Oraliq nazorat bilet №3

- 1.Gidrostatikaning asosiy tenglamasi.
- 2.Gazsimon turli jinsli sistemalarni ajratish.
- 3.Diametri 38*3 mm li trubadan soatiga G tonna va temperatura $t^{\circ}\text{C}$ bulgan N suyuqlik okib o'tmoqda . Suyuqlikning oqim rejimi va o'rtacha xarakat tezligi aniqlang . $G = 1.8$ $t^{\circ} = 35$

Oraliq nazorat bilet № 4

- 1.Gidrodinamika.
- 2.Gazsimon turli jinsli sistemalarni ajratish.
- 3.Diametri 38*3 mm li trubadan soatiga G tonna va temperatura $t^{\circ}\text{C}$ bulgan N suyuqlik okib o'tmoqda . Suyuqlikning oqim rejimi va o'rtacha xarakat tezligi aniqlang . $G = 3,6$ $t^{\circ} = 40$

Oraliq nazorat bilet № 5

- 1.Suyuqlik harakati rejimlari.
- 2.Sentrifuga konstruktstiyalari.
- 3.Diametri 38*3 mm li trubadan soatiga G tonna va temperatura $t^{\circ}\text{C}$ bulgan N suyuqlik okib o'tmoqda . Suyuqlikning oqim rejimi va o'rtacha xarakat tezligi aniqlang . $G = 1.44$ $t^{\circ} = 45$

Oraliq nazorat bilet №6

- 1.Suyuqlikning massaviy va xajmiy sarfi va tezligi.
- 2.Jarayonni ifodalovchi parametrlar.
- 3.Diametri 38*3 mm li trubadan soatiga G tonna va temperatura $t^{\circ}\text{C}$ bulgan N suyuqlik okib o'tmoqda . Suyuqlikning oqim rejimi va o'rtacha xarakat tezligi aniqlang . $G = 1.08$ $t^{\circ} = 50$

Oraliq nazorat bilet № 7

- 1.Eyler differensial tenglamasi.
- 2.Filtrlash turlari, tezligi va tenglamasi.
- 3.Diametri 38*3 mm li trubadan soatiga G tonna va temperatura $t^{\circ}\text{C}$ bulgan N suyuqlik okib o'tmoqda . Suyuqlikning oqim rejimi va o'rtacha xarakat tezligi aniqlang . $G = 0.36$ $t^{\circ} = 60$

Oraliq nazorat bilet № 8

- 1.Bernulli tenglamasining qo'llanilishi.
- 2.Cho'ktirish jarayoni va qurilmalarining konstruktsiyalari.
- 3.Diametri 38*3 mm li trubadan soatiga G tonna va temperatura $t^{\circ}\text{C}$ bulgan N suyuqlik okib o'tmoqda . Suyuqlikning oqim rejimi va o'rtacha xarakat tezligi aniqlang . $G = 0.72$ $t^{\circ} = 50$

Oraliq nazorat bilet №9

- 1.Drossel asboblari.
- 2.Ajratish usullari.
- 3.Diametri 38*3 mm li trubadan soatiga G tonna va temperatura $t^{\circ}\text{C}$ bulgan N suyuqlik okib o'tmoqda . Suyuqlikning oqim rejimi va o'rtacha xarakat tezligi aniqlang . $G = 0.72$ $t^{\circ} = 55$

Oraliq nazorat bilet № 10

- 1.Gidromexanik o'xshashlik kriteriyalari.
- 2.Aralashtirish usullari, konstruktsiyalari.
- 3.Diametri 38*3 mm li trubadan soatiga G tonna va temperatura $t^{\circ}\text{C}$ bulgan N suyuqlik okib o'tmoqda . Suyuqlikning oqim rejimi va o'rtacha xarakat tezligi aniqlang . $G=0,54$ $t^{\circ} =25$

Oraliq nazorat bilet № 11

- 1.Suyuqlikda qattiq jism xarakati.
- 2.Stefan-Boltsman qonuni.
- 3.Diametri 38*3 mm li trubadan soatiga G tonna va temperatura $t^{\circ}\text{C}$ bulgan

N suyuqlik okib o'tmoqda . Suyuqlikning oqim rejimi va o'rtacha xarakat tezligi aniqlang . $G=0.54$ $t^0 =30$

Oraliq nazorat bilet №12

- 1.Xarakat rejimlari.
- 2.Kirxgof qonuni.
- 3.Diametri 38*3 mm li trubadan soatiga G tonna va temperatura t^0 C bulgan N suyuqlik okib o'tmoqda . Suyuqlikning oqim rejimi va o'rtacha xarakat tezligi aniqlang . $G=0.54$ $t^0 = 35$

Oraliq nazorat bilet № 13

- 1.Cho'kish tezligining shakl omili.
- 2.Gidrostatikaning asosiy tenglamasi.
- 3.Diametri 38*3 mm li trubadan soatiga G tonna va temperatura t^0 C bulg N suyuqlik okib o'tmoqda . Suyuqlikning oqim rejimi va o'rtacha xarakat tezligi aniqlang . $G=0.54$ $t^0 =40$

Oraliq nazorat bilet № 14

- 1.Mavhum qaynash qatlam gidrodinamikasi.
- 2.Changlarni yuvib tozalash.
- 3.Diametri 38*3 mm li trubadan soatiga G tonna va temperatura t^0 C N suyuqlik okib o'tmoqda . Suyuqlikning oqim rejimi va o'rtacha xarakat tezligi aniqlang . $G= 0,36$ $t^0 C = 20$

Oraliq nazorat bilet №15

- 1.Suyuqlikning asosiy xossalari.
- 2.Ishqalanish va maxalliy qarshilik turlari, koeffisientlari.
- 3.Diametri 38*3 mm li trubadan soatiga G tonna va temperatura t^0 C bulgan N suyuqlik okib o'tmoqda . Suyuqlikning oqim rejimi va o'rtacha xarakat tezligi aniqlang . $G= 0.36$ $t^0 =25$

Oraliq nazorat bilet № 16

- 1.Markazdan qochma nasos konstrukstiyasi, ishlash prinstipi va avfzalligi va kamchiliklari
- 2.Eyler differenstial tenglamasi.
- 3.Diametri 38*3 mm li trubadan soatiga G tonna va temperatura t^0 C bulgan

N suyuqlik okib o'tmoqda . Suyuqlikning oqim rejimi va o'rtacha xarakat tezligi aniqlang . $G=0.36$ $t^0 =45$

Oraliq nazorat bilet № 17

1. Proportionallik qonuni.
2. Elektrofiltirlar konstruktstiyalari.
3. Diametri 38*3 mm li trubadan soatiga G tonna va temperatura t^0C bulgan N suyuqlik okib o'tmoqda . Suyuqlikning oqim rejimi va o'rtacha xarakat tezligi aniqlang . $G=0.36$ $t^0 =50$

Oraliq nazorat bilet №18

1. Boshqa turdagi nasoslar.
2. Bernulli tenglamasining qo'llanilishi.
3. Diametri 38*3 mm li trubadan soatiga G tonna va temperatura t^0C bulgan N suyuqlik okib o'tmoqda . Suyuqlikning oqim rejimi va o'rtacha xarakat tezligi aniqlang . $G=0.9$ $t^0 =25$

Oraliq nazorat bilet № 19

1. Markazdan qochma kuch ta'sirida turli jinsli sistemalarni ajratish.
2. Aralash tirish usullari, konstruktstiyalari.
3. Diametri 38*3 mm li trubadan soatiga G tonna va temperatura t^0C bulgan N suyuqlik okib o'tmoqda . Suyuqlikning oqim rejimi va o'rtacha xarakat tezligi aniqlang . $G=0.72$ $t^0 =30$

Oraliq nazorat bilet № 20

1. Hidrodinamika
2. Markazdan qochma nasos konstruktstiyasi, ishlash prinsipi va avfzalligi va kamchiliklari
3. Diametri 38*3 mm li trubadan soatiga G tonna va temperatura t^0C bulgan N suyuqlik okib o'tmoqda . Suyuqlikning oqim rejimi va o'rtacha xarakat tezligi aniqlang . $G=1.44$ $t^0 =40$

Oraliq nazorat bilet №21

1. Oqimning uzluksizlik tenglamasi
2. Suyuqlikning asosiy xossalari.
3. Diametri 38*3 mm li trubadan soatiga G tonna va temperatura t^0C bulgan N suyuqlik okib o'tmoqda . Suyuqlikning oqim rejimi va o'rtacha xarakat tezligi aniqlang . $G=1.44$ $t^0 =60$

Oraliq nazorat bilet № 22

1. Bernulli tenglamasining qo'llanilishi..
2. O'xshashlik nazariyasining asoslari.
3. Diametri 38*3 mm li trubadan soatiga G tonna va temperatura $t^{\circ}\text{C}$ bulgan N suyuqlik okib o'tmoqda . Suyuqlikning oqim rejimi va o'rtacha xarakat tezligi aniqlang . $G=3.6$ $t^{\circ}=20$

Oraliq nazorat bilet № 23

1. Nasoslar va ularning turlari
2. Mavhum qaynash qatlam gidrodinamikasi.
3. Diametri 38*3 mm li trubadan soatiga G tonna va temperatura $t^{\circ}\text{C}$ bulgan N suyuqlik okib o'tmoqda . Suyuqlikning oqim rejimi va o'rtacha xarakat tezligi aniqlang . $G=3.6$ $t^{\circ}=50$

Oraliq nazorat bilet №24

1. Issiqlik balansi.
2. Eyler differentsial tenglamasi.
3. Diametri 38*3 mm li trubadan soatiga G tonna va temperatura $t^{\circ}\text{C}$ bulgan N suyuqlik okib o'tmoqda . Suyuqlikning oqim rejimi va o'rtacha xarakat tezligi aniqlang . $G=2.7$ $t^{\circ}=35$

Oraliq nazorat bilet № 25

1. Suyuqlik harakati rejimlari.
2. Drossel asboblar.
3. Diametri 38*3 mm li trubadan soatiga G tonna va temperatura $t^{\circ}\text{C}$ bulgan N suyuqlik okib o'tmoqda . Suyuqlikning oqim rejimi va o'rtacha xarakat tezligi aniqlang . $G=2.7$ $t^{\circ}=55$

Oraliq nazorat bilet № 26

1. Filtrlash.
2. Porshenli nasos konstrukstiyasi.
3. Diametri 38*3 mm li trubadan soatiga G tonna va temperatura $t^{\circ}\text{C}$ bulgan N suyuqlik okib o'tmoqda . Suyuqlikning oqim rejimi va o'rtacha xarakat tezligi aniqlang . $G=3.42$ $t^{\circ}=35$

Oraliq nazorat bilet №27

- 1.Changlarni yuvib tozalash
2. Markazdan qochma nasos konstrukstiyasi, ishlash prinstipi va avfzalligi va kamchiliklari
3. Diametri 38*3 mm li trubadan soatiga G tonna va temperatura $t^{\circ}\text{C}$ bulgan N suyuqlik okib o'tmoqda . Suyuqlikning oqim rejimi va o'rtacha xarakat tezligi aniqlang . $G=3.42$ $t^{\circ} = 40$

Oraliq nazorat bilet № 28

- 1.Markazdan qochma kuch ta'sirida ajratish.
- 2.Boshqa turdagi nasoslar.
- 3.Diametri 38*3 mm li trubadan soatiga G tonna va temperatura $t^{\circ}\text{C}$ bulgan N suyuqlik okib o'tmoqda . Suyuqlikning oqim rejimi va o'rtacha xarakat tezligi aniqlang . $G=3.42$ $t^{\circ} = 55$

Oraliq nazorat bilet № 29

- 1.Gazsimon turli jinsli sistemalarni ajratish.
- 2.Nasoslar va ularning turlari
- 3.Diametri 38*3 mm li trubadan soatiga G tonna va temperatura $t^{\circ}\text{C}$ bulgan N suyuqlik okib o'tmoqda . Suyuqlikning oqim rejimi va o'rtacha xarakat tezligi aniqlang . $G=1.62$ $t^{\circ} = 25$

Oraliq nazorat bilet №30

- 1.Sentrifuga konstruktstiyalari.
- 2.Suyuqlikning asosiy xossalari.
- 3.Diametri 38*3 mm li trubadan soatiga G tonna va temperatura $t^{\circ}\text{C}$ bulgan N suyuqlik okib o'tmoqda . Suyuqlikning oqim rejimi va o'rtacha xarakat tezligi aniqlang . $G=1.62$ $t^{\circ} = 30$

FAN BO'YICHA TEST SAVOLLARI

1. Mexanika qonunlariga bo'ysinadigan suyuqlik oqimlarining xarakati bilan bogliq gaz, bug' va suyuqlik uzatish, aralashmalarni ajratish jarayonlari, chunonchi cho'ktirish, filtrlash, sentrifugalash kabi jarayonlar quyida keltirilgan qaysi asosiy jarayonlarga tug'ri keladi...?
 - A. Hidromexanik*
 - B. Kimyoviy
 - S. Issiqlik almashinish
 - D. Modda almashinish
2. Absolyut siqilmaydigan va ichki karshilikka ega bulmagan suyuqlikka qanday suyuqlik deyila-di...?
 - A. Tomchili
 - B. Normal
 - S. Ideal*
 - D. uta kovushok
3. Malum, bir me'yorda siqiladigan va qovushoqlik xususiyatiga ega bo'lgan suyuqlikka qanday suyuqlik deyiladi...?
 - A. Xaqqiqiy*
 - B. Tomchili
 - S. Normal
 - D. Ideal
4. Birlik xajmdagi suyuqlik massasiga nima deyiladi...?
 - A. Zichlik*
 - B. Nisbiy zichlik
 - S. Solishtirma xajm
 - D. Solishtirma ogirlik
5. Modda zichligining suv zichligiga nisbati nima deyiladi...?
 - A. Nisbiy zichlik*
 - B. Solishtirma xajm
 - S. Solishtirma ogirlik

- D. Zichlik
6. Birlik xajmda modda ogirligi nima deb nomlanadi...?
 A. Zichlik
 B. Nisbiy zichlik
 S. Solishtirma xajm
 D. Solishtirma ogirlik*
7. Jism birlik massasiga to'g'ri kelgan xajmda yoki zichlikka teskari bo'lgan kattalikka nima deyiladi...?
 A. Solishtirma ogirlik
 B. Zichlik
 S. Nisbiy zichlik
 D. Solishtirma xajm*
8. Suyuqlikning oqim xarakatiga qarshilik qilish xususiyati nima deb nomlanadi...?
 A. Kinematik kovushoklik
 B. Zichlik
 S. Dinamik kovushoklik*
 D. Bosim
9. Suyuqlik kovushokligining uning zichligi nisbatiga nima deyiladi...?
 A. Dinamik kovushoklik
 B. Kinematik kovushoklik*
 S. Bosim
 D. Zichlik
10. Zichlikning SI Xalkaro o'lchov sistemasiga mos ulchov birlik-larini aniklab bering.
 A. N/m^3
 B. kg/m^3 *
 S. N/m^2
 D. kg^2/m^4

11. Solishtirma ogirlikning SI xalkaro o'lchov sistemasiga mos o'lchov birliklarini aniqlab bering.

A. $\text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{m}^4$

B. N/m^3 *

S. kg/m^3

D. N/m^2

12. Bosimning SI xalkaro o'lchov sistemasiga mos o'lchov birliklarini aniqlab bering.

A. N/m^2 *

B. $\text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{m}^4$

S. N/m^3

D. kg/m^3

13. Dinamik kovushoklikga mos formulalarni aniqlang.

A. $\frac{T}{F \cdot dw/dn}$; * B. $\frac{\mu}{\rho}$; S. $\lim\left(\frac{\Delta P}{\Delta F}\right)$ D. $(P_0 + \rho \cdot g \cdot h) \cdot F$

14. Kinematik kovushoklik-ga mos formulalarni aniqlang.

A. $\frac{T}{F \cdot dw/dn}$; B. $\frac{\mu}{\rho}$; * S. $\lim\left(\frac{\Delta P}{\Delta F}\right)$ D. $(P_0 + \rho \cdot g \cdot h) \cdot F$

15. Hidrostatik bosimga mos formulalarni aniqlang.

A. $\frac{T}{F \cdot dw/dn}$; B. $\frac{\mu}{\rho}$; S. $\lim\left(\frac{\Delta P}{\Delta F}\right)$ * D. $(P_0 + \rho \cdot g \cdot h) \cdot F$

16. Suyuqlikning idish devoriga va tubiga beradigan bosim kuchiga mos formulalarni aniqlang.

A. $\frac{T}{F \cdot dw/dn}$; B. $\frac{\mu}{\rho}$; S. $\lim\left(\frac{\Delta P}{\Delta F}\right)$ D. $(P_0 + \rho \cdot g \cdot h) \cdot F$ *

17. Eylarning suyuqlik muvozanat differensial tenglamasiga mos tenglamalarni aniqlang

A. $z_1 + \frac{P_1}{\rho \cdot g} = z_0 + \frac{P_0}{\rho \cdot g}$ B. $-\frac{\partial P}{\partial X} = 0; -\frac{\partial P}{\partial Y} = 0; -\rho \cdot g - \frac{\partial P}{\partial X} = 0$; *

S. $(P_0 + \rho \cdot g \cdot h) \cdot F$ D. $P_1 = P_0 + \rho \cdot g \cdot h$

18. Hidrostatikaning asosiy tenglamasiga mos tenglamalarni aniqlang

$$A. z_1 + \frac{P_1}{\rho \cdot g} = z_0 + \frac{P_0}{\rho \cdot g} * \quad B. -\frac{\partial P}{\partial X} = 0; -\frac{\partial P}{\partial Y} = 0; \quad -\rho \cdot g - \frac{\partial P}{\partial X} = 0;$$

$$S. (P_0 + \rho \cdot g \cdot h) \cdot F$$

$$D. P_1 = P_0 + \rho \cdot g \cdot h$$

19. Paskal qonuniga mos tenglamalarni aniqlang

$$A.) z_1 + \frac{P_1}{\rho \cdot g} = z_0 + \frac{P_0}{\rho \cdot g}$$

$$B.) -\frac{\partial P}{\partial X} = 0; -\frac{\partial P}{\partial Y} = 0; \quad -\rho \cdot g - \frac{\partial P}{\partial X} = 0;$$

$$S.) (P_0 + \rho \cdot g \cdot h) \cdot F$$

$$D.) P_1 = P_0 + \rho \cdot g \cdot h *$$

20. Vakt birligi ichida, kundalang kesim orkali okib utadigan suyuqlik miqdori-ga nima deyila-di...?

A. Sarf*

B. tezlik

S. Xajmiy sarf

D. Massaviy sarf

21. Suyuqlik xajmiy sarfining kundalang kesim yuzaga nisbatiga nima deyiladi...?

A. Massaviy sarf

B. Xajmiy sarf

S. Tezlik *

D. Sarf

22. Suyuqlikning xajmiy sarfi kaysi formula bilan aniqlanadi.?

$$A. w \cdot F *$$

$$B. w \cdot F \cdot \rho$$

$$S. F/P$$

$$D. V/P$$

23. Suyuqlikning massaviy sarfi kaysi formula bilan topiladi.?

$$A. w \cdot F$$

B. V/P

S. $w \cdot F \cdot \rho^*$

D. F/P

24. Truba yoki kanal ko'ndalang kesimining xo'llangan perimetri nisbatiga nima deyiladi...?

A. Diametr

B. Sarf

S. Ekvivalent diametr*

D. Hidravlik radius

25. Agar suyuqlik zarrachalari oqim tezligi va quyidagi kattaliklar miqdori (ρ , t , P) vakt utishi bilan uzgarmasa, bu suyuqlikning oqim xarakati qanday oqim deb ataladi...?

A. turgun*

B. turbulent

S. laminar

D. noturgun

26. Suyuqlik oqimiga ta'sir etuvchi kattaliklar vakt utishi bilan uzgarsa, suyuqlikning oqimi qanday nomlanadi...?

A. noturgun*

B. turgun

S. turbulent

D. laminar

27. Suyuqlik zarrachalarining xarakati bir-biriga parallel xarat qilsa nima deb nomlanadi...?

A. turgun

B. laminar*

S. turbulent

D. utish

28. Suyuqlik zarrachalari betartib xarakat kilib, zarrachalar aralish, xaotik xarakat kilsa, u xolda xarakat nima deb nomlanadi...?
- A. laminar
 - B. turgun
 - S. utish
 - D. turbulent*
29. Suyuqlikning sekundlik xajmiy sarfi - V_c
- A. $4F/P$;
 - B. F/P ;
 - S. $w \cdot F$;
 - D. $w \cdot F \cdot \rho$;
30. Suyuqlikning massaviy sarfi - M
- A. $w \cdot F \cdot \rho$;
 - B. $4F/P$;
 - S. F/P ;
 - D. $w \cdot F$;
31. Ekvivalent diametr - d_e
- A. F/P ;
 - B. $w \cdot F$;
 - S. $w \cdot F \cdot \rho$;
 - D. $4F/P$;
32. Laminar rejim xarakatida urtacha tezlikka mos formulalarni aniqlang.
- A. $(0,8-0,9) \cdot w_{\max}$;
 - B. $0,5 w_{\max}$;
 - S. M/F ;
 - D. $0,3 \cdot w_{\max}$
33. Turbulent rejim xarakatida urtacha tezlikka mos formulalarni aniqlang
- A. $0,3 \cdot w_{\max}$

B. $(0,8-0,9) \cdot w_{\max}; *$

S. $0,5w_{\max};$

D. $M/F ;$

34. Oqim uzluksizlik tenglamasiga mos tenglamalarni aniqlang

A. $w_1 \cdot F_1 \cdot p_1 = w_2 \cdot F_2 \cdot p_2 = w_3 \cdot F_3 \cdot p_3 *$

B. $z_1 + \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{w_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{w_2^2}{2g}$

S. $z_1 + \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{w_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{w_2^2}{2g} + h_n$

D. $p \cdot \frac{dw_x}{d\tau} = -\frac{\partial P}{\partial X}; p \cdot \frac{dw_y}{d\tau} = -\frac{\partial P}{\partial Y}; p \cdot \frac{dw_z}{d\tau} = -\rho \cdot g - \frac{\partial P}{\partial Z}.$

35. Eylarning xarakteristik tenglamasiga mos tenglamalarni aniqlang

A. $w_1 \cdot F_1 \cdot p_1 = w_2 \cdot F_2 \cdot p_2 = w_3 \cdot F_3 \cdot p_3$

B. $z_1 + \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{w_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{w_2^2}{2g}$

S. $z_1 + \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{w_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{w_2^2}{2g} + h_n$

D. $p \cdot \frac{dw_x}{d\tau} = -\frac{\partial P}{\partial X}; p \cdot \frac{dw_y}{d\tau} = -\frac{\partial P}{\partial Y}; p \cdot \frac{dw_z}{d\tau} = -\rho \cdot g - \frac{\partial P}{\partial Z}.*$

36. Ideal suyuqlik uchun Bernulli tenglamasiga mos tenglamalarni aniqlang

A. $w_1 \cdot F_1 \cdot p_1 = w_2 \cdot F_2 \cdot p_2 = w_3 \cdot F_3 \cdot p_3$

B. $z_1 + \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{w_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{w_2^2}{2g} *$

S. $z_1 + \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{w_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{w_2^2}{2g} + h_n$

D. $p \cdot \frac{dw_x}{d\tau} = -\frac{\partial P}{\partial X}; p \cdot \frac{dw_y}{d\tau} = -\frac{\partial P}{\partial Y}; p \cdot \frac{dw_z}{d\tau} = -\rho \cdot g - \frac{\partial P}{\partial Z}.$

37. Real suyuqlik uchun Bernulli tenglamasiga mos tenglamalarni aniqlang

A. $w_1 \cdot F_1 \cdot p_1 = w_2 \cdot F_2 \cdot p_2 = w_3 \cdot F_3 \cdot p_3$

B. $z_1 + \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{w_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{w_2^2}{2g}$

S. $z_1 + \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{w_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{w_2^2}{2g} + h_n^*$

D. $p \cdot \frac{dw_x}{d\tau} = -\frac{\partial P}{\partial X}; p \cdot \frac{dw_y}{d\tau} = -\frac{\partial P}{\partial Y}; p \cdot \frac{dw_z}{d\tau} = -\rho \cdot g - \frac{\partial P}{\partial Z}$.

38. Quyidagi kattaliklar z qanday bosim (napor) va energiyani bildiradi?

A. Statik

B. Geometrik *

S. Dinamik

D. Potensial

39. Quyidagi kattaliklar $\frac{P}{\rho \cdot g}$ qanday bosim (napor) va energiyani bildiradi?

A. Potensial

B. Statik*

S. Geometrik

D. Dinamik

40. Quyidagi kattaliklar $\frac{w^2}{2g}$ qanday bosim (napor) va energiyani bildiradi?

A. Dinamik *

B. Potensial

S. Statik

D. Geometrik

41. Quyidagi kattaliklar $z + \frac{P}{\rho \cdot g}$ qanday bosim (napor) va energiyani bildiradi?

A. Potensial *

B. Dinamik

S. Geometrik

D. Statik

42. Suyuqlik sarfi va tezligini ulchovchi asboblarni nomini aytib bering.

A. Manometr

B. Pito-Prandil naychasi*

S. Termometr

D. Vizkozimetr

43. Maxalliy qarshilik uchun yo'qotilgan bosim (napor)

A. $\sum \xi \cdot \frac{w^2 \cdot \rho}{2}$

B. $\lambda \cdot \frac{1}{d} \cdot \frac{w^2 \cdot \rho}{2}$

S. $\sum \xi \cdot \frac{w^2}{2g} *$

D. $\lambda \cdot \frac{1}{d} \cdot \frac{w^2}{2g}$

44. Ishqalanish uchun yuqotilgan bosim (napor)

A. $\lambda \cdot \frac{1}{d} \cdot \frac{w^2 \cdot \rho}{2}$

B. $\sum \xi \cdot \frac{w^2 \cdot \rho}{2}$

S. $\sum \xi \cdot \frac{w^2}{2g}$

D. $\lambda \cdot \frac{1}{d} \cdot \frac{w^2}{2g} *$

45. Ishqalanish uchun yuqotilgan bosim

A. $\lambda \cdot \frac{1}{d} \cdot \frac{w^2 \cdot \rho}{2} *$

B. $\sum \xi \cdot \frac{w^2 \cdot \rho}{2}$

$$S. \sum \xi \cdot \frac{w^2}{2g}$$

$$D. \lambda \cdot \frac{1}{d} \cdot \frac{w^2}{2g}$$

46. Maxalliy karshilik uchun yuqotilgan bosim

$$A. \lambda \cdot \frac{1}{d} \cdot \frac{w^2 \cdot \rho}{2}$$

$$B. \sum \xi \cdot \frac{w^2 \cdot \rho}{2} *$$

$$S. \sum \xi \cdot \frac{w^2}{2g}$$

$$D. \lambda \cdot \frac{1}{d} \cdot \frac{w^2}{2g}$$

47. Laminar rejim uchun ishqalanish koeffitsienti

$$A. \frac{0,316}{\sqrt[4]{Re}}$$

$$B. \frac{64}{Re} *$$

$$S. \frac{A}{Re}$$

$$D. \left[\lambda \cdot \frac{l}{d} + \sum \xi \right] \cdot \frac{w^2 \cdot \rho}{2}$$

48. Turbulent rejim uchun ishqalanish koeffitsienti

$$A. \frac{0,316}{\sqrt[4]{Re}} *$$

$$B. \frac{64}{Re}$$

$$S. \frac{A}{Re}$$

$$D. \left[\lambda \cdot \frac{l}{d} + \sum \xi \right] \cdot \frac{w^2 \cdot \rho}{2}$$

49. Uxshash bulgan kattaliklar nisbati o'zgarmas bo'lsa, bunday xodisalar nima deb nomlanadi...?

A. uxshash* B. Invariant S. Barobar D. Mos tushadigan

50. Uxshashlik kriteriysi **Re** mos formulani toping

A. $\frac{w \cdot \tau}{l}$ - ishqalanish kuchini suyuqlik xarakatiga ta'siri-ni xisobga oladi

B. $\frac{w \cdot l \cdot \rho}{\mu}$ - ishqalanish kuchini suyuqlik xarakatiga ta'sirini ifodalaydi*

S. $\frac{\Delta P}{\rho \cdot w^2}$ - bosim uzgarishining suyuqlik xarakatiga ta'sirini ifodalaydi

D. $\frac{w^2}{g \cdot l}$ - ogirlik kuchini suyuqlik xarakatiga ta'sirini ifodalaydi

51. Uxshashlik kriteriysi **Fr** mos formulani toping

A. $\frac{w \cdot \tau}{l}$ - ishqalanish kuchini suyuqlik xarakatiga ta'siri-ni xisobga oladi

B. $\frac{w \cdot l \cdot \rho}{\mu}$ - ishqalanish kuchini suyuqlik xarakatiga ta'sirini ifodalaydi

S. $\frac{\Delta P}{\rho \cdot w^2}$ - bosim uzgarishining suyuqlik xarakatiga ta'sirini ifodalaydi

D. $\frac{w^2}{g \cdot l}$ - ogirlik kuchini suyuqlik xarakatiga ta'sirini ifodalaydi*

52. Uxshashlik kriteriysi **Eu** mos formulani toping

A. $\frac{w \cdot \tau}{l}$ - ishqalanish kuchini suyuqlik xarakatiga ta'sirini xisobga oladi

B. $\frac{w \cdot l \cdot \rho}{\mu}$ - ishqalanish kuchini suyuqlik xarakatiga ta'sirini ifodalaydi

S. $\frac{\Delta P}{\rho \cdot w^2}$ - bosim uzgarishining suyuqlik xarakatiga ta'sirini ifodalaydi*

D. $\frac{w^2}{g \cdot l}$ - ogirlik kuchini suyuqlik xarakatiga ta'sirini ifodalaydi

53. Tajriba paytida qanday kattaliklarni o'lchash kerak degan savolga kaysi teorema javob beradi...?

A. Nyutonning o'xshashlik 1-teoremasi*

B. Bekingem, Federmen va Afanaseva-Erenfestlarning o'xshashlik 2-teoremasi

S. Kirpichev va Guxmanning o'xshashlik 3-teoremasi

D. Furening qonuni

54. Xodisalar o'xshash bo'lishi uchun, qanday sharoitlar yetarli va zarur degan savolga qaysi teorema javob beradi...?

A. Nyutonning o'xshashlik 1-teoremasi

B. Bekingem, Federmen va Afanaseva-Erenfestlarning uxshashlik 2-teoremasi

S. Kirpichev va Guxmanning o'xshashlik 3-teoremasi*

D. Furening qonuni

55. Tajriba natijalarini qanday qayta ishlash kerak degan savolga qaysi teorema javob beradi...?

A. Nyutonning uxshashlik 1-teoremasi

B. Bekingem, Federmen va Afanaseva-Erenfestlarning o'xshashlik 2-teoremasi*.

S. Kirpichev va Guxmanning uxshashlik 3-teoremasi

D. Furening qonuni

56. Laminar rejimda zarrachaning chukish tezligi (Stoks konu-ni) kaysi formuladan aniqlanadi...?

A. $w = \frac{g \cdot d^2 \cdot (\rho_T - \rho)}{18 \cdot \mu}$ * B. $w = 5,6 \cdot \sqrt{\frac{d \cdot (\rho_T - \rho)}{\rho}}$

S. $w = \sqrt{\frac{4 \cdot g \cdot d \cdot (\rho_T - \rho)}{3 \cdot r \cdot \rho}}$ D. $w = \frac{gd(\rho_m - \rho)}{M}$

57. Agarda qatlam zarrachalari bir xil ulchamli bo'lsa, bunday qatlam nima deb ataladi...?

A. Polidispers B bir turli* S. Mayda dispers D. Yirik dispers

58. Qatlam band qilgan xajmdagi material zarrachalarining yuzasi nima deb ataladi...?

A. Bush xajm B. Mavxum tezlik

S. Ekvivalent diametr D. Solishtirma yuza*

59. Donasimon materiallar orasidagi bushlik xajmining qatlam xajmiga nisbati nima deb ataladi...?

A. Ekvivalent diametr B. Bush xajm*

- S. Solishtirma yuza. D. Mavxum tezlik
60. Suyuqlik xajmiy sarfini qatlam kundalang kesimi yuzasiga nisbati nima deb ataladi...?
A Mavxum tezlik* B. Solishtirma yuza
S. Bush xajm D. Ekvivalent diametr
61. Qatlam qattik zarrachalarining oqimda turli yunalishlarda intensiv xarakterlanishi va qatlamning xuddi qaynayotgandek bo'lib ko'rinishi nima deb ataladi.?
A Kaynash B. Mavxum qaynash*
S Pnevmotrans-port. D. Bir jinsli
62. Kattik zarrachalar-ning gaz oqimi bilan yoppasiga, birgalikda kurilmadan chikib ketish xodisasi nima deb nomlanadi...?
A Pnevmotransport* B. Bir jinsli
S Mavxum qaynash. D. qaynash
63. Qatlam ogirligi va gidravlik karshilik kuchlari teng bulganda, qaysi xodisa ro'y beradi...?
A Fontansimon qaynash qatlami B. Chiqib ketish
S. Mavxum kaynash* D. Bir jinsli qatlam
64. Qatlamning uzgarmas xolatdan mavxum kaynash xolatiga utishiga tugri keladigan gaz yoki suyuklining tezligi nima deb ataladi...?
A Chiqib ketish tezligi B. Mavxum kaynash tezligi*
S. Mavxum qaynash soni D. Mavxum tezlik
65. Kattik mate-rial donachalarining gaz oqimi bilan chikib ketish xolatiga tugri keladigan tezlik nima deb nomlanadi.?
A Chikib ketish tezligi* B. Mavxum kaynash tezligi
S Mavxum kaynash soni. D. Mavxum tezlik
66. Ishchi tezligi-ning mavxum kaynash boshla-nish tezligiga nisbati nima deb ataladi...?
A Chikib ketish tezligi B. Mavxum kaynash tezligi
S. Mavxum kaynash soni* D. Mavxum tezlik
67. Mavxum kaynash tezligi

$$A \text{ Re} = \frac{Ar}{1400 + 5,22 \cdot \sqrt{Ar}} * B. \text{Re} = \frac{Ar}{18 + 0,575 \cdot \sqrt{Ar}} \quad S. K_w = \frac{W_H}{W_{MK}} \quad D. \varepsilon = 1 - \frac{\rho_k}{\rho_3}$$

68. Chikib ketish tezligi

A $Re = \frac{Ar}{1400 + 5,22 \cdot \sqrt{Ar}}$ B. $Re = \frac{Ar}{18 + 0,575 \cdot \sqrt{Ar}} *$ S. $K_w = \frac{W_H}{W_{MK}}$ D. $\varepsilon = 1 - \frac{\rho_\kappa}{\rho_3}$

69. Ishchi tezlik A $Re = \frac{Ar}{1400 + 5,22 \cdot \sqrt{Ar}}$ B. $Re = \frac{Ar}{18 + 0,575 \cdot \sqrt{Ar}}$ S.

$K_w = \frac{W_H}{W_{MK}} *$ D. $\varepsilon = 1 - \frac{\rho_{\hat{e}}}{\rho_\zeta}$

70. Elektr dvigatelning mexa-nik energiyasini uzatish ener-giyasiga aylantiradigan va suyuqlikning bosimini oshi-radigan gidrav-lik mashinalar qanday nomla-nadi...?

- A Nasos* B. Gidravlik press
S Kompessor. D. Ventilyator

71. Nasosning ichki gildiragi aylanishi natijasida, markazdan kochma kuch yorda-mida suyuqlikning bosimi-ni oshiradigan nasoslar qanday nomlanadi...?

- A Porshenli B. Parrakli*
S. Plastinali D. Shesternyali

72. Suyuqlik bosimini berk oralikdan sikib chiqaradigan mashina qanday nomlanadi...?

- A Porshenli * B Parrakli
S. Plastinali D. Shesternyali

73. Kam mikdorda va yukori bosimda (50-1000 atm) qanday nasoslar ishlatiladi...?

- A Porshenli * B. Parrakli
S. Plastinali D. Shesternyali

74. Nasosning tulik sigimi (napori)

A $H_2 + \frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot g} + h_u *$ B. $\rho \cdot g \cdot h \cdot Q$ S. $\frac{\rho \cdot g \cdot h \cdot Q}{\eta_u \cdot \eta_{yn} \cdot \eta_{\delta\theta}}$ D. $\frac{\rho \cdot g \cdot h \cdot Q}{\eta_u}$

75. Foydali quvvat

A $H_2 + \frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot g} + h_u$ B. $\rho \cdot g \cdot h \cdot Q$ S. $\frac{\rho \cdot g \cdot h \cdot Q}{\eta_u \cdot \eta_{yn} \cdot \eta_{\delta\theta}}$ D. $\frac{\rho \cdot g \cdot h \cdot Q}{\eta_u} *$

76. Uqdagi quvvat

A $H_2 + \frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot g} + h_u$ B. $\rho \cdot g \cdot h \cdot Q *$ S. $\frac{\rho \cdot g \cdot h \cdot Q}{\eta_u \cdot \eta_{yn} \cdot \eta_{\delta\theta}}$ D. $\frac{\rho \cdot g \cdot h \cdot Q}{\eta_u}$

77. Gazlarni siqish va uzatish uchun muljallangan mashinalar nima deb ataladi...?
- A Kompressor* B. Ventilyator
- S. Nasos D. Hidrostatik mashina
78. Siqilgan gaz bosim P_2 ning siqilmagan gaz bosimi P_1 ga nisbati nima deb ataladi...?
- A Foydali ish koeffitsienti
- B. Xajmiy koeffitsienti
- S. So'rish balandligi
- D. Sikish darajasi*
79. $R_2/P_1 < 1,1$ bulganda, kup mikdordagi gazlarni uzatish uchun qanday mashinalar ishlatiladi...?
- A Kompressor B. Vakuum nasos
- S Gazoduvka D. Ventilyator*
80. $P_2/P_1 < 3$ nisbatan yukori bosimda gazlarni uzatish uchun qanday mashinalar ishlatiladi...?
- A Kompressor B. Vakuum nasos
- S Gazoduvka *. D. Ventilyator
81. $P_2/P_1 > 3$ bo'lganda, yuqori bosim xosil qilish uchun qanday mashinalar ishlatiladi...?
- A Kompressor* B. Vakuum nasos
- S Gazoduvka. D. Ventilyator
82. Bosimi atmosfera bosimidan past bo'lgan gazlarni so'rish uchun qanday mashinalar ishlatiladi...?
- A Kompressor B. Vakuum nasos*
- S Gazoduvka. D. Ventilyator
83. Agar gazlarni siqish paytida xamma issiqlik ajralib olinsa gaz va jarayonning temperaturasi uzgarmas bo'lsa, bu qanday jarayon...?
- A Izotermik* B. Adiabatik
- S Politropik. D. Normal

84. Agar gazlarni siqish paytida gaz bilan atrof muxid orasida issiqlik almashmasa va xamma ajralib chikayotgan issiqlik gazning ichki energiyasini oshirsa sarf bo'lsa bu qanday jarayon...?
 A Izotermik B Adiabatik*
 S Politropik. D. Normal
85. Agar gazlarni siqish davomida ajralib chiqayotgan issiqlikning bir qismi atrof muhitga ketsa va uning xajmi, bosimi va temperaturasi o'zgarsa bunday jarayon qanday nomlanadi...?
 A Izotermik B. Adiabatik
 S Politropik*. D. Normal
86. uz tarkibida gaz pufakchalari tutgan suyuq sistemalar nima ataladi...?
 A Suspenziya B. Kupik* S Chang. D. Emulsiya
87. Suyuk va kattik modda zarrachalaridan tashkil topgan sistemalar nima deb ataladi...?
 A Suspenziya * B. Kupik. S Chang D. Emulsiya
88. Ikki xil uzaro aralashmaydigan suyuqliklardan iborat bulib, bunda birinchi suyuqlikning ichida ikkinchi suyuqlikning tomchilari tarkatilgan sistema nima deb ataladi...?
 A Suspenziya B. Kupik S Chang. D. Emulsiya*
89. Gaz faza va mayda kattik zarrachalardan tashkil topgan sistemalar nima deb ataladi...?
 A Suspenziya B. Kupik S Chang*. D. Emulsiya
90. Chuktirishqanday kuch yorda-mida ushbu usullar amalga oshiriladi?
 A Bosimlar farki B Markazdan kochma kuch
 S Elektrostatik kuch D. Ogirlik kuchi*
91. Filtrlash qanday kuch yordamida ushbu usullar amalga oshiriladi?
 A Bosimlar farki* B Markazdan kochma kuch
 S Elektrostatik kuch. D. Ogirlik kuchi
92. Sentrifugalashqanday kuch yordamida ushbu usullar amalga oshiriladi?
 A Bosimlar farki B. Markazdan kochma kuch*
 S Elektrostatik kuch. D. Ogirlik kuchi
93. Ajratish koeffisienti kaysi formula yordamida aniqlanadi...?

A $\frac{2 \cdot \Pi \cdot n}{60}$ B. $\frac{w^2}{g \cdot r} *$ S. $\frac{m \cdot w^2}{r}$ D. $\frac{G \cdot r \cdot n^2}{90}$

94. Modifikastiyalashgan Reynolds kriteriyasiga kaysi formula mos keladi

A $\frac{w^2}{g \cdot l}$ B. $\frac{n \cdot d^2 \cdot \rho}{\mu} *$ S. $\frac{\Delta P}{\rho \cdot w^2}$ D. $\frac{w \cdot l \cdot \rho}{\mu}$

95. Bir-biriga tegib turgan kichik zarrachalarning tartibsiz xarakati natijasida yuz beradigan issiqlikni utish jarayoni nima deyiladi...?

A konvekstiya

B. Issiqlikni-ng nurlani-shi

S. issiqlik utkazuvchanlik*

D. issiqlik utishi

96. Gaz yoki suyuqliklarda mak-rooskopik xajmlarning xara-kati va ularni aralashtirish natijasida yuz beradigan issiqlikning tarkalishi nima deb nomlanadi...?

A konvekstiya*

B Issiqlikni-ng nurlani-shi.

S issiqlik utkazuvchanlik. D. issiqlik utishi

97. Issikklik energiyasining elektromagnit tulkin yorda-mida tarkalishi nima deb ataladi...?

A konvekstiya

B Issiqlikni-ng nurlani-shi*

S issiqlik utkazuvchan-lik D. issiqlik o'tishi

98. Xar xil temperaturalarga ega bulgan jismlarda is-siklik energiyasining biri-dan ikkinchisiga utishi nima deb ataladi.?

A konvekstiya

B Issiqlikni-ng nurlani-shi

S issiqlik utkazuvchan-lik D. issiqlik utishi*

99. kattik moddalarda issiqlikning asosiy utishi kaysi usul bilan amalga oshiriladi...?

A Issiqlikni nurlanishi

B issiqlik utkazuvchan-lik*

S. Issiqlikni berilishi D. konvekstiya

100. Temperaturasi yukori bo'lgan muxitdan biror devor orkali issiqlikni berilishi nima deb ataladi...?

A issiqlikni nurlanishi

B issiqlik utkazuvchan-lik

S issiqlikni berilishi* D. konvekstiya

101. Berilgan tenglamalarning qaysi biri issiqlik o'tish tenglamasi deyiladi...?

A $Q = a \cdot F \cdot \tau \cdot \Delta t$ B $Q = \frac{\lambda}{\delta} \cdot F \cdot (t_{\delta 1} - t_{\delta 2})$ S $Q = G \cdot c \cdot \Delta t$ D. $Q = K \cdot F \cdot \tau \cdot \Delta t_{yp}$ *

102. Issiqlik utkazishning asosiy tengla-masidan kaysi kattalik xisoblab topiladi...?

A. kurilmaning issiqlik yuklamasi

B. issiqlik utkazish koeffistienti

S issiqlik utkazishning harakatlantiruvchi kuchi.

D issiqlik almashinish yuzasi*

103. Fure qonuni kaysi issiqlik utkazish va qanday kurinishga ega...?

A. $\frac{E_1}{A_1} = \frac{E_2}{A_2} = \dots = E_0$ B. $Q = -\lambda \cdot F \cdot \tau \cdot \frac{df}{dn}$ * S. $Q = a \cdot F \cdot \tau \cdot (t_{\delta} - t_c)$ D. $E_0 = K_0 \cdot T^4$

104. Nyuton qonuni kaysi issiqlik utkazish va qanday formula yordamida aniqlanadi...?

A. $\frac{E_1}{A_1} = \frac{E_2}{A_2} = \dots = E_0$ B. $Q = -\lambda \cdot F \cdot \tau \cdot \frac{df}{dn}$ S. $Q = a \cdot F \cdot \tau \cdot (t_{\delta} - t_c)$ * D. $E_0 = K_0 \cdot T^4$

105. Stefan-Bolstman qonuni qaysi issiqlik o'tkazish va qanday formula yordamida aniqlanadi...?

A. $\frac{E_1}{A_1} = \frac{E_2}{A_2} = \dots = E_0$ B. $Q = -\lambda \cdot F \cdot \tau \cdot \frac{df}{dn}$ S. $Q = a \cdot F \cdot \tau \cdot (t_{\delta} - t_c)$ D. $E_0 = K_0 \cdot T^4$ *

106. Kirxgof qonuni qaysi issiqlik o'tka-zich va qanday formula yordamida aniqlanadi?

A. $\frac{E_1}{A_1} = \frac{E_2}{A_2} = \dots = E_0$ * B. $Q = -\lambda \cdot F \cdot \tau \cdot \frac{df}{dn}$ S. $Q = a \cdot F \cdot \tau \cdot (t_{\delta} - t_c)$ D. $E_0 = K_0 \cdot T^4$

107. Suyuqlik va devor orasida issiqlik alma-shinish jarayo-nida kaysi koeffistient hisobga olinadi...?

A. nurlanish koeffistienti

B issiqlik o'tkazuvchanlik

S. issiqlik berish koeffistienti

*D. issiqlik utkazish koeffistienti

108. Issiqlik berish koeffistienti kaysi kattaliklarga boglik...?

A. w B. ρ S. μ D. xamma*

109. Devor va oqim chegarasidagi issiqlikning utish tezligini kaysi mezon ifodalaydi va qanday tenglama orkali topiladi?
A. Grasgoff B. Fure S. Nusselt* D. Prandtl
110. Noturgun jarayonlar uxshashligining zarur sharti bo'lib qaysi kriteriyalar teng bo'lishi kerak va u kaysi formula orkali topiladi...?
A. Grasgoff B. Fure* S. Nusselt. Prandtl
111. Temperaturasi yuqori bo'lgan muhitdan temperaturasi past bulgan muxitga vakt birligi ichida ajratuvchi devorning 1 m² yuzasidan muxitlar tempe-raturalari farqi 1 °S bulganda utkazilgan issiqlik mikdori nima deb ataladi va kaysi tenglama orkali aniqlanadi...?
A. issiqlik berish koeffistienti
B. issiqlik utkazuvchan-lik koeffistienti
S. issiqlik utkazish koeffistienti*
D. nurlanish koeffistienti
112. SI sistemasida issiqlik utkazuvchanlik koeffistienti birligi...?
A. $\frac{Bm}{m^2 \cdot K}$ B. $\frac{Bm}{m \cdot K}$ * S. $\frac{ккал}{m^2 \cdot K^4}$ D. $\frac{ккал}{m^2 \cdot соат \cdot град}$
113. SI sistemasida issiqlik be-riş koeffistienti birligi...?
A. $\frac{Bm}{m^2 \cdot K}$ * B. $\frac{Bm}{m \cdot K}$ S. $\frac{ккал}{m^2 \cdot K^4}$ D. $\frac{ккал}{m^2 \cdot соат \cdot град}$
114. SI sistemasida issiqlik o't-kazish koeffistienti birligi.?
A. $\frac{Bm}{m^2 \cdot K}$ * B. $\frac{Bm}{m \cdot K}$ S. $\frac{ккал}{m^2 \cdot K^4}$ D. $\frac{ккал}{m^2 \cdot соат \cdot град}$
115. Issiqlik utish jarayonida kaysi kattalik jarayonni xarakatlantiruvchi kuchi deb xisoblanadi va qanday tenglama orkali aniqlanadi...?
A. bosimlar farki
B. temperaturalar urtacha farqi*
S. Konstentratsiyalar farqi
D. temperaturalar farqi
116. Issiqlik o'tkazish jarayonida xarakatga keltiruvchi kuch qaysi formuladan boshlanadi...?
A. $\frac{\Delta t_z - \Delta t_m}{2}$ B. $\frac{\Delta t_{ka} - \Delta t_{ku}}{2,3 \cdot \lg \Delta t_{ka} / \Delta t_{ku}}$ * S. $t_o - t_c$ D. $(\Delta t_{yp})_{\text{быв}} \cdot f$

117. Issiqlik almashinish qurilmalarida muxitlarni qaysi yo'nalishi afzalroq...?
A. aralash yo'nalish B. parallel, qarama-qarshi yo'nalish*
S. parallel, bir tomonlama yo'nalish D. o'zaro kesishgan yo'nalish
118. Issiqlik tashuvchi agentlarning temperaturalar farqi katta bulganda, kaysi kojux-trubali issiqlik almashinish kurilmasi kuulaniladi...?
A. bir yulli B xarakatchan kalpokchali
S. linza kompensatorli * D. kup yulli
119. Qaysi usul trubalarni truba turlarida joylashtirish uchun eng qulay deb xisoblanadi...?
A. tugri oltiburchak kirralari buylab* B. kvadrat tomonlari buylab
S. konstantrik aylanalar buylab D. Sakkiz burchak kirralari buylab
120. Trubalarni truba turlariga maxkamlashda qaysi usul ko'prok ishlatiladi...?
A. payvandlash B. kavsharlash
S. salnik yordamida biriktirish D. razvalstovka*

Asosiy va qo'shimcha axborot manbalari

Asosiy adabiyotlar

1. Charles E. Thomas Process technology equipment end sustems, 4th yedition, Cengage Learning Stamford USA, 2015.
2. N.R. Yusufbekov. H.S. Nurmuxammedov. S.G. Zokirov. Kimyoviy texnologiya asosiy texnologik jarayonlari. –T. “SHarq” 2015. 838 b.
3. Anshteyn V.G. Protsessi i apparati ximicheskoy texnologii uchebnik v 2-xkn Spb: EBS Lan 2019, -916s
4. Ponikarov I.I. Ponikarov S.I. Rachkovskiy S.V, Raschet mashin I apparatov ximicheskoy proizvodstov I nefti pererabotki. Uchebnoye posobiye 4 – ye izd. Ster SPB: EBS Lan. 2020-216s.
5. Smirnov N.N. Albom tipovoy ximicheskoy apparaturi (prinsipialniye sxemi apparatov). Uchebnoye posobiye. SPb.: EBS Lan, 2019. 68 s
6. Yusufbekov N.R, Nurmuxammedov X.S, Ismatullayev P.R., Zokirov S.G., Mannonov U.V, Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarining asosiy jaryon va qurilmalarini hisoblash va loyihalash. – Uslubiy qo'llanma. T. Jaxon, 2000.-231 b.
7. Mirziyoyev SH.M. Buyuk kelajagimizni mard va olijanob xalqimiz bilan birga quramiz. –T.”O'zbekiston”, 2017.-488 b.
8. Mirziyoyev SH.M. Qonun ustuvorligi va inson manfaatlarini ta'minlash-yurt taraqqiyoti va xalq farovonligining garovi.-T. “O'zbekiston”-2017. -48 b.
9. Mirziyoyev SH.M. Erkin va farovon demokratik O'zbekiston davlatini birgalikda barpo etamiz.-T “O'zbekiston”, 2016.-56 b.
10. Kasatkin A.G. Osnovniye protsessi I apparati ximicheskoy texnologii. Uchebnik dlya vuzov -10-ye izd., stereotipnoye, dorabotannoye. Perepechatano s izd. 1973 g –M.: OOO TID <Alyans>, 2004.-753 s.
11. Timonin A.S. Osnovi konstruirovaniya I rascheta ximiko-texnologicheskogo I prirodooxrannogo oborudovaniy.-Spravochnik, izd.2-ye, pererab. I dopoln. Kaluga: Izd-vo N.Bochkarevoy, 2002.-t1,2,3.-2848 s.
12. Nurmuxammedov X.S. Gulyamova N.U. va boshqa “Asosiy texnologik jarayon va qurilmalar” fanidan-Uslubiy qo'llanma. Toshkent 2012.-152 b.

Internet saytlari

www.texnology.ru
www.ziyonet.uz
www.bilimdon.uz
www.ref.uz
www.omgtu.ru
www.dpo-msu.ru
www.ximik.ru