

YUSUPOVA .N.F.
TO'XTAEV F.X

FARMATSEVTIK INJINIRING



TOSHKENT-2021

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI
SOG'LIQNI SAQLASH VAZIRLIGI
TOSHKENT FARMATSEVTIKA INSTITUTI**

FARMATSEVTIK INJINIRING

5510600 – Sanoat farmatsiyasi
5320500 – Biotexnologiya (farmatsevtik biotexnologiya)
5310900 - Metrologiya standartlashtirish va maxsulot sifati menejmenti.

**O'zbekiston Respublikasi Oliy va O'rta maxsus ta'lim vazirligi tomonidan
o'quv qo'llanma sifatida tavsiya etilgan.**

TOSHKENT-2021

UDK-616-053.2(075.8)

KBK-57.3(075)

Y 88

Yusupova N.F., Tuxtayev F.X. Farmatsevtik injiniring, O'quv qo'llanma,

T.:MCHJ Ijod print 2021, 250 b.

ISBN-978-9943-6383-1-0

Taqrizchilar:

Tohtahunova G.A. Toshkent kimyo texnologiya instituti, kimyoviy texnologik jarayon va qurilmalari kafedrası docenti t.f.n

Ulugmurodov N. Toshkent farmatsevtika instituti, Fizika, matematika va axborot texnologiyalari kafedrası t.f.n.dotsenti

Tuzuvchilar:

Yusupova N.F. Biotexnologiya kafedrasining mudiri, docent v/b, texnika fanlari nomzodi

To'xtayev F.X. Biotexnologiya kafedrasining katta o'qituvchisi, farmatsevtika fanlari nomzodi

Ushbu uquv qo'llanmada suyuqliklarning muvozanati, uning harakat rejimini, sarfini o'lchash, markazdan qochma nasoslarning xarakteristikasini, donador zarrachalar qatlamining mavhum qaynash gidrodinamikasini, idish tubidagi turli diametrli teshiklardan oqib tushish vaqtini, filtrlash doimiyligini, "truba ichida truba" tipidagi issiliq almashinish qurilmasida issiliq berish va o'tkazish koeffitsientlarini, eritmalarining harorat depressiyasini aniqlash, quritish qurilmasidagi materialning quritish va quritish tezligining egri chiziqlarini tasvirlash, hamda nasadkali kolonnalarning gidrodinamikasi bo'yicha mavzular bayon qilingan.

Mavzu yakunida keltirilgan masalada uni mukammal o'zlashtirish uchun hisoblash formulalari, nazorat savollari va adabiyotlar keltirilgan. O'quv qo'llanmada tajriba natijalarini hisoblash uchun ilovada suyuqlik va gazlarning fizik-mexanik va diffuzion-issiliq xossalari, mahalliy qarshilik turlarining koeffitsientlari berilgan.

O'quv qo'llanma oliy o'quv yurtlarning «Farmatsevtik biotexnologiya», «Biotexnologiya», «Kimyoviy texnologiya» va boshqa yo'nalishlarida ta'lim olayotgan bakalavrlar uchun "Farmatsevtik injiniring" fanidan ta'lim beruvchi o'qituvchi va ta'lim oluvchi talabalarga ma'ruza, laboratoriya va amaliy mashg'ulotlarda qo'llash uchun tavsiya etiladi.

Mazkur o'quv qo'llanmani tuzishda prof. Nurmuhamedov X.S., dotsentlar: Gulyamova N.U., Nigmatjonov S.K., katta o'qituvchilar: Yulchiev R.A., Yusupova N.F., Muxamedbaev A.A., Nabiev G.G., assistentlar: Tuychieva U.I., Nodirxonova S.I., Xonazarova M.X., Pirimov T.J., Inogomov A.A., Xaitova D.A. darslik va qo'llanmalaridan foydalanilgan.

UDK-616-053.2(075.8)

KBK-57.3(075)

ISBN-978-9943-6383-1-0

© «Toshkent farmatsevtika instituti tahririy –nashriyot bo'limi bosmaxonasi », 2021

Kimyo-farmatsevtika ishlab chiqarish soxasi xozirgi kunda ilg'or sur'atlar bilan rivojlanib bormoqda. Kundan kunga ishlab chiqarish korxonalari tomonidan yangi va zamonaviy dori darmonlarni yaratish borasida izlanishlar olib borilib, ular ishlab chiqarishga etib borishi uchun mutahassislar – inginer texnologlar kuch quvvatini sarflab kelishmoqda.

Kimyo-farmatsevtika ishlab chiqarish soxasida barcha kimyoviy, farmatsevtik va biotexnologik substansiyalar, yarim tayyor maxsulotlar va dori preparatlarni ishlab chiqarilishi xammaga ma'lum. Lekin halqaro standartlarga tayanib, kelajakda yangi sifatli va samarasi yuqori bo'lgan preparat ishlab chiqaraman degan korxonalar substansiyaning o'zida sintez qilishi kerakligiga alohida e'tibor berish zarur. Xattoki, Chet eldan substansiya sotib olinsa xam, ushbu substansiya qaytadan tozalanishi kerak. Kimyo-farmatsevtik substansiyalarni tozalash sanoat korxonalarida dastlabki bosqichida olib borilishi kerak, va keyin ishlab chiqarishga joriy qilinishi kerak. Dunyoga mashxur bo'lgan yirik kompaniyalarning zavodlari aynan shu usulni qo'llashadi. Muxandis texnologlar substansiyalarni tozalashda qabul qilingan usullardan foydalanib, dori vositasini saqlagan moddaning turli usullarni qo'llab qayta ishlashadi. Masalan diffuzion jarayonlardan: eritish, ekstraksiyalash, xaydash, quritish, absorbsiyalash, adsorbsiyalash va kristallash, yordamchi jarayonlardan esa: suyuqliklarni (turli ochiq yoki yopiq idishlardagi) massasi va xajmini aniqlash, qurilmalarni va yiggichlarni ishchi yuzasini aniqlash asosida tanlash, suyuqlik va gazlarni uzatish, idishlardagi suyuqliklarni bo'shatish, xavo almashinish tizimini qo'llash, cho'ktirish, tindirish, filtrlash, sentrifugalash, suyuqlik yordamida ajratish, xavo oqimi tezligi yordamida ajratish, isitish, sovitish, kondensatsiyalash, bug'latish va boshqa jarayonlardan mutaxassislar qo'llaydi.

Xozirgi kunda mana shu masalalarni xam yurtimizda keng qo'llash maqsadida farmatsevtik injiniring fani o'quv dasturlariga kiritilib, fanni dolzarligi va axamiyatligi ko'rsatib berildi.

Kimyo-farmatsevtik maxsulotlarni ishlab chiqarishda asosiy jarayonlarsiz ularni tasavvur qilib bo'lmaydi. Oddiy yani sodda tuzilishli farmatsevtik preparatlar substansiyalar asosida tayyorlanganligini inobatga oladigan bo'lsak, ushbu substansiyalarni sintezi, olinishi va texnologiyasi juda xam axamiyatlidir. Bu substansiyalarni ishlab chiqarishda chiqindilarni chiqishi va ularni xam qayta ishlash yoki zararsizlantirish xam dolzarb masaladir. O'quv qo'llanmani yozishda Rossiya, Amerika, Evropa va O'zbekistonning ulkan yutuqlarga erishgan kimyogarlar, olimlar va muxandislarning adabiyotlaridan keng foydalanilgan.

Mualliflar barcha tanqidiy fikr va takliflarni diqqatlik va minnatdorchilik bilan qabul qilishadi.

Ushbu o'quv qo'llanmani tuzishda Toshkent farmatsevtika instituti raxbariyatiga, Biotexnologiya kafedrasining dotsentlari: A.A.Maxmudov, X.T.Zoirova, R.Artikova, F.Pulatova, M., R., assistentlar: Z.Yunusova, S.Xadjimetova, Sh.Usubbaeva, X.Ubaydullaeva, G., N.Rashidova, M.Sayliev, F.Qayumov va barcha institut xodimlariga bergan ko'maklari va maslaxatlari uchun o'zimizning minnatdorchiligimizni bildiramiz.

KIRISH

Kimyo-farmatsevtik ishlab chiqarish hozirgi ulkan va tez rivojlanish yulida bo'lib, uzini oldiga texnologiyalarni mexanizatsiyalash va avtomatlashtirish, tez ishlaydigan nazorat va boshqarish tizimlarini ilgari surmoqda. Bulardan asosiy maqsad maxsulot miqdorini oshirish, tannarxini arzonlashtirish va sifatini yanada yaxshilashdan iboratdir.

Ishlab chiqarishning yangi usullari, ayniqsa ajratish va tozalash jarayonlari biologik faol moddalarni: alkaloidlar, glikozidlar, flavonoidlar, vitaminlar, antibiotiklar, gormonlar, fermentlar va boshqa soxalarga uzining xissasini qo'shmoqda.

Kimyo-farmatsevtik substansiyalarni ishlab chiqarishda xom ashyo va energiyani kompleks xolida qo'llash, sanoat chiqindilarini zararsizlantirish va qayta ishlash ekologik muxitga ta'sir qilishi xammaga ma'lum. Kimyo-farmatsevtik texnologiya jarayonlarining asosiy elementlari xom ashyo, energiya va qurilmalar xisoblanadi. Lekin hozirgi kunda bundan tashqari boshqa elementlarni xam bilish zarur: jarayonlarning fizik-kimyoviy xossalari, termodinamikasi, kinetikasi, iqtisodiy ko'rsatkichlari, apparatlarning konstruksiyalari, apparatlarning chidamligi va boshqalar.

O'zbekistonda dori vositalari substansiyalarini rasmiy ishlab chiqaruvchi korxonalar juda kam bo'lib, ulardan O'simlik moddalari kimyosi ilmiy tadqiqot instituti, «Radiks», «Remedi» korxonalari bunga misol bo'la oladi. Lekin bu substansiyalar asosan maxalliy ishlab chiqaruvchilar uchun mo'ljallangan. Lekin ko'pchilik farmatsevtik korxonalarda oddiy formuladagi dori vositalari ishlab chiqarilib, dori substansiyalar ishlab chiqarilishiga e'tibor qaratilmaydi. Chunki arzon substansiyalar Xitoy va Xindistondan kirib kelmoqda. Uzbekiston Respublikasi Prezidenti Sh.M.Mirziyoev maxalliy farmatsevtik ishlab chiqarish korxonalari substansiya ishlab chiqarilishini yo'lga qo'yishi, kengaytirilishini va innovatsiyalarni kiritishi zarurligi bir necha bor ta'kidladilar.

Dori substansiyalarini ishlab chiqarish molekulyar formuladan boshlanib, ishlab chiqarish bilan yakunlanishi kerak. Kimyoviy yoki mikrobiologik sintez natijasida dastlab laboratoriya sharoitida olingan dori substansiyasini sifatini aniqlash kerak, ijobiy natijaga erishilgan taqdirda tajriba sinov qurilmalarida namuna olinishi kerak.

Dori substansiyasini ishlab chiqarishda quyidagi savollarga aloxida e'tibor berish kerak:

1. Asosiy va qo'shimcha kimyoviy jarayonlarni o'rganish kerak.
2. Ishlab chiqarish uchun mos qurilmani tanlash
3. Ishlab chiqarishning apparatlar va texnologik sxemasini tuzish
4. Nazorat va avtomatlashtirish boshqarish tizimlarini qo'llash
5. Barcha jarayonlarni yoki ularni bir qismlarini mexanizatsiyalash
6. Uzluksiz ishlab chiqarishga o'tish
7. Ishlab chiqarishda korroziyaga e'tibor berish
8. Xom ashyo va materiallar texnik shartlarga amal qilishi
9. Maxsulotlarni ajratish va saralash

10. Bosqich va texnologik operatsiyalarni davomiyligini, qurilmalarni ishlatilish koeffitsientlarini, xom ashyoni sarf koeffitsientlarini aniqlash
11. Dastlabki maxsulotlarni qayta tiklash, yuqotilishini joylarini va xajmini oldini olish
12. Energiya (elektroenergiya, bug', suv, gaz, siqilgan xavo, sovuqlik tashuvchi) sarfini aniqlash
13. Ishlab chiqarishni nazorat qilish: ma'lum joylarda namunalar olish va sifatini aniqlash
14. Maxsulot sifatini talab darajasigacha etkazish
15. Xavfsizlik qoidalari va yong'in oldini olish tadbirlarini amalga oshirish
16. Chiqindilarni yo'q qilish va zararsizlantirish va boshqalar kiradi.

Ishlab chiqarish korxonalarida xar bir tayyor maxsulot, yarim tayyor maxsulot yoki substansiya uchun texnologik tajriba sinov yoki sanoat reglamenti tayyorlanadi. Aynan ana shu reglamentning bir necha qismida farmatsevtik injiniringa ta'lukli bo'lgan masalalar ko'tariladi. Masalan: moddiy va energetik balans, ishlab chiqarish texnologiyasi, qurilmalar sxemasi (moddiy oqimlar yo'nalishi, truboprovodlar, nazorat nuqtalari, transportlash qurilmalari) va boshqalar.

FARMATSEVTIK INJINIRING KURSI FANI VA MAQSADI

Farmatsevtik injiniring fani kimyo texnologiyasining asosida tashkil etilgan maxsus bilimlar soxasi xisoblanadi.

Farmatsevtik injiniring fanida oralik maxsulotlar, dori vositalari substansiyalari va dori darmonlarni ishlab chiqarishda texnologik jarayonlarni o'rganadi, kam kuch va mablag sarf qilish bilan jarayonni amalga oshirish yo'llarini kursatadi, tabiiy va kimyoviy xom ashyolar asosida dori-darmonlarni olish usullarini topadi va bilim beradi, shuningdek zamonaviy, iqtisodiy tejankor va xavfsiz qayta ishlash yoki ishlab chiqarishni o'rgatadi. Undan xam muximi, berilgan massaviy yoki xajmiy sarflardagi xom ashyolarni qayta ishlashda kerakli sigimga ega bo'lgan qurilmalarni to'g'ri tanlashga erdam beradi.

Ushbu fanni o'zlashtirish natijasida bo'lajak texnolog farmatsevtika yoki kimyo sanoatining korxonalarida barcha texnologik jarayonlarni amalga oshira olishi mumkin bo'ladi. Farmatsevtik injiniringsiz xom ashyo yoki yarim tayyor maxsulotlardan dori vositalari substansiyalarini olinishini tasavvur xam qilib bo'lmaydi. Farmatsevtik injiniring asosida substansiya ishlab chiqarish jarayoni va texnologiyalari taklif etilgandan so'nggina dori vositasi ishlab chiqariladi. Substansiya bo'lmasa, yoki zaxirasi etarli bo'lmasa barcha ishlab chiqarish korxonalari faoliyatini to'xtatishga sabab bo'ladi. Masalan: farmakopeya talablariga javob beradigan natriy xlorid substansiyasi Xitoydan keltiriladi. Agar keltirilmasa, substansiyani import qilib olish imkoni bo'lmasa, qaerdan oladi? Demak uzi sintez qilishga majbur bo'ladi. Bu oddiy misol, lekin farmatsevtik substansiyalar soni mingdan. Yana bir misol: Evropa substansiyaning Xitoydan sotib oladi va sertifikatini yoki tozaligini tasdiqlovchi xujjatlarini borligiga qaramasdan o'zining (Evropada) farmatsevtik zavodlarida qaytadan tozalaydi. Chunki Evropa uchun ishlab

chiqariladigan maxsulotlar juda sifatli, samarali va tozalik darajasi o'ta yuqori bo'lishi talab etiladi.

Demak, farmatsevtik injiniring fani davlatimizning farmatsevtik substansiyalarga bog'liqlik muammolarini echishiga sabab bo'ladi, va bu soxa rivojlanishi natijasi barcha korxonalaridagi ishlab chiqariladigan dori darmonlar xaqiqiy tarzda maxalliyashtiriladi.

KIMYO-FARMATSEVTIKA SANOATINING O'ZIGA XOS XUSUSIYATLARI

Kimyo-farmatsevtika sanoati qator texnologik va iqtisodiy tavsiflarga ega bo'lib, kimyo sanoati va boshqa sanoatlardan ishlab chiqarishning quyidagi rivojlanish yo'nalishlari bo'yicha farqlanadi:

1. Maxsulot sifati Davlat farmakopeya talablariga mos bo'lishi. Substansiyalarning tozaligi yuqori bo'lishi, ishlash chiqarish madaniyati, ish joylari va qurilmalarning tozaligi, mexanizatsiyalashganligi, germetikligi, avtomatlashtirilganligi, katalitik yoki antikatalitik ta'siri bo'lmasligi. Tozalash jarayonlariga ko'p yoki ko'p marotabalik qayta kristallash, qayta cho'ktirish, xaydash, ekstraksiya va boshqa jarayonlar kiradi. Bundan tashqari dori vositalarga sterilligi, pirogenligi va gistaminlarga o'xshash ta'sir qilmasligiga doir amallar qilinishi lozim.
2. Fiziologik faolligi maxsus germetiklangan, siqilgan muxitda, izolirlangan tizimlarda, zaxarli moddalarni ushlab qoluvchi tizimlar borligi, samarali ventilyasiya qurilish normalari va loyixalash qoidalari asosida sanoat korxonalarida tashkil etilgan bo'lishi kerak.
3. Kimyo-farmatsevtika sanoatida xom ashyolar – mineral, sintetik, o'simlik va xayvon organizmlaridan olinishiligi inobatga olib, ko'pgina turli soxalar (kimyo, metallurgiya, engil sanoat, go'sht va sut maxsulotlari, oziq-ovqat va qishloq xujaligi) dagi ishlab chiqarish korxonalar bilan iqtisodiy bog'liqlikka ega bo'ladi.
4. Turdosh soxalardagi ishlab chiqarishlarda xom ashyolar ko'pgina xollarda dori vositalariga qo'yiladigan talablarga javob bermasligi bois, tayyorlash va tozalash bosqichlarida yuvish, xaydash, rektifikatsiyalash, maydalash, elash, qayta kristallash jarayonlarini qo'llashga sabab bo'ladi
5. Oralik maxsulotlar va dori vositalar soni ko'pligi bois ularning massaviy ogirliklari uncha katta (kimyo-sanoatiga nisbatan) emas va turli tumandir. Masalan ba'zi farmatsevtik substansiyalarning miqdori bir necha tonna (sulfanilamidlar, glyukoza, salitsilatlar, natriy tiosulfat va boshqalar)ga etadi.
6. Ko'p bosqichli jarayonlarni qo'llash natijasida oraliq yoki asosiy moddalarning yigindi ko'rinishidagi chiqish unumi kamayadi. Masalan 1 kg toza substansiya uchun 30-40 kg xom ashyo sarflanishi mumkin. 1 tonna sintomitsin antibiotiki uchun 40 tonna xom ashyo kerak. Togli efedrani qayta ishlashda moddiy indeks 1:112 ga to'g'ri keladi.

7. Murakkab korroziyalar kelib chiqish sharoitlari tufayli ko'p turdagi reaksiya muxitlari chidamli konstruksion materiallarni tanlashga to'g'ri keladi. Bundan tashqari truboprovodlar xam aloxida ahamiyatga ega. Materiallar ishkoriy va kislotali muxitlarga bardosh elementlardan tanlanishni e'tiborga olish kerak.
8. Kimyo-farmatsevtika sanoatida yong'inli va portlovchi xom ashyolarga: portlovchi gazlar(vodorod, ammiak, oltingugurt vodorod, keten), tez yonuvchan suyuqliklar (benzol, toluol, spirtlar, oddiy va murakkab efirlar, organik kislotalar), kattik moddalar (rux changi) va katalizatorlar (nikelli) kiradi.
9. Ko'pgina farmatsevtik substansiyalarning tannarxi juda qimmat, bunday xolatlarida kimyoviy, fizik-kimyoviy, mexanik yo'qotishlarni kamaytirishga doir ishlar bajarilish lozim. Jarayonlarni uzluksizligini ta'minlash kerak bo'ladi.

Demak, kimyo-farmatsevtik ishlab chiqarishda xarajatlarning 70-80 % xom ashyo va oraliq maxsulotlarga to'g'ri kelib, ulardan kompleks, ratsional va tejamli qo'llashni takozo etadi. Dori substansiyasini sintezida xar bir bosqich nazorati amalga oshirilib, chiqindilar qayta ishlanishi, ikkilamchi resurslardan foydalanish, jarayonlarni samarali va tejamli o'tkazish – bu bulajak muxandis texnologlarning asosiy vazifalaridan biri xisoblanadi.

1-BOB GIDRAVLIKA ASOSLARI

1.1 FARMATSEVTIK INJINIRING FANI VA FANDA FIZIK KATTALIKLAR VA ULARNING O'LCHOVLARI.

Sanoatda turli xil xom-ashyolar qayta ishlanadi va natijada qattiq, suyuq, bug`vagaz agregat holatlaridagi turli-tuman tayyor mahsulotlar olinadi. Ma'lumki, har bir jarayon va qurilmalarni hisoblash uchun xom-ashyo va mahsulotlarni xossalari bilish zarur. Xom-ashyoni qayta ishlash natijasida hosil bo`lgan ko`pgina kimyo va oziq-ovqat mahsulotlari turli jinsli sistemalardan tashkil topgan bo`ladi. Ularning asosiy fizik-mexanik va diffuzion-issiqlik xossalari, zichlik, solishtirma og`irlik, qovushqoqlik, sirtiy taranglik, issiqlik sig`im va o`tkazuvchanlik, temperatura o`tkazuvchanlik va boshqalar bilan xarakterlanadi.

Zichlik. Hajm V birligidagi bir jinsli jismning massasi m zichlik ρ deb yuritiladi:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1.1)$$

Bu yerda ρ – zichlik, kg/m^3 ; m – massa, kg ; V – hajm, m^3 .

Zichlik kattaligiga teskari bo`lgan kattalik *solishtirma hajm* ν deb yuritiladi:

$$\nu = \frac{1}{\rho} \quad (1.2)$$

bu yerda ν – solishtirma hajm, m^3/kg .

**Solishtirma og`irlik.** Hajm  $V$  birligidagi suyuqlikning og`irligi $G_{\text{solishtirma}}$ og`irlik γ deyiladi:

$$\gamma = \frac{G}{V} \quad (1.3)$$

bu yerda G – suyuqlik og`irligi,  $\text{N}$ ;  $V$  – hajm,  $\text{m}^3$ ;  $\gamma$  – solishtirma og`irlik, N/m^3 .

1.1-jadval

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

№	Kattalik nomi	Birliklar nomi	Birlik belgisi
Asosiy kattaliklar			
1.	Uzunlik	metr	m
2.	Massa	kilogramm	kg
3.	Baqt	sekund	s
4.	Elektr toki kuchi	Amper	A
5.	Termodinamik temperatura	Kelvin	K
6.	Modda miqdori	Mol	mol
7.	Yorug`lik kuchi	kandela	kd

Qo`shimcha kattaliklar			
1.	Yassi burchak	radian	rad
2.	Fazoviy burchak	steradian	sr
Hosilaviy birliklar			
1.	Yuza	Metr kvadrat	m ²
2.	Zichlik	Kilogram taqsim metr kub	kg/m ³
3.	Kinematik qovushqoqlik	Metr kvadrat taqsim sekund	m ² /s
4.	Dinamik qovushqoqlik	Paskal sekund	Pa·s.
5.	Quvvat	Vatt	Vt
6.	Hajm, sig'im	Metr kub	m ³
7.	Tezlik	Metr taqsim sekund	m/s
8.	Tezlanish	Metr taqsim sekund kvadrat	m/s ²
9.	Burchak tezlik	Radian taqsim sekund	rad/s
10.	Burchak tezlanish	Radian taqsim sekund kvadrat	rad/s ²
11.	Kuch	Nyuton	N
12.	Bosim, mexanik kuchlanish	Paskal	Pa
13.	Ish, energiya, issiqlik miqdori	Joul	J
14.	Entropiya	Joul taqsim Kelvin	J/K
15.	Solishtirma issiqlik sig'imi	Joul taqsim kilogramm-Kelvin	J/kg·K
16.	Issiqlik uzatish koeffitsienti	Vatt taqsim metr kvadrat-Kelvin	Vt/(m ² ·K)
17.	Issiqlik o'tkazuvchanlik	Vatt taqsim metr-Kelvin	Vt/(m·K)
18.	Sirt taranglik	Joul taqsim metr kvadrat	J/m ²
19.	Diffuziya koeffitsienti	Metr kvadrat taqsim sekund	m ² /s
20.	Entalpiya	Joul taqsim kilogramm	J/kg

Birliklar orasidagi nisbatlar

1.2- jadval

№	Kattalik nomi	SI da birligi	SI birliklariga o'tkazish koeffitsientlari
1.	Uzunlik	m	1mkm = 10 ⁻⁶ m 1A ⁰ = 10 ⁻¹⁰ m
2.	Og'irlik kuchi	N	1kgk = 9,81 N 1din = 10 ⁻⁵ N
3.	Dinamik qovushqoqlik	Pa s	1P (Puaz) = 10 ⁻¹ Pa·s 1sP = 10 ⁻³ Pa·s $1 \frac{kgk \cdot s}{m^2} = 9,81 \text{ Pa} \cdot s$

4.	Kinematik qovushqoqlik	m^2/s	$1st \text{ (stoks)} = 10^{-4} m^2/s$
5.	Bosim	Pa	$1 \text{ din}/sm^2 = 0,1 \text{ Pa}$ $1 \frac{kgk \cdot s}{sm^2} = 1 \text{ atm} = 9,81 \cdot 10^4 \text{ Pa} = 735 \text{ mm}$ $s.u. 1 \frac{kgk \cdot s}{m^2} = 9,81 \text{ Pa}$ $1 \text{ atm.} = 1,033 \text{ kgk}/m^2 = 1,01 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 10,33 \text{ m.s.u.}$ $1 \text{ bar.} = 10^5 \text{ Pa}$
6.	Quvvat	Vt	$1 \text{ kgk} \cdot m/s = 9,81 \text{ Vt}$ $1 \text{ erg}/s = 10^{-7} \text{ Vt}$ $1 \text{ kkal}/\text{soat} = 1,163 \text{ Vt}$
7.	Zichlik	kg/m^3	$1 \text{ kgk} \cdot s^2/m^4 = 9,81 \text{ kg}/m^3$ $1 t/m^3 = 1 \text{ kg}/dm^3 = 1 \text{ g}/sm^3 = 10^3 \text{ kg}/m^3$
8.	Ish, energiya, issiqlik miqdori	Joul	$1 \text{ kgk} \cdot m = 9,81 \text{ J}$ $1 \text{ erg} = 10^{-7} \text{ J}$ $1 \text{ kVt} \cdot \text{soat} = 3,6 \cdot 10^5 \text{ J}$ $1 \text{ kkal} = 4187 \text{ J} = 4,19 \text{ kJ}$
9.	Issiqlik berish va o'tkazish koeffitsientlari	$Vt/(m^2 \cdot K)$ $Vt/(m^2 \cdot ^\circ C)$	$1 \text{ kkal}/m^2 \cdot \text{soat} \cdot ^\circ C = 1,163 \text{ Vt}/(m^2 \cdot K)$
10.	Solishtirma og'irlik	N/m^3	$1 \text{ kgk}/m^3 = 1,163 \text{ N}/m^3$
11.	Solishtirma issiqlik sig'imi	$J/(kg \cdot K)$ $Vt/(kg \cdot ^\circ C)$	$1 \text{ kkal}/kg \cdot ^\circ C = 4,19 \text{ kJ}/(kg \cdot K)$ $1 \text{ erg}/kg = 10^{-4} J/(kg \cdot K)$
12.	Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti	$Vt/(m \cdot K)$ $Vt/(m \cdot ^\circ C)$	$1 \text{ kkal}/m \cdot \text{soat} \cdot ^\circ C = 1,163 \text{ Vt}/(m \cdot K)$
13.	Solishtirma entalpiya	J/kg	$1 \text{ kkal}/kg = 1 \text{ kal}/g = 4,19 \text{ kJ}/kg$

Massa bilan og'irlik o'zaro quyidagicha bog'langan:

$$m = \frac{G}{g} \quad (1.4)$$

bu yerda $g = 9,81 \text{ m}/s^2$ – erkin tushish tezlanishi.

Qovushqoqlik. Dinamik qovushqoqlik koeffitsienti μ ning suyuqlik zichligi ρ ga nisbati *kinematik qovushqoqlik* ν deyiladi:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (1.5)$$

bu yerda ν – kinematik qovushqoqlik, m^2/s ; μ – dinamik qovushqoqlik, $Pa \cdot s$.

Fizik kattaliklar parametrlarining miqdorini ifodalash uchun asosan SGS, MKGSS va boshqa o'lchov birliklar sistemalari ishlatilar edi. (SGS - sm, gr, sek). MKGSS – m, kg, kuch, sek – asosan texnikada qo'llaniladi.

1965 yil 1 yanvardan xalqaro sistema SI qabul qilindi. SI da yettita asosiy kattalik va shularga mos yettita asosiy birliklar, anchagina hosilaviy kattaliklar va ularga mos qo'shimcha hamda hosilaviy birliklar bor. SI sistemasining asosiy kattaliklar va birliklar quyidagilar: uzunlik birligi – metr (m); massa birligi – kilogramm (kg), vaqt birligi – sekund (s); elektr tok kuchi birligi – amper (A) termodinamik temperaturasi birligi – kelvin (K); yorug'lik kuchi birligi – kandela (kd, svecha); modda miqdori birligi – mol (mol);

Birliklar o'lchovi va ular orasidagi nisbatlarni ko'rib chiqamiz:

1. SI sistemasida dinamik qovushqoqlik koeffitsientining o'lchov birligini topamiz:

Nyuton tenglamasiga binoan, suyuqlik qatlamlarining parallel harakati paytida hosil bo'ladigan ishqalanish kuchi:

$$P = \mu \cdot F \frac{d\omega}{dy} \quad (1.6)$$

bu yerda: μ – dinamik qovushqoqlik; F – ishqalanish yuzasi; $\frac{d\omega}{dy}$ – tezlik gradienti.

Yuqoridagi tenglamani μ ga nisbatan yechib quyidagi o'lchov birligi kelib chiqadi:

$$[\mu] = \left[\frac{P \cdot dy}{F \cdot d\omega} \right] = \frac{N \cdot s \cdot m}{m^2 \cdot m} = \frac{N \cdot s}{m^2} = Pa \cdot s = \frac{kg \cdot m \cdot s}{s^2 \cdot m^2} = \frac{kg}{m \cdot s} \quad (1.6)$$

2. Tekis devordan o'tayotgan issiqlik miqdori Q ni aniqlash tenglamasi:

$$Q = \frac{\lambda}{\delta} \cdot F \cdot \Delta t \quad (1.7)$$

bu yerda: λ – issiqlik o'tkazuvchanlik; δ – devor qalinligi; F – issiqlik o'tayotgan yuza; Δt – temperaturalar farqi.

Bu tenglama λ ga nisbatan yechilsa:

$$[\lambda] = \left[\frac{Q \cdot \delta}{F \cdot \Delta t} \right] = \frac{\frac{J}{s} \cdot m}{m^2 \cdot K} = \frac{Vt}{m \cdot K} \quad (1.8)$$

3. Dinamik qovushqoqlik koeffitsientining SI va SGS sistemalarida o'lchov birliklari orasidagi bog'lanish:

$$1Pa \cdot s = 1 \frac{kg}{m \cdot s} = \frac{1000g}{100sm \cdot s} = 10 \frac{g}{sm \cdot s} = 10 Puaz = 1sP = 10^{-3} Pa \cdot s = 1mPa \cdot s \quad (1.9)$$

(mPa – millipaskal)

4. Issiqlik o'tkazuvchanlik ko'effitsientining $\frac{1\text{kcal}}{m \cdot \text{soat} \cdot ^\circ\text{C}}$ va $\frac{Vt}{m \cdot K}$ o'lchov birliklari orasidagi nisbat topilsin.

$$\frac{1\text{kcal}}{m \cdot \text{soat} \cdot ^\circ\text{C}} = \frac{4190\text{ J}}{m \cdot 3600\text{ s} \cdot K} = 1,163 \frac{Vt}{m \cdot K} \quad (1.10)$$

$$\left(\frac{J}{s} = Vt\right)$$

Mustaqil bajarish uchun vazifalar.

1. $3,31 \frac{\text{kg} \cdot \text{k} \cdot \text{m}}{\text{s}}$ necha Vt ga teng?

Javob: 32,47 Vt

2. 716 mm simob ustuni necha Paskalga teng?

Javob: $9,556 \cdot 10^4$ Pa

3. $9,556 \cdot 10^4$ Pa necha kgk/m^2 ga teng?

Javob: $0,974 \cdot 10^4 \text{ kgk/m}^2$

4. 1 kkal/soat 1,163 Vt ga teng ekanligini isbotlang.

5. 26°C temperatura va $P = 390$ mm simob ustuni havoning zichligini hisoblang.

6. Havoning 41°C va 0,16 mPa bosimdagi zichlikni hisoblang.

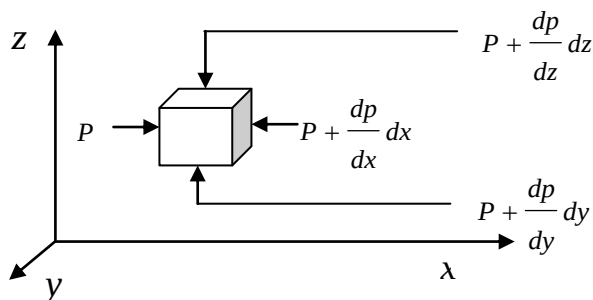
Nazorat uchun savollar:

1. Asosiy fizik kattaliklar va ularning birligi.
2. Turli sistemalardagi fizik kattaliklarning birliklari.
3. Birliklar o'rtasidagi nisbatlar.
4. Asosiy jarayon turlari.
5. Jarayonlarni hisoblashda o'xshashlik kriteriylari

1.2 GIDROSTATIKANING ASOSIY TENGLAMASI.

Gidrostatika nisbiy muvozanat holatdagi suyuqlikni ko'rib chiqadi. Bunday suyuqlikda ichki ishqalanish kuchlari yo'q deb hisoblanadi.

Biror idishda tinch to'rgan suyuqlikka og'irlik va bosim kuchlari ta'sir qiladi. Bu kuchlarning o'zaro ta'sirining suyuqlik ichida taqsimlanishi Eyler tomonidan ishlab chiqilgan differensial tenglama bilan ifodalanadi. (2.1-rasm).



1.1-rasm. Eyler tomonidan ishlab chiqilgan differensial tenglamaga oid

Parallelepipedga ta'sir qilayotgan og'irlik massa m bilan erkin tushish tezlanishi g ning ko'paytmasiga teng, ya'ni $P = g \cdot dm$. Hidrostatik bosim kuchlari esa, gidrostatik bosimning shu qirralar yuzasi ko'paytmasiga teng bo'lib, uningqiymati koordinatalar o'qlariga bog'liq:

$$P = f(x, y, z) \quad (1.11)$$

Statikaning asosiy qoidasiga muvofiq, tinch holatda to'rgan kichkina hajmga ta'sir qilayotgan barcha kuchlarning koordinatalar o'qlariga nisbatan olingan proektsiyalarning yig'indisi nolga teng, aks holda suyuqlik harakatda bo'ladi.

Parallelepipedning muvozanat holatini tenglamalar quyidagi sistemasi ifodalaydi;

$$\left. \begin{aligned} \frac{dp}{dx} &= 0 \\ \frac{dp}{dy} &= 0 \\ -\rho g - \frac{dp}{dz} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (1.12)$$

Bu tenglamalar sistemasi Eylerning muvozanat holatining differensial tenglamasi deyiladi. Tenglamalarning integrali gidrostatikaning asosiy tenglamasideyiladi.

$$z + \frac{P}{\rho g} = \text{const} \quad (1.13)$$

tenglamada z – ixtiyoriy gorizonta tekislikka nisbatan olingan nuqtaning balandligi (nivelir balandlik) yoki geometrik napor, $p/\rho g$ – statik yoki pyezometrik bosim kuchi. Demak, gidrostatikaning asosiy tenglamasiga muvofiq, tinch to'rgan suyuqlikning har qanday nuqtasida nivelir balandlik va statik bosim kuchlarining yig'indisi o'zgarmas miqdorga teng. Nivelir balandlik va statik bosim kuchi metr hisobida ifodalanadi.

Umumiy holda tenglamani quyidagicha yozish mumkin:

$$p = p_0 + \rho g z \quad (1.14)$$

p_0 – tinch to'rgan suyuqlik sirtiga ta'sir qilayotgan atmosfera bosimi.

Tenglamadan ko'rinib turibdiki, tinch to'rgan bir jinsli suyuqlikning bir xil hajmda bitta gorizonta tekislikda joylashgan barcha zarrachalari bir xil gidrostatik bosim ostida bo'ladi. Har qaysi nuqtadan gidrostatik bosimning kattaligi suyuqlik ustunining balandligiga bog'liq. Yuqorida ko'rsatilgan tenglama Paskal qonunining bir ko'rinishidir, ya'ni bu formulaga binoan, tinch holatdagi suyuqlikning istalgan nuqtasiga ta'sir etayotgan tashqi bosim suyuqlikning barcha nuqtalariga o'zgarishsiz uzatiladi.

Suyuqlik idish devorlariga, tubiga va uning ichiga tushirilgan boshqa jism yuzasiga bosim kuchi bilan ta'sir qiladi. Biror kichik ∇F yuzaga ta'sir qiladigan bosim gidrostatik bosim deyiladi. Agar yuza kattaligi nolga yaqinlashtirilsa, bu qiymat shu nuqtaning bosimi deyiladi.

$$P = \lim_{\nabla F \rightarrow 0} \frac{\nabla P}{\nabla F} \text{ Pa yoki N/m}^2 \quad (1.15)$$

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

Bosim manometr va vakuummetrlarda o'lchanadi. Bu o'lchov priborlari apparat ichidagi to'la bosim P_{abs} (absolyut bosim) bilan atmosfera bosimi P_{atm} orasidagi ortiqcha bosim P_{ort} ni ko'rsatadi. Shuning uchun to'la yoki absolyut bosimning yig'indisiga teng;

$$P_{abs} = P_{man} + P_{atm} \quad (1.16)$$

P_{man} – manometr bilan o'lchanadigan bosim.

Agar sharoit siyraklanish sharoitida (vakuumda) ketsa, atmosfera yoki barometrik bosim bilan siyraklanish orasidagi ayirma to'la (absolyut) bosim deyiladi.

$$P_{abs} = P_{atm} + P_{vak} \quad (1.17)$$

P_{vak} – vakuummetr bilan o'lchanadigan bosim.

Suyuqlik harakatini tezlik, sarf, bosim kabi kattaliklar harakterlaydi. Vaqt birligi ichida oqib o'tayotgan 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.

Hajmiy sarf: $V = \omega S$

Massaviy sarf: $M = \rho \omega s$

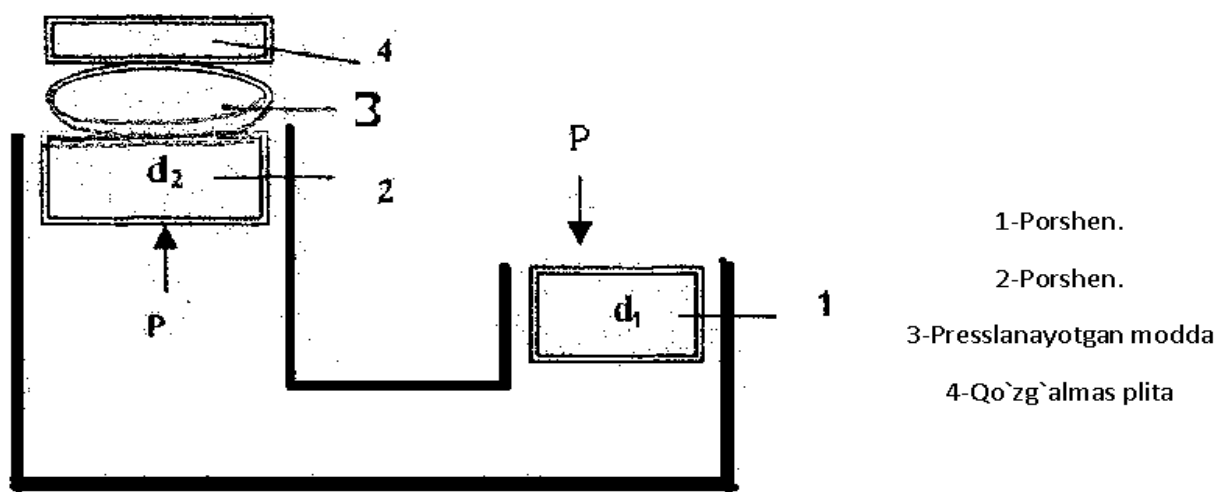
S – oqimning ko'ndalang kesimi;

ρ – suyuqlikning zichligi.

Dumaloq kesimli trubaprovodlar uchun

$$V = 0,785 d^2 \omega \quad (1.18)$$

d – trubaning ichki diametri.



1.2-rasm

Suyuqlik o'rtacha tezligini o'lchash qiyin, shuning uchun o'rtacha tezlik degan tushuncha kiritilgan. Hajmiy sarf miqdorining truba ko'ndalang kesimiga nisbatan o'rtacha tezlik deyiladi:

$$\omega = \frac{V}{S} \quad \text{m/s} \quad (1.19)$$

Kimyo sanoatning turli sohalarida presslash va briketlash uchun ishlatiladigan gidrostatik mashinalarning ishlash prinsipi gidrostatikaning asosiy tenglamasiga asoslangan. (2.2-rasm).

Agar birinchi (1) porshenga qandaydir kuch ta'sirida P_1 bosim hosil qilinsa, unda Paskal qonuni bo'yicha xuddi shunday bosim ikkinchi porshenga to'g'ri keladi. Birinchi porshenga to'g'ri kelgan bosim kuchi:

$$P_1 = \rho \frac{\pi d_1^2}{4} \quad (1.20)$$

Ikkinchi porshenga to'g'ri kelgan bosim kuchi:

$$P_2 = \rho \frac{\pi d_2^2}{4} \quad (1.21)$$

Natijada katta diametrli silindrdagi bosim kuchi kichkina silindrdagi bosim kuchidan diametrlar farqiga bog'liq, ya'ni qanchaga bitta diametr ikkinchiga nisbatan ko'p bo'lsa, shunchagacha bosim kuchi oshib boradi.

Nisbiy zichlik Δ deb, ma'lum bir moddaning zichligini suvning zichligiga nisbatiga aytiladi.

$$\Delta = \frac{\rho}{\rho_s} \quad (1.22)$$

0°C dan 100°C gacha suvning zichligini $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ deb hisoblash mumkin.

Har qanday gazning zichligini temperatura T , bosim P bo'lganda Klayperon tenglamasi asosida aniqlash mumkin:

$$\rho = \rho_0 \frac{T_0 P}{P_0 T} = \frac{M}{22,4} \cdot \frac{273 \cdot P}{T \cdot P_0} \quad (1.23)$$

bu yerda ρ_0 – normal sharoitda gazning zichligi, kg/m^3 ;
 M – gazning mol massasi, kg/mol ; T – temperatura, K .

Mustaqil bajarish uchun vazifa.

Bir yo'lli qobiq trubali issiqlik almashinish apparatida 50°C va 2 kgk/sm^2 (manometr bo'yicha) bosimda tezligi 9 m/s teng bo'lgan havo oqib o'tadi. (trubalarning soni $n=100$; tashqi diametr 20 mm, devorning qalinligi 2 mm), barometrik bosim 740 mm s.u.

Aniqlang:

- a) havoning massaviy sarfini;
- b) ishchi sharoitda havoning hajmiy sarfini;
- v) normal sharoitda havoning hajmiy sarfini.

Nazorat uchun savollar.

1. Eylarning muvozanat holatining differensial tenglamasi.
2. Gidrostatikaning asosiy tenglamasi.
3. Paskal qonunini ifodalovchi tenglama.
4. Gidrostatik bosim haqida tushuncha.

5. Bosimning birligi.
6. Muvozanat holatining differensial tenglamasi.
7. Bosimni o'lchash uchun moslashgan apparatlar.
8. Absolyut bosim haqida tushuncha.
9. Vakuum sharoitida o'tib boradigan jarayonning absolyut bosimi.
10. Massaviy va hajmiy sarflar, ularning birligi.
11. O'rtacha tezlik.
12. Hidrostatik mashinalar.
13. Hidravlik pressning sxemasi.
14. Nisbiy zichlik.
15. Har qanday gazning zichligini hisoblash formulasi.

1.3 SUYUQLIKNING XARAKAT REJIMIDA EKVIVALENT DIAMETR VA GIDRAVLIK RADIUSI. BERNULLI TENGLAMASI.

Truba yoki boshqa shakldagi kanalda suyuqlik ikki xil rejimda, ya'ni laminar va turbulent rejimda harakat qiladi. Oqimlarning harakat rejimini birinchi bo'lib 1883 yilda ingliz fizigi Reynolds rangli eritmalar yordamida suyuqlikning ikki xil laminar va turbulent rejimida bo'lishini aniqladi.

Trubadagi suv oqimining tezligi kichik bo'lganda suvning zarrachalari bir-biriga aralashmasdan, parallel holda tartibli harakat qiladi. Bunday harakat *laminar rejim* deyiladi.

Trubadagi suv oqimi tezligi keskin ko'paytirilsa, oqim truba bo'ylab to'liqsimon harakat qilib oqadi. Bunday oqim *turbulent rejim* deyiladi. Reynolds o'z tajribalari asosida o'lchamsiz

$$Re = \frac{\omega \cdot d \cdot \rho}{\mu} \quad \text{kompleks keltirib chiqardi:} \quad (1.24)$$

Bu kompleks *Reynolds kriteriysi* deyiladi. Reynolds kriteriysi harakat rejimini aniqlash bilan birga oqim harakatidagi qovushqoqlik va inersiya kuchlarining o'zaro nisbatini ham aniqlaydi. Agar $Re < 2320$ bo'lsa, $Re > 10000$ bo'lganda turg'un turbulent rejim bo'ladi.

$Re = 2300 \div 10000$ chegarada o'zgarsa o'tish sohasi bo'lib, bu vaqtda bir vaqtning bo'lgan trubada ikki xil harakat mavjud bo'ladi, ya'ni truba o'rtasida suyuqlik turbulent, devor yaqinida laminar harakatda bo'ladi (3.1-rasm).

Suyuqliklarning harakatini dumaloq kesim yuzali trubalardan tashqari har xil kanallarda aniqlash uchun Re kriteriysidan diametr o'rniga ekvivalent diametr kattaligi ishlatiladi. U holda:

$$Re = \frac{\omega \cdot d_e \rho}{\mu} \quad (1.25)$$

$$d_e = \frac{4S}{P} \quad (1.26)$$

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

Diametr d ga teng bo'lgan dumaloq kesim yuzali truba uchun $d_e = d$. Agar kanalning kesim yuzasi tomonlari a va b ga teng bo'lgan to'rt burchak bo'lsa, u holda:

$$d_e = \frac{4S}{P} = \frac{4a \cdot b}{2a + 2b} = \frac{2ab}{a + b} \quad (1.27)$$

Zmeevikdan oqib o'tadigan suyuqlik oqim uchun Re kriteriysi to'g'ri trubalarga nisbatan yuqoriroq va d/D nisbatga bog'liq. d – zmeevikni ichki diametri; D – zmeevikning aylanmalarining diametri.

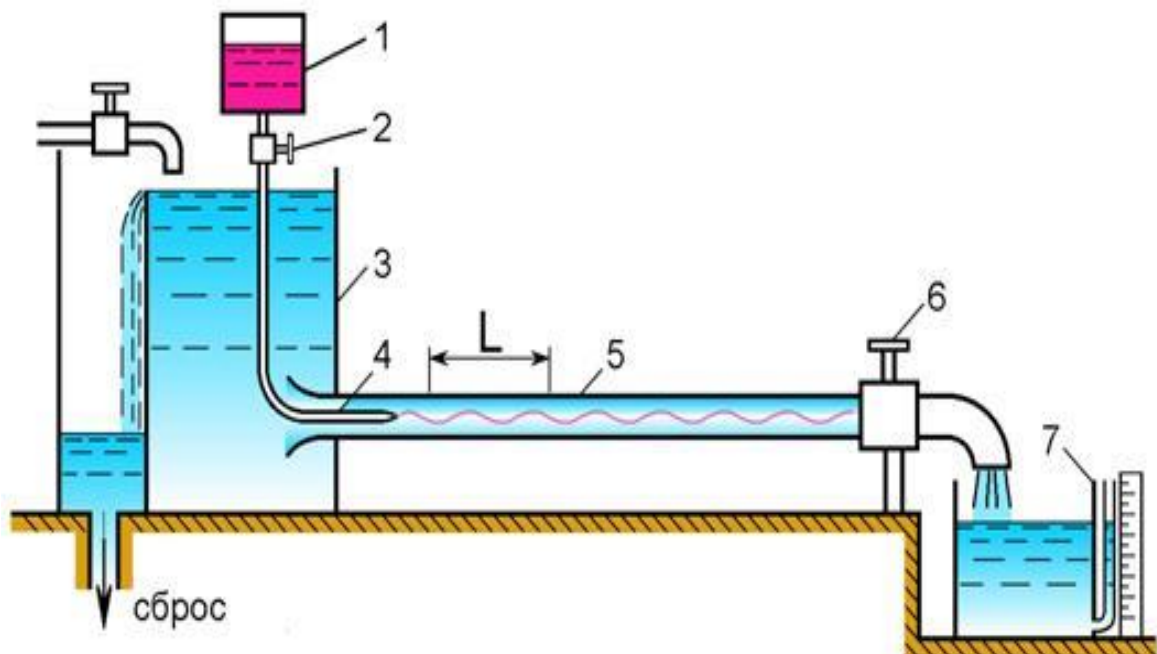
Frud kriteriysi. (Fr) oqimdagi inersiya va og'irlik kuchlarining nisbatini bildiradi:

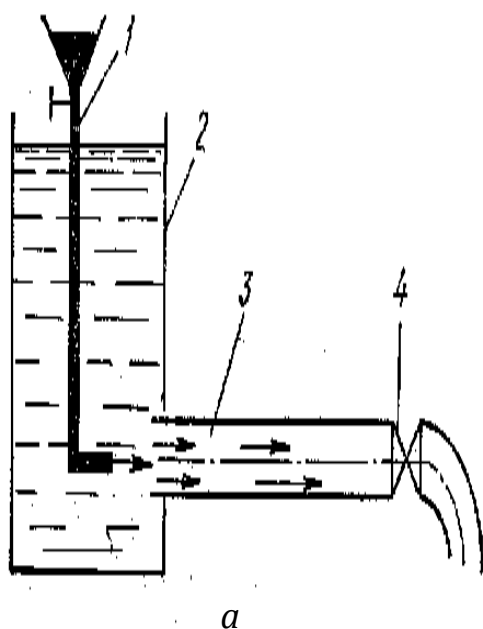
$$Fr = \frac{\omega}{g \cdot d} \quad (1.28)$$

Eyler kriteriysi. (Eu) oqimdagi bosim va inersiya kuchlarining nisbatini bildiradi:

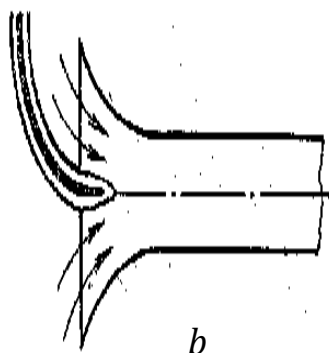
$$Eu = \frac{\Delta p}{\rho \omega^2} \quad (1.29)$$

Δp – gidravlik qarshilikni yengish uchun sarflangan bosimlar farqi.

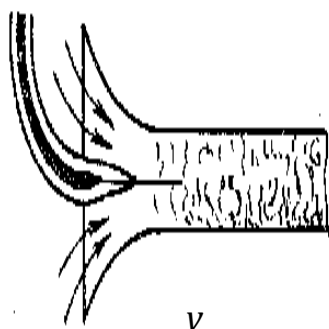




- 1 - naycha
- 2-suyuqlik to'ldirilgan idish
- 3-suyuqlik oqadigan truba



Suyuqlikning laminar



Suyuqlikning turbulent

1.3-rasm. Reynolds tajribasi

Uzluksizlik tenglamasiga muvofiq, trubaning o'lchamidan qat'i nazar, vaqt birligida uning har qanday kesim yuzasidan oqayotgan suyuqlikning miqdori bir xil bo'ladi degan xulosaga kelish mumkin. Bu vaqtda kesim yuzalari S_1 , S_2 , S_3 va oqimning tezligi ω_1 , ω_2 , ω_3 bo'ladi (3.2-rasm).

Sekundli sarf tenglamasiga muvofiq:

$$\omega_1 \cdot S_1 \cdot \rho_1 = \omega_2 \cdot S_2 \cdot \rho_2 = \omega_3 \cdot S_3 \cdot \rho_3 \quad (1.30)$$

yoki $M_1 : M_2 : M_3$.

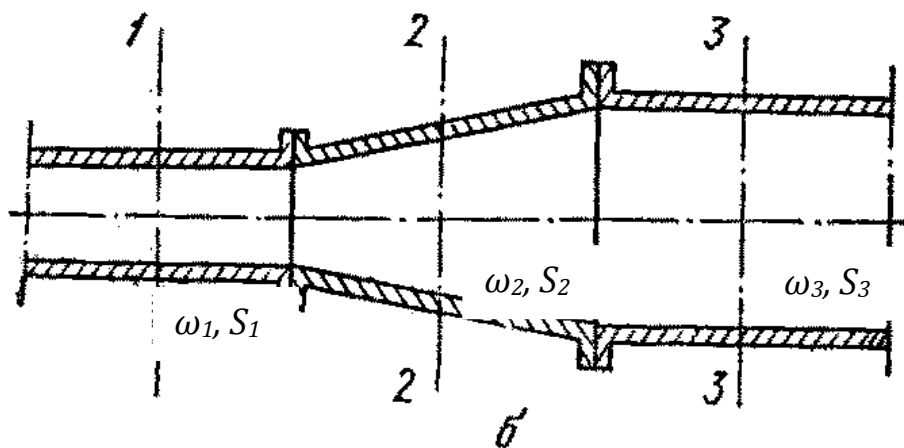
Trubadan oqayotgan suyuqlik bir xil, uning zichligi vaqt birligida truba uzunligi bo'yicha o'zgarmaydi. $\rho_1 = \rho_2 = \rho_3 = \rho = const$, shuning uchun vaqtning istalgan momentida oqib o'tayotgan suyuqlikning miqdori bir xil bo'ladi:

$$\omega \cdot S = const$$

Bu tenglamadan ko'rinib turibdiki, tezlik trubaning kesim yuzasiga teskari proporsional:

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{S_2}{S_1} \quad (1.31)$$

Oqimning uzluksizlik tenglamasi moddalar saqlanish qonunining xususiy ko'rinishi bo'lib, oqimning material balansini ifodalaydi.



1.4-rasm

Suyuqlikning sarfini va tezligini aniqlash uchun turli asboblari qo'llaniladi. Masalan, drossel asboblari.

Drossel asboblari sifatida o'lchovchi diafragma, soplo, Venturi trubalari ishlatiladi.

Turbulent va laminar rejimlarda oqayotgan suyuqlikning sarfi va tezligini aniqlash uchun o'rtacha tezlik tushunchasi kiritilgan.

a) laminar rejimda $\omega = 0,5\omega_{max}$

b) turbulent rejimda ω/ω_{max} nisbiy Reynolds kriteriysining miqdoriga bog'liq.

$$Re = \frac{\omega_{max} \cdot d\rho}{\mu} \quad (1.32)$$

Turbulent rejimda ω taxminan $(0,8 \div 0,9) \omega_{max}$ ga teng. Turbulent oqimning har bir nuqtasida haqiqiy tezlik doimiy bo'lib qolmaydi. Har bir daqiqadagi miqdori fluktuatsiyaga uchraydi, ya'ni o'rnatilmagan pulsatsiyaga.

Turbulentlikning intensivligi

$$I_T = \frac{\Delta\omega^2}{\omega} \quad (1.33)$$

nisbat bilan belgilanadi. Bu yerda $\Delta\omega$ – pulsatsion tezlikni o'rtacha kvadrat kattaligi turbulentlikning intensivligi oqimning bir nuqtasida pulsatsiyalash o'lchovi deb hisoblanadi. Turbulent rejimda $I_T \approx 0,01 \div 0,1$.

Agar hamma yo'nalish bo'yicha o'rtacha pulsatsiyalash tezligi bir xil bo'lsa, unda turbulentlik izotrop deyiladi.

Qovushqoq tomchili suyuqlikning harakatini Navye-Stoks tenglamasi bilan ifodalash mumkin:

$$\rho \frac{d\omega_x}{d\tau} = -\frac{\partial \rho}{\partial x} + \mu \nabla^2 \omega_x \quad (1.34)$$

$$\rho \frac{d\omega_y}{d\tau} = -\frac{\partial \rho}{\partial y} + \mu \nabla^2 \omega_y \quad (1.35)$$

$$\rho \frac{d\omega_z}{d\tau} = -\frac{\partial \rho}{\partial z} + \mu \nabla^2 \omega_z \quad (1.36)$$

Suyuqlik harakatining Eyler differentsial tenglamasi

Oqimning istalgan nuqtasida suyuqlik harakatining tezligi va bosim orasida orasidagi bog'liqlikni L.Eylerning harakat tenglamasi yordamida ifodalash mumkin.

Ushbu tenglamani lektirib chiqarish uchun turg'un harakat qilayotgan ideal suyuqlik oqimidan $d\mathbf{V}=d\mathbf{x}d\mathbf{y}d\mathbf{z}$ hajmli elementar parallelepiped ajratib olamiz.

Parallelepipedga ta'sir etuvchi og'irlik va bosim kuchlarining koordinat oqlaridagi proektsiyalari quyidagicha bo'ladi:

$$\begin{array}{l} \mathbf{x} \text{ oqiga} \\ -\frac{\partial p}{\partial x} dxdydz \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \mathbf{y} \text{ oqiga} \\ -\frac{\partial p}{\partial y} dxdydz \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \mathbf{z} \text{ oqiga} \\ -\frac{\partial p}{\partial z} dxdydz \end{array}$$

Dinamikaning asosiy prinsipiga binoan, harakatdagi elementar suyuqlik hajmiga ta'sir etuvchi hamma kuchlar proektsiyalarining yig'indisi suyuqlik massasi uning tezlanishiga ko'paytmasiga teng.

Parallelepiped hajmidagi suyuqlik massasi:

$$dm = \rho dxdydz$$

Agar, elementar zarracha tezligi $\mathbf{w}$, uning tezlanishi $d\mathbf{w}/d\tau$ bo'lsa, tezlanishning koordinatalar o'qidagi proektsiyalari o'qidagi proektsiyalari quyidagicha bo'ladi:

$$\frac{dw_x}{d\tau}; \quad \frac{dw_y}{d\tau}; \quad \frac{dw_z}{d\tau}.$$

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

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

Suyuqlik oqimi turg'un harakat 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, y va z o'qlariga mos keladigan tezlik miqdori w_x, w_y va w_z larning o'zgarishini ko'rsatadi. Dinamikaning asosiy prinsipiga binoan:

$$\begin{aligned}\rho dx dy dz \frac{dw_x}{d\tau} &= -\frac{\partial p}{\partial x} dx dy dz \\ \rho dx dy dz \frac{dw_y}{d\tau} &= -\frac{\partial p}{\partial y} dx dy dz \\ \rho dx dy dz \frac{dw_z}{d\tau} &= -\left(\rho g + \frac{\partial p}{\partial z}\right) dx dy dz\end{aligned}$$

Qisqartirishlardan so'ng esa, ushbu tenglamalar sistemasini olamiz:

$$\left. \begin{aligned}\rho \frac{dw_x}{d\tau} &= -\frac{\partial p}{\partial x} \\ \rho \frac{dw_y}{d\tau} &= -\frac{\partial p}{\partial y} \\ \rho \frac{dw_z}{d\tau} &= -\rho g - \frac{\partial p}{\partial z}\end{aligned} \right\} \quad (1.37)$$

Bu tenglamalar sistemasi turg'un oqimlar uchun ideal suyuqliklar harakatini ifodalovchi Eylerning differentsial tenglamasi.

Bernulli tenglamasi.

Turgun oqimlar uchun Eylerning differentsial tenglamalar sistemasini yechish gidrodinamikada katta ahamiyatga ega va juda ko'p ishlatiladigan Bernulli tenglamasini olish imkonini beradi. Masalan, suyuqlik tezligini toppish, suyuqlikni nasos orqali uzatish va boshqa holatlar uchun qo'llaniladi.

Agar, (1.37) tenglamalar sistemasini chap va ong tomonlarini dx, dy, dz larga ko'paytirib va suyuqlik zichligiga bi'lsak, ushbu ifodani olamiz:

$$\begin{aligned}\frac{dx}{d\tau} \cdot dw_x &= -\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial x} dx \\ \frac{dy}{d\tau} \cdot dw_y &= -\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial y} dy \\ \frac{dz}{d\tau} \cdot dw_z &= -g dz - \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial z} dz\end{aligned} \quad (1.38)$$

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

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

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

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

Ularning yig'indisi esa,

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

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

Tenglamaning ong tomonidagi ifoda bosimning to'la differentsiali dp ga teng. Turgun oqimlar uchun bosim fazodagi nuqta holatiga bog'liq bo'lib, istalgan nuqta uchun vaqt birligida o'zgarmaydi.

Demak,

$$d\left(\frac{w^2}{2}\right) = -\frac{dp}{\rho} - g dz$$

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

$$d \cdot \left(\frac{w^2}{2g}\right) + \frac{dp}{\rho g} + dz = 0 \quad (1.39)$$

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

Tenglamadagi differentsiallar yug'indisini yug'indilar differentsiali bilan almashtirish mumkin, ya'ni:

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

Bu erda

$$z + \frac{p}{\rho \cdot g} + \frac{w^2}{2g} = \text{const} \quad (1.40)$$

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 harakatida geometrik, statik va dinamik naporlar yug'indisi umumiy gidrodinamik naporga teng bo'lib, oqim bir trubadan ikkinchisiga o'tganda ham o'zgarmaydi.

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{w_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{w_2^2}{2g} \quad (1.41)$$

Bernulli tenglamasi energiya saqlanish qonunining hususiy holi bo'lib, oqimning energetik balansini karakterlaydi. z – nivelir balandlik yoki geometrik napor (h_z , m) deb ataladi va nuqtaning solishtirma potentsial energiyasini ifodalaydi.

$\frac{p}{\rho g}$ - bosim napori yoki p'yezometrik napor (h_p , 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_{cm} , m) deyiladi va ushbu nuqtadagi solishtirma potentsial energiyani ifodalaydi.

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

Demak, turg'un harakterdagi 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, haqiqiy (real) suyuqliklarda ichki ishqalanish kuchlari mavjud bo'lib, ular truba yoki kanallarda harakat qilganda, bir qism energiya yoqoladi, ya'ni bir qism napor bu kuchni engishga sarf etiladi.

Haqiqiy suyuqliklar uchun Bernulli tenglamasi ushbu ko'rinishda yoziladi:

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{w_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{w_2^2}{2g} + h_u \quad (1.42)$$

yoki

$$h_z + h_c + h_g + h_u = H$$

Bu erda h_u - ishqalanish kuchini engish uchun sarflangan napor.

Agar, suyuqlik gorizontaal trobadan harakat qilayotgan bo'lsa, unda geometrik napor 0 ga teng bo'ladi, ya'ni $h_z=0$. Unda

$$h_c + h_g + h_u = H \quad (1.43)$$

Shunday qilib, Bernulli tenglamasi energiya saqlanish qonunining hususiy holi bo'lib, Oqimning energetik balansini ifodalaydi.

Mustaqil bajarish uchun vazifa.

Qobiq trubali issiqlik almashinish apparatining trubalar oralig'idagi ekvivalent diametrni aniqlang. Issiqlik almashinish apparati diametric 38x2,5 mm li 61 trubadan tashkil topgan. Qobiqning ichki diametric 625 mm ga teng.

Nazorat uchun savollar.

1. Suyuqlikning sarfi.
2. $\rho\omega$ kattalik nimani bildiradi?
3. Gidravlik radius haqida tushuncha (ekvivalent diametr).
4. O'rnatilgan va o'rnatilmagan oqimlar.
5. Oqimning uzluksizlik tenglamasi.
6. Reynolds tajribasi.
7. Reynolds kriteriysining fizikaviy ma'nosi.
8. Laminar va turbulent rejimlar.
9. Laminar rejimda suyuqlikning sarflanishi.
10. Turbulent rejimdagi oqimning xarakteristikasi. Fluktuatsiya haqida tushuncha.

1.4 TRUBALARDA SUYUQLIK HARAKATIGA BOSIMNING SARFLANISHI. SUYUQLIKLARNING TESHIKLAR ORQALI OQIB CHIQISH VAQTINI ANIQLASH.

Ochiq oqimda suyuqlikning tezligi Pito naychasi bilan o'lchanadi. U kichik diametrli bukilgan nay bo'lib, harakatlanayotgan suyuqlik oqimi yo'nalishiga ochiq, uni qarama-qarshi qilib o'rganiladi va nayning o'qi oqim yo'nalishiga mos tushadi. Bu nayning vertikal qismida suyuqlik dinamik bosimga teng bo'lgan balandlik h ga ko'tariladi, ya'ni:

$$h = \frac{\omega^2}{2g} \quad (1.44)$$

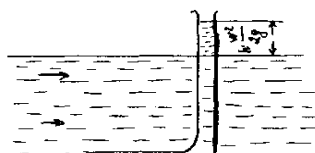
Bundan

$$\omega = \sqrt{2gh} \quad (1.45)$$

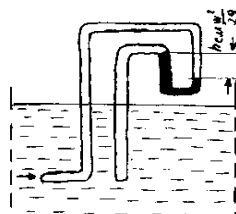
Amalda oqim yo'nalishida nayning bo'lishi tezlikning umumiy taqsimlanishiga ta'sir qiladi, shuning uchun formulaga tuzatish koeffitsienti kiritiladi.

$$\omega = \alpha \sqrt{2gh} \quad (1.46)$$

α – sarf koeffitsienti bo'lib, uning qiymati har qaysi nay uchun tajriba yo'li bilan topiladi.



1.5-rasm. Pito naychasi



1.6-rasm. Suyuqlikning sarflanish-miqdori
pnevmometr truba vositasida aniqlash.

Yopiq trubalarda suyuqlik oqimining tezligini aniqlash uchun Pito naychasi (4.1-rasm) bilan birgalikda U-simon pyezometrik differensial manometrlar (trubalar) (4.2-rasm) ishlatiladi. Bunda U-simon truba oqimdagi suyuqlikka, nisbatan zichligi kattaroq, o'zaro aralashmaydigan suyuqlik bilan to'ldiriladi. Trubadagi suyuqlik tezligi o'zgarganda U-simon manometrda suyuqlikning balandlikka ko'tarilishi dinamik bosimni ko'rsatadi. Dinamik bosim qiymatidan tezlikni aniqlash mumkin:

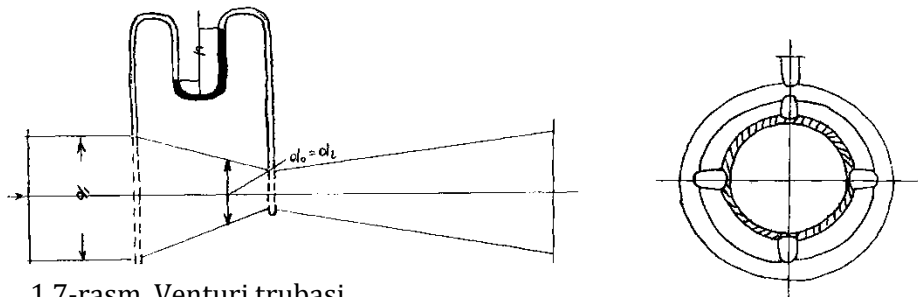
$$\omega = \sqrt{2gh} \quad (1.47)$$

Suyuqlikning miqdori esa sekundli sarf tenglamasi orqali aniqlanadi:

$$V = F \cdot \omega \quad (1.48)$$

Oqim tezligi va sarfi o'lchash uchun yuqorida aytib o'tilgan usullar sodda va qulaydir, lekin pnevmometrik trubalarni oqimlarning o'qiga nisbatan o'rnatish juda qiyin. Shu sababli sanoatda oqim tezligi va sarfini o'lchash uchun drossel asboblari ishlatiladi. Ularning ishlash prinsipi trubalarning kesimi o'zgarganda, ya'ni trubaning tor va keng kesimidagi dinamik bosimlar farqining o'zgarishini o'lchashga asoslangan.

Drossel asboblari sifatida o'lchovchi diafragma, soplo, Venturi trubalari (4.3-rasm) ishlatiladi. Venturi trubasida o'lchovchi diafragma va soploga nisbatan bosimning yo'qotilishi kam bo'ladi, chunki uning diametri asta-sekin torayib, so'ngra kengayib o'z holatiga qaytadi. Lekin, bu asboblarning kamchiligi shundaki, uning uzunligi juda katta. Bu esa, uning sanoatda keng qo'llanilishini ma'lum miqdorda cheklaydi.



1.7-rasm. Venturi trubasi

Truba gorizontol holda o'rnatilgani uchun 1-1 va 2-2 kesimlardagi bosimlarning o'zgarishi Bernulli tenglamasi orqali quyidagicha ifodalanadi:

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{\omega_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\omega_2^2}{2g} \quad (1.49)$$

Bundan

$$\frac{\omega_2^2}{2g} - \frac{\omega_1^2}{2g} = \frac{p_1 - p_2}{\rho g} = h \quad (1.50)$$

bu yerda h – trubaning tor va keng kesimidagi bosimlar o'zgarishining difmanometrda o'lchangan miqdori, m (ishchi suyuqlik ustuni).

Trubadagi suyuqlikning o'rtacha tezligi va sarfini aniqlash uchun uzluksizlik tenglamasidan foydalanib tezlikni ω_1 va trubaning diafragmadan keyingi tor qismidagi tezligini ω_2 bilan ifodalaymiz:

$$\omega_1 = \omega_2 \frac{F_2}{F_1} = \omega_2 \frac{d_2^2}{d_1^2} \quad (1.51)$$

ω ning qiymatini dinamik naporlar ayirmasini ifodalovchi tenglamaga qo'ysak:

$$\frac{\omega_2^2}{2g} - \frac{\omega_1^2}{2g} \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^4 = h \quad (1.52)$$

Bundan

$$\omega_2 = \sqrt{\frac{2gh}{1 - \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^4}} \quad (1.53)$$

Diafragma teshigi F_0 dan o'tayotgan, ya'ni trubadan o'tayotgan suyuqlik sarfining miqdori esa:

$$V_s = \frac{\alpha \cdot \pi}{4} d_0^2 \sqrt{\frac{2gh}{1 - \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^4}} \quad (1.54)$$

bu yerda α – tuzatish koeffitsienti ($\alpha < 1$); d_0 – diafragma teshigi diametri.

Tuzatish koeffitsientining miqdori suyuqlikning harakat rejimiga va drossel asboblar diametrining truba diametri nisbatiga bog'liq:

$$\alpha = f\left(Re, \frac{d_0}{d_1}\right) \quad (1.55)$$

bu yerda d_0 va d_1 – drossel asboblar va trubaning diametri.

Koeffitsient α drossel asboblarining sarf koeffitsienti deb yuritiladi. Drossel qurilmalarining diametri truba diametridan 3-4 marta kichkina, shuning uchun (1.56)

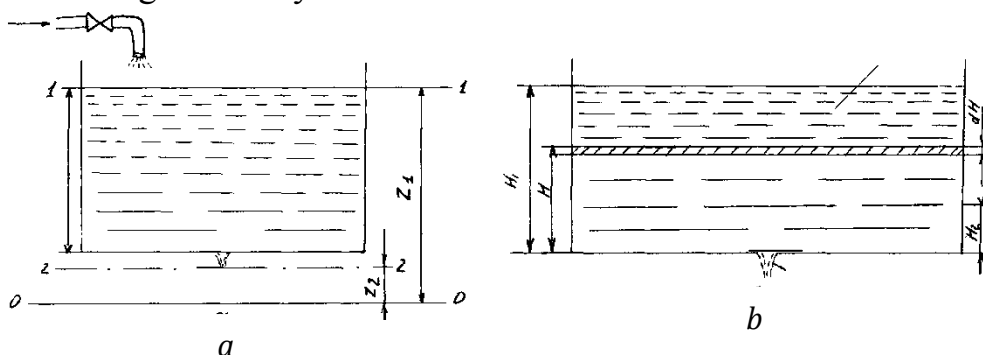
tenglamadagi $\left(\frac{d_2}{d_1}\right)^4$ nisbatlar miqdori juda kichik bo'ladi, demak suyuqlikning

sarfini quyidagicha aniqlash mumkin:

$$V_s = \frac{\alpha \cdot \pi}{4} d_0^2 \sqrt{2gh} \quad (1.56)$$

Suyuqliklarning teshiklar orqali oqib chiqishi.

Idishdagi suyuqlikning pastki yupqa devordagi dumaloq teshik orqali oqib tushgandagi sarflanish miqdorini aniqlashni ko'rib chiqamiz. (4.4-rasm). Idishda ideal suyuqlik bo'lib, uning balandligi bir xil vaziyatda o'zgarmasdan turadi. Idishning pastki qismiga parallel bo'lgan 0-0 tekislikka nisbatan 1-1 va 2-2 kesimlar uchun Bernulli tenglamasini yozamiz:



1.8-rasm. Idishdan suyuqlikning oqib tushishi.

a) o'zgarmas balandlikda; b) o'zgaruvchan balandlikda

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\omega_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\omega_2^2}{2g} \quad (1.57)$$

Idishning ustki qismi ochiq bo'gani uchun 1-1 va 2-2 kesimlardagi bosimlar o'zaro teng ($p_1 = p_2$) va suyuqlikning balandligi o'zgarmaganligi uchun uning yuqorigi qismidagi tezligi $\omega_1 = 0$, bundan tashqari, $z_1 - z_2 = H$, u holda:

$$\frac{\omega_2^2}{2g} = H \quad (1.58)$$

Bundan

$$\omega_2 = \sqrt{2ghH} \quad (1.59)$$

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

$$\omega_2 = \varphi \sqrt{2ghH} \quad (1.60)$$

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

$$\varepsilon = \frac{F_2}{F_0} \quad (1.61)$$

bu yerda F_2 – teshikdan o'tgan suyuqlik oqimining siqilgan joydagi ko'ndalang kesimi; F_0 – teshikdan o'tayotgan suyuqlik oqimining ko'ndalang kesimi.

Tezlik va oqimning suyuqlik koeffitsientlarining ko'paytmasi *sarf koeffitsienti* deyiladi va α bilan belgilanadi:

$$\alpha = \varepsilon \varphi \quad (1.62)$$

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

$$V = \alpha \cdot F_0 \sqrt{2gh} \quad (1.63)$$

(4.16) tenglamadan ko'rinib turibdiki, idishdan teshik orqali oqib chiqayotgan suyuqlik miqdori idishning shakliga bog'liq bo'lmasdan, teshik kattaligi va suyuqlik balandligiga bog'liqdir. Suv va qovushqoqligi suvning qovushqoqligiga yaqin bo'lgan suyuqliklar uchun sarf koeffitsienti $\alpha = 0,62$ ga teng.

Endi idish o'zgaruvchan balandlikka ega bo'lgan suyuqlikning pastki yupqa devordagi teshikdan oqib, batamom chiqib ketish vaqtini anqlaymiz. Vaqt birligida idishdagi suyuqlikning teshik orqali oqib chiqishida uning balandligi va tezligi kamayadi (4.4-rasm, b). Suyuqlikning oqish protsessi turg'unmas xarakterda bo'ladi. Elementlar vaqt $d\tau$ birligida suyuqlikning balandligi H_1 va H_2 ga o'zgarganda idish hajmdagi pastki teshikdan oqib o'tgan suyuqlik hajmi:

$$dV = V_s d\tau = \alpha F_0 \sqrt{2gh} d\tau \quad (1.64)$$

bu yerda F_0 – idish tubidagi teshikning ko'ndalang kesimi.

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

$$dV = -F dH \quad (1.65)$$

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

Uzluksizlik tenglamasiga asosan, oqib tushgan suyuqliklar miqdorlarini bir-biriga tenglashtirsak:

$$\alpha F_0 \sqrt{2gh} d\tau = -F dH \quad (1.66)$$

bundan,

$$d\tau = -\frac{FdH}{\alpha F_0 \sqrt{2gH}} \quad (1.67)$$

Suyuqlikning oqib tushish vaqtini aniqlash uchun bu ifodani integrallaymiz:

$$\int_0^\tau d\tau = -\int_{H_1}^{H_2} \frac{FdH}{\alpha F_0 \sqrt{2gH}} \quad (1.68)$$

$$\tau = \frac{F}{\alpha F_0 \sqrt{2g}} \int_{H_1}^{H_2} H^{-1/2} dH = \frac{2F}{\alpha F_0 \sqrt{2g}} (\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2}) \quad (1.69)$$

Demak,

$$\tau = \frac{2F\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2}}{\alpha \cdot F_0 \sqrt{2g}} \quad (1.70)$$

Bu tenglik orqali idishdagi suyuqlik balandligi ma'lum miqdorga kamayganda, ya'ni H_1 va H_2 ga o'zgarganda suyuqlikning oqib tushish vaqti aniqlanadi. Idishdagi suyuqlikning butunlay oqib chiqish vaqti (bunda $H_2=0$):

$$\tau = \frac{2F\sqrt{H_1}}{\alpha \cdot F_0 \sqrt{2g}} \quad (1.71)$$

Mustaqil bajarish uchun vazifalar:

1. Suyuqlikning sarflanish miqdorini pnevmometrik truba vositasida aniqlang.
2. Idishdan suyuqlikni o'zgaruvchan va o'zgarmas balandlikda oqib tushish farqini taqqoslang.

Nazorat uchun savollar:

1. Bernulli tenglamasi.
2. Drossel asboblari sifatida o'lchovchi diafragma, soplo, Venturi trubalari.
3. Trubalardagi suyuqliklarni tezligi va sarfini o'lchash.
4. Suyuqliklarning teshiklar orqali oqib chiqishi.

1.5 TRUBALARNING GIDRAVLIK QARSHILIKLARI. SUYUQLIK HARAKATIDA BOSIM YO'QOTILISHINI ANIQLASH.

Gidravlik qarshiliklarni hisoblash katta amaliy ahamiyatga ega. Yo'qotilgan bosimni bilmasdan nasos va kompressorlar yordamida suyuqlik va gazlarni uzatish uchun kerak bo'lgan energiya sarfini hisoblash mumkin emas.

Trubadan suyuqlik oqayotganda ichki ishqalanish kuchi trubaning butun uzunligi bo'yicha mavjud bo'ladi. Uning kattaligi suyuqlikning oqish rejimiga (laminar, turbulent) bog'liq.

Suyuqlik oqimining harakat yo'nalishi va tezligi o'zgarganda u mahalliy qarshiliklarga duch keladi. Trubadagi ventillar, tirsak, jo'mrak, toraygan hamda kengaygan qismlar va har xil to'siqlar *mahalliy qarshiliklar* deyiladi.

Turbulent oqimda ishqalanish koeffitsientlarining kattaligi rejimga hamda trubaning g'adir-budirlikiga bog'liq. Trubalarning g'adir-budirlik absolyut geometrik va nisbiy g'adir-budirlik bilan xarakterlanadi. Truba devorlaridagi g'adir-budirliklar

o`rtacha balandliklarning truba uzunligi bo`yicha o`lchanishi *absolyut geometrik g`adir-budirlik* deyiladi.

Truba devorlaridagi g`adir-budirliklar balandligining ( $\Delta$ ) trubaning ekvivalent diametriga ( $d_e$ ) nisbati *nisbiy g`adir-budirlik* deyiladi va ε bilan ifodalanadi: $\varepsilon = \frac{\Delta}{d_e}$

Suyuqliklarning donasimon qatlamdan o`tishi.

Ko`pchilik kimyo texnologik jarayonlarda suyuqlik va gazlar sochiluvchan donasimon materiallar qatlamidan o`tkaziladi. Ishlatiladigan donasimon materiallar xilma-xil bo`ladi. Agar donasimon materiallar diametri bir xil bo`lsa, bir o`lchamli qatlam va har xil bo`lsa o`lchamli qatlam deyiladi. Bu jarayonlarda suyuqlik va gazlar donasimon materiallarning orasidan va kanallardan o`tadi. Donasimon materiallarning qatlami gidravlik qarshilik, solishtirma yuza, zarrachalar orasidagi bo`shliq hajmi, materiallarning o`lchami va shu kabi kattaliklar bilan xarakterlanadi.

Donasimon materiallar orasidagi bo`shliq hajmining qatlam hajmiga nisbati *bo`sh hajm* deyiladi va ε bilan belgilanadi:

$$\varepsilon = \frac{V - V_0}{V}$$

bu yerda V – donasimon qatlam hajmi; V_0 – qatlamdagi zarrachalar egallagan hajm; $V - V_0$ – qatlamning bo`sh hajmi.

Qatlam kanallaridagi suyuqlikning haqiqiy tezligini aniqlash qiyin. Shu sababli dastlab suyuqlikning mavhum tezligi topiladi. So`ngra quyidagi nisbatdan foydalanib suyuqlikning haqiqiy tezligi aniqlaniladi:

$$\omega = \frac{\omega_0}{\varepsilon}$$

bu yerda $\omega_0 = V/F$ mavhum tezlik suyuqlik hajmiy sarfini qatlamning ko`ndalang kesimini yuzaga bo`lgan nisbatiga teng.

Qarshilik koeffitsienti λ ni aniqlash uchun bir qator tenglamalar taklif etilgan. Suyuqliklarning donasimon qatlamlaridan o`tishidagi hamma rejimlar uchun umumiy gidravlik qarshilik koeffitsientini quyidagi umumiy tenglama orqali topish mumkin:

$$\lambda = \frac{133}{Re} + 2,54$$

Tenglamadagi Reynolds kriteriysi quyidagicha topiladi:

$$Re = \frac{4\omega_0\rho}{f\mu}$$

bu yerda: ρ va μ – suyuqlikning zichligi va dinamik qovushqoqlik, f -solishtirma yuza.

Mustaqil bajarish uchun vazifalar:

1. Mahalliy qarshiliklarga misollar keltiring va tushintirib bering.
2. Qatlam kanallardagi suyuqlikni haqiqiy tezligini aniqlashni tushuntiring.
3. Qobiq trubali issiqlik almashinish apparatining trubalar oralig`idagi ekvivalent diametrni aniqlang. Issiqlik almashinish apparati diametri 38 x 2,5 mm li 61 trubadan tashkil topgan. Qobiqning ichki diametri 625 mm ga teng.

Javob: 102 mm yoki 0,102 m.

Nazorat uchun savollar.

1. Gidrodinamika.
2. Ishqalanish qarshiliklari.
3. Mahalliy qarshiliklar.
4. Suyuqliklarning donasimon qatlamdan o'tishi.
5. Qarshilik koeffitsienti.

Xisoblash formulalari va asosiy bog'liqliklar

1. Solishtirma og'irlik γ va zichlik ρ o'rtasida o'zaro bog'lanish quyidagi tenglik bilan ifodalanadi:

$$\gamma = \rho \cdot g \quad (1.72)$$

2. Nisbiy zichlik Δ deb modda zichligining ρ (solishtirma og'irlik γ) suv zichligi ρ_s (solishtirma og'irlik γ_s) nisbatiga aytiladi va u quyidagicha yoziladi:

$$\Delta = \frac{\rho}{\rho_c}$$

(1.73)

3. Suyuqlik aralashmasining hajmi komponentlar hajmlarining yig'indisiga teng deb qabul qilib, uning zichligini ushbu formula yordamida hisoblab topish mumkin: X_j , X_2 - komponentlarning massaviy qismi;

$$\frac{1}{\rho_{av}} = \frac{x_1}{\rho_1} + \frac{x_2}{\rho_2} + \dots$$

(1.74)

x_1, x_2 - komponentlarning massaviy qismi;

$\rho_{av}, \rho_1, \rho_2$ - aralashma va komponentlarning zichligi, kg/m^3 .

4. Xuddi shunga o'xshash formula yordamida suspenziya zichligini topish mumkin:

$$\frac{1}{\rho_{cyc}} = \frac{x}{\rho_k} + \frac{1-x}{\rho_c}$$

(1.75)

5. Har qanday gazning istalgan harorat T va bosim P da har qanday gazning zichligini quyidagi formula orqali aniqlash mumkin:

$$\rho = \rho_0 \cdot \frac{T_0 \cdot P}{T \cdot P_0} = \frac{M}{22,4} \cdot \frac{273 \cdot P}{T \cdot P_0}$$

(1.75)

bu erda $\rho_0 = M/22,4$ normal sharoitda (0°C va 760 mm.sim.ust.) gazning zichligi, kg/m^3 ;

M - molyar massa, kg ; T - harorat, K .

6. Gaz aralashmasining zichligi esa quyidagi tenglamadan topiladi;

$$\rho_{av} = \gamma_1 \cdot \rho_1 + \gamma_2 \cdot \rho_2 \quad (1.76)$$

7. Qurilmadagi absolyut bosim quyidagi formula orqali hisoblanadi:

$$P = P_{atm} + P_{mah} \quad (1.77)$$

$$P = P_{atm} - P_{bak} \quad (1.78)$$

bu erda P_{atm} - atmosfera bosimi, Pa; P_{mah} - manometrda o'lchangan bosim, Pa; P_{bak} - vakuummetrda o'lchangan bosim, Pa.

8. Balandligi h va zichligi ρ bo'lgan suyuqlikning bosimi ushbu ifoda orqali aniqlanadi:

$$P = \rho \cdot g \cdot h \quad (1.79)$$

Ushbu ifodaga asosan, bosim o'lchov birliklari orasidagi nisbatlarni topish mumkin:

$$1_{atm.} = 760 \text{ мм.с.м.уст.} = \rho \cdot g \cdot h = 13600 \cdot 9,81 \cdot 0,76 = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па} = 1,03 \cdot 10^4 \text{ мм.с.в.уст.} = 1,03 \cdot 10^4 \text{ кг} \cdot \text{к/м}^2 = 1,03 \text{ кг} \cdot \text{к/см}^2.$$

9. Hidrostatikaning asosiy tenglamasi ushbu ko'rinishga ega:

$$P = P_0 + \rho \cdot g \cdot h \quad (1.80)$$

10. Dinamik qovushqoqlik koeffitsientini μ shu suyuqlik zichligiga nisbati kinematik kovushqoqlik deyiladi va v bilan belgilanadi:

$$v = \frac{\mu}{\rho} \quad (1.81)$$

11. Suyuqliklarning sekundli hajmiy sarf V (m^3/s) tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega:

$$V = w \cdot f \quad (1.82)$$

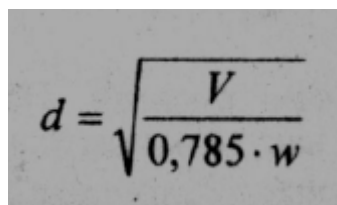
Massaviy sarfi M (kg/s) esa quyidagicha aniqlanadi:

$$M = V \cdot \rho = w \cdot f \cdot \rho \quad (1.83)$$

12. Silindrsimon trubalar uchun xajmiy sarf tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega:

$$V = 0,785 \cdot d^2 \cdot w$$

Berilgan sarf va qabul qilingan tezlik w bo'yicha truba diametr ushbu tenglamadan topiladi:



$$d = \sqrt{\frac{V}{0,785 \cdot w}}$$

(1.84)

Silindrsimon o'zgaruvchan ko'ndalang kesim yuzasidan oqayotgan siqilmaydigan suyuqlik oqimining uzluksizlik tenglamasi:

$$V = w_1 \cdot f_1 = w_2 \cdot f_2 = w_3 \cdot f_3 = \dots \quad (1.85)$$

13. Reynoldc kriteriysi oqimning harakat rejimini xarakterlaydi va quyidagi formula yordamida topiladi:

$$Re = \frac{wd\rho}{\mu} = \frac{wd}{\nu} \quad (1.86)$$

To'g'ri va tekis yuzaga ega trubalar orqali **o'tayotgan** oqimlarga quyidagi Reynolds kriteriysi son qiymatlari bilan xarakterlanadi:

$Re < 2320$ bo'lsa, laminar rejimi;

$2320 < Re < 10000$ turbulent yoki oraliqda o'tkinchi soha;

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

Trubalarda oqayotgan suyuqlikning o'rgacha $w_{o'rt}$ va maksimal w_{max} tezliklari orasidagi funksiyasi oqimning harakat rejimiga bog'liqdir:

laminar rejimidan $w_{o'rt} = 0,5 w_{max}$.

turbulent rejimidan $w_{o'rt} = (0,8-0,9) w_{max}$.

14. Suyuqliklar sarfini normal o'lchov diafragmasida aniqlash. Xajmiy sarf formulasi:

$$V = \alpha \cdot k \cdot f_{\rho} \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta P}{\rho}} = \alpha \cdot k \cdot f_{\rho} \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot H \cdot (\rho_m - \rho)}{\rho}} \quad (1.87)$$

α - normal diafragmaning sarf koeffitsienti (55-jadvaldan olinadi); k — devor g'adir-budurligini hisobga oluvchi tuzatish koeffitsienti; gidravlik silliq trubalar uchun $k=1$; $f_0=0,785 \cdot d^2$ - diafragma teshigining yuzasi; d_0 - diafragma ulangan difmanometrda suyuqlik sathlarining farqi; ρ_m - difmanometrda suyuqlik zichligi; ρ - trubada oqayotgan suyuqlik zichligi.

15. Pito-Prandtl naychasi yordamida suyuqlikning sarfini va tezligini aniqlash.

$$w_{max} = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot H \cdot (\rho_m - \rho)}{\rho}}$$

Agar laminar rejim bo'lsa, $w_{o'rt} = 0,5 \cdot w_{max}$

Turbulent rejimda esa $w_{o'rt} = (0,8-0,9) \cdot w_{max}$

$$V = w \cdot f$$

Bu erda f - truba ko'nlalang kesimi yuzasi, m^2 ;

Nasos dvigateliga talab etiladigan quvvat ushbu formula bilan hisoblanadi:

$$N = \frac{V \cdot \Delta P}{1000 \cdot \eta} = \frac{\rho \cdot g \cdot h \cdot V}{1000 \cdot \eta} \quad (1.88)$$

Bu erda ΔP - tarmoqning to'liq gidravlik qarshiligi va u quyidagicha topiladi:

$$\Delta P = \Delta P_T + \Delta P_M + \Delta P_{MK} + \Delta P_{KY} + \Delta P_{KYH} \quad (1.89)$$

ΔP_T - tezlik bosimi.

Ishqalanish qarshiligida bosimni yo'qotilishi quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

$$\Delta P_{MK} = \lambda \cdot \frac{1}{d} \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2} \quad (1.90)$$

Ishqalanish koeffitsienti λ ning son qiymatlari ma'lum parametrlar asosida 1.1 va 1.2-rasmlardan yoki pastda keltirilgan formulalar yordamida aniqlanadi:

Laminar rejimda

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad (1.91)$$

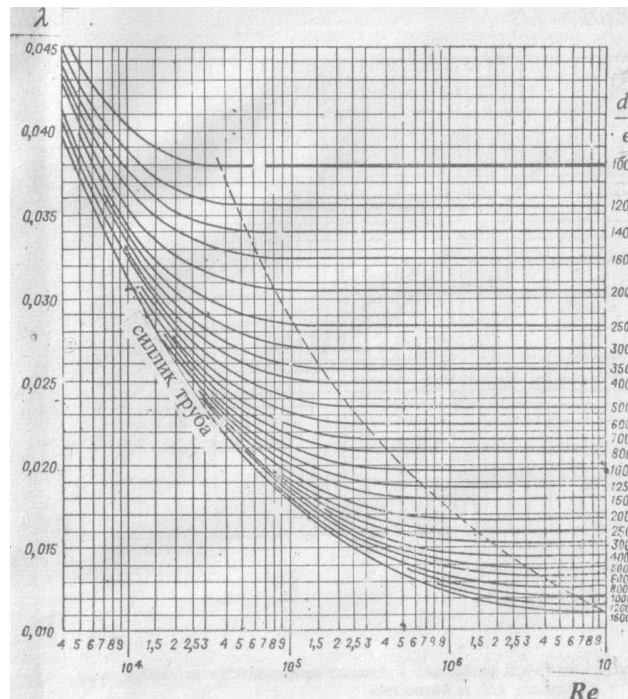
Turbulent rejimda esa

$$\lambda = \frac{0,316}{Re^{0,25}} \quad (1.92)$$

Tarmoqdagi mahalliy qarshiliklarda bosimning yo‘qotilishi quyidagi tenglama yordamida topiladi:

$$\Delta P_{HK} = \sum \xi_M \frac{\rho \cdot w^2}{2} \quad (1.93)$$

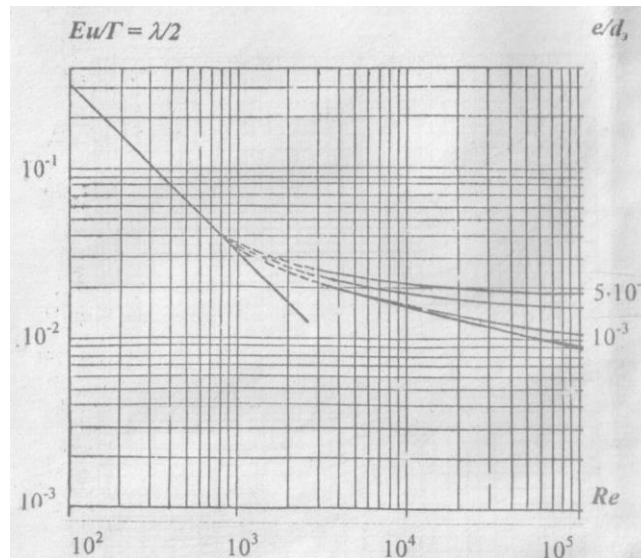
Ichki ishqalanish va mahalliy qarshshshiliklar tufayli bosimni yo‘qotilishi ushbu tenglamadan hisoblab topiladi.



$$\Delta P = \left(1 + \lambda \cdot \frac{1}{d} + \sum \xi\right) \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2} + \rho \cdot g \cdot h_{\text{кыш}} + (P_2 - P_1) \quad (1.94)$$

1.9-rasm. Ishqalanish koeffitsienti λ ning Reynolde kriteriysi Re va g‘adir-budurlik darajasi d_e/e ga bog‘liqligi.

D_e -ekvivalent diametr, m; e -truba ichki yuzasidagi g‘adir-budurlik do‘ngliginng o‘rgacha balandligi, m.



1.10-rasm. $Eu/G = \lambda/2$ nisbatning Reynolds kriteriysi Re va nisbiy g'adir budurlik e/d_e ga bog'liqligi.

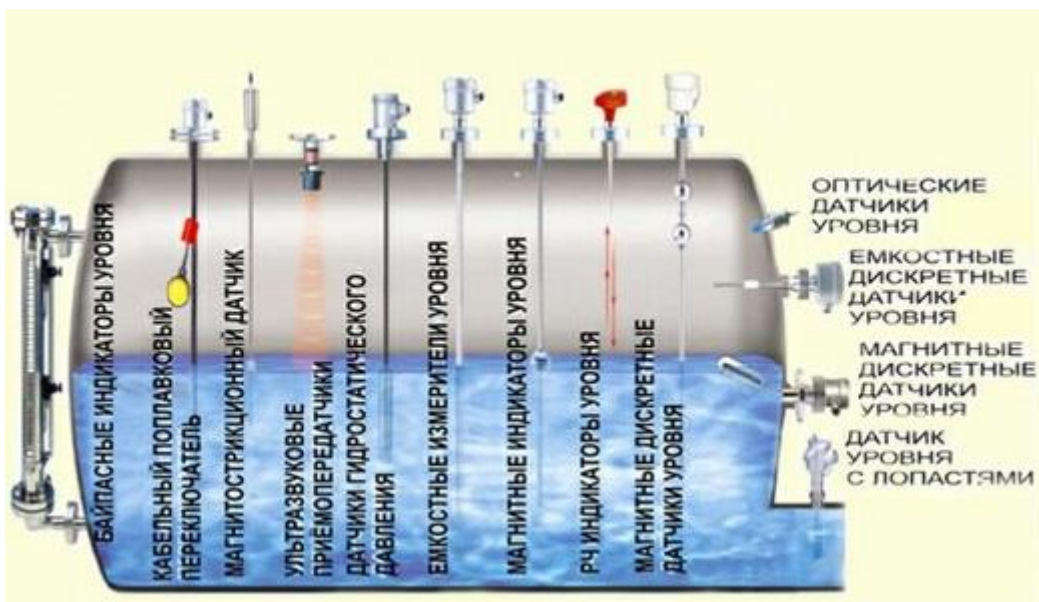
Truba quvurlarini hisoblash.

Buning uchun masala asosan 3 parametrga nisbatan echiladi:

1. Suyuqlik sarfini aniqlash $V_c, m^3/s$;
2. Suyuqlik energiyasini aniqlash E, m ;
3. Truba quvurining diametrini aniqlash d, m .

TURLI IDISHLARDAGI SUYUQLIK SATXINI O'LCHASH. IDISHLARDAN SUYUQLIK OQIB CHIQISH VAQTINI ANIQLASH.

Sanoat korxonalarida suyuqliklar turli ko'rinishdagi idishlarda saqlanadi. Ularning satxini aniqlashda gidrostatikaning asosiy tenglamasidan foydalanib, idishlardagi suyuqlik hajmi aniqlanadi.



1.11.rasm. idishlardagi suyuqlik satxini o'lchash moslamalari.

Harorat mavsum va kun bo'yicha o'zgarishini inobatga olinsa, suyuqlikni siqilishi va kengayishi satx o'zgarishiga bog'liq. Harorat o'zgarganda, suyuqlik hajmini o'zgarishi harorat kengayish koeffitsienti bilan belgilanadi:

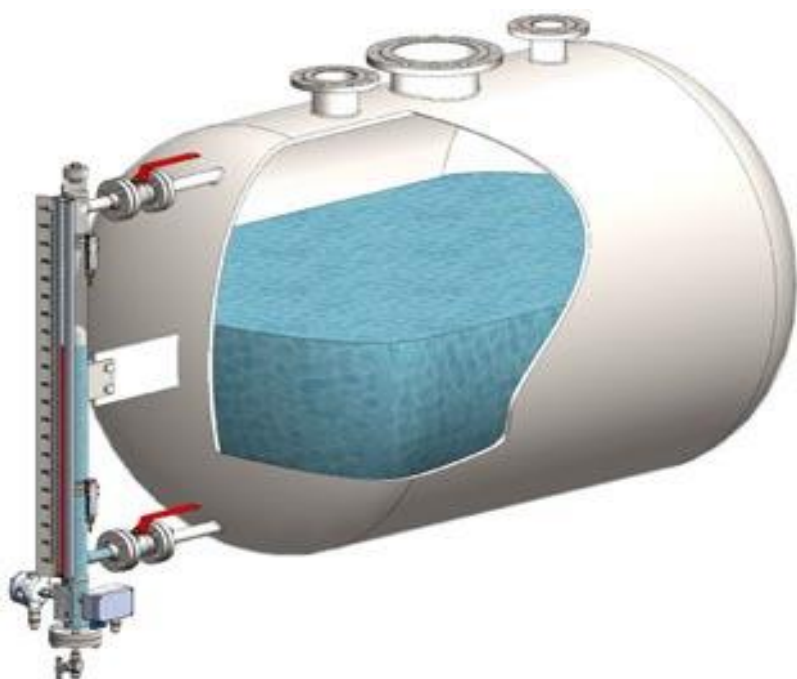
$$\beta_t = \frac{\Delta V}{V \Delta t},$$

ΔV – harorat ta'sirida o'zgargan hajmi, V – dastlabki hajmi, Δt – harorat o'zgarishi

Sferik, gorizontaal silindrik va boshqa turdagi idishlarda quyidagi formula bilan topiladi:

$$\Delta V_u = \frac{D}{4} \left(\frac{\pi \alpha}{180} - \sin \alpha \right) l_p,$$

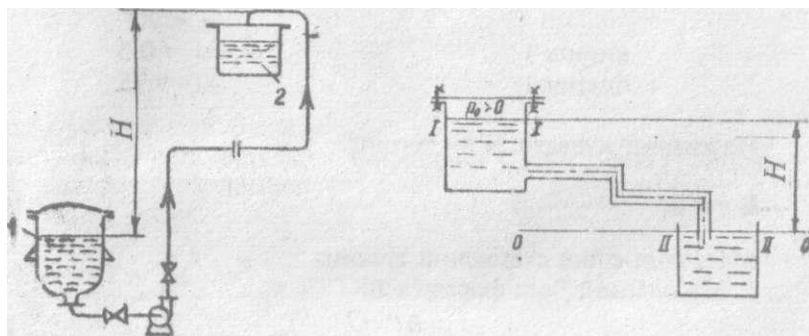
Bu erda D - silindr diametri, m; L – truba uzunligi, m



1.12-rasm.. Tutash idishlar misolida rezervuardagi suyuqliklarni miqdorini aniqlash.

MISOLLARNI ISHLASH NAMUNASI

1-1. Reaktor 1 dan bosim idishi 2 ga (5.3-rasm) nasos yordamida 45°C li xlorbenzol 10 t/soat massaviy sarfda uzatilyapti. Bosim idishida atmosfera bosimi, reaktordagi suyuqdik sathi ustida esa 200 mm.sim.ust. (26,6 kPa), truba quvur uzunligi 26,6 m, ozgina emirilishga duchor bo'lgan diametri 76x4 mm li po'lat trubalardan yasalgan. Truba tarmog'ida 2 ta kran, diafragma ($d=48$ mm), 5-ta to'g'ri burchak ostida trubaning birdan burilishi ($r/d=3$). Xlorbenzol $H=15$ m balandlikka ko'tarilmoqda.



1.13-rasm. 1-1 masalaga oid shartli sxema

1.14-rasm. 1-3 masalaga oid oddiy truba kuvu rining sxemasi.

Qurilmaning f.i.k.=0,7 deb qabul qilib, nasos iste'mol qilayotgan quvvati topilsin.

Boshlangich ma'lumotlar jalvali:

Berilgan: $G = 10 \text{ t/soat} = 10000/3600 \text{ kg/s}$;

$t = 45^\circ\text{C}$;

$P = 735 \text{ mm.sim.ust.}$:

$P = (P_a - 200) 133,3 \text{ Pa}$;

f.i.k.= 0,7;

$P = 9,81 \times 10^4 \text{ Pa}$;

$d = 68 \text{ mm}$;

$H = 15 \text{ m}$;

$L = 26,6 \text{ m}$;

$h = 15 \text{ m}$.

Mahalliy qarshiliklar:

kranlar 2 $2 \times 2 = 4$

diafragma 1 $1 \times 4 = 4$

To'g'ri burchakli burilish 5 $0,13 \times 5 = 0,65$

$\alpha = 90^\circ$

kirish 1 $0,5 \times 1 = 0,5$

chiqish 1 $\sum \xi = 9,95$

Nasosning quvvati N ni toping.

Yechish:

Masalani yechish sxemasini tuzamiz.

1. Masalaning bosh formulasi:

$$N = \frac{\Delta P \cdot Q}{1000 \cdot \eta}, \text{кВт}$$

Sekundli hajmiy sarf Q_s

$$Q = \frac{G}{\rho}, \text{м}^3/\text{с}$$

bu erda $\rho = 1080 \text{ kg/m}^3$ - suyuqlik zichligi;

$$Q = \frac{10000}{3600 \cdot 1080} = 0,0025 \text{ м}^3/\text{с}$$

Oqimning o'rtacha tezligi sekundli sarf tenglamadan topiladi:

$$w = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 0,0025}{3,14 \cdot 0,068^2} = 0,69 \text{ m/c}$$

Oqim harakat rejimi Re kriteriysi yordamida ifodalanadi:

$$Re = \frac{0,69 \cdot 0,068 \cdot 1080}{0,00066} = 76634$$

$Re > 10000$ bo'lgani uchun harakat rejimi turg'un turbulent rejim. SHuning uchun, muhitning qarshilik koeffitsienti:

$$\lambda = \frac{0,316}{\sqrt[4]{76634}} = 0,019$$

formulasi orqali hisoblanadi.

Mahalliy qarshiliklar yig'indisi 9,95 teng. Bosim yo'qotilishini aniqaymiz.

$$\begin{aligned} \Delta P &= \left(1 + \lambda \cdot \frac{1}{d} + \sum \xi\right) \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2} + \rho \cdot g \cdot h_{\text{кыш}} + (P_2 - P_1) = \\ &= \left(1 + 0,019 \cdot \frac{26,6}{0,68} + 9,95\right) \cdot \frac{0,69^2 \cdot 9,81}{2} + 1080 \cdot 9,81 \cdot 15 \\ &+ + [9,8 \cdot 10^4 - (735 - 200) \cdot 133,3] = 185734 \text{ Па} \end{aligned}$$

Nasosga kerakli quvvatni aniqlaymiz.

$$N = \frac{185734 \cdot 0,0025}{1000 \cdot 0,7} = 0,663 \text{ кВт}$$

1-2. 120 kg/soat massaviy sarfda vodorodni uzatish uchun truba quvurining diametri xisoblansin. Truba quvurining uzunligi 1000 m. Ruxsat etilgan bosimning yo'qotilishi $\Delta p = 110 \text{ mm.suv.ust.}$ (1080 Pa). Vodorodning zichligi $0,0825 \text{ kg/m}^3$. Ishqalanish koeffitsienti $\lambda = 0,03$.

Yechish:

Uzun, magistral gaz quvurlarida bosim asosan ishqalanish qarshiligini engish uchun sarf bo'ladi. Shuning uchun bosimning yo'qotilishi $\Delta p = \Delta p_{\text{iq}}$ ga teng desa bo'lali. Oqimning tezligi:

$$w = \frac{V}{0,785 \cdot d^2}$$

Unda

$$\Delta p = \lambda \cdot \frac{L^2}{d} \cdot \frac{V^2 \cdot \rho}{2 \cdot 0,785^2 \cdot d^4}$$

Ushbu tenglamani diametrga nisbatan echsak

$$d = C \cdot \sqrt[5]{\frac{L \cdot V^2 \cdot \rho}{\Delta p}}$$

trubaning diametrini topamiz. Biznin masala uchun koeffitsient S quyidagi qiymatga teng bo'ladi:

$$d = C \cdot \sqrt[5]{\frac{\lambda}{0,0785^2 \cdot 2}} = \sqrt[5]{\frac{0,03}{0,0785^2 \cdot 2}} = 0,48$$

Vodorodning sekundli hajmiy sarfi:

$$V = \frac{120}{0,0825 \cdot 3600} = 0,405 \text{ m}^3/\text{s}$$

$\Delta p = 110 \cdot 9,81 = 1080$ Pa ekanligini hisobga olsak unda

$$d = 0,48 \cdot \sqrt[5]{\frac{0,0825 \cdot 0,405^2 \cdot 1000}{1080}} = 0,2 \text{ m}$$

1-3. Harorati 50°C , zichligi 900 kg/m^3 bo'lgan kakao yog'i bir idishdan ikkinchisiga trubalar orqali uzatilmoqla (1.4 - rasm). Agarda trubaning g'adir-budurligi $e=0,8 \text{ mm}$, uzunligi $l=150 \text{ m}$, $H = 6 \text{ m}$, $p_0=220 \text{ kPa}$ va yog'ning sarfi $V_c= 0,0005 \text{ m}^3/\text{s}$ bo'lsa, trubaning diametri aniqlansin.

Yechish:

Masalani echish quyidagi ketma-ketliqla olib boriladi.

1) SH-SH va P-P ko'ndalang kesimlar uchun Bernulli tenglamasi yoziladi.

$$H + \frac{P_0}{\rho \cdot g} = \left[\xi_{\text{кир}} + 3\xi_{90^\circ\text{C}} + \lambda \cdot \frac{1}{d} + \xi_{\text{чик}} \right] \cdot \frac{w^2}{2 \cdot g} = f(d)$$

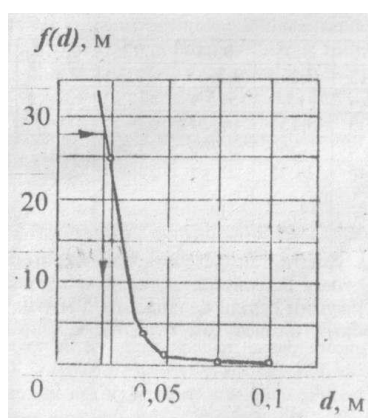
2) Suyuqlik harakati zonalarini inobatga olib $f(d)$ hisoblanadi. Buning uchun $d_{\text{дес}}$ ning bir necha qiymatini ixtiyoriy olinadi va natijalarni 1-1 jadvalga tartib bilan yoziladi va ular asosida grafik quriladi.

Bu erda

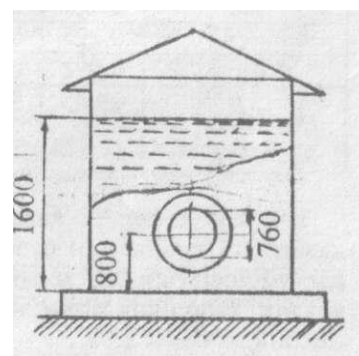
$$w = \frac{4 \cdot V_c}{\pi \cdot d^2}; \quad Re = \frac{w \cdot d \cdot \rho}{\mu}$$

$\mu - 0,0278 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ – 30-jadvaldan olinadi.

$\xi_{\text{кир}} = 0,5$; $\xi_{90^\circ\text{C}} = 1,1$; $\xi_{\text{чик}} = 1,0$ – ilovadagi 53 – jadvaldan tanlanadi.



1.15-rasm. 1-3 masalaga tegishli bog'liqlik



1.16-rasm. 1-4 masalaga oid shartli sxema.

Ordinata o'qiga $A=H+p_0/\rho \cdot g$ ko'yilib, trubali kerakli diametri topiladi (5.5-rasm). Uning son qiymati $d_{\text{deb}}=0,022$ m ga teng bo'ladi. Ushbu qiymat asosida standart o'lchamli diametrgacha yaxlitlaymiz, ya'ni $d_{\text{dev}}=0,025$ m.

Truba quvuri diametri keragidan katta bo'lgani uchun undan oqib o'tayotgan suyuqlik miqdori ham ko'p bo'ladi. Demak quvurdagi sarfni rostlash uchun ventil (yoki zadviyka) o'rnatilishi lozimdir. Bu o'rnatilgan ventil qarshilik koeffitsienti Bernulli tenglamasi orqali topitadi:

$$H + \frac{P_0}{\rho \cdot g} = \left[\xi_{\text{кир}} + 3\xi_{90^\circ\text{C}} + \lambda \cdot \frac{1}{d} + \xi_{\text{чик}} \right] \cdot \frac{w^2}{2 \cdot g}$$

$$28,45 = f(0,025) + \xi_{\text{вин}} \cdot \frac{w^2}{2 \cdot g}$$

Hisoblash natijasida $\xi_{\text{вин}}=63,1$ ekanligi aniqlandi. Bu esa, ventilning qisman ochiq holatiga to'g'ri keladi.

1-1 jadval

$d_{\text{деб}}, \text{ м}$	0,1	0,075	0,05	0,04	0,025	0,015
$w^2, \text{ м/с}$	0,067	0,113	0,25D	0,3988	1,02	2,883
Re	216,6	274,t	413,0	515,4	825,5	1374,3
λ	0,295	0,233	0,155	0,124	0,078	0,047
$f(d), \text{ м}$	0,098	0,3^6	1,560	3,790	25,10	194,1
$H + \frac{P_0}{\rho \cdot g}, \text{ м}$	28,45	28,45	28,45	28,45	28,45	28,45

1-4. Sut birinchi qavatda o'rnatilgan rezervuardan ikkinchi qavatga ko'tarilayotgan bo'lsa, ushbu rezervuarda qanday miqdorda vakuum hosil qilish kerak? Umumiy surish balandligi 5 m (gidravlik qarshiliklarni inobatga olmasa ham bo'ladi). Sutning nisbiy zichligi 1,03.

Yechish:

Ma'lum balandlikka suyuqlikni ko'tarish uchun zarur vakuum miqdori ushbu formuladan topiladi:

$$p_h = \rho \cdot g \cdot (10 - H_c) = 1030 \cdot 9,81 \cdot (10 - 5) = 49500 \text{ Па}$$

MUSTAQIL BAJARISH UCHUN MASALALAR

1.1. Tibbiyot glitserinning nisbiy zichligi 1,270, qand eritmasiniki 1,23, 30%li sulfat kislotaniki esa 1,220, 70% li etil spirtiniki 0.85. Xalqaro birlik sistemasi (SI) da ularning zichligi kancha bo'ladi?

1.2. Sulfat kislota ishlab chiquvchi zavodning quritish minorasidagi U - simon o'lchagichda siyraklanish kiymati 4 sm ni ko'rsatyapti. U-simon manometrga zichligi 1800 kg/m^3 bo'lgan H_2SO_4 to'ldirilgan. Agarda barometrik bosim 750 mm.sim.ust. bo'lsa, minoradagi absolyut bosim (Pa) qiymati hisoblansin.

1.3. Suyuqlik bilan to'ldirilgan quvurdagi manometr $0,2 \text{ kg}\cdot\text{k}/\text{sm}^2$ bosimni ko'rsatayapti. Truba ichida suv yoki CCl_4 bo'lganda, ochiq p'ezometrda suyuqlik manometr ulangan sathdan qanday balandlik h ga ko'tariladi?

1.4. Xloroform idishdagi balandligi 6,5 m (1.6-rasm). Xloroformning nisbiy zichligi 1,530. Rezervuarining tubidan 800 mm balandlikda diametri 760 mm bo'lgan teshik qopqoq joylashtirilgan. U 10 mm li boltlar bilan qotirilgan. Boltlar uchun uzilishga ruxsat etilgan kuchlanish $700 \text{ kg}\cdot\text{k}/\text{sm}^2$ bo'lsa, zarur bo'lgan boltlar sonini aniqlang. Undan tashqari, xloroformning rezervuar ostiga ko'rsatayotgan bosimini ham toping.

1.5. Qo'l gidravlik pressining diametri 50 mm li kichik porsheniga ta'sir etayotgan kuch miqtori 600 N. Agar katta porshen diametri 400 mm bo'lsa, kuchlar yo'qotilishini hisobga olinmasa, presslanayotgan achchiq bodom mag'ziga ta'sir etayotgan kuch aniqlansin.

1.6. Harorati 30°C li zaytun yog'ining dinamik qovushoqlik koeffitsienti $80 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ ga va nisbiy zichligi 0,91 teng. Kinematik qovushoqlik koeffitsienti topilsin.

1.7. Sovitgich diametri $20\times 2 \text{ mm}$ li 19 ta trubadan iborat. Sovutgichning trubalararo bo'shlig'i diametri $57\times 3,5 \text{ mm}$ trubadan yasalgan bo'lib, undan 1,4 m/s tezliqla etanol oqib o'tmoqda. Etanol pastdan yuqoriga qarab harakat qilgaganida, sovutgich trubalari ichidagi tezligi aniqlansin.

1.8. Diametri $16\times 1,5 \text{ mm}$ li 350 ta trubadan iborat issiqlik almashinish qurilmasidan $5600 \text{ m}^3/\text{soat}$ miqdorida, $P=3 \text{ kg}\cdot\text{k}/\text{sm}^2$ bosim ostida azot o'tmoqla (0°C da va 760 mm.sim.ust. deb hisoblab). Azot issiqlik almashinish qurilmasiga 120°C da kirib 30°C da chiqib ketmoqda. Azotning issiqlik almashinish trubalariga kirish va ulardan chiqish tezliklarini aniqlash kerak.

1.9. Xalqa, kvadrat, to'g'ri to'rtburchak, teng yonli uchburchak ko'ndalang kesimli quvurlar uchun umumiy ko'rinishda gidravlik radiusini aniqlang.

1.10. Kojux-trubali issiqlik almashinish qurilmasi trubalararo bo'shlig'ining ekvivalent diametrini aniqlash kerak. Qurilma diametri $38\times 2,5 \text{ mm}$. li 61 ta trubalardan tashkil topgan. Kojux-trubali issiqlik almashinish qurilmasining diametri $635\times 5 \text{ mm}$.

1.11. "Truba ichida truba" issiqlik almashinish qurilmaning trubasi ichida oqayotgan a) 70% li va b) 40% li etil spirtining harakat rejimlarini aniqlash kerak. Qurilmaning ichki trubasining diametri $57\times 3 \text{ mm}$ va tashqi truba diametri $96\times 3,5 \text{ mm}$, etil spirti sarfi $3,6 \text{ m}^3/\text{soat}$, harorati 20°C ..

1.12. Diametri $64\times 3 \text{ mm}$ li zanglamaydigan yuqori sifatli X18H10T po'latdan yasalgan trubadan $25000 \text{ kg}/\text{soat}$ massaviy sarf bilan sulfat kislotasi haydalmoqda. Suyuqlik yo'nalishida trubada normal ventil, to'siq 110° burchak ostida 2 ta tirsak va 90° burchakli 2 ta tirsak o'rnatilgan. Trubaning 64 m li uzunliqlagi bo'lagida bosimning yo'qotilishi hisoblansin.

1.13. 200 m li trubada suyuqlik harakatlanishida bosimning yo'qotilishi hisoblansin. Truba ichida harakat qilayotgan suyuqlik yo'lida diametri $68\times 4 \text{ mm}$ dan $52\times 3 \text{ mm}$ gacha to'satdan torayish, so'ng 2 ta jumrak va 2 ta 90° li tirsak qarshiliklar mavjuddir. Trubadan 60°C haroratda 1,4 m/s tezlikda xlorbenzol harakat qilmoqda.

1.14. Nasos qurilmasi $6 \text{ m}^3/\text{soat}$ sarfda konsentratsiyasi 25% li kalsiy xlor (CCl_4) ni 32 m balandliqa joylashgan rezervuarga uzatmoqla. Truba diametri $50 \times 2,5 \text{ mm}$, uzunligi 70 m, tezligi 1,8 m/s ga teng. Aralashma zichligi 1200 kg/m^3 , qovushqoqlik koeffitsienti 1,8 sP. Suyuqlik yo'lida 3 tirsak (90° burchak ostida $R_0/d=4$) va 2 ta ventil bor. Agarda f.i.k.=0,65 ga teng bo'lsa, quvvatning sarfi hisoblansin.

1.15. Nasos qurilmasi soatiga 36 m^3 70 %li etanolni diametri $60 \times 2,5 \text{ mm}$ li trubadan 44 m balandlikka uzatib bermoqda. Truba tarmog'ida 3 ta silliq tirsak va 2 ta ventil bor. Trubaning uzunligi 95 m. Agarda nasosning f.i.k.= 0,6 ga teng bo'lsa, sarf bo'layotgan quvvat aniqlansin.

1.16. Diametri $50 \times 2,5 \text{ mm}$ bo'lgan trubadan harorati 40°C li ammiak (26%) 4500 kg/soat massaviy sarf bilan oqib o'tayotganda, truba o'qidagi mahalliy tezlik aniqlansin. Hamma hisoblar o'rtacha tezlik uchun ham bajarilsin va harakat rejimi topilsin.

1.17. 25% li kaltsiy xlorid $65 \times 3 \text{ mm}$ li trubadan 20 t/coat miqdorda oqib o'tmoqla. Suyuqlik harorati 80°C bo'lganda oqimning harakat rejimi va o'rtacha tezligi toping. Undan tashqari, truba markazida (o'qida) gi mahalliy tezlik ham aniqlansin.

1.18. Harorati 60°C bo'lgan 20 t/soat miqdorida oqib o'tayotgan 50%li glitserin suyuqligining o'rtacha tezligi va, harakat rejimi topilsin. Truba o'qidagi mahalliy tezlik ham aniqlansin. Trubaning diametri $62 \times 2 \text{ mm}$.

1.19. Harorati 80°C va o'rtacha tezligi 1,8 m/s bo'lgan metil spirti "truba ichidagi truba" tipidagi issiqlik almashinish qurilmasining ichki trubasi ichida harakatlanmoqla. Agar truba diametri $50 \times 2,5 \text{ mm}$ ligi ma'lum bo'lsa, suyuqlikning sarfi va truba ichidagi mahalliy tezlik aniqlansin.

1.20. Harorati 60°C va tezligi 1,2 m/s bo'lgan benzol diametri $65 \times 2,5 \text{ mm}$ li to'g'ri truba orqali harakatlangandagi bosimning yo'qotilishi aniqlansin. Trubaning umumiy uzunligi 42 m va suyuqlik yulida 3 ta oddiy ventillar joylashgan.

1.21. Umumiy uzunligi 120 m li trubada 2 ta normal ventil, 3 ta zadviyka, teshigi 10 mm va qalinligi 5 mm li diafragma, hamda 90° mm li 2 ta tirsak joylashgan. Truba diametri $57 \times 3,5 \text{ mm}$. Trubadan soatiga 25 tonna 50% li glitserin oqib o'tayotganda, bosim yo'qotilishi aniqlansin.

1.22. Diametri $60 \times 3 \text{ mm}$ li truba orqali tezligi 1,5 m/s va harorati 60°C bo'lgan a) sirka kislotasi (50% li) va b) xloroform harakatlansa, uning ichki ishqalanishidagi bosim yo'qotilishi aniqlansin. Bu hisoblar truba uzunligi 10 m va 100 m bo'lganda ko'rib chiqilsin.

1.23. 70% li sirka kislotasini 15 t/soat massaviy sarfda nasos orqali uzatilmoqla. Trubaning o'lchamlari: diametri $53 \times 2,5 \text{ mm}$ ga, uzunligi esa 88 m. Umumiy bosimning yo'kotilish qiymati 77 m ga teng. Agarda suyuqlik 18 m balandlikka ko'tarib berilishi lozim bo'lsa, qurilmaning f.i.k.= 0,7 ga teng bo'lsa, sarflanadigan quvvat miqdori hisoblab topilsin.

1.24. Trubadan nisbiy zichligi 0,9 va harorati 60°C bo'lgan kakao yog'i uzatilmoqda. Trubaning g'adir-budurligi $e = 0,9 \text{ mm}$, uzunligi $l = 200 \text{ m}$, balandligi

$H = 8 \text{ m}$, suyuqlik sarfi $V_c = 3,6 \text{ m}^3/\text{soat}$ va bosimi 250 kPa bo'lsa, uning diametri hisoblab topilsin.

1.25. Diametri $38 \times 3 \text{ mm}$ li trubadan soatiga 20°C li 6 t izopropil spirti oqib o'tmoqda. Suyuqlik tezligi va oqish rejimi aniqlansin.

1.26. Nisbiy zichligi $1,520$ teng ishqorli natriy ochiq silindrik idishga quyib qo'yilgan. Uning ma'lum bir nuqtasiga o'rnatilgan manometr $p_{\text{ort}} = 0,4 \text{ kg}\cdot\text{k}/\text{sm}^2$ ni ko'rsatayotgan bo'lsa, ishqorli natriyning sathi ushbu manometr o'rnatilgan nuqtadan qanday balandlikla bo'ladi?

1.27. $1,5 \text{ m/s}$ tezlikda etil spirti zmeeviklan oqib o'tayotgan paytidagi bosimning yo'qotilishi aniqlansin. Zmeevik diametri $43 \times 3 \text{ mm}$ li trubadan yasalgan va uning o'ramasining diametri $1,5 \text{ m}$ va o'ramalar soni 6 ta. Etanolning o'rtacha harorati 20°C .

1.28. Zichligi $1032,5 \text{ kg}/\text{m}^3$ va dinamik qovushqoqlik koeffitsienti $1,2 \cdot 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ bo'lgan tozalangan suv o'zgarmas sathli idishdan reaktorga tabiiy holda oqib tushmoqda. Idishdagi tozalangan suvning sathi reaktorga kirayotgan joyidan 5 m yuqoridir. Oqib tushayotgan truba diametri 57 mm , uzunligi 18 m , truba quvurida 4 ta tirsak va kranlar o'rnatilgan. Idish va reaktordagi bosim atmosfera bosimiga teng. Yuqorida qayd etilgan shart-sharoitlarda, idishdan reaktorga eng ko'p oqib tushadigan tozalangan suv miqdori topilsin.

1.29. Harorati 20°C , hajmiy sarfi $18 \text{ m}^3/\text{soat}$ bo'lgan miqdordagi $96,6 \%$ li etanol korxona sexidan ombordagi rezervuarga yuborilmoqda. Truba quvurining uzunligi 25 m . Unda 90° li ($R_{\text{gyp}} = 50 \text{ sm}$) 5 ta tirsak bor. Truba quvurining diametri va gidravlik qarshiligi aniqlansin.

1.30. Spirt birinchi qavatda o'rnatilgan rezervuardan ikkinchi qavatga uzatilayotgan bo'lsa, ushbu rezervuarda qanday miqdorda vakuum hosil qilish kerak? Umumiy so'rish balandligi 8 m (gidravlik qarshiliklarni inobatga olmasa ham bo'ladi). Spirtning zichligi 20°C haroratdagi qiymati jadvaldan olinsin.

KONTROL TOPSHIRIQ №1

Harorati $t = A^\circ\text{C}$ va bosimi $p = B \text{ kg}\cdot\text{k}/\text{sm}^3$ bo'lganda V moddaning zichligi Xalqaro birlik sistemasi (SI) da aniqlansin. Atmosfera bosimi $760 \text{ mm}\cdot\text{sim}\cdot\text{ust. deb}$ olinsin.

Parametr	O'lchov birligi	SHifrning oxirgi raqami bo'yicha variantlar									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
A	$^\circ\text{C}$	20	30	40	50	60	70	80	90	100	150
B	$\text{kg}\cdot\text{k}/\text{sm}^2$	5	20	4	8	10	15	50	30	12	2

Parametr	SHifrning oxiridan oldingi rakami bo'yicha variantlar									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
B	N_2	Ar	H_2	H_2O	NO_2	SO_2	CO_2	O_2	CH_4	C_2H_6

KONTROL TOPSHIRIQ №2

Diametri 38x3 mm li trubadan soatiga G tonna va harorati t°C bo'lgan N suyuqlik oqib o'tmoqda. Suyuqlikning oqim rejimi va o'rtacha harakat tezligini aniqlang.

Para-metr	Ulchov birligi	SHifrnig oxirgi raqami bo'yicha variantlar									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
G	T	0,54	0,9	1,08	1,8	3,6	1,44	1,08	0,72	0,36	0,18
t	°C	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70
N	zaytun yog'i, bodom yog'i, sut, etil spirti, qand qiyomi, benzin, xloroform, HNO ₃ , H ₂ SO ₄ , NSl, glitserin, vazelin, kalsiy xlorid eritmasi, magniy sulfat eritmasi.										

Adabiyotlar:

1. Yusupbekov N.R., Nurmuxamedov X.S., Zokirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalari. Toshkent, Sharq, 2003, 644 b.
2. Pharmaceutical Process Engineering. Second edition, Informa Healthcare SSHA, Inc., 52 Vanderbilt Avenue, Nyu-York, NY 10017, C 2010 p. 198.
3. Yusupbekov N.R., Nurmuxamedov X.S. Ismatullaev P.R. Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarning jarayonlari va qurilmalari fanidan hisoblar va misollar. Toshkent 1999, 250 b.
4. Yusupbekov N.R., Nurmuxamedov X.S. Ismatullaev P.R., Zokirov S.G., Mannonov U.V. Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarning asosiy jarayon va qurilmalarini hisoblash va loyihalash. Toshkent 2000, 350 b.

2 BOB SUYUQLIKLARNI UZATISH

2.1 SUYUQLIK VA GAZLARNI UZATISH. NASOSLAR VA VENTILYATORLARNI TANLASH.

Kimyo va farmatsevtika sanoatlarining barcha tarmoqlarida suyuqliklar gorizontaal va vertikal trubalar orqali uzatiladi. Suyuqliklarni uzatish uchun mo'ljallangan mashinalar nasoslar deyiladi.

Trubalarning boshlang'ich va oxirgi nuqtalaridagi bosimlar farqi trubalardan suyuqlikning oqishi uchun harakatlantiruvchi kuchi gidravlik mashinalar yoki nasoslar orqali hosil qilinadi. Nasos elektr dvigateldan mexanik energiya olib, uni suyuqlikning harakatlanayotgan oqim energiyasiga aylantirib, bosimni oshiradi.

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

Parrakli nasoslar o'z navbatida markazdan qochma va propellerli (o'qli) nasoslarga bo'linadi.

Markazdan qochma nasoslarda suyuqlik ichi g'ildiraklarning markazidan uning chetiga qarab harakat qilsa, propellerli nasoslarda esa suyuqlik g'ildirakning o'qi yo'nalishida harakat qiladi.

Ishqalanish kuchiga asoslangan nasoslar ikki xil (uyurmaviy va oqimli bo'ladi). Uyurmaviy va oqimli nasoslarda suyuqlik asosan ishqalanish kuchi ta'sirida harakatga keladi.

Hajmiy nasoslarning ishlash prinsipi suyuqlikning ma'lum bir hajmini yopiq kameradan itarib chiqarishga asoslangan. Hajmiy nasoslar jumlasiga porshenli, plunjerli, diafragmalı, shesternali, plastinali va vintsimon nasoslar kiradi.

Sanoatda suyuqliklarni siqilgan gaz (yoki havo) yordamida uzatish uchun gazliftlar va montejoylar ishlatiladi.

Nasosning asosiy parametrlari.

Nasoslardan foydalanish ish unumdorligi, napor va quvvat kabi kattaliklar bilan belgilanadi.

1. Nasosning vaqt birligi ichida uzatib beradigan suyuqlik miqdori *ish unumdorligi* (yoki sarfi) deyiladi. (Q , m³/s).

2. Nasosning massa birligiga ega bo'lgan suyuqlikka bergan solishtirma energiyasi *napor* deb yuritiladi (H , m). Nasosning napori oqimning nasosga kirish va chiqishdagi solishtirma energiyalari ayirmasiga teng.

3. Suyuqlikka energiya berish uchun sarflangan nasosning foydali quvvati N_f suyuqlik sarfi miqdori Q ning solishtirma energiyaga ko'paytirilganiga teng:

$$N_f = \gamma QH = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \quad (2.1)$$

Nasosning o'qidagi quvvati foydali quvvatdan kattaroq bo'ladi, chunki nasosda energiyaning bir qismi yo'qoladi. Energiyaning yo'qolishi nasosning foydali ish koeffitsienti (FIK) η_N bilan belgilanadi. Demak, nasosning o'qidagi quvvati quyidagi tenglama bilan topiladi:

$$N_{o'q} = \frac{N_f}{\eta_N} = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{\eta_N} \quad (2.2)$$

Foydali ish koeffitsienti η_N nasosdagi quvvatning nisbiy yo`qolishini, nasosning mukammalligini va uni ishlatilishning arzonligini ifodalaydi hamda quyidagi ko`paytma orqali topiladi:

$$\eta_N = \eta_v \cdot \eta_g \cdot \eta_m \quad (2.3)$$

bu yerda: η_v - hajmiy FIK; η_g - gidravlik FIK; η_m - mexanik FIK

Hajmiy FIK nasosning haqiqiy ish unumdorligining nazariy ish unumdorligiga nisbatiga teng bo`lib, nasos konstruksiyasining zich bo`lmagan joylaridan sizib chiqqan suyuqlikning miqdorini belgilaydi.

Gidravlik FIK suyuqlikning nasosdan o`tishida gidravlik va mahalliy qarshiliklarni yengish uchun sarf bo`lgan naporning yo`qotilishini ifodalaydi.

Mexanik FIK nasos mexanizmlaridagi ishqalanishni yengish sarflangan quvvatning yo`qotilishini belgilaydi.

Dvigatel iste'mol qiladigan quvvat (yoki dvigatelning nominal quvvati) nasos o`qidagi quvvatdan ortiqroq bo`ladi, chunki quvvatning bir qismi elektr dvigatelning o`qida va elektr dvigateldan mexanik energiyani asosga berilayotganda sarf bo`ladi, ya'ni:

$$N_{dv} = \frac{N_{o'q}}{\eta_u \cdot \eta_{dv}} = \frac{N_f}{\eta_N \cdot \eta_u \cdot \eta_{dv}} \quad (2.4)$$

Ko`paytma  $\eta_v$ ,  $\eta_g$ ,  $\eta_m$ , nasos qurilmasining to`la FIK deb yuritiladi va η bilan belgilanadi.

Nasos qurilmalarini o`rnatish uchun zarur bo`lgan quvvat quyidagiga teng:

$$N_N = \beta \cdot N_{dv} \quad (2.5)$$

bu yerda: β – quvvatning zahira koeffitsienti, bu koeffitsientning qiymati dvigatelning nominal quvvatiga nisbatan topiladi.

Nasoslarning umumiy nabori va so`rish balandligi.

Suyuqliklarni pastki idishdan (6.1-rasm) so`rish va haydash trubalari orqali haydash uchun dvigatel nasosga zarur energiya berishi, yani nasos bosimi (nabor) hosil qilishi lozim.

Nasosning umumiy naborini 6.1-rasmdagi nasos qurilmasidan aniqlash uchun so`rish va haydash trubalari uchun Bernulli tenglamasining o`zgarishidan foydalanamiz. Buning uchun so`rish va haydash vaqtidagi parametrlarning o`zgarishini quyidagi tartibda aniqlaymiz:

p_i – suyuqlik so`rib olinayotgan idishdagi bosim;

p – yuqorida joylashgan idishdagi bosim;

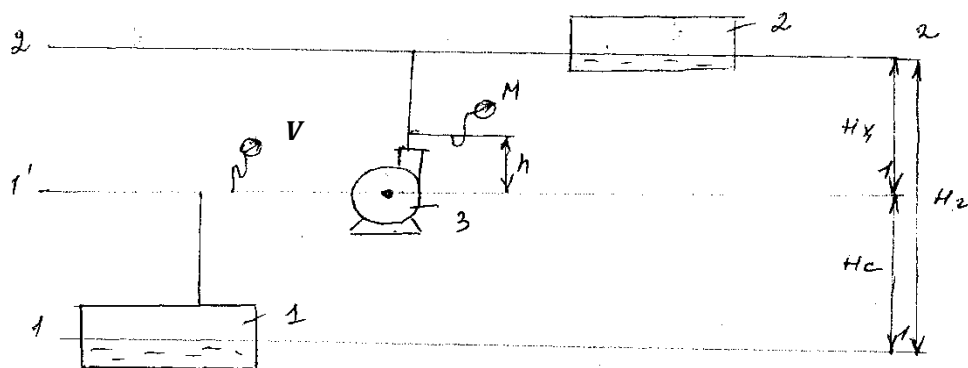
p_s , p_x – suyuqlikning nasosga kirishdagi va chiqishdagi bosimi;

H_s – so`rish balandligi;

H_h – haydash balandligi;

H_g – suyuqlikning geometrik ko`tarilish balandligi;

h – vakuummetr va manometr o`rnatilgan nuqtalar orasidagi vertikal masofa.



2.1-rasm. Nasosning umumiy naporini aniqlash.

1 – pastki suyuqlik uzatiladigan rezervuar; 2 – bosim baki; 3 – nasos; M – manometr; V – vakuummetr.

Nasosning naporini aniqlash uchun pastki idishdagi suyuqlik balandligining tekisligiga nisbatan soʻrish vaqtidagi 1-1 va 1^I-1^I kesimlar uchun Bernulli tenglamasini yozamiz;

$$\frac{P_s}{\rho g} + \frac{\omega_1^2}{2g} = H_s + \frac{\omega_s^2}{2g} + \frac{P_1}{\rho g} + h_s \quad (2.6)$$

Xuddi shuningdek, nasos oʻtuvchi tekislikka nisbatan haydash vaqtidagi 1-1 va 2-2 kesimlar uchun Bernulli tenglamasini yozamiz:

$$\frac{P_h}{\rho g} + \frac{\omega_h^2}{2g} = H_h + \frac{\omega_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\rho g} + h_h \quad (2.7)$$

Bu tenglamalarda ω_1 , ω_2 – pastki va yuqorigi idishlardagi suyuqlikning tezligi;

ω_s , ω_h – soʻrish va haydash trubalaridagi suyuqlik tezligi;

H_s , H_h – soʻrish va haydash trubalaridagi gidravlik qarshiliklarni yengish uchun ketgan napor miqdori.

Soʻrish va haydash trubalaridagi tezlikka nisbatan pastki va yuqoridagi idishlardagi suyuqlik tezligining oʻzgarishi juda kichik boʻlib, u nolga teng. ($\omega_1=0$; $\omega_2=0$)

Nasosning nafari oqimning nasosga kirish va chiqishdagi solishtirma energiyalari ayirmasiga teng;

$$H = \frac{P_s - P_h}{\rho g} \quad (2.8)$$

(10.6) va (10.7) tenglamalardan ayirmalar farqini aniqlasak:

$$H = \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + \frac{W_s^2 - W_h^2}{2g} + H_s + H_h + h_s + h_h \quad (2.9)$$

Bunda $\omega_s = \omega_h$, chunki soʻrish va haydash trubalarining diametri bir xil $h_u = h_s + h_h$ trubaning umumiy qarshiligi. Bundan tashqari 10.1-rasmdan $H_s + H_h = H$. Bu holda (10.9) tenglamani quyidagicha yozish mumkin:

$$H = H_g + \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + h_u \quad (2.10)$$

Demak, nasosning umumiy nabori suyuqlikning geometrik balandligi H_g ga koʻtarish uchun, pastki va yuqorigi idishlardagi bosimlar orasidagi farqni hamda soʻrish va uzatish trubalaridagi gidravlik qarshiliklarni yengish uchun sarflanadi;

Agar pastki va yuqorigi idishlardagi bosim oʻzaro teng boʻlsa, u holda nasosning umumiy nabori:

$$H = H_g + h_u \quad (2.11)$$

Suyuqlik gorizontal trubalar orqali uzatilsa ($H_g = 0$)

$$H = \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + h_u \quad (2.12)$$

Xuddi shuningdek, nasosning umumiy naborini manometr va vakuummetrning koʻrsatishi boʻyicha ham aniqlash mumkin;

$$H = \frac{P_m - P_v}{\rho g} + h \quad (2.13)$$

Shunday qilib, nasosning umumiy nabori manometr va vakuummetrlar koʻrsatishlarining yigʻindisi bilan bu qurilmalar ulangan nuqtalar orasidagi vertikal masofaning (h) yigindisiga teng.

Soʻrish balandligi. Pastki idishdagi suyuqlikning erkin sirtiga (2.1-rasm) atmosfera bosimi p taʼsir etadi.

Suyuqlik soʻrish trubasi orqali balandlikka koʻtarilib, nasosning ish kamerasini toʻldirish uchun bu kamerada vakuumni vujudga keltirish kerak. Bosimlar farqi $p - p_s$ hosil boʻlganligi sababli suyuqlik ustunining metrlarda ifodalangan nabori $\frac{p_0 - p_s}{\rho g}$ hosil boʻladi. Bu bosimning bir qismi suyuqlikni soʻrish trubasida H

balandlikka koʻtarish uchun, qolgan qismi esa suyuqlikning trubada W tezlik bilan harakatlanishiga yoki tezlik naborini hosil qilish uchun va soʻrilayotgan suyuqlik yoʻlida uchraydigan barcha qarshiliklarni yengishga sarflanadi. U holda:

$$\frac{p_0}{\rho g} - \frac{p_s}{\rho g} = H_s + \frac{\omega^2}{2g} + h_s \quad (2.14)$$

Uzatilayotgan suyuqlikning qaynab ketishini hisobga olgan holda (u doim soʻrilishi uchun) soʻrilish trubalaridagi bosim shu temperaturadagi suyuqlikning toʻyingan bugʻ bosimi p_1 dan yuqori boʻlishi kerak. Bunda nasosning normal ishlashi uchun tenglama quyidagicha yoziladi:

$$\frac{p_s}{\rho g} = \frac{p_0}{\rho g} - \left(H_s + \frac{\omega^2}{2g} + h_s \right) \geq \frac{p_t}{\rho g} \quad (2.15)$$

Bu yerdan:

$$H_s \leq \frac{p_0}{\rho g} - \left(\frac{p_t}{\rho g} + \frac{\omega^2}{2g} + h_s \right) \quad (2.16)$$

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

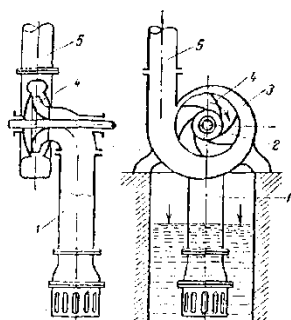
Xuddi shuningdek so'rish balandligini hisoblashda gidravlik va mahalliy qarshiliklarni yengish uchun ketgan sarflardan tashqari, markazdan qochma nasoslarda kavitatsiya hodisasi, porshenli nasoslarda esa inertsion kuch ta'sirida bo'ladigan bosim yo'qolishlari inobatga olinishi kerak.

Mustaqil bajarish uchun vazifalar

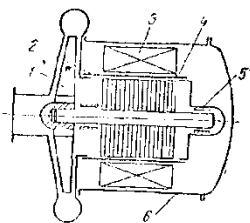
1. Chizmaga qarab markazdan qochma nasoslarning ishlash tartibini ayting.
2. Plunjerli va shesternali nasoslarning ishlash tartibini taqqoslang.

Nazorat uchun savollar.

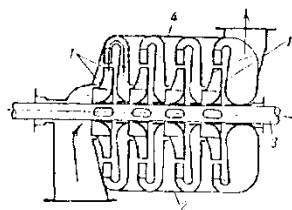
1. Nasoslarning turlari, ularning asosiy vazifasi va qo'llanilishi.
2. Nasosning asosiy parametrlari; napor H , ish unumdorligi Q .
3. Nasosning foydali quvvati N_f , foydali ish koeffitsienti η va nasos o'qidagi quvvat $N_{o'q}$.
4. Nasosning foydali ish koeffitsientini tashkil qiluvchi koeffitsientlar.
5. Dvigatel iste'mol qiladigan quvvat.
6. Nasosning umumiy nabori
7. Nasosning so'rish balandligi.
8. Parrakli nasoslarning turlari.
9. Ishqalanish kuchiga asoslangan nasoslar.
10. Hajmiy nasoslar, ularni ishlash printsipi
11. Suyuqliklarni siqilgan gaz yordamida o'zgaradigan nasoslar.
12. Maxsus nasoslar.
13. Gazlarni siqish mashinalari
14. Siqish darajasi haqida tushuncha
15. Ventilyatorlar haqida tushuncha.



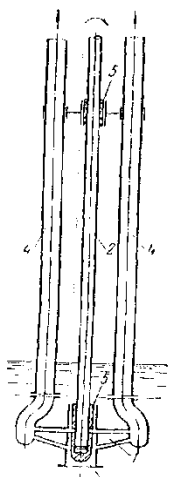
Markazdan qochma
kuch ta'sirida
ishlaydigan



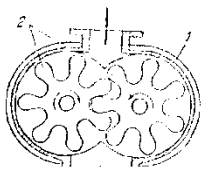
Gorizontal plunjerli



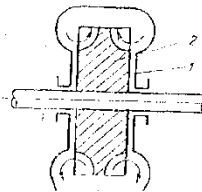
Ko'p tabaqali



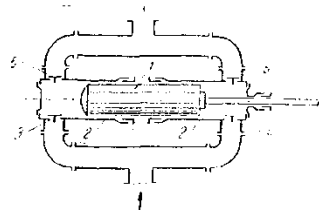
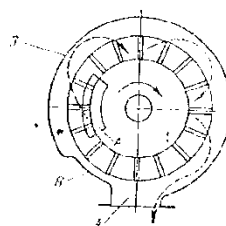
Cho'kuvchi



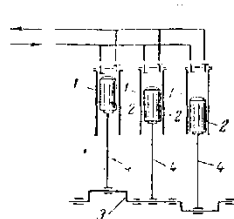
Shesternyali



Virxli



Plunjerli



2.2-rasm. Nasoslarning turlari

Suyuqliklarni uzatish va siqishga doir Hisoblash formulallari va asosiy bog'liqliklar

Kimyo-farmatsevtik sanoatlarida barcha tarmoqlarida suyuqliklar gorizonta va vertikal trubalar orqali uzatiladi. Suv, benzin, xloroform, atseton, etanol, benzol, sirka kislotasi, eg'-moylar, vazelin va boshqa kislotalar, ishqorlar, tuzlar kabi suyuqliklarni uzatish uchun maxsus mashinalar – nasoslardan foydalaniladi. Elektr dvigatelning mexanik energiyasini suyuqlikning uzatilish energiyasiga aylantiruvchi va uning bosimini oshiruvchi va gidravlik mashinalar nasoslar deb ataladi. Trubalarning boshlang'ich va oxirgi nuqtalaridagi 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 bog'langan bo'ladi. Suyuqlikka ta'sir qiladigan 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 vaqt 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. So'rish m^3/s , l/s va boshqa 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

(2.17)

$$Q = w_2 \cdot (\pi \cdot d_2 - \delta \cdot z) \cdot b_2 \cdot \sin \beta_2$$

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 sodda porshenli nasosning sarfi ushbuga teng:

$$Q = F \cdot L \cdot \frac{n}{60} \quad (2.18)$$

bu erda F - porshen ko'ndalang kesimining yuzasi; L - porshenning yurishi (bir borib kelishda bir tomonga yo'rgan yo'lining uzunligi); n - porshenning bir minutda borib kelish soni (yoki krivoship-shatunli mexanizmning aylanish soni).

Ko'p yo'lli porshen nasosining sarfi

$$Q = F \cdot L \cdot \frac{n}{60} \cdot i \quad (2.19)$$

bu erda i - nasos silindrlarining soni.

Ikki yo'lli bir porshenli nasosning sarfi:

$$Q = (2 \cdot F - f) \cdot L \cdot \frac{n}{60} \quad (2.20)$$

bu erda f - shtok ko'ndalang kesimining yuzasi, m^2 .

2. Nasosdan o'tayotgan suyuqlik oqimi olgan solishtirma energiyasi nasosning bosimi deb ataladi va suyuqlik ustunining metrlari hisobida o'lchanadi.

$$H = H_r + \frac{p_2 - p_1}{\rho \cdot g} + h_{ym} \quad (2.21)$$

$H_{um} = h_c + h_x$ — trubaning umumiy gidravlik qarshiligi;

$H_r = H_C + H_X$ - geometrik balandlik;

3. Nasosning vaqt birligida bajargan ishi uning quvvati deyiladi. Quvvatning o'lchov birligi (Vt) va quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$N_{\Phi} = \gamma \cdot Q \cdot H = \rho \cdot g \cdot H \cdot Q \quad (2.22)$$

Nasosning o'qidagi quvvati foydali quvvatdan kattaroq bo'ladi, ya'ni:

$$N_g = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot F}{\eta_H} \quad (2.23)$$

Markazdan qochma nasoslarning xosil qilgan bosimi ishchi g'ildiraklarning aylanish tezligiga bog'liq bo'ladi. Nasos ishga tushirilishidan ilgari so'rish 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 etarli 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 qiladigan quvvati quyidagicha o'zgaradi:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2}; \quad \frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2; \quad \frac{N_1}{N_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2; \quad (2.24)$$

Ish g'ildiraklarining aylanishlar chastotasi n o'zgarmas bo'lganda nasos ish unumdorligi Q ning napori H nasosning o'z quvvati N va foydali ish koeffitsienti η_N bilan o'zaro grafik usulidagi bog'liqligi chasoslarning xarakteristikasi deb yuritiladi.

Gazlarni siqish va uzatish uchun kompressor mashinalardan foydalaniladi. Xuddi suyuqliklar kabi gazlar ham bosimlar farqi bo'lganidagina uzatiladi. Siqilgan gaz bosimi P_2 ning siqilmagan gaz bosimi P_1 ga nisbati siqish darajasi deyiladi.

1. Ventilyatorlarda $P_2/P_1 < 1,1$ - ko'p miqdordagi gazlarni uzatish uchun foydalaniladi.

2. Gazoduvkalar $1,1 < P_2/P_1 < 3$ - gaz trubalarida katta qarshilik bo'lganida ishlatiladi.

3. Kompressorlar $P_2/P_1 > 3$ - yuqori bosim hosil qilish uchun ishlatiladi. Vakuum nasoslar bosimi atmosfera bosimidan past bo'lgan gazlarni so'rish uchun ishlatiladi. Ishlash prinsipiga ko'ra kompressorlar hajmiy va parrakli bo'ladi. Gazning hajmi, bosimi va harorati o'rtasidagi bog'lanish

$$\left(P + \frac{a}{b^2}\right) \cdot (v - b) = R \cdot T \quad (2.25)$$

P - gazning bosimi, N/m^2 ; v - gazning colishtirma hajmi m^3/kg ; $R = 8314/M$ - gazlarnig universal konstantasi, $J/kg \cdot s$; M — molekulyar massa, $kg/kmol$; T - harorat, K .

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

$$a = \frac{27 \cdot R^2 \cdot T_{kr}^2}{64 \cdot P_{kr}} \quad (2.26a)$$

$$b = \frac{R \cdot T}{8 \cdot P_{kr}}$$

Ventilyatorlar. Gazni past bosimda uzatish uchun mo'ljallangan mashinalar ventilyatorlar deyiladi. Markazdan kochma ventilyatorlarning xarakteristikalar xuddi markazdan qochma nasoslarnikiga o'xshash bo'ladi. Shuning uchun ventilyatorlar nasoslar kabi proporsionallik qonuniga bo'ysunadi.

$$N = \frac{\rho \cdot g \cdot H \cdot Q}{\eta_{\beta}} = \frac{Q \cdot \Delta P}{\eta_{\beta}} \quad (2.27)$$

bu erda η_{β} - ventilyatorning foydali ish ko'effitsienti, uzatish yo'lidagi barcha sarflarni hisobga oladi; ΔP - bosimlar farqi.

Ventilyatorlarning hajmiy samaradorligi yuqori bo'lganligi uchun uning o'lchamlari ham katta bo'ladi. Ventilyator o'qidagi quvvat quyidagi tenglama orqali hisoblanadi.

$$N = \frac{\rho \cdot g \cdot H \cdot Q}{1000 \cdot \eta} \quad (2.28)$$

Q - ish unumdorligi, m³/s; N - napor, m, ρ - gaz zichligi kg/m³; η_{β} - f.i.k.

(ventilyatorning aerodinamik xususiyatiga ko'ra tanlanadi).

Bu olingan quvvat formulalari nasosning suyuqlikka bergan energiyasini ifodalovchi foydali quvvatni beradi. Amalda esa dvigatelning o'qni (valni) aylantirishga sarflagan quvvati bu qiymatga ko'ra ko'p bo'ladi.

4. Foydali quvvatning valga bergan quvvatga nisbati nasosning foydali ish ko'effitsienti f.i.k. deb ataladi.

$$\eta = \frac{N_{\Phi}}{N} \quad (2.29)$$

Buni nazarga olganda, suyuqlikni so'rish uchun ishlatilgan umumiy quvvat dvigatelga sarflangan quvvatga teng.

Umumiy quvvat quyidagi formuladan topiladi:

$$N_{\text{дв}} = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{\eta_H \cdot \eta_{\text{гз}} \cdot \eta_{\text{дв}}} \quad (2.30)$$

Nasos qurilmalarini o'rnatish uchun zarur bo'lgan quvvat quyidagicha aniqlanadi:

$$N_{\text{в}} = \beta \cdot N_{\text{дв}}$$

Bu yerda β - quvvatning zaxira ko'effitsienti va uning qiymatlari 2.1-jadvalda keltirilgan:

2.1-jadval

$N_{\text{дв}}, \text{кВт}$	< 1	1-5	5-50	>50
β	< 2-1,5	1,5-1,2	1,2-1,15	1,1

Bir pog'onali kompressorda 1 kg gazni adiabatik siqish paytidagi nazariy ish L (J/kg) miqdori quyidagi formula yordamida hisoblanishi mumkin:

$$L_{\text{ад}} = \frac{1}{k-1} \cdot P_1 \cdot V_1 \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right] = \frac{1}{k-1} \cdot R \cdot T_1 \cdot \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right] \quad (2.31)$$

yoki

$$L_{\text{ад}} = i_2 - i_1 \quad (2.32)$$

Adiabatik siqish jarayoni oxiridagi gazning harorati ushbu tenglamadan topiladi:

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{k-1}{k}} \quad (2.33)$$

(2.14-2.16) formulalarda:

k - adiabata ko'rsatkichi;

P_1 va P_2 - gazning boshlang'ich va oxirgi bosimi, Pa

V - gazning boshlang'ich sharoitidagi solishirma hajmi, ya'ni P_1 va T_1 bo'lganda, m^3/kg ;

i_1 va i_2 - gazning boshlang'ich va oxirgi entalpiyalari, J/kg;

$R = 8310/M$ - gaz konstantasi, J/kg Q

M - gazning molyar massasi.

$G = 1$ kg gazni boshlang'ich P_1 bosimdan oxirgi P_2 bosimga bir pog'onadi siqish paytida kompressorning dvigateli iste'mol qiladigan quvvat N (kVt) ushbu tenglamada hisoblanadi:

$$N = \frac{G \cdot L}{3600 \cdot 1000 \cdot \eta} = \frac{G \cdot (i_1 \cdot i_2)}{3600 \cdot 1000 \cdot \eta} \quad (2.34)$$

η - kompressor qurilmasining f.i.k.

Oddiy porshenli kompressor ish unumdorligi Q (m^3/s) ushbu tenglamadan topiladi:

$$Q = \lambda \cdot \frac{F \cdot S \cdot n}{60} \quad (2.35)$$

bu erda λ - o'lchamsiz uzatish koeffitsienti; F - porshen yuzasi, m^2 ; S - porshen harakatining uzunligi, m; n - aylanish chastotasi, ayl/min.

Uzatish koeffitsienti:

$$\lambda = (0,8 - 0,95)\lambda_0 \quad (2.36)$$

Formuladagi λ_0 - kompressorning hajmiy f.i.k. va u quyidagicha aniqlanadi:

$$\lambda_0 = 1 - \varepsilon_0 \cdot \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{1}{m}} - 1 \right] \quad (2.37)$$

Bu erda ε_0 - silindrning zararli hajmining porshen harakat hajmiga nisbati.

m - zararli bo'shliqda qolib ketgan gaz kengayishining politropa ko'rsatkichi.

Ko'p pog'onali kompressorda 1 kg gazni siqish paytida nazariy ish L (J/kg) miqdori quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$L_{ad} = n \cdot P_1 \cdot V_1 \cdot \frac{1}{k-1} \cdot \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right] = n \cdot R \cdot T_1 \cdot \frac{1}{k-1} \cdot \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right] \quad (2.38)$$

yoki

$$L_{ad} = \Delta i_1 + \Delta i_2 + \dots + \Delta i_n \quad (2.39)$$

bu erda n — siqish pog'onalari soni;

$\Delta i_1, \Delta i_2, \dots$ - 1, 2, ... pog'onalar uchun gazning entalpiyalarining farqi.

Ko'p pog'onali kompressor iste'mol qiladigan quvvat (2.34) formula orqali hisoblanadi. Ayrim xollarda, havoni siqish kompressorlarining quvvatini aniqlash uchun ushbu formuladai ham foydalaniladi:

$$N = \frac{1,68 \cdot G \cdot L_{opt}}{3600 \cdot 1000} = \frac{1668 \cdot R \cdot T_1 \ln \frac{P_{ox}}{P_1}}{3600 \cdot 1000} \quad (2.40)$$

1,68 - amaliy yo‘l bilan aniqlangan koeffitsient va u haqiqiy va izotermik siqishdagi farqni hisobga oladi

Ko‘p pog‘onali porshenli kompressor ish unumdorligi, 1- pog‘onasining ish unumdorligi orqali aniqlanadi.

Pog‘onalar orasida bosimning yuqotilishi hisobga olinmasa, siqish pog‘onalarining soni ushbu tenglama orqali hisoblansa bo‘ladi:

$$x^n = \frac{P_{ox}}{P_1} \quad (2.41)$$

unda

$$n = \frac{\lg P_{ox} - \lg P_1}{\lg x} \quad (2.42)$$

bu erda x - bir pog‘onada siqish darajasi.

SUYUQLIKLARNI UZATISH VA SIQISHGA DOIR MISOLLARNI ISHLASH NAMUNASI

2-1. 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 mm^2 tengdir. Nasosning ish unumdorligi $0,312 \text{ m}^3/\text{min}$ bo‘lsa, nasosning uzatish koeffitsienti aniqlansin.

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:

$$Q = 2 \cdot f \cdot b \cdot z \cdot n / 60 = 2 \cdot 0,00096 \cdot 0,042 \cdot 12 \cdot 440 / 60 = 0,00708 \text{ m}^3/\text{s}$$

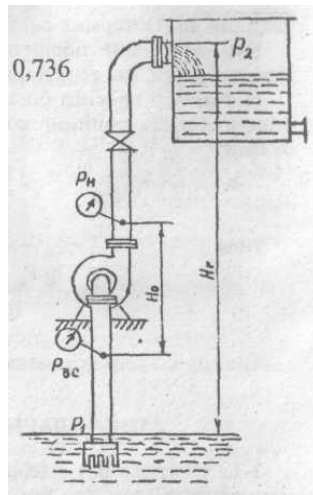
Haqiqiy uzatilgan suyuqlik miqdori:

$$Q = 0,312 / 60 = 0,0052 \text{ m}^3/\text{s}$$

Bunda, uzatish koeffitsienti quyidagiga teng bo‘ladi:

$$\eta_b = \frac{Q}{Q} = \frac{0,0052}{0,00708} = 0,736$$

2-2. Xaydash trubasiga qo‘yilgan manometr ko‘rsatkichi 3.8 kgk/sm^2 ($0,38 \text{ MPa}$) ga teng. Nasos suyuqlik (suvni) $8,4 \text{ m}^3$ hajmida 1 minutda haydamoqda. So‘rish trubasida joylashgan vakuummetr esa siyraklanish qiymati 21 mm.sim.ust. (28 kPa) (2.1-raem). Manometr va vakuummetrlar o‘rnatilgan nuqtalar orasidagi masofa 410 mm ga teng. So‘rish trubasining diametri 350 mm , haydash trubasining diametri esa 300 mm ga teng. Nasos hosil qilayotgan napor topilsin.



2.3-rasm. Markazdan qochma tipidagi ventilyatorning xarakteristikasi

Yechish:

Soʻrsh trubasidagi suvning tezligi

$$w_{\text{cyp}} = \frac{84}{84 \cdot 0,785 \cdot 0,35^2} = 1,45 \text{ m/c}$$

Haydash trubasidagi suvning tezligi

$$w_{\text{xay}} = \frac{84}{60 \cdot 0,785 \cdot 0,3^2} = 1,98 \text{ m/c}$$

Haydash trubasidagi bosim atmosfera bosimiga teng $1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ yoki 760 mm.sim.ust.

$$R_x = (3,8 + 1,013) \cdot 91 \cdot 10^4 = 474000 \text{ Па}$$

Soʻrsh trubasidagi bosim

$$R_{\text{sur}} = (0,76 - 0,21) \cdot 133,33 \cdot 1000 = 73300 \text{ Pa.}$$

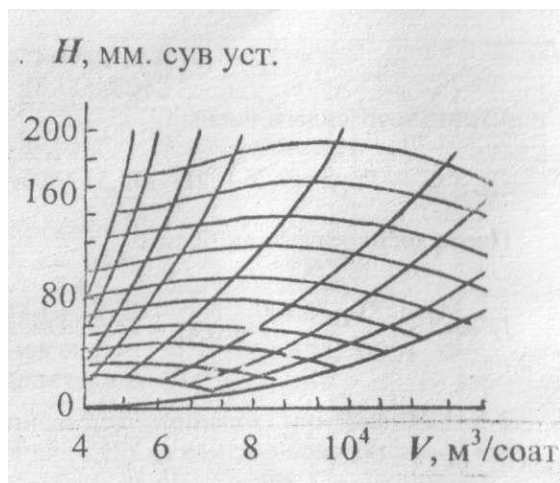
Nasos hosil qilayotgan bosim

$$H = \frac{474000 - 73300}{1000 \cdot 9,81} + 0,41 + \frac{1,98^2 + 1,45^2}{2 \cdot 9,81} = 41,3 \text{ мм.св.уст}$$

2-3. 1200 ayl/min. aylanish chastotasiga ega boʻlgan markazdan qochma nasos tajriba vaqtida quyidagicha koʻrsatkichga ega boʻlgan:

Q, l/s	10,80;	21,2
H, m	25,80;	25,4
N, kVt	7,87;	10,1

Haydalayotgan suyuqlikning solishtirma zichligi 1,12 ga teng. Nasosning f.i.k. hisoblansin.



Yechish:

$$N = \frac{\rho \cdot g \cdot H \cdot Q}{1000 \cdot \eta}$$

formuladan

$$\eta = \frac{\rho \cdot g \cdot H \cdot Q}{1000 \cdot N}$$

Suyuqlik zichligi $\rho = 1120 \text{ kg/m}^3$.

$$\eta_1 = \frac{1120 \cdot 9,81 \cdot 25,80 \cdot 0,01}{1000 \cdot 7,8} = 0,36$$

$$\eta_2 = \frac{1120 \cdot 9,81 \cdot 25,80 \cdot 0,02}{1000 \cdot 10,1} = 0,55$$

Nasosning xarakteristikalarini 2.3-rasmda keltirilgan.

2-3. Agarda ventilyatorning ish unumdorligi $10000 \text{ m}^3/\text{soat}$ dan $6600 \text{ m}^3/\text{soat}$ gacha kamaytirilsa, markazdan qochma ventilyatorning drossellash natijasida istemol qilayotgan quvvati xisoblab topilsin.

Ventilyatorning aylanish chastotasi $\omega = 145 \text{ rad/s}$, foydali ish koeffitsienti $\eta = 0,4$, va $\Delta P = 1000 \text{ N/m}^2$.

Yechish:

Boshlang'ich berilgan asosan iste'mol qilayotgan quvvat qiymati

$$N = \frac{Q \cdot \Delta P}{1000 \cdot \eta} = \frac{10000 \cdot 1000}{3600 \cdot 1000 \cdot 0,4} = 6,8 \text{ кВт}$$

O'zgartirish tufayli burchak tezligi doimiy bo'lgan holda, yani

$$\eta_1 = 0,5, \Delta P_1 = 1300 \text{ H/m}^2, L_1 = 6600 \frac{\text{m}^3}{\text{soat}}.$$

$$N = \frac{6600 \cdot 1300}{3600 \cdot 1000 \cdot 0,5} = 4,7 \text{ кВт}$$

Ish unumdorligi $6600 \text{ m}^3/\text{soat}$ bo'lganda,

$$\omega = 145 \cdot \frac{6600}{10000} = 95 \text{ рад/с}$$

bu qiymatga $\Delta P_2 = 450 \text{ H/m}^2$, f.i.k. = const = 0,4. Bu holda iste'mol qilinadigan quvvat

$$N_2 = \frac{6600 \cdot 450}{3600 \cdot 1000 \cdot 0,4} = 2,0 \text{ кВт}$$

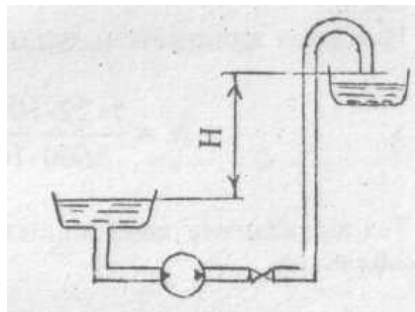
Bu qiymat esa avvalgidan birmuncha kichik qiymatni tashkil etadi.

2-5. Xajmiy sarfi $3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$, harorati 50°C bo'lgan na'matak pastasi truba quvuri orqali uzatilmoqda. Truba quvurining uzunligi 60 m, diametri 0,1 m, $R_{\text{bur}}/d = 3$, ko'tarilish balandligi $h_r = 5 \text{ m}$, zichligi $\rho = 1100 \text{ kg/m}^3$ (2.3-rasm). Ushbu miqdordagi na'matak pastani uzatish uchun nasos qanday bosim berishi kerak?

Yechish:

Masalani ishlash quyidagi ketma – ketlikda olib borladi:

1) 1-1 2-2 kesmalar uchun nasos berayotgan N naporni hisobga olgan holda Bernulli tenglamasi yoziladi (2.3 – rasm).



2.4 – rasm. Meva pastasini uzatish sxemasi

$$H = (\xi_{\text{kurp}} + 2 \cdot \xi_{90^\circ} + \xi_{180^\circ} + \alpha) \cdot \frac{w^2}{2 \cdot g} + \frac{\Delta P}{l} \cdot \frac{l}{\rho \cdot g} + h_r = h_r + \frac{\Delta P}{l} \cdot \frac{l_3}{\rho \cdot g}$$

2) Truba quvurining uzunligi bo'yicha mahalliy qarshiliklar mavjudligi sababli ya'ni 2 ta ventil qarshiligi uchun 0,2 m, 180° li burilish uchun 3 m ga, 90° li tirsak uchun 1,5 m ga uzaytirilshii kerak. Bunda, quvurning ekvivalent uzunligi $l_3 = 60 + 21,5 + 3,0 + 0,2 = 66,2 \text{ m}$

61 - jadvalga asosan, chiziqli interpolyasiyadan foydalanib, $\Delta P/l = 8 \text{ kPa/m}$ ligini aniqlaymiz.

3) Topilgan ma'lumotlarni Bernulli tenglamasiga qo'yib, quyidagi natijani olamiz:

$$H = 5 + 8,0 \cdot \frac{66,2}{1100 \cdot 9,8} \cdot 10^3 = 5 + 49,0 = 54,0 \text{ m}$$

2-6. Aylanish chastotasi 23 s^{-1} , to'liq napori 22 m, hajmiy sarfi $5 \text{ m}^3/\text{soat}$ bo'lgan nasosning kavitatsiya va tez yuruvchanlik ko'effitsientlarini, hamda iste'mol qilayotgan quvvati hisoblab chiqilsin. Suyuqlik zichligi $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$.

Yechish:

Iste'mol qilinayotgan quvvat ushbu yo'l bilan topiladi:

$$N = \frac{5 \cdot 22 \cdot 1030 \cdot 9,81}{3600 \cdot 10^3 \cdot 0,3} = 1 \text{ кВт}$$

Tez yuruvchanlik ko'effitsienti esa quyidagi formula orqali hisoblanadi:

$$\eta_{\text{тто}} = \frac{13140 \cdot n \cdot \sqrt{Q}}{\sqrt[4]{H^3}} = \frac{13140 \cdot 23 \cdot \sqrt{0,00138}}{\sqrt[4]{22^3}} = 1092,7$$

Kavitatsiya ko'effitsientini esa ushbu tenglamadan topish mumkin:

$$v = 0,00123 \cdot \frac{(3600 \cdot n^2 \cdot Q)^{0,66}}{H} = 0,00123 \cdot \frac{(3600 \cdot 23^2 \cdot 0,00138)^{0,66}}{22} \\ = 0,011 \text{ м}$$

Hisoblab topilgan N , n_{tvu} va o parametrlarning son qiymatlari shuni ko'rsatadiki, nasosning ishlash rejimi sanoat miqyosida qo'llash uchun havfsizdir.

2-7. Havo quvurlari orqali 12 m/s tezlikda havo o'tmoqda. Havoning ushbu tezlikda harakat qilishi uchun kerakli napor miqdori aniqlansin.

Yechish:

$$\Delta P = \frac{w^2 \cdot \rho}{2 \cdot g}$$

Unda

$$\Delta P = \frac{12^2 \cdot 1,29}{2 \cdot 9,81} = 9,5 \text{ мм. сыв. уст.}$$

2-8. 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:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot w}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,5}{3,14 \cdot 15}} = 0,47 \text{ м}$$

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. $Re > 10^5$ bo'lgani uchun, ishqalanish koeffitsienti 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.

$$\sum \xi = 2 \cdot 0,15 = 0,3$$

$$\Delta P = \frac{1,29 \cdot 15^2}{2 \cdot 9,81} \cdot \left(1 + 0,013 \cdot \frac{13}{0,47} + 0,3 \right) + 1,29 \cdot 6 = 32 \text{ мм. сыв. уст.}$$

2-9. Ventilyator o'qi $n=500$ ayl/min bo'lganda 0,8 m³/s miqdorda havo oqib o'tmoqda havo quvurida hosil bo'lgan bosim $\Delta P=32$ mm.suv.ust. teng. Agarda,

ventilyator o'qining aylanishi 700 ayl/iin gacha orts, uning hajmiy sarfi va zarur quvvatlari topilsin.

Yechish:

Aylanish soni $n=500$ ayl/min bo'lsa, sarflanayotgan quvvat miqdori quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$N = \frac{Q \cdot \Delta P}{102 \cdot \eta} = \frac{0,8 \cdot 32}{102 \cdot 0,5} = 0,5$$

bu erda $\eta=0,5$ - ventilyator f.i.k.

Ventilyator o'qining aylanishi $n_2 = 700$ ayl/min gacha ko'paysa, uning ish unumdorligi quyidagicha o'zgaradi:

$$Q_2 = Q_1 \cdot \frac{n_2}{n_1} = 0,8 \cdot \frac{700}{500} = 11,2 \text{ m}^3/\text{c}$$

Bu aylanish soniga mos quvvat miqdori esa,

$$N_2 = N_1 \cdot \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^3 = 0,5 \left(\frac{700}{500}\right)^3 = 2,2 \text{ кВт}$$

NASOS QURILMALARINI HISOBLASH

1. Ish rejimlari ma'lum sistemalarning konstruktiv o'lchamlarini, nasoslarni va nasoslarning turlarini tanlash;

2. Truba quvuri uchun ishlayotgan nasosning rejim parametrlarini hisoblash;

3. Nasosni o'rnatish joyini aniqlash;

4. Nasos-truba quvuri snstemasining ish parametrlarini rostlash.

Yoqurida qayd qilingan ishlarning samaradorligi aniq bilish uchun nasosning quyidagi parametrlarini hisoblash zarur:

a) nasosning to'liq nabori N ni aniqlash;

b) Bernulli tenglamasi yordamida truba quvuri uchun zarur nabor H_{zar} hisoblab topiladi;

v) nasosning foydali quvvati N_f aniqlanadi;

g) nasosning foydali ish koeffitsienta η_n hisoblanadi;

d) surish balandligi h_{cyp} hisoblanadi;

e) berilgan ish unumdorligi va zarur nabor H_{zar} ga qarab nasos tanlanadi. Nasosning xarakteristikasi va $N_{zar}=N$ (ishchi nuqta) sistemaning kesilish nuqasi maksimal f.i.k. dan yuqoridagi qiymatlariga to'g'ri kelishi kerak.

j) kavitatsiya holati boshlanadigan kritik surish balandligi, boshlang'ich surish payti $w_{cyp}=0$ uchun hisoblanadi.

MUSTAQIL BAJARISH UCHUN MASALALAR

2.1 Nasos 30% li sulfat kislotani bir joydan ikkinchi joyga uzatib bermoqda. Uzatish trubasidagi manometr ko'rsatkichi $1,8 \text{ kg}\cdot\text{k}/\text{sm}^2$ (0,18 MPa), so'rish trubasidagi vakuummetr ko'rsatkichi 29 mm.sim.ust. Manometr vakuummetrdan 0,5 m balandda joylashgan. So'rish va uzatish trubalarining diametrlari bir xil. Nasos xosil qilayotgan naporni aniqlang.

2.2. Nasos atmosfera bosimi ostidagi rezervuardan, $37 \text{ kg}\cdot\text{k}/\text{sm}^2$ ($\sim 3,7$ MPa) bosimga ega, nisbiy zichligi 0,79 bo'lgan etil spirti qurilmaga uzatilmoqda.

Ko'tarilish balandligi 16 m. So'rish va uzatish trubalarining umumiy qarshiligi 65,6 m. Nasos hosil qilayotgan umumiy napor topilsin.

2.3. Nasos nisbiy zichligi 0,91 ga teng bo'lgan bodom moyini $400 \text{ dm}^3/\text{min}$. hajmiy sarf bilan uzatmoqla. Nasos dvigateli iste'mol qilayotgan quvvati 2,5 kVt. Umumiy napor 30,8 m. Nasos qurilmasining foydali ish koeffitsientini aniqlang.

2.4. Nisbiy zichligi 1,16 ga teng bo'lgan suyuqlikni nasos $15 \text{ dm}^3/\text{s}$ 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?

2.5. Dengiz sathidan 300 m balandliqla joylashgan zavodda porshenli nasos o'rnatilgan bo'lib, umumiy so'rish balandligi bo'yicha yo'qotilgan napor qiymati 5,5 mm.suv.ust.ni tashkil etadi. Geometrik so'rish balandlik 3,6 m ga teng. Suvning qaysi maksimal haroratida, suyuqlikni so'rilishi mumkin bo'lmaydi?

2.6. Plunjer bosib o'tadigan masofa 480 mm, aylanishlar soni minutiga 60 ga teng. Uzatish koeffitsienti 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.

2.7. 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 koeffitsientini toping.

2.8. Bir minutda aylanish chastotasi 1800 bo'lgan markazdan qochma nasos harorati 30°C bo'lgan suvni soatiga 100 m^3 miqdorda uzatib berishi kerak. Nasos o'rnatilgan joydagi o'rtacha atmosfera bosimi 745 mm.sim.ust. ni tashkil etadi. So'rish tarmog'idagi to'la yo'qotilgan napor miqdori 4,2 m ga teng. Ruksat etilgan nazariy so'rish balanlligini aniqlang.

2.9. Umumiy napor 854 Pa (85 mm. suv ust.) ga teng bo'lgan, ish unumdorligi minutiga 100 m^3 bo'lgan ventilyatorga qanday quvvatli elektrodvigatel o'rnatish kerak bo'ladi. Ventilyator f.i.k. = 0,47 ga teng.

2.10. Aylanish chastotasi minutiga 900 ga teng bo'lgan markazdan qochma ventilyator, soatiga 3000 m^3 miqdorda havo uzatish paytida iste'mol qilayotgan quvvati 0,8 kVt ga teng. Ventilyator hosil qilayotgan bosim 44 mm.suv ust. ni tashkil etmoqda. Aylanish chastotasi minutiga 1300 gacha ko'paytirilsa, ish unumdorligi, bosim va iste'mol qilayotgan quvvat miqdori qanday bo'ladi. Undan tashqari, ventilyatorning f.i.k. ham aniqlansin.

2.11. Gaz aralashmsining massaviy konsentratsiyasi $\mu = 0,2$. Toza havo sarfi $V = 5000 \text{ m}^3/\text{soat}$ va trubalar tarmog'idagi bosim yo'qotilish $P_{\text{havo}} = 1250 \text{ N/m}^2$ bo'lganda, ventilyator quvvati hisoblab topilsin.

2.12. Vodorodni bir va ikki pag'onali siqish paytida bosim 1,5 dan 17 atm. (absolyut) gacha ko'tarish uchun nazariy ish miqdori hisoblansin. Vodorodning boshlangich harorati 20°C ga teng.

2.13. 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 koeffitsientining qiymati 1,25 teng.

2.14. Truba quvurining uzunligi 80 m, diametri 0,15 m, $R_{\text{gvp}}/d = 3$, ko'tarilish balandligi $h_r = 6$ m. Zichligi $\rho = 1126 \text{ kg/m}^3$, massaviy sarfi $4 \cdot 10^3 \text{ m}^3/\text{s}$ va harorati $t = 60^\circ\text{C}$ bo'lgan xlorid kislotasini uzatish uchun nasos truba quvurining boshida qanday napor berishi kerak?

2.15. Uzunligi 30 m va diametri 0,15 m bo'lgan truba quvuri orqali o'simlik quyuq ekstrakt massasi uzatilmoqda. Uning sarfi $0,35 \cdot 10^3 \text{ m}^3/\text{s}$, $\gamma = 7,0 \text{ l/s}$, $\mu = 110 \text{ Pa}\cdot\text{s}$, $\tau_0 = 630 \text{ Pa}$. Agarda truba quvuri gorizongal bo'lsa, nasosning naponi qanday bo'lishi kerak?

2.16. Rotorli nasos 0,8 MPa ortiqcha bosimda o'simlik yog'ini bir xil sathli idishdan 2 ta yuqorida turgan idishga yzatmoqda. Idishlardagi suyuqlik sathlarining farqi 16 m ga teng. Agarda, yog'ning qovushqoqlik koeffitsienti $0,5 \cdot 10^4 \text{ m}^2/\text{s}$, zichligi $\rho = 910 \text{ kg/m}^3$, nasosning f.i.k. $\eta_n = 0,80$, surish trubasining uzunligi $l_{\text{sur}} = 3 \text{ m}$, uzatish trubasini esa $l_{\text{uzat}} = 5 \text{ m}$ bo'lsa, yog'ni $V_s = 2 \cdot 10^3 \text{ m}^3/\text{s}$ hajmiy sarfda uzatish uchun nasosning naponi va quvvati qancha bo'lishi kerak?

2.17. Ikki tomonlama ishlaydigan plunjerli nasos soatiga 22 m^3 tozalangan suvni uzatmoqda. Plunjer diametri 125 mm, shtokining diametri esa 40 mm, krivoship radiusi 30 mm va nasosning krivoship – shatun mexanizmining chastotasi 70 ayl/min. Ushbu nasosning uzatish koeffitsienti aniqlansin.

2.18. Hajmiy sarfi $1,8 \cdot 100^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$, harorati 30°C bo'lgan o'simlik quyuq ekstraktini truba orqali uzatilmoqda. Truba quvurining uzunligi 25 m, diametri 0,205 m, $R_{\text{bur}}/d = 4$, ko'tarilish balandligi $h_r = 3 \text{ m}$, zichligi $\rho = 1100 \text{ kg/m}^3$. Yuqorida qayd etilgan hajmiy sarfdagi o'simlik quyuq ekstraktini uzatish uchun nasos qanday bosim berishi kerak?

2.19. F.i.k. $\eta_n = 0,5$, to'liq naponi 16 m ga teng oddiy, gorizontal nasos soatiga 12 tonna etil spirtini uzatmoqla. Ushbu nasos dvigatelining quvvatini hisoblab toping.

2.20. Markazdan qochma tipdagi nasosning ishchi g'ildiragi 0,12 m va uning chastotasi 2880 ayl/min. Ushbu nasos hosil qilayotgan napor qiymatini toping. Napor koeffitsienti $\varphi = 0,7$, gidravlik f.i.k. $\eta_n = 0,65$ ga teng deb qabul qilish mumkin.

2.21. Agarda, markazdan qochma tipdagi nasosning aylanishlar sopi 3000 dan 2500 ayl/min gacha kamaytirilsa, uning quvvagi qanchaga pasayadi. O'zgartirish kiritilgunga qadar, ishlayotgan nasos quvvati 3 kVt edi.

2.22. Aylanish chastotasi 23 s^{-1} , to'liq naponi 22 m va hajmiy sarfi $5 \text{ m}^3/\text{soat}$ bo'lgan nasosning kavitatsiya va tez yuruvchanlik koeffitsientlarini, hamda iste'mol qilinayotgan quvvati hisoblab topilsin. Suyuqlik zichligi $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$.

KONTROL TOPSHIRIQ №3

Suvni uzatish uchun mo'ljallangan markazdan qochma tipdagi nasos quyidagi texnik xarakteristikalariga ega: $Q_1 = 38 \text{ m}^3/\text{soat}$; $H_1 = 30 \text{ m}$; $N_1 = 55 \text{ kVt}$; $n_1 = 800 \text{ ayl/min}$. Agar, ushbu nasosning aylanishlar soni n_2 ga o'zgartirilsa, uning ish unumdorligi, naponi va quvvati qanchaga ortadi? Nasosning f.i.k. ham hisoblab chiqilsin.

Parametr	O'lchov birligi	Shifrnig oxirgi raqami bo'yicha variantlar									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
N ₂	ayl/min	1400	1440	2880	3600	2500	2900	1200	1260	3200	960

KONTROL TOPSHIRIQ №4

Dastlabki harorati t_1 , bosimi P_1 bo'lgan D gazni adiabatik siqish natijasida uning bosimi P_2 gacha ko'tarildi. 1 kg gazni adiabatik siqishga sarflangan ish va uning harorati t_2 , hisoblab topilsin.

Parametr	O'lchov birligi	Shifrnig oxirgi raqami bo'yicha variantlar									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
t_1	°C	20	0	10	15	30	5	3.5	40	0	10
R_1	kg·k/sm ⁵	0,5	1,0	1,5	2,0	1.8	1,4	0,6	0,2	0,8	1,3
P_2	kg·k/sm ²	2	3	10	15	3,5	4,5	2,5	20	30	40

Parametr	Shifrnig oxiridan avvalgi raqami bo'yicha variantlar									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
D	Ag	NH ₃	N ₂	havo	O ₂	H ₂	NO ₂	SO ₂	SN ₄	S ₄ N ₁₀

Adabiyotlar:

1. Yusupbekov N.R., Nurmuxamedov X.S., Zokirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalari. Toshkent, Sharq, 2003, 644 b.

2. Yusupbekov N.R., Nurmuxamedov X.S. Ismatullaev P.R. Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarning jarayonlari va qurilmalari fanidan hisoblar va misollar. Toshkent 1999, 250 b.

3. Yusupbekov N.R., Nurmuxamedov X.S. Ismatullaev P.R., Zokirov S.G., Mannonov U.V. Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarning asosiy jarayon va qurilmalarini hisoblash va loyihalash. Toshkent 2000, 350 b.

3 BOB TURLI JINSLI SISTEMALARNI AJRATISH. MAVHUM QAYNASH QATLAMI GIDRODINAMIKASI. ARALASHTIRISH.

TURLI JINSLI SISTEMALARNI CHO`KTIRISH. CHO`KISH TEZLIGINI ANIQLASH.

Har xil fazalardan tashkil topgan aralashmalar *turli jinsli sistemalar* deb ataladi. Har qanday turli jinsli sistemalar ikki yoki undan ko`p fazalardan tashkil topgan bo`ladi. Zarrachalari juda maydalangan holatdagi faza *dispers* yoki *ichki faza* deyiladi. Dispers faza zarrachalarini o`rab olgan faza esa *dispersion* yoki *tashqi faza* deyiladi.

Fazalarning fizik holatiga ko`ra turli jinsli sistemalar quyidagi guruhlariga bo`linadi:

Suspenziya – suyuq va qattiq modda zarrachalaridan tashkil topgan aralashmalar.

Emulsiya – ikki xil o`zaro aralashtirilgan suyuqliklardan iborat bo`lib, bunda birinchi suyuqlikning ichida ikkinchi suyuqlikning tomchilari tarqalgan bo`ladi.

**Ko`piklar** – o`z tarkibida gaz pufakchalari tutgan sistemalar.

Changlar – o`z tarkibida qattiq moddaning mayda zarrachalarini (3...70mkm) tutgan gaz sistemalar.

Tutunlar– tarkibida o`lcham 0,3...5mkmga teng bo`lgan qattiq modda zarrachalarini tutgan sistemalar.

Tumanlar– suyuq va gaz fazalaridan tashkil topgan sistemalar.

Chang, tutun va tumanlar *aerodispers sistemalar* (yoki aerezollar) deyiladi.

Kimyoviy texnologiyada turli jinsli sistemalarni ajratish uchun quyidagigidromexanik usullardan foydalaniladi:

- 1.Cho`ktirish.
- 2.Filtrlash.
- 3.Sentrifugalash.
- 4.Suyuqlik yordamida ajratish.

**Cho`ktirish**–og`irlik kuchi, inersiya kuchlari (jumladan, markazdan qochma kuch) yoki elektrostatik kuchlar yordamida suyuqlik va gazsimon turli jinsli sistemalar tarkibidagi qattiqyoki suyuq zarrachalarni ajratish. Agar cho`ktirishog`irlik kuchi ta'sirida olib borilsa, bu jarayon tindirish deyiladi.

Filtrlash– suyuq va gazsimon aralashmalarni g`ovaksimon to`siq filtr yordamida ajratish. Filtrlash bosim yoki markazdan qochma kuch ta'sirida olib boriladi va asosan suspenziya hamda changlarni to`la tozalash uchun ishlatiladi.

Sentrifugalash – suspenziya va emulsiyalarni markazdan qochma kuchlar ta'sirida yaxlit yoki g`ovaksimon to`siqlar yordamida ajratish. Sentrifugalash jarayonida cho`kma va suyuqlik fazalari (fugat) hosil bo`ladi.

Suyuqlik yordamida ajratish – qattiq zarrachalarni biror suyuqlik ishtirokida ushlab qolish jarayoni. Bu jarayon og`irlik yoki inersiya kuchlari ta'sirida olib boriladi va gazlarni tozalash uchun ishlatiladi. Ayrimhollarda bu usuldan suspenziyalarni ajratishda ham foydalanish mumkin.

Cho'ktirish usuli suspenziya, emulsiya va changligazlarni ajratish uchun ishlatiladi. Cho'ktirish tezligikichik bo'lgani uchun bu usul asosan turli jinsli sistemalarni birlamchi ajratish uchun qo'llaniladi. Cho'ktirish jarayoni changli gazlar, suspenziya va emulsiyalar tarkibidagi mayda qattiq zarrachalarning og'irlik kuchi ta'sirida apparat tubiga cho'kishiga asoslangan. Cho'ktirish jarayonlari tindiruvchi apparatlarda olib boriladi.

Cho'ktirish tezligini aniqlash uchun alohida olingan sharsimon qattiq zarrachalarning suyuqlik muhitida erkin cho'kishini ko'ramiz. Bunda zarrachalarga og'irlik kuchi G , ko'tarish kuchi A va muhitning qarshilik kuchi R ta'sir qiladi.

Cho'ktirgichning harakatlantiruvchi kuchi rolini og'irlik va ko'tarish kuchlari o'rtasidagi farq, ya'ni zarrachalarning suyuqlikdagi og'irligi bajaradi:

$$P = G - A = \frac{\pi d^3}{6} g(\rho_z - \rho_m) \quad (3.1)$$

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

$$R = 3\pi d\mu \cdot \omega_{ch} \quad (3.2)$$

Cho'kayotgan zarracha dastlab tezroq cho'kadi, biroz vaqt o'tgach muhitning qarshilik kuchi harakatlantiruvchi kuchga tenglashganda o'zgarmas tezlik bilan bir xilda cho'ka boshlaydi. Shu o'zgarmas tezlik *cho'kish tezligi* deyiladi. Demak, zarracha o'zgarmas tezlikka ega bo'lganda $P = R$ bo'lib qoladi, ya'ni

$$\frac{\pi d^3}{6} g(\rho_z - \rho_m) = 3\pi d\mu \cdot \omega_{ch} \quad (3.3)$$

bu yerdan:

$$\omega_{ch} = \frac{d^2 g(\rho_z - \rho_m)}{18\mu} \quad (3.4)$$

Bu *Stoks tenglamasi* deb yuritiladi va $Re < 2$ bo'lganda ishlatiladi. Turbulent rejimida $Re > 500$ bo'lganda inersiya kuchlari ishqalanish kuchlaridan ustun turadi. Bunda qarshilik kuchi R Nyuton qonuniga ko'ra topiladi:

$$R = \xi F \frac{\rho_m \cdot \omega_{ch}}{2} \quad (3.5)$$

bu yerda: ξ – qarshilik koeffitsienti.

$$\xi = 0,44 \text{ agar } Re > 500$$

$$\xi = \frac{18,5}{Re^{0,5}} \text{ agar } 2 < Re < 500 \text{ (oraliq rejim)}$$

F – zarrachaning harakat yo'nalishiga perpendikulyar bo'lgan tekislikka tushirilgan proyeksiyasi.

$$\text{Sharsimon zarracha uchun } F = \frac{\pi d^2}{4}$$

Turbulent rejim uchun quyidagi tenglamani yozish mumkin:

$$\frac{\pi d^3}{6} g(\rho_z - \rho_m) = \xi F \frac{\rho_z \cdot \omega_{ch}^2}{2} \quad (3.6)$$

bu yerdan:

$$\omega_{ch} = 5,45 \frac{d(\rho_z - \rho_m)}{\rho_m} \quad (3.7)$$

Sharsimon bo'lmagan zarrachalarning cho'kish tezligi quyidagicha aniqlanadi:

$$\omega = \omega_{\text{ñd}} \cdot \varphi \quad (3.8)$$

bu yerda: φ – shakl koeffitsienti; 0,77 – dumaloq zarrachalar uchun; 0,43 – plastinkasimon zarrachalar uchun; 0,66 – uchburchak shakldagi zarrachalar uchun.

Real sharoitlarda cho'ktirish jarayoni ma'lum hajmda, qattiq zarrachalarning konsentratsiyalari katta bo'lganda olib boriladi. Bunda siqilgan holatdagi cho'kish yuz beradi. Siqilgan holatdagi cho'kish tezligi ω erkin cho'kish tezligidan kichik bo'ladi, ya'ni $\omega < \omega_{ch}$, chunki siqilgan holatdagi cho'kishda umumiy qarshilik muhitning qarshiligi va zarrachalarning o'zaro bir-biriga ishqalanishi hamda urilishi natijasida hosil bo'lgan qarshiliklar yig'indisiga teng bo'ladi.

Hamma rejimlar uchun siqilgan holatdagi cho'kish tezligini aniqlashda quyidagi umumiy tenglamadan foydalaniladi:

$$Re = \frac{Ar \cdot E^{4,75}}{18 + 0,6 \sqrt{Ar \cdot E^{4,75}}} \quad (3.9)$$

bu yerda:

Ar – Arximed kriteriysi;

$E = V_0 - V / V_0$ – suyuqlikning suspenziyadagi hajm jihatidan olingan ulushi.

Sharsimon qattiq zarrachalarning siqilgan holatdagi cho'kish tezligini quyidagi tenglamalar orqali ham aniqlash mumkin:

$$\omega = \omega_{ch} \cdot \varepsilon^2 \cdot 10^{1,82(1-\varepsilon)} \quad \text{agar } \varepsilon > 0,7. \quad (3.10)$$

$$\omega = \omega_{ch} \cdot \frac{0,123 \cdot \varepsilon^3}{1 - \varepsilon} \quad \text{agar } \varepsilon \leq 0,7. \quad (3.11)$$

Mustaqil bajarish uchun vasifalar.

1. Masala. Stoks tenglamasidan foydalanish uchun 20°C suvda cho'kayotgan va zichligi $\rho = 2650 \text{ kg/m}^3$ ga teng bo'lgan kvarts zarrachalarining eng katta diametrini aniqlang.

Javob: 60 mkm.

2. Yuqoriga 0,5 m/s da yo'nalgan suv oqimida cho'kayotgan sharsimon bor zarrachalarning eng katta diametrini aniqlang. Suvning temperaturasi 10°C Borning zichligi $\rho = 2710 \text{ kg/m}^3$.

Javob: $d = 4,55 \text{ mm}$.

Nazorat uchun savollar.

1. Turli jinsli sistemalarning klassifikatsiyasi
2. Turli jinsli suyuqlik sistemalar.
3. Turli jinsli gazsimon sistemalar.
4. Turli jinsli sistemalarni ajratish usullari. Cho'ktirish.
5. Tindirish, sentrifugalash usullari.
6. Suyuqlik yordamida ajratish.

TURLI JINSLI SISTEMALARNI FILTRLASH. FILTRLASH TEZLIGINI ANIQLASH.

Suspenziya va changlarni filtr to'siqlari orqali o'tkazib tozalash jarayoni **filtrlash** deyiladi. Filtr to'siqlar qattiq; zarrachalarni ushlab qolib, suyuqlik yoki gazni o'tkazib yuborish qobiliyatiga ega. Filtr sifatida mayda teshikli to'rlar, turli gazlamalar, sochiluvchi materiallar (qum, maydalangan ko'mir, bentonitlar) ishlatiladi.

Filtrlash paytida suspenziya tarkibidagi mayda zarrachalar filtrlovchi materialning ustkiqismida cho'kma holda yoki filtrlovchi materialning o'zida teshiklarini to'ldirilgan holda o'tirib qolishi mumkin. Bu xususiyatlariga ko'ra filtrlovchi jarayon ikkiga bo'linadi:

1. Cho'kma hosil qilish yo'li bilan filtrlash.
2. Filtrlovchi materialning teshiklarini to'ldirish orqali filtrlash.

Filtrlash jarayonida siqiluvchi va siqilmaydigan cho'kmalar hosil bo'ladi. Siqiluvchi cho'kmalardagi zarrachalardagi bosim ortishi bilan deformatsiyaga uchrab, ularning o'lchami kichiklashadi. Siqilmaydigan cho'kmalarda bosim ortishi bilan zarrachalarning shakli va o'lchami deyarli o'zgarmaydi.

Sanoatda filtrlashdan so'ng quyidagi qo'shimcha jarayonlar amalga oshiriladi:

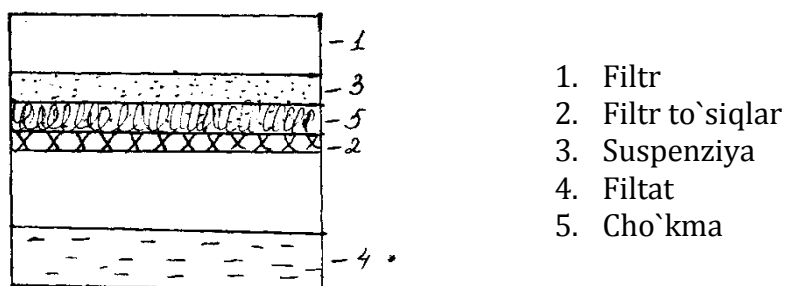
1. Cho'kmani yuvish.
2. Cho'kmani oddiy havo yordamida dudlash.
3. Cho'kmani issiq; havo yordamida quritish.

Filtrlash jarayonining unumdorligi va olinadigan filtratning tozaligi, asosan filtr to'siqlarning xususiyatlariga bog'liq. Filtr to'siqlarining teshiklari katta va gidravlik qarshiliklari kichik bo'lishi kerak. Filtr to'siqlar struktura tuzilishiga qarab egiluvchan va egilmas bo'ladi.

Filtr to'siqlardan oldingi va keyingi bosimlar farqi filtrlovchi materialga suyuqlik bosimni hosil qiluvchi markazdan qochma kuchlar filtrlash jarayonining harakatlantiruvchi kuchi vazifasini bajaradi. Harakatlantiruvchi kuchlar turiga qarab filtrlash ikki guruhga bo'linadi:

1. Bosimlar farqi ta'sirida filtrlash.
2. Markazdan qochma kuchlar ta'sirida filtrlash.

Filtrlash jarayonining intensivligi va filtr apparatining ish unumi filtrlash tezligi bilan xarakterlanadi. Filtrlash tezligi vaqt birligi ichida filtratning hajmini ko'rsatadi.



3-rasm. Filtrlash jarayonining sxemasi

Filtrlash tezligi ajratilgan suspenziyaning fizik-kimyoviy xossalariga, hosil bo'layotgan cho'kmaning xarakteri, filtratning xossasi, filtrlash rejimi va boshqa kattaliklarga bog'liq. Filtrlash jarayoni asosan laminar rejimda o'tib boradi. Uni aniqlovchi formula:

$$W = \frac{dV_f}{F \cdot d\tau_f} \quad (3.12)$$

V_f - filtratning hajmi

F_f - filtrning yuzasi

τ_f - filtrlash vaqti.

Filtrlash tezligi jarayonining harakatlantiruvchi kuchiga to'g'ri va qarshiliklariga teskari proporsionaldir. Bundan tashqari, filtrlash tezligi har qanday vaqtda bosimlarning farqiga to'g'ri va suspenziyaning qovushqoqligiga, cho'kma va filtr to'siqlarning gidravlik qarshiliklariga teskari proporsionaldir.

Filtrlash tenglamasi.

Filtrlash jarayonida vaqt o'tishi bilan bosimlarning farqi va cho'kmaning gidravlik qarshiligi o'zgarib boradi. Shu sababli filtrlash tezligi differensial ko'rinishdagi quyidagicha ifodalanadi:

$$W = \frac{dV_f}{F \cdot d\tau_f} = \frac{\Delta P}{\mu(R_{ch} + R_{f.t.})} \quad (3.13)$$

ΔP – bosimlar farqi;

R_{ch} – cho'kma qatlamining qarshiligi;

$R_{f.t.}$ – filtr to'siqlarining qarshiligi.

Filtrlash tezligini aniqlash uchun (8.2) tenglikni integrallab, cho'kmaning gidravlik qarshiligi bilan olinayotgan filtrat hajmi orasidagi bog'liqlikni bilish lozim. Tenglamani integrallashda filtr to'siqlarining qarshiligi o'zgarmas deb olinadi, chunki qattiq zarrachalarning qarshiligi e'tiborga olinmaydi. Bunda cho'kma qatlamining balandligi ortib boradi. Cho'kma gidravlik qarshiligining qiymati esa noldan maksimumgacha o'zgaradi. Shuning uchun tezlik cho'kmaning gidravlik qarshiligi va filtrat hajmiga bog'liq bo'ladi.

Cho'kma hajmining (V_{ch}) filtrat hajmiga (V_f) nisbatini X_0 bilan belgilaymiz:

$$\frac{V_{ch}}{V_f} = X_0 \quad \text{bu yerda} \quad V_{ch} = X_0 \cdot V_f$$

Choʻkmaning hajmi choʻkma qatlami balandligining (h_{ch}) filtrat yuzasiga (F) koʻpaytmasiga teng. Natijada:

$X_0 \cdot V_f = h_{ch} \cdot F$ bu yerdan:

$$h_{ch} = X_0 \frac{V_f}{F}$$

Choʻkma qatlamining qarshiligi quyidagicha aniqlanadi:

$$R_{ch} = r_0 h_{ch} = r_0 X_0 \frac{V_f}{F} \quad (3.14)$$

r_0 – choʻkmaning hajmi jihatidan olingan solishtirma qarshiligi, $1/m^2$.

R_{ch} ning qiymatini (8.2) tenglamaga qoʻyib:

$$W = \frac{\Delta P}{\mu \left(r_0 X_0 \frac{V_f}{F} + R_{f.t.} \right)} \quad (3.15)$$

Bu formula *filtrlash jarayonining asosiy tenglamasi* deyiladi.

Agar filtr toʻsiqlarining gidravlik qarshiligi hisobga olinmasa, $R_{f.t.}=0$ va (3.15) tenglamaga $X_0 = \frac{h_{ch} \cdot F}{V_f}$ ning qiymatini qoʻysak, u holda quyidagi ifoda kelib chiqadi:

$$r_0 = \frac{\Delta P}{\mu h_{ch} W} \quad (3.16)$$

Agar $\mu = 1 \text{ N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$ va $h_{ch} = 1 \text{ m}$; $V = 1 \text{ m}^3/\text{s}$ boʻlsa, qovushqoqligi $1 \text{ N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$ suspenziya 1 m qalinlikdagi choʻkma qatlamida filtrlanganda choʻkmaning hajmi jihatidan olingan solishtirma qarshiligining miqdori bosimlar farqiga teng boʻladi.

Filtrlash rejimlari.

Amalda filtrlash jarayoni uch xil rejimda olib boriladi.

1. $\Delta P = \text{const}$. Bunda vaqt birligi ichida filtrlash tezligi kamayib boradi. Bu rejimda siqilgan havo yordamida filtr bilan choʻkma ostida doimiy oʻzgarmas bosim hosil qilinib turiladi va filtr ochiqboʻlib, filtrat vakuum yordamida tortib olinadi.

2. $W = \text{const}$. Tezlik oʻzgarmas boʻlishi uchun bosimlar farqini oshirish kerak. Bu rejimda ishlaydigan filtrlarga suspenziya porshenli nasoslar yordamida beriladi.

3. *Bir vaqtning oʻzida bosim va filtrlash tezligi oʻzgarib turadi.* Bu rejimda ishlaydigan filtrlarga suspenziya vakuum nasos orqali yuboriladi. Agar (3.16) tenglamadagi bosimlar farqi $\Delta P = \text{const}$ boʻlsa, unda

$$V = F \sqrt{\frac{2 \Delta P \tau}{\mu r_0 X_0}} \quad (3.17)$$

bu yerda:

$\Delta P = \Delta P_0 - \Delta P_f$ - umumiy bosimlar farqi, N/m^2 ;

ΔP_0 - choʻkmaning ikki tomonidan olingan bosimlar farqi, N/m^2 ;

ΔP_f - filtr toʻsiqning ikki tomonidan olingan bosimlar farqi, N/m^2 .

(8.6) tenglamadan filtratning hajmi, filtrning unumdorligini aniqlash mumkin. Hamda har qanday rejim uchun filtrlash vaqtini ham aniqlash mumkin. Bosimlar farqi bir xil bo'lganda filtrlash vaqti qancha ko'p bo'lsa, shuncha ko'p filtrat olinadi. (8.6) tenglamaga binoan bosimlar farqi ΔP , suspenziyaning qovushqoqligi μ , cho'kmaning solishtirma qarshiligi r_0 , cho'kma va filtrat hajmining nisbatlari faqat tajriba orqali aniqlanadi. Shu sababli bularning o'zaro bog'lanishi filtrlash doimiyligi K orqali ifodalanadi:

$$K = \frac{2\Delta P}{\mu \cdot r_0 \cdot X_0} \quad (3.18)$$

Xuddi shuningdek filtr to'siqlarning gidravlik qarshiligini ham filtrlash doimiyligi C bilan belgilash mumkin:

$$\tilde{N} = \frac{R_{f.t.}}{r_0 \cdot X_0} \quad (3.19)$$

Filtr to'siq va filtrlash doimiylarining qiymatlarini (8.4) formulaga qo'ysak, quyidagini olamiz:

$$V^2 + 2V \cdot C = K \cdot \tau \quad (3.20)$$

Filtrlash apparatlari.

Filtrlash apparatlari filtrlovchi to'siqlarning xiliga qarab donasimon materiallar, har xil gazlamalar va qattiq, materiallar (masalan, keramik buyumlar, to'rlar) bilan ishlaydigan filtrlarga bo'linadi.

Barcha turdagi filtrlovchi apparatlar filtrlash yuzasining harakatiga qarab ikki xil bo'ladi:

1. Harakatsiz filtrlash yuzasiga ega bo'lgan filtrlar.
2. Harakatli filtrlash yuzasiga ega bo'lgan filtrlar.

Mustaqil bajarish uchun vazifalar.

1. **Masala.** 10 dm^3 suyuqlikni 1 m^2 filtrdan o'tish vaqtini aniqlang, agar dastlabki sinovlardan aniqlanadiki, 1 m^2 filtrdan jaranning boshlanishidan yig'ilgan filtratning miqdori: $2,25 \text{ min}$ 1 dm^3 va $14,5 \text{ min}$ 3 dm^3 ga teng.

Javob: 140 min. yoki $2 \text{ soat } 20 \text{ min.}$

2. **Masala.** Romli filtr-pressda suspenziyani filtrlab 3 soat davomida 6 m^3 filtratni olish kerak. Filtr pressning kerakli yuzasini aniqlang, agar tajribalar natijasida aniqlandiki $\Delta P = \text{const}$ bo'lganda 1 m^2 filtr yuzani konstantalari $K = 20,7 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{soat}$ $C = 1,45 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{m}^2$ ga teng. Javob: $F = 77,5 \text{ m}^2$

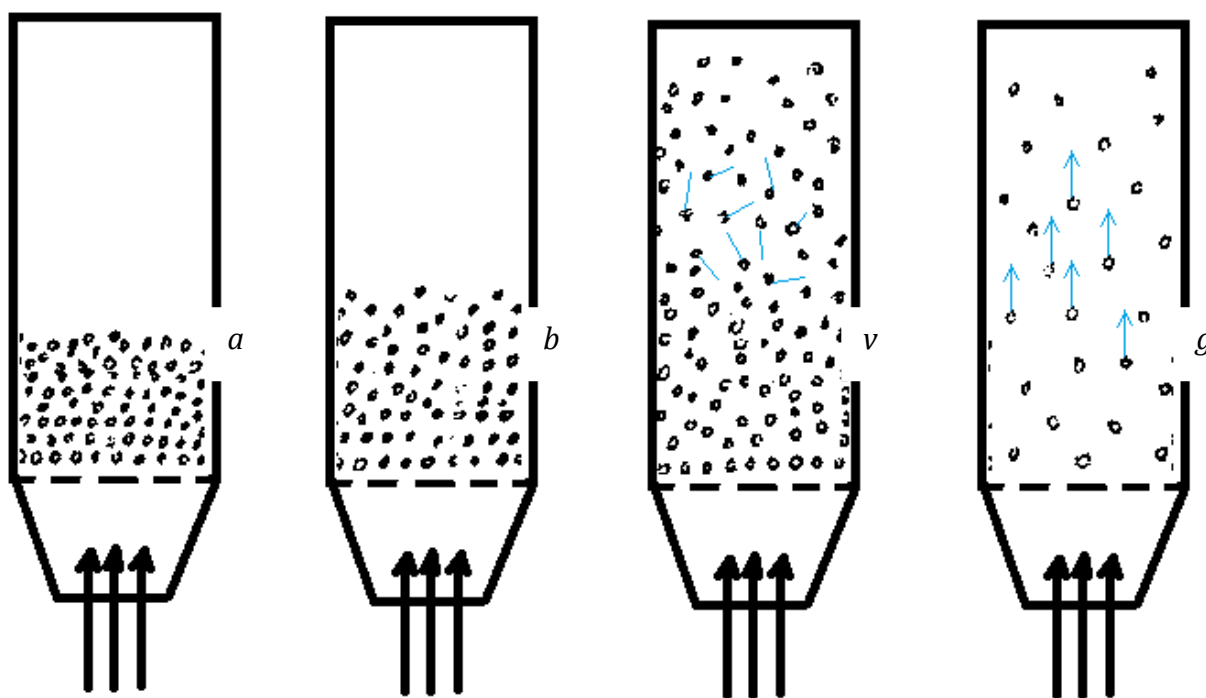
Nazorat uchun savollar.

1. Filtrlash jarayoni haqida tushuncha.
2. Filtrlash usulini qo'llash sohalari.
3. Filtrlash jarayonida hosil bo'luvchi cho'kmalarning xususiyati.
4. Filtrlash jarayonining sxemasi.
5. Filtrlash tezligi.
6. Filtrlash jarayonining asosiy tenglamasi.

7. Filtrlash rejimlari.
8. Filtrlash apparatlari.
9. Filtrat miqdorini hisoblash.
10. Filtrlash siklining umumiy vaqti.

MAVXUM QAYNASH QATLAMINING GIDRODINAMIKASI. QATLAM HAJMINI VA GIDRAVLIK QARSHILIGINI ANIQLASH.

Hozirgi vaqtda kimyo sanoatining barcha texnologik jarayonlarida mavhum qaynash usuli keng qo'llanilmoqda. Mavhumqaynash jarayonida fazalar o'rtasidagi kontakt yuza katta bo'lishi tufayli jarayon bir necha marta tezlashadi, natijada apparatning unumdorligi oshadi. Mavhum qaynash qatlamining gidravlik qarshiligi nisbatan kattaemas, donasimon zarrachalar qatlamini hosil qilish uchun ixtiyoriy shakldagi vertikal idishga donasimon qattiqmaterial gaz tarqatuvchi to'r ustiga joylashtiriladi. Agarto'rorqali pastdan yuqoriga qaratib kichik tezlik bilan gaz yoki suyuqlik oqimi yuborilsa, material qatlami o'zgarmay qoladi. (3.1- rasm, a)



3.1-rasm.

Gaz oqimi tezligini asta sekin ko'paytirib borilsa, tezlik ma'lum qiymatga ega bo'lganda qatlamdagi materialning og'irligi oqimning gidrodinamik bosim kuchiga teng bo'lib qoladi. Bunda qattiq zarrachalar gidrodinamik muvozanat holatini egallaydi va har xil yo'nalishda siljiy boshlaydi. Gaz tezligini yana oshirsak qatlam kengayadi, zarrachalar harakatining intensivligi oshadi; bunda gidrodinamik muvozanat buzilmaydi. Bunday sharoitda qatlam mavhum qaynash holatini egallaydi, ya'ni qatlam xuddi qaynayotgandek bo'lib ko'rinadi (5.1 rasm, b).

Qatlamning o'zgarmas holatdan mavhum qaynash holatga o'tishiga to'g'ri keladigan gaz yoki suyuqlikning tezligi mavhum qaynashning boshlanish tezligi yoki **birinchi kritik tezlik** deb yuritiladi.

Agar gazning tezligini oshirsak, tezlik ma'lum qiymatga yetganda gidrodinamik bosim kuchlari materialning og'irlik kuchlardan ortib ketadi, natijada qattiq material donachalari gaz oqimi bilan birga chiqib ketadi (5.1-rasm, g). Qattiq material donachalarining gaz oqimi bilan chiqib ketish holatiga to'g'ri keladigan tezlik chiqib ketish tezligi yoki **ikkinchi kritik tezligi** deb ataladi. Demak, mavhum qaynash holati birinchi va ikkinchi kritik tezliklar orasida yuz beradi.

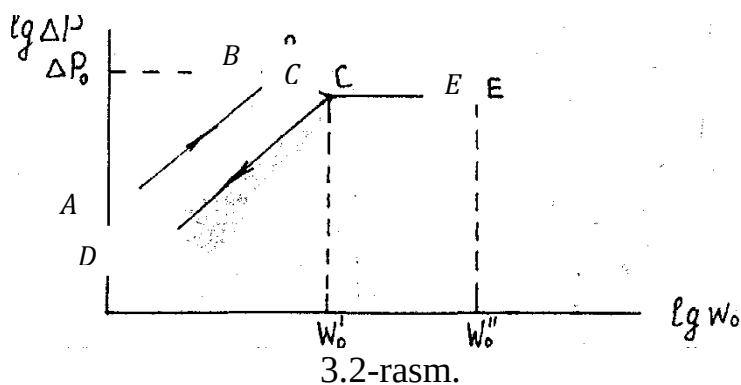
Mavhum qaynash ikki xil (bir jinsli va turli jinsli) ko'rinishda yuz beradi. Bir jinsli mavhum qaynashda birinchi va ikkinchi kritik tezliklar o'rtasida qattiq material zarrachalari butun qatlam balandligi bo'yicha bir xil tarqalgan bo'ladi. Amaliy jihatdan bunday mavhum qaynash jarayoni tomchili suyuqlik yordamida amalga oshiriladi.

Turli jinsli mavhum qaynash asosan qattiq modda zarrachalari oqimi yordamida mavhum qaynash holatiga keltirilganda yuz beradi. Bunda birinchi va ikkinchi kritik tezliklar oralig'ida qattiq modda zarrachalari qatlam bo'ylab har xil tarqalgan bo'ladi. Turli jinsli qatlamning hosil bo'lish darajasi zarrachalarning yuzasi va shakliga, diametriga, oqimning tezligiga, gaz tarqatuvchi to'ring xiliga bog'liq.

Agar qattiq zarrachalarning o'lchami kattalashib, apparatning diametri kichiklashsa va gazning tezligi ko'paysa, o'zaro porshenli qatlam paydo bo'ladi. Porshenli qatlamda qattiq fazaning vertikal yo'nalishidagi aralashtirilishi qiyinlashadi.

Nam qattiq materiallar yoki juda kichik o'lchamli materiallar mavhum qaynash holatiga keltirilganda kanal hosil qiluvchi qatlam paydo bo'ladi. Bunda gaz kanallar orqali o'tib ketadi, qattiq materiallarning asosiy massasi o'zgarmay qoladi. Konussimon va konus-silindrsimon apparatlarda kanal hosil qiluvchi qatlam fontanli qatlamga aylanadi. Bunday sharoitda gaz yoki suyuqlik oqimi asosan apparatning o'qi bo'ylab qattiq zarrachalar bilan birgalikda harakat qiladi va fontan kabi ularni yuqoriga tarqatadi.

Donasimon qatlamning gidravlik qarshiligi va muhitning tezligi orasidagi bog'liqlikni ko'rib chiqamiz (5.2-rasm).



AB chiziq o'zgarmas qatlam orqali o'tayotgan gaz harakatini tasvirlaydi. C nuqta o'zgarmas qatlamning mavhum qaynash holatiga o'tishini ko'rsatadi. Shu nuqtaga to'g'ri kelgan tezlik w_0' birinchi kritik tezlikni xarakterlaydi. Mavhum qaynash jarayonining boshlanishi bilan oqimning gidrodinamik bosim kuchlari qatlamidagi qattiq zarrachalar og'irligini muvozanatga solib turadi. Gaz oqimi tezligining ortishi bilan qattiq zarrachalar og'irligi o'zgarmaydi, zarrachalarni mavhum qaynash holatida ushlab turish uchun zarur bo'lgan energiya sarfi ham bir xil bo'ladi. Bu holat grafikda CE gorizontaal chiziq bilan belgilangan. E nuqtaga to'g'ri kelgan w_0'' ikkinchi kritik tezlikni xarakterlaydi. Tezlik $w_0' > w_0''$ bo'lgan paytda zarrachalar oqim bilan birgalikda apparatdan chiqib ketadi. Bunday sharoitda qatlamdagi qattiq zarrachalar og'irligining kamayishi natijasida qattiq zarrachalarni mavhum qaynash holatiga keltirish uchun kerak bo'lgan energiya sarfi kamayadi. Shu sababli bosimlar farqi Δp nuqta C dan keyin kamayadi.

O'zgarmas qatlamdan mavhum qaynash holatiga o'tish uchun bosim cho'qqisi Δp_0 xarakterlidir. Zarrachalar o'rtasidagi o'zaro tortishish kuchlarini yengish uchun qo'shimcha energiya sarflanishi sababli bosim cho'qqisi hosil bo'ladi. Bosim cho'qqisining kattaligi zarrachalar shakli va yuzasiga bog'liq. Agar gaz tezligi asta-sekin kamaytirilsa, egri chiziq A nuqtada kesishma pastroqda o'tib, cho'qqi hosil qolmaydi. Bu hodisa *gisterezis* deb ataladi. Mavhum qaynash hosil bo'lishining kritik tezligini topish uchun juda ko'p tenglamalar taklif etilgan. Sharsimon bir jinsli zarrachalar uchun birinchi kritik tezlikni topishda Todes tenglamasidan foydalanish mumkin:

$$Re_{kr} = \frac{Ar}{1400 + 5,22\sqrt{Ar}} \quad (3.21)$$

bu yerda:

$$Re_{kr} = \frac{\omega_0' \cdot d \cdot \rho}{\mu} \quad (3.22)$$

$$Ar = \frac{d^3(\rho_{q.z.} - \rho_m)\rho g}{\mu^2} \quad (3.23)$$

d – qattiq zarrachaning diametri, m;

ρ_m – muhitning zichligi, kg/m³;

$\rho_{q.z.}$ – qattiq zarrachaning zichligi, kg/m³;

μ – muhitning qovushqoqligi, N·s/m;

g – erkin tushish tezlanishi, m²/s.

O'zgarmas qatlam va mavhum qaynash qatlami balandliklari quyidagi bog'lanishlarga ega:

$$H(1 - \varepsilon) = H_0(1 - \varepsilon_0) \quad (3.24)$$

H – mavhum qaynash qatlamining balandligi, m;

ε – mavhum qaynash qatlamdagi zarrachalar orasidagi bo'shliq (hajm);

H_0 – o'zgarmas qatlam balandligi, m;

ε_0 – o'zgarmas qatlamdagi zarrachalar orasidagi bo'shliq (hajm).

Mavhum qaynash jarayoni mavhum qaynash soni K_ω bilan xarakterlanadi:

$$K_{\omega} = \frac{\omega_0}{\omega_0'} \quad (3.25)$$

bu yerda: ω_0 – apparatning to'la kesimiga nisbatan olingan oqimning ish tezligi, m/s; ω_0' – mavhum qaynash qatlamining hosil bo'lish kritik tezligi, m/s.

Mavhum qaynash soni K_{ω} zarrachalarning qatlamdagi aralashish intensivligini ko'rsatadi. K_{ω} ikkiga teng bo'lsa, intensiv aralashish kuzatiladi.

Zarrachalarning qatlamda o'rtacha bo'lish vaqti:

$$\tau_0 = \frac{G_m}{Q_s} \quad (3.26)$$

bu yerda: G_m – qatlamda bo'lgan qattiq materialning massasi, kg; Q_s – qattiq material sarfi, kg/s.

Qattiq zarrachalarning gaz yoki suyuqlik oqimi bilan chiqib ketish tezligi Todes tenglamasi orqali topiladi:

$$Re = \frac{Ar}{18 + 0,62\sqrt{Ar}} \quad (3.27)$$

$$Re = \frac{\omega_0' \cdot d \cdot \rho}{\mu} \quad (3.28)$$

Mavhum qaynash qatlamining gidravlik qarshiligi quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta P = H(\rho_{q.z.} - \rho_m)(1 - \varepsilon) \quad (3.29)$$

Asosiy tenglamalar.

1. Qattiq zarrachalarning qo'zg'almas qatlami uchun bo'shliq hajm

$$\varepsilon_0 = \frac{(V_{nas} - V)}{V_{nas}} \quad (3.29)$$

zarrachalar orasidagi muhitning zichligi inobatga olinmasa, unda:

$$\varepsilon_0 = 1 - \frac{\rho_{nas}}{\rho} \quad (3.30)$$

2. Mavhum qaynash qatlamining gidrodinamik xarakteristikasi bosimlar doimiyligi belgilaydi:

$$\Delta P_{qat} = \frac{G_{qat}}{S} = const \quad (3.31)$$

3. Mavhum qaynash qatlamidan o'tadigan oqim uchun bosimning farqi quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta P_{qat} = (\rho - \rho_m)g(1 - \varepsilon)h_1 = (\rho - \rho_m)g(1 - \varepsilon_0)h_0 \quad (3.32)$$

h_1, h_2 – mavhum qaynash va qo'zg'almas qatlamning balandligi, m.

Agar muhit gaz bo'lsa, unda $\rho_m \ll \rho$ va

$$\Delta P_{qat} = \rho g(1 - \varepsilon)h_1 = \rho g(1 - \varepsilon_0)h_0 \quad (3.33)$$

Mustaqil bajarish uchun vazifalar.

1. Donasimon qatlamning gidravlik qarshiligi va muhitning tezligi orasidagi bog'liqlik grafigini ko'rsating.

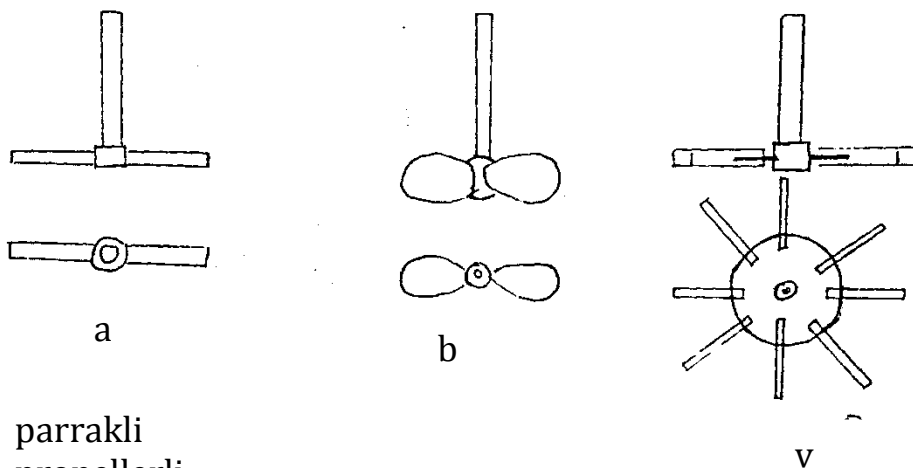
Nazorat uchun savollar:

1. Mavhum qaynash qatlami haqida tushuncha.
2. Mavhum qaynash qatlamining boshlang'ich tezligi.
3. Ikkinchi kritik tezlik haqida tushuncha.
4. Mavhum qaynashning hosil bo'lishi.
5. Qaynashni hosil qiluvchi sabablar.
6. Mavhum qaynash qatlamining holatlari.
7. Mavhum qaynash qatlamining turlari.
8. Donasimon qatlamning gidravlik qarshiligi va muhitning tezligi orasidagi bog'liqlik.

3.4 SUYUQLIK MUHITIDA ARALASHTIRISH. SUYUQLIK VA GAZLARNI ARALASHTIRADIGAN MASHINALARNING CHIDAMLILIGINI ANIQLASH.

Suyuq fazadagi aralashtirish ikki (mexanik va pnevmatik) usul bilan olib boriladi. Sanoat, ishlab chiqarishlarda ishlatiladigan aralashtirgichlar uch asosiy turga bo'linadi: parrakli, propellerli va turbinali (3.3-rasm).

Parrakli aralashtirgichlar bir va bir nechta parrakdan iborat bo'ladi. Bir parrakli aralashtirgichlar qovushqoqligi ($1\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$ gacha) kichik bo'lgan suyuqliklarni aralashtirish uchun ishlatiladi. Qovushqoqligi katta bo'lgan suyuqliklarni aralashtirish uchun ko'p parrakli aralashtirgichlardan foydalaniladi. Aylanishlar soni minutiga 15.....45 gacha.



- a) parrakli
b) propellerli
v) turbinali

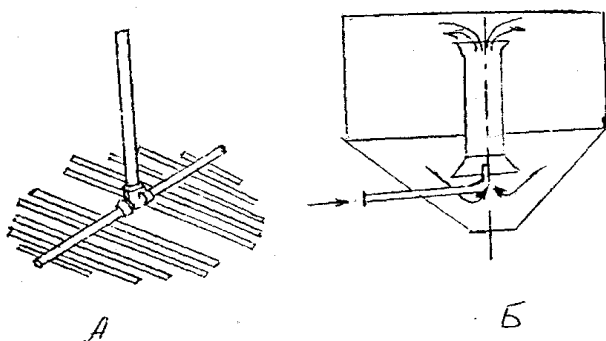
3.3-rasm

Propellerli aralashtirgichlarning asosiy ish organi o'qqa o'rnatilgan propeller (yoki vint) dan iborat. O'q. gorizontaal, vertikal, yoki qiya o'rnatilgan bo'lishi mumkin. Vintlar ikki yoki uch qanotli bo'ladi. Propellerning diametri apparat

diametrining 0,25....0,3 qismini tashkil qiladi. Aylanishlar soni esa minutiga 150....1000. Propellerli aralashtirgichlarni harakatchan va qovushqoqligi bir oz katta bo'lgan ($6 \text{ N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$ gacha) suyuqliklarni aralashtirish uchun ishlatiladi.

Turbinali aralashtirgichlarning asosiy ish organi turbina g'ildiragi bo'lib, u vertikal o'qda joylashtirilgan bo'ladi. G'ildirak minutiga 200.....2000 tagacha aylanma harakat qiladi. Turbina g'ildiragining ishlash prinsipi markazdan qochma kuchlarning ta'siriga asoslangan. Turbinali aralashtirgichlarning diametri apparat diametrining 0,17....0,33 qismini tashkil qiladi. Turbinali aralashtirgichlar qovushqoqligi kam va katta bo'lgan ($1...700 \text{ N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$ gacha) suyuqliklarni aralashtirish uchun ishlatiladi.

Qovushqoqligi uncha yuqori bo'lmagan ($200 \text{ N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$ gacha) suyuqliklarni aralashtirish uchun ayrim hollarda pnevmatik aralashtirgichlar ishlatiladi. Aralashtirish uchun ko'pincha siqilgan havo ishlatiladi. Odatda, pnevmatik usul qo'llanilganda teshikchalari bo'lgan tarqatuvchi trubalar (barbater) orqali siqilgan havo yuboriladi. Sochiluvchi moddalarni siqilgan havo yordamida aralashtirish uchun erlift prinsipidan foydalaniladi. (3.4-rasm).



3.4-rasm. a) Pnevmatik aralashtirish b) Erlift yordamida aralashtirish

Har qanday aralashtirish jarayoni ikki xil kattalik (energiya sarfi va aralashtirish samaradorligi) bilan xarakterlanadi. Har xil jarayonlarda aralashtirish samaradorligi turlicha belgilanadi. Masalan, agar qattiq moddaning suyuqlikdagi suspenziyasi tekshirilayotgan bo'lsa, aralashtirish samaradorligi qattiq modda zarrachalarining suyuqlikda bir xil tarqalish vaqti bilan belgilanadi. Agar aralashtirish issiqlik almashinishni tezlatish uchun ishlatilsa, u holda jarayon samaradorligi muhitdagi issiqlik berish koeffitsientlarining qancha payishi bilan belgilanadi.

Og'irlik kuchi ta'siri sharoitida suyuqlikning majburiy statsionar harakati kriterial tenglama bilan itodal

6.2-rasm

$$Eu = f(Re, Fr, G_1, G_2, \dots) \quad (3.34)$$

buyrda: G_1, G_2 – geometrik o'xshashlik komplekslari.

Aralashtirish jarayonini ta'riflab berish uchun modifitsirlangan Eyler (Eu), Frud (Fr) va Reynolds (Re) kriteriylari qo'llaniladi. Ushbu kriteriylar ularning oddiy ko'rinishlarini o'zgarish bilan olish mumkin. Suyuqlikni chiziqli tezligi o'rniga modifitsirlangan kriteriylarga aralashtirgichni doira tezligi proporsional bo'lgan nd kattalik qo'yiladi.

$$W_{doi} = \pi nd \quad (3.35)$$

n –aralashtirgichning aylanmalar soni;

d –aralashtirgichning diametri.

Kriteriylarning ko`rinishi quyidagicha bo`ladi:

$$Re_m = \frac{nd \cdot d\rho}{\mu} = \frac{nd^2 \rho}{\mu} \quad Re = \frac{wd\rho}{\mu} \quad (3.36)$$

$$Fr_m = \frac{n^2 d^2}{gd} = \frac{n^2 d}{g} \quad Fr = \frac{W^2}{gl} \quad (3.37)$$

$$Eu_m = \frac{P}{\rho(nd)^2} \quad Eu = \frac{\Delta P}{\rho \cdot \omega^2} \quad (3.38)$$

Eyler kriteriysiga aralashtirgichni parraklarning oldidagi va orqa tomondagi tekisliklar orasidagi bosimlar farqi ΔP kiradi. Bu bosimlar farqini aralashtirgich vali orqali P kuchi yordamida yengiladigan foydali quvvat bilan ifodalanadi.

$N \approx P(nd)$, unda bosimlar farqi:

$$\Delta P = \frac{P}{S} \approx \frac{N}{(nd) \cdot S} \approx \frac{N}{nd^3} \quad \text{bu yerda:}$$

$S \approx d^2$ - kuch (P) tarqalgan yuza.

ΔP ifodasini Eu_m ga qo'yib:

$$Eu_m = \frac{N}{\rho n^3 d^5} = K_N \quad (3.39)$$

Eu_m kriteriyning bunday ifodasi *quvvat kriteriysi* deyiladi va K_N bilan belgilanadi.

Quvvat kriteriysi grafiklar yordamida aralashtirgichlarning geometrik o'lchamlariga harakat rejimiga qarab aniqlanadi.

Mexanik aralashtirgichlar bilan aralashtirganda ikki xil rejim ajratiladi: laminar va turbulent. Laminar rejimda ($Re < 30$) aralashtirish sekin o'tib boradi va asosan aralashtirgichga yaqin bo'lgansuyuqlik, qatlamlari aralashadi.

$Re_m > 10^2$ turbulent rejim o'rtacha bog'liq bo'ladi va $K_N Re_m$ ga ancha bog'liq bo'lmaydi. $Re_m > 10^5$ teng bo'lganda $K_N Re_m$ ga umuman bog'liq bo'lmaydi. Bu soha avtomodel sohasi deyiladi. Energiyaning sarfi faqat inersiya kuchlari bilan aniqlanadi.

Nazorat uchun savollar.

1. Suyuqlik muhitida aralashtirish usullari.
2. Aralashtirgichli mashinalar, ularning asosiy turlari.
3. Mexanik aralashtirish uchun moslashgan aralashtirgichlarning turlari.
4. Aralashtirish jarayonini xarakterlab beruvchi kriteriylar.
5. Laminar rejimda aralashtirish.
6. Turbulent rejimda aralashtirish.

CHO'KTIRISH. FILTRLASH. SENTRIFUGALASH. MAVHUM QAYNASH QATLAMINING GIDRODINAMIKASI. ARALASHTIRISH. CHO'KTIRISH.

Hisoblash formulalari va asosiy bog'liqliklar.

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 kriteriylari qo'llalilishi mumkin: Arximed Ag, Lyashenko Ly va Reynolds Re.

Kriterial bog'liqlikni eng qulay va to'g'ri ko'rinishi $Ly=f(Ar)$ dir.

2. Agar kriteriylar 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:

$$w_{\text{q}} = \frac{g \cdot d^2 \cdot (\rho_k - \rho)}{18 \cdot \mu} \quad (3.40)$$

Gazli muhitda zarralarni cho'ktirish uchun (3.1) formula quyidagicha soddalashgan ko'rinishga ega.

$$w_{\text{q}} = \frac{g \cdot d^2 \cdot \rho_k}{18 \cdot \mu} \quad (3.41)$$

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 koeffitsienti, Pa·s; ya'ni $\text{N} \cdot \text{s/m}^2$, yoki $\text{kg}/(\text{m} \cdot \text{s})$.

Stoks formulasini Ag va Ly kriteriylarining son qiymatlari katta bo'lganda ham qo'llash mumkin.

3. Umumiy lashtirilgan holatda tinch chegaralanmagan muhitda sharsimon zarrachalarni cho'ktirish quyidagicha bo'ladi.

Arximed kriteriysi quyidagi formuladan aniqlanladi:

$$Ar = Ga \cdot \frac{\Delta P}{\rho} = \frac{\rho_k - \rho}{\rho} \cdot \frac{Re^2}{Fr} = \frac{g \cdot d^3 \cdot (\rho_k - \rho)}{\mu^2} \quad (3.42)$$

Galiley kriteriysi:

$$Ga = \frac{Re^2}{Fr}$$

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 kriteriylari aniqlanadi (3.1 rasm):

$$Ly = \frac{Re^2}{Ar} = \frac{Re \cdot Fr \cdot \rho}{\rho_k - \rho} = \frac{w_k^2 \cdot \rho^2}{\mu \cdot (\rho_k - \rho) \cdot g} \quad (3.43)$$

Yoki

$$Ly = \frac{w_k^2 \cdot \rho}{g \cdot \rho_k \cdot \mu}$$

Keyin esa choktirish tezligi hisoblanadi

$$W = \frac{Re \cdot \mu}{\rho \cdot d} \quad (3.44)$$

4. Cho'ktirish tezligi ma'lum bo'lsa, sharsimon zarracha diametri teskari yo'l bilan aniqlanadi, ya'ni Lyashenko kriteriysi orqali hisoblanadi.

$$W_q = \frac{w_k^2 \cdot \rho}{g \cdot \mu \cdot (\rho_k - \rho)} \quad (3.45)$$

Undan so'ng Arximed kriteriysi 3 – rasmdan aniqlanadi.

5. Chang o'tkazish kamerasi yoki suspenziya (aralashma) uchun tindirgichning cho'ktirish yuzasi F quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$F_q = \frac{V}{w_q} \quad (3.46)$$

V - qurilma cho'ktirish yuzasiga parallel holda o'tayotgan suyuqlikning hajmiy sarfi, m³/s; w, - zarrachaning o'rtacha hisobiy cho'ktirish tezligi m/s.

6. Uzlaksiz ishlaydigan tindirgich uchun (3.46) formula quyidagi qo'rinishga egadir:

$$F_q = \frac{G_6 \left(1 - \frac{c_6}{c_0}\right)}{w_q \cdot \rho} \quad (3.47)$$

F - tindirgichning cho'ktirish yuzasi, m²;

G₆ - boshlang'ich konsentratsiyali suspenziyaning massaviy sarfi, kg/s;

s_b — boshlang'ich suspenziya tarkibidagi qattiq faza konsentratsiyasi kg/kg;

s₀ - quyuglashtirilgan suspenziya tarkibidagi qattiq fazaning massaviy konsentratsiyasi, kg/kg;

ρ - tozalangan suyuqlik zichligi;

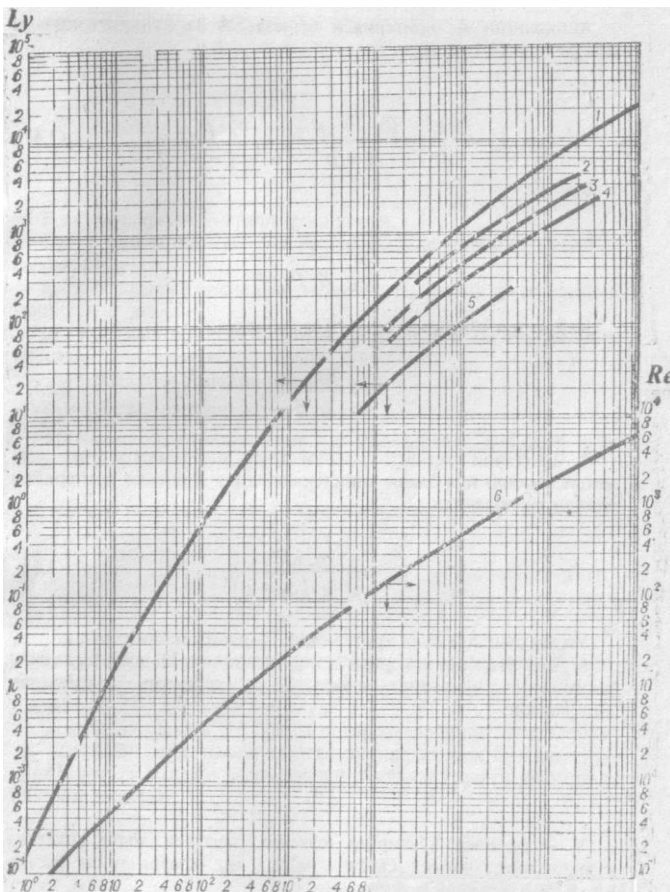
W_{ch}=0,5 · w₄ — cho'kish tezligi, m/s;

Cho'ktirish qurilmalarining ish unumdorligi quyidagi formula yordamida aniqlanadi.

$$\Pi = \frac{F \cdot h}{\tau} = F \cdot w \quad (3.48)$$

(3.48)

bu erda F — cho'ktirish yuzasi yoki rezervuarning ko'ndalang kesimi, m²; h - suyuqlik ustunining balandligi, m; τ — cho'ktirish vaqti. s.



3.5–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

Zarracha shakli	φ
Dumaloqsimon	0,77
Burchakli	0,66
CHo‘zinchoq	0,58
Plastinkasimon	0,43

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:

$$w_{\text{q}} = \varphi \cdot w_{\text{H}} \quad (3.49)$$

φ - zarracha shakliga bog‘liq tuzatish koeffitsienti.

Noto‘g‘ri shaklli zarrachalar odatda ekvivalent diametr orqali ifodalanadi:

$$d_3 = 1,24 \cdot \sqrt[3]{\frac{M}{\rho}} \quad (3.50)$$

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:

$$w_{\text{cq}} = w_{\text{q}} \left[\sqrt{20,25 \cdot c_0 \cdot (1 - c_0)^3} - 4,5 \cdot c_0 \right] \quad (3.51)$$

W_{ch} - (3.1) formula orqali hisoblab topiladi; s_0 — suspenziya tarkibidagi zarrachalarning hajmiy konsentratsiyasi.

FILTRLASH

Hisoblash formulalari va asosiy bog‘liqliklar.

τ vaqtida 1 m² filtrlash yuzasi orqali $\Delta P = \text{const}$ bo‘lganda V filtrlash hajmi va filtrlash jarayonini davomiyligi bilan bog‘liqlik tengligi ushbu qo‘rinishga ega:

$$V^2 + 2 \cdot V \cdot C = K \cdot \tau \quad (3.52)$$

bu erda C - 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:

$$\frac{\Delta V}{\Delta \tau} = \frac{K}{2 \cdot (V + C)} \quad (3.53)$$

yoki (3.14) tenglamani quyidagi boshqa ko‘rinishda ifoda etsa bo‘ladi:

$$\frac{\Delta \tau}{\Delta V} = \frac{2 \cdot V}{K} + \frac{2 \cdot C}{K} \quad (3.54)$$

$d\tau/dV$ va V kattalalar orasidagi bog‘liqlik to‘g‘ri chizig‘i orqali K va C doimiyliliklar tajriba yo‘li bilan aniqlanadi. O‘lchangan V_1 V_2 , kattaliklarni absissa o‘qiga, 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 C lar quyidagi tenglama yordamida aniqlanadi:

$$\text{tg} \beta = \frac{2}{K}; \quad m = \frac{2 \cdot C}{K} \quad (3.55)$$

14. $\Delta P = \text{const}$ bo'lganda 1 m^2 filtrlash yuzasiga nisbatan olingan filtrlash doimiysi K cho'kma solishtirma qarshiligi quyidagicha bog'liqlikda bo'ladi:

$$K = \frac{2 \cdot \Delta P}{\mu \cdot c \cdot r} \quad (3.56)$$

bu erda ΔP - filtrlash jarayonidagi bosimlar farqi, Pa; μ - filtratning dinamik qovushqoqlik koeffitsienti, Pa·s; g — cho'kmaning solishtirma qarshiligi (cho'kma tarkibidagi 1 kg qattiq quruq moddalar hisobida), m/kg ; s - filtrlash yuzasi orqali 1 m^3 filtrat o'tganda hosil bo'lan quruq qattiq modda massasi, kg/m^3 .

15. 3.17 formuladagi C parametr suspenziyaning konsentratsiyasi x orqali ifodalanishi mumkin:

$$C = \frac{\rho \cdot x}{1 - m \cdot x} \quad (3.57)$$

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:

$$G = V_c = V \cdot \frac{\rho \cdot x}{1 - m \cdot x} \quad (3.58)$$

19. Suspenziya tarkibidagi qattiq faza konsentratsiya x uning zichligi ρ_s ga bog'liq bo'lib, ushbu formula orqali topiladi:

$$x = \frac{(\rho_c - \rho) \cdot \rho_k}{(\rho_k - \rho) \cdot \rho} \quad (3.59)$$

20. Suspenziya zichligi esa:

$$\rho = \frac{\frac{n+1}{\rho_k + \frac{1}{\rho}}}{\rho_k + \rho} = \frac{\rho(1+n) \cdot \rho_k}{\rho + \rho_k^2} \quad (3.60)$$

x - suspenziya tarkibidagi qattiq fazaning massaviy konsentratsiyasi, kg/kg ; ρ_s - suspenziya zichligi, kg/m^3 ; ρ - suyuq faza zichligi, kg/m^3 ; ρ_k - qattiq faza zichligi, kg/m^3 ; n - suspenziyadagi bir qism qattiq faza og'irligiga to'g'ri keladigak suyuq faza og'irligi ($K:S=1:n$).

Uzlukli ishlaydigan filtrlarning ish unumdorligi quyidagi formuladan topiladi:

$$\Pi = \frac{V}{\sum \tau} \quad (3.61)$$

V - filtrat hajmi, m^3 ; τ - filtrlash jarayoni bir siklining vaqti, s .

$$\sum \tau = \tau_{\phi} + \tau_{\text{epd}} \quad (3.62)$$

τ_f - filtrlash vaqi, s , τ_{vord} - filtrni jarayonga tayyorlash va to'ldirish vaqti, s .

Agarda, filtrlash tezligi w ma'lum bo'lsa, filtr qurilmasining ish unumdorligi

$$P = F \cdot w \quad (3.63)$$

F - filtrlash yuzasi, m^2 ; w - filtrlash tezligi, $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot s$ (vinolar uchun $w = 0,00007 - 0,00025 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot s$).

Kerakli filtrlash plastinalar soni ushbu formuladan aniqlanadi:

$$n = \frac{F}{f_0} \quad (3.64)$$

f_0 - bitta plastina yuzasi, m^2 .

$$f_0 = (a - 2 \cdot b)^2 \quad (3.65)$$

bu erda a - kvadrat plita tomoni, m ; b - plita eni, m .

Zarur filtrlar soni z pastda keltirilgan tenglikdan hisoblab topiladi:

$$z = \frac{n}{n_0} \quad (3.66)$$

n_0 - bitta filtrdagi plastinkalar soni.

Suyuqlik tomonidan plastinkaga tushayotgan bosim kuchi p ushbu tenglikdan aniqlanadi:

$$p_n = h \cdot F_{\text{эф}} \quad (3.67)$$

r_p - filtrlash jarayonining bosimi, Pa; $F_{\text{эф}}$ - nligalarga suyuqlik ta'sir qilayotgan yuza, m^2

SENTRIFUGALASH

Hisoblash formulalari va asosiy bog'liqliklar

21. Sentrifugalash paytida hosil bo'ladigan markazdan qochma kuch G (N) quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$C = \frac{M \cdot n^2}{R} = M \cdot w^2 \cdot R = 40 \cdot M \cdot n^2 \cdot R = 20 \cdot M \cdot n^2 \cdot D \quad (3.68)$$

bu erda 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:

$$\Delta p_{\text{ц}} = 20 \cdot \rho_c \cdot n^2 \cdot (R_2^2 - R_1^2) = 5 \cdot \rho_c \cdot n^2 (D_2^2 - D_1^2) \quad (3.69)$$

bu erda ρ_s - suspenziya zichligi, kg/m^3 ; $D_1 = 2R_1$ – suyuqlik ichki qatlamining diametri, m; $D_2=2R_2$ -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 koeffitsient deyiladi:

$$k_a = \frac{w^2}{R \cdot g} \approx 20 \cdot Fr_{\text{ц}} \quad (3.70)$$

R - baraban radiusi, m; w - aylanayotgan barabanning burchak tezligi, s^{-1} .

Sentrifuga barabanining va uni yurg'izish paytida yuklash inersiyasiga sarf bo'ladigan quvvat N (Vt), ushbu tenglamadan topiladi:

$$N_1 = \frac{T_1 + T_2}{\tau} \quad (3.71)$$

τ - yurg'izish payti davomiyligi, s; T_1 va T_2 - baraban va yuklash inersiyasi engish uchun sarf bo'ladigan ish, J.

Valning podshipnikda ishqalanishi uchun sarf bo'ladigan quvvat N_2 (Br) quyidagicha aniqlanadi:

$$N_2 = \lambda \cdot M \cdot w_{\text{в}} \cdot g \quad (3.72)$$

bu erda λ - ishqalanish koeffitsienti, 0,07-0,1 oraliqda bo'ladi; M - aylanishda ishtrok etuvchi materiallar og'irligi, kg; $w_{\text{в}}$ – val sapfasining aylanish tezligi, m/s.

Baraban devorining havoga ishqalanishida sarf bo'ladigan quvvat N_3 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/m^3 ; β - qarshilik koeffitsienti, o'rtacha qiymati 2,3 ga teng.

Sentrifugani yurg'izish paytidagi to'liq quvvati:

$$N_{\tau} = N_1 + N_2 + N_3 \quad (3.73)$$

Uzatish qurilmasining f.i.k. η_y hisobga olinsa, unda

$$N = \frac{N_{\tau}}{\eta_y} \quad (3.74)$$

Sentrifugalarni o'rnatilish quvvati zarur bo'lgan quvvatdan 10-20% ko'proq qilib belgilanadi.

Cho'ktiruvchi sentrifuga ish unumdorligi quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

$$V_{ch} = 25,3 \cdot \eta \cdot L \cdot n^2 \cdot R_0^2 w_{ch} k \quad (3.75)$$

NOGSH tipidagi sentrifuganing suspenziya bo'yicha ish unumdorligi V_{ch} ushbu formuladan topiladi:

$$V_q = \frac{3.5 \cdot [D_T^2 \cdot L_T (\rho_k - \rho) \cdot d^2 \cdot n^2]}{\mu} \quad (3.76)$$

$D_{T>x}$ va L_T - fugatni chiqarish silindrining diametri va uzunligi, m; d — cho'kayotgan eng kichik zarrachalar diametri, m; n - rotorning aylanish chastotasi, ayl/min; μ — muhitning dinamik qovushqoqlik koeffitsienti, Pa s.

Trubasimon, yuqori samarali sentrifuga ish unumdorligi quyidagi ko'rinishdagi tenglamadan topiladi:

$$V \leq \frac{w \cdot V_c}{h} \quad (3.77)$$

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 - barabaning ichki diametri, m; D_0 - fugatni chiqarish trubasining diametri, m.

MAVHUM QAYNASH QATLAMINING GIDRODINAMIKASI

Hisoblash formulalari va asosiy bog'liqliklar

Qattiq jismlardan iborat qo'zg'almas qatlam g'ovakligi qattiq jismlar egallamagan bo'sh hajm ulushiga tengdir:

$$\varepsilon_0 = \frac{V_k - V}{V_k} \quad (3.78)$$

Agarda qattiq zarrachalar orasidagi bo'shliqni to'ldirib to'rgan muhitning zichligi qattiq jismdan juda kam bo'lsa, (3.40) tenglama quyidagi ko'rinish oladi.

$$\varepsilon_0 = 1 - \frac{\rho_k}{\rho} \quad (3.79)$$

bu erda V , V_k - zarrachalar va qatlam hajmlari, m³; ρ , ρ_k - zarracha va qatlam zichligi, kg/m³.

Bir xil diametrli sharsimon zarrachalardan iborat qo'zg'almas qatlamning amaliy g'ovakligi 0,38-0,42 oraliqda bo'ladi. Hisoblash uchun o'rtacha qiymatini 0,4 ga teng deb qabul qilish mumkin.

Mavhum qaynash jarayonida qattiq jismlardan iborat qatlamining g'ovakligi ushbu tenglamadan topiladi:

$$\varepsilon = \frac{V_{at} - V}{V_{at}} \quad (3.80)$$

bu erda V_{at} - mavhum qaynash qatlamining hajmi, m³.

Mavhum qaynash qatlami gidrodinamikasining asosiy xarakteristikasi — Δr_{qat} o'zgarmasligidir:

$$\Delta P_{\text{kat}} = \frac{G_{\text{kat}}}{F} = \text{const} \quad (3.81)$$

G_{kat} - qatlamdagi material og'irligi, kg; F - ko'ndalang kesim yuzasi, m^2 .

Mavhum qaynash qatlamining gidravlik qarshiligi quyidagicha aniqlanadi:

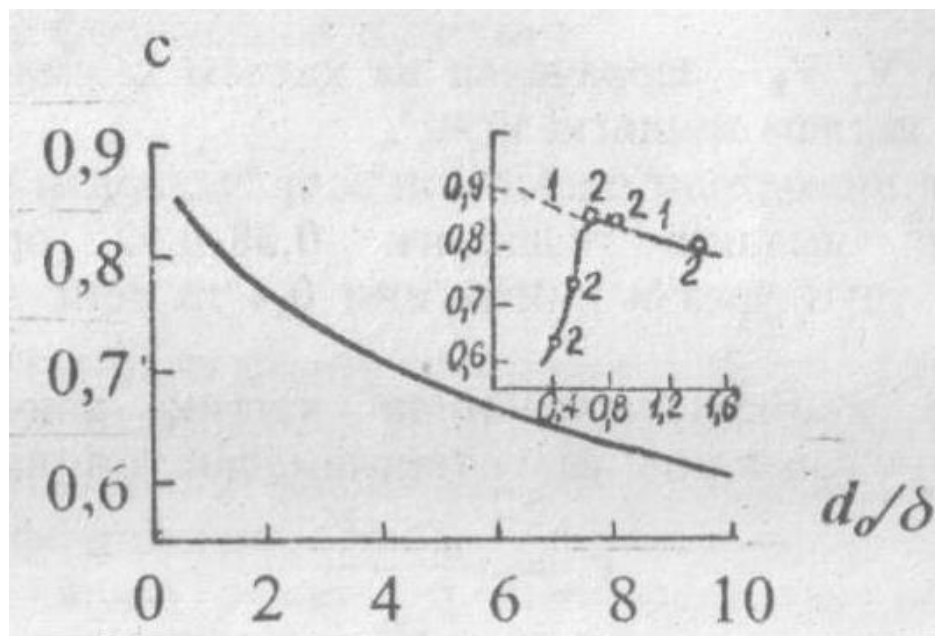
$$\Delta P = g \cdot (\rho_m - \rho) \cdot (1 - \varepsilon) \cdot h = g \cdot (\rho_m - \rho) \cdot (1 - \varepsilon_0) \cdot h \quad (3.82)$$

h va h_0 — mavhum qaynash va qo'zg'almas qatlam balandliklari, m; ρ_m va ρ — material va muhit zichligi, kg/m^3 .

Gaz tarqatuvchi, turli gidravlik qarshiligi quyidagi tenglama orqali topiladi:

$$\Delta P_r = \frac{0,503 \cdot w_0^2 \cdot \rho \cdot (1 - \varphi^2)}{C^2} \quad (3.44) \quad 3.83$$

bu erda - $\varphi = 0,01 \div 0,05$ - gaz tarqatuvchi to'r teshiklarining ulushi; $w_0 = w / \varphi$ - teshiklar orqali o'tayotgan gazning tezligi; w - qurilma ko'ndalang kesim yuzasiga nisbatan hisoblangan oqim tezligi, m/s; S - to'rning qarshilik koeffitsienti, d_0/δ nisbatga bog'liq (9.2 - rasmdan topiladi); d_0 - to'r teshiginiig diametri, m; δ - to'rning qalinligi, m.



3.6-rasm. To'r pardalarning qarshilik koeffitsienti [7]

1 G.Xyumark va X.O. Konnel ma'lumotlari;

2-D.I.Orochko va boshqalar ma'lumotlari.

Sharsimon, bir jinsli zarrachalar uchun birinchi kritik tezlik (mavhum qaynash boshlanish tezligi) prof. O.M.Todes formulasidan topiladi.

$$\text{Re}_{\text{mq}} = \frac{Ar}{1400 + 5,22\sqrt{Ar}} \quad (3.84)$$

Ushbu tenglama qo'zg'almas qatlamning g'ovakligi $\varepsilon_0 = 0,4$ uchun keltirib chiqarilgan va $\pm 20\%$ xatolikka ega.

$$\text{Re}_m = \frac{w_m \cdot d \cdot \rho}{\mu}$$

Gazlar uchun $\rho \ll \rho_k$ unda Arximed kriteriysi quyidagicha yoziladi:

$$Ar = \frac{g \cdot d^3 \cdot \rho_k}{\rho \cdot v^2}$$

Donasimon – tukli va boshqa qiyin sochiluvchan materiallar uchun mavhum qaynash tezligi prof. X S.Nurmuhamedov formulasi orqali aniqlanadi:

$$Re_{mk} = 0,456 \cdot \left(\frac{Ar}{10^6} \right)^{3,63}$$

yoki

$$Re_{mk} = \frac{\eta \cdot Ar}{1400 + 5,22 \sqrt{Ar}}$$

bu erda η tuklilik koeffitsienti va u quyidagi formula yordamida topiladi:

$$\eta = 1 + 0,43 \cdot 0^{0,44} \quad (3.49)$$

Donasimon – tukli materiallarning uchib chiqish tezligi xam, prof. S. Nurmuhamedov tenglamasi yordamida aniqlash mumkin:

$$Re_{yv} = \frac{\eta^{-0,422} \cdot Ar}{20,16 + 0,683 \sqrt{Ar}}$$

Sharsimon bo‘lmagan zarrachalarning shaklini belgilovchi katattalik F hisobga olgan formula ushbu ko‘rinishga ega:

$$\Phi = 0,207 \cdot \frac{F}{V^{0,666}}$$

Ushbu zarrachalap ekvivalent diametri esa:

$$d_s = \Phi \cdot d_i \quad (3.85)$$

bu erda d_s - shar diametri. Ushbu sharniig hajmi zarracha hajmiga tengdir.

Turli diamstrli zarrachalardan tashkil topgan polidispers qatlam zarrachalarining

$$d_s = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{x_i}{d_i}}$$

ekvivalent diametrlari ushbu formuladan topiladi:

Mavhum qaynash qatlamining g‘ovakligi quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$\varepsilon = \left(\frac{18 \cdot Re + 0,36 \cdot Re^2}{Ar} \right)^{0,21}$$

Mavhum qaynash jarayoni, mavhum qaynash soni K_w prof. N.A.Shaxova formulasidan topiladi.

$$K_w = \frac{w}{w_{MK}} \quad (3.86)$$

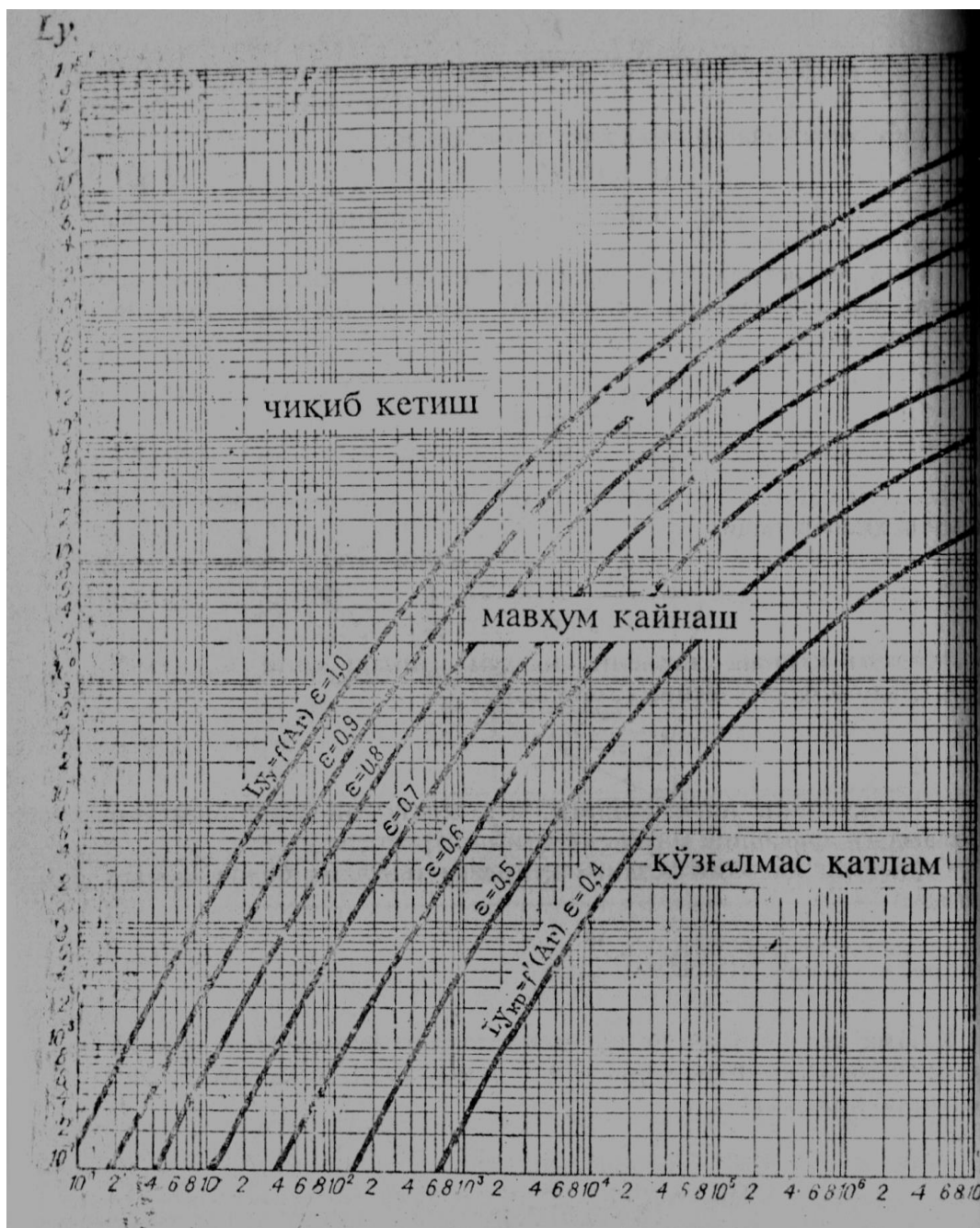
w — oqimning ishchi tezligi, m/s. Ushbu son zarrachalarning qatlamdagi aralashish intensivligini ko'rsatadi.

Oqimning haqiqiy tezligi quyidagi tenglama bilan ifodalanadi.

$$w_r = \frac{w}{\varepsilon} \quad (3.87)$$

Qattiq zarrachalarning gaz yoki suyuqlik oqimi bilan chiqib ketish tezligining formulasi ham prof. O.M.Todes tomonidan keltirib chiqarilgan.

$$Re_{qv} = \frac{Ar}{18 + 0.61\sqrt{Ar}} \quad (3.88)$$



3.7-rasm. Ly kriteriysini Ar kriteriysi va qatlamlarning g 'ovakligi ε ga bog'liqligi.

3.7 - rasmda $Ly=f(Ar)$ bog'liqlik grafigidai g 'ovakligi $\varepsilon = 0,4$ dan $\varepsilon = 1,0$ gacha bo'lgan mavhum qaynash qatlami uchun keltirilgan. Ushbu grafik yordamida diametri ma'lum bo'lgan zarrachadan iborat qatlamda kerakli g 'ovaklikni olish uchun oqim tezligini topish kerak.

Zarrachalarning qatlamda o'rtacha bo'lish vaqti τ :

$$\tau_0 = \frac{M}{G} \quad (3.89)$$

Bu erda M - qatlamdagi material massasi, kg; G - qattiq material sarfi, kg/s.

SUYUQLIKLARNI ARALASHTIRISH

Aralashtirish jarayoni uchun gidrodinamik o'xshashlik kriteriylari quyidagi ko'rinishga ega:

$$Re_{\text{max}} = \frac{\rho \cdot n \cdot d^2}{\mu}$$

Quvvat kriteriysi:

$$K_N = \frac{N}{\rho \cdot n^3 \cdot d^5}$$

Frud kriteriysi (markazdan qochcha)

$$Fr = gd / w^2$$

Bu kriteriylarda: N - aralashtirgich iste'mol qilayotgan quvvat, Vt; ρ - suyuqlik yoki aralashma zichligi, kg/m³; aralashtirgichning aylanish chastotasi, s⁻¹; d – aralashtiruvchi qurilma diametri, m. Uzlukli ishlaydigan aralashtirgichlarning ish unumdorligi quyidagi formula orqali topiladi:

$$\Pi = \frac{G}{\tau}$$

Uzluksiz ishlaydigan aralashtirgichlarning ish unumdorligi quyidagi formula yordamida xisoblanadi:

$$\Pi = \frac{G_u}{\tau_g}$$

G_u – aralashtirgichga solingan mahsulot miqdori, kg(m³); τ - aralashtirish sikl vaqti, s;

Turg'un rejimda aralashtirish uchun zarur bo'lgan quvvat quyidagicha aniqlanadi:

$$N_1 = K_N \cdot \rho \cdot n^3 \cdot d^5 \quad (3.90)$$

Salnikdagi ishqalanish kuchlarini engish uchun zarur quvvat N_2 quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$N_2 = 1,48 \cdot f \cdot n \cdot d^2 \cdot l \cdot p$$

f - o'qning salnikga ishqalanish koeffitsienti ($f=0,2$); l - salnik uzunligi, m; d - aralashtirgich o'qining diametri, m; p - qurilmadagi ishchi bosim, Pa.

Elektrodivigatel o'qidagi nominal quvvat,

$$N = \frac{N_1 + N_2}{\eta} \quad (3.91)$$

bu erda η – uzatma f.i.k. ($\eta = 0,9-0,95$).

Muhitdan aralashtirgich parraklariga tushayotgan qarshilik kuchi

$$p = \frac{M_{\text{ayl}}}{r_0 \cdot z}$$

formula bilan hisoblab topiladi. Bu erda M_{ayl} - aylantirish momenti, 1 m; r_0 - o'qning o'rtasidan parrakning uchiga bo'lgan masofa, m; z - parraklar soni.

Aralashtirgich o'qining diametri quyidagicha formuladan topiladi:

$$d = 1,71 \cdot \sqrt{\frac{M_{\text{max}}}{\sigma_p}} + c$$

σ_p - o'qning aylanishi uchun ruxsat etilgan kuchlanish, Pa;
 s - korroziya va eroziyani xisobga oluvchi koeffitsient, m.

MISOLLARNI ISHLASH NAMUNASI

3-1. Olxo'ri yuvilganda, zichligi 1750 kg/m^3 va o'lchami $0,4 \text{ mm}$ bo'lgan qattiq zarrachalar $0,4 \text{ m}$ qalinlikdagi suv qatlamidan utib, idish tubiga cho'kishi uchun cho'ktirish qurilmasining uzunligini qanday bo'lishi kerak? Suvning temperaturasi 20°S , okimning tezligi 10 m/s .

Yechish:

Cho'ktirish tezligi (3.6) formuladan aniqlanadi:

$$w_q = \frac{w_k^3 \cdot \rho}{g \cdot \mu \cdot (\rho_k - \rho)}$$

$$w_q = \frac{9,1 \cdot (0,4 \cdot 10^{-3})^2 \cdot (1750 - 1000)}{18 \cdot 1 \cdot 10^{-3}} = 0,065 \text{ m/c}$$

Zarrachalarning cho'kishi uchun kerakli vaqt esa.

$$w_q = \frac{h}{\tau}; \quad \tau = \frac{h}{w_q} = \frac{0,4}{0,065} = 6,15 \text{ c}$$

Cho'ktirish qurilmasining uzunligi 1 quyidagi formuladan hisoblab topiladi:

$$l = w_q \cdot \tau = 0,065 \cdot 6,15 = 0,4 \text{ m}$$

MUSTAQIL BAJARISH UCHUN MASALALAR

3.1. Bir xil tezlikda cho'ktirilayotgan turli zichlikka ega qurgoshin ($\rho_q=7800 \text{ kg/m}^3$) va kvars ($\rho_{kv}=2600 \text{ kg/m}^3$) zarrachalar diametrlarining nisbatlarini quyidagi holatlar uchun aniqlang: a) havoda, b) suvda. Cho'ktirish $Re < 0,2$ bo'lgan sharoitda olib borilmoqda deb hisoblansin.

3.2. a) Suvning temperaturasi 25°S ; b) Havoning temperaturasi 25°C va 500°C bo'lganda, diametri 10 mkm bo'lgan, sharsimon kvars zarrachalari ($\rho_{kv}=2600 \text{ kg/m}^3$) qanday tezlikda cho'ktiriladi.

3.3. Tarkibida 10% (massaviy) qattiq faza bo'lgan suvli suspenziyaning zichligi aniqlansin. Qattiq fazaning nisbiy zichligi 3 ga teng.

3.4. Tarkibida 20% (massaviy) qattiq fazali, nisbiy solishtirma ogirligi 1,12 ga teng bo'lgan 10 m^3 suspenziya filtrlangandan so'ng, filtrda qancha miqdorda xo'l cho'kma yig'iladi? Cho'kmaning namligi 25 %.

3.5. Tarkibida 20% qattiq faza bor suvli suspenziya filtrlangandan so'ng 15 m^3 filtrat yig'ib olindi. Cho'kmaning namligi 30%. Quruq modda xisobida qancha cho'kma olinishi xisoblansin.

3.6 3-8 namunada echib ko'rsatilgan masala shartlari asosida ishlayotgan filtpressda filtrlash jarayoni 25°C temperaturasi kanchaga o'zgaradi?

3.7. Temperaturasi 40°C bo'lgan 50 m^3 zaytun yog'i bor. Ushbu miqdordagi yog'ni 29500 Pa bosimda 4 soat mobaynida filtrlash uchun necha dona tipik filtpresslar kerak?

3.8. 30°S temperatura va 14750 Pa bosimda zig'ir moyi filtrlash yuzasi 5 m^2 bo'lgan laboratoriya filtpressida filtrlanmoqda. Filtpress 30 minut ishlaganda 480 l yog olindi. Jarayonning filtrlash koeffitsienti aniqlansin.

3.9. 50°S temperatura va 20000 Pa bosimda bodom moyi filtrlash yuzasi $7,6\text{ m}^2$ bo'lgan filtpressda filtrlanmoqda. Agarda, 90 min vaqt ichida 3 m^3 yog'ni filtrlash zarur bo'lsa jarayonning bosimi kancha bo'lishi kerak?

3.10. Sentrifuga barabanining ichki diametri 1 m ga, aylanish chastotasi esa, minutiga 500 ga tengdir. Suyuqlik qatlamining qalinligi 10 sm bo'lganda, baraban devoriga ko'rsatilayotgan solishtirma bosimni hisoblang. Suyuqlik zichligi 1100 kg/m^3 ga teng.

3.11. Sentrifuga barabani $0,5\text{ m}$ bo'lganda, aylanishlar chastotasi (1 minutdagi aylanishlar soni) ni aniqlash kerak. Baraban devorlariga ko'rsatiladigan bosim 5 kgk/sm^2 ($0,5\text{ MPa}$)ga teng bo'lishi kerak. Ajratish uchun sentrifugaga 400 kg suspenziya solingan.

3.12. Quyidagi shartlar yordamida granullangan alyumosilikagel zarrachalari mavxum qaynash qatlami holatiga o'tkazish uchun talab qilinadigan havo tezligini aniqlang: havo temperaturasi 100°C , alyumosilikagelning zichligi 968 kg/m^3 , zarracha diametri $1,2\text{ mm}$. Qo'zg'almas qatlam balandligi 400 mm bo'lganda, uning gidravlik qarshiligi qanday bo'ladi?

3.13. Avvalgi 3.12. masala shartlaridan foydalanib havo tezligi kritik tezlikdan $1,7$ barobar ko'p bo'lgan xol uchun, mavxum qaynash qatlamining g'ovakligini va balandligini aniqlang.

3.14. Qurilmada havo oqimining tezligi $0,2\text{ m/s}$ bo'lganda, mavxum qaynash holatiga o'tayotgan granullangan ko'mir zarrachalarining eng katta diametrini toping. Havoning temperaturasi 180°C . Agarda xavo tezliga $0,4\text{ m/s}$ gacha oshirilsa zarrachalarning xajmiy konsentratsiyasini xam aniqlang. Ko'mirning zichligi 660 kg/m^3 .

3.15. Agarda, rezervuar balandligi 2400 mm , 18°C temperaturali suslodagi zichligi $\rho = 1200\text{ kg/m}^3$ bo'lsa, diametri $0,2\text{ mm}$ li organik zarrachalar qancha vaqt ichida cho'kadi?

3.16. Rezervuar balandligi $2,4\text{ m}$ va diametri 1200 mm . Zarrachalarining diametri $0,3\text{ mkm}$ bo'lgan qattiq jismlar 20°C li spirtida 24 soatda cho'ksa, bunday zarrachalarning zichligi qancha bo'ladi?

3.17. Agarda, 3 ta siklda 30 m^3 do'lana ekstrakti tozalansa, plastinali filtrning o'rtacha ish unumdorligini aniqlang. Har bir sikl filtrlash vaqti (3 soat) va filtrni tozalash va ishga tayyorlash vaqti (1 soat) lardan tashkil topgan.

3.18. Agar, filtrlash jarayonining tezligi $= 0,00012\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ bo'lsa, filtrning ish unumdorligi $4\text{ m}^3/\text{soat}$ bo'lishi uchun $0,4\times 0,4\text{ m}$ o'lchamli plastinkalardan necha dona kerak bo'ladi?

3.19. Uzlukli ishlaydigan sentrifuganing diametri $0,8\text{ m}$ va balandligi $0,4\text{ m}$ barabani 1700 ayl/min chastota bilan aylanib suspenziya sentrifugalanmoqda.

Qurilmaga 15 kg suspenziya berilmoqda va uning zichligi 1480 kg/m^3 . Yuqoridagi shart-sharoitlarda sentrifuganing ajratish koeffitsienti va filtrlash bosimini aniqlang.

3.20. Filtrlovchi sentrifuga barabanining diametri 0,45 m va balandligi 0,3 m. Baraban minutiga 2000 aylanish qilmoqda va natijada hosil bo'layotgan suyuqlik xalqasining diametri 0,32 m. Suspenziya zichligi 1380 kg/m^3 , uni qayta ishlash siklining vaqti 10 min. Filtrlovchi sentrifuganing ajratish koeffitsienti va o'rtacha ish unumdorligi hisoblab topilsin.

3.21. Quyidagi ma'lumotlarga asoslanib NIIOGAZ tipidagi siklon tanlansin: chang havo sarfi $5100 \text{ m}^3/\text{soat}$ (0°C va 760 mm.sim.ust.), temperaturasi 50°C , zichligi 1200 kg/m^3 va eng kichik zarrachalar diametri 15 mkm. siklonning gidravlik qarshiligi ham aniqlansin.

3.21. Yuvish intensivligi $10 \text{ dm}^3/(\text{m}^2\text{min})$; cho'kma qatlam qalinligi 25 mm; yuvish suvi filtratidagi tuzning boshlang'ich konsentratsiyasi 40 g/dm^3 ; filtrlash vaqti 1 soat 10 minut bo'lsa, yuvish tezligi konstantasini aniqlang.

3.23 O'qdagi quvvat 7 kVt bo'lgan, umumiy o'qqa o'rnatilgan 2 ta ikki parrakli aralashtirgichni mustahkamligi hisoblansin. Parraklar diametri 1,6 m, eni 0,16 m va o'qning aylanish soni 48 ayl/min. Aralashtirgich St.3 materialdan tayyorlangan va uining diametri 0,16 m.

KONTROL TOPSHIRIQ N5

Uzum danagi yadrosining zichligi ρ bo'lgan, diametri d li sharsimon zarrachalari zaytun moyida cho'ktirilmoqsa. Agarda, moyning temperaturasi t bo'lsa, cho'kish tezligi aniqlansin.

Parametr	O'lchov birligi	Shifrning oxirgi raqami bo'yicha variantlar									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ρ	kg/m^3	1060	1045	1050	1042	1040	1050	1040	1045	1050	1040
d	mm	0,4	0,5	0,3	0,1	0,05	0,09	0,42	0,35	0,45	0,39

Parametr	O'lchov birligi	Shifrning oxiridan oldingi raqami bo'yicha variantlar									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T	$^\circ\text{C}$	40	20	50	70	30	60	80	100	90	10

Adabiyotlar:

1. Yusupbekov N.R., Nurmuxamedov X.S., Zokirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalari. Toshkent, Sharq, 2003, 644 b.

2. Pharmaceutical Process Engineering. Second edition, Informa Healthcare SSHA, Inc., 52 Vanderbilt Avenue, Nyu-York, NY 10017, C 2010 p. 198.

3. Yusupbekov N.R., Nurmuxamedov X.S. Ismatullaev P.R. Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarning jarayonlari va qurilmalari fanidan hisoblar va misollar. Toshkent 1999, 250 b.

4. Yusupbekov N.R., Nurmuxamedov X.S. Ismatullaev P.R., Zokirov S.G., Mannonov U.V. Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarning asosiy jarayon va qurilmalarini hisoblash va loyihalash. Toshkent 2000, 350

4 BOB ISSIQLIK ALMASHINISH

4.1 ISSIQLIK ALMASHINISH JARAYONLARI. ISSIQLIK O'TKAZUVCHANLIK USULIDA ISSIQLIKNI O'TISHINI HISOBLASH.

Harorati yuqori bo'lgan jismdan harorati past jismga issiqlikning o'z - bo'lgan, qaytmas o'tish jarayoniga **issiqlik almashinish** deyiladi.

Jarayonni harakatga keltiruvchi kuchi, bu har xil haroratli bo'lgan jismlarning haroratlari farqidir. Termodinamikaning 2-qonuniga binoan, issiqlik har doim harorati yuqori jismdan harorati 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'g'risidagi fan.

Issiqlik almashinish jarayonlariga isitish, sovitish, kondensatsiyalash, bug'lanish va bug'latishlar kiradi. Ushbu jarayonlarni amalga oshirish uchun mo'ljallangan qurilmalar **issiqlik almashinish qurilmalari** deb ataladi.

Ma'lumki, issiqlik almashinish jarayonlarida kamida 2 ta turli haroratli muhitlar ishtirok etadi. O'z issiqlik energiyasini uzatuvchi, yuqori haroratli muhit - issiqlik eltkich deb atalsa, issiqlik energiyasini qabul qiluvchi past haroratli muhit esa-sovuqlik eltkich deb ataladi.

Issiqlik va sovuqlik eltkichlar kimyoviy bardoshli bo'lishi, qurilmalarini yemirmasligi va uning devorlarida qattiq, g'ovak, quyqa hosil qilmasligi kerak. Shuning uchun, issiqlik yoki sovuqlik eltkichlarni tanlashda jarayon harorati, narxi va ularni qo'llanish sohalari kabi ko'rsatkichlarga katta ahamiyat berish kerak.

Harorati turli bo'lgan muhitlar orasida issiqlik o'tkazish turg'un va noturg'un sharoitlarda amalga oshishi mumkin.

Turg'un jarayonlarda qurilmaning harorat maydoni vaqt o'tishi bilan o'zgarmaydi. Noturg'un jarayonlarda esa, vaqt o'tishi bilan harorat o'zgaradi. Uzluksiz ishlaydigan qurilmalarda jarayonlar turg'un boradi, uzlukli (davriy) ishlaydigan qurilmalarda esa – jarayonlar noturg'un bo'ladi. Undan tashqari, davriy ishlaydigan qurilmalarni yurgizish va to'xtatish, hamda ish rejimlari o'zgargan hollarda noturg'un jarayonlar sodir bo'ladi.

Issiqlik o'tkazish jarayonining asosiy kinetik xarakteristikalar bo'lib, o'rtacha haroratlari farqi, issiqlik o'tkazish koeffitsiyenti 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 yechib 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, konveksiya va issiqlik nurlanishi.

Harorat maydoni va gradiyenti

Muhitlarda issiqlik oqimi va haroratning taqsimlanishi o'rtasidagi bog'liqlikni aniqlash issiqlik almashinish nazariyasining asosiy vazifalaridan biridir.

Tekshirilayotgan muhitning hamma nuqtalari uchun istalgan biror vaqtdagi harorat qiymatlari majmuiga *harorat maydoni* deyiladi.

Eng umumiy holatda ma'lum bir nuqtadagi harorat t shu nuqtaning koordinatalari (x, y, z) bog'liq bo'ladi va vaqt o'tishi bilan o'zgaradi. Demak, harorat maydonini ushbu funksiya bilan ifodalash mumkin:

$$\tau = f(x, y, z, \tau) \quad (4.1)$$

Ushbu bog'liqlik turg'un harorat maydonini ifodalovchi tenglamadir.

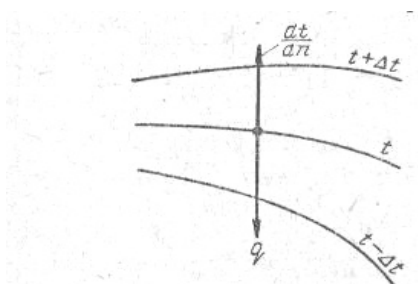
Xususiy holatda (4.5) tenglama faqat fazoviy koordinatalar funksiyasi bo'ladi, ya'ni:

$$t = f(x, y, z) \quad (4.2)$$

va unga tegishli turg'un harorat maydonini ifodalaydi.

Agar, jismda biror tekislik o'tkazilsa va ushbu tekislikdagi bir xil haroratli nuqtalarni birlashtirsak, o'zgarmas haroratli chiziq (izoterma) ga ega bo'lamiz. Harorati bir xil nuqtalardan tashkil topgan jismning yuzasi izotermik yuza deb nomlanadi.

Ikkita bir-biriga yaqin joylashgan izotermik yuzalarning haroratlar farqi t bo'lsa, ular orasidagi eng qisqa masofa n bo'ladi (4.1-rasm). Agar, ikkala izotermik yuzalar bir-biriga yaqinlashib borsa $\frac{\Delta t}{\Delta n}$ nisbat ushbu chegaraga intiladi:



$$\lim \left(\frac{\Delta t}{\Delta n} \right)_{\Delta n \rightarrow 0} = \frac{\partial t}{\partial n} = \text{grad} t \quad (4.3)$$

4.1-rasm. Harorat gradiyentini aniqlashga oid.

Izotermik yuzaga normal bo'yicha yo'nalgan harorat hosilasi harorat gradiyenti deb nomlanadi.

Harorat gradiyenti vektor kattalikdir.

Harorat gradiyenti nolga teng bo'lmagan ($\text{grad} t \neq 0$) sharoitdagina issiqlik oqimi hosil bo'lishi mumkin. Ma'lumki, issiqlik oqimi har doim harorat gradiyenti chizig'i bo'ylab harakat qiladi. Lekin, uning harakat yo'nalishi harorat gradiyentiga qarama-qarshi bo'ladi.

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 harorat gradiyenti t/n , vaqt d ga va issiqlik oqimi yo'nalishiga perpendikulyar bo'lgan maydon yuzasi dF ga proporsional bo'ladi, ya'ni:

$$dQ = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n} dF \cdot d\tau \quad (4.4)$$

(4.8) formuladagi proporsionallik koeffitsiyenti issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti deb ataladi. Bu koeffitsiyent jismning issiqlik o'tkazish qobiliyatini xarakterlaydi va quyidagi o'lchov birligiga ega:

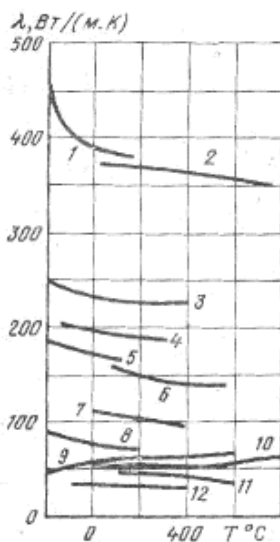
$$[\lambda] = \left[\frac{dQ \partial n}{\partial t dF \cdot d\tau} \right] = \left[\frac{\mathcal{K} \cdot \mathcal{M}}{K \cdot \mathcal{M}^2 \cdot c} \right] = \left[\frac{Bm}{\mathcal{M} \cdot K} \right]$$

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 haroratlarning 1 K ga pasayishi vaqtida uzatilgan issiqlik miqdorini ifodalaydi.

Jismlarning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti uning tarkibi, fizik-kimyoviy xossalari, harorat, bosim va boshqa kattaliklarga bog'liq. Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti turli materiallar uchun quyidagi oralikda bo'ladi:

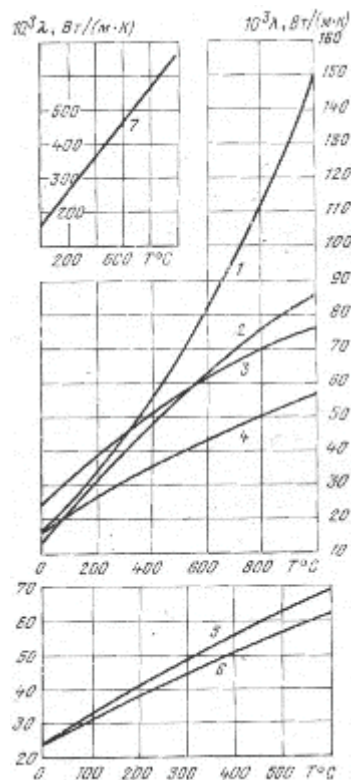
- gazlar uchun $0,005-0,5 \text{ Vt}/(\text{m}^2\text{K})$;
- suyuqliklar uchun $0,08-0,7 \text{ Vt}/(\text{m}^2\text{K})$;
- issiqlik qoplama va qurilish materiallari uchun $0,22-3,0 \text{ Vt}/(\text{m}^2\text{K})$;
- metallar uchun $2,3-458,0 \text{ Vt}/(\text{m}^2\text{K})$.

Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarida qo'llaniladigan ayrim metallar issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti quyidagi qiymatlarga ega: legirlangan po'lat – 14-23; qo'rg'oshin – 35; uglerodli po'lat – 45; nikel – 58; cho'yan – 63; alyuminiy - 204; mis – 384; kumush - $458 \text{ Vt}/(\text{m}^2\text{K})$. Sanoatda eng ko'p qo'llaniladigan metallar va suyuqliklar issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyentlari 4.2 va 4.3 –rasmlarda keltirilgan.



4.2-rasm. Ayrim metallarning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyentlari.

1-toza mis; 2-mis 99,9%; 3- alyuminiy 99,7%; 4-alyumiiy 99,0%; 5-toza marganets; 6-marganets 99,6% ; 7- rux 99,8%; 8-toza platina; 9-nikel 99%; 10-nikel 99,2%; 11-temir 99,2%; 12-texnik toza qo'rg'oshin.



4.3- rasm. Turli gazlarning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyentlari.

1- suv bug'i; 2- uglekislota; 3- havo; 4- argon; 5- kislorod; 6- azot; 7- vodorod.

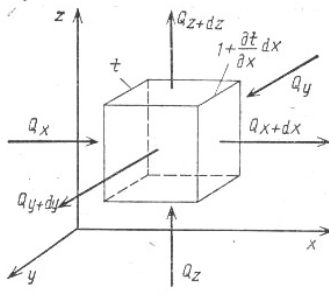
Issiqlik o'tkazuvchanlikning differensial tenglamasi

Issiqlik o'tkazuvchanlik yo'li bilan issiqlikning tarqalishi matematik usulda differensial tenglama bilan ifodalanishi mumkin. Ushbu tenglama energiyaning saqlanish qonuni asosida keltirib chiqariladi va issiqlik tarqatayotgan jism yoki muhitning fizik xossalari (zichlik ρ , issiqlik sig'im s , issiqlik o'tkazuvchanlik λ) hamma yo'nalishlarda va vaqt o'tishi bilan o'zgarmaydi deb qabul qilinadi. Issiqlik o'tkazuvchanlikning differensial tenglamasini keltirib chiqarish uchun qattiq jismdan qirralari dx , dy va dz bo'lgan elementar parallelepiped ajratib olinadi (4.4-rasm).

Agar, parallelepipedning chap orqa va ostki tomonlaridan vaqt mobaynida Q_x , Q_y va Q_z miqdorda issiqlik kirs, qarama-qarshi - o'ng, old va ustki - tomonlaridan esa o'z navbatida Q_{x+dx} , Q_{y+dy} va Q_{z+dz} miqdorda issiqlik chiqadi.

Biror vaqt ichida parallelepipedga kirgan va undan chiqqan issiqliklarning farqi ushbu ifodadan topiladi:

$$dQ = (Q_x - Q_{x+dx}) + (Q_y - Q_{y+dy}) + (Q_z - Q_{z+dz}) \quad (4.5)$$



4.4-rasm. Furening issiqlik o'tkazuvchanlik tenglamasini keltirib chiqarishga oid.

Fure qonuniga binoan (4.4) tenglamani quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$Q_x = -\lambda \frac{\partial t}{\partial x} dydzd\tau$$

$$Q_{x+dx} = -\lambda \frac{\partial \left(t + \frac{\partial t}{\partial x} dx \right)}{\partial x} dydzd\tau = -\lambda \frac{\partial t}{\partial x} dydzd\tau - \lambda \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} dx dydzd\tau$$

Demak,

$$Q_x - Q_{x+dx} = \lambda \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} dx dydzd\tau \quad (4.5)$$

Yuqoridagi usuldan foydalanib, qolgan qirralar orqali o'tgan issiqlik miqdorlari aniqlanadi:

$$Q_y - Q_{y+dy} = \lambda \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} dx dydzd\tau \quad (4.7)$$

$$Q_z - Q_{z+dz} = \lambda \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} dx dydzd\tau \quad (4.8)$$

(4.11) va (4.13) tenglamalarning chap va o'ng tomonlarini qo'shib, quyidagi ko'rinishga ega bo'lamiz:

$$dQ = \lambda \left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right) dx dydzd\tau \quad (4.9)$$

Energiya saqlanish qonuniga binoan, dQ issiqlik miqdorining farqi $d\tau$ vaqt ichida parallelepiped entalpiyasining o'zgarishiga sarflanayotgan issiqlik miqdoriga teng bo'ladi, ya'ni:

$$dQ = c\rho dx dydz \frac{\partial t}{\partial \tau} d\tau \quad (4.10)$$

bu yerda s – materialning solishtirma issiqlik sig'imi.

(4.13) va (4.14) ifodalarni solishtirish natijasida Furening issiqlik o'tkazuvchanlikning differensial tenglamasini olamiz:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = \frac{\lambda}{c\rho} \left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right) \quad (4.11)$$

(4.15) tenglamadagi $\lambda(c\rho)$ proporsionallik ko'paytmasi harorat o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti deb nomlanadi va u quyidagi o'lchov birligiga ega:

$$[a] = \left[\frac{\lambda}{c\rho} \right] = \left[\frac{\frac{Bm}{M \cdot K}}{\frac{K}{\kappa z \cdot K} \cdot \frac{\kappa z}{M^3}} \right] = \left[\frac{\frac{K}{c \cdot M \cdot K}}{\frac{K}{\kappa z \cdot K} \cdot \frac{\kappa z}{M^3}} \right] = \left[\frac{M^2}{c} \right]$$

Ushbu koeffitsiyent jismning issiqlik o'tkazish qobiliyatini xarakterlaydi.

Odatda, Furening issiqlik o'tkazuvchanlik differensial tenglamasini ushbu ko'rinishda yoziladi:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = \left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right) \quad \text{yoki} \quad \frac{\partial t}{\partial \tau} = a \cdot \nabla^2 \cdot t$$

Issiqlik almashinish qurilmalarining isitish yuzalari tekis, tsilindrik yoki sferik shaklda bo'lishi mumkin.

Shuning uchun, yuqorida qayd etilgan geometrik shaklli devorlarda issiqlikning tarqalishi muhim amaliy ahamiyatga ega.

Savollar

1. Issiqlik almashinish qurilmalarining isitish yuzalari qanday shakllarda bo'lishi?
2. Issiqlik almashinish jarayonida ishtirok etuvchi jismlar qanday nomlanadi?
3. Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti nima?

4.2 TEKIS VA SILINDRSIMON DEVOR ORQALI ISSIQLIKNI O'TISHINI HISOBLASH. ISSIQLIK JARAYONLARINING HARAKATLANTIRUVCHI KUCHLAR.

Issiqlik almashinish jarayonlarida issiqlik bir muhitdan ikkinchisiga o'tadi. Ko'pincha issiqlik tashuvchi agentlar bir-biridan devor orqali issiqlikning berilishi *issiqlikning o'tishi* deyiladi. Bunda berilgan issiqlikning miqdori Q issiqlik o'tkazishning asosiy tenglamasi orqali topiladi:

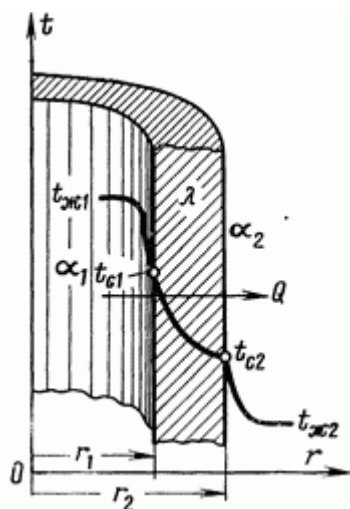
$$Q = K \cdot \Delta t \cdot F \cdot \tau \quad (4.12)$$

bu yerda K – issiqlik o'tkazish koeffitsienti, Δt – issiq va sovuq muhit haroratlarining o'rtacha farqi, F – muhitlarni ajratuvchi devor yuzasi, τ – jarayonning davomiyligi

Uzluksiz ishlaydigan tur'gun jarayonlar uchun bu tenglamada τ hisobga olinmaydi. U holda:

$$Q = K \cdot \Delta t \cdot F \quad (4.13)$$

Bu tenglamadagi K – birinchi muhit markazidan ajratuvchi devorga issiqlikning berilishi, ya'ni devor orqali issiqlik o'tkazuvchanlik va devor yuzasidan ikkinchi muhit markaziga issiqlik berish yo'llari orqali o'tish tezligini belgilovchi koeffitsient. K ning qiymatini topish uchun issiq muhitdan sovuq muhitga tekis devor orqali issiqlikning o'tish jarayonini ko'rib chiqamiz. (4.4-rasm).



4.5-rasm Tsilindrik devordan issiqlik o'tishi

Turg'un jarayon uchun birinchi muhit markazidan devorga berilgan, devordan o'tgan va devordan ikkinchi muhit markaziga berilgan issiqlikning miqdori o'zaro teng, ya'ni:

$$Q = \alpha_1 \cdot (t_{M_1} - t_{D_1}) \cdot F \quad (4.14)$$

$$Q = \frac{\lambda}{\delta} \cdot (t_{D_1} - t_{D_2}) \cdot F$$

$$Q = \alpha_2 \cdot (t_{D_2} - t_{M_2}) \cdot F$$

Bu ifodalardan quyidagilarni olish mumkin:

$$(t_{M_1} - t_{D_1}) = \frac{Q}{\alpha_1 \cdot F}$$

$$(t_{D_1} - t_{D_2}) = \frac{Q \cdot \delta}{\lambda \cdot F} \quad (4.15)$$

$$(t_{D_2} - t_{M_2}) = \frac{Q}{\alpha_2 \cdot F}$$

Natijada tenglamaning chap va o'ng tomonini qo'shamiz:

$$(t_{M_1} - t_{D_1}) + (t_{D_1} - t_{D_2}) + (t_{D_2} - t_{M_2}) = Q \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \right) \quad (4.16)$$

Yoki

$$Q = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \right)} (t_{M_1} - t_{M_2}) \quad (4.17)$$

(11.5) va (11.6) tenglamani o'zaro solishtirish natijasida tekis devor uchun quyidagi ifodani olish mumkin:

$$K = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \right)} \quad (4.18)$$

$$\text{Yoki } \frac{1}{K} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \right)} \quad (4.19)$$

Issqlik o'tkazish ko'effitsientiga teskari bo'lgan qiymat issqlik o'tishining termik qarshiligi deb yuritiladi. $1/\alpha_1$ va $1/\alpha_2$ qiymatlar issqlik berishning termik qarshiliklarini, δ/λ esa devorning termik qarshiligini ifodalaydi.

Issqlik o'tkazish ko'effitsienti quyidagi o'lchov birligiga ega:

$$K = \left(\frac{Q}{\Delta t \cdot F \cdot \tau} \right) = \left(\frac{J}{m^2 \cdot s \cdot K} \right) = \left(\frac{Vt}{m^2 \cdot K} \right) = \left(\frac{Vt}{m^2 \cdot ^\circ C} \right)$$

Shunday qilib, issqlik o'tkazish ko'effitsienti K harorati yuqori bo'lgan muhitdan harorati past bo'lgan muhitga vaqt birligi ichida ajratuvchi devorning 1 m^2 yuzasidan muhitlar haroratlari farqi 1°C bo'lganda o'tkazilgan issqlikning miqdorini bildiradi.

Ko'p qatlamli devordan issqlik o'tish jarayonida har bir qatlamning termik qarshiliklari hisobga olinadi. Bu holda K ning qiymati quyidagi tenglama bilan topiladi:

$$K = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \right)} \quad (4.20)$$

Kimyoviy texnologiyada ko'pincha issqlik truba yuzasi orqali o'tadi. Silindrsimon yuzadan issqlik o'tishining prinsipial sxemasi 2-rasmida ko'rsatilgan. Truba ichidagi harorati t_1 bo'lgan issqlik muhiti bo'lib, undan issqlik trubaning ichki yuzasiga beriladi. Truba tashqarisida harorati t_2 bo'lgan sovuq muhit bor. Truba tashqi yuzasidan sovuq muhitga issqlikning berilishi α bilan ifodalanadi. Trubaning balandligi L , ichki radiusi r_i , tashqi radiusini esa r_t bilan belgilaymiz. Silindrsimon yuzadan o'tkazilgan issqlik miqdori quyidagi tenglama bilan topiladi:

$$Q = K_R \cdot 2\pi \cdot \tau \cdot (t_1 - t_2) \quad (4.21)$$

K_R ning qiymati esa quyidagi tenglama bilan topiladi:

$$K_R = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_i \cdot r_i} + \frac{1}{\lambda} 2,3 \lg \frac{r_t}{r_i} + \frac{1}{\alpha_2 \cdot r_t} \right)} \quad (4.22)$$

K_R — issqlik o'tkazishning chiziqli ko'effitsienti.

Agar K ning qiymati truba uzunligining birligiga nisbatan olinsa, K_R ning qiymati truba uzunligining birligiga nisbatan olinadi. Shu sababli $K_R = (Vt/(m \cdot K))$ yoki $(Vt/(m \cdot ^\circ C))$ o'lchov birligiga ega.

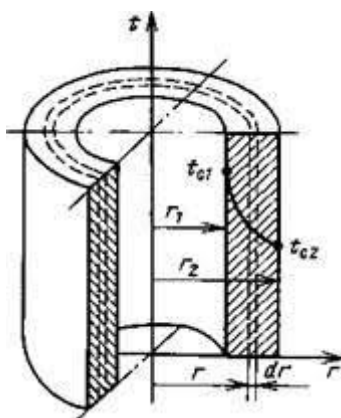
Silindrsimon devorning issiqlik o'tkazuvchanlik tenglamasi.

Uzunligi L , ichki radiusi r_i va tashqi radiusi r_t ga teng bo'lgan silindrsimon devorning issiqlik o'tkazuvchanligini ko'rib chiqamiz (4.5-rasm). Ichki va tashqi devordagi haroratlarni o'zgarmas, hamda ular t_{D_1} va t_{D_2} ga teng deb olinadi $t_{D_1} > t_{D_2}$.

Biror kesim uchun silindrsimon devorning yuzasi $F=2\pi rL$. F ning qiymatini Furye tenglamasiga qo'yib, bir o'lchamli maydon uchun quyidagi ifodani olamiz:

Furye qonuni: Bu qonunga ko'ra issiqlik o'tkazuvchanlik orqali o'tgan issiqlik miqdori dQ harorat gradientiga dt/dn , vaqtga τ va issiqlik oqimi yo'nalishiga perpendikulyar bo'lgan maydon kesimiga dF proporsionaldir, ya'ni:

$$dQ = -\lambda \cdot \frac{dt}{dn} \cdot dF \cdot \tau$$



4.6-rasm. Silindrsimon yuzaning issiqlik o'tkazuvchanlik tenglamasini aniqlash

$$Q = -\lambda \cdot 2\pi \cdot L \cdot \tau \cdot \frac{dt}{d\delta} \quad (4.23)$$

Bu yerda $\delta=r_t-r_i$; $d\delta$ o'rniga dr ni qo'yish mumkin:

$$Q = -\lambda \cdot 2\pi \cdot L \cdot \tau \cdot \frac{dt}{dr} \quad (4.24)$$

$$\text{Yoki} \quad \frac{dr}{r} = -\lambda \cdot \frac{2\pi L \tau}{Q} \cdot dt \quad (4.25)$$

Bu tenglamani r_i dan r_t gacha va t_{D_1} dan t_{D_2} gacha chegaralar bo'yicha integrallaymiz:

$$\int_{r_i}^{r_t} \frac{dr}{r} = -\lambda \cdot \frac{2\pi L \tau}{Q} \cdot \int_{t_{D_2}}^{t_{D_1}} dt \quad (4.26)$$

bundan,

$$\ln \frac{r_t}{r_i} = -\lambda \cdot \frac{2\pi L \tau}{Q} \cdot (t_{D_1} - t_{D_2}) \quad (4.27)$$

yoki $r_t/r_i = d_t/d_i$ hisobga olinsa:

$$Q = \frac{2\pi L \tau}{\frac{1}{\lambda} \cdot 2,3 \lg \frac{d_t}{d_i}} \cdot (t_{d_1} - t_{d_2}) \quad (4.28)$$

bu yerda d_t/d_i - silindrsimon devorning ichki va tashqi diametrlarining nisbati.

(11.17) tenglamadan ko`rinib turibdiki, silindrsimon devorning qalinligi bo`yicha harorat egri chiziq bo`yicha o`zgaradi, bu tenglama turg`un issiqlik rejimi uchun silindrsimon devorning issiqlik o`tkazuvchanlik tenglamasini ifodalaydi.

Bir necha qatlamdan iborat bo`lgan silindrsimon devordan issiqlik o`tkazuvchanlik yo`li bilan berilgan issiqdik miqdorini quyidagi tenglama orqali hisoblash mumkin.

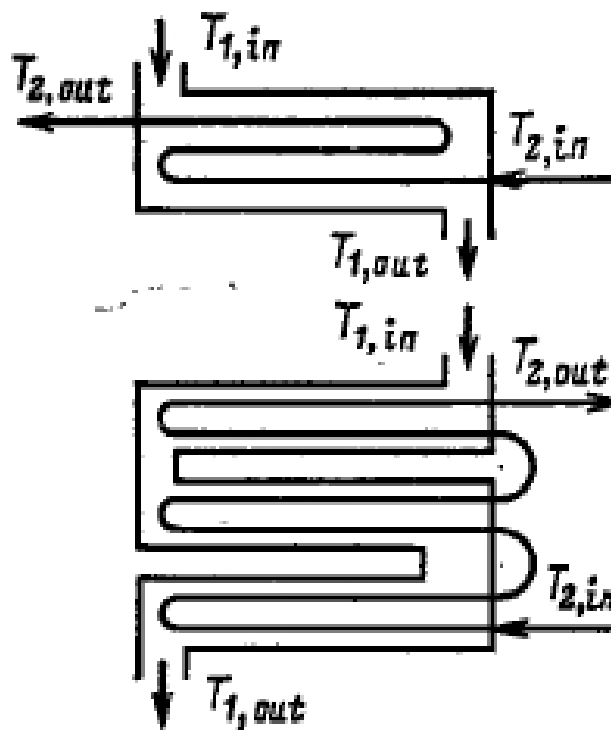
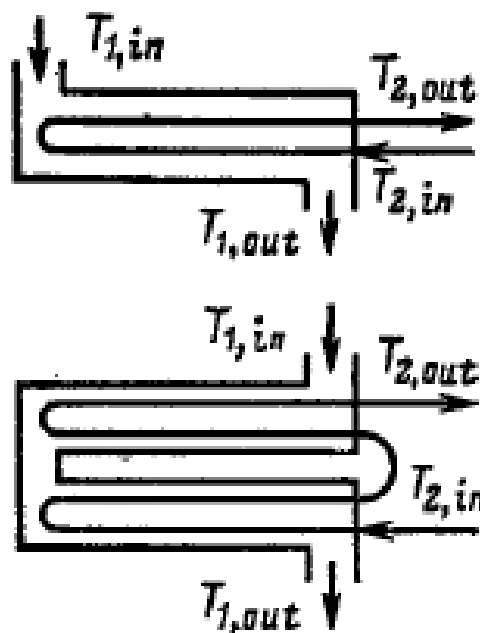
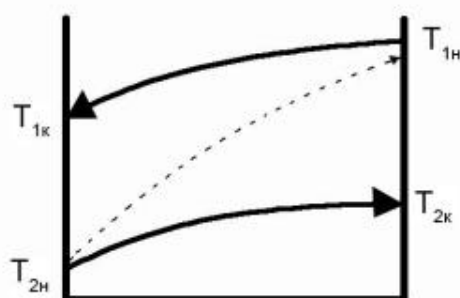
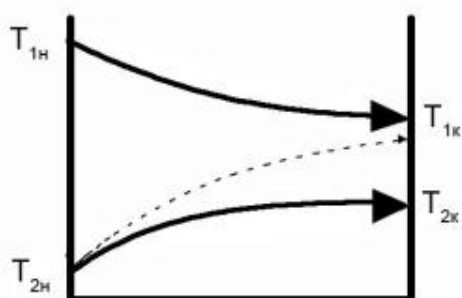
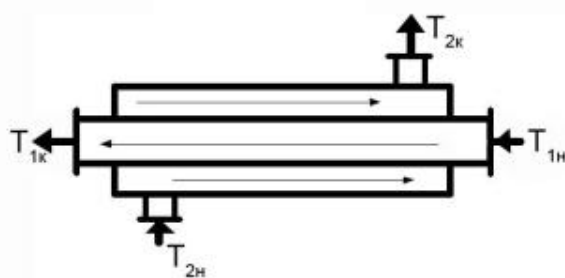
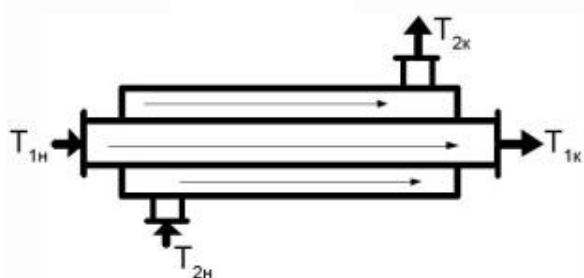
$$Q = \frac{2\pi L \tau (t_{d_1} - t_{d_2})}{\sum_{i=1}^{i=n} \frac{1}{\lambda_i} \cdot 2,3 \lg \frac{d_{i+1}}{d_i}} \quad (4.29)$$

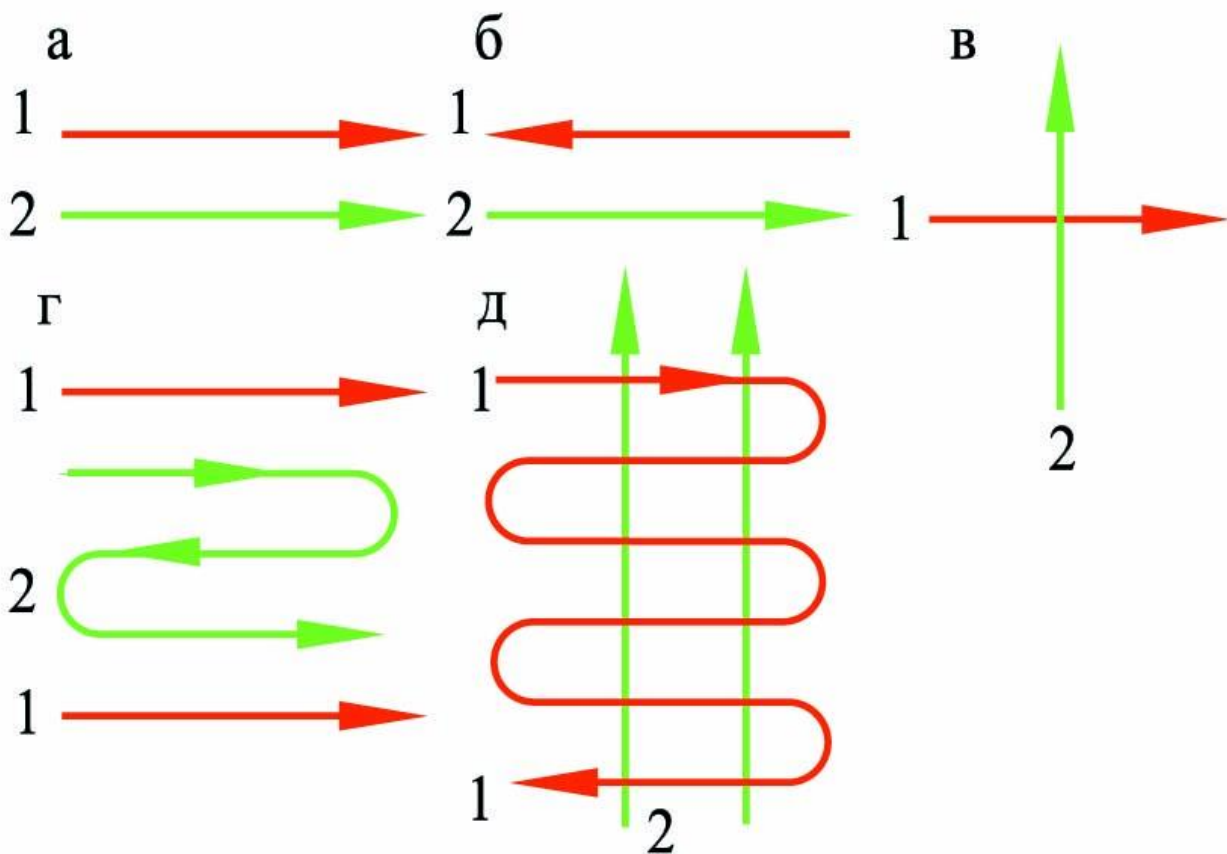
Issiqlik jarayonlarining harakatlantiruvchi kuchi.

Muhitlar harorati o`rtasida biror farq bo`lganida issiqlik harorati yuqori bo`lgan muhitdan harorati past bo`lgan muhitga o`tadi. Bunday haroratlar farqi issiqlik almashinish yuzasi bo`ylab o`zgaradi, ya'ni ular bir xil qiymatga ega bo`lmaydilar. Shu sababli issiqlik almashinish jarayonlarini hisoblashda o`rtacha haroratlar farqi  $\Delta t$  degan tushuncha ishlatiladi. Muhitlarning o`rtacha haroratlar farqi ***issiqlik almashinish jarayonlarining harakatlantiruvchi kuchi*** deb yuritiladi.

To'g'ri oqimli

Qarama -qarshi oqimli





4.7-rasm. Issiqlik almashinish apparatlarida issiqlik tashuvchi agentlarning yo'nalishi:

- 1) to'g'ri va teskari oqimli yo'nalishlar
- 2) real hollarda apparatlardagi murakkab oqimli yo'nalishlar
- 3) 1 – bir xil; 2 – qarama-qarshi; 3 – har tomonlama; 4 – murakkab; 5,6 – ko'p pog'onali har tomonlama.

Suyuqliklar haroratlarining issiqlik almashinish yuzasi bo'yicha o'zgarishi muhitlarning o'zaro yo'nalishiga bog'liq (4.7-rasm). Issiqlik almashinish apparatlarida issiq va sovuq suyuqliklar o'zaro parallel, qarama qarshi yoki o'zaro kesishgan bo'lishi mumkin.

Bulardan tashqari amalda issiqlik tashuvchi agentlarning ancha murakkab sxemalari ham uchraydi. Issiqlik tashuvchi agentlarning yo'nalishi bir yoki qarama qarshi yo'nalgan bo'lganda, o'rtacha haroratlar farqi quyidagi tenglama bilan topiladi:

$$\Delta t_{o'rt} = \frac{\Delta t_{kat} - \Delta t_{kich}}{2,3 \lg \frac{\Delta t_{kat}}{\Delta t_{kich}}}$$

Bu yerda Δt_{kat} va Δt_{kich} – issiqlik almashinish apparatining chetlaridagi haroratlarning katta va kichik farqlari. Haroratlarning bu farqlari quyidagicha aniqlaniladi:

$$\Delta t_{kat} = t_1' - t_2' \quad \Delta t_{kich} = t_1'' - t_2''$$

$$\text{yoki, } \Delta t_{kat} = t_1'' - t_2' \qquad \Delta t_{kich} = t_1' - t_2''$$

Agar $\Delta t_{kat}/\Delta t_{kich} < 2$ bo'lsa, o'rtacha haroratlar farqi quyidagi tenglama bilan topiladi:

$$\Delta t_{o'rt} = \frac{\Delta t_{kat} + \Delta t_{kich}}{2}$$

Bunday hisoblashda xatolik 4 % dan oshmaydi.

Bu (11.21) tenglamadan ko'rinib turibdiki, agar $t_{kat} = 0$ va $t_{kich} = 0$ bo'lsa, unda $\Delta t_{o'rt} = 0$ bo'ladi.

Agar $\Delta t_{kat} = \Delta t_{kich}$ bo'lsa, $\Delta t_{o'rt} = \Delta t_{kat} = \Delta t_{kich}$ bo'ladi.

Agarda issiqlik tashuvchi agentlardan birining harorati yuza bo'yicha o'zgarmasa (to'yingan bug'ning kondensatsiyalanishi, suyuqlikning qaynashi) bunday sharoitda $\Delta t_{o'rt}$ ning qiymati (11.19) yoki (11.21) tenglamalar bo'yicha hisoblanadi.

Agar issiqlik tashuvchi agentlarning yo'nalishi o'zaro kesishsa, o'rtacha haroratlar farqi quyidagi tenglama bilan topiladi:

$$\Delta t_{o'rt} = \varepsilon_{\Delta t} \frac{\Delta t_{kat} - \Delta t_{kich}}{2,3 \lg \frac{\Delta t_{kat}}{\Delta t_{kich}}} \quad (4.30)$$

bu yerda $\varepsilon_{\Delta t}$ — muhitlarning haroratlari nisbatiga bog'liq bo'lgan koeffitsient. Bu koeffitsient qiymatlari tegishli adabiyotlarda keltiriladi.

Mustaqil bajarish uchun vazifalar.

1. Issiqlik o'tkazish koeffitsientining o'lchov birligini keltirib chiqaring.
2. Issiqlik jarayonlarining harakatlantiruvchi kuchini aniqlang.

Nazorat uchun savollar:

1. Furrye qonuni.
2. Issiqlik o'tishining termik qarshiligi.
3. Issiqlik jarayonlarining harakatlantiruvchi kuchi.
4. O'rtacha haroratlar farqi.

4.3 KONVEKTSIYA USULIDA O'TGAN ISSIQLIK MIQDORINI HISOBLASH.

Har xil temperaturaga ega bo'lgan jismlarda issiqlik energiyasining biridan ikkinchisiga o'tishi **issiqlik almashinish jarayoni** deyiladi. "Issiq va sovuq" jismlarning temperaturalar o'rtasidagi farq issiqlik almashinishning harakatlanuvchi kuchi hisoblanadi. Temperaturalar farqi bo'lganda termodinamikaning ikkinchi qonuniga ko'ra issiqlik energiyasi temperaturasi yuqori bo'lgan jismdan temperaturasi past bo'lgan jismga o'z bo'lgan o'tadi.

Gaz yoki suyuqliklarda makroskopik hajmlarning harakati va ularni aralashtirish natijasida yuz beradigan issiqlikning tarqalishi **konveksiya** deyiladi. Konveksiya ikki xil erkin va majburiy bo'ladi. Gaz yoki suyuqlik ayrim qismlardagi

zichliklarning farqi natijasida hosil bo'ladigan issiqlikning almashinishi tabiiy yoki **erkin konveksiya** deyiladi.

Tashqi kuchlar ta'sirida (nasoslar yordamida suyuqliklarni uzatish, yoki mexanik aralashtirish) **majburiy konveksiya** paydo bo'ladi. Issiqlik energiyasining elektromagnit to'lqinlar yordamida tarqalishi **issiqlikning nurlanishi** deyiladi.

Nyuton qonuni.

Konvektiv issiqlik almashinishining asosiy qonuni bo'lib Nyutonning sovitish qonuni hisoblanadi. Bu qonunga ko'ra, issiqlik almashinish yuzadan atrof muhitda (yoki biror muhitdan qattiq jism yuzasiga) berilgan issiqlik devorining yuzasiga (df) yuza va muhit temperaturalarining farqiga ($t_w - t_f$) hamda jarayonning davomligiga ($d\tau$) to'g'ri proporsionaldir:

$$dQ = \alpha(t_w - t_f) \cdot df \cdot d\tau$$

α – issiqlik berish koeffitsienti.

$$[\alpha] = \frac{dQ}{df \cdot d\tau(t_w - t_f)} = \left[\frac{J}{m^2 \cdot ^\circ C \cdot grad} \right] = \frac{Vt}{m^2 \cdot K} = \frac{Vt}{m^2 \cdot s}$$

Uzluksiz issiqlik almashinish uchun issiqlikmiqdori quyidagicha aniqlanadi:

$$Q = \alpha \cdot F(t_w - t_f)$$

Issiqlik berish koeffitsienti devorning $1m^2$ yuzasidan suyuqlikka (yoki muhitdan $1m^2$ yuzali devorga) 1s vaqt davomida, devor va suyuqlik temperaturalarining farqi 1s bo'lganda berilgan issiqlikning miqdorini bildiradi.

Furye-Kirxgoffning konvektiv issiqlik almashinish tenglamasi:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} + \frac{\partial t}{\partial x} w_x + \frac{\partial t}{\partial y} w_y + \frac{\partial t}{\partial z} w_z = a \left(\frac{\partial^2 t}{\partial^2 x} + \frac{\partial^2 t}{\partial^2 y} + \frac{\partial^2 t}{\partial^2 z} \right)$$

Bu tenglama harakatdagi muhitda issiqlikning bir vaqtning bo'lgan issiqliko'tkazuvchanlik va konveksiya yo'llari bilan tarqalishining matematik ifodasidir.

Harakatlanuvchi muhitda joylashgan qattiq yuza ustida qalinligi σ ga teng bo'lgan chegara qatlam hosil bo'ladi. Bu qatlam orqali o'tgan issiqlikmiqdori Furye qonuni orqali topiladi:

$$dQ = -\lambda \frac{dt}{dn} df \cdot d\tau$$

o'tgan issiqlikning miqdorini Nyuton qonuni yordamida ham aniqlash mumkin:

$$dQ = \alpha(t_w - t_f) \cdot df \cdot d\tau \quad \text{yoki} \quad -\lambda \frac{dt}{dn} = \alpha(t_w - t_f)$$

bu tenglama konvektiv issiqlik almashinishini to'la ifoda qiladi.

Konvektiv issiqlik almashinishning kriterial tenglamasi. Yuqorida ko'rib o'tilgan tenglamalar ko'pincha hisob-kitoblarda kam qo'llaniladi. Shuning uchun hisoblash ishlarida kriterial tenglamalar keng qo'llaniladi:

$$Nu = f(Re, Gr, Pr, Fo)$$

$Nu = \frac{\alpha L}{\lambda}$ – Nuselt kriteriysi asosiy bo'lib, devor va oqim chegarasidagi issiqlikning o'tish tezligini ifodalaydi.

$Re = \frac{\omega L \rho}{\mu} = \frac{\omega L}{\nu}$ – Reynolds kriteriysi oqimdagi inersiya va ishqalanish kuchlarining nisbatini aniqlaydi.

$Gr = \frac{gL}{\nu^2} \beta \Delta t$ – Gragof kriteriysi;

β – hajmiy kengayish koeffitsienti.

Erkin konveksiya paytida issiq va sovuqsuyuqlik zichliklarining farqita'sirida hosil bo'lgan oqimning gidrodinamik rejimini ifodalaydi.

$Pr = \frac{c\mu}{\lambda} = \frac{\nu}{a}$ – Prandtl kriteriysi suyuqlikning qovushqoqlik va temperatura o'tkazuvchanlik xossalari nisbatini ifodalaydi.

$Fo = \frac{a \cdot \tau}{l}$ – Furiye kriteriysi noturg'un issiqlik jarayonlarida temperatura maydonining o'zgartirish tezligi, muhitning o'lchash va fizik kattaliklari o'rtasidagi bog'liqliklarni belgilaydi.

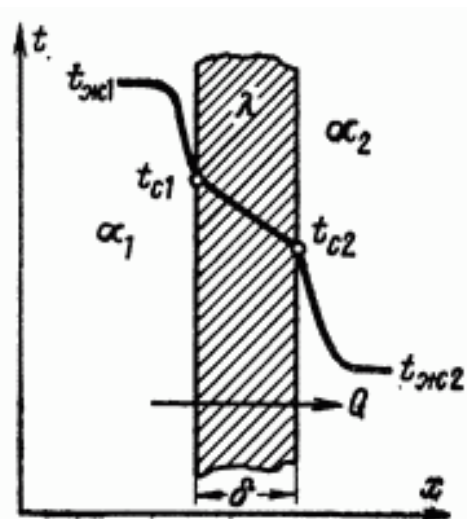
1. Turg'un jarayon uchun kriterial tenglama: $Nu = f(Re, Gr, Pr)$
2. Suyuqlik oqimi majburiy harakat qilgan paytda: $Nu = f(Re, Pr)$
3. Suyuqlikning erkin harakati paytida: $Nu = f(Gr, Pr)$

Tekis devorning issiqlik o'tkazishi. 4.13-rasmda qalinligi va materialining issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti bo'lgan tekis devor tasvirlangan.

Devorning bir tomonidan harorati t_{f1} (oqim o'zagida) bo'lgan issiqlik eltkich, ikkinchi tomonidan esa – harorati t_{f2} bo'lgan sovuqlik eltkich oqib o'tmoqda.

Devor yuzalarining harorati t_{w1} va t_{w2} . Issiqlik berish koeffitsiyentlari α_1 va α_2 .

Turg'un jarayonda F yuza orqali birinchi issiqlik eltkich o'zagidan devorga uzatilayotgan issiqlik miqdori, devordan o'tgan va devordan ikkinchi issiqlik eltkich o'zagiga uzatilayotgan issiqlik miqdoriga teng bo'ladi.



4.8.-rasm. Tekis devor orqali issiqlik o'tkazish jarayonida haroratning o'zgarish xarakteri.

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:

$$t_{f1} - t_{w1} = \frac{1}{\alpha_1} \cdot \frac{Q}{F}$$

$$t_{w1} - t_{w2} = \frac{\delta}{\lambda} \cdot \frac{Q}{F}$$

$$t_{w2} - t_{f2} = \frac{1}{\alpha_2} \cdot \frac{Q}{F}$$

Tenglamalar chap va o'ng tomonlarini qo'shish natijasida, ushbu ko'rinishga erishamiz:

$$t_{f1} - t_{f2} = \frac{Q}{F} \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \right)$$

bundan:

$$Q = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \cdot (t_{f1} - t_{f2}) \cdot F$$

(4.92) va (4.95) tenglamalarni solishtirib, quyidagi formulaga erishamiz:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

bu yerda **K** – issiqlik o'tkazish koeffitsiyenti, $\text{Wt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Unda, tekis devorning issiqlik eltkichning o'zgarmas haroratlarida issiqlik o'tkazish tenglamasi ushbu ko'rinishni oladi:

$$Q = KF\tau \cdot (t_{f1} - t_{f2})$$

uzluksiz jarayonlar uchun esa:

$$Q = KF (t_{f1} - t_{f2})$$

(4.97) tenglamaga binoan issiqlik o'tkazish koeffitsiyentining o'lchov birligi:

$$K = \left[\frac{Q}{F\tau(t_{f1} - t_{f2})} \right] = \left[\frac{\mathcal{K}}{\mathcal{M} \cdot c \cdot K} \right] = \left[\frac{Bm}{\mathcal{M}^2 \cdot K} \right]$$

(4.96) tenglamadan

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}$$

Shunday qilib issiqlik o'tkazish koeffitsiyenti **K** harorati yuqori bo'lgan, issiqlik eltkichdan harorati past eltkichga vaqt birligida ajratuvchi devorning 1m² yuzasidan eltkichlar harorati 1K bo'lganda o'tkazilgan issiqlikning miqdorini bildiradi.

Issiqlik o'tkazish koeffitsiyentiga teskari bo'lgan kattalik **termik qarshilik** deb nomlanadi. **1/a₁** va **1/a₂** lar issiqlik berishning termik qarshiligi bo'lsa, - devorning termik qarshiligi. (4.99) 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 (4-5 jadval).

$$r_{uf\lambda} = \frac{\delta_{uf\lambda}}{\lambda_{uf\lambda}}$$

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:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (4.33)$$

bu yerda **i** - qatlamning tartib raqami; **n** - qatamlar soni.

Shuni alohida ta'kidlash kerakki, har doim issiqlik o'tkazish koeffitsiyenti eng minimal issiqlik berish koeffitsiyenti qiymatidan kichik bo'ladi.

Mustaqil bajarish uchun vazifalar

1. Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsientining birligini keltirib chiqarish;
2. Issiqlik berish koeffitsientining birligini keltirib chiqarish;

Amaliy mashg'ulotni chuqurroq o'rganishda aqliy hujum, klaster va elpig'ich usullaridan foydalaniladi.

Nazorat uchun savollar.

1. Issiqlik almashinish jarayoni haqidatushuncha.
2. Issiqlik almashinish jarayonining harakatlantiruvchi kuchlar.
3. Konveksiya haqida tushuncha: tabiiy va majburiy konveksiya.
4. Temperatura gradiyenti va maydoni.
5. Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti, o'lchov birligi.
6. Issiqlik o'tkazuvchanlikning differentsial tenglamasi.
7. Furie qonuni.
8. Turli moddalarni issiqlik o'tkazuvchanligi.
9. Issiqlik miqdorini hisoblash.
10. Konvektiv issiqlik almashinishidatemperaturaning o'zgarishi.
11. Nyuton qonuni.
12. Uzlaksiz issiqlik almashinish uchun issiqlik miqdorini aniqlash.

HISOBLASH FORMULALARI VA ASOSIY BIRLIKLARI

1. Issiqlik o'tkazishning asosiy tenglamasi,

$$Q = KF (t_{f1} - t_{f2}) \quad (4.46)$$

Bu erda Q – issiqlik o'tkazish miqdori Wt , K - issiqlik o'tkazish koeffitsienti, $Wt/(m^2 \cdot K)$; G - muhitlarni ajratuvchi devor yuzasi, m^2 ; Δt - issiq va sovuq muhitlar temperaturatari o'rtasidagi farqi, $^{\circ}C$.

2. Issiqlik almashinish qurilmasining issiqlik balansi.

- 2.1. Issiqlik tashuvchi agentlarning agregat holti o'zgarganda:

$$Q = G_1 \cdot c_1 \cdot (t_1' - t_1'') = G_2 \cdot c_2 \cdot (t_2'' - t_2') + Q_{irr}$$

- 2.2. Issiqlik tashuvchi muhitlarning birortasining agregat xolati o'zgarganda;

$$Q = D \cdot r + D \cdot c_{kond} (t_6 - \theta_{kond}) = G_2 \cdot c_2 \cdot (t_2'' - t_2') + Q_{irr}$$

bu erda G_1 va G_2 — issiq va sovuq agentlarning sarfi, kg/s ; s_1 , s_2 va s_{kond} - issiq, sovuq va isituvchi bug' kondensatining issiqlik sigimi, $J/kg \cdot K$; t_1^1 , t_2^1 , t_1^{11} va t_2^{11} , - issiq (indeks "I") va sovuq (indeks "II") agentlarining boshlangich va oxirigi temperaturalar, D – isituvchi bug sarfi kg/s ; r – bug xosil bo'lish issikligi, J/kg ; θ – qurilmadan chiqayotgan kondensat temperaturasi $^{\circ}S$.

3. Issiqlik o'tkazish koeffitsienti. K , $Wt/(m^2 \cdot K)$

- 3.1. Tekis va silindrsimon devorlar uchun:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum r_{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

Va silindrsimon uchun radius quyidagiga teng:

$$r_{\phi} = \frac{\delta_{\lambda}}{\lambda_{\lambda}} + r_{u1} + r_{u2}$$

Agarda truba ulchamlari ichki va tashki diametrlar nisbati 0,5 dan kichik bulsa, silindrsimon devorning 1 m uzunligi uchun K quyidagicha xisoblanadi:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 \cdot d_1} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_R \ln \frac{d}{d_2}} + \frac{1}{\alpha_2 \cdot d_2} + \sum r_{\text{вн}}}$$

K va K_1 urtasida quyidagi bog'liklar bor:

$$K = \frac{K_1}{\pi \cdot d_{\text{yp}}}$$

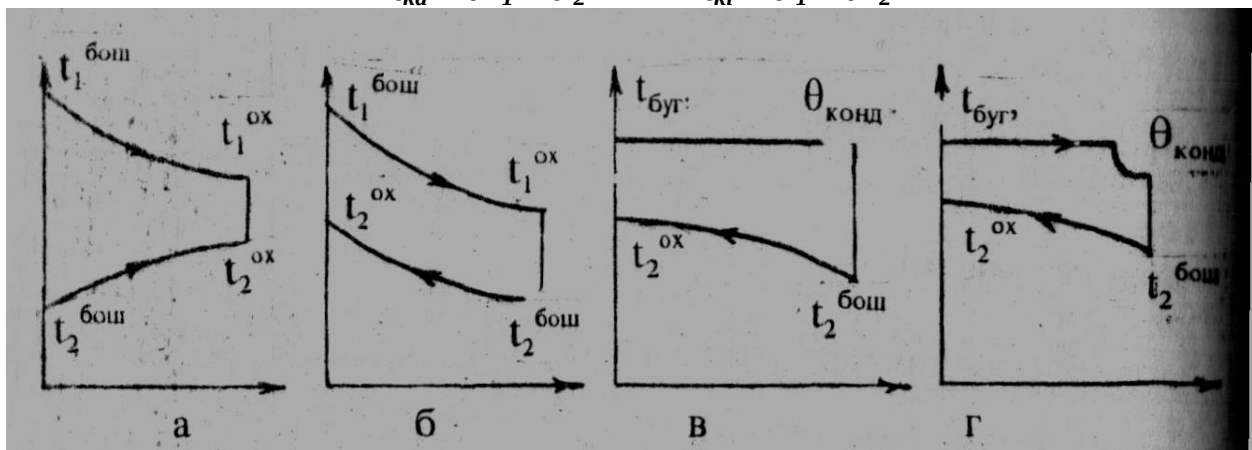
4.1. Issiqlik tashuvchi muhitlarning agregat holati o'zgarganda (4.1 a,b-rasmlar) Δt_{ka} va quyidagicha aniqlanadi:

bir xil yo'nalish uchun

$$\Delta t_{ka} = t_1^I - t_2^I \quad \Delta t_{ki} = t_1^{II} - t_2^{II}$$

qarama-qarshi yo'nalish uchun

$$\Delta t_{ka} = t_1^{II} - t_2^I \quad \Delta t_{ki} = t_1^I - t_2^{II}$$



4.9-rasm. Issiqlik almashinish jarayonida temperaturalarning o'zgarish grafiklari.

a-bir xil yulli, agentlarning agregat holati o'egarmaydi; b-qarama-qarshi agentlarning agregat xolati uzgarimyndi; v-qarama qarshi agentlarning agregat holi o'zgradi. $\theta_{\text{kond}} = t_b$; g-xuddi / b / dagidek, faqat $\theta_{\text{KOND}} < t_b$.

4.2. Issiqlik tashuvchi muhitlardan birining agregat holati o'zgarganda (4.1v,g-rasmlar) Δt_{ka} va Δt_{ki} , quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta t_{ka} = \theta_{\text{kond}} - t_2^I \quad \Delta t_{ka} = t_b - t_2^I$$

5. Issiqlik berish koeffitsienti α kriterial tenglamalardan topiladi.

Konvektiv issiqlik almashinishning kriterial tenglama umumiy holda quyidagi ko'rinishi ega

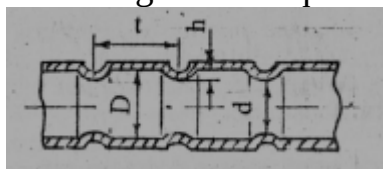
$$Nu = f(Re, Gr, Pr, Fo \dots)$$

Bu erdagi, asosiy o'xshashlik kriteriylari ushbu formuladan topiladi:

$$Nu = \frac{\alpha \cdot d}{\lambda}$$

$$\begin{aligned} Pr &= \frac{c \cdot \mu}{\lambda} \\ Re &= \frac{w \cdot d \cdot \rho}{\mu} = \frac{w \cdot d}{\nu} \\ Ga &= \frac{Re^2}{Fr} = \frac{g \cdot d^3}{\nu^2} \\ Cr &= \frac{g \cdot d^3}{\nu^2} \cdot \beta \cdot \Delta t \\ Fo &= \frac{a \cdot \tau}{l^2} \end{aligned}$$

6. Issiqlik almashinish jarayonini intensivlashning eng samarador usullaridan biri, bu trubalarga diskret joylashgan kundalang kanallar qilishdir (4.2 - rasm).



4.2 rasm. Yuqori samarador issiqlik almashiniş yuzasi.
/nakatka qilingan truba/.

7. Issiqlik aliashinish qurilmasining (4.3-rasm) issiqlik o'tkazish yuzasi ushbu formula orqali topiladi:

$$G = p \cdot \text{dur} \cdot I \cdot n$$

bu erda n -trubalar soni, m ; l -truba uzunligi, m .

8. Suyuqlik sarf tenglamasi.

8.1 Hajmiy sarf V_c quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$V_c = w \cdot S$$

Bu erda S -trubaning ko'ndalang 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.

8.2 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:

$$q = \frac{Q}{F} = \frac{t_n - t_c}{F} = \frac{\lambda}{\delta} \cdot (t_n - t_c) \quad (4.36)$$

bu erda q -issiqlik oqimining zichligi, Vt/m^2 ; Q -issiqlik oqimi, Vt ; F -devor yuzasi, m^2 ; t_i va t_c – issi q va sovuq devorlar yuzasining temperaturasi, 0C ; $r = \delta/\lambda$ -devorning termik qarshiligi, $m^2 \cdot K/Vt$; δ -devor qalinligi, m ; δ/λ -issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti, $Vt/m \cdot K$.

9.2. Ko'p qavatli tekis devor orqali o'tgan issiqlik miqdori esa quyidagicha hisoblanadi:

$$q = \frac{Q}{F} = \frac{t_n - t_c}{\sum r} = \frac{t_n - t_c}{\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n}} \quad (4.37)$$

9.3. Silindrsimon devorning o'tkazuvchanlik tenglamasi:

$$Q = \frac{\lambda}{\delta} \cdot (t_n - t_c) \cdot F_{yp} = \frac{2 \cdot n \cdot \lambda \cdot (t_n - t_c) \cdot L}{2,3 \cdot \lg(d_2/d_1)} \quad (4.38)$$

Bu erda $\delta = (d_2 - d_1)/2$ silindrsimon devorning o'rtacha yuzasi quyidagi formuladan topiladi:

$$F_{yp} = \pi \cdot d_{yp} \cdot L = \frac{n \cdot (t_n - t_c) \cdot L}{2,3 \cdot \lg(d_2/d_1)} \quad (4.39)$$

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:

$$F_{yp} = \frac{\pi \cdot (d_1 + d_2) \cdot L}{2} \quad (4.40)$$

9.4. Ko'p qavatli silindrsimon devordan o'tayotgan issiqlik miqdori quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$Q = \frac{2 \cdot \pi \cdot L \cdot (t_n - t_c)}{\sum \frac{1}{\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot L \cdot (t_n - t_c)}{\frac{1}{\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\lambda_2} \ln \frac{d_2}{d_1} + \dots} \quad (4.41)$$

9.5. Temperatura 30°S atrofida bo'lganda, tajribaviy ma'lumotlar yo'q bo'lsa, suyuqliklarning issiqlik o'tkazuvchanligi ushbu formula yordamida hisoblash mumkin:

$$\lambda_{yp} = A \cdot c \cdot \rho^3 \cdot \sqrt{\frac{\rho}{M}} \quad (4.42)$$

c- suyuqlikning solishtirma issiqlik sig'imi, J/(kg·K); ρ - suyuqlik zichligi, kg/m³; M – suyuqlik molyar massasi, kg/kmol; A – suyuqlikning assotsiatsiyalanish darajasiga bog'liq koeffitsient, m³·kmol^{-0,33}·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
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:

$$\lambda_{st} = \lambda_{330} \cdot \frac{\lambda_{c1}}{\lambda_{c30}} \quad (4.44)$$

bu erda λ_e va λ_s – eritma va suvning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsientlari.

9.6. Gazlarning past bosimlardagi issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsientini 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 $B=2,5$, ikki atomliklar uchun $B=1,9$ va uch atomliklar uchun $B=1,72$.

MISOLLARNI ISHLASH NAMUNASI

4-1. Suv spirtining 75% li bug'i rektifikatsiya kolonnasining kondensatorida kondensatsiyalanmoqda. Sovituvchi suv 10^0C temperatura qurilmaga kirib, 50^0C ga isimoqda. Kondensatorning diametri $35 \times 1,5$ mm va uzunligi 1,3 bo'lgan 121 ta trubadan yig'ilgan. Qurilmaning issiqlik o'tkazish koeffitsienti $400 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$. Kondensatsiyalanayotgan bug'ning sarfi topilsin.

Yechish:

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 konsentratsiyasi 75% bo'lganda kondensatsiyalanish temperaturasi $t=82,8^0\text{C}$, bug'lanish issiqligi $r=1210 \text{ kJ/kg}$, zichligi esa $\rho=1,145 \text{ kg/m}^3$.

3. O'rtacha temperaturalar farqi quyidagicha aniqlanadi:

$$\begin{matrix} 82,8 \rightarrow 82,8 \\ 10 \rightarrow 50 \end{matrix}$$

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:

$$\Delta t_{yp} = \frac{72,8 - 32,8}{\ln 72,8 / 32,8} = 50,6^0\text{C}$$

4. Kondensatorning issiqlik yuklamasi (4.1) formula yordamida aniqlanadi:

$$Q = 400 \cdot 16,5 \cdot 50,6 = 334177,2 \text{ Bt}$$

5. $\theta_{kond}=t_b$ deb qabul qilib, kondensatsiyalanayotgan bug'ning massaviy sarfi (4.3) formuladan topiladi:

$$D = \frac{Q}{r} = \frac{334177,2}{1210000} = 0,276 \text{ kg/c} = 994 \text{ kg/coat}$$

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 $d=25 \times 2 \text{ mm}$ li 13ta trubadan yasalgan. Kojuxning ichki 273 mm. Qurilmada soatiga 10 t suv 10°C dan 70°C gacha isitilmoqda. Suv truba ichidan va trubalararo bo'shliqdan o'tayotgan paytidagi issiqlik berish koeffitsienti topilsin.

Yechish:

Hisoblash quyidagi ketma-ketlikda olib boriladi:

1. Ilovadagi 4-jadvaldan $t_{0,r}=40^\circ\text{C}$ da suvning fizik xarakteristikalarini aniqlanadi: $\rho_2=992 \text{ kg/m}^3$; $s_2=4,18 \text{ kJ/kg}$; $\lambda_2=0,634 \text{ Wt/m}\cdot\text{K}$; $\mu=657 \cdot 10^{-6} \text{ Pa}\cdot\text{s}$; Prandtl kriteriysi $Pr=4,31$.
2. Truba ichida oqayotgan suvning tezligi ushbu formula bo'yicha hisoblanadi:

$$w = \frac{4 \cdot G}{\pi \cdot d_{\text{tr}}^2 \cdot n \cdot 3600 \cdot \rho} = \frac{4 \cdot 10000}{3,14 \cdot 0,021^2 \cdot 13 \cdot 992 \cdot 3600} = 0,62 \text{ m/c}$$

3. Reynolds kriteriysi (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 $(Pr/Pr_d)=1$ 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:

$$\alpha_2 = \frac{107,12 \cdot 0,634}{0,021} = 3234 \text{ Bt/m}^2 \cdot \text{K}$$

5. Suvning trubalararo bo'shliqdagi tezligi (4.29) formuladan topiladi:

$$w = \frac{10000}{0,052 \cdot 992 \cdot 3600} = 0,054 \text{ m/c}$$

bu erda $S=0,052 \text{ m}^2$ - trubalararo bo'shliqning ko'ndalang kesim yuzasi:

$$S = 0,785 \cdot (d_{\text{tr}}^2 - d_{\text{ich}}^2)$$

d_{ich} va d_{tr} – trubaning ichki va tashqi diametrlari, m.

6. Trubalararo bo'shliqning ekvivalent diametrini (4.21) formuladan topish mumkin:

$$d_3 = \frac{4 \cdot 3,14 \cdot (0,273^2 - 13 \cdot 0,025^2)}{4 \cdot 3,14 \cdot (0,273^2 + 13 \cdot 0,025^2)} = 0,11 \text{ m}$$

7. Reynolds kriteriysi 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,

$$\alpha = \frac{54,12 \cdot 0,634}{0,0978} = 350,8 \text{ BТ/м}^2 \cdot \text{K}$$

9. $\varepsilon_1=1$ va $(Pr/Pr_d)=1$ inobatga olib, turbulent harakat rejimi uchun (4.22) va (4.23a) formulalar yordamida issiqlik berish koeffitsienti hisoblanadi.

$$Nu = 0,021 \cdot 8968,7^{0,8} \cdot 4,31^{0,43} = 57,1$$

$$\alpha_{2T} = 370,6 \cdot 0,975 = 361,3 \text{ BТ/м}^2 \cdot \text{K}$$

10. Agar $Re=8968,7$ bo'lsa, $\varepsilon_1=0,975$ (10-jadvalga qaralsin), unda o'tish sohasi uchun issiqlik berish koeffitsienti quyidagicha topiladi:

$$\alpha_{2T} = \frac{57,1 \cdot 0,634}{0,0978} = 370,6 \text{ BТ/м}^2 \cdot \text{K}$$

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 spirt bilan to'ldirilgan. Ushbu spirtni 15°C dan 57°C 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 spirt hajmi:

$$V_{\text{e}} = \varphi \cdot V$$

formuladan aniqlanadi. Uning miqdori esa,

$$M = V_{\text{e}} \cdot \rho$$

bu erda $\rho=1010 \text{ kg/m}^3$. Unda,

$$M = \varphi \cdot \left(\frac{\pi \cdot D^2}{4} \right) \cdot H \cdot \rho = 0,8 \cdot \left(\frac{3,14 \cdot 1,8^2}{4} \right) \cdot 2,6 \cdot 1010 = 5346 \text{ кг}$$

Isitish uchun zarur issiqlik miqdori

$$Q = M \cdot c_{\text{e}} \cdot \Delta t_{\text{e}} = 5346 \cdot 3700 \cdot 42 = 830750 \text{ кЖ}$$

$$\Delta t_{\text{e}} = t_{2\text{e}} - t_{1\text{e}} = 57 - 15 = 42^{\circ}\text{C}$$

4.4 KOJUX – TRUBALI ISSIQLIK ALMASHINISH QURILMALARINI HISOBLASH

Rektifikatsion kolonnadan chiqayotgan $G_1=6,0 \text{ kg/s}$ miqdordagi kub qoldig'i $t_{1\text{bosh}}=102,5^{\circ}\text{C}$ dan $t_{1\text{ox}}=30^{\circ}\text{C}$ gacha sovitish uchun kojux-trubali issiqlik almashinish qurilmasi (4.3-rasm) hisoblansin va normallashtirilgan qurilma tanlansin. Kub qoldig'i

korrozion aktiv organik suyuqlik bo'lib, o'rtacha $t_1=0,5 \cdot (t_{1\text{bosh}}+t_{1\text{ox}})=66^0\text{Sda}$ quyidagi fizik-kimyoviy xarakteristikalarga ega:

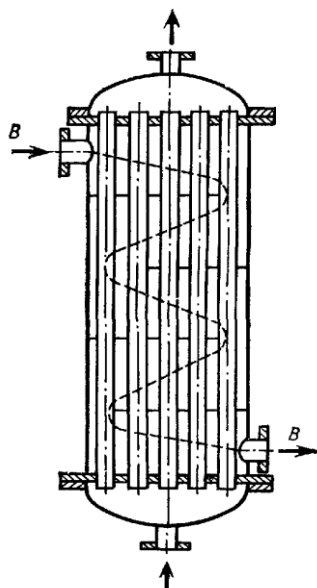
$$\rho_1=986 \text{ kg/m}^3;$$

$$\lambda_1=0,662 \text{ Vt/(m}\cdot\text{K)};$$

$$\mu_1=0,00054 \text{ Pa}\cdot\text{s};$$

$$\beta_1=0,00048 \text{ K}^{-1}.$$

Sovitish suv yordamida amalga oshirilmoqda va uning temperaturasi $t_{2\text{bosh}}=20^0\text{Sdan}$ $t_{1\text{ox}}=40^0\text{Sgacha}$ ko'tarilmoqda.



4.10-rasm. Segment shaklidagi ko'ndalang to'siqli kojux-trubali issiqlik almashinish qurilmasi.

Issiqlik almashinish qurilmasini hisoblash quyidagi blok sxemada keltirilgan ketma-ketlikda olib boriladi (4.10-rasm).

1) Qurilmaning issiqlik almashinish yuklamasini topamiz:

$$Q = G_1 \cdot c_1 \cdot (t_{1\text{sox}} - t_{1\text{ox}}) = 0,6 \cdot 4190 \cdot (102,5 - 50) = 1820000 \text{ BT}$$

2) Issiqlik balansi tenglamasidan suvning sarfini aniqlaymiz:

$$G_2 = \frac{Q}{c_2 \cdot (t_{2\text{ox}} - t_{2\text{sox}})} = \frac{1820000}{4180 \cdot (40 - 20)} = 21,8 \text{ kg/c}$$

bu erda $s_2=4180 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$ – suvning $t_2=0,5 \cdot (t_{2\text{ox}}+t_{2\text{bosh}})=30^0\text{C}$ temperaturadagi solishtirma issiqlik sig'imi $t_2=30^0\text{C}$ temperaturadagi suvning boshqa fizik xarakteristikalari quyida keltirilgan:

$$\rho_2=996 \text{ kg/m}^3;$$

$$\lambda_2=0,618 \text{ Vt/(m}\cdot\text{K)};$$

$$\mu_2=0,000804 \text{ Pa}\cdot\text{s}.$$

3) Issiqlik almashinish qurilmasining o'rta logarifmik temperaturalar farqi ushbu yo'l bilan hisoblab topiladi:

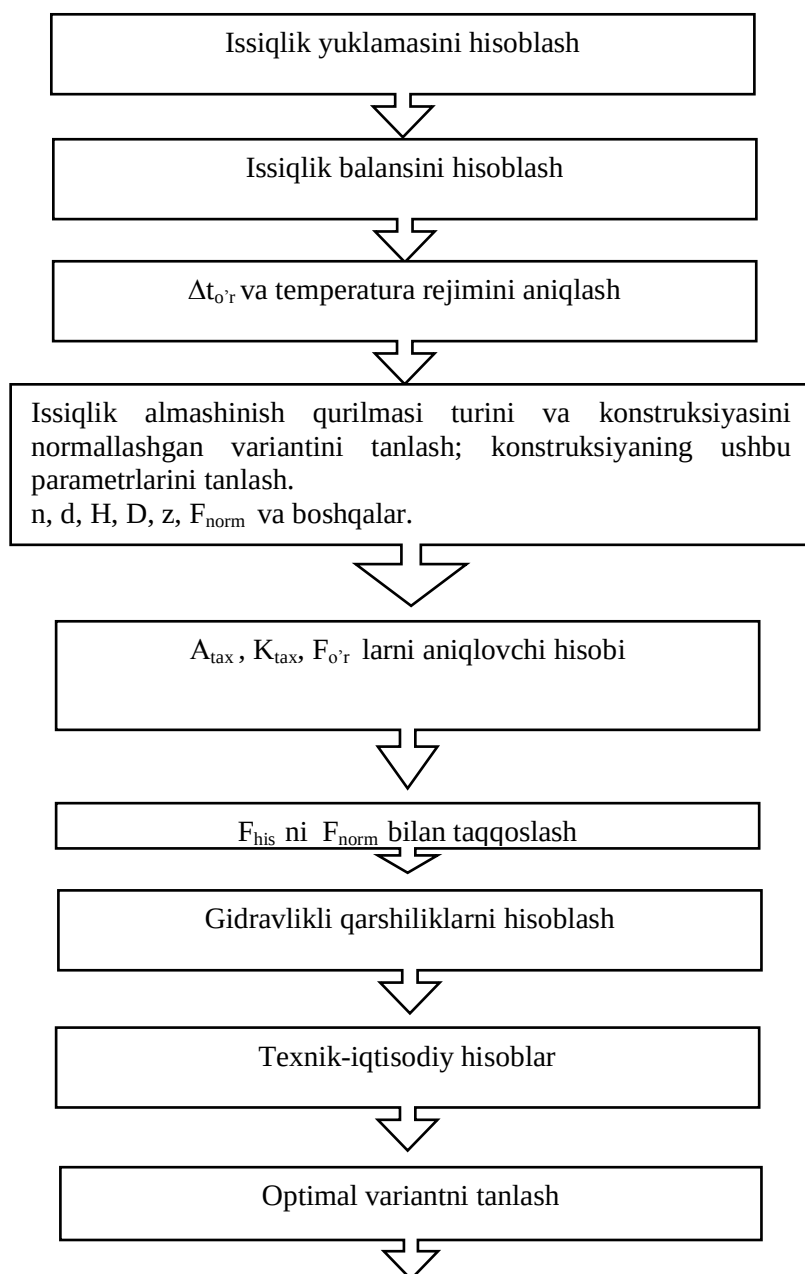
$$\Delta t_{\text{yp}} = \frac{(t_{1\text{sox}} - t_{2\text{ox}}) - (t_{1\text{ox}} - t_{2\text{sox}})}{\ln \frac{t_{1\text{sox}} - t_{2\text{ox}}}{t_{1\text{ox}} - t_{2\text{sox}}}} = \frac{(102,5 - 40) - (30 - 20)}{\ln \frac{62,5}{10}} = 28,6^0\text{C}$$

4) Issiqlik almashinish qurilmasini taxminiy tanlash.

Issiqlik tashuvchi agentlarning qaysi birini truba ichiga, qaysi birini trubalararo bo'shliqqa yo'naltirish, uning bosimi, korrozion faolligi, truba yuzasini ifloslash qobiliyati va boshqalarga bog'liqdir. Bizning masalada, kub qoldig'i-korrozion faol muhit bo'lgani uchun uni truba ichiga yo'naltiramiz, suvni esa trubalararo bo'shliqqa yuboramiz.

Truba ichidagi suyuqlikning oqishi turg'un, turbulent rejim va unga tegishli Reynolds sonini taxminan $Re_{1tax}=15000$ deb qabul qilamiz. Suyuqlikning bunday oqish rejimi diametri $d=20 \times 2$ mm, trubalar soni n ta bo'lgan bir yo'lli issiqlik almashinish qurilmasida mumkindir.

$$\frac{n}{z} = \frac{4 \cdot G_1}{n \cdot d \cdot Re_{1tax} \cdot \mu_1} = \frac{4 \cdot 6,0}{n \cdot 0,016 \cdot 15000 \cdot 0,00054} = 59$$



4.11-rasm. Issiqlik almashinish qurilmasini hisoblash sxemasi.

$d=25 \times 2$ mm li trubalar uchun

$$\frac{n}{z} = \frac{4 \cdot 6,0}{n \cdot 0,021 \cdot 15000 \cdot 0,00054} = 45$$

Suyuqliklarni turbulent rejimda oqishga tegishli issiqlik o'tkazish koeffitsientining taxminiy minimal son qiymati quyidagiga teng bo'ladi: $K_{tax}=800$ $Wt/(m^2 \cdot K)$ (4-3 jadval).

4-3 jadval

Issiqlik o'tkazish koeffitsienti K ning taxminiy qiymatlari ($Vt/m^2 \cdot K$)

Issiqlik almashinish turi	Majburiy harakat uchun	Erkin harakat uchun
Gazdan gazga	10-40	4-12
Gazdan suyuqlikka	10-60	6-20
Kondensatsiyalanayotgan bug'dan gazga	10-60	6-12
Suyuqlikdan suyuqlikka: suv uchun	800-1700	140-340
uglevodorod, moylar uchun	120-270	30-60
Kondensatsiyalanayotgan suv bug'idan suvga	800-3500	300-1200
Kondensatsiyalanayotgan suv bug'idan organik suyuqlikka	120-340	60-170
Kondensatsiyalanayotgan organik suyuqlik bug'idan suvga	300-800	230-460
Kondensatsiyalanayotgan suv bug'idan qaynayotgan suvga	-	300-2500

Shunda, issiqlik almashinish yuzasining tahminiy son qiymati quyidagiga teng bo'ladi:

$$F = \frac{Q}{\Delta t_{\text{yp}} \cdot K} = 79,5 \text{ m}^2$$

65-jadvaldan ko'rinib turibdiki, ushbu yuzali issiqlik almashinish qurilmasi kojuxining diametri 600-800 mm dir. Shunga ahamiyat berish kerakki, faqat yo'llar soni $z=4$ va 6 bo'lgan ko'p yo'lli qurilmalardagina n/z nisbati 50 ga yaqin.

Ma'lumki, ko'p yo'lli issiqlik almashinish qurilmalarida o'rtacha harakatga keltiruvchi kuch bir yo'lli qurilmalarnikidan birmuncha kamroq bo'ladi. Bunga sabab, issiqlik tashuvchi agentlarning o'zaro aralash yo'nalishlarda harakat hosil bo'lishidir.

4.5-rasmdan o'rtacha temperaturalar farqi uchun tegishli tuzatish qiymatini topamiz:

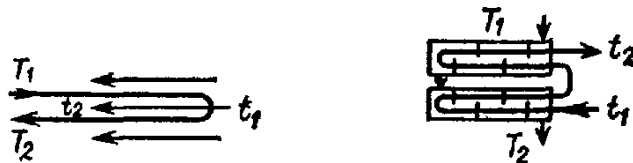
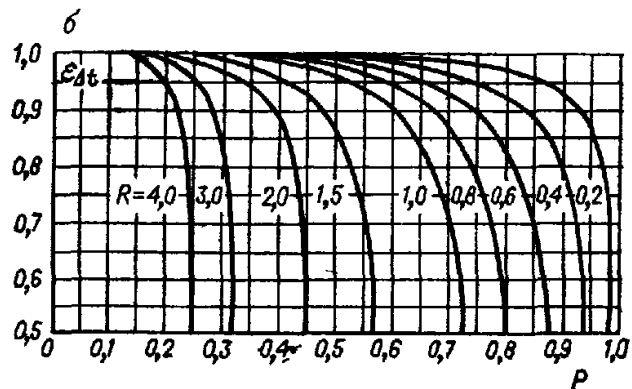
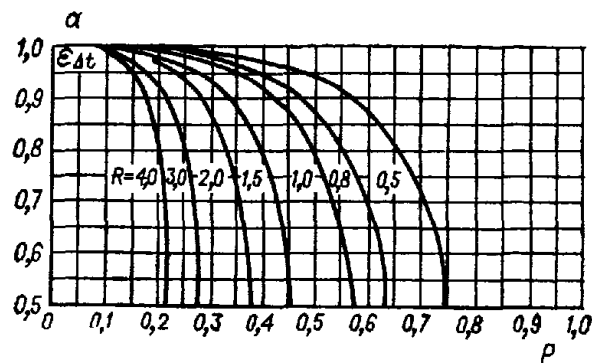
$$P = \frac{t_{2\text{ox}} - t_{2\text{sox}}}{t_{1\text{sox}} - t_{2\text{sox}}} = \frac{40 - 20}{102,5 - 20} = 0,24$$

$$R = \frac{t_{1\text{sox}} - t_{2\text{ox}}}{t_{2\text{ox}} - t_{2\text{sox}}} = \frac{102,5 - 40}{40 - 20} = 0,24$$

$$\varepsilon_{\Delta t} = 0,77 \quad \text{va} \quad \Delta t_{\text{yp}} = 28,6 \cdot 0,77 = 22^\circ\text{C}$$

Olingan tuzatish koeffitsientini hisobga olsak, tahminiy issiqlik almashinish yuzasi quyidagiga teng bo'ladi:

$$F_{\text{tax}} = \frac{Q}{\Delta t_{\text{yp}} \cdot K} = \frac{1820000}{22 \cdot 800} = 103,5 \text{ m}^2$$



$$P = \frac{t_{2K} - t_{2H}}{t_{1H} - t_{2H}};$$

$$R = \frac{t_{1H} - t_{1K}}{t_{2K} - t_{2H}};$$

4.12-rasm. Issiqlik tashuvchi agentlarning o'zaro murakkab harakatlari uchun $\varepsilon_{\Delta t}$ tuzatmani aniqlash.

Endi, quyidagi variantlar uchun aniqlovchi hisoblash o'tkazish maqsadga muvofiq bo'ladi:

Ik $D=600$ mm, $d_t=25 \times 2$ mm, $z=4$, $n/z=206/4=51,5$;

IIk $D=600$ mm, $d_t=20 \times 2$ mm, $z=6$, $n/z=316/6=52,7$;

IIIk $D=800$ mm, $d_t=25 \times 2$ mm, $z=6$, $n/z=384/6=64,0$;

1) Issiqlik o'tkazish yuzasini aniqlovchi hisobi:

Variant Ik

$$Re_1 = \frac{4 \cdot G}{n \cdot d \cdot \left(\frac{n}{z}\right) \cdot \mu_1} = \frac{4 \cdot 6,0}{n \cdot 0,021 \cdot 51,5 \cdot 0,00054} = 13100$$

$$Pr_1 = \frac{c_1 \cdot \mu_1}{\lambda_1} = \frac{4190 \cdot 0,00054}{0,662} = 3,4$$

Truba ichida turbulent rejimda oqayotgan suyuqlikning issiqlik almashinish koefitsienti quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$Nu = 0,023 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,4} \cdot \left(\frac{Pr}{Pr_d} \right)^{0,25}$$

t_1 va t_{1dev} temperaturalar farqi kichik bo'lgani uchun ($\Delta t_{o,r}=28,6^0S$ dan kam) $(Pr/Pr_d)^{0,25}$ tuzatma hisobga olinmasa ham bo'ladi.

Unda,

$$\alpha_1 = \frac{0,662}{0,621} \cdot 0,023 \cdot 13100^{0,8} \cdot 3,4^{0,4} = 2360 \text{ Bt/m}^2 \cdot K$$

Trubalararo bo'shliqdagi oqimning minimal ko'ndalang kesim yuzasi $S_{trab}=0,040 \text{ m}^2$ va unda,

$$Re = \frac{G_2 \cdot d_T}{S \cdot \mu_2} = \frac{21,8 \cdot 0,025}{0,040 \cdot 0,000804} = 16960$$

$$Pr_2 = \frac{c_2 \cdot \mu_2}{\lambda_2} = \frac{4180 \cdot 0,000804}{0,618} = 5,43$$

Devordan suvga issiqlik o'tish paytidagi issiqlik almashinish koefitsienti quyidagicha topiladi:

$$Nu = 0,23 \cdot Re^{0,6} \cdot Pr^{0,36} \cdot \left(\frac{Pr}{Pr_d} \right)^{0,25}$$

$$\alpha_2 = \frac{0,618}{0,025} \cdot 0,24 \cdot 16960^{0,6} \cdot 3,4^{0,36} = 3785 \text{ Bt/m}^2 \cdot K$$

Kub qoldig'i organik suyuqlik bo'lgani uchun 4-4 jadvalga binoan trubada hosil bo'lgan iflosliklarning termik qarshiligi $r_{ifl1} = r_{ifl2} = 1/5800 \text{ m}^2 \cdot K/Vt$.

Undan tashqari, kub qoldig'i korrozion faolligi sababli, trubalar materiali zanglamaydigan po'latdan tanlanadi. Bu po'latning issiqlik o'tkazuvchanlik koefitsienti $\lambda_{po'lat} = 17,5 \text{ Vt/(m}^2 \cdot K)$.

4-4-jadval

Issiqlik tashuvchi agent	$\frac{1}{r_{ifl}}$
Suv	1400-1860
ifloslangan	1860-2900
o'rtacha sifatli	2900-5800
yaxshi sifatli	11600
distillangan	
Havo	2800
Neft mahsulotlari, moy, sovituvchi agent bug'i	2900
Neft xom ashyosi	1160
Organik suyuqlik, suyuq sovituvchi agentlar	5800
Tarkibida moy bor suv bug'i	5800
Organik suyuqlik bug'lari	11600

Devor va iflosliklarning termik qarshiliklarining yig'indisi quyidagiga teng:

$$\sum \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,002}{17,5} + \frac{1}{5800} + \frac{1}{5800} = 0,0004588 \frac{\text{m}^2 \cdot K}{\text{Bt}}$$

Issiqlik o'tkazish koeffitsienti esa,

$$K = \frac{1}{\frac{1}{2360} + \frac{1}{3785} + 0,0004588} = 874 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Zarur issiqlik almashinish yuzasi esa,

$$F = \frac{1820000}{22,0 \cdot 874} = 94,6 \text{ м}^2$$

64-jadvaldan, keltirilgan masala uchun $F=94,6 \text{ м}^2$ bo'lgani uchun trubalarning uzunligi $L=6,0 \text{ m}$ va nominal yuzasi $F_{1H}=97 \text{ м}^2$ li issiqlik almashinish qurilmasi to'g'ri keladi.

Demak, yuza bo'yicha zahira

$$\Delta = \frac{97 - 94,6}{94,6} \cdot 100 = 2,54\%$$

ni tashkil etadi.

Issiqlik almashinish qurilmasining massasi $M=3130 \text{ kg}$ (65 – jadval).

5) Qurilmaning konstruktiv o'lchamlarini aniqlash.

Buning uchun kerakli boshlang'ich ma'lumotlar - issiqlik almashinish yuzasi F va trubaning uzunligi l .

Topish kerak: trubalar soni - n , ularning joylashishi, qurilma korpusining diametri - D , truba va trubalararo bo'shliqdagi yo'llar sonlarini, hamda shtutserlarning geometrik o'lchamlarini.

Trubalar soni ushbu tenglama orqali topiladi:

$$n = \frac{F}{\pi \cdot d_{\text{тр}} \cdot l}$$

bu erda d_{otr} - trubaning hisobiy diametri, agarda α_1 va α_2 bir-biriga yaqinroq son qiymatlarga ega bo'lsa,

$$d = \frac{d_{\text{таш}} + d_{\text{ич}}}{2}$$

agarda $\alpha_1 \gg \alpha_2$ yoki $\alpha_1 < \alpha_2$ bo'lsa, unda d_{otr} son qiymati suyuqlik bilan yuvilayotgan trubaning α si tomondagi diametriga d ga teng bo'ladi.

Odatda, trubalar truba to'rlariga to'g'ri oltiburchak qirralari, kvadrat tomonlari, hamda konsentrik aylanalar bo'ylab joylashtiriladi.

To'g'ri oltiburchak qirralari bo'ylab joylashtirilganda

$$n = 3 \cdot a \cdot (a + 1) + 1$$

bu erda a - aylana markazidan boshlab hisoblanganda, oltiburchakning tartib raqami.

Eng katta oltiburchak diagonalidagi trubalar sonini b ni ushbu formuladan topish mumkin:

$$b = 2 \cdot a + 1 = 2 \cdot \sqrt{\frac{n+1}{3} + 0,25}$$

Truba qatorlarining soni m esa,

$$m = \sqrt{\frac{n-1}{3} + 0,25} \approx \sqrt{\frac{n}{3}}$$

Truba o'qlari orasidagi masofa yoki qadami t trubaning tashqi diametriga bog'liq va ushbu tenglikdan aniqlash mumkin:

$$t = (1,2 + 1,4) \cdot d_{\text{таш}}$$

Lekin, har qanday sharoitda ham

$$t = d_{\text{таш}} + 6 \text{ мм}$$

dan kam bo'lasligi kerak. Shuni nazarda tutish kerakki, b va a parametrlar butun son bo'lishi shart.

Qurilma korpusining ichki diametri quyidagi formula bilan aniqlanadi:

bir yo'lli bo'lganda

$$D_{\text{ич}} = t \cdot (6 - 1) + 4 \cdot d_{\text{таш}}$$

yoki

$$D_{\text{ич}} = 1,1 \cdot t \cdot \sqrt{n}$$

ko'p yo'lli bo'lganda esa,

$$D_{\text{ич}} = 1,1 \cdot t \cdot \sqrt{\frac{n}{\eta}}$$

bu erda $\eta=0,6-0,8$ - truba to'rini trubalar bilan to'ldirilish koeffitsienti va u hisoblash yo'li topiladi. $D_{\text{ич}}$ ning son qiymati standart yoki normalardagi butun son qiymatlarigacha yaxlitlanadi.

Truba to'rlari orasidagi masofa, ya'ni trubalarning ishchi uzunligi l_1 quyidagi hisoblash formulasidan topish mumkin:

$$l_1 = \frac{F}{\pi \cdot d_{\text{yp}} \cdot n \cdot z}$$

bu erda z – yo'llar soni; n – bir yo'ldagi trubalar soni.

Issiqlik almashinish qurilmasining ishchi uzunliklarini quyidagilarga teng qilib olish tavsiya etiladi:

$$l_1 = 1000; 1500; 2000; 3000; 4000; 6000; 9000$$

Ko'p yo'lli issiqlik almashinish qurilmasi yo'llar soni har doim juft bo'lishi tavsiya qilinadi. Agarda, ko'p yo'lli qurilma trubalari uzunliklari ruxsat etilganidan ortiq bo'lsa, yo'llar soni z o'zgartiriladi.

Kojux-trubali issiqlik almashinish qurilmasining umumiy balandligi truba uzunligi l_1 va 2 ta taqsimlovchi kameralar balandliklari h larning yig'indisiga teng, ya'ni:

$$H = l_1 + 2 \cdot h$$

bu erda $h=200-400$ mm.

Boshqa turdagi issiqlik almashinish qurilmalari uchun konstruktiv hisoblashlar qo'shimcha adabiyotlarda keltirilgan [5, 16, 31].

Shtutserlarning shartli diametri kojux diametri va yo'llar soniga bog'liq bo'lib, 66-jadvaldan tanlandi.

Segmentli to'siqalar soni issiqlik almashinish qurilmasining uzunligi va diametriga bog'liq. Normallashi issiqlik almashinish qurilmasining segmentlar soni 67-jadvalda berilgan.

6) Gidravlik qarshilikni hisoblash.

Trubada bosimning yo'qotilishi ushbu formula yordamida aniqlanadi:

$$\Delta P = \left(\lambda \cdot \frac{l}{d_s} + \sum \xi \right) \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2}$$

bu erda suyuqlikning harakat yo'li $L \cdot z$ bo'ladi.

Truba ichida oqayotgan suyuqlik tezligi quyidagi formulada hisoblanadi:

$$w_{\text{tp}} = \frac{4 \cdot G_{\text{tp}} \cdot z}{\pi \cdot d^2 \cdot n \cdot \rho_{\text{tp}}}$$

Ishqalanish koefitsienti λ oqimning harakat rejimi va g'adir-budurligiga bog'liqdir.

Laminar rejimda

$$\lambda = \frac{A}{Re}$$

bu erda A – koefitsienti, truba quvurining ko'ndalang kesimining shakliga bog'liq.

Quyida ba'zi bir ko'ndalang kesimlar uchun koefitsient A va ekvivalent diametr d_e larning qiymatlari keltirilgan.

Suyuqlik turbulent rejimda oqish paytida uchta zona mavjud bo'lib, ular uchun turli formulalar qo'llaniladi.

Tekis ishqalanish zonasi uchun ($2320 < Re < 10 \cdot 1/e$)

$$\lambda = \frac{0,316}{\sqrt[4]{Re}}$$

4-5 jadval

Ko'ndalang kesim shakli	A	d_e
D diametrli aylana	64	d
a tomonli kvadrat	57	a
a enli xalqa	96	2a
Balandligi a, eni b bo'lgan to'g'ri to'rtburchak		
$b \gg a$	96	2a
$b/a=10$	85	1,81a
$b/a=4$	73	1,6a
$b/a=2$	52	1,3a

bu erda $e=\Delta/d_e$ – trubaning nisbiy g'adir-budurligi; Δ - trubaning absolyut g'adir-budurligi (hisoblar uchun $\Delta=0,2 \cdot 10^{-3}$ m deb qabul qilinsa bo'ladi).

Trubalarning g'adir-budurligi Δ ning tahminiy son qiymatlari 4-6 jadvalda keltirilgan.

4-6 jadval

Trubalar	Δ , mm
Yangi, po'lat	0,06-0,1
Ozgina korroziyaga uchragan po'lat truba	0,1-0,2
Ifloslangan, eski truba	0,5-2
Yangi, cho'yan, keramik trubalar	0,35-1
Ishlatilgan, cho'yan truba	1,4
Tekis alyuminiy trubalar	0,015-0,06
Latun, mis, qo'rg'oshin va shisha trubalar	0,0015-0,01
To'yingan bug' uchun	0,2
Bug' uchun, uzlukli ishlaydigan trubalar	0,5
Kondensatsiya uchun uzlukli ishlaydigan trubalar	1,0

Aralash ishqalanish sohasi uchun $\left(10 \cdot \frac{1}{e} < Re < 560 \cdot \frac{1}{e}\right)$

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(e + \frac{68}{Re}\right)^{0,25}$$

Rega nisbatan avtomodel zona uchun $\left(Re > 560 \cdot \frac{1}{e}\right)$

$$\lambda = 0,11 \cdot e^{0,25}$$

Agarda, $Re_{tr} > 2300$ bo'lsa, ishqalanish koeffitsienti ushbu formuladan topiladi:

$$\lambda = 0,25 \cdot \left\{ \lg \left[\frac{e}{0,37} + \left(\frac{6,81}{Re_{tr}} \right)^{0,9} \right] \right\}^{-2}$$

Truba ichida suyuqlik oqishi paytidagi maxalliy qarshiliklar:

$\xi_{tr}=1,5$ – kamera kirish va chiqish;

$\xi_{tr}=2,5$ – yo'llar orasidagi burilish;

$\xi_{tr}=1,0$ – trubaga kirish va undan chiqish.

Taqsimlovchi kamera kirish va undan chiqish paytidagi mahalliy qarshiliklar shtutserlardagi tezlik orqali hisoblanadi.

Trubalararo bo'shliqdagi gidravlik qarshilik quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$\Delta P_{trab} = \sum \xi_{trab} \cdot \left(\frac{\rho \cdot w_{trab}^2}{2} \right)$$

Trubalararo bo'shliqdagi suyuqlik tezligini quyidagi formula bilan aniqlash mumkin:

$$w_{trab} = \frac{G_{trab}}{S_{trab} \cdot \rho}$$

Trubalararo bo'shliqda suyuqlik oqishi paytidagi mahalliy qarshiliklar:

$\xi_{trab1}=1,5$ – suyuqlikning kirishi va chiqishi;

$\xi_{trab2}=1,5$ – segment to'siq orqali burilish;

$\xi_{trab3} = \frac{3 \cdot m}{Re_{trab}^{0,2}}$ – trubalar paketining qarshiligi.

bu yerda m – truba qatorlarining soni.

$$Re_{trab} = \frac{G_{trab} \cdot d_T}{S_{trab} \cdot \mu}$$

Shunday qilib, trubalar ichidagi gidravlik qarshilikni hisoblash quyidagi formula yordamida olib boriladi:

$$\begin{aligned} \Delta P_{Tp} &= \lambda \cdot \frac{L \cdot z}{d} \cdot \frac{w_{Tp}^2 \cdot \rho_{Tp}}{2} + [2,5 \cdot (z - 1) + 2 \cdot z] \cdot \frac{w_{Tp}^2 \cdot \rho_{Tp}}{2} + 3 \cdot \frac{w_{Tp}^2 \cdot \rho_{Tp}}{2} \\ &= 0,422 \cdot \frac{6 \cdot 4}{0,021} \cdot \frac{986 \cdot 0,338^2}{2} + [2,5 \cdot (4 - 1) + 2 \cdot 4] \cdot \frac{986 \cdot 0,338^2}{2} + 3 \cdot \frac{986 \cdot 0,338^2}{2} \\ &= 2720 + 873 + 175 = 3768 \text{ Па} \end{aligned}$$

Truba qatorlarining soni ushbuga teng:

$$m = \sqrt{\frac{206}{3}} = 8,27$$

yaxlitlangandan so'ng $m=9$

Segment to'siqlar soni $x=18$ (67-jadval)

Kojuxdagi shtutserlar diametri $d_{\text{trabsh}}=0,2$ m bo'lsa, undagi suvning tezligi esa,

$$w_{\text{трабш}} = \frac{21,8}{n \cdot 0,2^{0,2} \cdot 996} = 0,696 \text{ м/с}$$

ga teng bo'ladi.

Trubalararo bo'shliqda quyidagi mahalliy qarshiliklar bor: shtutserlar orqali kirish va chiqish, segmentlar orqali o'tish paytida 18 ta (x-1) va trubalar paketini oqib o'tish vaqtida 19 (x+1) ta burilish.

Trubalararo bo'shliqdagi gidravlik qarshiliklar esa, ushbu tenglamadan topiladi:

$$\begin{aligned} \Delta P_{\text{траб}} &= \frac{3 \cdot m \cdot (x+1)}{Re_{\text{траб}}^2} \cdot \frac{w_{\text{траб}}^2 \cdot \rho_{\text{траб}}}{2} + x \cdot 1,5 \cdot \frac{w_{\text{траб}}^2 \cdot \rho_{\text{траб}}}{2} + 3 \cdot \frac{w_{\text{траб}}^2 \cdot \rho_{\text{траб}}}{2} \\ &= \frac{3 \cdot 9 \cdot (18+1)}{16960^{0,2}} \cdot \frac{996 \cdot 0,546^2}{2} + 18 \cdot 1,5 \cdot \frac{996 \cdot 0,546^2}{2} + 3 \cdot \frac{996 \cdot 0,546^2}{2} \\ &= 9720 + 4010 + 725 = 11455 \text{ Па} \end{aligned}$$

bu yerda x – segment to'siqlar soni.

Gidravlik qarshiliklarni engish uchun sarf bo'ladigan quvvat miqdori quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$N = \frac{V \cdot \Delta P}{1000 \cdot \eta}$$

bu yerda V – issiqlik tashuvchi agent sarfi, m³/s; ΔR – naporning to'liq yo'qotilishi, Pa; η – nasosning f.i.k.

7) Issiqlik almashinish qurilmalarini mexanik hisoblash.

Bu hisoblash, qurilmaning detal, qism va bo'laklarini mustahkamlikka tekshirishdan iboratdir.

8) Silindrik obechaykani hisoblash.

Ichki bosim ostida ishlaydigan qurilmalar obechaykasining mustahkamligi ushbu formula yordamida hisoblanadi:

$$s = \frac{P_{\text{хис}} \cdot D_{\text{ич}}}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma_{\text{пз}}] - P_{\text{хис}}} + C + C_1$$

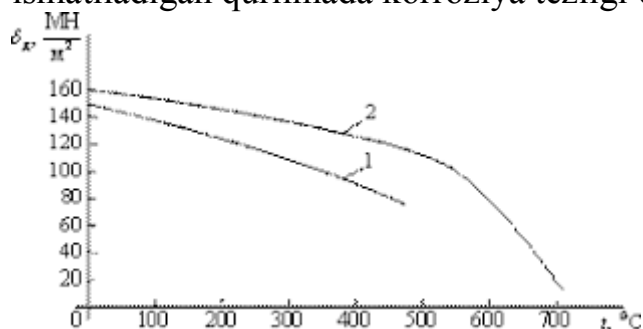
bu yerda s – obechayka devorining qalinligi, m; P_{his} – hisoboti aniqlanadigan bosim, MPa; D_{ich} – qurilmaning ichki diametri, m; φ – payvandlash chokining mustahkamligi; S – korroziyani hisobga olgan qo'shimcha qalinlik, m; S_1 – texnologik, montajlarni hisobga oluvchi yaxlitlangan qo'shimcha qalinlik, m.

σ_{re} – materialni ruxsat etilgan kuchlanishi. Ba'zi materiallar uchun 4.6-rasmda σ_{re} – son qiymatlari keltirilgan.

- φ=1,0 bunday mustahkamligini uchma-uch va tavrli birikmalarni ikki tomonlama, avtomatik payvandlash beradi;
- φ=0,95 bunday mustahkamligini uchma-uch va tavrli birikmalarni ikki tomonlama, qo'lda payvandlash beradi;
- φ=0,9 bunday mustahkamligini uchma-uch va tavrli birikmalarni bir tomonlama payvandlash beradi;

- $\varphi=0,8$ bunday mustahkamligini ustma-ust va tavrli birikmalarni ikki tomonlama, avtomatik payvandlash beradi;

Hisoblangan qalinlikka beriladigan qo‘shimcha qalinlikning miqdori korroziya tezligi va qurilmaning ishlatish davomiyligiga bog‘liqdir. Masalan: 10 yil mobaynida ishlatiladigan qurilmada korroziya tezligi 0,1 mm/yil bo‘lsa, $S=1$ mm ga teng.



4.13-rasm. St.3 (1) va X18N10T (2) po‘latlar uchun σ_{re} .

Agressiv muhitning korroziya ta’siri tufayli beriladigan materialga qo‘shimcha qalinlik ushbu tenglama bilan aniqlanadi:

$$C = \Pi \cdot \tau_a$$

P – korroziya tezligi, mm/yil; τ_a - amortizatsiya muddati, yil.

Mustahkamlanmagan teshik va payvandlash choklari tufayli obechayka mustahkamligining kamayishini φ koeffitsienti hisobga oladi.

Teshik sababli obechaykani mustahkamligining kamayishini ushbu

$$\varphi_o = \frac{D_{нч} - d_o}{D_{нч}}$$

tenglamadan topish mumkin:

Ruxsat etilgan bosim quyida keltirilgan tenglamadan aniqlanadi:

$$P_{p3} = \frac{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma_{p3}] \cdot (S - C)}{D + S - C}$$

Yuqorida berilgan S va σ_{re} ushbu shart bajarilgandagina qo‘llaniladi:

$$\frac{S - C}{D} \leq 0,1$$

10) Qopqoqlarni hisoblash

Elliptik shakldagi qopqoq devorining qalinligi quyidagi tenglama yordamida aniqlanadi:

$$S_1 = \frac{P_{хис} \cdot R}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma_{p3}] - 0,5 \cdot P_{хис}} + C + C_1$$

bu yerda $R = D^2/4 \cdot H$. Standart qopqoqlar uchun $N = 0,25 \cdot D$ bo‘lganda $R = D_{ich}$.

Ruxsat etilgan bosim esa,

$$P_{p3} = \frac{2 \cdot (s_1 - C) \cdot \varphi \cdot [\sigma_{p3}]}{R + 0,5 \cdot (s_1 - C)}$$

Yuqorida berilgan s_1 va r_{re} tenglamalar ushbu shart bajarilgandagina qo'llaniladi:

$$\frac{s_1 - C}{D_{ич}} \leq 0,1 \text{ va } H \geq 0,2 \cdot D_{ич}$$

Konusli qopqoqning l_{kon}

$$l_{кон} = 0,5 \cdot \sqrt{\frac{D_{ич} \cdot (s_1 - C)}{\cos \alpha}}$$

masofadagi qalinligini s_1 ushbu tenglamadan topish mumkin:

$$s_1 = \frac{P_{хис}}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma_{пэ}] - P_{хис}} \cdot \frac{D_{ич}}{\cos \alpha} + C + C_1$$

Silindrik qismining l_{μ}

$$l_{\mu} = 0,5 \cdot \sqrt{D_{ич} \cdot (s_1 - C)}$$

masofadagi qalinligi s_1 esa ushbu tenglamadan aniqlanadi:

$$s_1 = \frac{P_{хис} \cdot D_{ич} \cdot y}{4 \cdot \varphi \cdot [\sigma_{пэ}]} + C + C_1$$

Yuqorida keltirilgan konus va silindrik qismlarining qalinliklarini tegishli tenglamalarda hisoblab chiqilgan s_1 larning eng kattasi qabul qilinadi, lekin s_1 obechaykaning qalinligi s dan kam bo'lishi mumkin emas, ya'ni ($s_1 > s$).

Dumaloq, tekis qopqoqlar qalinligi ushbu tenglamadan aniqlanadi:

$$S_1 = \left(\frac{K}{K_o} \right) \cdot D_{ич} \cdot \sqrt{\frac{P_{хис}}{[\sigma_{пэ}]} + C + C_1}$$

bu erda K – qopqoq konstruksiyasiga bog'liq va u jadvaldan tanlanadi [34].

11) Energetik sarflarni hisoblash.

a) Qurilma va uskunalarga xizmat qilayotgan elektrodvigatellar bir soatlik quvvati quyidagiga teng:

$$N_{coat} = N_1 + N_2 \dots + N_n, [\text{кВт}]$$

Bir sutkasiga esa,

$$N_{сут} = N \cdot \tau$$

b) Qurilma va uskunalarga ishlatilayotgan bug' sarfi:

$$D_{coat} = D_1 + D_2 + \dots + D_n, [\text{кг/коат}]$$

Bir sutkasiga esa,

$$D_{сут} = D \cdot \tau$$

v) Qurilma va uskunalardagi suv sarfi:

$$W_{coat} = W_1 + W_2 + \dots + W_n, [\text{кг/коат}, \text{м}^3]$$

Bir sutkasiga esa,

$$W_{\text{cyт}} = W \cdot \tau$$

12) Flanetsli birikmalarni hisoblash.

Ushbu hisoblashda boltlar (yoki shpilkalar) diametri, ularning sonini va flanets elementlarining o'lchamlarini aniqlashdan iboratdir.

Ishchi sharoitda boltlarga ta'sir etayotgan cho'zuvchi kuchlarning miqdori quyidagi tenglamadan hisoblanadi:

$$P_{\delta} = \frac{\pi \cdot D_n^2}{4} \cdot p + P_n$$

D_p - qistirmaning o'rtacha diametri, m; R_p —zichlashtirish yuzasiga tushayotgan kuch, MN; r – ishchi bosim, MPa

To'g'ri to'rtburchak ko'ndalang kesimli qistirmaning zichlash uchun zarur siqilish kuchi ushbu tenglamadan topiladi:

$$P_n = \pi \cdot D_n \cdot b \cdot k \cdot p$$

b -qistirmaning effektiv eni, m; k -qistirmaning materiali va shakliga bog'liq koeffitsient (tekis rezina uchun $k=1,0$; ftoroplast, paronit, charm uchun $k = 2.5$).

Flanetsdagi bolt uchun teshiklar aylanasi diametrini quyidagi tenglama bilan topish mumkin:

$$D_{\delta} = (1,1 + 1,2) \cdot D_{\text{нчф}}^{0,933}$$

D_{ichf} - flanetsning ichki diametri, odatda u qurilmaning tashqi diametriga teng bo'ladi.

Boltlarning diametri ushbu

$$d_{\delta} = \frac{D_{\delta} - D_T}{2} - 0,006$$

tenglamadan topiladi va kam son qiymat tomoniga yaxlitlanadi. Bu erda D_g - flanets payvandlash chokining diametri, m.

Boltlar soni ushbu tenglamadan aniqlanadi:

$$z = \frac{P_{\delta}}{p_{\text{э}} \cdot F_{\delta}}$$

bu erda F_b - bolt rezbasining ichki diametri bo'yicha aniqlangan ko'ndalang kesim yuzasi, m^2 ; σ_{re} - boltlar cho'zilishiga ruxsat etilgan kuchlanish.

Hisoblab topilgan boltlar soni yaqinidagi butun songacha yaxlitlanadi. Bu son 4 karra bo'lishi kerak.

Flanets tashqi diametri esa, ushbu tenglama orqali hisoblanadi:

$$D_{\Phi} = D_{\delta} + (1,8 \div 2,5) \cdot d_{\delta}$$

Tekis flanetsning balandligini topish uchun dastlab quyidagi qiymatlar aniqlanadi:

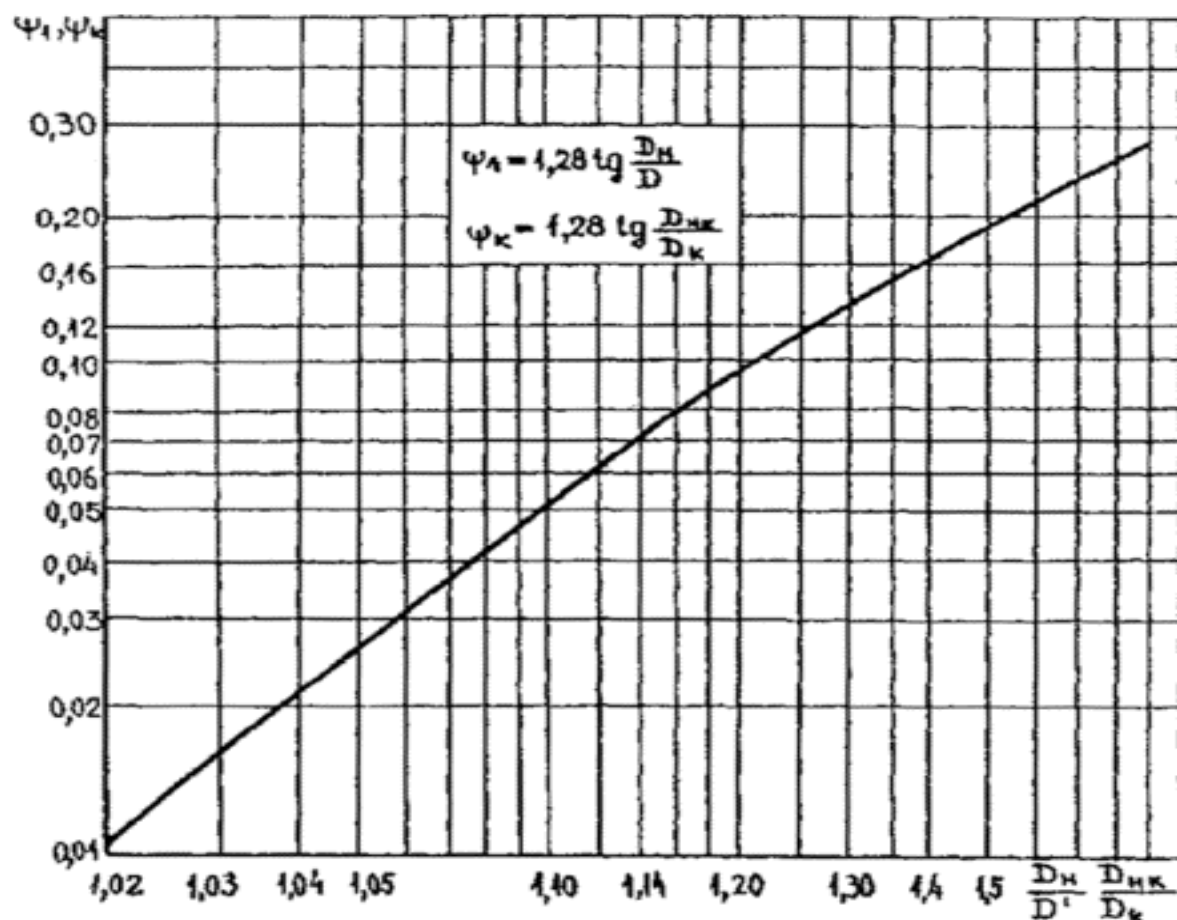
σ_{τ} -ishchi sharoitda flanetsga tushayotgan yuklama

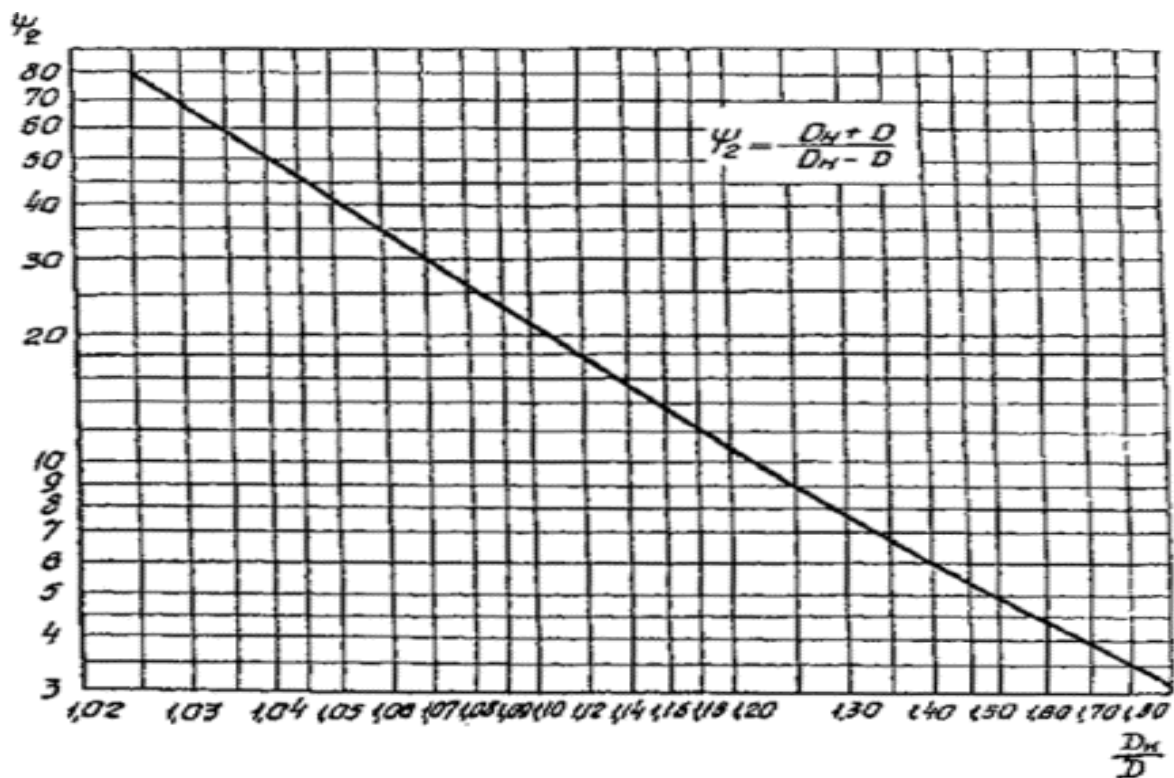
$$P = \frac{D_{\phi}}{D_{\phi} - D_{\text{нч}}} \cdot \left[P_{\delta} \frac{D_{\text{нч}}}{D_{\delta}} \cdot \left(\frac{D_{\delta}}{D_n} - 1 \right) + \frac{\pi \cdot D_n^2}{4} \cdot p \left(1 - \frac{D_{\delta}}{D_n} \right) \right], [MH]$$

$$\Phi = \left(\frac{P}{\sigma_T} \right) \cdot \psi_1, [M^2]$$

$$A = 2 \cdot \psi_2 \cdot \delta^2, [M^3]$$

σ_T -ishchi temperaturada flanets materialining oquvchanlik chegarasi, MN/m²; δ -flanets bilan birlashtirilgan obechaykaning qalinligi, m; ψ_1, ψ_2 koefitsientlar, 4.7 – rasmdan topiladi.





4.14– rasm. ψ_1 va ψ_2 koeffitsientlarni aniqlash uchun grafiklar.

MUSTAQIL BAJARISH UCHUN MASALALAR

4.1. Ko‘ndalang kesimi kvadrat, tomoni $d=20\text{mm}$, uzunligi $l=1500\text{mm}$ bo‘lgan kvadrat ko‘ndalang kesimdan $w=3\text{m/s}$ tezlikda suv oqmoqda. Kanal yuzasining temperaturasi 80°C , suvning o‘rtacha temperaturasi 30°C bo‘lganda devor yuzasidan suvga issiqlik berish koeffitsienti α aniqlansin.

4.2. “Truba ichidagi truba” issiqlik almashinish qurilmasining trubalararo bo‘shlig‘ida o‘rtacha temperatura 20°C va $w=3\text{m/s}$ tezlikda suv o‘tmoqda. Agarda ichki trubaning tashqi yuzasi 60°C bo‘lsa, issiqlik almashinish qurilmasining issiqlik berish koeffitsienti va issiqlik quvvati topilsin. Ichki trubaning diametri $d=26\times 3\text{mm}$, uzunligi $l=1,5\text{m}$.

4.3. Simob $w=2,5\text{m/s}$ tezlikda diametri $d=14\times 2\text{ mm}$ 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 koeffitsienti, issiqlik o‘tkazish koeffitsienti, issiqlik oqimining zichligini va vaqt birligi ichida uzatilayotgan issiqlik miqdori topilsin.

4.4. Agarda devorning usti $0,5\text{mm}$ qalinlikda emal bilan qoplangan bo‘lsa, diametri $38\times 2,5\text{ mm}$ li po‘lat zmeevik devorining termik qarshiligi necha barobar ortadi? Devor tekis deb hisoblansin. Emalning issiqlik o‘tkazuvchanligi $1,05\text{ Wt/(m}\cdot\text{K)}$ ga teng. Masalani quyidagi shartlar uchun ham bajaring: qalinligi 1 sm asbest, qalinligi 2 sm beton, qalinligi 1 sm 85% li magneziya, qalinligi 1 sm yog‘och qipig‘i, qalinligi $0,5\text{ sm}$ penoplast, qalinligi $0,5\text{ sm}$ shisha paxtasi. Materiallarning issiqlik o‘tkazuvchanligini jadvaldan oling.

4.5. Uzunligi 40m, diametri 51x2,5 mm li bug‘ uzatuvchi truba 30 mm li qalinlikda tashqi truba bilan ajratilgan (izolyasiya), 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 $0,116 \text{ Vt}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ga teng deb qabul qilinsin.

4.6. 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.

4.7. 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.

4.8. 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 . Quyuqlashtirilgan eritma 60°C gacha sovitilmoqda. Oqim yo‘nalishlari to‘g‘ri va qarama-qarshi bo‘lgan holatlar uchun o‘rtacha temperaturalar farqini aniqlang.

4.9. Yuzasi 6 m^2 bo‘lgan qarama-qarshi yo‘nalishli issiqlik almashinish qurilmada $1930 \text{ kg}/\text{soat}$ 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 koeffitsientining qiymati $230 \text{ Vt}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$; Δt o‘rtacha arifmetik xolda hisoblansin. Issiqlik almashinish qurilmasi orqali 1 soatda necha metr suv oqib o‘tishi kerak?

4.10. 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 koeffitsienti $700 \text{ Vt}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ga teng bo‘lganda, soatiga 350 kg to‘yingan etil spirti bug‘ini kondensatsiyalash (suyuqlikka aylantirish) uchun qurilmaning yuzasi etarli bo‘ladimi? Suyultirilgan spirt qurilmadan kondensatsiyalanish temperaturasida chiqazib olinmoqda, jarayon esa atmosfera bosimi ostida olib borilmoqda.

4.11. Spiralsimon issiqlik almashinish qurilmasi bo‘yicha quyidagi ma’lumotlar aniq bo‘lsa issiqlik o‘tkazish koeffitsienti topilsin: issiqlik almashinish yuzasi 48 m^2 ; soatiga 85,5 tonna suv 70°C dan 95°C gacha isitilmoqda. Isitish jarayoni to‘yingan bug‘ yordamida olib borilmoqda va uning bosimi $P=23\text{kPa}$.

4.12. Soatiga 3700 sarf bilan o‘tish vaqtida metil spirti 70°C dan 50°C gacha isitilmoqda. Issiqlik almashtnish qurilmasi 16x2 mm li 19 ta trubadan

iborat va uning trubalari ichidan suyuqlik harakat qilmoqda. Agarda devor temperaturasi 60°C deb qabul qilinsa, issiqlik berish koeffitsientini aniqlang.

4.13. Qobiq- trubali qurilmaning 46×3 mm diametrli trubalaridan $0,7$ m/s temperaturasi 90°C , suvning o'rtacha temperaturasi 46°C bo'lsa, issiqlik berish koeffitsientini aniqlang.

4.14. Oltingugurt (II)-uglerodining sarfi $0,85$ m³/soat bo'lib, atmosfera bosimi ostida qaynash temperaturasida 22°C gacha sovitilganda qarama-qarshi yo'nalishli issiqlik almashinish qurilmasining yuzasini aniqlang. Sovituvchi suv 14°C dan 25°C gacha isitilmoqda; $\alpha_1=270\text{Vt}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$; $\alpha_2=720\text{Vt}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$. Truba devorinig qalinligi 3 mm. Devorning ifloslanishini, zanglashini va cho'kma qoplamasi qalinligini hisobga olgan holda $r_{if}=0,00069(\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{Vt})$ qabul qilib, suvning sarfini ham toping.

4.15. "Truba ichidagi truba" issiqlik almashinish qurilmasi 10 ta seksiyadan tashkil topgan. Har bir seksiya uzunligi 5 m, ichki trubalar diametri $d=38 \times 2$ mm. Qurilmada 38°C bodom moyi 10°C gacha suv yordamida sovitilmoqda. Bunda suvning temperaturasi 5°C dan 25°C gacha isiyapti. Bodom moyidan truba devorigi issiqlik berish koeffitsienti $\alpha_1=1400\text{Vt}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$, truba devoridan suvga esa $\alpha_2=800\text{Vt}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$. Bodom moyi oqayotgan ifloslangan devorning termik qarshiligi $r_1=2 \cdot 10^{-4}\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{Vt}$ bo'lsa, suv oqayotgan trubaning termik qarshiligi esa $r_2=4 \cdot 10^{-4}\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{Vt}$. Trubalar materiali zanglamaydigan X18N10T po'latdan yasalgan. Suvning massaviy sarfi aniqlansin.

4.16. "Truba ichidagi truba" issiqlik almashinish qurilmasida issiqlik tashuvchi muhitlar qarama-qarshi harakat qilib, sovitkich sifatida ishlatilmoqda. Qurilma 6 ta seksiyadan iborat bo'lib, har birseksiya uzunligi 5 m va diametri $45 \times 2,5$ mm li trubalardan yasalgan. Agar artezion suvi 4°C da qurilmaga kirib 70°C gacha isib chiqsa, qancha miqdorda qand qiyomini 90°C dan 10°C gacha sovitish mumkin?

Issiqlik o'tkazish koeffitsienti $400\text{Vt}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ deb qabul qilinsin.

4.17. Rektifikatsion kolonna kondensatorida 80% li (mass) suv-spirt bug'i kondensatsiyalanmoqda. Kondensatorga yuborilayotgan sovuq suv 10°C dan 60°C gacha isitilmoqda. Kondensator diametri $35 \times 1,5$ mm, uzunligi $1,3$ m bo'lgan 121 ta trubadan tashkil topgan. Qurilmaning issiqlik o'tkazish koeffitsienti $400\text{Vt}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$. Kondensatsiyalanayotgan bug' sarfi topilsin.

4.18. Qobiq- trubali issiqlik almashinish qurilmasi diametri 25×2 mm li 13 ta trubadan iborat. Qobiqning ichki diametri 273 mm. Qurilmadan 10000 kg/soat sarf bilan oqayotgan suv 10°C dan 60°C gacha isimoqda. Agarda suv truba ichida va trubalararo bo'shliqdan o'tayotgan paytda truba devori yuzasidan suvga bo'lgan issiqlik berish koeffitsienti aniqlansin.

4.19. Issiqlik ishlov berilgan 3600 l/soat quvvatlangan etanol-suvli ekstrakt temperaturasi 60°C dan 30°C gacha sovitilishi kerak. Sovituvchi agent-suvning boshlang'ich temperaturasi 8°C , oxirgisi esa 20°C . Sovitgichdagi issiqlik o'tkazish koeffitsienti $810\text{Vt}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ deb qabul qilinsa bo'ladi. Issiqlik

tashuvchi agentlarning yoʻnalishli qarama-qarshi boʻlgan hol uchun issiqlik almashinish yuzasi va suvning sarfi aniqlansin.

4.20. Etanol-suvli ekstraktga ishlov berish quyidagi jarayonlardan iborat: issiq suv yordamida pasterizatsiya qilish, etiltirish, rekuperatsiya seksiyalarida sovitish va suv yordamida zarur temperaturagacha sovitish. Plastinali sovitish qurilmasining 3600 l/soat miqdordagi etanol-suvli ekstraktga ishlov berish uchun qurilmaning yaroqligini aniqlang.

Hisoblash uchun maʼlumotlar: etanol-suvli ekstrakt boshlangʻich temperaturasi - 20°C, pasterizatsiya temperaturasi - 70°C, issiq suvning boshlangʻich temperaturasi - 87°C, sovuq suvniki esa - 10°C. Issiqlikni regeneratsiya qilish koeffitsienti - 0,8. Plastinalarning ishchi yuzasi: rekuperatsiya seksiyasida - 2,2 m².

Issiq va sovuq suv miqdorini etanol-suvli ekstraktga qaraganda 3 marta koʻp deb qabul qilinsin. Issiqlik oʻtkazish koeffitsientlari:

rekuperatsiya seksiyasida - $K=1700 \text{ Vt/(m}^2 \cdot \text{K)}$

pasterizatsiya seksiyasida - $K=1265 \text{ Vt/(m}^2 \cdot \text{K)}$

sovitish seksiyasida - $K=1400 \text{ Vt/(m}^2 \cdot \text{K)}$

4.21. Qobiq- trubali issiqlik almashinish qurilmasining truba diametri 25x2 mm, etil spirtning massaviy sarfi 168 kg/s, oʻrtacha temperaturasi 37°C. Qurilmaning trubalararo boʻshligʻida spirt laminar rejimda oqib oʻtayotgan boʻlsa, issiqlik berish koeffitsientining qiymati aniqlansin.

4.22. Temperaturasi 60°C boʻlgan etanol-suvli ekstraktni 30°C gacha boshlangʻich temperaturasi 10°C li suv yordamida sovitilmoqda. Suvning chiqishdagi temperaturasi 25°C. Etanol-suvli ekstrakt sarfi 5 m³/soat, issiqlik oʻtkazish koeffitsienti 400 Vt/(m²·K). Isituvchi agentlarning harakat yoʻnalishi bir xil va qarama-qarshi boʻlgan hollar uchun issiqlik almashinish qurilmasining yuzasi hisoblab topilsin.

4.23. Diametri 38x3 mm li 6 ta trubadan 8000 kg/soat sarf boʻlgan issiqlik almashinish qurilmasida oʻsimlik sharbati isitilmoqda. Oʻsimlik sharbatining zichligi 1075 kg/m³. Yuqorida koʻrsatilgan ish unumdorligini ushlab turish uchun oʻsimlik sharbatning tezligi qancha boʻlishi zarur?

4.24. “Truba ichidagi truba” tipidagi qarama-qarshi yoʻnalishli issiqlik almashinish qurilmasining uzunligi 5 m li 6 ta seksiyadan iborat boʻlib, diametri 45x2,5 mm li trubalardan yasalgan. Sovituvchi agent- artezion suvi qurilmaga kirishda 4°C va chiqishda 20°C temperaturali boʻlsa, qancha miqdorda 70°C li etil spirtini 10°C gacha sovitish mumkin? Issiqlik oʻtkazish koeffitsienti $K=460 \text{ Vt/(m}^2 \cdot \text{K)}$ deb qabul qilinsin.

4.25. “Truba ichidagi truba” tipidagi issiqlik almashinish qurilmasi 10 ta seksiyadan iborat. Har seksiyaning uzunligi 5 m, ichki truba diametri 38x3 mm. Qurilmada 40°C dan 10°C gacha etanol sovitilmoqda. Sovituvchi agent- suvning temperaturasi 5°C dan 25°C gacha koʻtarilmoqda. Etanoldan isituvchi yuzaga boʻlgan issiqlik berish koeffitsienti 2000 Vt/(m²·K), isitish yuzasidan suvga esa - 800 Vt/(m²·K). Trubaning termik qarshiligi: etanol oqib oʻtayotgan tomonda

$r_p=2\cdot 10^{-4} \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{Vt}$, suv harakat qilayotgan tomonda $r_s=4\cdot 10^{-4} \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{Vt}$. Trubalar materiali zanglamaydigan X18N10T po‘latdan yasalgan. Yuqoridagi shart-sharoitlar uchun suvning sarfi hisoblab topilsin.

4.26. Vertikal qobiq-trubali issiqlik almashinish qurilmasining truba diametri 25x2 mm, uzunligi 1,2 m li mis trubalardan yasalgan. Trubalararo bo‘shliqda $300 \text{ m}^3/\text{soat}$ miqdorda 80% li (hajmiy) suv-spirt bug‘lari kondensatsiyalanmoqda. Truba ichidan 0,4 m/s tezlikda suv oqib o‘tmoqda. Suvning boshlang‘ich temperaturasi 60°C. Trubaga yopishgan iflosliklarning termik qarshiligi $p_{if}=7,17\cdot 10^{-4} \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{Vt}$. Qurilmadagi trubalar soni aniqlansin.

4.27. Vertikal qobiq-trubali issiqlik almashinish qurilmasida 350 L zaytun moyi 45 minut davomida 16°C dan 40°C gacha bug‘ yordamida isitilmoqda. To‘yingan bug‘ning bosimi 0,105 MPa, uning kondensatsiyalanishi natijasida temperaturasi 77°C bo‘lgan 29,2 l kondensat hosil bo‘ladi.

Qurilma quyidagi xarakteristikaga ega: yo‘llar soni – 1ta; trubalar soni – 6ta; trubalar diametri - 22x2 mm; uzunligi - 0,85 m. Qurilmaning issiqlik o‘tkazish koeffitsienti aniqlansin.

4.28. Ish unumdorligi 500 l/soat yuvilib turuvchi issiqlik almashinish qurilmasining ichki diametri 35 mm li trubalardan yasalgan va uning yuzasi $2,53 \text{ m}^2$. Isopropyl spirtining boshlang‘ich temperaturasi 60°C, oxirgisi esa 13°C Ushbu qurilmaning issiqlik o‘tkazish koeffitsienti hisoblab topilsin.

4.29. Boshlang‘ich temperaturasi 85°C bo‘lgan xlorid kislotasi 750 l/soat massaviy sarfda 25°C gacha yuvilib turuvchi issiqlik almashinish qurilmasida sovitilmoqda. Jarayon paytida suv 1°C dan 37°C gacha isimoqda. Issiqlik almashinish yuzasi $4,2 \text{ m}^2$, suv seksiyasida issiqlik almashinish koeffitsienti $1745 \text{ Vt}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$. Suvning sohib beruvchi tarnovdagi sarfi 15 sm. Sohib beruvchi 2 mm li teshiklardan necha dona bo‘lishi kerak?

KONTROL TOPSHIRIQ №10

Quyidagi keltirilgan boshlang‘ich ma’lumotlarga ega bir yo‘lli issiqlik almashinish qurilmasida N suyuqlik isitilmoqda:

isitilgan suv miqdori	– G;
suyuqlikning boshlang‘ich temperaturasi	– t_{bosh} ;
suyuqlikning oxirgi temperaturasi	– t_{ox} ;
isituvchi bug‘ bosimi	– p;
issiqlikning atrof-muhitga yo‘qotilishi	– $Q_{yo‘q}$;
truba uzunligi	– l;
truba diametri	– d.

Ushbu qurilmaning issiqlik almashinish yuzasi F, trubalar soni n va isituvchi bug‘ sarfi D lar topilsin. Undan tashqari qurilmaning sxemasi issiqlik tashuvchi agentlar yo‘nalishlari ko‘rsatilgan holda chizilsin.

Para-metr	O'lchov birligi	Shifrning oxirgi raqami bo'yicha variantlar									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
G	t/soat	5	7	8	7	4	5	6	9	6	5
t _{bosh}	°C	20	22	10	15	17	18	20	25	20	15
t _{ox}	°C	70	40	50	45	75	55	70	80	60	65
p	atm	2	3	4	5	6	6	5	4	3	2
K	Vt/m ² ·K	650	700	750	500	400	450	600	500	550	400
Q _{yo'q}	%	2	3	4	5	6	4	5	7	8	3
l	m	1,5	2,0	2,5	1,0	3,0	2,5	2,0	3,0	1,5	1,0
d	m	25	20	32	20	38	25	20	38	25	38
		Suv, atseton, benzol, etil spirti, glitserin, simob, zaytun moyi, pista yog'i									

KONTROL TOPSHIRIQ №11

Agarda devorning usti 5 mm qalinlikda X material bilan qoplangan bo'lsa, diametri D mm li Y materialdan yasalgan devorning termik qarshiligi necha barobar ortadi?

Para-metr	O'lchov birligi	SHifrning oxirgi raqami bo'yicha variantlar									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
δ	mm	0,1	0,3	0,2	0,5	1,0	0,6	0,8	1,1	1,5	1,4
D	mm	25x2	38x3	20x2	14x1	76x4	32x2	57x3	20x2	14x1	108x5
Y		Al	Cu	St45	Bron	Ag	Al	CHo'yan	Ti	Cu	latun
X		Asbest, emal, torf plita, sovelit, penoplast, viniplast, ftoroplast, faolit, po'kak									

5- BOB

5.1 DAVRIY ISHLOVHI ISSIQLIK ALMASHINISH APPARATLARINING ISSIQLIK HISOBI.

Issiqlik almashinish apparatlarini loyihalashda ular uchun avval turli hisoblash ishlari bajariladi. Hisoblash uch qismdan iborat:

- a) Issiqlik hisobi;
- b) Konstruktiv hisoblash;
- c) Gidravlik hisoblash;

Bunday issiqlik hisobi natijasida quyidagilar aniqlanadi: 1) o'rtacha temperaturalar farqi va ish muhitining o'rtacha temperaturalar; 2) issiqlik miqdori va ish jismlarining sarfi; 3) issiqlik o'tkazish koeffitsienti; 4) isitish yuzasi.

Issiqlik almashinish apparatining issiqlik hisobini ko'rib chiqamiz. Berilgan boshlang'ich ma'lumotlar:

- 1) isitilayotgan eritmaning miqdori G , kg/s;
- 2) eritmaning konsentratsiyasi C , %;
- 3) eritmaning boshlang'ich va oxirgi temperaturalar t_b , t_0 ;
- 4) isitkichning turi – vertikal, gorizonta trubalar, yo'llar soni;
- 5) isituvchi bug'ning bosimi P yoki temperaturasi t ;
- 6) po'lat trubalarning ichki va tashqi diametri d_i va d_t ;
- 7) trubalarning uzunligi l , m;
- 8) eritmaning hrakat tezligi w , m/s;
- 9) isitish yuzasidan foydalanish koeffitsienti φ .

Hisoblash quyidagi tartibda olib boriladi:

Asosiy ko'rsatkichlar va formulalar.

I. Isitkichning temperatura shartlarini aniqlash.

To'yingan bug' bosimi P ga ko'ra uning to'yinish temperaturasi t_s maxsus qo'llanmalardan topiladi. Isitishning boshlanishida temperaturalarining maksimal farqi:

$$\Delta t_{max} = t_s - t_b = \Delta t_{ka}$$

Isitishning oxiridagi muhit temperaturalarining minimal farqi:

$$\Delta t_{min} = t_s - t_0 = \Delta t_{ki}.$$

Δt_{max} va Δt_{min} temperaturalar farqining qiymati 1-rasmdan aniqlanadi. Agar

$$\frac{\Delta t_{max}}{\Delta t_{min}} > 2 \text{ bo'lsa,}$$

$$\Delta t_{ur} = \frac{\Delta t_{max} - \Delta t_{min}}{2.3 \lg \frac{\Delta t_{max}}{\Delta t_{min}}}$$

$$\text{Agar } \frac{\Delta t_{\max}}{\Delta t_{\min}} < 2 \text{ bo'lsa, } \Delta t_{ur} = \frac{\Delta t_{\max} + \Delta t_{\min}}{2}$$

Isitilayotgan muhitning o'rtacha temperaturasi:

$$t = t_s - \Delta t_{ur}.$$

II. Isitilayotgan eritmaning fizik kattaliklarini topish.

O'rtacha temperatura t va c bo'yicha maxsus qo'llanmadagi jadvallardan foydalanib berilgan issiqlik tashuvchi agentlarning fizik miqdorlari topiladi:

- 1) qovushqoqlik μ , N·s/m² yoki v m²/s;
- 2) zichlik ρ , kg/m³;
- 3) issiqlik sig'imi c , J/kg·K;
- 4) issiqlik o'tkazuvchanlik λ , Wt/m·K;
- 5) temperatura o'tkazuvchanlik α , m²/s;
- 6) Prandtl soni aniqlanadi.

III. Issiqlik miqdori, bug' va suv sarflarini aniqlash.

Suyuqlikni isitish uchun ketgan issiqlik miqdori quyidagi tenglamadan topiladi:

$$Q = H \cdot G \cdot c(t_0 - t_b), \text{ Vt.}$$

bunda $H = 1,02 \dots 1,05$ – issiqlikning yo'qotilishini hisobga oluvchi koeffitsient; G – suyuqlik sarfi, kg/s; c – issiqlik sig'imi, J/kg·K; t_0 – suyuqlikni oxirgi temperaturasi, °C; t_b – suyuqlikni boshlang'ich temperaturasi, °C.

Agar gaz yoki suyuqlik sovitilayotgan bo'lsa, sovituvchi moddaning miqdori quyidagicha aniqlanadi:

$$G' = \frac{G \cdot c(t_0 - t_b)}{c'(t_0' - t_b')}, \text{ kg/s.}$$

bu yerda c' – sovituvchi moddaning issiqlik sig'imi; t_0' – sovituvchi moddaning oxirgi temperaturasi; t_b' – sovituvchi moddaning boshlang'ich temperaturasi.

Bug' sarfi quyidagicha topiladi:

$$D = \frac{Q}{i - \theta}, \text{ kg/s.}$$

i – isituvchi bug'ning entalpiyasi; θ – kondensatning entalpiyasi, J/kg.

$$\theta = t_s - (2 \dots 3^\circ \text{C}).$$

i – maxsus qo'llanmalarda berilgan bug' bosimi P bo'yicha olinadi.

IV. Issiqlik o'tkazish koeffitsientini aniqlash.

Bir va ko'p qavatli yaxlit devorlardan hamda trubaning ichki diametri d_i ni uning tashqi diametri d_t ga nisbati $d_i/d_t > 0,5$ bo'lgan sharoitda trubalardan issiqlik o'tgan paytda issiqlik o'tkazish koeffitsientini quyidagi tenglama bilan topish mumkin:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \sum r_3 + \frac{1}{\alpha_2}}, \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{K}.$$

Trubalar (silindrsimon yuzalar) uchun issiqlik o'tkazishning chiziqli koeffitsienti 1 m truba uzunligiga nisbatan olinadi va quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

$$K_k = \frac{3,14}{\frac{1}{\alpha_1 d_i} + \sum \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_t}{d_i} + \frac{1}{\alpha_2 d_t} \sum \frac{r}{d_3}}, \text{ Vt/m} \cdot \text{K}.$$

bu yerda α_1 – issiq muhitdan (isituvchi bug'dan) devorga issiqlik berish koeffitsienti, $\text{Vt/m}^2 \cdot \text{K}$; α_2 – devordan isitilayotgan muhitga issiqlik berish koeffitsienti; δ – devor qatlamining qalinligi, m; λ – alohida olingan devor qatlamining issiqlik o'tkazuvchanligi, $\text{Vt/m} \cdot \text{K}$; $\sum \frac{\delta}{\lambda}$ – devor qatlamining umumiy termik qarshiligi; $\sum r_3$ – iflosliklarning termik qarshiligi; d_3 – trubaning iflosliklar bilan qoplangan diametri.

Issiqlik berish koeffitsientlari α_1 va α_2 kriterial tenglamalar yordamida topiladi. Masalan, bug'dan devorga berilayotgan issiqlik berish koeffitsienti α_1 quyidagi bilan aniqlanadi:

$$\alpha = 1,154 \sqrt{\frac{\lambda^3 \rho^2 r \cdot g}{\mu \Delta t H}}$$

Kondensatning fizik-kimyoviy kattaliklari λ , μ , ρ yupqa qatlam (plenka) ning o'rtacha temperaturasi $t_{pl} = \frac{t_t + t_d}{2}$ bo'yicha topiladi.

Kondensatsiyalanish issiqligi r to'yinish temperaturasi t_t ga qarab aniqlanadi. Temperaturalar farqi quyidagi qyirmaga teng:

$$\Delta t = t_t - t_d$$

bu yerda t_d – devorning temperaturasi; H – vertikal yuzaning balandligi.

Agar isitish trubalari gorizontal bo'lsa, bunda bug'ning truba devorlariga issiqlik berish koeffitsienti quyidagicha aniqlanadi:

$$\alpha = 0,724 \sqrt{\frac{\lambda^3 \rho^2 r g}{\mu \Delta t d}}$$

bu yerda d – trubaning diametri.

Devorlardan isitilayotgan muhitga issiqlik berish koeffitsienti harakat rejimiga ko'ra har xil kriterial tenglamalar yordamida topiladi. Hisoblash tenglamasini topish uchun avval Reynolds kriteriysi Re aniqlanadi. Agar

$Re > 10000$ bo'lsa, trubalardagi majburiy konveksiya vaqtidagi issiqlik berish koeffitsienti α_2 quyidagiga teng bo'ladi:

$$Nu = 0,023 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,4}$$

Agar $2300 > Re > 10000$ bo'lsa:

$$Nu = 0,008 \cdot Re^{0,9} \cdot Pr^{0,43}$$

Agar laminar rejimda $Re < 2300$ bo'lsa:

$$Nu = 0,17 \cdot Re^{0,33} \cdot Pr^{0,43} \cdot Gr^{0,1}$$

So'ngra α ning qiymati Nusselt kriteriysi orqali topiladi:

$$Nu = \frac{\alpha \cdot l}{\lambda}$$

V. Isitish yuzasini topish.

Isitkichning isitish yuzasi issiqlik o'tkazishning umumiy tenglamasidan topiladi:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t}, \text{ m}^2$$

Bu yuza uchun qabul qilingan isitkichning sxemasi trubalarning diametri va uzunligiga ko'ra joylashtiriladi. Isitish yuzasini joylashtirish isitkichning konstruktiv hisobini tashkil etadi.

I. Bug'latish jarayonining moddiy balans tenglamasi:

$$G_{bosh} = G_{ox} + W,$$

$$G_{bosh} X_{boxh} + G_{ox} X_{ox}$$

bu yerda: G_{bosh} , G_{ox} – eritmaning boshlang'ich (dastlabki) 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.

$$W = G_{bosh} \left(1 - \frac{X_{bosh}}{X_{ox}} \right)$$

II. Bug'latish qurilmasining issiqlik balans tenglamasi:

$$Q = G_{bosh} c_{boxh} t_{bosh} + G_{ox} c_{ox} t_{ox} + W_{ik.k} + Q_{yo'q} + Q_{deg}$$

bu yerda:

Q – bug'latishga sarflangan issiqlik miqdori, Vt;

c_{bosh} , c_{ox} – boshlang'ich (dastlabki) va oxirgi (bug'latilgan) eritmalarining solishtirma issiqlik sig'imi, J/kg;

t_{bosh} , t_{ox} – boshlang'ich eritmaning qurilmaga kirishidagi va oxirgi eritmaning qurilmadan chiqishidagi haroratlari, $^{\circ}\text{C}$;

$i_{ik,k}$ – ikkilamchi bug'ning qurilmadan chiqayotgandagi solishtirma entalpiyasi, J/kg;

$Q_{yo'q}$ – atrof muhitga yo'qotilgan issiqlik miqdorining qiymati, Vt;

Q_{deg} – degidratatsiya issiqligi, Vt. (quyuqlashtirish uchun sarflangan issiqlik miqdori).

III. Bug'latishga sarflangan issiqlik miqdorini aniqlash:

$$Q = G_{bosh} c_{bosh} (t_{ox} - t_{bosh}) + W(i_{ik,k} - c_c t_{ox}) + Q_{yo'q}$$

bu yerda:

$c_c - t_{ox}$ ga mos kelgan suvning solishtirma issiqlik sig'imi, J/kg·K.

Agar eritma bug'latish eritmasiga qizdirilgan holatda, ya'ni $t_{bosh} > t_{ox}$ bo'lsa, u holda $Q = G_{bosh} c_{bosh} (t_{ox} - t_{bosh})$ bo'lib manfiy ishoraga ega bo'ladi va bu yerda ma'lum qism suv eritmani sovishi tufayli bug'lanadi. $G_{bosh} c_{bosh} (t_{ox} - t_{bosh})$ qiymat o'z – o'zini bug'latish qiymati deb nomlanadi.

Atrof muhitga yo'qotilgan issiqlik miqdorini hisoblash uchun bug'latish qurilmasining $Q_{isit} + Q_{bug'}$ yig'indisining 3 – 5 % ni olish mumkin. $Q_{yo'q}$ ni quyidagicha aniqlash mumkin:

$$Q_{yo'q} + \alpha \cdot F_{izol} (t_{izol} - t_h)$$

bu yerda:

$\alpha = \alpha_{nur} + \alpha_{konv}$ – nurlanish va konveksiya issiqlik berish koeffitsiyentlarining yig'indisi, Vt/m²K;

F – qurilmaning qoplama (izolyatsiya) qilingan yuzasi, m;

t – qoplama tashqi yuzasining temperaturasi, $^{\circ}\text{C}$ yoki K;

t_h – havo temperaturasi $^{\circ}\text{C}$ yoki K.

IV. Bug'latish qurilmasidagi isituvchi bug' sarfi $G_{i.b.}$

$$G_{i.b.} = \frac{Q}{(i'' - i')x} = \frac{q}{r_{i.b.}}$$

bu yerda:

i'' – to'yingan quruq bug'ning solishtirma entalpiyasi, J/kg;

i' – kondensatsiyalanish temperaturadagi kondensatning solishtirma entalpiyasi, J/kg;

x – qizdirish bug'ining namlik darajasi (quruqlik darajasi);

$r_{i.b.}$ – qizdirish bug'i solishtirma kondensasiyalanish issiqligi, J/kg.

Isituvchi bug'sarfi $G_{i.b.}$ ning bug'lanayotgansuv sarfi w nisbatiga bug'latish uchun ketgan bug'ning solishtirma sarfi deyiladi:

$$d = \frac{G_{i.b}}{W}.$$

V. Eritmaning issiqlik sig'imi:

Eritmaning solishtirma issiqlik sig'imi quyidagi tenglamadan aniqlanadi:

$$c = c_1x_1 + c_2x_2 + c_3x_3 + \dots$$

c_1, c_2, c_3 – tashkil etuvchi komponentlarning solishtirma issiqlik sig'imi;

x_1, x_2, x_3 – tashkil etuvchi komponentlarning miqdoriy ulushi.

Ikki komponentli suyultirilgan suvli eritmalar (suv + eritilgan modda) ning solishtirma issiqlik sig'imini hisoblash uchun quyidagi taxminiy tenglamadan foydalaniladi ($x < 0,2$):

$$c = 4190(1 - x)$$

bu yerda:

4190 J/kg K – suvning solishtirma issiqlik sig'imi;

x – eritilgan moddaning konsentratsiyasi, massaviy ulushi.

Quyuqlashtirilgan ikki komponentli suvli eritma uchun ($x > 0,2$) hisoblash quyidagi tenglama yordamida olib boriladi:

$$c = 4190(1 - x) + c_1x$$

c_1 – 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 taxminiy qiymatini topish mumkin:

$$M \cdot c = n_1c_1 + n_2c_2 + n_3c_3 + \dots$$

bu yerda:

M – kimyoviy birikmaning molyar massasi;

c – kimyoviy birikmaning massaviy solishtirma issiqlik sig'imi (J/kg·K);

$n_1, n_2, n_3 \dots$ - birikmadagi elementar atom soni;

$c_1, c_2, c_3 \dots$ - atom issiqlik sig'imi, J/kg·K.

Yuqoridagi keltirilgan tenglama yordamida birikmalarning solishtirma issiqlik sig'imini hisoblash uchun 1-jadvalda keltirilgan atom issiqlik sig'imlaridan foydalanish kerak.

1-jadval

Element	Atomning issiqlik sig'imi, J/kg·K		Element	Atomning issiqlik sig'imi, J/kg·K	
	qattiq holda	suyuq holda		qattiq holda	suyuq holda
C	7,5	11,7	F	20,95	29,9
H	9,6	18,0	P	22,6	31,0
B	11,8	19,7	S	22,6	31,0
Si	15,9	24,3	qolgani	26,0	33,6
O	16,8	25,1			

VI. Eritmalarning qaynash temperaturasi hisoblash ($P \geq P_{atm}$).

1 usul. Agar eritmaning ma'lum bosimda 2 ta qaynash temperaturasi ma'lum bo'lsa quyidagi tenglamadan

$$\frac{\lg P_{A1} - \lg P_{A2}}{\lg P_{B1} - \lg P_{B2}} = c$$

yoki 1 nomogrammadan foydalanish mumkin. Bu yerda:

P_{A1} va P_{B1} – bir xil t_1 temperaturadagi 2 suyuqlikning to'yingan bug'larining bosimi;

P_{A2} va P_{B2} – bir xil t_2 temperaturadagi 2 suyuqlikning to'yingan bug'larining;

c – 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 topish mumkin:

$$\left(\frac{P}{P_0}\right)_t = const,$$

bu yerda:

P – eritma bug'ining bosimi;

P_0 – o'sha temperaturada toza erituvchining to'yingan bug' bosimi.

Konsentratsiyalangan suvli eritmalar uchun $\left(\frac{P}{P_0}\right)_t = const$ tenglamani 2-jadvalda keltirilgan koeffitsiyentlarni inobatga olgan holda hisoblash kerak.

P/P_0							2-jadval
0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	Tuzatish koeffitsiyenti $\pm \Delta t, K$
Bosim P , mm. s. 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 koeffitsienti qo'shiladi, manfiy bo'lsa ayiriladi.

VII. t_{qayn} – bu truba ichida eritmaning o'rtacha qaynash temperaturasi

$$t_{qay} = t_{kon} + t_{g.ef}$$

bu yerda:

$t_{g.ef}$ – gidrostatik depressiya yoki gidrostatik bosim hisobiga eritmaning qaynash temperaturasi ortishi (gidrostatik effekti).

Bug'latish qurilma trubalarining balandligi bo'yicha eritmaning qaynash temperaturasi o'zgaradi. Shuning uchun, gidrostatik bosimni hisobga olgan holda eritmaning truba balandligi bo'yicha o'rtacha qaynash temperaturasi aniqlanadi.

Bug'latilayotgan eritmaning o'rta qatlamidagi bosim ushbu tenglama yordamida topiladi:

$$P_{o'rt} = P_1 + 0.5\rho_e g H_{satx} - P_1 + \Delta P_{g.ef}$$

Gidrostatik depressiya $\Delta t_{g.ef}$ bevosita $\Delta P_{g.ef}$ bilan bog'liqdir va H_{satx} eritma balandligi satxi, zichligiga bog'liq. Optimal balandlik satxi, quyidagi tenglama bilan hisoblab topiladi:

$$H_{opt} = [0.26 + 0.0014(\rho_e + \rho_s)] H_{satx}$$

Agar t_{qay} bo'yicha ma'lumotlar bo'lmasa,

$$(\rho_e + \rho_s)_{t_{qay}} \approx (\rho_e + \rho_s)_{t=20^\circ C}$$

deb olsa bo'ladi. Bu yerda:

ρ_e – oxirgi konsentratsiyali eritma zichligi

ρ_s – suvning zichligi

Gidrostatik depressiya $\Delta t_{g.ef}$ quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

$$\Delta t_{g.ef} = \Delta t_{ur} - \Delta t_1$$

bu yerda

$\Delta t_{ur} - \Delta P_{ur}$ bosimda suvning qaynash temperaturasi.

Eritmaning o'rtacha qaynash temperaturasi quyidagi tenglama orqali hisoblanadi:

$$t_{qay} = t_{ox} + \Delta t_{g.ef} = t_o + \Delta t_{g.s} + \Delta t_{g.ef} = t_o + \sum \Delta t_{yo'q}$$

VIII. Umumiy va foydali temperaturalar farqi

Isituvchi bug' kondensatsiyalanish temperaturasi $t_{i.b}$ va ikkilamchi bug' kondensatsiyalanish temperaturalari t_0 orasidagi farqi **umumiy temperaturalar farqi** deyiladi.

$$\Delta t_{um} = t_{i.b} - t_0$$

Isituvchi bug' kondensatsiyalanish temperaturasi $\Delta t_{i.b}$ va eritma qaynash temperaturasi t_{qay} orasidagi farqi **foydali temperaturalar farqi** deyiladi.

$$\Delta t_{foy} = t_{i.b} - t_{qay} = \Delta t_{um} - \sum \Delta t_{yo'q}$$

Bug'latish qurilmasining issiqlik o'tkazish yuzasi ushbu tenglama yordamida aniqlanadi:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{ur}} = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{foy}}$$

Masalalar yechish namunasi

Masala №1

Natriy gidroksidning boshlang'ich eritmasida 79 g/l suv bor. 30°C da bug'latilgan eritmaning zichligi 1.555 g/sm³. Bu esa 840 g/l konsentratsiyali eritmaga to'g'ri keladi. 1 t boshlang'ich eritmada bug'latilgan suv miqdorini aniqlang.

Yechish.

Boshlang'ich eritmada eritilgan moddaning massaviy ulushi:

$$x_{bosh} = \frac{79}{1000 + 79} = 0,0733$$

Oxirgi eritmada eritilgan moddaning massaviy ulushi:

$$x_{ox} = \frac{840}{1,555} = 0,54$$

1 t boshlang'ich eritmada bug'latilgan suvning miqdori:

$$W = G(1 - \frac{x_{bosh}}{x_{ox}}) = 1000(1 - \frac{0,0733}{0,54}) = 865kg$$

Masala №2

Natriy salitsilatning 25 % suvli eritmasini issiqlik sig'imini aniqlang.

Yechish.

Eritmaning konsentratsiyasi 20 % dan ko'p bo'lgani uchun issiqlik sig'imini ikki komponentli suvli eritmalar uchun belgilangan tenglama yordamida aniqlaymiz:

$$c = 4190(1 - x) + c_1x$$

bu yerda:

c_1 – suvsiz eritilgan moddaning issiqlik sig'imi, J/kg·K

$x > 0,2$

Dastlab silitsil kislotaning quruq natriyli tuzining issiqlik sig'imini quyida keltirilgan tenglama yordamida aniqlaymiz:

$$M \cdot c = n_1c_1 + n_2c_2 + n_3c_3 + \dots$$

bu yerda: M – kimyoviy birikmaning molekulyar massasi;

c – uning massaviy issiqlik sig'imi, J/kg·K;

n_1, n_2, n_3 – birikmaga kirgan elementlarning atomlar soni;

c_1, c_2, c_3 – atomlarning issiqlik sig'imi, J/kg·K.

Tuzning kimyoviy formulasi:



$$\tilde{n}_1 = \frac{(7,5 \cdot 7 + 9,6 \cdot 5 + 16,8 \cdot 3 + 26,0)}{160} = 1,11 \text{ kDj} / \text{kg} \cdot \text{K}$$

25 % eritmaning issiqlik sig'imi:

$$c = 4190(1 - x) + c_1 x = 4190 \cdot 0,75 + 1110 \cdot 0,25 = 3420 \text{ J} / \text{kg} \cdot \text{K}$$

Nazorat uchun savollar va masalalar

1. Bug'latish jarayoni haqida tushuncha.
2. Bug'latish jarayonining asosiy ko'rsatkichlari.
3. Eritmaning massaviy sarfi. Uni hisoblash tenglamalari.
4. Bug'latish uchun sarflangan issiqlik. Uni aniqlovchi ifoda.
5. O'rtacha qaynash temperatura.
6. Umumiy temperaturalar farqi. Asosiy tenglamalar.
7. Foydali temperaturalar farqi. Asosiy tenglama.
8. Hidrostatik effekti haqida tushuncha, uni aniqlovchi ifoda.
9. Bug'latish qurilmasining issiqlik o'tkazish yuzasini hisoblash.
10. Bug'latilgan suv miqdorini hisoblash.
11. Eritmalarni qaynash temperaturasini hisoblash: 2 ta qaynash temperaturasi ma'lum bo'lsa.
12. Eritmalarni qaynash temperaturasini hisoblash: 1 ta qaynash temperaturasi ma'lum bo'lsa.
13. Yo'qotilgan issiqlik miqdorini hisoblash.
14. Isituvchi bug' sarfi va uni hisoblash.
15. Eritmaning issiqlik sig'imi haqida tushuncha va uni hisoblash.

5.2 DAVRIY BUG'LATISH JARAYONINING HISOBI.

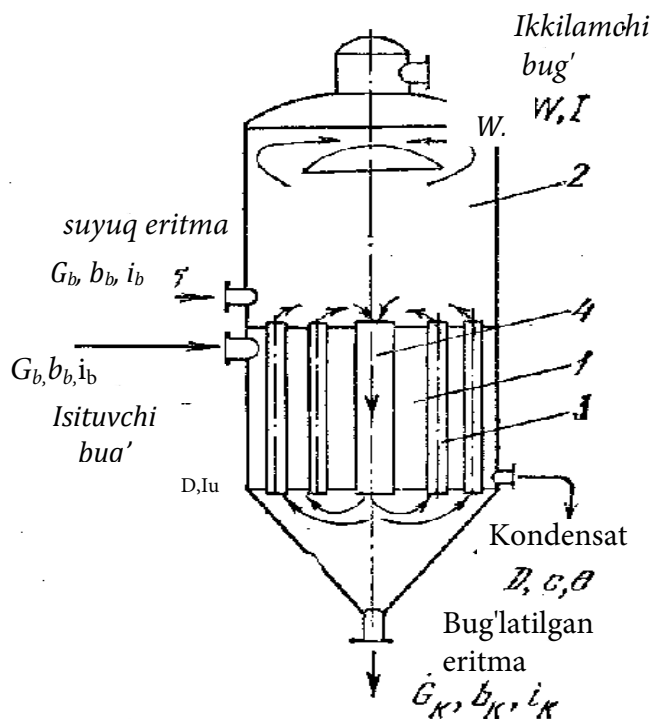
Uchuvchan bo'lamagan moddalar eritmalarini ularning tarkibidagi erituvchini qaynatish paytida chiqarib yuborish yo'li bilan quyushtirish jarayoni **bug'latish** deb yuritiladi. Agar bug'latish jarayoni qaynash temperaturasidan past temperaturalarda suyuqlikning yuzasidan ro'y bersa, bug'latish jarayonida bug' eritmaning butun hajmidan ajralib chiqadi.

Bug'latish jarayonida isituvchi reagent sifatida asosan suv bug'i ishlatiladi. Bunday bug' **birlamchi bug'** deb yuritiladi. Qaynayotgan eritmani bug'latish paytida hosil bo'lgan bug' **ikkilamchi bug'** deb ataladi. Eritmani bug'latish uchun zarur bo'lgan issiqlik miqdori devor orqali beriladi. Faqat ayrim hollardagina, eritmalarni quyultirish uchun kerak bo'lgan issiqlik tutun gazlari yoki boshqa gazsimon issiqlik tashuvchi agentlarning suyuqlik bilan o'zaro kontakti orqali beriladi.

Bug'latish jarayoni vakuum ostida, atmosfera va yuqori bosimlarda olib borilishi mumkin. Eritmalarning xossalari va ikkilamchi bug'ning issiqligidan foydalanish zaruratiga ko'ra har xil bosimlar ishlatiladi.

Vakuum ostida bug'latish bir qator afzalliklarga ega: jarayonni ancha past temperaturalarda olib borish mumkin, bu hol ayniqsa yuqori temperaturada parchalanib ketishi mumkin bo'lgan moddalar eritmalarini quyuqlashtirishda juda qo'l keladi. Bundan tashqari, vakuum ta'sirida isituvchi agent va eritma temperaturasi o'rtasidagi foydali farq ko'payadi, bu esa apparatning isitish yuzasini kamayishiga olib keladi, vakuum bilan bug'latish uchun nisbatan past parametrli isituvchi reagentdan foydalanish mumkin. Vakuum ishlatilganda ikkilamchi bug'dan qaytadan birlamchi bug' sifatida foydalanish imkoni tug'iladi.

Vakuum ostida bug'latish jarayonining kamchiliklari: vakuum ishlatish bug'latish qurilmasining narxini oshiradi, vakuum hosil qilish uchun kondensatorlar, tomchi ushlagichlar, vakuum nasoslar kerak bo'ladi, bundan tashqari, qurilmani ishlatish uchun zarur bo'lgan sarf ham ko'payadi.



5.1-rasm. Markaziy sirkulyatsiya trubasi bo'lgan bug'latish apparati:
1 – isitish kamerasi; 2 – separator; 3 – isitish trubalar; 4 – sirkulyatsiya trubasi.

Atmosfera bosimidan yuqori bo'lgan bosimda bug'latishda hosil bo'lgan ikkilamchi bug'dan qaytadan bug'latish jarayonida hamda bug'latish bilan bog'liq bo'lmagan boshqa maqsadlarda foydalanish mumkin. Boshqa maqsadlar uchun ajratilgan bug' *ekstra bug'* deb ataladi. Yuqori bosim bilan bug'latish

jarayonida ekstra bug'ni ajratib olib ishlatish vakuum yordamida bug'latishga nisbatan issiqlikdan to'laroq foydalanish imkoniyatini beradi. Yuqori bosim bilan bug'latish eritmaning qaynash temperaturasi ortishiga olib keladi. Bundan tashqari, yuqori bosim bilan bug'latishni amalga oshirish uchun yuqori temperaturali isituvchi reagent kerak bo'ladi. Shu sababli bu usul yuqori temperaturaga chidamli moddalarning eritmalarini quyultirishda ishlatiladi.

Atmosfera bosimi bilan bug'latishda ikkilamchi bug' ishlatilmaydi, u atmosferaga chiqarib yuboriladi. Bunday usul oddiy, lekin eng tejamsiz hisoblanadi.

Ishlash rejimiga ko'ra bug'latish apparatlari davriy va uzluksiz bo'ladi. Kichik masshtabdagi ishlab chiqarishlarda va ayrim vaqtda eritmalarini yuqori konsentratsiyalargacha bug'latishda davriy ishlaydigan bug'latish apparatlari ishlatiladi.

Moddiy balans. Bitta apparatli bug'latish qurilmasining moddiy balansini:

$$G_b = G_{ox} + \omega$$

G_b – eritmaning boshlang'ich miqdori;

G_{ox} – eritmaning oxirgi miqdori;

ω – erituvchining (ikkilamchi bug'ning) miqdori.

Eritma tarkibida bo'lgan quruq moddaga nisbatan moddiy balans quyidagicha yoziladi:

$$\frac{G_b X_b}{100} = \frac{G_{ox} X_{ox}}{100}$$

X_b, X_{ox} – eritmaning boshlang'ich va oxirgi konsentratsiyalari.

Bunda yuqorida berilgan tenglamalar yordamida apparatning shu unumi topiladi.

Quyuqlashtirilgan eritma bo'yicha:

$$G_k = \frac{G_b X_b}{X_{ox}}$$

Bug'latilayotgan suv bo'yicha:

$$\omega = G_b - G_{ox} = G_b \left(1 - \frac{X_b}{X_{ox}}\right)$$

Issiqlik balansini. Issiqlik balansini hisoblash uchun quyidagi belgilarni qabul qilamiz:

D – isituvchi bug'ning sarfi;

I_i – isituvchi bug'ning entalpiyasi;

I – ikkilamchi bug'ning entalpiyasi;

$i_b = C_b t_b$ – dastlabki eritmaning entalpiyasi;

$i_k = C_k t_k$ – quyuqlashtirilgan eritmaning entalpiyasi;

$i' = C' \theta$ – isituvchi bug' kondensatining entalpiyasi;

C_b, C_k, C' – dastlabki va quyuqlashtirilgan eritma hamda kondensatning o'rtacha solishtirma issiqlik sig'implari;

t_b, t_k, θ – dastlabki quyuqlashgan eritma va isituvchi bug'ning to'yinish temperaturalari.

Issiqlikning kirishi (dastlabki eritma bilan)	$G_b, i_b;$
isituvchi bug' bilan	$DI_i;$
Issiqlikning sarflanishi (quyuqlashgan eritma bilan)	$G_q, i_q;$
Ikkilamchi bug' bilan	$\omega I;$
Isituvchi bug'ning kondensati bilan	$D \cdot i;$
Quyuqlashtirish issiqligi	$Q_{kons};$
Atrof – muhitga yo'qotilgan issiqlik	$Q_y;$
Issiqlik balasi quyidagicha ifodalanadi:	

$$G_b i_b + DI_i = G_q i_q + \omega \cdot I + DI' + Q_{kons} + Q_y$$

Dastlabki eritma quyuqlashgan eritma va bug'latilishi lozim bo'lgan suv aralashmasidan iborat hamda dastlabki eritmaning issiqlik sig'imi temperaturasi t_b bilan t_q intervalda o'zgarmay qoladi deb olamiz. Bunda issiqlik balansi quyidagicha:

$$G_b C_b t_k = G_k C_k t_k + \omega C'' t_q$$

bu yerda C'' – temperature 0°C dan t_k gacha o'zgargan paytdagi suvning o'rtacha issiqlik sig'imi.

t_b, i_k, i va $G_k C_k$ larning qiymatlarini asosiy tenglamaga qo'yib quyidagi ifodani olamiz:

$$G_b C_b t_b + DI_i = G_b C_b t_k - \omega C'' t_k + \omega I + DC' \theta + Q_{kons} + Q_y$$

Bu tenglamadan bug'latish apparatiga vaqt birligi ichida isituvchi bug' bilan kiritilgan issiqlik miqdorini aniqlaymiz:

$$Q = D(I_i - C' \theta) = G_b C_b (t_k - t_b) + \omega(I - C'' t_k) + Q_{kons} + Q_y$$

Bu tenglamaning o'ng tomonidagi birinchi qismi dastlabki eritmani qaynash temperaturasigacha isitish uchun sarf bo'lgan issiqlik miqdorini, ikkinchi qismi esa eritmadan suvning bug'lanishi uchun sarf bo'lgan issiqlik miqdorini belgilaydi.

Eritmani quyuqlashtirish paytidagi issiqlik effekti Q_{kons} bilan ifodalanadi. Quyuqlashtirish jarayonida issiqlikning yutilishi yoki chiqishi sodir bo'ladi. Agar Q_{kons} ning miqdori ancha katta bo'lsa, u hisobga olinadi, kam bo'lsa hisobga olinmaydi.

Isituvchi bug'ning sarfi:

$$D = \frac{G_b t_b (t_k - t_b) + \omega(I - C'' t_k) + Q_{kons} + Q_y}{I_i - C' \theta}$$

Agar eritma avval qaynash temperaturasigacha isitilib, so'ngra bug'latish apparatiga berilsa, $t_b = t_k$ bo'ladi. Q_{kons} va Q_y ning miqdori hisobga olinmasa, unda 1 kg suvning bug'latish uchun kerak bo'lgan isituvchi bug'ning nazariy sarfini topish mumkin:

$$D = \frac{\omega(I - C''t_k)}{I_g - C'\theta} = \frac{\omega_r}{r'} = \omega$$

bu yerda:

$I_g - C'\theta = r'$ – isituvchi bug'ning kondensatsiyalanish issiqligi,

$I - C''t_q = r$ – qaynab to'rgan eritmalaridan suvning bug'lanish issiqligi (taxminan $r = r'$ deb olinishi mumkin).

Isitish yuzasi. Uzluksiz ishlaydigan bug'latish apparatining isitish yuzasi issiqlik o'tkazishning asosiy tenglamasi orqali topiladi:

$$F = \frac{Q}{K\Delta t}$$

bu yerda:

Q – issiqlik sarfi;

K – issiqlik o'tkazish koeffitsienti;

Δt – temperaturalarning foydali farqi.

Temperaturaning yo'qotilishi. Bug'latish apparatlarida temperaturaning yo'qotilishi natijasida isituvchi bug' va bug'latilayotgan eritma temperaturalari o'rtasidagi farq kamayadi. Temperaturalarning yo'qotilishi Δ temperatura depressiyasi Δ' , gidrostatik depressiya Δ'' va gidravlik depressiya Δ''' lardan tashkil topgan bo'ladi:

$$\Delta = \Delta' + \Delta'' + \Delta'''$$

Temperatura depressiyasi deb bir xil bosimda olingan eritma qaynash temperaturasi bilan toza erituvchi qaynash temperaturasi o'rtasidagi farqqa aytiladi. Δ' odatda atmosfera bosimida topilgan bo'ladi. Boshqa bosimlardagi suyultirilgan eritmalar uchun Δ' ning qiymatini I.A.Tishenko tenglamasi orqali topish mumkin:

$$\Delta' = 1,62 \cdot 10^{-2} \frac{T^2}{r} \Delta'_{atm}$$

bu yerda:

Δ'_{atm} – atmosfera bosimidagi temperatura depressiyasi, $^{\circ}\text{C}$;

T – toza erituvchining berilgan bosimdagi qaynash temperaturasi, K;

r – toza erituvchining berilgan bosimdagi bug'lanish issiqligi, kJ/kg.

Gidrostatik effekt ta'sirida eritma qaynash temperaturasining ortish jarayoni **gidrostatik depressiya** deb ataladi.

Gidravlik qarshiliklar ta'sirida eritma temperaturasining ortish jarayoni **gidravlik depressiya** deb yuritiladi.

Temperatura va gidrostatik depressiyalarni hisobga olgan holda eritmaning qaynash temperaturasini quyidagicha aniqlash mumkin:

$$t_q = T' + \Delta' + \Delta''$$

bu yerda: T' – ikkilamchi bug' temperaturasi.

Masala

Davriy ishlaydigan, isitish yuzasi 49 m^2 ga teng bo'lgan vakuum bug'latgich apparati 20 tonna kuchsiz eritma bilan to'ldiriladi. Eritmaning boshlang'ich konsentratsiyasi $X_b = 5 \%$, boshlang'ich temperaturasi esa $T_b = 20^\circ\text{C}$ eritmaning oxirgi konsentratsiyasi $X_{ox} = 50 \%$. 1-jadvaldagi eritmaning qaynash temperaturasi va apparatdagi issiqlik berish koefitsienti konsentratsiyaga bog'liqligi keltirilgan.

1-jadval

Konsentratsiya X,	5	10	20	30	40	50
Qaynash temperaturasi, $^\circ\text{C}$ ($t_{qay}=t_{to'y}+\Delta t_g$)	55	56	60	67	76	95
Qaynash temperaturasida issiqlik koef-ti K, $\text{Vt/m}^2\text{K}$	2150	1740	1130	740	490	280

Apparatdagi absolyut bosim $0,15 \text{ kgk/sm}^2$, bunga esa $t_{to'y} = 53,6^\circ\text{C}$ to'g'ri keladi. Kuchsiz eritmani qizdirish va qaynatish davriga to'g'ri kelgan issiqlik o'tkazish koefitsienti $K = 350 \text{ Vt/m}^2\text{K}$ ga teng. To'yingan bug'ning temperaturasi 120°C . Isituvchi bug'ning namligi 5% ga teng bo'lgan deb hisoblab uning sarfini hamda bug'latish jarayonining muddatini aniqlang.

Nazorat uchun savollar

1. Davriy bug'latish jarayoni haqida tushuncha.
2. Birlamchi va ikkilamchi bug' haqida tushuncha.
3. Vakuum ostida bug'latish jarayonini olib boorish.
4. Barqaror bo'lmagan eritmalarni konsentratsiyalash usullari.
5. Vakuum ostida bug'latish jarayonining kamchiligi.
6. Atmosfera bosimida bug'latish jarayoni.
7. Bir korpusli bug'latish qurilmasining tuzilishi.
8. Bir korpusli bug'latish qurilmasini moddiy balans.
9. Bir korpusli bug'latish qurilmasini issiqlik balans.
10. Bir korpusli bug'latish qurilmasini ish unumdorligi.
11. Bir korpusli bug'latish qurilmasining isitish yuzasini aniqlash.
12. Bir korpusli bug'latish qurilmasinida temperatura yo'qotilishini aniqlash.
13. Temperatura depressiyasi haqida tushuncha. N.Markaziy sirkulyatsion trubasi bo'lgan bug'latish apparatini ishlash prinsipi.
14. Sirkulyatsion trubasi bo'lmagan bug'latish apparatini ishlash prinsipi.

Nazorat uchun savollar

1. Bug'latish jarayoni haqida tushuncha.
2. Bug'latish jarayonining asosiy ko'rsatkichlari.
3. Eritmaning massaviy sarfi. Hisoblash formulalari.
4. Bug'latish uchun sarflangan issiqlik. Uni aniqlovchi ifoda.
5. O'rtacha qaynash temperaturasi.
6. Umumiy temperaturalar sharti. Asosiy formula.
7. Foydali temperaturalar farqi. Asosiy formula.
8. Hidrostatik effekt haqida tushuncha, uni aniqlovchi ifoda.
9. Bug'latish qurilmasining issiqlik o'tkazish yuzasini hisoblash.
10. Bug'latilgan suv miqdorini hisoblash.
11. Eritmalarni qaynash temperaturasi hisoblash. 2 ta qaynash temperaturasi ma'lum bo'lsa.
12. Eritmalarni qaynash temperaturasi hisoblash. 1 ta qaynash temperaturasi ma'lum bo'lsa.
13. Yo'qotilgan issiqlik miqdorini hisoblash.
14. Isituvchi bug' sarfi va uni hisoblash.
15. Eritmaning issiqlik sig'imi haqida tushuncha va uni hisoblash.

Adabiyotlar:

1. Yusupbekov N.R., Nurmuxamedov X.S., Zokirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalari. Toshkent, Sharq, 2003, 644 b.
2. Pharmaceutical Process Engineering. Second edition, Informa Healthcare SSHA, Inc., 52 Vanderbilt Avenue, Nyu-York, NY 10017, C 2010 p. 198.
3. Yusupbekov N.R., Nurmuxamedov X.S. Ismatullaev P.R. Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarning jarayonlari va qurilmalari fanidan hisoblar va misollar. Toshkent 1999, 250 b.
4. Yusupbekov N.R., Nurmuxamedov X.S. Ismatullaev P.R., Zokirov S.G., Mannonov U.V. Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarning asosiy jarayon va qurilmalarini hisoblash va loyihalash. Toshkent 2000, 350 b.

BUG‘LATISH

Hisoblash tenglamalari va asosiy bog‘liqliklar.

1. Bug‘latish jarayonining moddiy balans tenglamasi:

$$G_{\text{boʻsh}} = G_{\text{ox}} + W \quad (5.1)$$

$$G_{\text{boʻsh}} \cdot X_{\text{boʻsh}} = G_{\text{ox}} \cdot X_{\text{ox}} \quad (5.2)$$

bu erda $G_{\text{boʻsh}}$, G_{ox} – eritmaning (dastlabki) boshlang‘ich va oxirgi (bug‘latilgan) moddiy sarfi, kg/s $X_{\text{boʻsh}}$, X_{ox} – eritmaning boshlang‘ich va oxirgi eritilgan moddada moddiy ulushlari, W – bug‘latilayotgan suvning moddiy sarfi, kg/s

$$W = G_{\text{boʻsh}} \cdot \left(1 - \frac{X_{\text{boʻsh}}}{X_{\text{ox}}}\right) \quad (5.3)$$

2. Bug‘latish qurilmasining issiqlik balans tenglamasi:

$$Q + G_{\text{boʻsh}} \cdot C_{\text{boʻsh}} \cdot t_{\text{boʻsh}} + G_{\text{ox}} \cdot c_{\text{ox}} \cdot t_{\text{o}} + W \cdot i_{\text{kk}} + Q_{\text{yuk}} + Q_{\text{deg}} \quad (5.4)$$

bu erda Q – bug‘latishga sarfdangan issiqlik miqdori, Vt;

$S_{\text{boʻsh}}$, S_{ox} – boshlang‘ich (dastlabki) va oxirgi (bug‘latilgan) eritmalarining solishtirma issiqlik sig‘imi, J/(kg·K);

$t_{\text{boʻsh}}$, t_{ox} – boshlang‘ich eritmaning qurilmaga kirishdagi va oxirgi eritmaning qurilmadan chiqishdagi temperaturasi, °C;

i_{ik} – ikkilamchi bug‘ning qurilmadan chiqayotgandagi solishtirma entalpiyasi, J/kg;

$Q_{\text{yo‘q}}$ – atrof-muhitga yo‘qotilgan issiqlik miqdori qiymati. Vt;

Q_{deg} – dehidratatsiya issiqligi, Vt.

3. Bug‘latishga sarflangan issiqlik miqdorini aniqlash.

(5.4) tenglamadan quyidagi holdagi ko‘rinishni hosil qilamiz:

$$Q = G_{\text{boʻsh}} \cdot C_{\text{boʻsh}} \cdot (t_{\text{ox}} - t_{\text{boʻsh}}) + W \cdot (i_{\text{akk}} - c_c \cdot t_{\text{ox}}) + Q_{\text{yuk}} \quad (5.5)$$

bu erda t_{ox} – ga mos kelgan suvning solishtirma issiqligi, J/(kg·K);

Agar eritma bug‘latish qurilmasiga qizdirilgan holatda, ya‘ni ($t_{\text{boʻsh}} > t_{\text{ox}}$) bo‘lsa, u holda $Q = G_{\text{boʻsh}} \cdot S_{\text{boʻsh}} \cdot (t_{\text{ox}} - t_{\text{boʻsh}})$ bo‘lib, manfiy ishoraga ega bo‘ladi va bu erda ma‘lum qism suv eritmani sovitish tufayli bug‘lanadi. $G_{\text{boʻsh}} \cdot S_{\text{boʻsh}} \cdot (t_{\text{ox}} - t_{\text{boʻsh}})$ qiymat o‘z-o‘zini bug‘latish qiymati deb nomlanadi.

Atrof-muhitga yo‘qotilgan issiqlik miqdorini hisoblash uchun bug‘latish qurilmasining $Q_{\text{isit}} + Q_{\text{bug‘}}$ yig‘indisining 3-5% ni olsak hato qilmagan bo‘lamiz. $Q_{\text{yo‘q}}$ qiymatini quyidagicha ham hisoblash mumkin:

$$Q_{\text{yuk}} = \alpha \cdot F_{\text{izol}} \cdot (t_{\text{izol}} - t_{\text{x}}) \quad (5.6)$$

bu erda $\alpha = \alpha_{\text{nur}} + \alpha_{\text{konv}}$ – nurlanish va konveksiya issiqlik berish koeffitsientlarining yig‘indisi, Vt/(m²·K); F_{izol} – qurilmaning qoplama qilingan

yuzasi, m^2 ; t_{izol} – qoplama tashqi yuzasining temperaturasi, $^{\circ}C$ yoki K ; t_h – havo temperaturasi, $^{\circ}C$ yoki K ;

4. Bug‘latish qurilmasidagi isituvchi bug‘ sarfi G

$$G_{\text{нб}} = \frac{Q}{(i - i') \cdot x} = \frac{Q}{r_{\text{нб}} \cdot x} \quad (5.7)$$

bu erda 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); $r_{\text{нб}}$ – qizdirish bug‘i solishtirma kondensatsiyalanish issiqligi, J/kg .

Isituvchi bug‘ sarfi $G_{\text{нб}}$ ning bug‘lanayotgan suv sarf W nisbatiga bug‘latish uchun ketgan bug‘ning solishtirma sarfi deyiladi.

$$d = \frac{G_{\text{нб}}}{W} \quad (5.8)$$

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 erda $4190 J/(kg \cdot K)$ – 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:

$$c = 4190 \cdot (1 - x) + c_1 \cdot x \quad (5.11)$$

s_1 – suvsiz eritilgan moddaning solishtirma issiqlik sig‘imi, $J/(kg \cdot K)$.

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, $J/(kg \cdot K)$;

$n_1, n_2, n_3 \dots$ – birikmadagi elementlar atom soni;

$S_1, S_2, S_3 \dots$ – atom issiqlik sig‘imi, $J/(kg \cdot K)$.

(5.12) tenglama yordamida birikmalarning solishtirma issiqlik sig‘imini hisoblash uchun 5-1 jadvaldagi atom issiqlik sig‘imlaridan 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 temperaturasi hisoblash ($P \geq P_{\text{atm}}$)

1-usul. Agarda eritmaning ma'lum bosimda 2 ta qaynash temperaturasi ma'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 17- rasmdagi nomogrammadan foydalansa bo'ladi. Bu erda P_{A_1} va P_{B_1} - bir xil t_1 temperaturadagi 2 suyuqlikning to'yingan bug'larining bosimi; P_{A_2} va P_{B_2} bir xil t_2 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.

$$\left(\frac{p}{p_0}\right) = \text{const} \quad (5.14)$$

bu erda p – 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 koeffitsientlarni (5-2- jadval) inobatga olgan holda hisoblash kerak.

5-2- jadval

p/p ₀ nisbati							Tuzatish koeffitsienti +Δt, K
0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	
Bosim r, 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 koeffitsienti qo'shiladi, manfiy bo'lsa ayiriladi.

7. t_{qay} -truba ichida eritmaning o'rtacha qaynash temperaturasi.

$$t_{\text{kon}} = t_{\text{kon}} + \Delta t_{\text{г.эф}} \quad (5.15)$$

bu erda $t_{g,ef}$ - gidrostatik depressiya yoki gidrostatik bosim hisobiga eritmaning qaynash temperaturasi ortishi (gidrostatik effekt).

Bug‘latish qurilma trubalarining balandligi bo‘yicha eritmaning qaynash temperaturasi o‘zgaradi. Shuning uchun gidrostatik bosimni hisobga olgan holda eritmaning truba balandligi bo‘yicha qaynash temperaturasi aniqlanadi.

Bug‘latilayotgan eritmaning o‘rta qatlamidagi bosim ushbu tenglama yordamida topiladi:

$$p_{yp} = p_1 + 0,5 \cdot p_p \cdot g \cdot H_{yp} - p_1 + \Delta p_{r,эф} \quad (5.16)$$

Gidrostatik depressiya $\Delta t_{g,ef}$ bevosita $\Delta p_{g,ef}$ bilan bog‘liqdir va N_{ur} eritma balandligi sathi va zichligiga bog‘liq. Optimal balandlik sathi quyidagi tenglama bilan hisoblab topiladi:

$$H_{opt} = [0,26 + 0,0014 \cdot (p_p + p_{\Sigma})] \cdot H_{yp} \quad (5.17)$$

Agar t_{kay} bo‘yicha ma’lumotlar bo‘lmasa,

$$(p_p + p_{\Sigma})_{t_{kay}} \approx (p_p + p_{\Sigma})_{t=20^{\circ}C} \quad (5.18)$$

deb olsa bo‘ladi.

Gidrostatik depressiya $\Delta t_{g,ef}$ quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

$$\Delta t_{r,эф} = t_{yp} - t_1 \quad (5.19)$$

bu erda Δt_u bosimda suvning qaynash temperaturasi.

Eritmaning o‘rtacha qaynash temperaturasi quyidagi tenglama orqali hisoblanadi:

$$t_{kay} = t_{kon} + \Delta t_{r,эф} = t_o + \Delta t_{r,o} + \Delta t_{спр} + \Delta t_{r,эф} = t_o + \sum \Delta t_{йук} \quad (5.20)$$

8. Umumiy va foydali temperaturalar farqi. Isituvchi bug‘ kondensatsiyalanish temperaturasi t_{ib} va ikkilamchi bug‘ kondensatsiyalanish temperaturasi t_o orasidagi farqqa umumiy temperaturalar farqi deyiladi.

$$\Delta t_{ym} = t_{ib} + t_o \quad (5.21)$$

Isituvchi bug‘ kondensatsiyalanish temperaturasi t_{ib} va eritma qaynash temperaturasi t_{kay} orasidagi farqqa – foydali temperaturalar farqi deyiladi:

$$\Delta t_{фой} = t_{ib} - t_{kay} = \Delta t_{ym} - \sum \Delta t_{йук} \quad (5.22)$$

Bug‘latish qurilmasining issiqlik o‘tkazish yuzasi ushbu tenglama yordamida aniqlanadi:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{yp}} = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{фой}} \quad (5.23)$$

9. Kristallizatorda hosil bo‘lgan kristallar massasi G_{kr} moddiy balans tenglamasidan topiladi:

$$G_{кр} = \frac{G_1 \cdot (x_2 - x_1) - W \cdot x_2}{x_2 - x_{кр}} \quad (5.24)$$

bu erda G_1 eritma miqdori, kg; x_1 - boshlang'ich eritma konsentratsiyasi, %; x_2 - kristallizatsiyadan keyingi eritmaning konsentratsiyasi, % yoki massaviy ulush; W – bug‘latilgan eritmaning miqdori, kg; $x_{kr} = M/M_{kr}$.

Agarda, modda suvsiz shaklda kristallansa, $x_{kr}=1$.

10. Ma'lum p bosimda suyuqlikning bug‘ hosil qilish solishtirma issiqligi quyidagi tenglamadan topiladi:

$$r = r_{3T} \cdot \frac{M_{3T}}{M} \cdot \left(\frac{T}{\theta}\right)^2 \cdot \frac{d\theta}{dT} \quad (5.25)$$

bu erda r va r_{et} r bosimda izlanayotgan va etalon suyuqliklarning bug‘ hosil qilish solishtirma issiqligi, J/kg; M va M_{et} suyuqliklarning mol massasi, kg/mol; T va Q - r bosimdagi suyuqliklarning qaynash temperaturasi, K; $d\theta$ va dT izlanayotgan va etalon suyuqliklarning qaynash temperatura differensial.

Polyar bo‘lmagan suyuqliklarning bug‘ hosil qilish solishtirma issiqlik Kistyakovskiy tenglamasi yordamida topiladi:

$$r = 19,2 \cdot 10^3 \cdot \frac{T}{M} \cdot (1,91 + \lg T) \quad (5.26)$$

bu erda T - qaynash temperaturasi, K; M – suyuqlik mol massasi, kg/mol.

MISOLLARNI ISHLASH NAMUNASI

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.

Echish:

Boshlang'ich eritmada erigan moddaning massaviy ulushi quyidagicha topiladi:

$$x_{\text{сoм}} = \frac{79}{1000 + 79} = 0,0733$$

oxirgi eritmada esa,

$$x_{\text{ок}} = \frac{840}{1555} = 0,54$$

1t boshlang'ich eritmadan bug‘latilgan suv miqdori ushbu tenglamadan hisoblanadi:

$$W = G_{\text{сoм}} \cdot \left(1 - \frac{x_{\text{сoм}}}{x_{\text{ок}}}\right) = 1000 \cdot \left(1 - \frac{0,0733}{0,54}\right) = 865 \text{ кг}$$

5.3 UZLUKSIZ HARAKATDAGI BUG'LATISH APPARATINING ISSIQLIK HISOBI

Uch korpusli bug'latish qurilmasini hisoblash namunasi.

NaNO_3 ning 12 % li suvli eritmasini 5 t/soat sarfda konsentratsiyalash uchun uch korpusli tabiiy sirkulyatsiya qurilmasi hisoblab chiqiladi.

Eritmaning oxirgi konsentratsiyasi 40 % (mass). Bug'latish qurilmasiga eritma bug'latish temperaturasigacha isitilgan holatda yuboriladi.

To'yingan isituvchi suv bug'ining absolyut bosimi 4 kg k/sm², isituvchi trubalar uzunligi 4 m.

Barometrik kondensatordagi vakuum 0,2 kg k/sm² ga tengdir.

Yechish.

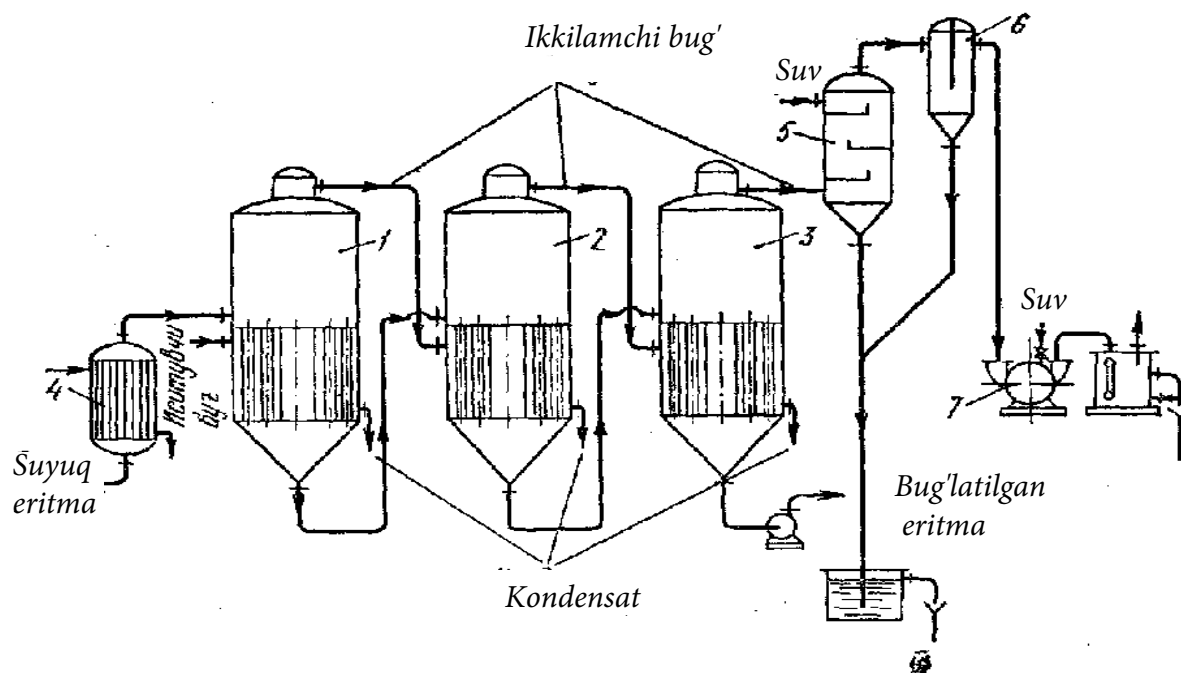
1. Uchala qurilmalarda bug'lanayotgan erituvchining umumiy miqdori:

$$W = G \left(1 - \frac{X_{\text{bosh}}}{X_{\text{ox}}} \right) = \frac{5000}{3600} \left(1 - \frac{12}{40} \right) = 3500 \text{ kg/s} = 0,97 \text{ kg/sek}$$

2. Har bir korpusga yuklamaning taqsimlanishi.

Nazariy taxlil va sanoatdagi ko'p yillik natijalar asosida, har bir korpusdagi ikkilamchi bug'ning miqdori quyidagicha ekanligi aniqlangan:

$$W_1 : W_2 : W_3 = 1,0 : 1,1 : 1,2$$



5.2-rasm. Uch korpusli bug'latish qurilmasining sxemasi

Har bir korpusda hosil bo'lgan ikkilamchi bug' miqdorini hisoblaymiz:

$$\text{1 korpusda} \quad W_1 = \frac{3500 \cdot 1}{3600 \cdot 3,3} = 0,295 \text{ kg / sek}$$

$$\text{2 korpusda} \quad W_2 = \frac{3500 \cdot 1,1}{3600 \cdot 3,3} = 0,324 \text{ kg / sek}$$

$$\text{3 korpusda} \quad W_3 = \frac{3500 \cdot 1,2}{3600 \cdot 3,3} = 0,351 \text{ kg / sek}$$

Jami **0,97 kg/sek**

3. Korpuslar bo'yicha eritmaning konsentratsiyasi X_1 ni hisoblash. Buning uchun birinchi korpusdan ikkinchisiga kirayotgan eritmaning miqdori.

$$G_1 = G_{bosh} - W_1 = \frac{5000}{3600} - 0,295 = 1,09 \text{ kg / sek}$$

konsentratsiyasi esa

$$X_1 = \frac{G_{bosh} \cdot X_{bosh}}{G_{ox} - W_1} = \frac{1,39 \cdot 12}{1,39 - 0,295} = 15,2\%$$

I korpusdagi eritmani oxirgi konsentratsiyasi va II korpusdagi boshlang'ich konsentratsiyalar teng, ya'ni 15,2 %.

II korpusdan III ga kirayotgan eritmaning miqdori:

$$G_2 = G_{bosh} - W_1 - W_2 = 1,39 - 0,295 - 0,324 = 0,77 \text{ kg / sek}$$

konsentratsiyasi esa

$$X_2 = 1,39 \frac{12}{0,77} = 21,6\%$$

III korpusda chiqqan eritmaning miqdori:

$$G_{ox} = G_{bosh} - W = 1,39 - 0,97 = 0,42 \text{ kg / sek}$$

konsentratsiyasi esa

$$X_{ox} = 1,39 \frac{12}{0,42} = 40\%$$

4. Korpuslar bo'yicha isituvchi bug' bosimini taqsimlanishi.

I korpus va barometrik kondensatorlardagi isituvchi bug' bosimlarining farqi:

$$\Delta P = 4,0 - 0,2 = 3,8 \text{ kgk/sm}^2$$

Dastlab, ushbu bosimlar farqini korpuslar o'rtasida barobar taqsimlaymiz, ya'ni

$$\Delta P = \frac{3,8}{3} = 1,27 \text{ kgk/sm}^2$$

Bunda, korpuslardagi absolyut bosim quyidagicha taqsimlanadi:

III korpusda $P = 0,2 \text{ kgk/sm}^2$ (berilgan)

II korpusda $P = 0,2 + 1,27 = 1,47 \text{ kgk/sm}^2$

I korpusda $P = 1,47 + 1,27 = 2,47 \text{ kgk/sm}^2$

Isituvchi bug' bosimi:

$$P = 2,47 + 1,27 = 4,0 \text{ kgk/sm}^2$$

Bug' jadvallaridan korpuslarda qabul qilingan bosimlar uchun suvning to'yingan bug'i temperaturalarini va solishtirma bug' hosil qilish issiqliklarini topamiz:

Korpuslar	To'yingan bug' temperaturasi, °C	Solishtirma bug' hosil qilish issiqligi, (g) kJ/kg
I	129,4	2179
II	110,1	2234
III	59,7	2357
Isituvchi bug'	143	2241

Ushbu temperaturalar, korpuslar bo'yicha ikkilamchi bug'lar kondensatsiyalanish temperaturalarini bo'ladi.

5. Korpuslar bo'yicha temperaturaning pasayishini hisoblash.

a) temperatura depressiyasidan.

Jadvallardan atmosfera bosimida eritmalarini qaynash temperaturalarini aniqlanadi:

Korpuslar	NaNO ₃ ning konsentratsiyalari, %	Qaynash temperaturasi, °C	Depressiya, °C yoki K
I	15,2	102	2,0
II	21,6	103	3,0
III	40	107	7,0

Uch korpus bo'yicha depressiya:

$$\Delta t_{gen} = 2 + 3 + 7 = 12^\circ \text{C}$$

b) gidrostatik effekt depressiyasidan.

20°C NaNO₃ ning zichligi konsentratsiyalar bo'yicha tanlanadi:

NaNO ₃ ning konsentratsiyasi, %	15,2	21,6	40
Zichlik, kg/m ³	1098	1156	1567

Trubalardagi eritmalarning optimal sathda qaynashini hisoblaymiz:

$$H_{opt} = [0,026 + 0,0014(\rho_{er} - \rho_s)] \cdot H_r = [0,026 + 0,0014(1098 - 1000)] \cdot 4 = 1,589m$$

$$P_{o'rt} = P + 0,5\rho_{er} \cdot g \cdot H_r = 2,74 + \frac{0,5 \cdot 1098 \cdot 9,81 \cdot 1,589}{9,81 \cdot 10^4} = 2,827 kgk/sm^2$$

$$P_1 = 2,14 kgk/sm^2 \text{ da } t_{qay} = 129,3^\circ C$$

$$P_{o'rt} = 2,827 kgk/sm^2 \text{ da } t_{qay} = 130,6^\circ C$$

$$\Delta t_{g,ef} = 130,6 - 129,4 = 1,2^\circ C$$

II korpusda

$$H_{opt} = [0,026 + 0,0014(1156 - 1000)] \cdot 4 = 1,91m$$

$$P_{o'rt} = 1,47 + \frac{0,5 \cdot 1156 \cdot 9,81 \cdot 1,91}{9,81 \cdot 10^4} = 1,580 kgk/sm^2$$

$$P_1 = 0,2 kgk/sm^2 \text{ da } t_{qay} = 59,7^\circ C$$

$$P_{o'rt} = 1,580 kgk/sm^2 \text{ da } t_{qay} = 112,3^\circ C$$

$$\Delta t_{g,ef} = 112,3 - 110,1 = 2,2^\circ C$$

$$\text{Jami} \quad \sum \Delta t_{g,ef} = 1,2 + 2,2 + 14,7 = 18,1^\circ C$$

c) gidravlik qarshilik depressiyasi.

Har bir korpus oralig'ida temperaturalar pasayishini 1°C deb qabul qilamiz. Oraliqlar hammasi bo'lib I – II, II – III, III – kondensator, ya'ni

$$\Delta t_{g,k} = 1 \cdot 3 = 3^\circ \tilde{N}$$

Butun qurilma uchun temperaturalar yo'qotilishining yig'indisi:

$$\sum \Delta t_{yo'q} = 1 + 18,1 + 3 = 33,1^\circ C$$

6. Temperaturalarining foydali farqi.

Temperaturalarining umumiy farqi:

$$\Delta t_{um} = 143 - 59,7 = 83,3^\circ C$$

Temperaturalarining foydali farqi:

$$\Delta t_{foy} = 83,3 - 33,1 = 50,2^\circ C$$

7. Korpuslarda qaynash temperaturalarini aniqlaymiz:

III korpusda $t_2 = 59,7 + 1 + 7 + 14,7 = 82,4^\circ C$

II korpusda $t_2 = 110,1 + 1 + 3 + 2,2 = 116,3 \text{ } ^\circ\text{C}$

I korpusda $t_1 = 129,4 + 1 + 2 + 1,2 = 133,6 \text{ } ^\circ\text{C}$

8. Har bir korpus uchun issiqlik o'tkazish koeffitsientini aniqlaymiz.

Qurilmadagi eritmalarning qaynash temperaturasi va konsentratsiyalariga qarab ma'lumotnomalardan eritmaning fizik xossalari ($\rho, \mu, \lambda, c \dots$) aniqlanadi, isitish trubalarining turiga qarab diametr qabul qilinadi. So'ngra kondensatsiyalanayotgan bug' va qaynayotgan eritma uchun tegishli kriterial tenglamalar yordamida issiqlik berish koeffitsientlaridan issiqlik o'tkazish koeffitsienti topiladi.

Hisoblash paytida trubalar qaynash natijasida hosil bo'lgan qoplama qalinligi ($\delta = 0,5 \text{ mm}$) inobatga olinadi.

Dastlab hisoblar natijasida quyidagi qiymatlar qabul qilinadi:

I korpusda $K_1 = 1700 \text{ Vt/m}^2\text{K}$

II korpusda $K_2 = 990 \text{ Vt/m}^2\text{K}$

III korpusda $K_3 = 580 \text{ Vt/m}^2\text{K}$

Tuzning suvli eritmalarini bug'latish jarayonida korpuslar bo'yicha issiqlik o'tkazish koeffitsientlarining taxminiy nisbatlari quyidagicha:

$$K_1 : K_2 : K_3 = 1 : 0,58 : 0,34$$

9. Korpuslar bo'yicha issiqlik balanslarini tuzamiz. Taxminiy hisoblarni solishtirish 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 I korpusga bug'latish uchun eritmani qaynash temperaturasigacha qizdirilgan holda uzatiladi.

I – korpusda issiqlik sarfining miqdori:

$$Q_1 = W_1 r_1 = 0,295 \cdot 2179 \cdot 10^3 = 643000 \text{ Vt}$$

II – korpusga eritma o'ta qizdirilgan holda beriladi va unda issiqlik sarfining miqdori:

$$Q_2 = W_2 \cdot r_2 - G_1 c_1 (t_1 - t_2) =$$

$$0,324 \cdot 2234 \cdot 10^3 - 1,09 \cdot 4190 \cdot 0,848 (133,6 - 116,3) = 657000 \text{ VT}$$

I korpusdan chiqayotgan ikkilamchi bug' beradigan issiqlik miqdori. Issiqlik kirishi va sarf bo'lishining farqi 1 %.

III – korpusdagi issiqlik miqdorining sarfi:

$$Q_3 = W_3 \cdot r_3 - G_3 c_3 (t_2 - t_3) =$$

$$0,351 \cdot 2357 \cdot 10^3 - 0,77 \cdot 4190 \cdot 0,784 (116,3 - 82,7) = 743000 \text{ Vt}$$

10. I korpusda isituvchi bug' sarfi:

$$G_{ib} = \frac{643000}{2141 \cdot 10^3} = 0,3 \text{ kg / sek}$$

bug'ning solishtirma sarfi:

$$d = \frac{G_{ib}}{W} = \frac{0,3}{0,97} = 0,31 \text{ kg / sek}$$

11. Foydali temperaturalar farqining korpuslar bo'yicha taqsimlanishi.

Buni ikki usul yordamida qilish mumkin: Hamma qurilmalarning isitish yuzasi engkam bo'lgan sharoitlarda topish mumkin, ya'ni Q/K va $\sqrt{Q/K}$ ga proporsionallik shartidan.

Proporsionallik faktorlarini topamiz:

nisbat	$\frac{Q}{K}$	$\sqrt{\frac{Q}{K}} 10^3$
I korpusda	$\frac{643000}{17000} = 378$	615
II korpusda	$\frac{657000}{990} = 664$	815
III korpusda	$\frac{743000}{580} = 1280$	1131

$$\sum \frac{Q}{K} = 2322$$

$$\sum \sqrt{\frac{Q}{K}} 10^3 = 2561$$

Foydali temperaturalar farqi korpuslar bo'yicha quyidagicha aniqlanadi:

Korpusning isitish yuzasi
bir xil variantli bo'lganda

$$\Delta t_1 = \frac{(Q_1 / K_1) \Delta t}{\sum (Q / K)} = \frac{50,21 \cdot 378}{2322} = 8,174$$

$$\Delta t_1 = \frac{\sum \sqrt{(Q_1 / K_1) \Delta t}}{\sum \sqrt{(Q / K)}} = \frac{50,21 \cdot 615}{2561} = 12,05$$

$$\Delta t_2 = \frac{50,21 \cdot 664}{2322} = 14,358$$

Umumiy isitish yuzasi eng
kam variantli bo'lganda

$$\Delta t_2 = \frac{50,21 \cdot 815}{2561} = 15,97$$

$$\Delta t_3 = \frac{50,21 \cdot 1280}{2322} = 27,682$$

$$\Delta t_3 = \frac{50,21 \cdot 1131}{2561} = 22,174$$

12. Har bir korpusning isituvchi yuzasi topiladi.

Korpuslarning isitish yuzasi
bir xil variantli bo'lganda

Korpuslarning isitish yuzasi
eng kam variantli bo'lganda

$$F_1 = \frac{Q_1}{K_1 \cdot \Delta t_1} = \frac{643000}{1700 \cdot 8,174} = 46,27$$

$$F_1 = \frac{Q_1}{K_1 \cdot \Delta t_1} = \frac{643000}{1700 \cdot 12,05} = 31,38$$

$$F_2 = \frac{657000}{990 \cdot 14,358} = 46,22$$

$$F_2 = \frac{657000}{990 \cdot 15,978} = 41,58$$

$$F_3 = \frac{743000}{580 \cdot 27,682} = 16,28$$

$$F_3 = \frac{743000}{580 \cdot 22,174} = 57,77$$

$$\sum F = 138,8 m^2$$

$$\sum F = 130,7 m^2$$

Demak, korpuslarning bir xil issiqlik almashinish yuzalari bo'lganda, umumiy isitish yuzasi 6 % ga ko'pdir. Shuning uchun, korpuslarning isitish yuzasi uchun bir xil variant qabul qilinadi, chunki bu variant qurilmalarning bir xilligini ta'minlaydi.

Korpuslar bo'yicha bosim va ikkilamchi bug' temperaturasini tekshiramiz:

Korpus	Qaynash temperaturasi, $\Delta t_{qay} = t_{ib} - \Delta t_{yo'q}$	Ikkilamchi bug' konden-satning temperaturasi, °C $t_0 = t_{qay} - \Delta t_{yo'q}$	Bosim, P_{abs} kgk/sm ²
I	143,0 – 10,1 = 132,9	132,9 – 3,59 = 129,3	2,7
II	129,3 – 17,6 = 111,7	111,7 – 4,96 = 106,7	1,31
III	106,7 – 33,4 = 73,3	73,3 – 13,32 = 59,98	0,2

Shundan so'ng, atrof muhitga issiqlik yo'qotilishini va temperatura, bosimlarning korpuslar bo'yicha taqsimlanishini birmuncha o'zgarganini hisobga olib, korpuslarning isitish yuzalari topilgani tufayli qurilmaning aniq hisobi o'tkaziladi.

MUSTAQIL BAJARISH UCHUN MASALALAR

5.1. Atmosfera bosimi ostida va siyraklanish holatida, ya'ni $P_v = 0,8$ kgk/sm² bo'lganda, suvni bug'latish uchun quruq to'yingan suv bug'ining solishtirma sarfi hisoblansin. Suv bug'ining ikkala holatdagi absolyut bosimi $P_{a6s} = 2$ kgk/sm². Suvni bug'latish uchun 2 xil holatda: a) temperaturasi 15°C da; b) qaynash holatiga borganda hisoblansin.

5.2 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/m³ ni tashkil etdi. Qurilmaning bug'latilgan eritma bo'yicha unumdorligi topilsin.

5.3. 1500 kg xlorli kaliy eritmasining quyuqligini 8% dan 30% (massaviy)gacha o'zgartirilsa qancha suv bug'latiladi?

5.4. 1 m³ sulfat kislota zichligi 1560 kg/m³ dan {65,2% (massaviy)} 1840 kg/m³ zichligigacha {98,7%(massaviy)} borishi uchun qancha suv bug'latilishi kerak? Quyuqlashtirilgan kislota qanday hajmni egallaydi?

5.5. Oxirgi quyuqligi 32% (massaviy) bo'lgan atmosfera bosimi ostida bug'latilayotgan boshlang'ich quyuqligi 9% bo'lgan eritma 1,4 t/soat sarf bilan qurilmaga kelib tushmoqda. Suyultirilgan eritma 18°C temperatura bilan bug'latishga kiritilmoqda. Bug'latilgan so'ng, eritma 105°C temperatura bilan qurilmadan chiqmoqda. Suyultirilgan eritmaning solishtirma issiqlik sig'imi 3800 J/(kg·K). Ortiqcha bosimi $R_{ort} = 2$ kgk/sm² 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.

5.6. Tarkibida 2 L suv, 8 kg muz va 5 kg osh tuzidan hosil bo'lgan sovutuvchi aralashmani solishtirma issiqlik sig'imi aniqlansin.

5.7. Eritma tarkibida 0,7 m³ 100% - li sulfat kislota, 400 kg mis kuporosi ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) va 1,4 m³ suv bor. a) Eritmaning issiqlik sig'imi; b) Eritmani 12 °C dan 58 °C gacha isitish uchun kerak bo'ladigan absolyut bosimi 2 kgk/sm² 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 kuporosining solishtirma issiqlik sig'imini (5.12) formula yordamida aniqlang.

5.8 7% li suvli eritma atmosfera bosimida 2,69 t/soat sarf bilan bug'latish qurilmasida bug'latilmoqda. Eritmaning boshlang'ich temperaturasi 95°C oxirgisi 103°C da. Qurilmadagi o'rtacha qaynash temperatura 105°C. Isituvchi to'yingan bug'ning ortiqcha bosimi 2 kgk/sm². Qurilmaning issiqlik almashinish yuzasi 52 m², issiqlik o'tkazish koeffitsienti 1060 Wt/(m² · K). Atrof muhitga yo'qotilayotgan issiqlik miqdori 110000 Wt ga teng.

a) Eritmaning oxirgi quyuqligini (konsentratsiyalanadi)

b) Namligi 5% bo'lgan isituvchi bug'ning sarfini aniqlash

5.9. Atmosfera bosimi ostida 255°C temperatura bilan difenil $(\text{S}_6\text{N}_5)_2$ qaynamoqda. Suyuq difenilning solishtirma bug'latish issiqligi va solishtirma sig'imini hisoblab toping!

5.10. 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 quyushtirilmogda. Eritmaning boshlang'ich temperaturasi 18°C to'yingan isituvchi suv bug'ining ortiqcha bosimi 2 kgk/sm^2 . Qurilmaning dastlabki unumdorligi (sarfi 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 $\lambda=1,4\text{ Vt/(m}^2\text{ K)}$ ga teng. Hidrostatik effektini hisobga olmag.

5.11. Konsentratsiyasi 15 dan 70% gacha ortishi uchun 1000 kg qand eritmasining qancha suvini bug'latish kerak?

5.12. 15% li qand eritmasining solishtirma issiqlik sig'imini hisoblang.

5.13. 70% li kand eritmasining solishtirma issiqlik sig'imini toping.

5.14. Qand eritmasi $x_{\text{bosh}} = 15\%$ (quruq modda hisobida) dan $x_{\text{ox}} = 65\%$ gacha atmosfera bosimida bug'latish qurilmasida quyushtirilmogda.

Qurilmaning isitish yuzasi $G' = 65\text{ m}^2$, qaynatish trubasining uzunligi $3,5\text{ m}$, isitish va bug'latish davrlari uchun issiqlik o'kazish ko'effitsienti $K = 1100\text{ Vt/(m}^2\text{ K)}$. Isituvchi agent sifatida temperaturasi 140°C bo'lgan to'yingan suv bug'i ishlatilmogda.

Bug'latish qurilmasiga eritma

a) $t_0=20^{\circ}\text{S}$;

b) $t_0 = t_{\text{qur.}}$;

v) qaynash temperaturasi 20°C dan ko'p bo'lgan uch variantda kirayotgan bo'lsa, boshlang'ich eritma hisobida qurilmaning ish unumdorligi hisoblansin.

5.15. Boshlang'ich eritma hisobida 3600 kg/soat miqdoridagi ish unumdorlikka ega bug'latish qurilmasida kaltsiy xlorid bug'latilmogda. Boshlang'ich mahsulot konsentratsiyasi 5% (quruq modda hisobida). quyultirilganiniki esa – 30,0 % (quruq modda hisobida, KM).

Tayyor mahsulot bo'yicha qurilmaning ish unumdorligi hisoblansin.

5.16. Temperaturasi 15°C va boshlang'ich konsentratsiyasi 7 % (KM) bo'lgan $2,69\text{ t/soat}$ meva sharbati atmosfera bosimida bug'latish qurilmasida quyushtirilmogda. Sharbatning qaynash temperaturasi 103°C , isituvchi bug' bosimi $p_{\text{abs}}=295\text{ kPa}$, qurilmaning issiqlik almashinish yuzasi 52 m^2 , issiqlik o'kazish ko'effitsienti $974,4\text{ Vt/(m K)}$. Atrof muhitga issiqlikning yo'qotilishi $12,2\text{ kVt}$.

Eritmaning oxirgi konsentratsiyasini toping.

5.17. Qand eritmasi 15 dan 65% (KM) quyuqlashtirish uchun, sirkulyasion ko'p kurpusli bug'latish qurilmasida necha dona korpus bo'lishi kerak.

Birinci korpusda isituvchi bug' bosim $p_{abs}=323$ kPa, kondensatordagi qoldik bosim 19,6 kPa. Hamma korpuslardagi temperaturalar yo'qotilishining yig'indisi $\sum \Delta t_{yo'q}=41$ °C deb qabul qilinsin. Har bir korpusdagi ruxsat olingan temperaturalar foydali farqi 8°C dan yuqori.

5.18 Boshlang'ich konsentratsiya 10% (KM) 1000 kg/soat sarfda eritma 2-korpusli bug'latish qurilmasida quyuqlashtirilmoqla 1-korpusda eritmaning oxirgi konsentratsiyasi 15% (KM). 2- korpusda esa - 30% (KM) 1-korpusda qaynash temperaturasi 100°C, 2-da esa - 95°C.

2-korpusda bug'latilgan suv miqdori aniqlansin.

5.19. Bir yo'nalishli sxema bo'yicha ishlovchi ikki korpusli bug'latish qurilmasiga 1000 kg/soat miqdorida suyultirilgan glyukoza eritmasi berilmoqda. Eritmaning boshlang'ich konsentratsiyasi 8% (KM), oxirgisi esa - 30% (KM).

1-korpusda bug'latish $p=98,1$ kPa, $t=105^{\circ}\text{S}$ da, 2-korpusda esa – $p=29,4$ kPa va $t=80^{\circ}\text{S}$ da olib borilmoqda.

1-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.

5.20. 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 korpuslarninig issiqlik almashinish yuzasi teng bo'lishi kerak. Ushbu jarayon uchun tabiiy, ichki sirkulyasiyali bug'latish qurilmalari qo'llanilsin.

KONTROL TOPSHIRIQ №12

Natriy gidrooksidining boshlang'ich eritmasi tarkibida A miqdorda suv bor. 30°C temperaturada bug'latilgan eritmaning zichligi B. Bu eritmaning V konsentratsiyasiga to'g'ri keladi. 1 tonna boshlang'ich eritma hisobiga bug'latilgan suv miqdorini aniqlang.

Parametr	O'lchov birligi	SHifrning oxirgi raqami bo'yicha variantlar									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
A	g/l	75	60	70	50	50	90	100	30	85	65
B	g/sm ³	1,55	1,40	1,50	1,60	1,35	1,70	2,05	1,30	1,65	1,45
D	g/l	800	700	750	840	630	890	920	550	870	735

Adabiyotlar:

1. Yusupbekov N.R., Nurmuxamedov X.S., Zokirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalari. Toshkent, Sharq, 2003, 644 b.
2. Pharmaceutical Process Engineering. Second edition, Informa Healthcare SSHA, Inc., 52 Vanderbilt Avenue, Nyu-York, NY 10017, C 2010 p. 198.
3. Yusupbekov N.R., Nurmuxamedov X.S. Ismatullaev P.R. Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarning jarayonlari va qurilmalari fanidan hisoblar va misollar. Toshkent 1999, 250 b.
4. Yusupbekov N.R., Nurmuxamedov X.S. Ismatullaev P.R., Zokirov S.G., Mannonov U.V. Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarning asosiy jarayon va qurilmalarini hisoblash va loyihalash. Toshkent 2000, 350 b.

SUVNING FIZIK XOSSALARI

t °C	ρ , kg/m ³	$I \cdot 10^3$ J/kg	$c \cdot 10^3$ J/kg·K	$\lambda \cdot 10^2$ Wt/m·K	$\mu \cdot 10^6$ Pa·c	$\mu \cdot 10^6$ m ² /c	$\beta \cdot 10^4$ 1/K	Pr
0	1000	0	4,23	55,1	1790	1,70	-0,63	13,7
10	1000	41,9	4,19	57,5	13,10	1,31	+0,70	9,52
20	998	83,8	4,19	59,9	1000	1,01	1,82	7,02
30	996	126	4,18	61,8	804	0,81	3,21	5,42
40	992	168	4,18	63,4	657	0,66	3,87	4,31
50	988	210	4,18	64,8	549	0,556	4,49	3,54
60	983	251	4,18	65,9	470	0,478	5,11	2,98
70	978	293	4,19	66,8	406	0,415	5,70	2,55
80	972	335	4,19	67,6	355	0,365	6,32	2,21
90	965	376	4,19	68,0	314	0,326	6,95	1,95
100	958	419	4,23	68,2	283	0,295	7,52	1,75
120	943	502	4,27	68,5	238	0,252	8,84	1,47
140	926	590	4,27	86,5	201	0,217	9,72	1,26

Modda	Mol massasi, kg/kmol	20°C temperaturada to'yingan bug' bosimi		p=0,098 MPa bosimdagi qaynash temperaturasi, °C
		mm.cnm.ust	kPa	
Aseton	58,08	186	24,73	56,6
Dixloreton	98,97	65	8,61	83,7
Etil spirit	46,07	44	5,85	78,3
Suv	18,02	17	2,33	99,0

BAZI GAZLARNING ASOSIY FIZIK XOSSALARI
SI sistemasida: 1 mm.sim.ust.=133,3 Pa; 1 kgk/sm²=9,81·10⁴ Pa.

Nomi	Form ula	0°C va 760 mm. sim. ust dagi zichli k kg/ m ³	Mole kulya r og'irl igi	20°C va P _{a6c} ≈ 0,1 MPa J/(kg·K		k= c _p /c	760 mm. sim. ust dagi qayn ash tempe ratur asi °C	mm. sim. ust. bug'la nishnin g solishti rma issiqlik sig'imi kJ/kg	Kritik nuqtalar		20°C va rabs=1 kgk/sm ² dagi qovushqoqli k	
				c _p	c _p				tempe ratur a °C	Bosim (obsolu t) kgk/sm ²	10 ³ Pa ·c	Konsta nta, C
Azot	N ₂	1,25	28	1,05	0,75	1,40	-195,8	109,4	-147,1	33,39	17	114
Ammiak	NH ₃	0,77	17	2,22	1,68	1,29	-33,4	1374	+132	111,5	9,18	626
Argon	Ar	1,78	39,9			1,66	-185,9	163	-122,4	48,00	20,9	142
Asitilen	C ₂ H ₂	1,171	26	0,53	0,33	1,24	-83,7	830	+35,7	61,6	9,35	198
Benzol	C ₆ H ₆	-	78,1	1,68	1,36	1,1	+80,2	394	+228	47,7	7,2	-
Butan	C ₄ H ₁₀	2,673	58,1	1,25	1,14	1,08	-0,5	387	+152	37,5	8,1	377
Havo	-	1,293	29	1,92	1,80	0,40	-195	197	-140,7	37,2	17,3	124
		0,089	2,02	1,92	1,80	1,41	-252,8	455	-239,9	12,80	8,42	73
Vodorod	H ₂	9	40	1,01	0,72	1,66	-69,9	19,5	-268,0	2,26		78
Geliy	He	0,179	46	14,3	10,1	1,3	+21,2	712	+158	100,0	18,8	-
Azot dioksidi	NO ₂	-		5,28 0,80	3,18 0,62	1,25	-10,8	394	+158	77,78	- 11,7	396
Oltingugurt dioksidi	SO ₂	2,93	64,1	0,63	0,50	1,30	-78,2	574,0	+31,1	72,9	13,7	254
Uglerod dioksidi	CO ₂	1,98	44,0	0,84	0,65	1,40 1,31	-183,0 -161,6	213 511	-118,8 -82,15	49,71 45,6	20,3 10,3	131 102
Kislorod	O ₂	1,429	32	0,91	0,65	1,40	-191,5	212	-140,2	34,53	16,6	100
Metan	CH ₄	0,72	16	2,23	1,70							
Uglerod oksidi	CO	1,25	28	1,05	0,75	1,09 1,16	+36,1 -421	360 427	197,1 95,6	33,0 43	8,74 7,95	- 278
	C ₅ H ₁₂	-	72,2	1,72	1,58	1,17	-47,7	440	91,4	45,4	8,35	322
Pentan	C ₃ H ₈	2,02	44,1	1,87	1,65	1,30	-60,2	549	100,4	188,9	11,6	-
Propan	C ₃ H ₆	1,91	42,1									
Propilen	H ₂ S	1,54	34,1	1,63	1,44							
Vodorod sulfide	Cl ₂	5,22	70,9	1,06	0,80	1,36	-33,8	306	144,0	76,1	12,9	351
Xlor	CH ₃ Cl	2,3	50,5	0,48	0,36	1,28	-21,4	406	148	66,0	9,89	454
Xlorli metil	l			0,34	0,58							
Etan	C ₂ H ₆	1,36	30,1	1,73	1,45	1,20	-88,50	486	32,3	48,85	8,5	287
Etilen	C ₂ H ₄	1,26	28,1	1,53	1,26	1,20	-103,7	482	9,7	50,2	9,85	241

4-- jadval

**SUV BUG'INING KONDENSATSIYALANAYOTGAN PAYTIDA
KONDENSATINING FIZIK XOSSALARI (TO'YINISH CHIZIG'IDA)**

r ,	t ,	ρ ,	i	c	$\lambda \cdot 10^2$	$a \cdot 10^6$	$\mu \cdot 10^6$	$v \cdot 10$	$\beta \cdot 10^4$	$\sigma \cdot 10$	Pr
kgk/sm ²	°C	kg/m ³	kJ/kg·K	kJ/kg·K	Vt/m·K	m ² /s	Pa·s	m/s	K ¹	Kkg/s ²	
1	0	1000	0	4,23	55,1	1,31	790	1,79	-0,63	756	13,7
1	10	1000	41,9	4,19	57,5	1,37	310	1,31	+0,7	762	9,52
1	20	998	83,8	4,19	59,9	1,43	000	1,01	1,82	727	7,02
1	30	996	126	4,18	61,8	1,49	804	0,81	3,21	712	5,42
1	40	992	168	4,18	63,4	1,53	657	0,66	3,87	697	4,31
1	50	988	210	4,18	64,8	1,57	549	0,56	4,49	677	3,54
1	60	983	251	4,18	65,9	1,61	470	0,48	5,11	662	2,98
1	70	978	293	4,19	66,8	1,63	406	0,42	5,70	643	2,55
1	80	972	335	4,19	67,5	1,66	355	0,37	6,32	626	2,21
1	90	965	377	4,19	68,0	1,68	315	0,33	6,95	607	1,95
1,03	100	958	419	4,23	68,3	1,69	282	0,30	7,5	589	1,75
1,46	110	951	461	4,23	68,5	1,69	256	0,27	8,0	569	1,58
2,02	120	943	503	4,23	68,6	1,72	231	0,24	8,6	549	1,43
2,75	130	935	545	4,27	68,6	1,72	212	0,23	9,2	529	1,32
3,68	140	956	587	4,27	68,5	1,72	196	0,22	9,7	507	1,23
4,85	150	917	629	4,32	68,4	1,72	185	0,20	10,3	487	1,17
6,30	160	907	671	4,36	68,3	1,72	174	0,19	10,8	466	1,10
8,08	170	897	713	4,40	67,9	1,72	163	0,18	11,5	444	1,05
10,2	180	887	755	4,44	67,5	1,72	153	0,73	12,2	424	1,01

5-- jadval

ERITMALARNING SIRTIY TORTILISH KOEFFISENTLARI

Eritilgan modda	Temperature, °C	Turli konsentratsiyalarida [mass %da] $\sigma \cdot 10^3$ (N/m) son qiymatlari			
		5	10	20	50
Na ₂ SO ₄	18	73,8	75,2	-	-
NaNO ₃	30	72,1	72,8	74,4	79,8
KCl	18	73,6	74,8	77,3	-
KNO ₃	18	73,0	73,6	75,0	-
K ₂ CO ₃	10	75,8	77,0	79,2	106,4
NH ₄ OH	18	66,5	63,5	59,3	-
NH ₄ Cl	18	73,3	74,5	-	-
NH ₄ NO ₃	100	59,2	60,1	61,6	67,5
MgCl ₂	18	73,8	-	-	-

**SUYUQLIK VA SUVLI ERITMALARNING SIRTIY TORTILISHINING
TEMPERATURAGA BOG'LIQLIGI**

Modda		Sirtiy tortilish, $\sigma \cdot 10^3$ [N/m]							
		-20 °C	0 °C	20 °C	40 °C	60 °C	80 °C	100 °C	120 °C
Azot kislotasi	100%	48,3	44,8	41,4	38,2	35,2	33,4	29,8	27,4
Ammiak(suyuq)	50	-	68,2	65,4	62,2	58,8	55,2	51,5	47,3
Ammiakli suv,		38	27	21,2	16,8	12,8	-	-	-
Aseton	25	-	65,7	62,9	59,7	56,3	52,7	49	45
Benzol		28,7	26,2	26,7	21,2	18,6	16,2	13,8	11,4
Butyl spirit		-	31,7	29	26,3	23,7	21,3	13,8	16,4
Suv		28	26,2	24,6	22,9	21,2	19,5	17,8	16
Geksan		-	75,6	72,8	69,6	66,2	62,6	58,9	54,9
Gliserin,		22,6	20,5	18,4	16,3	14,2	12,1	10	7,9
Dietil efiri	50%	-	72,4	69,6	66,4	63	59,4	55,7	51,7
Dixloretan		22	19,5	17	14,6	12,4	10,2	8	6,1
Metil spirt		37,8	35	32,2	29,5	26,7	24	21,3	18,6
Chumoli kislotasi	100%	26,6	24,5	22,6	20,9	19,3	17,6	15,7	13,6
Ishqoriy natr,		-	39,8	37,6	35,5	33,3	31,2	29	26,8
	50%	-	-	130	130	129	129	128	128
	30%	-	-	97	96,4	95,8	95,3	94,4	93,6
Nitri benzol	10%	-	-	77,3	76,1	75	73	70,7	69
Sulfat kislota		-	46,4	43,9	41,4	39	36,7	34,4	32,2
	98%	-	55,9	55,1	54,3	53,7	53,1	52,5	51,9
Vodorod xlorid	75%	74,1	73,6	73,1	72,6	72,1	71,6	71,1	70,6
Toluol	60%	77,3	76,7	76,1	75,4	74,5	73,6	72,7	71,8
Sirka kislotasi,	30%	-	72,6	69,8	66,6	63,2	59,6	55,9	51,9
		33	30,7	28,5	26,2	23,8	21,8	19,8	18
Fenol (eritilgan)	100%	-	29,7	27,8	25,8	23,8	21,8	19,8	18
Xloroform	50%	-	43	40	37	33	30	27	24
Etil spirti		-	43,1	40,9	38,8	36,6	34,4	32,2	30
		32,8	30	27,2	24,4	21,7	19	16,3	13,6
	100%	25,7	24	22,3	20,6	19	17,3	15,5	13,4
	60%	-	28	27	25	23	22	20	18
	20%	-	40	38	36	33	31	29	27

**TO'YINGAN SUV BUG'INING
TEMPERATURAGA BOG'LIQLIGI**
SI sistemasi birligiga hisoblash; $1 \text{ kgk/sm}^2=9,81 \cdot 10^4 \text{ Pa}$.

temperatura ⁰ C	Bosim (absolut) kgk/sm ²	Solishtirma hajm, m ³ /kg	Zichlik, kg/m ³	Suyuqlikning solishtirma entalpiyasi kJ/kg	Bug'ning solishtirma entalpiyasi, solishtirma hajm m ³ /kg, kJ/kg	Solishtirma bug'lanish issiqligi, kJ/kg $\cdot 10^3$
0	0,0062	206,5	0,00484	0	2493,1	2493,1
10	0,0125	106,4	0,00940	41,90	2512,3	2470,4
20	0,0238	57,8	0,01729	83,80	2532,0	2448,2
30	0,0433	32,93	0,03036	125,70	2551,3	2425,6
40	0,0752	19,55	0,05114	167,60	2570,6	2403,0
50	0,1258	12,054	0,0830	209,50	2589,5	2330,0
60	0,2031	7,67	0,1301	251,40	26,8,3	2356,0
70	0,3177	5,052	0,1979	293,30	2626,3	2333,0
80	0,483	3,414	0,2929	335,2	2644	2310
90	0,715	2,365	0,4229	377,1	2662	2285
100	1,033	1,675	0,5970	419,0	2679	2260
110	1,461	1,212	0,8254	461,3	2696	2234
120	2,025	0,893	1,1199	504,1	2711	2207
130	2,755	0,6693	1,494	546,8	2726	2179
140	3,685	0,5096	1,962	589,5	2740	2150
150	4,855	0,3933	2,543	632,7	2753	2120
200	15,85	0,1276	7,840	852,7	2798	1945
250	40,55	0,0499	20,01	1082	2792	1710
300	87,6	0,0213	46,93	1327	2710	1364
350	168,6	0,0088	113,2	1638	2519	881,2
375	225	0,00315	22,6	2100	2100	0

**BAZI YOG'LARNING SOLISHTIRMA SIG'IMI VA O'ZGARISH
KOEFFITSIENTLARI [24]**

Temperatura ⁰ C	Solishtirma issiqlik sig'imi kJ/kg•K	Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti, Vtm•K
Pista yog'I		
15 – 25	1,76	0,169
15 – 50	1,80	0,166
15 – 100	1,93	0,163
50 - 100	2,01	0,159
50 – 150	2,10	0,156
50 – 200	2,22	0,152
50 – 250 va 70 – 200	2,30	0,149
100 – 150	2,22	0,152
120 – 200	2,35	0,148
100 – 200	2,30	0,149
100 – 250	2,43	0,145

GLITSERINNING DINAMIK QOVUSHQOQLIK KOEFFITSIENTLARI

Temperatura °C	Dinamik qovushqoqlik koeffitsienti mPa·K	Temperatura °C	Dinamik qovushqoqlik koeffitsienti Mpa·°C (sP)	Temperatura °C	Dinamik qovushqoqlik koeffitsienti Mpa·°C (sP)
0	12100	40	330	100	13
5	7050	50	180	120	5,2
10	3950	60	102	140	1,8
15	2350	70	59	160	1,0
20	1480	80	35	180	0,45
30	600	90	21	200	0,22

BAZI ERITMALAR DINAMIK QOVUSHQOQLIK KOEFFITSIENTLARI

Erigan modda	konsentr asiya % (massa)	Dinamik qovushqoqlik koeffitsienti, mPa·°C (sP)				
		0°C	20°C	30°C	40°C	60°C
NaOH	5	-	1,3	1,05	0,85	-
	15	-	2,78	2,10	1,65	-
NaCl	5	1,86	1,07	0,87	0,71	0,51
	15	2,27	1,36	1,07	0,89	0,64
	25	3,31	1,89	-	-	-
NaNO ₃	10	-	1,07	0,88	0,72	0,54
	20	-	1,18	1,03	0,86	0,62
	30	-	1,33	1,3	1,07	0,79
	10	-	1,74	1,38	1,1	-
Na ₂ CO ₃	20	-	4,02	2,91	2,25	-
	10	-	1,23	1,0	0,83	-
KOH	20	-	1,63	1,33	1,11	-
	5	1,7	0,99	0,8	0,66	0,48
KCl	15	1,58	1,0	0,83	0,69	0,52
	20	-	1,02	0,85	0,72	0,54
	5	1,68	0,98	0,8	0,66	0,49
KNO ₃	15	-	0,98	0,8	0,69	0,51
	30	-	-	0,89	-	-
	10	1,58	0,96	0,66	0,5	-
	30	1,51	1,0	0,84	0,73	0,57
NH ₄ NO ₃	50	-	1,33	1,14	0,99	0,77
	10	2,8	1,5	-	-	-
	20	5,3	2,7	-	-	-
MgCl ₂	10	2,17	1,27	-	-	-
	20	3,14	1,89	-	-	-
CaCl ₂	35	8,9	5,1	-	-	-

**BAZI SUYUQLIK VA ERITLARNING TURLI TEMPERATURALARDA DINAMIK
QOVUSHQOQLIK KOEFFITSIENTLARI**

Modda		Dinamik qovushqoqlik koeffitsienti mPa·c (sP)							
		-10 ⁰ C	0 ⁰ C	10 ⁰ C	30 ⁰ C	50 ⁰ C	80 ⁰ C	100 ⁰ C	120 ⁰ C
Azot kislotasi	100%	1,24	1,05	0,92	0,72	0,57	0,39	0,35	0,31
	50%	4	3,05	2,4	1,55	1,97	0,65	0,53	0,44
Suyuq amiak	25%	0,251	0,244	0,235	0,217	0,199	-	-	-
Amiakli suv		-	-	1,12	1,05	0,71	0,40	0,32	0,23
Anilin		-	10,2	6,5	3,12	1,8	1,1	0,8	0,59
Aseton		0,342	0,395	0,356	0,293	0,246	0,2	0,17	0,15
Benzol		7,4	0,91	0,76	0,56	0,436	0,316	0,261	0,219
Butil spirti		-	5,19	3,87	2,28	1,41	0,76	0,54	0,38
Suv		-	1,79	1,31	0,801	0,549	0,357	0,284	0,232
Geksan		0,426	0,397	0,355	0,29	0,241	0,19	0,158	0,132
Glitserin	50%	-	12	8,5	4,25	2,6	1,2	0,73	0,45
Oltinugurt Dioksidi (suyuq)		0,41	0,368	0,334	0,28	-	-	-	-
Dixloretan		1,24	1,08	0,95	0,74	0,565	0,4	0,36	0,31
Dietil efiri		0,328	0,296	0,268	0,22	0,182	0,14	0,118	0,1
Izopripil spirit		6,8	4,6	3,26	1,96	1,03	0,52	0,38	0,29
Kalsiy xlorid 25% aralashma		7	4,47	3,36	2,25	1,55	-	-	-
Metil spirti	100%	0,97	0,817	0,68	0,51	0,396	0,29	0,24	0,21
Chumoli kislotasi	40%	-	3,65	2,54	1,37	-	-	-	-
	50%	-	-	2,25	1,46	1,03	0,68	0,54	0,4
Ishqoriy natriy	50%	-	-	-	46	16	5,54	3,97	3,42
	40%	-	-	-	23	9,2	3,62	2,72	2,37
	30%	-	-	-	9	4,6	2,16	1,82	1,51
	20%	-	-	-	3,3	2	1,27	1,15	1,08
	10%	-	-	-	1,45	0,98	0,7	0,65	0,6
Xlorli natriy 20% eritma		4,08	2,67	1,99	1,24	0,87	0,57	0,46	0,38
Nitrobenzol		-	3,09	2,46	1,69	1,24	0,87	0,7	0,58
Oktan		0,829	0,703	,61	0,479	0,36	0,29	0,245	0,208
Olein	20%	-	95	60	28,8	12,8	5,3	-	-
Sulfat kislota	98%	-	55	37	17,1	9,46	4,1	2,7	2
	92%	90	48	32	15,6	8,4	3,8	2,5	1,95
	75%	50	30	20	10,6	5,9	2,3	1,07	1,45
	60%	15	10,5	7,7	4,08	2,8	1,5	1,9	0,9
Uglerod sulfid		0,488	0,433	0,396	0,319	0,27	0,21	0,19	0,17
Xlorid kislota	30%	-	-	2,1	1,48	-	-	-	-
Toluol		0,9	0,768	0,667	0,522	0,42	0,319	0,27	0,231
Sirka kislota	100%	-	-	-	1,04	0,79	0,56	0,46	0,37
	50%	-	4,85	3,03	1,7	1,11	0,65	0,5	0,4
Fenol (suyuq)		-	-	-	7	3,43	1,59	1,05	0,78
Xlorbenzol		1,24	1,06	0,91	0,71	0,57	0,435	0,37	0,32
Xloroform		0,79	0,7	0,63	0,51	0,426	0,33	0,29	0,26
Karbon IV xlorid		1,68	1,35	1,13	0,84	0,65	0,472	0,387	0,323
Etilatsetat		0,67	0,578	0,507	0,4	0,326	0,248	0,21	0,178
Etil spirti	100%	2,23	1,78	1,46	1,0	0,701	0,435	0,326	0,248
	80%	-	3,69	2,71	1,53	0,97	0,57	0,52	0,43
	60%	-	5,25	3,77	1,93	1,13	0,6	0,45	0,34
	40%	-	7,14	4,39	2,02	1,13	0,6	0,44	0,34
	20%	-	5,32	3,17	1,55	0,91	0,51	0,38	0,3

12-- jadval

**BAZI SUYUQLIK VA SUVLI ARALASHMALARNING SOLISHTIRMA ISSIQLIK
SIG'IMI, kJ/kg•K**

Modda	Konsentratsiya %	Temperatura °C					
		-20	0	20	60	100	120
Azot kislotasi	100	1,74	1,75	1,76	1,80	1,84	1,86
	50	-	2,79	2,83	3,01	3,10	3,18
	50	-	3,56	3,56	3,52	-	-
Glitserin	100	2,38	2,47	2,57	2,76	2,96	3,07
Metil spirti	40	-	3,52	3,56	3,6	3,86	3,72
	100	2,12	2,29	2,48	2,96	3,51	3,80
Etil spirti	80	-	2,68	2,83	3,22	3,64	3,90
	60	-	3,00	3,14	3,48	3,77	3,98
	40	-	3,44	3,51	3,69	3,94	4,02
	20	-	3,81	3,85	3,93	4,06	4,10
Natriy gidroksidi eritmasi	50	-	-	3,23	3,21	3,19	3,18
	40	-	3,38	3,41	3,48	3,49	3,49
	30	-	3,45	3,52	3,62	3,64	3,64
	20	-	3,03	3,56	3,69	3,72	3,72
	10	-	3,69	3,77	3,84	3,88	3,89
Natriy xlorid eritmasi	20	-	3,94	3,92	3,90	3,86	3,86
	98	-	1,41	1,46	1,57	1,68	1,73
Sulfat kislota	92	1,47	1,53	1,58	1,67	1,78	1,83
	75	1,80	1,87	1,94	2,07	2,21	2,27
	60	2,11	2,20	2,28	2,45	2,61	2,70
Xlorid kislotasi	30	-	2,3	2,47	2,80	3,18	3,35
Sirka kislotasi	100	-	1,88	1,99	1,21	2,42	2,53
	50	-	3,06	3,10	3,18	3,30	3,45

13—jadval

**TEMPERATURA 0-100 °C DA QATTIQ MATERIALLARNING O'RTACHA
SOLISHTIRMA ISSIQLIK SIG'IMI, kJ/kg•K**

Material nomi	C	Material nomi	C
Alyuminiy	0,92	Tosh ko'mir	1,30
Asbest	,84	Kvars	0,80
Beton	1,13	G'isht (g'isht)	0,92
Kumush	0,385	G'isht (olovbardosh)	0,88-1,01
Viniplast	1,76	Koks	0,84
Loy	0,92	Latun	0,394
Yog'och (qarag'ay)	2,72	Muz	2,14
Temir	0,50	Quyma(tosh)	0,84
Ohak	0,92	Magneziya	0,92
Kaolin	0,92	Mis	0,385
Po'lat	0,50	Shisha	0,42-0,84
Naftalin	1,30	Tekstolit	1,47
Paraffin	2,72	Selyuloza	1,55

Po'kak	1,68	Cho'yan	0,50
Rezina	1,68	Jun	1,63
Qo'rg'oshin	0,13	Shlak	0,75

14-- jadval

ETIL SPIRTI-SUV ARALASHMASINING QAYNASH TEMPERATURASI

Suyuqlikda gi spirt miqdori		Qaynash temperaturasi, ⁰ C	Bug'dagi spirt miqdori		suyuqlikda gi spirt miqdori		Qaynash temperaturasi, ⁰ C	Bug'dagi spirt miqdori	
mas	% mol	⁰ C	mas	% mol	mas	% mol	⁰ C	mas	% mol
0,01	0,00	99,9	0,13	0,05	25,0	11,5	85,7	68,	46,0
0,50	4	99,3	6,1	3	0	3	84,5	6	8
1,00	0,19	98,75	10,7	2,48	31,0	14,9	83,7	71,	49,7
5,00	0,39	94,96	5	4,51	0	5	83,1	7	7
10,0	2,01	91,3	37,0	18,6	36,0	18,0	82,45	73,	52,0
0	4,16	89,0	52,2	8	0	3	81,9	5	4
15,0	6,46	87,0	60,0	29,9	40,0	20,6	81,4	74,	53,4
0	8,92	81,0	65,0	2	0	8	79,65	6	6
20,0	36,9	90,6	79,5	36,9	45,0	24,2	79,2	75,	55,8
0	8	80,2	80,8	8	0	5	78,65	9	2
60,0	42,0	79,75	82,1	42,0	50,0	28,1	78,27	77,	56,7
0	9		82,8	9	0	2		0	1
65,0	47,7			60,2	55,0	32,3		78,	58,3
0	2			9	0	4		2	9
70,0	54,0			62,2	78,0	58,1		84,	68,7
0	0			2	0	1		9	6
75,0				64,2	83,0	65,6		87,	72,7
0				1	0	4		2	1
				66,9	87,0	74,1		90,	78,0
				3	0	5		1	0
					93,0	83,8		92,	4,70
					0	7		4	

15-- jadval

GAZLARNING MOLYAR ISSIQLIK SIG'IMI

[Kj/kmol·K]

bosim p=1atm

Gaz	temperatura, ⁰ C			
	0	100	300	600
N, O, C oksidi	29,0	29,3	30,0	31,0
Ammiak	35,3	37,9	43,2	53,1
Vodorod	29,1	29,3	29,7	30,4
Suv bug'I	35,0	35,5	36,7	39,3
C va S dioksidi	38,6	41,1	45,7	54,33
Metan	35,7	39,7	4,68	59,8
Oltinugurt (H ₂)	34,3	35,8	28,8	43,3
Xlor	36,3	36,4	36,7	37,0

**TEMPERATURA 0-100 °C DA BAZI MATERIALLARNING ISSIQLIK
O'TKAZUVCHANLIK KOEFFITSIENTLARI**

Material	Zichlik , kg/m³	Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti, Vt/(m·K)
Asbest	600	0,151
Beton	2300	1,28
Viniplast	1380	0,163
Voyloq(junli)	300	0,047
Qarag'ay (ko'ndalang)	600	0,140-1,174
Qarag'ay (tolalar bo'ylab)	600	0,384
Oddiy g'ishtli devor	1700	0,698-0,814
Olov bardosh g'ishtli devor	1840	1,05
Izolyatsion g'ishtli devor	600	0,116-0,209
Moyli bo'yoq	-	0,233
Muz	920	2,33
Quyma (toshdan)	3300	0,698
Magneziya (85%kukunda)	216	0,070
Nakip qatlami	-	0,163-3,49
Yog'och kipigi	230	0,070-0,93
Penoplast	30	0,017
Quriu qum	1500	0,349-0,814
Po'kak kukuni	160	0,047
Zang	-	1,16
Sovelit	450	0,98
Shisha	2500	0,698-0,814
Shisha paxtasi	200	0,035-0,070
Tekstolit	1380	0,244
Torfplitalari	220	0,064
Faolit	1730	0,419
Shlak paxtasi	250	0,076
Emal	2350	0,872-1,163
Metallar		
Alyuminiy	2700	203,5
Bronza	8000	64,0
Latun	8500	93,0
Mis	8800	384
Qo'rg'oshin	11400	34,9
Po'lat	7850	46,5
Zanglamaydigan po'lat	7900	17,5
Cho'yan	7500	46,5-93,0

**ERITMALAR VA SUYUQLIKLARNING ISSIQLIK O'TKAZUVCHANLIK
KOEFFITSIENTLARI**

Modda	konsentratsiya, % (mass)	Temperature °C	Issiqlik o'tkazuvchanlik Vt/(m·K)
BaCl ₂	21	32	0,58
KBr	40	32	0,50
KOH	21	32	0,58
	42	32	0,55
K ₂ SO ₄	10	32	0,60
KCl	15	32	0,58
	30	32	0,58
MgSO	22	32	0,59
MgCl ₂	11	32	0,58
	29	32	0,59
CuSO ₄	18	32	0,58
NaBr	20	32	0,57
	40	32	0,54
Na ₂ CO ₃	10	32	0,58
NaCl	12,5	32	0,58
H ₂ SO ₄	30	32	0,52
	30	32	0,35
HCl	12,5	32	0,52
	38	32	0,44
Ammiak (suyuq)	100	0	0,541
	100	100	0,314
Dixlorethan	100	0	0,1396
Sirka	50	0	0,314
Kislota	50	100	0,477
Xlorbenzol	100	0	0,132
	100	100	0,1128
Xloroform	100	0	0,142
	100	100	0,0918

**BOSIM P_{a6c}=1 atm BO'LGANDA GAZLARNING ISSIQLIK O'TKAZUVCHANLIK
KOEFFITSIENTLARI, Vt/(m·K)**

Gaz	Temperature, °C			
	0	50	100	200
Azot	0,0233	0,0267	0,0314	0,0384
Ammiak	0,0209	0,0256	0,0314	-
Vodorod	0,1628	0,1861	0,2210	0,0259
Suv bug'i	0,0163	0,0198	0,0244	0,0326
Havo	0,0244	0,0279	0,0326	0,0395
Kislород	0,0244	0,0251	0,0326	0,0407
Metan	0,0302	0,0361	0,0465	-
Uglerod oksidi	0,0221	0,0214	-	-
Uglerod dioksidi	0,0140	0,0186	0,0233	0,0314

Etan	0,0174	0,0233	0,0314	-
Etilen	0,0163	0,0209	0,0267	-

19-- jadval

**IFLOSLANGAN DEVORLARINING ISSIQLIK O'TKAZUVCHANLIK
KOEFFITSIENTLARINING O'RTACHA QIYMATLARI**

Issiqlik tashuvchi agent	Ifloslangan devorlarni issiqlik o'tkazuvchanligi, Vt/(m·K)
Ifloslangan suv	1400-1860*
O'rtacha sifatli suv	1860-2900*
Yuqori sifatli suv	2900-5800*
Tozalangan suv	2900-5800*
Ditllangan suv	11600
Neft mahsulotlari, moy	
Sovutuvchi agent bug'lari	2900
Hom neft mahsulotlari	1160
Organic suyuqliklar	5800
Suv bug'I	5800
Organic suyuqlik bug'lari	11600
Havo	2800

20-- jadval

ATMOSFERA BOSIMINING DENGIZ SATHI BALANDLIGIGA BOG'LIQLIGI

1 m.suv.ust. = 9810 Pa

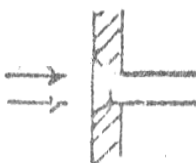
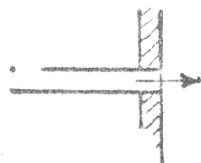
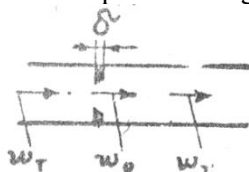
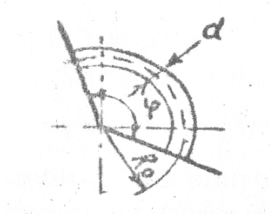
Dengiz sathidan balandligi, m	-600	0	+100	200	300	400	500	600	800	1000	1500
Atmosfera bosimi A, mm.suv.ust.	11,3	0,3	10,2	10,1	10,0	9,8	9,7	9,6	9,4	9,2	8,6

21-- jadval

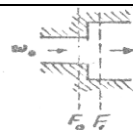
TRUBA DEVORI G'ADIR-BUDURLIKLARINING O'RTACHA QIYMATLARI

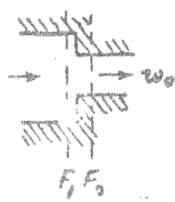
Truba quvurlari	s,mm
Po'latdan yasalgan qisman korroziyaga uchragan trubalar	0,2
Eski zanglagan trubalar	0,67 ва юқори
Shaklga ega bo'lgan tunuka trubalar	0,125
Cho'yandan yasalgan, ishlatilgan trubalar	1,4
Alyuminiydan tayyorlangan silliq trubalar	0,015-0,06
Latundan, misdan, qo'rg'oshindan yasalgan trubalar	
Shishadan yasalgan trubalar	0,0015-0,01
Betondan yasalgan, sirti jilvirlangan trubalar;	0,3-0,8
Betondan yasalgan g'adir-budir sirtga ega bo'lgan trubalar.	3-9
Neft o'tkazuvchi o'rtacha sharoitda ishlatilayotgan va to'yingan bug'ni uzatib beruvchi quvurlar.	0,2
Uzlukli ishlaydigan quvurlar	0,5
Havo uzatib beruvchi quvurlar	0,8
Kondensat uzatuvchi quvurlar, uzukli ishlovchi.	1,0

MAHALLIY QARSHILIK KOEFFISIENTLARI

Qarshiliklar turlari	Mahalliy qarshilik koefitsientlarinig qiymatlari																																					
Trubaga kirish 	O'tkir qirrali: $\xi = 0,5$ Silliqlik qirrali: $\xi = 0,2$																																					
trubaga chiqish: 	1.49) formula yordamida Δp hisoblansa ushbu qarshilik qiymati hisobga olinmaydi $\xi = 1$																																					
To'g'ri trubada o'tkir qirrali diafragma  d – diafragma teshigi,m; δ - diafragma qalinligi,m; ω – oqimning teshikdagi o'rtacha tezligi,m/s ω - oqimning trubadagi o'rtacha tezligi,m/s $M=(d_2/D)^2$; D-trubaning diametric,m.	$\frac{\delta}{d_0} = 0 - 0,015$ bo'lganda,bosimning yo'qotilishi $\Delta p = \xi \cdot \frac{\rho \cdot \omega^2}{2}$ ga teng bo'ladi ξ ning qiymati ushbu jadvaldan topiladi																																					
	<table><tr><td>m</td><td>0,02</td><td>0,06</td><td>0,1</td><td>0,14</td><td>0,18</td><td>0,22</td></tr><tr><td>ξ</td><td>7000</td><td>730</td><td>245</td><td>117</td><td>65,5</td><td>40,0</td></tr><tr><td>m</td><td>0,24</td><td>0,2</td><td>0,34</td><td>0,5</td><td>0,7</td><td>0,9</td></tr><tr><td>ξ</td><td>32,0</td><td>22,3</td><td>13,1</td><td>4,00</td><td>0,97</td><td>0,13</td></tr></table>	m	0,02	0,06	0,1	0,14	0,18	0,22	ξ	7000	730	245	117	65,5	40,0	m	0,24	0,2	0,34	0,5	0,7	0,9	ξ	32,0	22,3	13,1	4,00	0,97	0,13									
m	0,02	0,06	0,1	0,14	0,18	0,22																																
ξ	7000	730	245	117	65,5	40,0																																
m	0,24	0,2	0,34	0,5	0,7	0,9																																
ξ	32,0	22,3	13,1	4,00	0,97	0,13																																
Dumaloq yoki to'rtburchak ko'ndalang kesimli tirsak  d - trubaning diametri, m; R_0 – trubaning buklanish radiusi	Qarshilik koefitsienti quyidagi jadvaldan topiladi $\xi = AB$ <table><tr><td>φ burchagi</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Gradus</td><td>20</td><td>45</td><td>90</td><td>130</td><td>180</td><td></td></tr><tr><td>A</td><td>0,31</td><td>0,6</td><td>1,0</td><td>1,120</td><td>1,40</td><td></td></tr></table> <table><tr><td>R/d</td><td>1,0</td><td>2,0</td><td>4,0</td><td>6,0</td><td>15</td><td>30</td><td>500</td></tr><tr><td>B</td><td>0,21</td><td>0,15</td><td>0,11</td><td>0,09</td><td>0,06</td><td>0,04</td><td>0,03</td></tr></table>	φ burchagi							Gradus	20	45	90	130	180		A	0,31	0,6	1,0	1,120	1,40		R/d	1,0	2,0	4,0	6,0	15	30	500	B	0,21	0,15	0,11	0,09	0,06	0,04	0,03
φ burchagi																																						
Gradus	20	45	90	130	180																																	
A	0,31	0,6	1,0	1,120	1,40																																	
R/d	1,0	2,0	4,0	6,0	15	30	500																															
B	0,21	0,15	0,11	0,09	0,06	0,04	0,03																															

90 ⁰ li standart cho'yan tirsak	Shartli O'tish, mm ξ	12,5 2,2	25 2	37 1,6	50 1,1					
Normal ventil	Ventil to'liq ochiq bo'lganda qiymatlari:									
	D, mm	13	20	40	80	100	150	200	250	350
To'g'ri yo'lli	Re $\geq 3 \cdot 10^5$ bo'lganda ξ quyidagi jadvaldan aniqlanadi:									
	D, mm	25	50	76	150	250				
	ξ	1,04	0,79	0,60	0,42	0,32				
	Re $\geq 3 \cdot 10^5$ bo'lganda qarshilik koeffitsienti $\xi = \xi_1 \cdot K$									
	ξ qiymati Re $\geq 3 \cdot 10^5$ dagidek topiladi K qiymati esa ushbu jadvalda berilgan:									

		Re	5000	20000	100000	300000			
		K	1,40	0,94	0,91	1			
Kran		Shartli diametric yuqori mm	13 4	19 2	25 2	32 2	38 2	50 2	va o'tish
Zadvishka		Shartli o'tish Diametric, mm yuqori ξ	15-10	175-200	300	va			
Trubaning  birdan kengayishi		$Re = \frac{w_0 \cdot d_0}{v}$	F_0 / F_1						
			0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	

F_0 – kichik ko'ndalang kesim yuzasi m^2 ; w – kichik ko'ndalang kesim yuzada oqim tezligi m/s ; F_1 – kata ko'ndalang kesim yuzasi, m .	10 3,1 3,1 3,1 3,1 3,1 3,1 100 1,70 1,40 1,20 1,10 0,90 0,80 1000 2,0 1,60 1,30 1,05 0,90 0,60 3000 1,00 0,70 0,60 0,40 0,30 0,20 3500 0,81 0,64 0,50 0,36 0,25 0,16 va undan yuqori
Trubaning birdan torayishi 	$Re = \frac{w_0 \cdot d_0}{\nu}$ F_0 / F_1 0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6
F_0 – kichik ko'ndalang kesim yuzasi, m^2 ; w – kichik ko'ndalang kesim yuzada oqim tezligi m/s ; F_1 – kata ko'ndalang kesim yuzasi, m .	10 5,0 5,0 5,0 5,0 5,0 5,0 100 1,30 1,20 1,10 1,00 0,90 0,80 1000 0,64 1,60 1,41 1,35 0,30 0,24 3000 0,50 0,40 0,35 0,30 0,25 0,20 3500 0,45 0,40 0,35 0,30 0,25 0,20 va undan yuqori.

23-- jadval

**LAMINAR REJIMDA TURLI KO'NDALANG KESIMLAR UCHUN EKVIVALENT
DIAMETR VA KOEFFITSIENT QIYMATLARI**

Ko'ndalang kesim shakli	d	A
d- diametrli aylana	d	64
a – tomonli kvadrat	a	57
a – tomonli teng yonli uchburchak	0,58a	53
a – kenglikka ega halqa	2a	96
a va b tomonli to'g'ri to'rtburchak		
a/b=0	2a	96
a/b=0,1	1,81a	85
a/b=0,25	1,6a	73
a/b=0,5	1,3a	62
ellips(a – kichik yarim o'q, b – kata yarim o'q):		
a/b=0,1	155a	73
a/b=0,3	1,4a	68
a/b=0,5	1,3a	78

24-- jadval

DIAFRAGMANING SARF KOEFFITSIENTLARINING QIYMATLARI

Re	m=0,05	m=0,1	m=0,2	m=0,3	m=0,4	m=0,5	m=0,7
5000	0,6032	0,6110	0,6341	-	-	-	-
10000	0,6026	0,6092	0,6261	0,6530	0,6890	0,7367	-
20000	0,5996	0,6050	0,6212	0,6454	0,6765	0,7186	0,8540
30000	0,5990	0,6038	0,6187	0,6403	0,6719	0,7124	0,8404
50000	0,5984	0,6032	0,6168	0,6384	0,6666	0,7047	0,8276
100000	0,5980	0,6026	0,6162	0,6359	0,6626	0,6992	0,8155
400000	0,5978	0,6020	0,6150	0,6340	0,6600	0,6950	0,8019

m – Diafragma teshigining diametri, m; $m = (d_0/d)^2$

25-- jadval

TUZATISH KOEFFISIENTINING QIYMATLARI

Trubaning diametri, m	m=0,1	m=0,2	m=0,3	m=0,4	m=0,5	m=0,6	m=0,7
0,05	1,0037	1,0063	1,0082	1,0118	1,0144	1,017	1,02
0,10	1,0024	1,0045	1,0064	1,0065	1,0108	1,013	1,014
0,20	1,0017	1,0023	1,0034	1,004	1,0052	1,006	1,007
0,30	0,0005	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001

$m = (d_0/d)^2$

26-- jadval

BO'LAK MATERIAL XALQALARIDAN TASHKIL TOPGAN SKRUBBER**NASADKALARINING TAVSIFI**

Nasadkalar turi	Nasadka elementining o'lchamlari, mm	1 m nasadkali hajmdagi elementlari soni	Bo'sh hajmi m ³ /m ³	Solishtirma yuz m ² /m ²	1 m ³ hajmdagi nasadka og'irligi, kg
Farfor halqalar	8x8x1,5	1465000	0,64	570	600
Keramik halqalar	15x15x2	25000	0,70	330	690
“ “	35x35x4	20200	0,78	140	505
“ “	50x50x5	6000	0,785	87,5	530
Po'lat halqalar	35x35x2,5	19000	0,83	147	-
“ “	50x50x1	6000	0,95	110	430
Shag'al(dumaloq)	42	14400	0,388	80,5	-
Andezit (bo'laklari)	43,2	12600	0,585	68	1200
Koks (bo'laklari)	42,6	14000	0,56	77	455
“ “	24,4	64800	0,532	20	1600
Ammiak sintezi	-	-	-	-	-
katalizatorlari	6,1	5200000	0,465	960	2420
CO konversiyasi	d=11,5	1085000	0,38	460	1100
katalizator tabletkada	h=6				

**PORSHENLI NASOSLAR YORDAMIDA SUVNI UZATISH DAVRIDAGI SO'RISH
BALANDLIGI**

Bosimning aylanish chastotasi, ayl/min	Suv temperaturasi, °C						
	0	20	30	40	50	60	70
50	7	6,5	6	5,5	4	2,5	0
60	6,5	6	5,5	5	3,5	2	0
90	5,5	5	4,5	4	2,5	1	0
120	4,5	4	3,5	3	1,5	0,5	0
150	3,5	3	2,5	2	0,5	0	0
180	2,5	2	1,5	1	0	0	0

**TURLI XILDAGI ARALASHTIRGICHLAR UCHUN C va m KONSTANTALAR
QIYMATLARI**

Aralashtirgichlar turi	Geometrik tavsifnoma			Konstantalar son qiymati		Eslatma
	H/d	D/d	h/d	c	m	
Ikki parrakli	2	2	0,36	111,0	1,0	$Re < 20$ $Re = 100 \div 5 \cdot 10^4$
“				14,35	0,31	
2 parrakli,parra gi	3	3	0,33	6,8	0,2	
45° ostida	3	3	0,33	4,05	0,2	Parrak shakli dumaloq
4 parrakli						
parragi 45° ostida	3	3	0,33	3,52	0,2	
4parrakli,parragi	3	3	0,33	5,05	0,2	
60° ostida						
Yaroqli 2 parrakli	3	3	0,33	6,30	0,18	
To'rt parrakli	1,11	1,11	0,11	6,2	0,25	
	1,11	1,11	0,11	6,0	0,25	
Propellerli uch parrakli, 22,5°	3	3	0,33	0,983	0,15	
Propellerli, uch parrakli,	3,5	3,8	1	230	1,67	
				4,63	0,35	$Re < 80$ $Re < 3 \cdot 10^3$ $Re < 3 \cdot 10^3$
Trubinali uch parrakli				1,19	0,15	
	3	3	0,33	3,90	0,2	

SUYUQLIKLAR SIRTIY TORTILISHI KOEFFITSIENTI

Suyuqlik	Temperature	Siriy tortilish, $\sigma \cdot 10^3$, H/m
Azot (suyuq)	-196	8,5
Kislrod (suyuq)	-183	13,2
Olivka moyi	+20	32,0
Paraffin moyi	+25	26,4
Skipidar	+15	27,3

TRUBA QUVURINING 1m UZUNLIGIDA BOSIMNING YO'QOTILISHI kPa/m

Hajmiy sarf m^3/s	Trubalar diametric,m.						
	0,032	0,04	0,05	0,08	0,100	0,150	0,200
Tomat-pasta				Temperature 10 °C			
0,00139	69,0	50,0	35,6	16,6	11,6	6,34	4,40
0,00278	74,0	55,6	41,0	20,0	13,9	7,01	4,00
0,00444	80,0	58,0	43,0	22,3	15,5	7,65	5,00
Temperature 33 °C							
0,00139	52,0	38,0	26,4	11,0	8,03	3,56	2,06
0,00278	59,0	44,5	31,5	13,5	9,50	4,50	2,56
0,00444	64,0	48,0	34,0	15,3	0,41	5,25	3,00
Temperature 72 °C							
0,00139	36,2	26,6	18,2	6,90	4,65	2,00	1,20
0,00278	43,0	32,0	20,0	8,80	5,50	2,60	1,50
Olma-pyuresi				Temperature -1 °C			
0,00139	-	6,65	4,20	1,60	1,09	-	-
0,00278	-	8,55	5,40	2,04	1,32	-	-
Temperature 30 °C							
0,00139	3,3	3,2	1,90	0,73	-	-	-
0,00278	7,3	4,3	2,60	0,90	-	-	-

**BINAR ARALASHMALARNING SUYUQLIK VA BUG'LARINING MUVOZANAT
TARKIBI**

$p_{atm}=160\text{mm.sim.ust.}$

Metil spirtli-suv			Xloroform-benzol		
$t, ^\circ\text{C}$	% (mol) metil spirti		$t, ^\circ\text{C}$	%(mol) xloroform	
	<i>Suyuqlikda</i>	<i>Bug'da</i>		<i>Suyuqlikda</i>	<i>Bug'da</i>
100.0	0	0	80.6	0	0
96.4	2	13.4	79	8	10
93.5	4	23.4	79	15	20
87.7	10	41.8	77.3	29	40
81.7	20	57.9	76.4	36	50
78.0	30	65.5	75.3	44	60
73.1	50	77.9	71.9	66	80
64.5	100	100.0	61.4	100	100

Suv – sirka kislota			Azot – kislorod		
$t, ^\circ\text{C}$	% (mol) suv		$t, ^\circ\text{C}$	%(mol) azot	
	<i>Suyuqlikda</i>	<i>Bug'da</i>		<i>Suyuqlikda</i>	<i>Bug'da</i>
118.1	0	0	90.1	0	0
115.4	5	9.2	89.5	3.5	13
113.8	10	16.7	89	6.2	20.2
110.1	20	30.2	88	11	30.4
107.5	30	42.5	87	17.1	39.7
105.8	40	53.0	86	22.2	47.8
104.4	50	62.2	85	27.7	55.7
103.2	60	71.6	84	33.8	63.1
101.3	80	86.4	82	47.8	76.4
100.0	100	100	77.3	100.0	100

**SUV-SPIRT BUG'LARINING KODENSASIYALANISH TEMPERATURASI VA 10^5
Pa BOSIMDAGI ENTALPIYASI**

<i>Bug' tarkibidagi spirt hajmi,%mas.</i>	<i>Kondensatsiyalanish temperaturasi °C</i>	<i>Suyuqlik entalpiyasi i, kJ/kg</i>	<i>Bug' hosil qilish issiqligi r, kJ/kg</i>	<i>Bug'ning entalpiyasi i, kJ/kg</i>	<i>Bug'ning zichligi, ρ, kg/m³</i>
0	100	418.70	2256.7	2675	0.589
5	93.4	424.56	2185.6	2610	0.620
10	98.8	426.24	2114	2540	0.645
15	98	423.3	2045.0	2466.5	0.667
20	97.6	429.79	1972.1	2202.9	0.694
25	97	423.37	1902.9	23.83.4	0.722
30	96	417.86	1833.9	2251.5	0.750
35	95.3	406.97	1762.7	2169.7	0.785
40	94	379.3	1692.5	2087.2	0.817
45	93.2	382.27	1624.5	2006.8	0.754
50	91.9	369.29	1553	1922.6	0.881
55	90.5	356.73	1484.3	1841.0	0.993
60	89.0	342.91	1415.2	1758.1	0.976
65	87	322.81	1334	1668.9	1.025
70	85	306.48	1277	1585.2	1.075
75	82.8	284.29	1210	1494.3	1.145
80	80.8	260.01	1143	1403.0	1.214
85	89.6	249.96	1071.8	1321.8	1.295
90	78.7	237.40	996.5	1233.9	1.380
95	78.2	222.74	925.3	1148	1.480
100	78.3	209.76	854.1	1063.9	1.598

33 - jadval

Kojux diametri, mm	Trubaning diametri,, mm	Yo'llar soni	Trubalarning umumiy soni	Trubalar uzunligi quyidagicha bo'lganda, issiqlik almashinish yuzasi, m ²							Trubalararo bo'shli oqimning eng tor ko'ndalang kesim yuzasi, m ²	Truba bir yo'lining ko'ndalang kesim, m ²
				1.0	1.5	2	3	4	6	9		
159	20x2	1	19	1.0	2.0	2.5	3.5	-	-	-	0.003	0.004
	25x2	1	13	1.0	1.56	2.0	3.0	-	-	-	0.004	0.005
273	20x2	1	61	4.0	4.5	7.5	11.5	-	-	-	0.007	0.012
	25x2	1	37	6.0	9.5	6.0	9	-	-	-	0.009	0.013
325	20x2	1	100	-	8.5	12.5	19	25.0	-	-	0.011	0.020
		2	90	-	7.5	11.0	17	22.5	-	-	0.011	0.009
	25x2	1	62	-	9.5	10.0	14.5	19.5	-	-	0.013	0.021
		2	56	-	-	9.0	13	17.5	-	-	0.013	0.010
400	20x2	1	181	-	-	23.0	34	46.0	68	-	0.017	0.036
		2	166	-	-	21.0	31	42.0	63	-	0.017	0.017
	25x2	1	111	-	-	17.0	26	35.0	52	-	0.020	0.038
		2	100	-	-	16.0	24	31.0	47	-	0.020	0.017
600	20x2	1	389	-	-	49	70	98	147	-	0.041	0.078
		2	370	-	-	47	70	93	139	-	0.041	0.037
		4	334	-	-	42	63	34	126	-	0.041	0.016
		6	316	-	-	40	60	79	119	-	0.037	0.009
	25x2	1	257	-	-	40	61	81	121	-	0.040	0.089
		2	240	-	-	38	57	75	113	-	0.040	0.042
		4	206	-	-	32	49	65	97	-	0.040	0.018

800	20x2	6	196	-	-	31	46	61	91	-	0.037	0.011
		1	717	-	-	90	135	180	270	405	0.069	0.144
		2	690	-	-	87	130	173	260	390	0.069	0.069
	25x2	4	638	-	-	80	120	169	240	361	0.069	0.030
		6	638	-	-	78	116	155	233	349	0.065	0.020
		1	466	-	-	73	109	145	219	329	0.070	0.161
2		442	-	-	69	104	139	208	312	0.070	0.077	
3		404	-	-	63	95	127	190	285	0.070	0.030	
61		386	-	-	60	90	121	181	270	0.065	0.022	
1000	20x2	2	1173	-	-	-	221	295	442	663	0.101	0.236
		4	1138	-	-	-	214	286	429	643	0.101	0.144
		61	1072	-	-	-	202	269	404	606	0.101	0.051
	25x2	2	1044	-	-	-	197	262	393	590	0.096	0.034
		4	74	-	-	-	176	235	352	528	0.106	0.259
		61	718	-	-	-	169	226	338	507	0.106	0.124
1200	20x2	2	666	-	-	-	157	209	314	471	0.106	0.055
		4	642	-	-	-	151	202	302	454	0.102	0.036
		61	1701	-	-	-	-	427	641	961	0.145	0.342
		2	1658	-	-	-	-	417	625	937	0.145	0.165
	25x2	4	1580	-	-	-	-	397	595	893	0.145	0.079
		6	1544	-	-	-	-	388	582	873	0.131	0.049
			1080	-	-	-	-	340	510	766	0.164	0.375
			1048	-	-	-	-	329	404	740	0.164	0.179
			986	-	-	-	-	310	469	697	0.164	0.084
			958	-	-	-	-	301	451	677	0.142	0.052

Bosim, MPa	Kojux diametri, mm	Yo'llar soni	Diametri 20x2mm bo'lgan trubalar uzunligi,m						
			1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	6.0	9.0
Kojux trubali sovutgichlar massasi,kg									
1.6	159	1	174	196	217	263	-	-	-
1.6	273	1	320	388	335	590	-	-	-
1.6	325	1	-	495	575	735	895	-	-
1.6	325	2	-	510	575	740	900	-	-
1.0	400	1	-	-	860	1130	1490	1850	-
1.0	400	2	-	-	870	1090	1370	1890	-
1.0	600	1	-	-	1540	1980	2480	3450	-
1.0	600	2.4.6	-	-	1650	2100	2500	3380	-
1.0	800	1	-	-	2560	3520	4150	5800	8400
1.0	800	2.4.6	-	-	2750	3550	4350	5950	8500
0.6	1000	1	-	-	-	5000	6520	9030	12000
0.6	1000	2.4.6	-	-	-	5450	6760	9250	12850
0.6	1200	1	-	-	-	-	9000	12800	18400
0.6	1200	2.4.6	-	-	-	-	9750	13400	18900

Bosim, MPa	Kojux diametri, mm	Yo'llar soni	Diametri 20x2mm bo'lgan trubalar uzunligi,m						
			1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	6.0	9.0
Kojux trubali sovutgichlar massasi,kg									
1.6	159	1	174	192	211	255	-	-	-
1.6	273	1	404	465	527	649	-	-	-
1.6	325	1	-	485	540	680	820	-	-
1.6	325	2	-	485	550	690	820	-	-
1.0	400	1	-	-	780	1035	1290	1750	-
1.0	400	2	-	-	820	1040	1260	1600	-
1.0	600	1	-	-	1350	1810	2410	3150	-
1.0	600	2.4.6	-	-	1480	2890	2290	3130	-
1.0	800	1	-	-	22280	3130	3720	5360	7400
1.0	800	2.4.6	-	-	2520	3230	3950	5360	7488
0.6	1000	1	-	-	-	4500	5600	7850	11200
0.6	1000	2.4.6	-	-	-	4850	6100	8160	11400
0.6	1200	1	-	-	-	-	8000	11250	16000
0.6	1200	2.4.6	-	-	-	-	8700	11850	16550

Bosim, MPa	Kojux diametri, mm	Yo'llar soni	Diametri 20x2mm bo'lgan trubalar uzunligi,m						
			1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	6.0	9.0
Va kondensatorlar massasi,kg									
1.0	600	1	-	-	-	-	-	-	-
1.0		2,4,6	-	-	-	1970	420	3320	-
1.6		1	-	-	-	-	-	-	-
1.6	800	2,4,6	-	-	-	2050	2510	3450	-
1.0		1	-	-	-	-	-	-	-
1.0		2,4,6	-	-	-	3600	4400	5900	-
1.6	1000	1	-	-	-	-	-	-	-
1.6		2,4,6	-	-	-	3850	4500	6100	-
1.0		1	-	-	-	-	-	-	-
1.0	1200	2,4,6	-	-	-	5450	6700	9250	-
1.6		1	-	-	-	-	-	-	-
1.6		2,4,6	-	-	-	5750	7100	9700	-
1.0	1400	1	-	-	-	-	-	-	-
1.0		2,4,6	-	-	-	-	10100	13450	-
1.6		1	-	-	-	-	-	-	-
1.6		2,4,6	-	-	-	-	10400	13700	-
1.0		1	-	-	-	-	-	-	-
1.0		2,4,6	-	-	-	-	-	18390	-
1.6		1	-	-	-	-	-	-	-
1.6		2,4,6	-	-	-	-	-	18790	-

Bosim, MPa	Kojux diametri, mm	Yo'llar soni	Diametri 20x2mm bo'lgan trubalar uzunligi,m						
			1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	6.0	9.0
Va kondensatorlar massasi,kg									
1.0	600	1	-	-	1340	-	-	-	-
1.0		2,4,6	-	-	-	1970	2420	3320	-
1.6		1	-	-	-	-	-	-	-
1.6	800	2,4,6	-	-	-	2050	2510	3450	-
1.0		1	-	-	-	-	-	-	-
1.0		2,4,6	-	-	-	3600	4400	5900	-
1.6	1000	1	-	-	-	-	-	-	-
1.6		2,4,6	-	-	-	3850	4500	6100	-
1.0		1	-	-	-	-	-	-	-
1.0	1200	2,4,6	-	-	-	5450	6700	9250	-
1.6		1	-	-	-	-	-	-	-
1.6		2,4,6	-	-	-	5750	7100	9700	-
1.0	1400	1	-	-	-	-	-	-	-
1.0		2,4,6	-	-	-	-	10100	13450	-
1.6		1	-	-	-	-	-	-	-
1.6		2,4,6	-	-	-	-	10400	13700	-
1.0		1	-	-	-	-	-	-	-
1.0		2,4,6	-	-	-	-	-	18390	-
1.6		1	-	-	-	-	-	-	-
1.6		2,4,6	-	-	-	-	-	18790	-

Kojux diametri, mm	Truba bo 'shlig'I uchun shtuserlarning shartli o 'tish diametric,				Trubalararo bo 'shlig'I uchun shtuserlarning shartli o 'tish diametrlari, mm
	Yo'llar soni				
	1	2	3	4	
159	80	-	-	-	80
273	100	-	-	-	100
325	150	100	-	-	100
400	150	150	-	-	150
600	200	200	100	100	200
800	250	250	150	150	250
1000	300	300	150	150	300
1200	350	350	200	200	350
1400	-	350	200	200	-

37 – - jadval

38 – - jadval

Kojux diametri, mm	<i>Quyidagi trubalarning uzunliklarida (m) sigient to'siqlar soni</i>						
	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	6.0	9.0
159	6	10		26	-	-	-
273	4	8	14	18	-	-	-
325	-	9	12	14(16)	18	36(38)	-
400	-	-	8	10	14	22(24)	24
600	-	-	6	8	10	18(16)	22(20)
800	-	-	4	6	8	14(12)	16(18)
1000	-	-	4	4	6	10	1412
1200	-	-	-	-	6	8	-

25X2 mm TRUBALARDAN YASALGAN KOJUX-TRUBALI KONDENSATOR VA
ISITGICHLARNING ISSIQLIK ALMASHINISH YUZASI

Kojux diamet ri, mm	Trubalar soni		Trubalar uzunligi,m				Qurilm a turi
	umumiy	bitta yo'l	2	3	4	6	
				Issiqlik almashinish yuzasi,m (tashqi d bo'yicha)			
Bir yo'lli							
600	216	261	40	61	81	-	Isitgich IN,IK
800	473	473	74	112	150	-	
1000	783	783	121	182	244	-	
1200	1125	1125	-	260	348	-	
1400	1549	1549	-	358	380	-	
Ikki yo'lli							
600	244	122	-	57	76	114	
800	450	102	-	106	142	212	
1000	754	175.5	-	175	234	353	
1200	1090	257	-	-	338	509	
1400	1508	254	-	-	-	706	
To'rt yo'lli							
600	210	52,5	-	49	65	98	KH, KK Konden satorlar
800	408	102	-	96	128	193	
1000	702	175,5	-	163	218	329	
1200	1028	257	-	-	318	479	
1400	1434	58,5	-	-	-	672	
Olti yo'lli							
600	198	33	-	46	62	93	
800	392	65.3	-	93	123	185	
1000	678	11.3	-	160	213	319	
1200	1000	166.6	-	-	314	471	
1400	1400	200.3	-	-	-	559	

40-- jadval

ATMOSFERA BOSIMIDA QAYNAYDIGAN BAZI SUVLI ERITMALAR KONSENTRATSIYASI
MASS, %.

Erigan modda	Qaynash temperaturasi C^0 .								
	101	102	103	104	105	107	110	115	120
	5.66	10.31	14.16	17.36	20.00	24.24	29.33	35.68	40.83
	4.49	8.51	11.97	24.82	17.01	20.88	25.65	31.97	36.51
	8.42	14.31	18.96	23.02	26.57	32.62	-	-	-
	10.31	18.37	24.24	28.57	32.24	37.69	43.97	50.86	56.04
	13.19	23.66	32.23	39.20	45.10	54.65	63.34	79.5	-
	4.67	8.42	11.66	14.31	16.59	20.32	24.41	29.48	33.07
	14.31	22.78	28.81	32.23	35.32	42.66	-	-	-
	4.12	7.40	10.15	12.51	14.53	18.32	23.08	26.21	33.77
	6.19	11.03	14.67	17.69	20.32	25.09	-	-	-
	8.26	15.61	21.87	27.53	32.43	40.47	49.87	60.94	68.94
	15.26	24.81	30.73	-	-	-	-	-	-
	9.42	17.22	23.72	29.18	33.86	-	-	-	-
	26.95	39.98	40.88	44.47	-	-	-	-	-
	20.00	31.22	37.89	42.92	46.45	-	-	-	-
	6.10	11.55	15.96	19.30	22.89	28.37	35.98	46.95	-
Erigan modda	Temperature C^0 .								
	125	140	160	180	200	220	240	260	300
aCl ₂	45.80	57.89	68.94	75.8	-	-	-	-	-
OH	40.23	48.05	54.89	60.91	64.91	68.73	72.46	75.76	81.63
gCl ₂	36.02	38.61	-	-	-	-	-	-	-
aOH	37.68	48.32	60.13	77.53	77.53	84.03	88.89	93.02	98.47

41—jadval

TURLI HILDAGI TARELKALARNING O'RTACHA f.i.k.

<i>Qurilma</i>	<i>Tarelkalar xili</i>	<i>η</i>
Braga xaydash Braga kolonnasi	Ikki marta qaynatadigan Bir marta qaynatadigan	0.6 0.5
Spirt kolonnasi	Ikki marta qaynatadigan	0.5
Lyuter kolonnasi	Ikki marta qaynatadigan	0.6
Kub reftifikatsion	Ko'p qalpoqchali	0.5
Braga rektifikatsion Braga kolonasi	Ikki marta qaynatadigan G'alvirsimon	0.5 0.7
Epyuratsion reflikatsion	Ko'p qalpoqchali Ko'p qalpoqchali	0.5 0.5

**BAZI ORGANIK MODDALARNING SOLISHTIRMA
ADSORBSIYA ISSIQLIGI**

Modda	Formula	Adsorbsiya issiqligi	
		<i>kJ/kmol</i>	<i>kJ/kg</i>
Benzil	-	50280	628.5
Benzol	C_6H_6	61590	789.8
Butil xlorid	$CH_3(CH_2)Cl$	65360	706.4
Butil xlorid- ikkilamchi	$CH_3CHClC_2H_5$	60340	652.4
Butil xlorid-uchlamchi	$(CH_3)_2CCl$	56980	615.9
Dixlormetan	CH_2Cl_2	51960	611.3
Izopropil xlorid	$CH_3CHClCH_3$	54890	699.3
Metan	CH_4	18860	1230
Metil xlorid	CH_3Cl	38550	763.4
Propil xlorid	$CH_3(CH_2)_2Cl$	61170	779.3
Oltin to'rt uglerod	CS_2	52380	689.3
Metil spirit	CH_3OH	54890	1715
Propil spirit	C_3H_7OH	68720	1145
Etil spirit	C_2H_5OH	62850	1366
To'rt xlorli uglerod	CCl_4	64110	415.2
Xloroform	$CHCl_3$	60760	508.2
Etil bromid	C_2H_5Br	58240	534.6
Etil yodid	C_2H_5I	58660	370.3
Etil xlorid	C_2H_5Cl	50280	79.3
Etilformiat	$HCOOC_2H_5$	60760	8820.8
Dietil efir	$(C_2H_5)_2O$	64950	877.8

AYRIM GAZLARNING DIFFUZIYA KOEFFITSIENTLARI,
 m^3/s

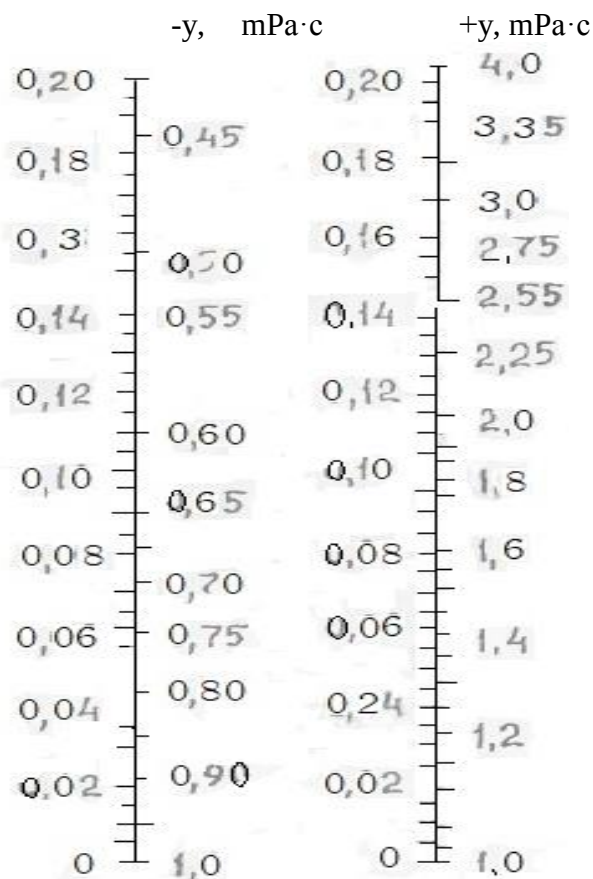
Gaz	$P=10^6 \text{ Pa}, t=0^\circ \text{ C}$ da diffuziya koeffitsientlari D_r			$T=20^\circ \text{ C}$ da suvdagi diffuziya koeffitsienti $D_e \cdot 10^5$
	Havoda	CO_2 da	H_2 da	
Azot	0.312	0.146	0.674	1.64
Azot oksidi	0.145	-	-	1.34
Azot dioksidi	0.119	-	-	-
Ammiak	0.198	-	0.745	1.76
Aseton	0.082	-	-	1.03
Benzol	0.077	0.053	0.295	-
Suv(bug')	0.220	0.139	0.752	-
Vodorod	0.611	0.550	-	5.13
Dietil efiri	0.078	0.055	0.296	-
Kislород	0.178	-	0.697	1.8
Metan	0.223	0.153	0.625	2.06
Oltingugurt	0.132	0.088	0.506	1.28
Dioksidi	0.122	-	0.480	1.47
Toluol	0.094	-	-	-
Uglerod dioksid	0.071	-	-	-
Uglerod oksidi	0.138	-	0.550	1.77
Sirka kislotasi	0.202	0.137	0.051	1.19
Xlor	0.106	0.072	0.416	0.88
Xlorli vodorod	0.124	-	-	1.22
Etanol	0.130	-	0.712	2.64
Etiasetat	0.102	0.068	0.375	1.00
Etilen	0.072	0.049	0.273	-
	0.152	-	0.48	1.59

**20° C TEMPERATURADA SUVDA ERIYDIGAN AYRIM
GAZLARNING DIFFUZIYA KOEFFITSIENTLARI**

Gaz	$D \cdot 10^9, \text{ m}^2/\text{soat}$	$D \cdot 10^6, \text{ m}^3/\text{soat}$
Azot	1.9	6.9
Ammiak	1.8	6.6
Vodorod	5.3	19.1
Uglerod dioksid, azot oksidi	1.8	6.4
Kislород	2.1	7.5
Xlor, oltingugurt vodorod	1.6	5.8
Xlorli vodorod	2.3	8.3

**AYRIM GAZLARNING SUVLI ERITMALARI UCHUN GENRI
KOEFFITSIENTI e NING SON QIYMATLARI
($E, 10^{-6} \text{ mm.sim.ust.}$)**

Gaz	0	10	20	40	80	100
Azot	40.52	50.8	61.1	79.2	95.9	95.4
Asetilin	0.55	0.73	0.92	-	-	-
Brom	0.0162	0.02	0.045	0.401	0.307	-
Vodorod	44	48.3	51.9	57.1	57.4	56.6
Havo	32.8	41.7	50.4	66.1	81.7	81.6
Kislород	19.3	24.9	30.4	60.7	52.2	53.3
Metan	17	22.6	28.5	39.9	51.8	53.3
Uglerod oksidi	26.7	32.6	40.7	52.9	64.3	64.3
Oltingugurt vodorod	0.203	0.278	0.367	0.566	1.03	1.0
Xlor	0.204	0.297	0.402	0.6	0.73	-
Etan	9.55	14.4	20	32.2	50.2	52.6
Etilen	4.19	5.84	7.74	-	-	-



I.1-rasm. *Organik suyuqliklarning dinamik qovushqoqlik Koeffitsientini aniqlash uchun nomogramma*

GLOSSARIY

Aerodispers sistemalar (yoki aerozollar) - Chang, tutun va tumanlardir.

Birinchi kritik tezlik - Qatlamning o'zgarish holatidan mavhum qaynash holatga o'tishiga to'g'ri keladigan gaz yoki suyuqlikning tezligiga yatiladi. Bu tezlik mavhum qaynashning boshlanish tezligi deb ham yuritiladi.

Changlar – o'z tarkibida qattiq moddaning mayda zarrachalarini (3...70 mkm) tutgan gaz sistemalar.

Cho'ktirish – og'irlik kuchi, inersiya kuchlari (jumladan, markazdan qochma kuch) yoki elektrostatik kuchlar yordamida suyuqlik va gazsimon turli jinsli sistemalar tarkibidagi qattiq yoki suyuq zarrachalarni ajratish. Agar cho'ktirish og'irlik kuchi ta'sirida olib borilsa, bu jarayon **tindirish** deyiladi.

Emulsiya – ikki xil o'zaro aralashtirilgan suyuqliklardan iborat bo'lib, bunda birinchi suyuqlikning ichida ikkinchi suyuqlikning tomchilari tarqalgan bo'ladi.

Filtrlash – suyuq va gazsimon aralashmalarni g'ovaksimon to'siq filtr yordamida ajratish. Filtrlash bosim yoki markazdan qochma kuch ta'sirida olib boriladi va asosan suspenziya hamda changlarni to'la tozalash uchun ishlatiladi.

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 harorat gradiyenti t/n , vaqt d ga va issiqlik oqimi yo'nalishiga perpendikulyar bo'lgan maydon yuzasi dF ga proporsional bo'ladi.

Gidrodinamik jarayonlarining harakatlantiruvchi kuchi - suyuqliklarning bosimlar farqiga aytiladi.

Harorat maydoni - Tekshirilayotgan muhitning hamma nuqtalari uchun istalgan biror vaqtdagi harorat qiymatlari majmuiga aytiladi.

Ikkinchi kritik tezligi - Agar gazning tezligini oshirsak, tezlik ma'lum qiymatga yetganda gidrodinamik bosim kuchlari materialning og'irlik kuchlardan ortib ketadi, natijada qattiq material donachalari gaz oqimi bilan birga chiqib ketadi. Qattiq material donachalarining gaz oqimi bilan chiqib ketish holatiga to'g'ri keladigan tezlik **chiqib ketish tezligi** deb ham ataladi.

Issiqlik (issiqlik miqdori) – bu issiqlik almashinish jarayonining energetik xarakteristikasi bo'lib, jarayon mobaynida uzatilgan yoki olingan energiya miqdori bilan belgilanadi.

Issiqlik almashinish - Harorati yuqori bo'lgan jismdan harorati past jismga issiqlikning o'z - bo'lgani, qaytmas o'tish jarayoniga aytiladi. Jarayonni harakatga keltiruvchi kuchi, bu har xil haroratli bo'lgan jismlarning haroratlari farqidir. Termodinamikaning 2-qonuniga binoan, issiqlik har doim harorati yuqori jismdan harorati past jismga o'tadi.

Issiqlik almashinish jarayonlarining harakatlantiruvchi kuchi - Muhitlarning o'rtacha haroratlari farqiga aytiladi.

Issiqlik almashinish qurilmalari - Issiqlik almashinish jarayonlariga isitish, sovitish, kondensatsiyalash, bug'lanish va bug'latish jarayonlarni amalga oshirish uchun mo'ljallangan qurilmalarga aytiladi.

Issiqlik o'tkazish – issiqlik energiyasining tarqalish jarayonlari to'g'risidagi fan.

Issiqlik tashuvchi eltkich yoki issiqlik eltkich - Issiqlik almashinish jarayonida ishtirok etuvchi jismlar aytiladi.

Issiqlik o'tkazuvchanlik ko'effitsiyenti - issiqlik almashinish yuza birligidan (1 m^2) vaqt birligi davomida izotermik yuzaga normal bo'lgan 1 m uzunlikka to'g'ri kelgan haroratlarning 1 K ga pasayishi vaqtida uzatilgan issiqlik miqdorini ifodalaydi.

Issiqlikning nurlanishi - Issiqlik energiyasining elektromagnit to'lqinlar yordamida tarqalishi aytiladi.

Ko'piklar – o'z tarkibida gaz pufakchalari tutgan sistemalar.

Konveksiya - Gaz yoki suyuqliklarda makroskopik hajmlarning harakati va ularni aralashtirish natijasida yuz beradigan issiqlikning tarqalishiga aytiladi.

Laminar rejim - Trubadagi suv oqimining tezligi kichik bo'lganda suvning zarrachalari bir-biriga aralashmasdan, parallel holda tartibli harakat qilishi.

Majburiy konveksiya - Tashqi kuchlar ta'sirida (nasoslar yordamida suyuqliklarni uzatish, yoki mexanik aralashtirish) paydo bo'ladi.

Napor - Nasosning massa birligiga ega bo'lgan suyuqlikka bergan solishtirma energiyasiga aytiladi (H, m). Nasosning napori oqimning nasosga kirish va chiqishdagi solishtirma energiyalari ayirmasiga teng.

Nasosning ish unumdorligi - Nasosning vaqt birligi ichida uzatib beradigan suyuqlik miqdori (yoki sarfi) yatiladi. ($Q, \text{m}^3/\text{s}$).

Nisbiy g'adir-budirlik - Truba devorlaridagi g'adir-budirliklar balandligining (Δ) trubaning ekvivalent diametriga (d_e) nisbati yatiladi.

Qovushqoqlik - Dinamik qovushqoqlik ko'effitsiyenti μ ning suyuqlik zichligi ρ ga nisbati dir

Solishtirma og'irlik - Hajm V birligidagi suyuqlikning og'irligi G dir.

Suspenziya – suyuq va qattiq modda zarrachalaridan tashkil topgan aralashmalar.

Suyuqlik yordamida ajratish – qattiq zarrachalarni biror suyuqlik ishtirokida ushlab qolish jarayoni. Bu jarayon og'irlik yoki inersiya kuchlari ta'sirida olib boriladi va gazlarni tozalash uchun ishlatiladi

Sentrifugalash – suspenziya va emulsiyalarni markazdan qochma kuchlar ta'sirida yaxlit yoki g'ovaksimon to'siqlar yordamida ajratish. Sentrifugalash jarayonida cho'kma va suyuqlik fazalari (fugat) hosil bo'ladi.

Tabiiy yoki erkin konveksiya - Gaz yoki suyuqlik ayrim qismlardagi zichliklarning farqi natijasida hosil bo'ladigan issiqlikning almashinishiga aytiladi.

Tumanlar– suyuq va gaz fazalaridan tashkil topgan sistemalar.

Turbulent rejim - Trubadagi suv oqimi tezligi keskin ko'paytirilsa, oqim truba bo'ylab to'lqinsimon harakat qilib oqishi.

Tutunlar– tarkibida o'lcham $0,3 \dots 5 \text{ mkm}$ ga teng bo'lgan qattiq modda zarrachalarini tutgan sistemalar.

Ventilyatorlar - Gazni past bosimda uzatish uchun mo'ljallangan mashinalar ventilyatorlar deyiladi

Zichlik - Hajm V birligidagi bir jinsli jismning massasi m dir.

“Farmatsevtik injiniring” fanidan test

№1 Hidravlika necha asosiy qismdan iborat?
gidrostatika va gidrodinamika
statika va dinamika
statika
dinamika

№2 Gidrodinamik tozalash usulining mohiyatini tushuntiring
membranaga pulsatsiyali eritma yoki suv oqimi, turbulent oqimi ta'sir ettiriladi, yoki u siqilgan xavo yordamida teskari yo'nalishda puflanadi
gidrodinamik muvozanat yuzaga keltiriladi va suyuqlik oqimining xarakati laminar rejimda o'tadi
suyulik xarakati paytida unga ta'sir etuvchi qarshilik kuchlari kamaytiriladi
silindrik membranadan suyuqlik o'tkaziladi va tozalanadi

№3 Membranali ajratish qurilmalarinnig afzalliklarini ko'rsating
katta solishtirma yuzali, yig'ilish sodda, ishonchliligi yuqori va montaji oson
ajratish vaqti kam, membranaga turli ta'sirlar o'tkazilishi mumkin
sodda va arzon
konstruksiyasi sodda, ishlash aniqligi yuqori darajada

№4 Dispers yoki ichki faza nima?
zarrachalari juda maydalangan xolatdagi faza
maydalanmagan faza
aralashmaydigan 2 ta faza
zarrachalarni o'rab olgan faza

№5 Dispersion yoki tashqi faza nima
dispers faza zarrachalarini o'rab olgan faza

tashqaridagi faza
zarrachalari to'plami
zarrachalari juda maydalangan faza

№6 Fazalarning fizik xolatiga ko'ra turli jinsli sistemalar qanday turlarga bo'linadi
suspenziya va emulsiyalar, ko'piklar va tumanlar, chang va tutunlar
suspenziya va emulsiyalar
ko'piklar va tumanlar
chang va tutunlar

№7 Suspenziya nima ?
suyuq va qattiq modda zarrachalaridan tashkil topgan aralashma
aralashmaydigan sistema
suyuq va gazsimon sistema
tarkibida gazsimon moddalar tutgan sistema

№8 Emulsiya nima ?
bir suyuqlikning ichida ikkinchi suyuqlikning tomchilari tarkalgan aralashma
suyuq aralashma
gaz pufakchalarini saqlagan sistema
kichik zarrachalar to'plami

№9 Ko'piklar deb nimaga aytiladi?
suyuqlik tarkibida gaz pufakchalarini saqlagan sistema
suyuqlik-suyuqlik sistema
suyuq va qattiq sistemasi
kichik zarrachalar to'plami

№10 Chang nima ?

gaz va unda taksimlangan 3 - 70 mkm o'lchamli qattiq zarrachalardan tashkil topgan sistema
biror zarracha o'lchami 0,6 – 5 mkm bo'lgan zarrachalar tuplami
o'lchamli 4-6 mkm bo'lgan zarrachalar tuplami
qattiq zarrachalar tutgan sistema

№12 Tutunlar deb nimaga aytiladi?
tarkibida o'lchami 0,3-5 mkmga teng bo'lgan qattiq moddalar zarrachalari tutgan sistemaga
o'z tarkibida qattiq moddaning mayda zarrachalarining tutgan gaz sistema
suyuq va gaz fazalaridan tashkil topgan sistema
suyuq va qattiq fazalardan iborat sistema

№13 Tumanlar qanday sistema?
suyuq va gaz fazalaridan tashkil topgan sistemalar
suyuq va qattiq fazalardan iborat sistema
kichik zarrachalar tutgan sistema
katta zarrachalar tutgan sistema

№14 Chang, tutun va tumanlar umumiy xolda qanday sistema
azrodispers sistemalar yoki aerrozollar
anaeroblar yoki dispers sistema
dispersion sistema
dispersion sistema yoki aeroblar

№15 Ajratish usullarini tanlashda nimalarga e'tibor berish lozim
suyuq yoki qattiq zarrachalarning o'lchamiga, turli jinsli sistemani tashkil etuvchi fazalarning agregat xolatiga, fazalar o'rtasidagi zichliklar farqiga, muxitning qovushqoqligiga
suyuq yoki qattiq zarrachalarning o'lchamiga
turli jinsli sistemani tashkil etuvchi fazalarning agregat xolatiga
fazalar o'rtasidagi zichliklar farqiga, muxitning qovushqoqligiga

№16 Turli jinsli sistemalarni ajratishda qaysi usullardan foydalaniladi
cho'ktirish, filtrlash, sentrifugalash, suyuqlik yordamida ajratish
cho'ktirish
filtrlash
sentrifugalash

№17 Cho'ktirish bu ...
og'irlik kuchi, inertsia kuchlari yoki elektrostatik kuchlar yordamida suyuq va gazsimon turli jinsli sistemalar tarkibidagi qattiq yoki suyuq zarrachalarni ajratish
markazdan qochma kuch ta'sirida sistema tarkibidagi gaz fazani ajratish
turli jinsli sistema tarkibidagi suyuqlikni uchirib ajratish
sistema tarkibidagi kerak bo'lmagan ortiqcha moddani kimyoviy usulda parchalab tashlash

№18 Agar cho'ktirish og'irlik kuchi ta'sirida olib borilsa u qanday nomlanadi
tindirish yoki cho'ktirish
ajratish
filtrlash
sentrifugalash

№19 Filtrlash bu...
suyuq va gazsimon aralashmalarni g'ovaksimon to'siq filtr yordamida ajratish
og'irlik kuchi yordamida suyuqlikni ajratish
suyuq va qattiq moddadan tashkil topgan aralashmalarni ajratish
gaz va suyuq aralashmalarni cho'ktirib ajratish

№20 Filtrlar qanday ta'sirlar ostida olib boriladi va asosan nima uchun ishlatiladi?
bosim yoki markazdan qochma kuch ta'sirida olib boriladi va asosan suspenziya va changlarni to'la tozalash uchun ishlatiladi
bosim yoki og'irlik kuchi ta'sirida olib boriladi va tutunlarni ajratishda ishlatiladi
inertsia kuchlari ta'sirida olib boriladi ammo chukmani ajratishda ishlatiladi

elektrostatik kuchlar ta'sirida olib boriladi va tindirishda ishlatiladi
--

№21 Sentrifugalash qanday kuch ta'sirida olib boriladi
markazdan qochma kuchlar
ion kuchlari
elektrostatik kuchlar
og'irlik kuchi

№22 Sentrifugalash jarayonida qanday fazalar xosil bo'ladi
cho'kma va suyuqlik fazalari
qattiq faza
suyuq fazalar
gaz va bug fazalar

№23 Suyuqlik yordamida ajratish bu...
qattiq zarrachalarni biror suyuqlik ishtirokida ushlab qolish jarayoni xisoblanadi
qattiq va suyuq zarrachalarni gaz yordamida ajratib olish
gaz fazasidagi moddalarni qattiq moddaga shimdirish
suyuqlik bug'latish

№24 Suyuqliklarni uzatish uchun mo'ljallangan mashinalar...
nasoslar deyiladi
ventilyatorlar
pechlar
dvigatellar

№25 Nasoslarni asosiy turlarini ko'rsating
dinamik va xajmiy
xajmiy

dinamik
uyurmaviy

№26 Ishqalanish kuchiga asoslangan nasoslar necha turga bo'linadi
faqat 2 guruxi mavjud
3 guruxga
4 guruxga
5 guruxga

№27 Porshenli, diafragmali, plunjerli shesternali, plastinali, vintsimon nasoslar qanday nasoslar jumlasiga kiradi?
xajmiy kengayish
parrakli
statik
gidravlik

№28 Sanoatda suyuqliklarni siqilgan gaz yordamida uzatish uchun qanday apparatlar ishlatiladi?
gazliftlar va montejoylar
gazliftlar
reaktorlar
montejoylar

№29 Nasosning vaqt birligi ichida uzatib beradigan suyuqlik miqdori nima
ish unumdorligi, quvvatga bogliq
solishtirma energiya
ishning tezligi
oqim tezligi

№30 Nasosning massa birligiga ega bo'lgan suyuqlikka bergan solishtirma energiyasi bu
--

napori bo'lib, suyuqlikni ko'tarish orkali ifodalanadi
quvvati
ish unumdorligi
foydali ish koeffitsienti

№31 Qatlam band qilgan xajmdagi material zarrachalarining yuzasi nima deb ataladi?
solishtirma yuza
diametr
bo'sh xajm
xaqiqiy tezlik

№32 Nasosning so'rish balandligi nimalarga bog'liq?
suyuqlik bosimiga, tezligiga, napor yoqoyilishiga
suyuqlik bosimiga, tezligiga
tezligiga
suyuqlik bosim va vaqtiga

№33 Turli jinsli sistemelarni ajratishda cho'ktirish jarayoni qanday kuchlar ta'sirida boradi?
og'irlik, inertsya, elektrostatik
inertsya
inertsya, elektrostatik
og'irlik

№34 Suyqliklar muvozanat va xarakat qonunlari xamda ularni amaliyotda qo'llash qaysi bo'limda o'rganiladi?
gidravlika asoslari, gidrodinamika va gidrostatika
issiqlik almashinish jarayoni
modda almashinish jarayoni
mexanik jarayon

№35 Truba va kanallar ichidagi suyuqliklarning xarakati gidrodinamikaning qanday masalasi xisoblanadi?
ichki masala, chunki suyuqliklar ichki muxit orasida xarakatlanadi
tashqi masala, chunki suyuqlik tashi muxitga bogliq
asosiy masala
ikkinchi darajali masala

№36 Turli jismlarning yuzasida suyuqlikning xarakati gidrodinamikaning qanday masalasi xisoblanadi?
tashqi masala xisoblanilib, suyuqliklar ochik muxitda xarakatlanadi
ichki masala
asosiy masala
birinchi darajali masala

№37 Vaqt birligida ko'ndalang kesim orqali oqib o'taetgan suyuqlik miqdoriga nima deyiladi?
suyuqlik sarfi: massaviy va xajmiy sarflari
massaviy sarf
xajmiy sarf
suyuqlik zichligi

№38 Issiqlik almashinish jarayonida harorat maydoni deb...
tekshirilayotgan muxitning xamma nuqtalari uchun istalgan biror vaqtdagi harorat qiymatlari majmuiga aytiladi
issiqlik almashinish turiga qarab tanlab olinadigan harorat qiymatlari majmuiga aytiladi
bitta maydonda ja'mi yig'ilgan haroratlarning o'zgarishiga aytiladi
haroratlarning o'rtacha qiymatini ifodalaydigan ko'rsatkichga aytiladi

№39 Izotermik yuza bu...
harorati bir xil nuqtalardan tashkil topgan jismning yuzasi

harorati xar xil nuqtalardan tashkil topgan jismning yuzasi
harorati o'zgarmagandagi jismning yuzasi
haroratga bogliq bo'lmagan o'zgaruvchan jismning yuzasi

№40 Harorat gradientini ko'rsating
izotermik yuzaga normal bo'yicha yo'nalgan harorat xosilasi
izotermik yuzaga ega bo'lgan harorat
yuzaga teskari bo'yicha yo'nalgan harorat xosilasi
vaqt davomida haroratni o'zgarishi

№41 Turg'un issiqlik jarayonida harorat qanday o'zgaradi?
tekis devorning qalinligi bo'ylab harorat to'g'ri chiziq qonuniga binoan o'zgaradi va harorat gradienti o'zgarmas qiymatini saqlaydi
harorat o'zgarmasligi bilan boradigan issiqlik berish jarayoni
tekis devorning yuzasidan tashqi ob'ektga issiqlikni o'tishidir
harorat o'zgarmasligi bilan sodir bo'ladigan turg'un jarayonidir

№42 Issiqlikni nurlanishi qanday to'liq uzunliklari oralig'ida bo'ladi?
0,8 – 40 mkm
1,0 – 8,0 mkm
0,1 – 800 mkm
1 – 400 mkm

№43 Issiqlikni nurlanishga oid taklif qilingan Stefan-Boltsman qonuni nimani ifodalaydi
jismning nur chiqarish qobiliyati va jismdan 1 soat mobaynida belgilangan yuzasidan ajralib chiqayotgan issiqlik miqdori orasidagi bogliqlikni ifodalaydi
vaqt birligi ichida 1 sek vaqt mobaynida o'tgan issiqlik miqdorini ifodalaydi
tanlangan yuzada belgilangna vaqt ichida issiqlikni tarqalishi
energiyaning bir qismi yutiladi, bir qismi qaytariladi va bir qismi o'tib ketadi

№44 Majburiy konvektsiya o'tkazishga qanday omillar ta'sir qiladi?
suyuqlikning fizik xossalari, uning tezligi, kanalning shakli, uning o'lchamlari
suyuqlikning fizik xossalari
suyuqlikning fizik xossalari, uning tezligi
suyuqlikning fizik xossalari, kanalning o'lchamlari

№45 Fure kriteriysi qanday jarayonni xarakterlaydi
noturgun issiqlik almashinish jarayonlarida harorat maydonining o'zgarish tezligi, muxitning o'lchami va fizik kattaliklari o'rtasidagi bogliqliklarni
suyuqlik oqimida konvektsiya va issiqlik o'tkazuvchanlik usullari bilan issiqlik tarqalish nisbatini
suyuqlik qovushqoqligi va harorat o'tkazuvchanligi xossalarining nisbatini
tabiiy konvektsiya jarayonidagi suyuqlik oqimining gidrodinamik rejimini

№46 Issiqlik tashuvchi agentlarning temperaturalar farqi katta bo'lganda, qaysi kojux-trubali issiqlik almashinish qurilmasi qo'llaniladi?
ko'p yolli qo'llaniladi
bir yolli
xarakatchan qalpoqchali
qattiq konstruksiyali

№47 O'xshashlik shartlariga ko'ra o'xshash xodisalar necha guruxga bo'linadi?
geometrik, vaqt, fizik, boshlangich va chegaraviy
geometrik, vaqt
boshlangich va chegaraviy
vaqt va massa

№48 O'xshashlik nazariyasi necha teoremaga asoslanadi?
jarayon davri, kriteriylar, jarayonlarni o'rganish bosqichlari
tajriba davri

kriteriylar va jarayonlarni bosqichlari
kriteriyli tenglamasi

№49 Reynolds kriteriysi bu...
o'xshash oqimlardagi inertsia kuchlarining ishqalanish kuchlariga nisbatini xarakterlaydi
bosimlar farqini dinamik bosimga bo'lgan nisbatini
og'irlik kuchi ta'sirini xarakterlaydi
massani

№50 Eyler kriteriysi bu...
o'xshash oqimlardagi bosimlar farqini dinamik bosimga bo'lgan nisbatini xarakterlaydi
inertsia kuchlarini
molekulyar kuchlar
o'xshash oqimlardagi xarakatning turgunmasligini belgilaydi

№51 Nuselt kriteriysi bu...
o'xshash oqimlardagi devor va suyuqlik chegarasida borayotgan issiqlik o'tkazish jarayonining tezligini ifodalaydi
o'xshash oqimlardagi molekulyar kuchlarining og'irlik kuchiga nisbatini
og'irlik kuchi ta'sirini
jarayonning gidrodinamik sharoitini va muxitning issiqligi

№52 Prandtl kriteriysi bu...
o'xshash sistemalarning o'xshash nuqtalarida suyuqlikning fizik xususiyatlari nisbatining o'zgarmasligini xarakterlaydi
o'xshash oqimlardagi molekulyar kuchlarining ogirlik kuchiga nisbatini belgilaydi
o'xshash oqimlardagi bosimlar farqini dinamik bosimga bo'lgan nisbatini belgilaydi
o'xshash oqimlardagi molekulyar kuchlarining ogirlik kuchiga nisbatini belgilaydi

№53 Frud kriteriysi bu...

o'xshash oqimlardagi inertsia kuchining og'irlik kuchiga nisbati
inertsia kuchlarini belgilaydi
og'irlik kuchini belgilaydi
almashinish jarayonini intensivligini belgilaydi

№54 Nasadkali absorberlarning nasadkalari effektiv ishlashi uchun qanday talablar bajarilishi kerak?
nasadkalar hajm birligida katta yuzaga ega bo'lishligi, mexanik jixatdan mustahkam, gaz suyuqlik bilan yaxshi aralashishi, gaz oqimiga nisbatan kam gidravlik qarshilik ko'rsatishi; sochiluvchan suyuqlikni bir xil tarqatish
katta yuzaga ega bo'lishligi va mehaniq jihatdan mustahkam
gaz suyuqlik bilan yaxshi aralashishi
gaz oqimiga nisbatan kam gidravlik qarshilik ko'rsatish

№55 Tarelkali absorberlar gazlarning tezligi va suyuqlikning tarelkalarda taqsimlanishiga karab necha xil bo'ladi?
pufakchali, ko'pikli, oqimchali
to'g'ri oqimli
membranali
bir tomonlama

№56 Suv bugi yordamida isitishda qanday haroratgacha isitish mumkin?
200 0C gacha
100 0C gacha
50 0C gacha
400 0C gacha

№57 Yuqori haroratli organik suyuqlik yordamida isitishda qanday haroratgacha isitish mumkin?
400 0C gacha
50 0C gacha

100 0C gacha
200 0C gacha

№58 Tutun gazlari yordamida isitishda qanday haroratgacha isitish mumkin?
1000 0C gacha
500 0C gacha
2000 0C gacha
3000 0C gacha

№59 Nima uchun yuqori haroratli organik suyuqlik va ularning bug`lari bilan isitish issiq suv bilan isitishdan samaraliroq xisoblanadi?
yuqori bosim ishlatmasdan yuqori harorat olish mumkin
tabiatan yuqori issik harorat xosil qila oladi
issiqlik berish koeffitsienti katta
sirkulyatsion usulni qo`llash jarayonini tezlashtiradi

№60 Bug` bilan isitishda suv bug`ining kamchiligini ko`rsating
harorat ortishi bilan bosimining proportsional ravishda ortishi
harorat kamayishi bilan bosimining proportsional ravishda ortishi
harorat ortishi bilan bosimining proportsional ravishda kamayishi
harorat kamayishi bilan bosimining proportsional ravishda kamayishi

№61 Bug` bilan isitishda to`yingan bugning afzalligini ko`rsating
ma'lum bir bosimda va bir xil haroratda kondensatsiyalanadi
istalgan bosimda va xar xil haroratda kondensatsiyalanadi
aniq bir bosimda va aniq haroratda kondensatsiyalanadi
turli bosimda va turli xil haroratda kondensatsiyalanadi

№62 Isitishning qaysi turi qulayligi bo`yicha sanoatda keng qo`llaniladi?
to`yingan suv bugi bilan isitish

bug` bilan isitishda
issiq suv bilan isitish
yuqori haroratli organik suyulik bilan isitish

№63 Issiq suv bilan isitishda qanday haroratgacha isitish mumkin?
100 0C gacha
50 0C gacha
200 0C gacha
500 0C gacha

№64 Qanday aralashma azeotrop aralashma deyiladi?
bir xil temperaturada qaynaydigan aralashma
ideal aralashma
o`zaro aralashmaydigan aralashma
real aralashma

№65 Flegma miqdorining distillyat miqdoriga nisbati nima deyiladi?
flegma soni
distillyat soni
rektifikat miqdori
distillyat miqdori

№66 Tarqalish koeffitsientiga ta'rif bering
muvozanat paytidagi fazalar konsentratsiyasining nisbati
konsentratsiyalarning nisbati
haroratini nisbati
bosim o`zgarishi

№67
Modda o`tkazishning asosiy tenglamasiga ta'rifni to`g`ri tanlang

modda almashinish jarayonlarining tezligi xarakatga keltiruvchi kuchga to'g'ri va jarayon diffuzion qarshiligiga teskari proportsional
modda almashinish jarayonlarining tezligi xarakatga keltiruvchi kuchga to'g'ri proportsional
modda almashinish jarayonlarining tezligi jarayon diffuzion qarshiligiga proportsional
modda almashinish tezligi xarakatga keltiruvchi kuchga to'g'ri proportsional

№68 Diffuziya yo'li bilan tarqalgan modda miqdori nimaga teng?
konsentratsiyalar gradienti, diffuzion oqim yo'nalishidagi perpendikulyar ajratuvchi yuza va jarayon davomiyligiga to'g'ri proportsional
konsentratsiyalar farqi, diffuzion oqimning ajratuvchi yuza va jarayon davomiyligiga teskari proportsional
jarayonlarining tezligiga
jarayoning barcha parametrlariga to'g'ri proportsional

№69 Temperatura depressiya bu...
eritma va erituvchilar qaynash haroratlari o'rtasidagi farq
gidravlik qarshiliklar tufayli eritma qaynash haroratining ko'payishi
ikkilamchi bugning separator va quvurlar orqali xarakati davrida ishqalanish va mahalliy qarshiliklarni yengish tufayli vujudga keladigan harorat yo'qolishidir
to'yingan suv bug'i va ikkilamchi bug haroratlari orasidagi farq

№70 Gidravlik depressiya bu...
gidravlik qarshiliklar tufayli eritma qaynash haroratining ko'payishi, ikkilamchi bug'ning separator va quvurlar orqali xarakati davrida ishqalanish va mahalliy qarshiliklarni yengishi tufayli vujudga keladigan harorat yo'qolishidir
eritma va erituvchilar qaynash haroratlari o'rtasidagi farq
gidravlik qarshiliklar tufayli eritma qaynash haroratining ko'payishi
to'yingan suv bug'i va ikkilamchi bug haroratlari orasidagi farq

№71 Qanday sistemalarda boradigan modda almashinish jarayonlaridagi fazalarni ajratuvchi yuza qo'zg'aluvchan bo'ladi
adsorbtsiya, xaydash, ekstraktsiyalash

kristallanish
adsorbtsiya
quritish

№72 Fazalar tarkibini aniqlash ko'rsatkichlarini toping
xajmiy kontsentratsiya, massaviy ulushlar (molyar ulushlar) va solishtirma kontsentratsiya
xajmiy kontsentratsiya
massaviy ulushlar
kontsentratsiya, zichlik

№73 Molekula, atom, ion va kolloid zarrachalarning tartibsiz issiqlik xarakati ta'sirida moddaning tarkalashi nima deb ataladi
molekulyar diffuziya deb ataladi
turbulent diffuziya
modda tarkalish jarayoni
uzatish

№74 Tarelkali absorberlar gazlarning tezligi va suyuqlikning tarelkalarda taksimlanishiga karab necha xil bo'ladi?
pufakchali, kupikli, okimchali
to'g'ri okimli va kupikli
membranali, kupikli, okimchali
parallel

№75 O'xshashlik shartlariga ko'ra o'xshash xodisalar necha guruxga bo'linadi?
geometrik, vaqt, fizik, boshlang'ich va chegaraviy
o'lchamli, vaqt, fizik, kimyoviy, boshlangich va chegaraviy
o'lchamli, vaqt, fizik, kimyoviy
boshlangich va chegaraviy

№76 O`xshashlik nazariyasi necha teorema asoslanadi?
tajriba davri, kriteriylar, jarayonlarni o`rganish bosqichlari
tajriba davriga
kriteriy va jarayon boskichlari
kriterial tenglamalar, jarayonlarni urganish boskichlari, taxlil kilish usullari

№77 Reynolds kriteriysi nima xarakterlaydi
o`xshash okimlardagi inertiya kuchlarining ishqalanish kuchlariga nisbatini xarakterlaydi
bosimlar farqini dinamik bosimga bo`lgan nisbatini xarakterlaydi
ogirlik kuchi ta'sirini xarakterlaydi
bosim

№78 Eyler kriteriysi nima xarakterlaydi
o`xshash okimlardagi bosimlar farqini dinamik bosimga bo`lgan nisbatini xarakterlaydi
inertiya kuchlarining belgilaydi
molekulyar kuchlarining okim xarakatining turgunligiga boglikligini belgilaydi
o`xshash okimlardagi xarakatning turgunmasligini belgilaydi

№79 Nasoslarning asosiy parametrlarini sanang
ish unumdorligi, quvvat, napor
ish unumdorligi, tezligi, bosimlar farqi
vaqt napor, quvvat
quvvat, sigim

№80 Issiqlik elitgichlarning temperaturalari urtasidagi farqi...
issiqlik almashinishning xarakatlantiruvchi kuchi
temperatura dipressiyasi
issiqlik o`tkazuvchanlik
ayirmasi

№81 Temperatura gradienti 0 ga teng bo'lganida nima yuzaga keladi
issiqlik oqimi
elektr oqim
tezlik
quvvat

№82 Konvektiv issiqlik almashinishning asosiy qonuni
Nyutonning sovutish qonuni
Fure isitish qonuni
Kirxgof qonuni
Reynolds qonuni

№83 Konvektiv issiqlik almashinishning asosiy qonuni
Nyutonning sovutish qonuni
Fure isitish qonuni
Kirxgof qonuni
Reynolds qonuni

№84 Oddiy xaydash qanday sharoitda olib boriladi
atmosfera bosimi yoki vakuum ostida olib boriladi
aralashmaga kushimcha komponentlar kiritish yuli
aralashmani tarkibiga inert gaz kiritish yuli bilan
turg'un

№85 Rektifikatsiya jarayoni qanday jarayon
bir jinsli suyuq aralashmalarini komponentlarga tula ajratish
suyuq aralashmalarni buglatish yuli bilan ajratish.
Har hil tarkibli suyuqliklarni ajratish usuli

Suyuq va bug suyuqlik aralashmalarini ajratish
--

№86 Rektifikatsion kolonnalarni kup poganali kurilmalardan qanday afzalligi bor.
ancha tejamli xisoblanadi
o'lchami katta
konsentratsiya chikishi kam
harorat kichik

№87 HidroMexanik jarayonlarida nima o'rganiladi
suyuqlik va gazlarning xarakati urganiladi:
bir komponent ikkinchisiga utishi
moddalarning xosil bo'lishi
qattiq moddalarni maydalash

№88 Issiqlik jarayonlari qanday jarayon xisoblanadi
temperaturalar farqi mavjud bo'lganda bir jismdan ikkinchi jismga issiqlikning utishi
suyuqlik va gazlarning issilik xarakati
qattiq moddalarni maydalash, saralash, uzatish va aralashtirish
bir yoki bir necha komponentlarning bir fazadan ikkinchi fazaga utishi:

№89 Qanday sistemalarda boradigan modda almashinish jarayonlaridagi fazalarni ajratuvchi yuza qo'zg'aluvchan bo'ladi?
adsorbsiya, xaydash, ekstraktsiyalash
kristallanish
adsorbsiya
quritish, xaydash

№90 Fazalarni tarkibini belgilash usulini toping
hajmiy konsentratsiya, massaviy ulushi, solishtirma konsentratsiya
hajmiy konsentratsiya

massaviy ulushi
konsentratsiya, zichlik

№91 Molekula, atom, ion va kolloid zarrachalarning tartibsiz issiqlik xarakati ta'sirida moddaning tarqalishi nima deb ataladi?
molekulyar diffuziya deb ataladi
turbulent oqim
modda uzatish
suyuqlikni tarqalishi

№92 Molekulyar diffuziya qanday qonun bilan ifodalanadi?
Fikning birinchi qonuni bo'lib bunda molekulalar xaotik xarakatlanishiga asoslangan
Nave-Stoks differentsial tenglamasi
Eyler differentsial tenglamasi
Fure qonuni

№93 Fazalarni ajratuvchi yuzadan moddani suyuq yoki gazsimon fazaning markaziga berilishi qanday jarayon hisoblanadi?
*konvektiv diffuziya jarayoni
molekulyar diffuziya
turbulent diffuziya
rotasion

№94 Kimyo-farmatsevtika sanoatida o'rganiladigan asosiy jarayonlar necha guruxga bo'linadi?
gidromexanik, issiqlik, massa almashinish, mexanik, kimyoviy va biokimyoviy
gidromexanik, massa almashinish
gidromexanik, issiqlik, massa almashinish
gidromexanik, mexanik, massa almashinish

№95 Gidromexanik jarayonlarida nima o'rganiladi?
suyuqlik va gazlarning harakati, gidravlika, gidrostatika, gidrodinamika qonuniyatlari, suyuqlik harakatini parametrlarini aniqlash
turli komponentlarning bir fazadan ikkinchi fazaga o'tishi
moddalar asosida yangi birikmalarning hosil bo'lishi
temperaturalarni bir jismdan ikkinchi jismga o'tishi

№96 Issiqlik almashinish jarayonni ko'rsating:
temperaturalar farqi mavjud bo'lganda bir jismdan ikkinchi jismga issiqlikning o'tishi
suyuqlik va gazlarning xarakati
qattiq moddalarni maydalash, saralash, aralashtirish
moddalar asosida yangi birikmalarning xosil bo'lishi

№97 Modda almashinuv jarayonlari qanday jarayon xisoblanadi?
bir eki bir necha komponentlarni bir fazadan fazalarni ajratuvchi yuza orkali ikkinchi fazaga o'tishi
suyuqlik va gazlarning xarakati
moddalarning o'zaro ta'siri natijasida yangi birikmalarning xosil bo'lishi
qattiq moddalarni maydalash, aralashtirish

№98 Ideal suyuqlik deb qanday suyuqlikka aytiladi?
bosim va tempratura ta'sirida o'z xajmini o'zgartirmaydigan, siqilmaydigan o'zgarmas zichlika ega bo'lgan va ichki ishqalanish bo'lmagan suyuqlikka aytiladi
bosim va tempratura ta'sirida o'z xajmini o'zgartirmaydigan, suyuqlikga aytiladi
o'zgarmas zichlika ega bo'lgan va ichki ishqalanishi yuqori bo'lgan suyuqlik
real suyuqlikka

№99 Tinch xolatdagi turgan jismning biror kichik yuzasiga ta'sir qiladigan bosim qanday bosim deyiladi?
gidrostatik bosim

gidravik bosim
gidromexanik bosim
statik bosim

№100 Reynolds rejimini aniqlashda qanday suyuqliklardan foydalanadi?
2 ta suyuqlik va biri rangli bo'lishi kerak
bir birida aralashgan 2 suyuqlik
spirtli eritma
bir birida erimaydigan eritma

№101 Reynolds kriteriysining xalkaro birliklar sistemasidagi son qiymati nechaga teng?
o'lchamsiz kattalik bo'lib 1 ga teng
55
2320
2300-10000

№102 D.P.Konavalovning birinchi qonuni qaysi bandda to'g'ri ko'rsatilgan?
eritma bilan muvozanatda bo'lgan bug doim uzida shunday komponentni ortiqcha ushlaydi, bunda eritmaga shu komponentdan quyilganda uning qaynash temperaturasi pasayadi
aralashmaning bug bosimi va bug fazalarining tarkiblari bir xil bo'lib qoladi
maksimum yoki minimumga ega bo'lgan eritmalar uchun suyuq fazaning tarkibi bilan bir xil bo'ladi
bosim egri chizigi maximum bo'ladi

№103 Nasoslarning asosiy parametrlarini sanang
ish unumdorligi, quvvat, napor
ish unumdorligi
vaqt napor, quvvat
quvvat, sig'im

№104 Sanoat ishlab chiqarishlarida ishlatiladigan aralashtirgichlar necha asosiy turga bo'linadi?
parrakli, turbinali, propellerli
parrakli, trubinali
turbinali
plunjerli, turbinali

№105 Xar xil temperaturaga ega bo'lgan jismlarda issiqlik energiyasining biridan ikkinchisiga o'tishi
issiqlik almashinish jarayoni xisoblanadi
energiyaning koeffitsienti
issiqlik o'tkazish
issiqlik o'tkazuvchanlik

№106 Issiqlik eltgichlarning temperaturalari o'rtasidagi farqi
issiqlik almashinishning xarakatlantiruvchi kuchi
temperatura dipressiyasi
issiqlik o'tkazuvchanlik
konveksiya

№107 Qanday sistemalarda boradigan modda almashinish jarayonlaridagi fazalarni ajratuvchi yuza qo'zgalmas bo'ladi?
ekstraktsiyalash, adsorbtsiya, quritish, kristallanish
absorbtsiya, xaydash
quritish, kristallanish, absorbtsiya
xaydash, adsorbtsiya, absorbtsiya

№108 Issiqlik energiyasining elektromagnit to'lqinlar yordamida tarqalishi issiqlikning...
kuchlanishi
issiqlikning nurlanishi

konvektsiya
konduktsiya

№109 Bir xil temperaturaga ega bo'lgan nuqtalarning geometrik o'rni
temperatura gradientiga bog'liq bo'lgan izotermik yuza
izoxorik yuza
izobarik yuza
adiabatik yuza

№110 Temperatura maydoni qachon turgun bo'ladi
temperatura vaqt davomida o'zgarmasa
temperatura o'zgarsa
temperaturalar farqi tenglashsa
turgun bo'lmaydi

№111 Temperatura gradienti 0 ga teng bo'lganida nima yuzaga keladi
issiqlik oqimi
elektr oqim
tezlik
quvvat

№112 Temperatura maydoni noturgunligi deb nimaga aytiladi
temperatura vaqt davomida o'zgarsa
temperatura o'zgarmasa
vaqt o'zgarsa
temperaturalar tenglashsa

№113 Qaisi qonun konvektiv issiqlik almashinishni ifodalaydi
Nyutonning sovutish qonuni

Fure qonuni
Kirxgof qonuni
Reynolds qonuni

№114 Flegma miqdorining distillyat miqdoriga nisbati nima deyiladi?
flegma soni
distillyat soni
rektifikat miqdori
distillyat miqdori

№115 Massa almashinish jarayonida muvozanat xolatini aniqlashda fazalar qoidasini ko'rsating
$\Phi-K=2-C$
$\Phi-C=K-2$
$\Phi-C=K+2$
$\Phi-C=K-3$

№116 Molekulyar diffuziya koeffitsienti nimaga bog'liq?
jarayon gidrodinamikasiga bog'liq emas, tarqaluvchi modda va muxitning issiqlik diffuzion xossalriga, harorat va bosimga bogliq
jarayon gidrodinamikasiga bogliq
harorat va bosimga bogliq
modda almashinish tabiatiga, tezligiga

№117 Molekulyar diffuziya koeffitsientining miqdori qaysi xolatlarda ortadi?
harorat ortishi va bosim kamayishi bilan
Konsentratsiyaga bo'g'liq
harorat kamayishi
xajm ortishi bilan

№118 Fazalarni ajratib turuvchi yuzadan biror faza yadrosiga yoki teskari yo`nalishda modda berish yo`li bilan o`tgan miqdori fazalar kontsentratsiyasi farqiga va jarayon davomiyligiga to`g`ri proporsional – bu qanday qonun?
modda berishning asosiy qonuni, Shukarev tomonidan aniqlangan
Fik tomonidan aniqlangan
Nyuton tomonidan aniqlangan
Gey Lyussak tomonidan aniqlangan

№119 Kirxgof qonuniga binoan bir-biriga parallel joylashgan kul rang va absolyut qora jismlarni xatoratlari tenglashsa
issiqlik muvozanat xolati yuzaga keladi va issiqlik miqdori 0 ga teng bo`ladi
issiqlik muvozanat xolati yuzaga keladi
issiqlik muvozanat xolati yuzaga keladi
nur chiqarish koeffitsienti 1 dan katta bo`ladi,

№120 Pekle kriteriysi qanday jarayonni xarakterlaydi
suyuqlik oqimida konvektsiya va issiqlik o`tkazuvchanlik usullari bilan issiqlik tarqalish nisbatini
noturgun issiqlik almashinish jarayonlarida harorat maydonining o`zgarish tezligi
suyuqlik qovushqoqligi va harorat o`tkazuvchanligi xossalarining nisbatini
tabiiy konvektsiya jarayonidagi suyuqlik oqimining gidrodinamik rejimini

№121 Prandtl kriteriysi qanday jarayonni xarakterlaydi
suyuqlik qovushqoqligi va harorat o`tkazuvchanligi xossalarining nisbatini
noturgun issiqlik almashinish jarayonlarida harorat maydonining o`zgarish tezligi, muxitning o`lchami va fizik kattaliklari o`rtasidagi bogliqliklarni
suyuqlik oqimida konvektsiya va issiqlik o`tkazuvchanlik usullari bilan issiqlik tarqalish nisbatini
tabiiy konvektsiya jarayonidagi suyuqlik oqimining gidrodinamik rejimini

№122 O`ta qizdirilgan bug`ning solishtirma entalpiyasini xisoblashda quyidagilar zarur
o`ta qizdirilgan va kondensatning solishtirma issiqlik sig`imi, o`ta qizdirilgan bug harorati,

bugning to'yinish harorati, bugning kondensatsiyalanish issiqligi
uta kizdirilgan va kondensatning solishtirma issiqlik sigimi, uta kizdirilgan bug harorati
uta kizdirilgan va kondensatning solishtirma issiqlik sigimi, uta kizdirilgan bug harorati, bugning tuyinish harorati
uta kizdirilgan va kondensatning solishtirma issiqlik sigimi

№123 Kondensatorning issiqlik o'tkazish yuzasi nechta zona uchun xisoblash olib boriladi
o'ta kizdirilgan bugni sovitish zonasining yuzasi, kondensatsiyalanish zonasining yuzasi, kondensatni sovitish zonasi
o'ta kizdirilgan bugni sovitish zonasining yuzasi
o'ta kizdirilgan bugni sovitish zonasining yuzasi, kondensatsiyalanish zonasining yuzasi
o'ta kizdirilgan bug'ni sovitish zonasining yuzasi, kondensatsiyalanish zonasining yuzasi, kondensatni sovitish zonasi, kondensatni isitish zonasi

№124 Qobiq trubali issiqlik almashinish qurilmalarida ko'ndalang to'siq qo'llaniladi. Bosim yo'qolishi kamaytirish maqsadida qanday to'siqlar qo'llaniladi?
ikki tomonlama va uch tomonlama joylashtirilgan segment to'siqlar
birinchi qopqoqda 2 ta va ikkinchisida esa 2 ta tomonlama joylashtirilgan to'siqlar
uch tomonlama va to'rt tomonlama joylashtirilgan segment to'siqlar
to'rt tomonlama va besh tomonlama joylashtirilgan segment tusiklar

№125 Qobiq trubali issiqlik almashinish apparatining afzalliklarini ko'rsating:
ixcham, metall sarfi kam, tozalash oson, issiqlik eltkichni tezligi oshirish oson, ta'mirlash oson, boshqarish qulay
metall sarfi kam, tozalash oson, payvandlash oson, issiqlik eltkichni tezligi oshirish oson
ixcham, metall sarfi kam, tozalash oson, issiqlik eltkichni tezligi oshirish oson
ixcham, metall sarfi kam, tozalash oson, payvandlash oson

№126 Issiqlik almashinish apparatlarida qaysi muxit truba ichiga va qaysi birini trubalararo bo'shliqqa yo'naltirish muammosi mavjud. Bunday xolda truba ichiga qanday muxit tanlab yuboriladi?
issiqlik berish koeffitsienti kichik bo'lgan muxit, kimyoviy faol, korrozion muxitlar, atrof

muxitga issiqlikni yo`qolishini oldini olish, bosimi yuqori bo`lgan muxitni
kimyoviy faol, korrozion muxitlar, atrof muxitga issiqlikni yo`qolishini oldini olish, bosimi yuqori bo`lgan muxitni
korrozion muxitlar, atrof muxitga issiqlikni yj`kolishini oldini olish, bosimi yuqori bo`lgan muxitni
atrof muxitga issiqlikni yo`qolishini oldini olish, bosimi yuqori bo`lgan muxitni

№127 Molekulyar diffuziya qanday qonun bilan ifodalanadi
Fikning birinchi qonuni bo`lib bunda molekulalar xaotik xarakatlanishiga asoslangan
Navye-Stoks differentsial tenglamasi
Eyler differentsial tenglamasi
Fure tenglamasi

№128 Fazalarni ajratuvchi uzadan moddani suyuq yoki gazsimon fazaning markaziga berilishi qanday jarayon xisoblanadi
konvektiv diffuziya
molekulyar diffuziya
turbulent diffuziya
absorbtsiya

№129 Modda berish koeffitsienti nimalarga bogliq
fazaning fizik xossalariga, muxitning gidrodinamik rejimlariga, modda almashinish apparatining konstruktiv tuzilishiga, modda almashinish apparatining o`lchamlariga
fazaning fizik xossalariga, muxitning gidrodinamik rejimlariga, modda almashinish apparatining konstruktiv tuzilishiga, modda almashinish apparatining o`lchamlariga
modda almashinish apparatining konstruktiv tuzilishiga
modda almashinish apparatining o`lchamlariga

№130 Absorbtsiya jarayoni necha xil bo`ladi?
2 xil
3 xil

4 xil
5 xil

№131 Agar absorbttsiya jarayonida ifloslangan gaz qo`llanilsa qanday qurilma ishlatiladi
to'liq purkagichli absorber
absorbtsion apparatlar
adsorberlar
rotorli absorber

№132 Nuselt kriteriysi nimani ifodalaydi
o'xshash okimlardagi devor va suyuqlik chegarasida borayotgan issiqlik o'tkazish jarayonining tezligini ifodalaydi
o'xshash okimlardagi molekulyar kuchlarining ogirlik kuchiga nisbatini
ogirlik kuchi ta'sirini
jarayonning gidrodinamik sharoitini va muxitning issiqlik xossasini

№133 Ajratish usullarini tanlashda nimalarga e'tibor berish lozim?
suyuq eki qattiq zarrachalarning o'lchamiga, fazalarning agregat xolatiga, zichliklar farqiga, muxitning kovushqoqligiga
suyuq eki qattiq zarrachalarning o'lchamiga, zichliklar farqiga, muxitning kovushqoqligiga
turli jinsli sistemani tashkil etuvchi fazalarning agregat xolatiga
fazalar urtasidagi zichliklar farqiga, muxitning kovushqoqligiga

№134 Suyuqliklar muvozanat va xarakat qonunlari xamda ularni amaliyotda qullash qaysi bulimda urganiladi:
gidravlika asoslari, gidrodinamika va gidrostatika
issiqlik almashinish jaraeni
mexanik jaraen
massa almashinish jaraeni

№135 Xajmiy sarf miqdorining truba kundalang kesimiga nisbati nima deyadi?
o'rtacha tezlik
massaviy sarf
vaqt
kinematik qovushqoqlik

№136 Dispersion yoki tashki faza nima?
dispers faza zarrachalarini urab olgan faza
tashqaridagi faza
zarrachalari tuplami
zarrachalari juda maydalangan faza

№137 Ajratish usullarini tanlashda nimalarga e'tibor berish lozim?
suyuq eki qattiq zarrachalarning o'lchamiga, fazalarning agregat xolatiga, zichliklar farqiga, muxitning kovushqoqligiga
suyuq eki qattiq zarrachalarning o'lchamiga, zichliklar farqiga, muxitning kovushqoqligiga
turli jinsli sistemani tashkil etuvchi fazalarning agregat xolatiga
fazalar urtasidagi zichliklar farqiga, muxitning kovushqoqligiga

№138 Cho'ktirish bu...
ogirlik kuchi, inergiya kuchlari eki elektrostatik kuchlar erdamida suyuq va gazsimon turli jinsli sistemalar tarkibidagi qattiq eki suyuq zarrachalarni ajratish
markazdan kochma kuch ta'sirida sistema tarkibidagi gaz fazani ajratish
ogirlik kuchi, inergiya kuchlari eki elektrostatik kuchlar erdamida suyuq va gazsimon turli jinsli sistemalar tarkibidagi qattiq eki suyuq zarrachalarni ajratish
sistema tarkibidagi kerak bulmagan ortikcha moddani Mexanik va kimeviy usulda parchalab tashlash

№139 Issiqlik tashuvchi agentlarning temperaturalar farqi katta bo'lganda, qaysi kojux-trubali issiqlik almashinish kurilmasi kullaniladi?
ko'p yulli

bir yulli
xarakatchan qalpoqchali
sirkulyatsion konstruktsiyali

№140 Qanday aralashma azeotrop aralashma deyiladi?
bir xil temperaturada qaynaydigan aralashma
ideal aralashma
o'zaro aralashmaydigan aralashma
real aralashma

№141 Xajm birligidagi suyuqlikning ogirligi nima deb ataladi
solishtirma ogirlik
xajmiy ogirlik
massaviy ogirlik
massa

№142 O'rtacha tezlik deb nimaga aytiladi
suyuqlik xajmiy sarfining truba ko'ndalang kesim yuzasi nisbatiga aytiladi
vaqt birligida ko'ndalang kesim orkali okib o'tayotgan suyuqlik miqdori
oqim ko'ndalang kesimining turli nuqtalarda suyuqlikning tezligi
suyuqlik massaviy sarfining nisbati

№143 Qattiq va pastasimon materiallar tarkibidan namlikni buglatish va xosil bulayotgan buglarni chetga olib chikishga nima deyiladi.
quritish jarayoni
bug'latish
kristallanish
filtrlash

№144 Suvsizlantirish necha xil usulda amalga oshiriladi
--

fizikaviy-ximiyaviy, mexanik, issiqlik
fizikaviy, ximiyaviy, issiqlik
mexanik, kimyoviy
issiqlik, mexanik

№145 Eng samarali suvsizlantirish usulini aniqlang
issiqlik bilan
siqish bilan
mexanik usul
fizikaviy

№146 Modda almashinishda konvektiv diffuziya necha xil bo'ladi?
ushbu xolat uchun bir xil bo'ladi
3 xil
4 xil
2 xil

№147 Modda berish koeffitsenti nimalarga bog'liq?
fazaning fizik xossalriga, muhitning gidrodinamik rejimlariga, modda almashinish apparatining konstruktiv tuzilishiga, modda almashinish apparatining o'lchamlariga
muxitning gidrodinamik rejimlariga
modda almashinish apparatining konstruktiv tuzilishiga
modda almashinish apparatining o'lchamlariga

№148 Moddaning bir fazadan ikkinchi fazaga ajratuvchi yuza orqali o'tish jarayonini ko'rsating
modda o'tkazish jarayoni
absorbsiya jarayoni
ajratish jarayoni
adsorbsiya jarayoni

№149 Absorbsiya jarayonida yutilayotgan gaz va yutuvchi suyuqlik nomlanishini ko'rsating
utilayotgan gaz-absorbktiv; yutuvchi suyuqlik-absorbent
yutilayotgan gaz-adsorbent; suyuqlik- absorbktiv
suyuqlik-absorbent; gaz-adsorbktiv
gaz-absorbktiv; suyuqlik-adsorbent

№150 Absorbsiya jarayoni necha xil bo'ladi?
davriy va uzluksiz
bir va ikki tomonli
ko'p bosqichli
5 xil

№151 Kimyoviy jarayonlar qanday jarayon xisoblanadi:
moddalarning o'zaro ta'siri natijasida yangi birikmalarning xosil bulishi
qattiq moddalarni maydalash, saralash, uzatish
issiqlikni o'tkazish
suyuqlik va gazlarning xarakati

№152 Mexanik jarayon bu:
qattiq moddalarni maydalash, ezish, yanchish, saralash, uzatish va aralashtirish
turli komponentlarni bir fazadan ikkinchi fazaga o'tishi
jismga issiqlikni o'tishi
suyuqlik va gazlarning xarakati

№153 O'rtacha tezlik deb nimaga aytiladi?
suyuqlik xajmiy sarfining truba ko'ndalang kesim yuzasi nisbatiga aytiladi
xajmiy sarfni truba ko'ndalang kesim yuzasi ko'paytmasiga
vaqt birligida oqib o'tayotgan suyuqlik miqdori

oqim tezligi

№154 Turbulent rejim qanday xarakat rejimi xisoblanadi?
suyuqlik zarrachalarini bir-biri bilan aralashib, tartibsiz to'liqsimon xarakati
suyuqlikning tartibli xarakati
suv zarrachalarining o'zgaruvchan xarakati
to'g'ri oqimli xarakat

№155 Reynolds kriteriyrisi nimani aniqlaydi?
Oqim xarakatidagi qovushoqlik va inertsia kuchlarining o'zaro nisbatini
oqim xarakatidagi zichlikni
oqim xarakatidagi qovushoqlikni
oqim xarakatidagi tezlikni

№156 Reaktorlarda qanday jarayon asosiy xisoblanadi?
fizik-kimyoviy jarayonlar asosiy xisoblanadi
kimyoviy
gidromexanik
fizik-kimyoviy jarayonlar asosiy xisoblanadi

№157 Reaktorlarda yordamchi jarayon qaysi biri ko'rsating?
issiqlik almashinishi, temperaturalarning farqi tufayli issiqlik o'tkazish
kimyoviy
fizikaviy
gidromexanik

№158 Suyuqlik asosan ishqalanish kuchi ta'sirida xarakatga keladigan nasoslarni ayting
uyurmaviy va oqimli
diafragmali

plastinali
mononasos

№159 Absorbtsiya jarayonini aniqlang
gaz bug yoki suyuqlik aralashmalaridan bir eki bir necha komponentlarning govaksimon qattiq moddaga yutilishi
gaz aralashmasidan biror moddaning suyuq fazaga o'tish
yutilgan komponentlarning suyuqlikdan ajralib chiqishi
suyuqlikda erigan moddani boshqa suyuqlik yordamida ajratib olish

№160 Qaysi jarayonlar membranali?
quruq ekstraktlarni, meva, sabzavot sharbatlarini va boshqa eritmalarini quyultirish, yarim o'tkazuvchi membranalar yordamida uglevodorodlarni, yuqori va quyi molekulali birikmalar aralashmalarini ajratish, tabiiy gazdan geliy va vodorodni, xavodan kislorodni ajratib olish
sut maxsulotlarini, meva, sabzavot sharbatlarini va boshqa eritmalarini quyultirish
yarim o'tkazuvchi membranalar yordamida uglevodorodlarni yuqori va quyi molekulali birikmalar aralashmalarini ajratish
tabiiy gazdan geliy va vodorodni, xavodan kislorodni ajratib olish

№161 Qanday sistemalarda boradigan modda almashinish jarayonlaridagi fazalarni ajratuvchi yuza qo'zgaluvchan bo'ladi
adsorbtsiya, xaydash, ekstraksiyalash
kristallanish, xaydash
adsorbtsiya, xaydash
quritish, kristallanish

№162 Reynol'ds kriteriysi asosida qanday kattaliklarni aniqlash mumkin:
tezlik, diametr, zichlik, qovushoqlik
tezlik
tezlik, diametr, zichlik
qovushoqlik, zichlik

№163 Massa almashinish jarayonida fazoviy muvozanat xolatini ko'rsating
bir fazaning ma'lum qiymatiga boshqa fazaning aniq bir qiymatli muvozanat konsentratsiyasi to'g'ri keladi
muvozanat paytida termodinamik parametrlar o'zgaradi
bosim, harorat va konsentratsiya kabi parametrlar o'zgaradi
bosim, harorat va konsentratsiya kabi parametrlar o'zgarmaydi

№164 Grasgof kriteriysi qanday jarayonni xarakterlaydi
tabiiy konvektsiya jarayonidagi suyuqlik oqimining gidrodinamik rejimini
suyuqlik oqimida konvektsiya va issiqlik o'tkazuvchanlik usullari bilan issiqlik tarqalish nisbatini
suyuqlik qovushqoqligi va harorat o'tkazuvchanligi xossalariining nisbatini
noturg'un issiqlik almashinish jarayonlarida harorat maydonining o'zgarish tezligi, muxitning o'lchami va fizik kattaliklari o'rtasidagi bog'likliklarni

№165 Issiqlik almashinish qurilmasi loyixalanayotganda xisoblashning asosiy maqsadi...
qurilmaning issiqlik almashinish yuzasi, yuklamasi, moddiy balans va gabarit o'lchamlarini aniqlashdir
qurilmaning issiqlik yuklamasi, issiqlik almashinish yuzasi va gabarit o'lchamlarini aniqlashdir
qurilmaning issiqlik almashinish gabarit o'lchamlarini aniqlashdir
qurilmaning issiqlik yuklamasi, qo'shimcha jarayon olib borish imkoniyati

№166 Issiqlik almashinish jarayonini intensivlash uchun turbulizatorlarning shakli qanday bo'lishi kerak?
to'g'ri turt burchak
uch burchak
o'tkir qirrali
asta sekin ortib va kamayuvchi

№167 Buglatish jarayonida bosim va konsentratsiya ortishi bilan temperatura depressiya

qanday o'zgaradi?
ortadi
o'zgarmaydi
kamayadi
avval kamayadi keyin ortadi

№168 Eritmalar nazariyasini to'g'ri tanlang
bir xil haroratda toza erituvchi ustidagi bug'larning bosimi eritma ustiga bug'larning bosimidan xar doim ko'p bo'ladi
turli xil haroratda toza erituvchi ustidagi bug'larning bosimi eritma ustiga buglarning bosimidan xar doim ko'p bo'ladi
bir xil haroratda bug'larning bosimi xar doim kam bo'ladi
turli haroratda toza erituvchi ustidagi bug' bosimi kam bo'ladi

№169 Hidrostatik depressiya bu...
to'yingan suv bugi va ikkilamchi bug' haroratlari orasidagi farq
eritma va erituvchilar qaynash haroratlari o'rtasidagi farq
gidravlik qarshiliklarning ko'payishi
ikkilamchi bug'ning separator va quvurlar orqali xarakati davrida ishqalanish va mahalliy qarshiliklarni yengishi tufayli vujudga keladigan harorat yo'qolishidir

№170 Absorberlar necha guruxga bo'linadi?
2ta
3ta
5ta
4ta

№171 Yaxshi eriydigan gazlarning suyuqlik xajmida yutilishi qaysi absorber turida amalga oshiriladi
sirtiy absorber

nasadkali adsorber
tarelkali adsorber
plenkali adsorber

№172 Plenkali absorberlarni qanday turlari mavjud
trubali, listli-nasadkali, ko`tariladigan suyuqlik plenkali
sirtiy, trubali absorberlar
sirtiy, listli, nasadkali, trubali
nasadkali, sirtiy, suyuqlik plenkali

№173 Trubali absorberlar qaysi apparat tuzilishigi o`xshash
kobik trubali issiqlik almashinish apparatiga
lentali quritgichlarga
buglatish apparatlariga
kop yulli apparatiga

№174 Nasadkali absorberlarning nasadkalari samarali ishlashi uchun qanday talablar bajarilishi kerak
nasadkalar xajm birligida katta yuzaga ega bulishligi, Mexanik jixatdan mustaxkam, sochilib beriluvchi suyuqlik bilan yaxshi aralashishi
nasadkalar xajm birligida katta yuzaga ega bulishligi, Mexanik jixatdan mustaxkam
sochilib beriluvchi suyuqlik bilan yaxshi aralashishi, arzon bulishi lozim
gaz oqimiga nisbatan kam gidravlik karshilik ko`rsatishi; sochiluvchan suyuqlikni bir xil tarkatish

№175 D.P.Konavalovning birinchi qonuni qaysi bandda to`gri ko`rsatilgan?
eritma bilan muvozanatda bo`lgan bug doim o`zida shunday komponentni ortiqcha ushlaydi, bunda eritmaga shu komponentdan quyilganda uning qaynash temperaturasi pasayadi
bosim egri chizigi maksimum yoki minimumga ega bo`lgan eritmalar uchun suyuq fazaning tarkibi bilan bir xil bo`ladi
aralashmaning bug bosimi va bug fazalarining tarkiblari bir xil bulib koladi

eritma bilan muvozanatda bo'lgan bug doim uzida shunday komponentni ortikcha ushlaydi, bunda eritmaga shu komponentdan quyilganda uning qaynash temperaturasi pasayadi

№176 Sanoatda suyuqliklarni sikilgan gaz erdamida uzatish uchun qanday apparatlar ishlatiladi

gazliftlar va montejoylar

gazliftlar

gazo-nasoslar

transporterlar

№177 Suyuqlik asosan ishqalanish kuchi ta'sirida xarakatga keladigan nasoslarni ayting

uyurmaviy

diafragmali

plastinali

mononasos

№178 Nasosning vakt birligi ichida uzatib beradigan suyuqlik miqdori nima deyiladi?

ish unumdorligi

solishtirma energiya

Napor

ishning tezligi

№179 Nasosning massa birligiga ega bo'lgan suyuqlikka bergan solishtirma energiyasi bu

Napori

quvvati

ish unumdorligi

foydali ish koeffitsienti

№180 Katlam band kilgan xajmdagi material zarrachalarining yuzasi nima deb ataladi?

solishtirma yuza

ekvivalent diametr
bush xajm
mavxum tezlik

№181 Kompessorli sovitish moslamasida kondensatsiyalanish jaraeni qanday bosimda olib boriladi?
doimiy bosimda
bosimni ortishi bilan
bosimni kamaytirish
barchasi to'g'ri

№182 Nam materialga issiqlik infrakizil nurlar orkali uzatilsa:
radiatsion quritish
kontaktli
konvektiv
sublimatsiya

№183 Fazalarni ajratuvchi yuzadan moddani suyuq yoki gazsimon fazaning markaziga berilishi qanday jarayon xisoblanadi
konvektiv diffuziya jarayoni
molekulyar diffuziya
absorbtsiya jarayoni
stailing

№184 Nam material bilan kurutuvchi (agent) eltgich (kizdirilayotgan yoki tutun gazlari) bevosita uzaro ta'sirda bulishi
konvektiv quritish
kontaktli quritish
radiatsion quritish
sublimatsiya quritish

№185 Issiqlik tashuvchi agent va nam material orasida ajratuvchi devor bulsa bunda quritish
kontaktli quritish
radiatsion
konvektiv
sublimatsiya

№186 Nam materialga issiqlik infrakizil nurlar orkali uzatilsa:
radiatsion quritish
kontaktli
konvektiv
sublimatsiya

№187 Nam material yukori chastotali tok maydonida uzatilsa
dielektirik quritish
kontaktli quritish
radiatsion quritish
konvektiv quritish

№188 Absorbsiya jarayonini aniqlang
gaz aralashmasidan biror moddaning suyuq fazaga o'tish
suyuqlikni yutilishi
moddani ajratib olish
komponentlarni turli fazaga o'tishi

№189 Absorbsiya jarayonini olib borishda ifloslangan gazlar bilan ishlaydigan apparatlar nima deb ataladi?
to'liq sohib beruvchi absorber
absorbsion tutkich
adsorberlar

adsorbtsion apparatlar

№190 Absorberlar necha guruxga bo'linadi?
plenkali, nasadkali, barbotajli, purkab sochuvchi
plenkali, nasadkali
barbotajli
absorberlar 3 ta guruxga bo'linadi

№191 Yaxshi eriydigan gazlarni suyuqlik hajmida yutilishi jarayonini qaysi absorberda o'tkazish mumkin?
sirtiy yoki yuzali absorber
nasadkali absorber
tarelkali adsorber
plyonkali adsorber

№192 Plyonkali absorberlarni qanday turlari mavjud?
trubali, listli-nasadkali, ko'tariladigan suyuqlik-plyonkali
sirtiy, trubali absorberlar
sirtiy, listli, nasadkali, trubali
nasadkali, sirtiy

№193 Trubali absorberlar qaysi apparat tuzilishigi o'xshash?
qobiq trubali issiqlik almashinish apparati
lentali quritgichlarga
plenkali bug'latish apparatlariga
trubali issiqlik apparatiga

№194 Truba yoki kanal ichida xarakat qilayotgan oqim ko'ndalang kesim yuzasining perimetriga nisbati nima deb ataladi?
gidravlik radius

diametr
radius
yuza

№195 Xajmiy sarf miqdorining truba ko'ndalang kesimiga nisbati nima deyiladi?
o'rtacha tezlik
sarf
vaqt
tezlik

№196 Truba eki boshqa shakldagi kanalda suyuqlik necha xil rejimda xarakat qiladi?
laminar va turbulent
bir xil
laminar
bir tomonlama

№197 Oqimlarning xarakat tezligini birinchi bo'lib qaysi olim aniqlagan?
Reynolds nomli olim
Eyler
Bernulli
Prandtl

№198 Kichik tezlikda suyuqlik zarrachalari bir-biriga aralashmasdan, tartibli xarakati nima deb ataladi?
laminar rejim, suyuqlikning parallel tekis oqimi
turbulent rejim
tekis xarakat
betartib

№199 Butun suyuqlik xajmining tashqi kuchlari ta'siri natijasida ro'y beradigan issiqlik

almashinishga nima deb ataladi
majburiy konvektsiya
konvektsiya
konduktsiya
bug'latish

№200 Issiqlik almashinish qurilmasi loyixalanayotganda xisoblashning asosiy maqsadi...
qurilmaning issiqlik almashinish yuzasi, yuklamasi, moddiy balans va gabarit o'lchamlarini aniqlashdir
qurilmaning issiqlik yuklamasi, issiqlik almashinish yuzasi va gabarit o'lchamlarini aniqlashdir
qurilmaning issiqlik almashinish gabarit o'lchamlarini aniqlashdir
qurilmaning issiqlik yuklamasi, qo'shimcha jarayon olib borish imkoniyati

Mundarija			Sahifa
		KIRISH	4
Bob	1	GIDRAVLIK A ASOSLAR	8
Bob	2	SUYUQLIKLARNI UZATISH	44
Bob	3	TURLI JINSLI SISTEMALARNI AJRATISH. MAVHUM QAYNASH QATLAMI GIDRODINAMIKASI. ARALASHTIRISH	63
Bob	4	ISSIQLIK ALMASHINISH	91
Bob	5	DAVRIY ISHLOVCHI ISSIQLIK ALMASHINISH APPARATLARINING ISSIQLIK HISOBI	135
Ilova jadvallar			167
Glossariy			203
Test savollari			205
Mundarija			249

Yusupova N.F., To'xtaev F.X.

FARMATSEVTIK INJINIRING

O'quv qo'llanma

Muharrir: M. Muminkulova

Musahhih: A. Muxtarova

Texnik muharrir: S. Ashirova

Sahifalovchi: A. Muxtarova

«IJOD – PRINT» MCHJ nashriyoti.
Litsenziya AI №003.20.07.2018da berildi.

Bosishga 10.04.2021-yilda ruxsat etildi.
Qog'oz bichimi 60x84 1/16.bosma tobog'i 15,3.
"Times New roman" garniturasida. Offset usulida
bosildi. Adadi 30 nusxa.

Guvohnoma № 10-4273
Toshkent Farmatsevtika institutining
tahririy nashriyot bo'limi bosmaxonasida chop
etildi. 100015, Toshkent shahar, Oybek ko'chasi, 45