

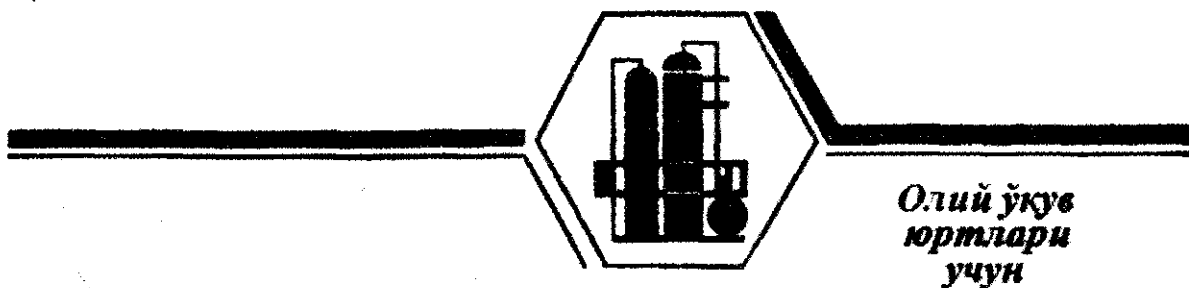


*Олий ўқув
юртлари
учун*

KIMYOVIIY TEXNOLOGIYA ASOSIY JARAYON VA QURILMALARI

35.73 4a-73
K-42

3252



Олий ўқув
юртлари
учун

Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalari

O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta
Maxsus ta'lim vazirligi tomonidan oliy
o'quv yurtlari uchun o'quv qo'llanma sifatida
tavsiya etilgan

prof.NurmuhamedovH.S. tahririyati ostida

Toshkent – 2023

UO'K 66.0(075.8)

KBK 35.73

K 42

Alimbaev S.A., Isomiddinov A.S., Karimov K.F., Mavlanov E.T., Matchonov Sh.K., Nig'madjonov S.K., Nurmuhamedov H.S., Nishanova S.X., Samadiy M.A., Sultonov J.V., Safarov J.E., Sipatdinov N.A., Usmanov B.S., Xakimova G.N., Xudoyberdiyeva N.Sh. Nurmuhamedov S.H. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalari. – Toshkent: Ilmiy-texnika axboroti - press nashriyoti, 2023. – 236 bet.

ISBN 978-9943-8437-6-9

Ushbu o'quv qo'llanmada kimyoviy texnologiyaning jarayonlari, ularning qisqa nazariyasi va laboratoriya qurilmalar sxemalari, hamda tajriba ma'lumotlarini hisoblash ketma-ketligi bayon etilgan.

Mazkur o'quv qo'llanma 5111000 - «Kasb ta'limi», 5310100 - «Energetika»; 5310900 - «Metrologiya, standartlashtirish va mahsulot sifati menejmenti»; 5311000 - «Texnologik jarayon va ishlab chiqarishni avtomatlashtirish va boshqarish»; 5314500 - «Yog'ochni qayta ishlash sanoati mashina va jixozlari»; 5314700 - «Oziq- ovqat sanoati mashina jixozlari»; 5314900- «Sovitish, kriogen texnikasi va mo'tadillash tizimlari mashina va agregatlari», 5320300 - «Texnologik mashina va jihozlar»; 5320400 - «Kimyoviy texnologiya»; 5320500 - «Biotexnologiya»; 5321000-«Oziq-ovqat texnologiyasi»; 5321300 - «Neft va neft-gazni qayta ishlash texnologiyasi»; 5321400 - «Neft-gaz-kimyosanoati texnologiyasi»; 5321800 - «Rezinotexnik mahsulotlar ishlab chiqarish texnologiyasi»; 5322200 - «Gazni ichuqur qayta ishlash texnologiyasi»; 5322300 - «Plastmassani qayta ishlash texnologiyasi»; 5322400 - «Yog'lar, efir moylari va parfyumeriya-kosmetika mahsulotlari texnologiyasi»; 5322500 - «Bijg'ish mahsulotlari va alkogolsiz ichimliklar texnologiyasi»; 5322600 - «Vinochilik texnologiyasi»; 5322700 - «Konservalash texnologiyasi»; 5322800 - «Funksional ovqatlanish va bolalar mahsulotlari texnologiyasi»; 5610100 - «Xizmatlarsohasi», 5630100 - «Ekologiya va atrof-muhit muhofazasi»; 5640200 - «Mehnat muhofazasi va texnika havfsizligi», hamda boshqa kimyo, neft-gaz va oziq-ovqat texnologiya va qurilmalari yo'nalishlari va mutaxassisliklarida ta'lim oluvchi bakalavr va magistrantlarga, ushbu sanoatlar texnolog va injener-texnik xodimlari, doktorantlariga muxandislik sohasida bilim va ko'nikmalar beruvchi kitob sifatida tavsiya etiladi.

Kitobda 54 ta jadval, 52 ta rasm va 72 ta adabiyotlar keltirilgan.

Ushbu o'quv qo'llanma O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligining 2021 yil 23 noyabrdagi 500-sonli buyrug'iga asosan nashr etishga ruxsat berilgan.

UO'K 66.0(075.8)

KBK 35.73

Taqrizchilar:

- Farg'ona politexnika universiteti, texnika fanlari doktori, professor **R.J.Tojiyev** ;
- Urganch davlat universiteti, texnika fanlari doktori, professor **Z.K.Babayev**

ISBN 978-9943-8437-6-9



© "Nurmuhamedov H.S." - 2023

MUNDARIJA

	Kirish.....	7
1 - ish	Suyuqlikning oqish rejimini aniqlash	13
2 - ish	Suyuqlik xarakter qilayotgan trubalarning mahalliy va Ishqalanish qarshiliklarini aniqlash	20
3 - ish	Suyuqliklarning tezligi va sarfini Pito-Prandtl naychasi bilan o'lchash	28
4 - ish	Suyuqlikning oqib chiqishi	35
5 - ish	Markazdan qochma nasoslarning xarakteristikasi	40
6 - ish	Mavxum qaynash qatlamining gidrodinamikasi	47
7 - ish	Filtrlash doimiysini aniqlash	55
8 - ish	“Truba ichida truba” tipidagi issiqlik almashinish qurilmasining issiqlik berish koeffitsientini aniqlash	63
9 - ish	“Truba ichida truba” tipidagi issiqlik almashinish qurilmasining issiqlik o'tkazish koeffitsientini aniqlash	73
10 - ish	Eritmalarning temperatura depressiyasini aniqlash.....	80
11 - ish	Xarakatchan nasadkali kolonnalarda moddaberish va modda o'tkazish koeffitsientlar miqdorini aniqlash.....	87
12 - ish	Nasadkali kolonnalar gidrodinamikasi	103
13 - ish	Quritish qurilmasida quritish jarayonini tasvirlash	114
14 - ish	Quritish jarayonining kinetikasi	122
15 - ish	Aktivlangan ko'mir xalqasimon va yarim sfera qatlamli Adsorber gidrodinamikasi.....	129
16 - ish	Markazdan qochma ventilyatorning xarakteristikalarini aniqlash.	137
17 - ish	Zarrachalarning uchib chiqish tezligini aniqlash.....	144
18 - ish	Qatlamdagi qattik zarrachalarning dispersligini aniqlash	151
19 - ish	Erkin konveksiya jarayonida xavoning issiqlik berish koeffitsientini aniqlash.....	161
	ILOVALAR.....	167
	Suyuqlik, gaz va qattiq materiallarning fizik-mexanik va issiqlik xossalari	168
10 - jadval	Laboratoriya ishi xisoboti blankasi.....	169
11 - jadval	O'lchov birliklar orasidagi nisbatlar.....	171
12 - jadval	O'nli va ulushli birliklar tashkil etish uchun old qo'shimcha va ko'paytmalar.....	172
13 - jadval	Grek alfabosi	173
14 - jadval	Suyuqlik va suvli eritmalar zichliklarining temperaturaga bog'liqligi.....	174
15 - jadval	Ayrim suyuqliklar zichliklari	175
16 - jadval	Suvning fizik xossalari	175

I7- jadval	Havoning fizik xossalari.....	175
I8- jadval	Ayrim organik suyuqliklarning fizik xossalari	176
I9- jadval	40°C da ayrim suvli eritmalar zichligi	177
I10- jadval	Normal sharoitda ayrim gaz va bug'larning fizik-kimyoviy xossalari	178
I11- jadval	Ayrim gazlarning fizik xossalari.....	180
I12- jadval	Metall va uning qotishmalarining zichligi ρ va issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti λ	180
I13- jadval	Ayrim qattiq materiallar zichligi	181
I14- jadval	Turli texnik materiallarning fizik xossalari.....	183
I15- jadval	Suyuqlik va suvli eritmalar dinamik qovushqoqlik koeffitsiyentining temperaturaga bog'liqligi.....	186
I16- jadval	Turli temperaturalarda gaz va bug'larning qovushqoqlik koeffitsiyentlari	187
I17 - jadval	Truba ichki yuzasining nisbiy g'adir-budurlik qiymatlari.....	187
I18- jadval	Truba devori absolyut g'adir-budurligi Δ ning o'rtacha qiymatlari..	187
I19- jadval	Suyuqlik va suvli eritmalar sirtiy tarangligining temperaturaga bog'liqligi.....	188
I20- jadval	Mahalliy qarshiliklar koeffitsiyentlari.....	189
I21 -jadval	Kolonna va qurilma moslamalarining mahalliy qarshilik koeffitsiyentlari	192
I22-jadval	Ishqalanish koeffitsiyenti λ ning suyuqlik harakat rejimi vadevor g'adir-budurligiga bog'liqligi.....	192
I23-jadval	Tinch holatdagi muhitda yakka zarrachaning cho'kishida Re va Ly kriteriyalarining Ar kriteriysiga bog'liqligi.....	193
I24-jadval	Ly kriteriysining Ar kriteriysi va donador qatlam g'ovakliligi ε ga bog'liqligi.....	194
I25- jadval	Suyuqlik va suvli eritmalar issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyentlari	195
I26- jadval	$P_{abs}=1$ da gazlarning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyentlari.....	195
I27- jadval	Issiqlik eltkichlarning tavsiya etiladigan tezliklari.....	196
I28- jadval	20°C da suyuqliklarning xajmiy kengayish β koeffitsiyenti.....	196
I29- jadval	Suyuqlik va suvli eritmalar hajmiy kengayish koeffitsiyenti β ning temperaturaga bog'liqligi.....	196
I30- jadval	Konstruksion materiallar issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyentlari	197
I31- jadval	Suyuqlik va suvli eritmalarining issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyentlari	197
I32-jadval	Gaz va bug'larning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyentlari	199
I33- jadval	Devor yuzasi iflosliklarining issiqlik o'tkazuvchanligining o'rtacha qiymatlari $1/r_{zagr}$	200
I34- jadval	Ayrim suyuqliklarning o'rtacha solishtirma issiqlik sig'implari.....	200
I35- jadval	Issiqlik berish koeffitsiyenti α ning taxminiy qiymatlari.....	200

I36- jadval	To'yingan suv bug'i xossalaring temperaturaga bog'liqligi.....	201
I37- jadval	Ayrim suyuqliklarning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyentlari...	202
I38- jadval	Suyuqliklarning issiqlik sig'irlarini aniqlash nomogrammasi.....	203
I39- jadval	Suyuqliklar uchun Pr kriteriysining qiymatlari.....	204
I40- jadval	Atmosfera bosimida qaynaydigan ayrim suvli eritmalar konsentratsiyalari.....	205
I41- jadval	Temperaturalar -20 dan +100°C gacha o'zgargandato'yingan suv bug'ining bosimi.....	205
I42- jadval	Atmosfera va past bosimlarda ayrim organik birikmalarning qaynash temperaturasi, °C.....	206
I43- jadval	Yuqori bosimda ayrim organik birikmalarning qaynash temperaturasi	206
I44- jadval	Po'latlar uchun ruxsat etilgan kuchlanishlar	207
I45- jadval	Ayrim moddalar diffuziya koeffitsiyentlari, m ² /s.....	208
I46- jadval	Atmosfera bosimida binar aralashmalar uchun turli temperatura $t, ^\circ\text{C}$ va muvozanat holatidasuyuqlik $x, \% \text{ mol.}$ va bug'da $y, \% \text{ mol.}$ past temperatura qaynaydigan komponent miqdori.....	210
I47- jadval	Atmosfera bosimida «suv-sirka kislota» aralashmasining qaynash temperaturasi, suyuqlik va bug'ning muvozanat tarkiblari.....	212
I48- jadval	Atmosfera bosimida «metanol-suv» aralashmasining qaynash temperaturasi, suyuqlik va bug'ning muvozanat tarkiblari.....	212
I49- jadval	Atmosfera bosimida «etanol-suv» aralashmasining qaynash temperaturasi, suyuqlik va bug'ning muvozanat tarkiblari.....	212
I50- jadval	Atmosfera bosimida «propanol - butanol» aralashmasining qaynash temperaturasi, suyuqlik va bug'ning muvozanat tarkiblari	213
I51- jadval	Atmosfera bosimida «xloroform - benzol» aralashmasining qaynash temperaturasi, suyuqlik va bug'ning muvozanat tarkiblari	213
I52- jadval	$P_{abs}=1$ da ayrim binar sistemalar uchun suyuqlik va bug'ning muvozanat tarkiblari.....	214
I53- jadval	Nasadka xarakteristikallari.....	215
I54- jadval	Suvli eritmalar bilan muvozanatda bo'lgan gazlar uchun Genri konstantasi, $E \cdot 10^6$, mm.sim. ust.	216
I55- jadval	To'yinish chizig'ida suvning xossalari.....	217
I56- jadval	Qalpoqchali tarelka texnik xarakteristikallari.....	219
I57- jadval	Elaksimontarelka texnik xarakteristikallari.....	220
I58- jadval	Klapanli tarelka texnik xarakteristikallari.....	221
I59- jadval	Suyuqlik va suvli eritmalar dinamik qovushqoqligining temperaturaga bog'liqlik nomogrammasi.....	222
I60- jadval	Atmosfera bosimida gazlar dinamik qovushqoqligining temperaturaga bog'liqlik nomogrammasi.....	223
I61- jadval	To'yingan bug' bosimi p va suyuqlikning qaynash temperaturasi t ni aniqlash nomogrammasi.....	224

I62-jadval	Atmosfera bosimida erigan moddalar massaviy ulushining suvli eritmalar qaynash temperaturasining ortishiga ta'siri.....	225
I63-jadval	Yuqori temperaturalar sohasida nam havo uchun $I - x$ diagramma	226
I64-jadval	Barabanli quritkichda materiallarni quritish bo'yicha tajriba ma'lumotlari	227
I65- jadval	Yoqilg'ilarning yonish issiqligi.	227
I66- jadval	Quritish barabanida gazning ishchi tezligini tanlashga oid.	228
I67- jadval	Barabanli quritkichlar asosiy xarakteristikalari.	228
I68- jadval	Mavhum qaynash qatlamida ayrim materiallarni quritish bo'yicha tajriba ma'lumotlari	228
I69- jadval	25°C temperaturada elektrolitlar suvli eritmalarining fizik-kimyoviy xossalari	229
	ADABIYOTLAR.....	232

KIRISH

Kimyo sanoatida har xil jarayonlar sodir bo'лади. Bunda boshlang'ich materiallarda chuqur kimyoviy aylanishlar ro'y berib, uning agregat holati, ichki tuzilishi va moddalar tarkibi tub o'zgarishlari bilan kechadi.

Vatanimiz iqtisodiyoti uchun malakali mutaxassislar tayyorlashda «Kimyoviy texnologiya jarayon va qurilmalari» fanining o'rni alohida.

Bu fan talabalarga umummuxandislik fani bo'lib, mutaxassislik fanlarini chuqur o'zlashtirishga, jarayon va qurilmalarning samaradorligini oshirish va texnologik qurilmalardan unumli foydalanish mumkinligini o'rgatadi.

Kimyoviy reaksiyalar kimyo texnologiya jarayonlarining asosiy tarkibiy qismi bo'lib, o'z ichiga massa almashinish jarayonlarini ham qamrab olgan. Yuqorida qayd etilgan jarayonlarga: gaz va suyuqlik aralashmalarini absorbsiya, adsorbsiya, rektifikatsiya va ekstraksiyalash, nam materiallarni quritish va to'yingan eritmalarni kristallash kabilar kiradi. Istalgan jarayonni olib borish uchun usul va qurilmani to'g'ri tanlash ishlab chiqarishning samaradorligi va rentabelligini belgilaydi.

Ushbu kitobda massa almashinish qurilmalarini texnologik, gidravlik, mexanik va konstruktiv hisoblashlarni bajarishning ketma-ketligi keltirilgan. Unda absorber, adsorber, quritkich, rektifikatsion kolonna, ekstraktor va kristallizatorlar konstruksiyalari, hamda elementlari (dnishche, obechayka, flanets, tayanch va boshqalari) ning mukammal hisoblash usullari keltirilgan.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining «Oliy ta'lim muassasalarida ta'lim sifatini oshirish va ularning mamlakatda amalga oshirilayotgan keng qamrovli islohotlarda faol ishtirokini ta'minlash bo'yicha qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida» 2018 yil 5 iyundagi PQ-3775-sonli va O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining «Oliy ta'lim muassasalarini o'quv adabiyotlari bilan ta'minlash to'g'risida» 2018 yil 10 oktabrdagi 816-sonli qarorlarida ilg'or jahon tajribalari asosida yangi avlod darslik, o'quv qo'llanmalari yaratilishi, hamda davriy nashrlar bilan tizimli ta'minlash ta'kidlangan va ushbu qarorlar juda katta ahamiyatga ega.

Oxirgi yillarda kimyo, neft va gazni qayta ishlash hamda boshqa sanoatlarda tub o'zgarishlar ro'y berib, yangi texnologiyalar amalga o'lanib, jadal sur'atlar bilan rivojlanmoqda. Bunday o'zgarishlar gazlarni qayta ishlash texnologiyasi, jarayon va qurilmalar ahamiyatini yuqori darajaga ko'tarilishiga sababchi bo'ldi.

Iqtisodiyotning muhim bo'lgan: avtomobilsozlik, aviatsiya, asbobsozlik, mashinasozlik, elektronika, qurilish, zamonaviy xo'jalik anjomlari va boshqa sohalaridagi texnik yuksalishning asosi -- zamonaviy texnologiya, samarador qurilma va mashinalardir.

Tavsiya etilayotgan darslik fanning tasdiqlangan dasturiga binoan tuzilgan bo'lib, talabalarning fizika, kimyo, matematika, termodinamika, chizma geometriya, materiallar qarshiligi, mexanizm va mashinalar nazariyasi, texnik chizmachilik, mashinalar detallari, issiqlik va sovitish texnikasi va boshqa fanlardan olgan bilimlarini hisobga olgan.

Mustaqillik davrida Vatanimizda bir necha yirik korxonalar: SHO'rtan gaz-kimyo majmuasi, Qo'ng'iro't soda zavodi, Dehqonobod kaliyli o'g'itlar zavodlari ishga tushirildi va uzluksiz ravishda mahsulot chiqarib kelmoqda. Undan tashqari, mamlakatimizning Qoraqalpog'iston hududida dunyodagi eng yirik loyihalardan biri amalga oshirildi, ya'ni «Ustyurt gaz-kimyo majmuasi» 2016 yili ekspluatatsiyaga tushirildi va yiliga 383 ming tonna polietilen va 87 ming tonna polipropilen ishlab chiqarmoqda. O'tgan yillarda Buxoro viloyatida Qandim gazni qayta ishlash majmuasi ishga tushirildi. Qashqadaryo viloyatida metandan suyuq yoqilg'i olish korxonasi jadal sur'atlar bilan barpo etilmoqda.

O'zbekistonda neft va gaz sanoatlarning rivojlanishi shubhasiz ularni to'liq qayta ishlashga asoslangan. Ma'lumki, organik sintez uchun tabiiy gaz asosiy xom-ashyodir, hamda issiqlik va energiya manbaidir. Hozirgi kunda polimerlar, plastmassalar, sintetik kauchuklar, spirtlar, motor yoqilg'ilarining ayrim komponentlari, crituvchi, sintetik tola, turli smolalar va boshqa moddalar gazlardan, uglevodorodlardan olinmoqda.

Neft-gaz va kimyo sanoatida tub o'zgarishlar ro'y berib, yangi texnologiyalar amalda qo'llanib, rivojlanish jadal sur'atlarda bormoqda va mamlakatimiz iqtisodiyotining o'sish ko'rsatkichlarini yuqori bo'lishini ta'minlamoqda.

Har bir jarayonni o'rganishda uning mexanizmiga alohida e'tibor berish lozim.

Tavsiya etilayotgan darslik fanning tasdiqlangan dasturiga binoan tuzilgan bo'lib, talabalarning fizika, kimyo, matematika, termodinamika, issiqlik va sovitish texnikasi, kimyoviy texnologiya jarayon va qurilmalari hamda boshqa fanlardan olgan bilimlarini hisobga olgan.

"Kimyoviy texnologiya jarayon va qurilmalari" fanidan laboratoriya ishlarini bajarish talabalarda ushbu fan bo'yicha zarur ko'nikmalar va chuqur bilimlar hosil bo'lishiga poydevor vazifasini o'taydi.

Ushbu o'quv qo'llanma zamonaviy texnika va uning rivojlanish istiqbollarini inobatga olgan holda malakali mutaxassislarni sifatli tayyorlash jarayonini uzluksiz ravishda mukammallashtirishga xizmat qiladi.

Kitobning kirish qismida fanning mazmuni, kelib chiqishi va jarayonlar klassifikatsiyalari berilgan.

1-7,16,17 - laboratoriya ishlari gidromexanik, ya'ni suyuqlik harakat rejimlari, tezligi, sarfi, filtrlash va nasoslarning asosiy parametrlarini aniqlash va jarayonlarni o'rganishga bag'ishlangan.

8-10 - laboratoriya ishlari issiqlik almashinish jarayonlari, chunonchi issiqlik berish, o'tkazish va bug'latish jarayonlari bo'yicha tajribaviy yo'l bilan olingan ma'lumotlarni qayta ishlash va umumlashtirishni o'rgatadi.

Massa almashinishga bag'ishlangan ishlarda massa berish va o'tkazish koeffitsiyentlarini aniqlash, absorbsiya, adsorbsiya va quritish jarayonlari 11-15 laboratoriya ishlarida keltirilgan.

Ilovalarda hamma jarayonlarga oid bo'lgan gaz, bug', suyuqlik va qattiq materiallarning fizik-mexanik va diffuzion-issiqlik xossalari, hamda adabiyotlar ro'yxati keltirilgan.

Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalar fanining nazariyasi, hisoblash empirik tenglamalari, qurilmalar konstruksiyalari va detallari to'g'risidagi to'liq ma'lumotlar quyidagi darsliklar va o'quv qo'llanmalarda batafsil keltirilgan:

1. Yusupbekov N.R., Nurmuhamedov H.S. va boshqalar. Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarning jarayonlari va qurilmalari fanidan hisoblar va misollar. – T.: Nisim, 1999. –351 b;

2. Yusupbekov N.R., Nurmuhamedov H.S., Zokirov S.G'. va boshqalar. Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarining asosiy jarayon va qurilmalarini hisoblash va loyihalash. – T.: Jahon, 2000. – 266 b.

3. Yusupbekov N.R., Nurmuhamedov H.S., Zokirov S.G'. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalar. – T.: Fan va texnologiyalar, 2003.-644 b.

4. Nurmuhamedov H.S., Abdullayev A.SH., Nig'madjonov S.K. va boshqalar. Neft va kimyo sanoati mashina va qurilmalarini hisoblash va loyihalash. – T.: Fan va texnologiyalar, 2008. – 351 b.

5. Nurmuhamedov H.S., Zokirov S.G'. , Babayev Z.K. va boshqalar. Gidravlika, gidromashina va gidroyuritmalar.–T.: Fan va texnologiyalar, 2012.–302 b.

6. Nurmuhamedov H.S., Zokirov S.G'. , Abdullayev A.SH., Nig'madjonov S.K. va boshqalar. Neft va kimyo mashinasozligi texnologiyasi. – T.: Fan va texnologiyalar, 2013. –218 b.

7. Nurmuhamedov H.S., Babayev Z.K., Matchonov SH.K., Karimov K.F., Abdullayeva S.SH. va boshqalar. Neft-gaz va kimyo sanoati qurilmalarini ta'mirlash va montaj. – T.: Fan va texnologiyalar, 2014. –236 b.

8. Yusupbekov N.R., Nurmuhamedov H.S., Zokirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalari. – T.: Fan va texnologiyalar, 2015.–848 b.

9. Nurmuxamedov X.S., Temirov O.SH., Turobjonov S.M. va boshqalar. Gazlarni kayta ishlash texnologiyasi, jarayon va kurilmalari. – T.: Fan va texnologiyalar, 2016. – 856 b.

10. Nurmuhamedov H.S., Annayev N.A., Babayev Z.K., Matchonov SH.K. va boshqalar. Issiqlik almashinish qurilmalarini hisoblash va loyihalash. - T.: Bilik, 2018. - 316 b.

11. Nurmuhamedov H.S., Ravichev L.V., Abdullayev A.SH., Tojiyev R.J. va boshqalar. Hidro- va mexanik qurilmalarni hisoblash va loyihalash. – T.: ILMIIY-TEXNIKA AXBOROTI-PRESS NASHRIYOTI, 2021. - 354 bet.

12. Nurmuhamedov H.S., Levdanskiy A.E., Mavlonov E.T., Usmonov B.S. va boshqalar. Massa almashinish qurilmalarini hisoblash va loyihalash. – T.: ILMIIY-TEXNIKA AXBOROTI-PRESS NASHRIYOTI, 2021. - 473 bet.

Ushbu o'quv qo'llanma ToshkTI va uning Yangiyer filiali, NavDKI, UrDU, FarPI va ToshDTU professor-o'qituvchilarining ko'p yillik camarali ishlash tajribasiga tayanib yozilgan. Kitobning kirish kismi va 1-ish Alimbayev S.A., 7-ish Samadiy M.A., 15,18-ishlar Nurmuxamedov X.S., 2-ish Nigmatjanov S.K., 3,4-ishlar Mavlanov E.T., 5-ish Xakimova G.N., 6-ish Usmonov B.S., 8,9-ishlar Sultonov J.V., 10-ish Sipatdinov N.A., 19-ish Isomiddinov A.S., 11,12-ishlar Xudoyberdiyeva N.SH., 13-ish Nishanova S.X., 14-ish Matchonov SH.K., 16-ish Karimov K.F., 17-ish Safarov J.E. va kitobning yakunidagi ilovadagi har bir ishga tegishli jadvallari mualliflar tomonidan yozilgan.

Darslikning sifatini yaxshilash uchun qaratilgan taklif va tanqidiy fikr-mulohazalar tashakkurlik bilan qabul qilinadi.

Qo'lyozmaning taqrizchilari: Farg'ona politexnika instituti professori R.J.Tojiyev va Urganch davlat universiteti professori Z.K.Babayevlarga katta minnatdorchilik bildiramiz.

Niyatimizni ro'yobga chiqishiga Vatanimizning olimlari, ilmiy xodimlari va talabalari bevosita yoki bilvosita yordam berishgan. Chunonchi:

– qo'lyozmani terish va undagi rasmlarni chizish, hamda kitobni bir necha marotaba qaytadan kompyuterda chiqargan iqtidorli magistr B.I.Raximovga o'z minnatdorchiligimizni bildiramiz.

Bizning manzilimiz: 100011, Toshkent, Navoiy ko'chasi, 32 uy. ToshkTI, NMTF, «Kimyoviy texnologiya jarayon va qurilmalari» kafedrası.

1. «Jarayon va qurilmalar» fanining mazmuni va mohiyati

«Jarayon va qurilmalar» bakalavrlarni tayyorlashda umummuxandislik fani bo'lib, «Kimyoviy texnologiya», «Texnologik mashina va jihozlar» va kupgina boshqa ta'lim yo'nalishlaridagi maxsus fanlarni o'rganishga o'tishda eng muhim vazifani bajaruvchi fandir.

Hozirgi kun fanining aniqlovchi va tavsiflovchi belgilaridan biri bu sanoat va texnikaning fan bilan uzviy bog'liqligining chuqurlashishi va kengayishidir. Dunyoning ko'pchilik taniqli olimlari fan va uning amaliyotda qo'llanishi bir butun va uzviy bog'liq ekanligini ta'kidlashgan.

«Jarayonlar va qurilmalar» fani haqidagi zamonaviy ta'lim kimyo, fizika, matematika, mexanika, issiqlik va sovuqlik texnikasi, elektrotexnika, kimyoviy kibernetika, materialshunoslik, sanoat jisodiyoti va boshqa sohalar fundamental fanlarining asosiy qonunlariga tayanadi. Lekin, jarayonlar va qurilmalar to'g'risidagi ta'lim fan sifatida aniq, alohida kurs bo'lib, o'zining tajriba, hisoblash uslublari, hamda nazariy qonuniyatlari bilan ajralib turadi.

Kimyo, oziq-ovqat, neft va neft mahsulotlarini qayta ishlash, farmasevtika va xalq xo'jaligi sanoatlarining boshqa tarmoqlari uchun umumiy bo'lgan jarayonlar va qurilmalar **asosiy jarayonlar va qurilmalar** deb ataladi.

Istalgan kimyoviy yoki boshqa texnologik jarayon, uning turli uslublarda o'tkazilishidan qat'iy nazar, o'zaro bir-biriga bog'liq tipik texnologik bosqichlar majmuasidan iborat.

«Jarayon va qurilmalar» kursida asosiy jarayonlarning nazariyasi, ushbu jarayonlarni amalga oshiradigan mashina va qurilmalarning tuzilish prinsiplari va ularni hisoblash uslublari o'rganiladi.

Ma'lumki, kimyo, oziq-ovqat va boshqa sanoat texnologiyalari murakkab va ko'pincha bir necha jarayonlardan tashkil topgan bo'ladi.

Ushbu darslikda asosiy jarayonlar asoslari keltirilgan bo'lib, ularni o'rganish uchun bir xil kinetik qonuniyatlar qo'llanilgan.

Zamonaviy sanoat ishlab chiqarish jarayonlarini loyihalashda «Jarayon va qurilmalar» fanining ahamiyati katta. Bu fan asosida turli xil jarayonlarning hisoblash va tahlil qilish, ularning optimal parametrlarini aniqlash, zarur qurilmalarni hisoblash va loyihalash mumkin. Undan tashqari, ushbu kursda laboratoriya sharoitidagi ilmiy izlanish va tajribalar qilingan jarayon va qurilmalardan sanoat jarayon va qurilmalariga **masshtab** usulida o'tish qonuniyatlari ham o'rganiladi. Bu qonuniyatlarni bilish, ko'p tonnalik sanoat jarayon va qurilmalarini loyihalashga yordam beradi va zarur.

Laboratoriya sharoiti va kichik sistemalarda olingan tajribaviy natijalardan sanoat va katta kimyoviy texnologik sistemalarda foydalanish qonuniyatlari **modellash** deb yuritiladi.

Modellash «jarayon va qurilmalar» fanining muhim vazifalaridan biri va ajralmas qismi deb hisoblanadi va yuqorida qayd etilgan ta'lim yo'nalishlaridagi bakalavrlar keng muxandislik dunyoqarashga ega mutaxassislar bo'lishi kerak.

Undan tashqari, ular jarayonlarni texnologik qurilmalar bilan jihozlashning ilmiy prinsiplarini tushunishi, qurilmalarni texnik-iqtisodiy xarakteristikalarini tahlil qilish, baholash va eng optimal qurilmani tanlash, jarayonlar samaradorligini va tejamkorligini oshirish omillarini aniqlash, energiya sarfini va mahsulot tannarxini kamaytirish yo'llarini bilishlari kerak.

Undan tashqari, bakalavrlar sanoat samaradorligini oshirish uchun ilmiy tadqiqot usullarini mukammal bilishlari zarur.

2. Asosiy texnologik jarayonlar klassifikatsiyasi

Jarayon va qurilmalar fanining rivojlanishi texnologik jarayonlarning ilmiy asoslangan klassifikatsiyasi va tushunchalar sistemasini yaratish imkonini berdi. Shuning uchun sanoat texnologiyasi, jarayonlari, texnologik qurilma va mashina kabi asosiy tushunchalarni ko'rib chiqamiz.

Sanoat jarayoni – ma'lum natijaga erishish uchun amalga oshiriladigan ketma-ket harakatlarning majmuasi va yig'indisi.

Texnologiya – bu xom-ashyodan avvaldan belgilangan xossalarga ega mahsulot olish maqsadida o'tkaziladigan bir qator usullardir. Texnologiyaning fan sifatidagi maqsadi eng samarador va tejamkor texnologik jarayonlarni aniqlash va amaliyotda qo'llash uchun fizik, kimyoviy, mexanik va boshqa qonuniyatlarini o'rganishdir.

Texnologik qurilma – texnologik jarayonlarni o'tkazish uchun mo'ljallangan **qurilma**, **uskuna** yoki **moslama** yoki **jihoz**.

Mashina – energiya yoki materialni o'zgartirish uchun mexanik harakat qiladigan **uskuna** yoki **moslama**.

Gazlarni qayta ishlash texnologiyalarining turli xildagi asosiy jarayonlarning kechish qonuniyatlariga qarab asosan 6 guruhga ajratsa bo'ladi: 1) **gidromexanik** jarayonlar; 2) **issiqlik almashinish** jarayonlar; 3) **massa almashinish** jarayonlar; 4) **mexanik** jarayonlar; 5) **kimyoviy** jarayonlar; 6) **sovitish** jarayonlar [1-4].

Gidromexanik jarayonlar – bu shunday jarayonlarki, ularning tezligi mexanika va gidrodinamika qonunlari bilan belgilanadi.

Ularga truba va qurilmalarda gaz va suyuqliklarni uzatish, suyuqliklarni aralashtirish, emulsiya va suspenziyalarni cho'ktirish, filtrlash, sentrifugalash kabi usullarida ajratish, teskari osmos va ultra-filtrlash, donador, sochiluvchan materiallarni mavhum qaynashi kabi jarayonlar kiradi.

Har bir sanoatda qaysi jarayon bo'lishidan qat'i nazar, uning tezligini oshirishga harakat qilinadi, chunki jarayon tezligini ko'payishi qurilmaning ish unumdorligini o'sishiga olib keladi.

Gidromexanik, issiqlik va massa almashinish, hamda kimyoviy jarayonlarning kinetik qonuniyatlari quyidagi umumiy qonun ko'rinishida ifodalanishi mumkin:

jarayonning tezligi harakatlantiruvchi kuchga to'g'ri va qarshilikka teskari proporsional

Agar qarshilikka teskari kattalikni tezlik koeffitsiyenti deb belgilasak, gidromexanik jarayonlar uchun kinetik tenglama ushbu ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\frac{dV}{F d\tau} = \frac{\Delta P}{R_1} = K_1 \cdot \Delta P$$

bu yerda, V – oqib o'tadigan suyuqlik miqdori; F – ko'ndalang kesim yuzasi; τ – vaqt; K_1 – jarayon tezlik koeffitsiyenti; ΔP – jarayonni harakatga keltiruvchi kuch (bosimlar farqi); R_1 – gidravlik qarshilik.

Issiqlik almashinish jarayonlari – bu shunday jarayonlarki, ularda, temperaturasi yuqori jism (yoki muhit) dan temperaturasi past jismga issiqlik o'tadi. Ularga isitish, pasterizasiya, sterilizasiya, sovitish, bug'latish, kondensasiyalash va boshqalar kiradi. Issiqlik almashinish jarayonlarining tezligi issiqlik o'tkazish qonunlari bilan aniqlanadi va quyidagi kinetik tenglama orqali ifodalanadi:

$$\frac{dQ}{F d\tau} = \frac{\Delta t}{R_2} = K_2 \cdot \Delta t$$

bu yerda, Q – o'tkazilgan issiqlik miqdori; F – issiqlik almashinish yuzasi; K_2 – issiqlik o'tkazish koeffitsiyenti; R_2 – termik qarshilik; Δt – o'rtacha temperaturalar farqi.

Massa almashinish yoki diffuzion jarayonlar – bu shunday jarayonlarki, bunda konsentrasiyasi yuqori fazadan konsentrasiyasi past fazaga turli agregat holatlarda massa o'tadi. Bu jarayonlarga absorbsiya va desorbsiya, haydash va rektifikasiya, adsorbsiya, ekstraksiyalash, erish, kristallanish, namlash, quritish, ion almashinish va boshqalar kiradi.

Massa almashinish jarayonlarning tezligi massa o'tkazish qonunlari bilan aniqlanadi va quyidagi kinetik tenglama orqali topiladi:

$$\frac{dM}{F \cdot d\tau} = \frac{\Delta C}{R_3} = K_3 \cdot \Delta C$$

bu yerda, M – o'tkazilgan massa miqdori; ΔC – jarayonni harakatga keltiruvchi kuch, o'rtacha konsentrasiyalar farqi; K_3 – massa o'tkazish koeffitsiyenti; R_3 – diffuzion qarshilik.

Mexanik jarayonlar – bu shunday jarayonlarki, ularda qattiq jismlarning faqat mexanik o'zaro ta'sirida o'tadi. Ularga qattiq, sochiluvchan materiallarni maydalash, klassifikasiyalash (sinflash), presslash, granullash va boshqalar kiradi.

Kimyoviy jarayonlar – bu shunday jarayonlarki, ularda moddalarning kimyoviy tarkibi va xossalari o'zgarishi bilan xarakterlanadi. Ushbu jarayonning tezligi kimyoviy kinetika qonunlari bilan aniqlanadi va quyidagi tenglama yordamida ifodalanadi:

$$\frac{dM}{V d\tau} = K_4 \cdot f(c)$$

bu yerda, M – kimyoviy jarayon paytida o'tgan massa miqdori; V – reaktor (qurilma) hajmi; K_4 – kimyoviy jarayon tezligi koeffitsiyenti; $f(c)$ – jarayonni harakatga keltiruvchi kuch bo'lib, reaksiyada ishtirok etuvchi moddalar konsentrasiyalarining funksiyasidir.

Shunday qilib, yuqorida ko'rib chiqilgan hamma kinetik tenglamalar quyidagi umumiy ko'rinishga keltirilishi mumkin:

$$I = l \cdot x$$

bu yerda I – jarayonni o'tish tezligi; x – jarayonni harakatga keltiruvchi kuch, turli kattaliklar farqi (bosim, temperatura, konsentrasiya); l – o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti, biror jarayon uchun skalyar kattalik bo'lib, qarshilikka teskari kattalik.

Turli jarayonlarning tezlik koeffitsiyentlari asosan material oqimlarining harakat tezligiga bog'liq. Shuning uchun, hamma kinetik qonuniyatlar material oqimlarining harakat qonunlariga asoslanadi.

Kinetik tenglamalar tahlili jarayonni intensivlashning umumiy prinsiplarini aniqlash imkonini beradi.

Jarayon tezligini oshirish uchun harakatga keltiruvchi kuchni oshirish va qarshilikni kamaytirish kerak.

Istalgan jarayon tahlil qilinganda «harakatga keltiruvchi kuch» asosiy omildir.

Jarayonlarning kinetik qonuniyatlarini bilish va to'g'ri aniqlash turli xildagi qurilmalarning asosiy o'lchamlarini hisoblashda asos bo'ladi, hamda ularni samarali va benuqson ekspluatasiya qilish imkonini beradi.

SUYUQLIKNING OQISH REJIMINI ANIQLASH

Ishning nazariy asoslari

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

Suyuqliklar oquvchanlik hususiyatiga ega. Suyuqlik go'yo ma'lum hajmga ega, lekin shaklga ega emas, ammo faqat molekulyar kuchlar ta'siri ostida shar shaklini oladi.

Moddalarning suyuq holati o'z tabiatiga ko'ra, gaz holat bilan qattiq holat o'rtasidagi oraliq o'rinni egallaydi.

Gidravlikada suyuqlik deyilganda gaz ham, suyuqlik ham tushuniladi. Ularni bir-biridan ajratish uchun suyuqliklar tomchili, gazlar esa elastik suyuqlik deb qaraladi.

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

1) Suyuqliklar xuddi gazlar kabi ma'lum shaklga ega emas, uning fizik xossalari barcha yo'nalishda bir hil, ya'ni izotropdir;

2) gazlarning qovushoqligi kichik bo'lib, yuqori temperaturada suyuqliklarnikiga yaqinlashadi;

3) kritik temperaturadan yuqori temperaturada suyuqliklar bilan gazlar orasidagi farq yo'qoladi.

Gidravlikada nazariy tadqiqotlar natijalarini soddalashtirish maqsadida ideal suyuqlik modelidan foydalaniladi.

Ideal suyuqlik deb, bosim va temperatura ta'sirida o'z hajmini o'zgartirmaydigan yoki siqilmaydigan, o'zgarmas zichlikka ega bo'lgan va ichki ishqalanishi bo'lmagan suyuqliklarga aytiladi. Har qanday suyuqlikda ichki ishqalanish kuchlari va qovushoqlik bo'ladi. Demak, xaqiqatda tabiatda ideal suyuqlik bo'lmaydi, ya'ni barcha suyuqliklar real suyuqliklardir.

Ammo ba'zi suyuqliklarning qovushoqligi juda kichik bo'ladi. Ular temperatura va bosim ta'sirida o'z hajmini shu qadar kam o'zgartiradiki, bu o'zgarishni amalda hisobga olmasa ham bo'ladi. Bunday suyuqliklar shartli ravishda ideal suyuqliklar deyiladi. Elastik suyuqliklarning hajmi temperatura va bosim ta'sirida keskin o'zgaradi.

Suyuqliklarning fizik xossalari:

Suyuqliklarning asosiy fizik xossalari **zichlik, solishtirma og'irlik va qovushoqlik** bilan karakterlanadi:

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

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

bu yerda m – suyuqlik massasi, kg; V – suyuqlikning hajmi, m^3 ;

SOLISHTIRMA OG‘IRLIK. Hajm birligidagi suyuqlikning og‘irligi solishtirma og‘irlik deb ataladi va γ bilan belgilanadi

$$\gamma = \frac{G}{V} \quad (1.2)$$

bu yerda G – suyuqlikning og‘irligi. SI sistemasiga binoan solishtirma og‘irlik " N/m^3 " da o‘lchanadi, massa bilan og‘irlik o‘zaro quyidagicha bog‘langan:

$$m = \frac{G}{g} \quad (1.3)$$

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

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

$$P = \lim_{\Delta F \rightarrow 0} \frac{\Delta P}{\Delta F} \quad Pa \quad \text{yoki} \quad \frac{H}{M^2} \quad (1.4)$$

Bosimning yo‘nalishi va ta’siri suyuqlikning hamma nuqtalarida bir hil, chunki bu kuch hamma vaqt normal bo‘yicha yo‘nalgan bo‘ladi. Bundan ko‘rinib turibdiki, bosimning kattaligi yuzaning shakliga va uning qanday joylashishiga bog‘lik bo‘ladi.

Bosim manometr va vakuummetrlarda o‘lchanadi. Bu o‘lchov asboblari qurilma ichidagi to‘la bosim P_{ab} . (absolyut bosim) bilan atmosfera bosimi orasidagi ortiqcha bosim R_{or} . ni ko‘rsatadi. Shuning uchun, to‘la yoki absolyut bosim ikkala bosimning yig‘indisiga teng:

$$P_{a\acute{o}} = P_{MOH} + P_{amM} \quad (1.5)$$

R_{mon} . - manometr bilan o‘lchanadigan bosim. Agar jarayon siyraklanish sharoitida ketsa, atmosfera yoki barometrik bosim bilan siyraklanish orasidagi ayirma to‘la bosim deyiladi:

$$P_{a\acute{v}} = P_{amM} - P_{BAK} \quad (1.6)$$

bu yerda R_{vak} . - vakuummetr bilan o‘lchanadigan siyraklanish. Bosimni fizik va texnik atmosferada, mm.suv va mm.simob ustunida o‘lchanadi.

1 fizik atmosfera (1 atm) = 760 mm simob ustuni = 10,33 m suv ustuni = 1,033 kg·k/sm³ = 101300 kg·k/m³;

1 texnik atmosfera (1 atm) = 736,6 mm simob ustuni = 10 m suv ustuni = 1 kg·k/sm³ = 10000 kg·k/m³ = 98100 N/m².

QOVUSHOQLIK. haqiqiy real suyuqliklar truba ichida harakatlanganda, uning ichida ichki ishqalanish kuchlari hosil bo'lib, siljishiga tusqinlik qiladi. Suyuqliklarning bir qatlamdan ikkinchi qatlamga siljishi uchun sarf bo'lgan kuch qovushoqlik deyiladi. Nyuton qonuniga binoan, suyuqlikning siljishi uchun zarur bo'lgan kuch shu qatlamning yuzasiga, surilish tezligi gradientiga va shu suyuqlikning qovushoqlik koeffitsientiga to'g'ri proporsional bog'langan :

$$T = \mu \cdot F \frac{dw}{dn} \quad (1.7)$$

bu yerda T - ta'sir etayotgan kuch; F - yuza; dw / dn - tezlik gradienti; μ - qovushoqlik koeffitsienti.

Tenglamadagi qovushoqlik koeffitsienti μ dinamik qovushoqlik koeffitsienti yoki qovushoqlik deyiladi. qovushoqlik suyuqliklarning fizik xususiyatlariga va temperaturasiga bog'liq bo'lib, keng oraliqda o'zgaradi. Masalan, glitserinning qovushoqligi suvnikiga nisbatan bir necha marta kattadir. Qovushoqlik SI sistemasiga binoan quyidagi birlikda o'lchanadi:

$$\mu = \frac{T}{F \left(\frac{dw}{dn} \right)} = \frac{H}{M^2 \cdot \left(\frac{M/c}{M} \right)} = \frac{H \cdot c}{M^2} = \text{Pa} \cdot \text{s}$$

DINAMIK QOVUSHOQLIK koeffitsientining shu suyuqlik zichligiga nisbati kinematik qovushoqlik deyiladi va ν bilan belgilanadi

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (1.8)$$

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

Ba'zan nisbiy qovushoqlik tushunchasi ham ishlatiladi. Bunda biror suyuqlik qovushoqligining suvning qovushoqligiga nisbati olinadi.

Temperatura ortishi bilan suyuqliklarning qovushoqligi kamayadi, gazlarniki esa ko'payadi. Suyuqliklarning qovushoqligi gazlarnikiga nisbatan bir necha marta kattadir. Nyutonning ichki ishqalanish qonuniga bo'ysinadigan suyuqliklar Nyuton suyuqliklari deyiladi. Kolloid eritmalar, moyli buyoqlar smolalar, past temperaturada ishlatiladigan surkov moylari Nyuton suyuqliklariga kirmaydi.

Suyuqlikning harakati tezlik, sarf, bosim va boshqa kattaliklar bilan xarakterlanadi.

Vaqt birligi ichida oqib o'tgan suyuqlik miqdori " m^3/soat ", " l/soat ", " l/s ", " m^3/s " birliklarida o'lchansa hajmiy sarf, agar kg/soat , kg/s da o'lchansa massaviy sarf deyiladi.

Trubada oqayotgan suyuqlikning tezligi trubaning devorlariga yaqinlashgan sari kamayadi, chunki suyuqlik harakati ishqalanish kuchi tufayli sekinlashadi va suyuqlik zarrachalari devorga yopishib, minimal tezlik bilan harakat qiladi.

Suyuqlikning xaqiqiy tezligini o'lash juda qiyin, chunki suyuqlik zarrachalari oqimning har bir nuqtasida alohida tezlikka ega bo'ladi. Shuning uchun zarrachalarning tezligi o'rtacha kattalik bilan aniqlanadi. Hajmiy sarf miqdorining truba ko'ndalang kesimiga nisbati o'rtacha tezlik deyiladi.

$$w = \frac{V}{S}, \text{ [m/s]} \quad (1.9)$$

bu yerda V - hajmiy sarf miqdori, m^3/s ; S - trubaning ko'ndalang kesimi, m^2 .

Yuqoridagi tenglikdan:

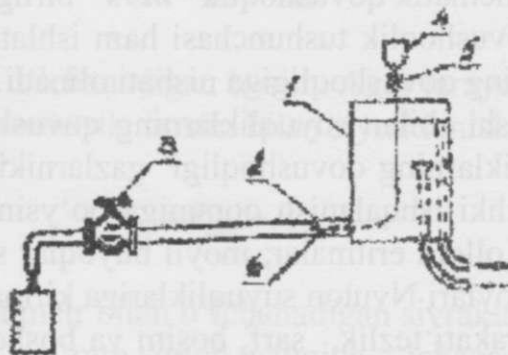
$$V = w \cdot S, \text{ [m}^3/\text{s]}.$$

Bu tenglik **sekundli sarf tenglamasi** deyiladi. Suyuqlikning massaviy sarfi quyidagicha aniqlanadi:

$$M = \rho \cdot w \cdot S, \text{ [kg/s]} \quad (1.10)$$

bu yerda $\rho \cdot w$ - suyuqlikning massaviy tezligi, $\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$.

Truba yoki boshqa shakldagi kanalda suyuqlik ikki hil rejimda, ya'ni laminar yoki to'liqsimon rejimda harakat qiladi. Oqimlarning harakat rejimini birinchi bo'lib 1833 yilda ingliz fiziki O.Reynolds rangli eritmalar yordamida suyuqlikning ikki hil - laminar va turbulent rejimda bo'lishini aniqladi. Tajriba qurilmasi 1.1- rasmda ko'rsatilgan.



1.1 - rasm. Laboratoriya tajriba qurilmasi.

1- rezervuar; 2- truba; 3- jumrak; 4- rangli suyuqlik solingan idishcha; 5- jumrak; 6- kapillyar truba.

Rezervuarda suvning sathi bir xil ushlab turiladi. Unga gorizonta shisha truba birlashtirilgan. Shisha trubadagi oqim harakatini kuzatish uchun uning qo'i bo'ylab, rangli suyuqlik yuboriladigan naycha o'rnatilgan. Suvning tubidagi tezligi kran orqali o'lchanadi.

Suv oqimining tezligi kichik bo'lganda rangli suyuqlik suvga aralashmasdan to'g'ri chiziq bo'ylab gorizonta ip shaklida harakat qiladi. Chunki, kichik tezlikda suvning zarrachalari bir-biriga aralashmasdan, parallel rejim deb yuritiladi.

Trubadagi suv oqimi tezligi keskin ko'paytirilsa, rangli eritma truba bo'ylab to'liqsimon harakat qilib suvning butun massasiga aralashib ketadi. Bu vaqtda suv zarrachalari ham bir-biri bilan aralashib, tartibsiz to'liqsimon harakat qiladi. Bunday oqim turbulent rejim deyiladi.

Reynolds o'z tajribalarida faqat tezlikni emas, balki trubaning diametri, suyuqlikning qovushoqligi, zichligini o'zgartiradi.

Bu o'zgaruvchan parametrlar tezlik w , diametr d , zichlik ρ , qovushoqlik μ kabi kattaliklardan Reynolds o'lchamsiz kompleks keltirib chiqaradi, ya'ni:

$$\gamma = \frac{G}{V} \quad (1.11)$$

Bu kompleks **Reynolds kriteriyasi** deyiladi. Reynolds kriteriyasi o'lchovsiz ma'lum son qiymatga ega. Masalan, xalqaro birliklar sistemasida uning son qiymati quyidagiga teng:

$$Re = \frac{w \cdot d \rho}{\mu} = \frac{\frac{M}{c} \cdot M \cdot \frac{K^2}{M^3}}{H \cdot \frac{c}{M^2}} = \frac{K^2 \cdot M}{c^2 \cdot \frac{K^2 \cdot M}{c^2}} = 1 ;$$

Reynolds kriteriyasi harakat rejimini aniqlash bilan birga oqim harakatidagi qovushoqlik va inersiya kuchlarining o'zaro nisbatini ham aniqlaydi. Suyuqliklarning harakat rejimi Reynolds kriteriyasining kritik qiymati Re_{kr} bilan aniqlanadi. To'g'ri va tekis yuzaga ega bo'lgan trubalardagi suyuqlik oqimi uchun $Re_{kr}=2320$ ga teng. Agar $Re_{kr} < 2320$ bo'lsa, **laminar** rejim bo'ladi, $Re > 2320$ bo'lsa, to'liqsimon harakat (**turbulent** rejim) bo'ladi. $Re > 10000$ bo'lganda to'rtinchi turdagi turbulent rejim bo'ladi.

$Re = 2320 \div 10000$ oralig'ida o'zgarib o'tish sohasi bo'lib, bu vaqtda bir vaqtning o'zida trubada ikki xil harakat mavjud buladi, ya'ni truba o'rtasida suyuqlik turbulent, devor yaqinida laminar harakatda bo'ladi. Suyuqliklar harakatini dumaloq kesim yuzali trubalardan tashqari har xil kanallarda aniqlash uchun Re kriteriyasidagi diametr o'rniga ekvivalent diametr kattaligi ishlatiladi. U holda:

$$Re = \frac{w \cdot d_s \cdot \rho}{\mu}; \quad d_s = \frac{4S}{\Pi} \quad (1.12)$$

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

Diametri d ga teng bo'lgan dumaloq truba uchun $d_s=d$. Agar kanalning kesim yuzasi tomonlari a va b ga teng bo'lgan to'rtburchakli bo'lsa, u holda:

$$d_s = \frac{4S}{\Pi} = \frac{4ab}{2a+2b} = \frac{2ab}{a+b} \quad (1.13)$$



Ishni bajarish tartibi

1. 1.1- rasmdagi laboratoriya tajriba qurilmasi tekshiriladi.

2. Jo'mrak 3 ni asta-sekin ochib suyuqlik sarfini ko'paytirib, vaqt birligida oqib o'tgan suyuqlikning hajmi o'lchanadi. 5 jumrakni ochib, indikatr yordamida trubadagi suyuqlikning harakat rejimi aniqlanadi. Suyuqlikning harakat rejimi rangli suyuqlikning suv bilan aralashib ketishiga karab aniqlanadi.

3. Trubada oqayotgan suvning temperaturasi o'lchanadi.

Tajriba natijalarini hisoblash jadvaliga yoziladi. Suvning temperaturasiga qarab, ilovadagi 2 - jadvaldan suvning qovushoqligi, zichligi aniqlanadi.

Tajriba natijasida hisoblangan Re kriteriysi bilan tezlik orasidagi bog'lanish, ya'ni $Re = f(w)$ grafigi chiziladi. Grafikdan $Re=2320$ bo'lganda trubadagi suyuqlik oqimining kritik tezligi aniqlanadi.

1-1 jadval

Ko'rsatmalar	To'g'ri tajriba				Teskari tajriba			
	1	2	3	4	5	6	7	8
Suvning oqib chiqish hajmi V, m^3								
Suvning oqib chiqish vaqti τ, s								
1s oqib chiqqan suvning hajmi $V_c = \frac{V}{\tau}, m^3/c$								
Suvning oqim yuzasi $\Delta'amm$								
Suyuqlik harakatining o'rtacha tezligi $w_{yp} = V_c / F, m/c$								
Reynolds soni $Re = \frac{w \cdot d^2 \rho}{\mu}$								
Suvning temperaturasi, $^{\circ}S$								
Vizual ko'rinish								
Oqim rejimi								

Tekshirish uchun savollar

1. Suyuqliklarning asosiy fizik xossalari: zichlik, solishtirma og'irlik, bosim, qovushoqlik.
2. Suyuqlikning harakat tezligi va sarflanishi.
3. Gidravlik radius va ekvivalent diametr.

4. Suyuqlik oqimining harakat rejimlari.
5. Laminar va turbulent hajmdagi oqim harakatining o'rtacha tezligi.
1. Eylerning differensial tenglamasi.
2. Hidrostatikaning asosiy tenglamasi.

ADABIYOTLAR

1. Касаткин А.Г. Основнке процесск и аппаратк химической технолдогии. - М.: Химия, 1973. – 727 с.
2. Плановский А.Н., Николаев П.И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии. – М.: Химия, 1987.- 496 с.
3. Нурмухамедов Х.С., Темиров О.Ш., Закиров С.Г. ва бошқалар. Газларни кайта ишлаш технологияси, жараён ва қурилмалари. – Т.: Фан ва технологиялар, 2016. – 856 б.
4. Yusupbekov N.R., Nurmuhamedov H.S., Zokirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalari. – Toshkent, Fan va texnologiyalar, 2015.- 848 b.
5. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С. ва бошқалар. Кимё ва озик-овқат саноатларнинг жараёнлари ва қурилмалари фанидан ҳисоблар ва мисоллар. – Т.: Nisim, 1999. –351 б;
6. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С., Зокиров С.Ф. ва бошқалар. Кимё ва озик-овқат саноатларининг асосий жараён ва қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. – Т.: Жаҳон, 2000. – 266 б.
7. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С., Зокиров С.Ф. Кимёвий технология асосий жараён ва қурилмалар. – Т.: Фан ва технологиялар, 2003.-644 б.
8. Нурмухамедов Х.С., Абдуллаев А.Ш., Ниғмаджонов С.К. ва бошқалар. Нефть ва кимё саноати машина ва қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. – Т.: Фан ва технологиялар, 2008. – 351 б.
9. Процессы и аппараты химической технологии. Явления переноса, макрокинетика, подобие, моделирование, проектирование: в 5 т. / Д.А.Баранов и др..- М.: Логос, 2002. – т.2: Механические и гидромеханические процессы.– 600 с.
10. Процессы и аппараты химической технологии.. Учеб. для студ. вузов / А. А. Захарова [и др.] ; под ред. А. А. Захаровой. – М. : Академия, 2006. - 528 с.
11. Pavlov. K.F, Romankov. P.G, Noskov. A.A. Primerы i zadachi po kursu protsessov i apparatov ximicheskoy texnologii. - L.: Ximiya, 1981. – 575 s.
12. Нурмухамедов Х.С., Аннаев Н.А., Бабаев З.К., Матчонов Ш.К. ва бошқалар. Иссиқлик алмашилиш қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. - Т.: Билик, 2018. - 316 б.
13. Нурмухамедов Х.С., Равичев Л.В., Абдуллаев А.Ш., Тожиев Р.Ж. Гидро- ва механик қурилмаларни ҳисоблаш ва лойиҳалаш. – Т.: ILMIY-TEKHNIKA AXBOROTI-PRESS NASHRIYOTI, 2021. - 354 бет.

SUYUQLIK HARAKAT QILAYOTGAN TRUBALARNING MAHALLIY VA ISHQALANISH QARSHILIKLARINI ANIQLASH

Ishning nazariy asoslari

Bernulli tenglamasi:

$$Z + \frac{P}{\rho \cdot g} + \frac{w^2}{2g} = const \quad (2.1)$$

iqtiyoriy ikki ko'ndalang kesimli 1 va 2 truba uchun quyidagi holda ifoda qilish mumkin:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{w_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{w_2^2}{2g} \quad (2.2)$$

Bu (2.2) ifoda ideal suyuqliklar uchun Bernulli tenglamasidir va u

$$Z + \frac{P}{\rho \cdot g} + \frac{w^2}{2g} = H$$

umumiy gidrodinamik bosimni ifodalaydi. Bernulli tenglamasiga asosan turg'un harakatdagi ideal suyuqliklar uchun istalgan ko'ndalang kesimda gidrodinamik bosim o'zgarmas qiymatga ega.

Z - geometrik bosim (h_{zg}), shu nuqtadagi potensial solishtirma energiyaning xolatini xarakterlaydi. $P/\rho g$ - statik bosim (h_{cm}), shu nuqtadagi solishtirma bosim, potensial energiyani xarakterlaydi. $w^2/2g$ - dinamik bosim (h_d), shu nuqtadagi solishtirma kinetik energiyani xarakterlaydi.

Bu uchala bosim uzunlik o'lchamiga ega bo'lib, metr hisobida ifodalanadi.

Shunday qilib, Bernulli tenglamasiga binoan, ideal suyuqliklarning turg'un harakatida geometrik, statik va dinamik bosimlar yig'indisi o'zgarmas umumiy gidrodinamik bosimga teng bo'lib, unda oqim trubaning bir kesimidan ikkinchisiga o'tganda o'zgarmaydi. Shu bilan birga ideal suyuqliklarning turg'un harakatida potensial ($Z+P/\rho g$) va kinetik $w^2/2g$ energiyalarnig yig'indisi har bir ko'ndalang kesim uchun o'zgarmasdir. Shunday qilib, Bernulli tenglamasi, energiyaning saqlanish qonuning xususiy ko'rinishi bo'lib, oqimning energetik balansini belgilaydi.

Trubaning ko'ndalang kesimi va suyuqlikning harakat tezligi o'zgarganda energiyaning o'zgarishi ro'y beradi. Bunda bir qism potensial energiya kinetik energiyaga o'tadi yoki aksincha, umumiy energiyaning qiymati o'zgarmaydi.

Xaqiqiy suyuqliklarda ichki ishqalanish kuchi mavjud bo'lgani sababli, suyuqliklar trubalarda oqayotganda bir qismi bosim bu kuchni yengish uchun sarf bo'ladi.

Bunday sharoitda Bernulli tenglamasi quyidagicha ifodalanadi:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{w_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{w_2^2}{2g} + h_u \quad (2.3)$$

yoki

$$h_f + h_{cm} + h_d + h_u = H \quad (2.4)$$

ifodada h_u ishqalanish kuchini yengish uchun sarflangan bosim.

Sarflangan bosim h_u xaqiqiy suyuqliklarning harakati paytida ketgan solishtirma energiyani xarakterlaydi.

Agar (2.3) tenglamani o'ng va chap tomonlarini (ρg) ga ko'paytirsak, Bernulli tenglamasini quyidagi holda yozish mumkin:

$$\rho g z_1 + P_1 + \frac{\rho w_1^2}{2} = \rho g z_2 + P_2 + \frac{\rho w_2^2}{2} + \Delta P \quad (2.5)$$

bu yerda ΔP - sarflangan bosim farqi [Pa].

$$\Delta P = \rho g h_u \quad (2.6)$$

Umumiy holda, sarflangan bosim va bosimlarning farqi ishqalanish va mahalliy qarshiliklarni yengish uchun ketadi.

$$h_u = h_{uk} + h_{mk} \quad (2.7)$$

Haqiqiy suyuqliklarning harakati paytida trubalarning butun uzunligida ichki ishqalanish qarshiligi paydo bo'ladi. Uning qiymatiga suyuqlikning oqish rejimi ta'sir ko'rsatadi.

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

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

Truba va kanallarda ichki ishqalanish qarshiligi uchun yo'qotilgan bosim Darsi-Veysbax tenglamasi orqali aniqlanadi:

$$h_u = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{w^2}{2g} \quad (2.8)$$

ya'ni, ichki ishqalanishni yengish uchun sarflangan bosim dinamik bosim $h_d = w^2/2g$ orqali ifodalanadi. Ichki ishqalanish uchun sarflangan bosimini dinamik bosimdan farqini ko'rsatuvchi kattalikka ichki ishqalanish qarshiligi koeffitsienti deb ataladi va ξ bilan belgilanadi ξ tarkibidagi $64/Re$ esa ichki ishqalanish gidravlik koeffitsienti deyiladi va λ bilan belgilanadi.

Shuning uchun

$$\lambda = \frac{64}{\text{Re}}$$

$$\xi = \lambda \cdot \frac{l}{d} \quad (2.9)$$

Shunday qilib, (2.8) tenglamani quyidagicha ifodalash mumkin

$$h_u = \xi \cdot \frac{w_2^2}{2g} \quad (2.10)$$

yoki

$$\Delta P_u = \rho \cdot g \cdot h_u \quad (2.11)$$

ni hisobga olganda ichki ishqalanish tufayli hosil bo'ladigan gidravlik qarshilik ushbu formuladan aniqlanadi:

$$\Delta P_u = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2} \quad (2.12)$$

$\text{Re} = 4 \cdot 10^3 \div 1 \cdot 10^6$ (turbulent rejim) bo'lganda ishqalanish koeffitsienti λ quyidagi ifodadan topiladi:

$$\lambda = 0,316 / \sqrt[4]{\text{Re}} \quad (2.13)$$

Turbulent oqimda ishqalanish gidravlik qarshilik koeffitsientining kattaligi suyuqlikning oqish rejimiga va truba devorining g'adir-budurligiga bog'liq bo'ladi.

Trubalarning g'adir-budurligi absolyut geometrik va nisbiy g'adir-budurlik bilan xarakterlanadi. Truba devorlaridagi g'adir-budurliklar o'rtacha balandliklarning truba uzunligi bo'yicha o'lchanishi absolyut geometrik g'adir-budurlik deyiladi.

Truba devorlaridagi g'adir-budurliklar balandligining (Δ) truba ekvivalent diametriga (d_s) nisbati nisbiy g'adir-budurlik deyiladi va ε bilan ifodalanadi.

$$\varepsilon = \frac{\Delta}{d_s} \quad (2.14)$$

g'adir-budurliklarning λ_r ta'siri truba devorlaridagi g'adir-budurliklar balandligi (Δ) va laminar qatlam qalinligining (δ) o'zaro munosabatidan aniqlanadi. Turbulent rejim boshlanish paytida laminar qatlamning qalinligi δ g'adir-budurliklar balandligidan $\delta > \Delta$ katta bo'ladi. Bunda suyuqlik g'adir-budurliklardan asta-sekin oqib o'tadi. Shuning uchun λ ni hisoblash paytida Δ ni hisobga olmasa bo'ladi. Bunday trubalarni gidravlik silliq deb hisoblasa bo'ladi va λ ni topish uchun (2.13) tenglamadan foydalanish mumkin. Turli xil mahalliy qarshiliklarda oqim tezligining kattaligi va yo'nalishi o'zgaradi yoki ayni bir paytda ham oqim tezligining kattaligi, ham yo'nalishi o'zgarishi mumkin. Bunda bosimning (ishqalanishga sarf bo'lgandan tashqari) qo'shimcha yo'qotilishi sodir bo'ladi.

Mahalliy qarshiliklardagi bosimning yo'qotilishi, ishqalanish qarshiligidek, dinamik bosim orqali topiladi.

Aynan bir mahalliy qarshilikdagi bosim yo'qotilishining dinamik bosimga h_o nisbatini – mahalliy qarshilik koeffitsienti deyiladi va u $\xi_{M,K}$ deb belgilanadi.

Chunonchi, har xil mahalliy qarshiliklar uchun:

$$\begin{aligned}
 h_{MK1} &= \xi_{MK1} \cdot \frac{w^2}{2g} \\
 h_{MK2} &= \xi_{MK2} \cdot \frac{w^2}{2g} \\
 &\dots\dots\dots \\
 &\dots\dots\dots \\
 h_{MKn} &= \xi_{MKn} \cdot \frac{w^2}{2g}
 \end{aligned}
 \tag{2.15}$$

yoki hamma mahalliy qarshiliklar uchun:

$$h_{MK} = \sum \xi_{MK} \cdot \frac{w^2}{2g}
 \tag{2.16}$$

Ko'pincha, turli xil mahalliy qarshilik koeffitsientlari tajriba yo'li bilan aniqlanadi. Ularning o'rtacha kattaliklari ilovaning 3-jadvalida yoki boshqa adabiyotlardan topish mumkin [2,3].

Masalan: Trubaning birdan kengayishi tufayli, oqim ko'ndalang kesimi kichik trubadan kesimi katta bo'lgan trubaga o'tganda tezligi kamayadi, bu paytda suyuqlik oqimlari truba devorlariga urilib natijada bosim yo'qotiladi.

Mahalliy qarshilik koeffitsientining qiymati

$Re = \frac{w_c \cdot d_s}{\nu}$	F_0/F_1					
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
10	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1
100	1,7	1,4	1,2	1,1	0,9	0,8
1000	2,0	1,6	1,3	1,05	0,9	0,6
3000	1,0	0,7	0,6	0,4	0,3	0,2
3500	0,81	0,64	0,5	0,36	0,25	0,16

F_0 - ko'ndalang kesimi kichik bo'lgan trubaning yuzasi, m^2 ; w_0 - ko'ndalang kesimi katta bo'lgan trubadagi tezlik, m/s F_1 - ko'ndalang kesimi katta bo'lgan trubaning yuzasi, m^2 .

Truba birdan kengayganda mahalliy qarshiliklarni yengish uchun yo'qotilgan bosim ΔP_{ok} quyidagi tenglamadan topiladi:

$$\Delta P_{\text{ok}} = \xi_{\text{ok}} \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2}
 \tag{2.17}$$

Qolgan mahalliy qarshiliklar koeffitsientlari 2-2 jadvalda keltirilgan:

T.b. №	Mahalliy qarshilik turlari	Mahalliy qarshilik koeffitsient qiymatlari
1	Trubaga kirish	0,5
2	Trubadan chiqish	1,0
3	Kran to'la ochiq bo'lganda	0,2
4	Tirsak uchun	1,1
5	Normal ventil	4,5-5,5
6	Trubaning burilishi burchak ostida bo'lsa	0,14

Umumiy bosim yo'qolishini quyidagi tenglamadan

$$h_y = \xi_u \cdot \frac{w^2}{2g} + \sum \xi_{mk} \cdot \frac{w^2}{2g} = \sum \xi \cdot \frac{w^2}{2g} \quad (2.18)$$

$$h_y = \left(\lambda \cdot \frac{l}{d} + \sum \xi_{mk} \right) \cdot \frac{w^2}{2g} \quad (2.19)$$

va to'la gidravlik qarshilikni

$$\Delta P_y = \left(\lambda \cdot \frac{l}{d} + \sum \xi_{mk} \right) \frac{\rho \cdot w^2}{2} \quad (2.20)$$

ushbu tenglamalar yordamida aniqlash mumkin.

Ushbu ishni o'tkazishdan maqsad, tajriba yo'li bilan suyuqlik harakati davomida ishqalanish va mahalliy qarshiliklarni aniqlash, so'ngra ularni hisoblash yo'li yoki jadvaldan topilgan qiymatlari bilan solishtirish. $\lambda = f(Re)$ va $\xi = f(Re)$ bog'liqliklarni grafik usulda tasvirlash.

Ishni bajarish tartibi.

2.1- rasmda tajriba o'tqazish qurilmasi ko'rsatilgan. Idishdagi (1) suv markazdan qochma nasos (4) yordamida truba va turli xil mahalliy qarshiliklar sistemasi orqali o'tqazilib, yana (1) idishga qaytariladi.

Tajriba qurilmasida 10 ta mahalliy qarshiliklar bor. Suyuqlikning tezligi haydash yo'lidagi jo'mraklarning yopish yoki ochish orqali amalga oshiriladi. Suyuqlikning tezligi 0,5 m/s dan 2,5 m/s gacha o'zgartirish mumkin. Qurilmadagi truba va jo'mraklarning shartli diametri 50 mm.

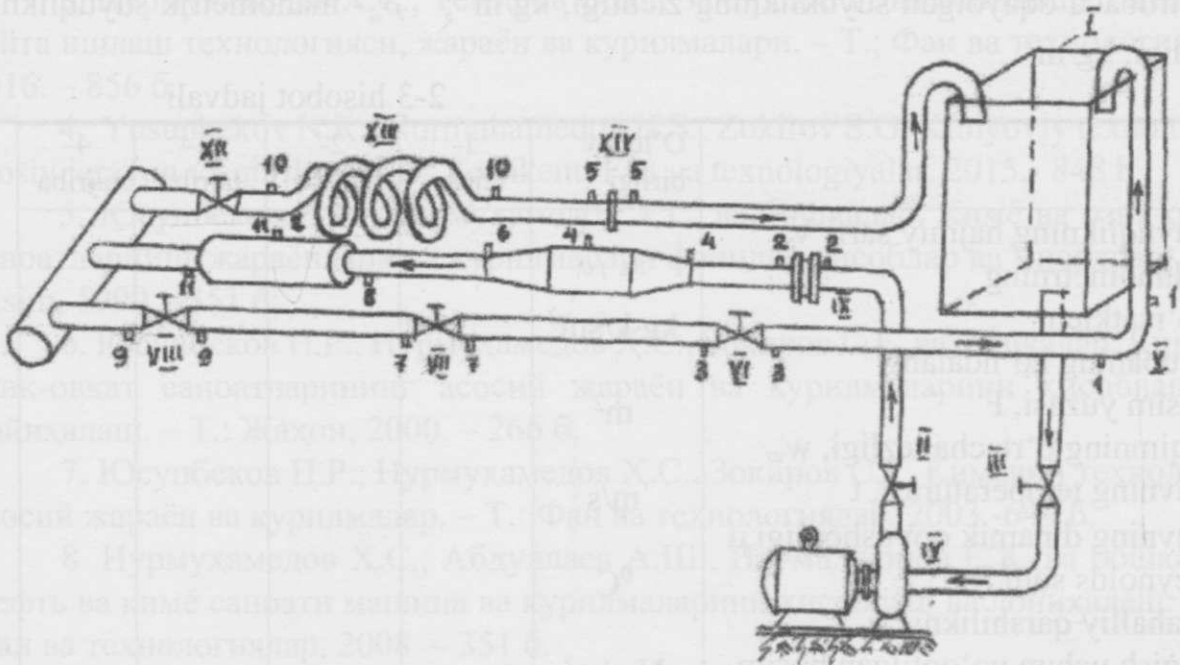
Hajmiy sarf o'lchovi diafragmaga (9) ulangan simobli manometrning ko'rsatkichiga qarab aniqlanadi. Mahalliy qarshiliklarda bosimning yo'qolishi ham manometrlar yordamida topiladi. Suyuqlikning temperaturasi simobli termometrda o'lchanadi.

Tajriba qurilmasi quyidagi qismlardan iborat:

1- o'zgarimas suyuqlikli idish; 2- xaydash yo'lidagi jo'mrak; 3- surish yo'lidagi jo'mrak; 4- markazdan qochma nasos; 5- sinalayotgan tekis burchak ostidagi to'g'ri burilish ($l=900\text{mm}$); 6- sinalayotgan jo'mrak ($l=1750\text{mm}$); 7- sinalayotgan jo'mrak

($l=375\text{mm}$); 8- tiqinli jo'mrak ($d_{uj}=50\text{mm}$); 9- o'lchovchi diafragma ($d_{uj}=50\text{mm}$, $d_o=37\text{mm}$); 10- asta-sekin kengayish va torayish $F_0/F_1=0,3$; 11- sinalayotgan birdan kengayish va torayish $d_{ok}=98\text{mm}$; $d_m=50\text{mm}$ $F_0/F_1=0,5$; 13- sinalayotgan zmeevik ($D=380\text{mm}$ $d_{mp}=50\text{mm}$); 14- manometr.

TAJRIBA QURILMASINING SXEMASI



1. Suyuqlik uzatuvchi bak suv bilan to'ldiriladi.
2. Surish yo'lidagi kran 3 ochiladi, haydash yo'lidagi kran oxirigacha yopiladi.
- 3 yoki 12 kranlardan biri sinalayotgan qarshiliklarning xiliga qarab ochib qo'yiladi.
3. Nasos ishga tushiriladi.
4. Kran 7 ochib, suvning eng kichik sarfi o'rnatiladi va suv sinalayotgan qarshilik orqali o'tkaziladi.
5. Manometr 15 yordamida bosimning yo'qotilish o'lchanadi, so'ngra suvning issiqligi aniqlanadi.
6. Kran 2 ochish orqali suvning sarfi asta-sekin ko'paytirib boriladi va manometrlarning ko'rsatkichi o'lchanadi.
7. Suvning sarfi o'lchov diafragmasiga ulangan manometrning ko'rsatkichi asosida hisoblanadi.

Tajriba ko'rsatkichlarini hisoblash

Oqimning o'rtacha tezligi sekundli sarf tenglamasi orqali aniqlanadi:

$$W_{yp} = \frac{V_c}{F};$$

Suyuqlikning sarfini quyidagicha topish mumkin:

$$V = \frac{\alpha \cdot K \cdot \pi \cdot d_0^2}{4} \cdot \sqrt{2gh_0 \cdot \frac{\rho_m - \rho_c}{\rho_c}}$$

bu yerda α - tuzatish koeffitsienti, $\alpha=0,62$; K - trubaning g'adir-budurligini hisobga oluvchi tuzatish koeffitsienti. Gidravlik silliq trubalar uchun $K=1$; d_0 - diafragma teshigining diametri, m; h_0 - manometrdagi suyuqlik bosimlarining farqi, m; ρ_c - trubada oqayotgan suyuqlikning zichligi, kg/m^3 ; ρ_m - manometrik suyuqlikning zichligi, kg/m^3 .

2-3 hisobot jadvali

	O'lchov birligi	1-tajriba	2-tajriba	3-tajriba	4-tajriba
Suyuqlikning hajmiy sarfi V_c	m^3/c				
Manometrning ko'rsatkichi	$\text{kg} \cdot \text{k}/\text{sm}^2$				
Trubaning ko'ndalang kesim yuzasi, F	m^2				
Oqimning o'rtacha tezligi, w_{ur}	m/s				
Suvning dinamik qovushoqligi μ	$^\circ\text{C}$				
Reynolds soni Re					
Mahalliy qarshilikni engish uchun yo'qotilgan bosim, ΔP_{mk}	$\text{N} \cdot \text{s}/\text{m}^2$				
To'g'ri kanallarda ishqalanishni yengish uchun					
Yo'qotilgan bosim ΔP_i	$\text{kg} \cdot \text{k}/\text{sm}^2$				
Ishqalanish koeffitsienti, λ					
Mahalliy qarshilik koeffitsienti, ξ	mm				
Ekvivalent g'adir- budurlik					

Tekshirish uchun savollar.

1. Bernulli tenglamasi.
2. Ishqalanish qarshiligi.
3. Mahalliy qarshiliklar.
4. Laminar va turbulent rejimlarda, hamda o'tish sohasida ishqalanish koeffitsientlarini aniqlash.
5. G'adir-budurlik va gidravlik silliq trubalar.
6. Bernulli tenglamasini keltirib chiqaring. Uning fizik ma'nosi.
7. Oqimning uzluksiz tenglamasi.

ADABIYOTLAR

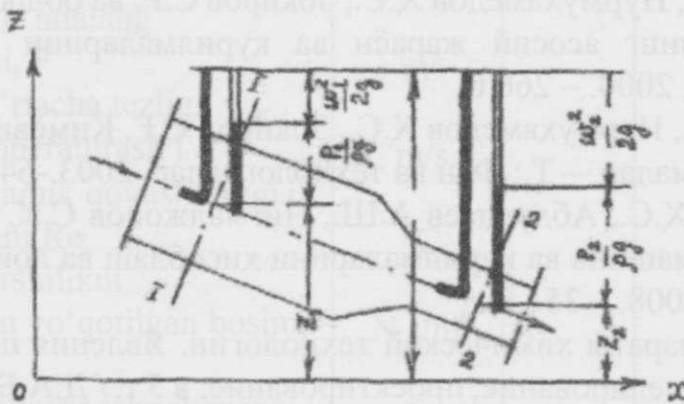
1. Касаткин А.Г. Основние процесск и аппаратк химической технолдогии. - М.: Химия, 1973. – 727 с.
2. Плановский А.Н., Николаев П.И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии. – М.: Химия, 1987.- 496 с.
3. Нурмухамедов Х.С., Темиров О.Ш., Закиров С.Г. ва бошқалар. Газларни кайта ишлаш технологияси, жараён ва қурилмалари. – Т.: Фан ва технологиялар, 2016. – 856 б.
4. Yusupbekov N.R., Nurmuhamedov H.S., Zokirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalari. – Toshkent, Fan va texnologiyalar, 2015.- 848 b.
5. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Ҳ.С. ва бошқалар. Кимё ва озик-овқат саноатларнинг жараёнлари ва қурилмалари фанидан ҳисоблар ва мисоллар. – Т.: Nisim, 1999. –351 б;
6. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Ҳ.С., Зокиров С.Ф. ва бошқалар. Кимё ва озик-овқат саноатларининг асосий жараён ва қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. – Т.: Жаҳон, 2000. – 266 б.
7. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Ҳ.С., Зокиров С.Ф. Кимёвий технология асосий жараён ва қурилмалар. – Т.: Фан ва технологиялар, 2003.-644 б.
8. Нурмухамедов Ҳ.С., Абдуллаев А.Ш., Ниғмаджонов С.К. ва бошқалар. Нефть ва кимё саноати машина ва қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. – Т.: Фан ва технологиялар, 2008. – 351 б.
9. Процессы и аппараты химической технологии. Явления переноса, макрокинетика, подобие, моделирование, проектирование: в 5 т. / Д.А.Баранов и др..- М.: Логос, 2002. – т.2: Механические и гидромеханические процессы. – 600 с.
10. Процессы и аппараты химической технологии.. Учеб. для студ. вузов / А. А. Захарова [и др.] ; под ред. А. А. Захаровой. – М. : Академия, 2006. - 528 с.
11. Pavlov. K.F, Romankov. P.G, Noskov. A.A. Primerгы i zadachi po kursu protsessov i apparatov ximicheskoy texnologii. - L.: Ximiya, 1981. – 575 s.
12. Нурмухамедов Ҳ.С., Аннаев Н.А., Бабаев З.К., Матчонов Ш.К. ва бошқалар. Иссиқлик алмашиниш қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. - Т.: Билик, 2018. - 316 б.
13. Нурмухамедов Ҳ.С., Равичев Л.В., Абдуллаев А.Ш., Тожиев Р.Ж. Гидро- ва механик қурилмаларни ҳисоблаш ва лойиҳалаш. – Т.: ILMIY-TEKNIKA AXBOROTI-PRESS NASHRIYOTI, 2021. - 354 бет.

SUYUQLIKLARNING TEZLIGI VA SARFINI PITO-PRANDTL NAYCHASI BILAN O'LGHASH

Ishning nazariy asoslari

Suyuqliklarni harakatini o'rganishda, tezligi va sarflanish miqdorini aniqlashda Bernulli tenglamasi qo'llaniladi. Sanoatda suyuqlikning tezligi va sarfini o'lchash uchun drossel asboblari va pnevmometrik trubalar ishlatiladi. Pnevmetrik trubalarni masalan, Pito-Prandtl naychasining ishlash prinsipi quyidagicha.

3.1 - rasm. Statik va dinamik bosimlarning o'zgarishi.



To'g'ri vertikal pezometrik naychada suyuqlik gidrostatik bosim h_{cm} ga teng balandlikka ko'tariladi $h_{cm} = \frac{P}{\rho \cdot g}$, ya'ni bu kattalik truba o'rnatilgan joyidagi statik bosimni o'lchaydi. Bukilgan naycha harakatlanayotgan suyuqlik okimi yo'nalishiga qarma-qarshi qilib o'rnatilgan bo'lib, undagi suyuqlik balandligi kattaroq bo'ladi. Bu balandlik statik bosim h_{cm} va dinamik bosim h_o larning yig'indisiga teng bo'ladi.

Bu trubalar yonma-yon o'rnatilgan bo'lib, ulardagi suyuqliklar balandligini farqi dinamik bosimni ko'rsatadi. Dinamik bosimning qiymatidan tezlikni topish mumkin. Bukilgan naychaning o'qi oqim yo'nalishining o'qi bilan bir bo'lgani uchun bu tezlik maksimal tezlik bo'ladi:

$$h_o = \frac{w_{max}^2}{2g}; \quad w_{max} = \sqrt{2g \cdot h_g} \quad (3.1)$$

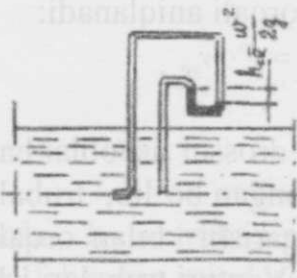
3.1 - rasmdan ko'rinib turibdiki, trubaning keng joyida tezlik kichik bo'lgani uchun dinamik bosim kichik buladi. Bernulli tenglamasiga binoan trubaning har bir kesimida umumiy gidrodinamik bosim o'zgaras bo'lib, geometrik, statik ($P/\rho \cdot g$) va

dinamik ($w^2/2g$) bosimlar yig'indisiga teng:

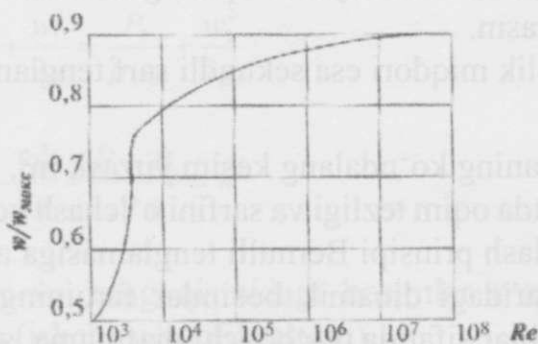
$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{w_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{w_2^2}{2g} = H \quad (3.2)$$

Shunga asosan ikkinchi kesimida trubaning tor qismda ham umumiy bosim o'zgar-mas bo'lib, geometrik va statik bosimlar kamayadi, dinamik bosim esa, tezlik oshgani uchun, ko'payadi.

3.1.-rasmdagi naychalar pezometrik naycha deb ataladi. Pezometrik naychalaridagi suyuqlik trubadagi oqayotgan suyuqlik bilan bir hil bo'ladi. Pito-Prandtl naychasi U - simon manometrga ega bo'lib, bu manometr (3.2-rasm) trubadagi suyuqlikka nisbatan zichligi kattaroq, trubadagi suyuqlik bilan aralashmaydigan suyuqlik bilan to'ldiriladi.



3.2 - rasm.



3.3- rasm.

Oqimning maksimal tezligi w_{max} (3.3) tenglamadan aniqlanadi.

$$w_{max} = \sqrt{2g \cdot h \cdot \frac{\rho_m - \rho}{\rho}}; \quad (3.3)$$

bu yerda ρ - muhit zichligi, kg/m^3 ; h - manometrdagi suyuqlik balandligi, m; ρ_m - manometrdagi suyuqlik zichligi, kg/m^3 .

O'rtacha tezlikni topish uchun harakat rejimini aniqlash kerak. Suyuqliklarni harakat rejimi Reynolds kriteriysining qiymati Re_{kr} bilan aniqlanadi:

$$Re_{kr} = \frac{w \cdot d \cdot \rho}{\mu};$$

d - trubaning diametri, m; μ - muxitning dinamik qovushokligi, $N \cdot s/m^2$.

Maksimal tezlik orqali

$$Re_{max} = \frac{w_{max} \cdot d \cdot \rho}{\mu}; \quad (3.4)$$

Agar $Re_{max} < 2320$ bo'lsa, harakat rejimi laminar rejim bo'lib, o'rtacha tezlik

$$w_{yp} = 0,5 \cdot w_{max}; \quad (3.5)$$

$Re > 10000$ bo'lganda harakat rejimi turg'un turbulent rejim bo'lib, u xolda o'rtacha tezlik

$$w_{yp} = (0,8 \div 0,9) \cdot w_{max} \quad (3.6)$$

Bundan tashqari o'rtacha tezlikni aniqlash uchun Pito-Prandtl naychasini trubadagi oqimning kesimi bo'yicha turli joyiga surib, shu nuqtalarga to'g'ri kelgan tezliklar aniqlanadi. Masalan, bir kesimning vertikal bo'yicha 10 ta nuqtasida tezliklarni aniqlab ularni o'rtachasi topiladi:

$$w_1 + w_2 + \dots + w_n = \Sigma w; \quad (3.7)$$

$$w_{yp} = \Sigma w / n;$$

bu yerda n - o'lchamlar soni.

O'rtacha grafik tezlikni bo'yicha topilsa ham bo'ladi. Buning uchun maksimal tezlik va Reynolds kriteriysi aniqlab, grafikdan topiladi va bu nisbatan o'rtacha tezlik topiladi 3.3 rasm.

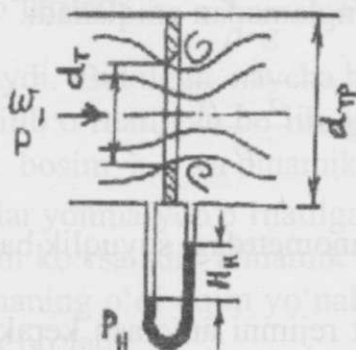
Suyuqlik miqdori esa sekundli sarf tenglamasi orqali aniqlanadi:

$$V = F \cdot w_{yp} \quad (3.8)$$

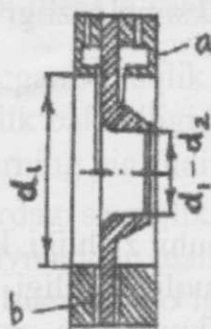
F -trubaning ko'ndalang kesim yuzasi, m^2 .

Sanoatda oqim tezligi va sarfini o'lchash uchun drossel asboblari ham ishlatiladi. Ularning ishlash prinsipi Bernulli tenglamasiga asoslangan bo'lib, trubalarning tor va keng kesimlaridagi dinamik bosimlar farqining o'zgarishi bilan orqali aniqlanadi. Drossel asboblari sifatida o'lchovchi diafragma, soplo, Venturi trubalari ishlatiladi.

O'lchovchi diafragma yumaloq yuzali teshikli yupqa gardish bo'lib, uning markazi trubaning o'qiga to'g'ri keladi (3.4-rasm).



3.4-rasm

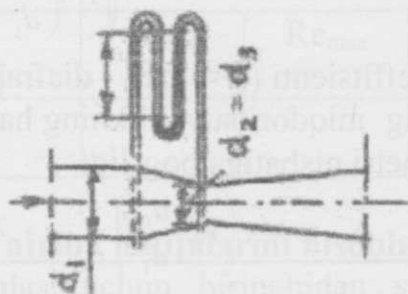


3.5-rasm

O'lchovchi soplo ravn, yumaloqlashgan kirish va silindrik chiqishga ega bo'lgan nasadkalar (3.5-rasm). O'lchovchi soplo va diafragmalarning differensial manometrlari, asosiy trubaga xalqasimon kamera bo'lmasa ikki kanal orqali qo'shiladi.

Venturi trubkasida o'lchovchi diafragma va soploga nisbatan bosimni yo'qolishi

kam bo'radi, chunki uning diametri asta sekin torayib, so'ngra kengayadi va o'z xo-latiga qaytadi. (3.6.-rasm)



3.6-rasm.

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

$$\frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{w_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{w_2^2}{2g} \quad (3.9)$$

$$\frac{w_2^2}{2g} - \frac{w_1^2}{2g} = \frac{P_1 - P_2}{\rho \cdot g} = h \quad (3.10)$$

Bu yerda h - trubaning tor va keng qismidagi bosimlar o'zgarishini dinamometrda o'lchangan miqdori, mm (ishchi suyuqlik ustuni).

Trubadagi suyuqlikning o'rtacha tezligi va sarfini aniqlash uchun uzluksizlik tenglamasidan foydalaniladi. Trubaning keng qismidagi tezlikni w_1 , tor kesimdagi tezlik w_2 orqali ifodalaymiz.

$$w_1 = w_2 \cdot \frac{F_1}{F_2} = w_2 \cdot \frac{d_2^2}{d_1^2} \quad (3.11)$$

Venturi trubasi, soplo va diafragma siqilgan oqimning yuzasi F_2 , trubaning tor qismining kesim yuzasiga teng bo'ladi.

Tezlikning qiymatini dinamik naporlar ayirmasini ifodalovchi tenglamaga (3.10) qo'ysak:

$$\frac{w_2^2}{2g} - \frac{w_1^2}{2g} \cdot \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^4 = h \quad (3.12)$$

bundan

$$w_2 = \sqrt{\frac{2g \cdot h}{1 - \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^4}} \quad (3.13)$$

Diafragma sopolni teshigi S_0 dan va Venturi trubasining tor kesimidan o'tayotgan, ya'ni, trubadan o'tayotgan suyuqlik sarfining miqdori esa:

$$V_c = w \cdot F_0 \cdot \alpha = \alpha \cdot \frac{\pi \cdot d_0^2}{4} \sqrt{\frac{2g \cdot h}{1 - \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^4}} \quad (3.14)$$

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

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

$$\alpha = f\left(\text{Re}, \frac{d_0}{d_1}\right) \quad (3.15)$$

koeffitsient α drossel asboblarning sarf koeffitsienti deb yuritiladi.

Drossel qurilmalarining diametri truba diametridan 3-4 marta kichik, shuning uchun (3-14) tenglamadagi $(d_2/d_1)^4$ kattalik ham kichik bo'ladi. Demak, suyuqlikning sarfini qo'yidagicha aniqlash mumkin:

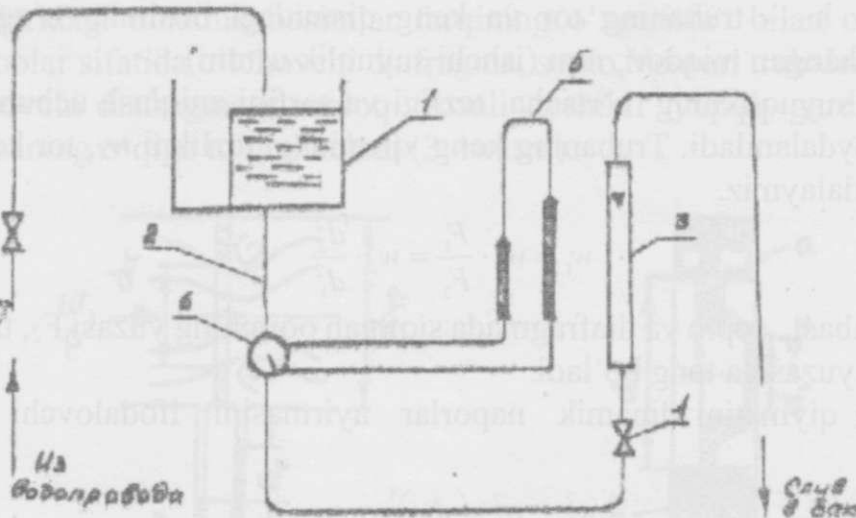
$$V_c = \alpha \cdot \frac{\pi \cdot d_0^2}{4} \cdot \sqrt{2g \cdot h} \quad (3.16)$$

Ish bajarishdan maqsad:

Suyuqliklarning tezligi va sarfini Pito-Prandtl naychalari bilan o'lchashni o'rganish.

Ishni bajarish tartibi.

3.7-rasmdagi laboratoriya qurilmasi tekshiriladi.



3.7-rasm.

1-bosim xosil qiluvchi idish; 2-suyuqlik sarfi o'lchanayotgan truba $d=40\text{mm}$; 3-rotametr RS-5; 4-ventil; 5-U-simon difmanometri; 6-Pito-Prandtl naychasi.

Idishga suyuqlik to'ldiriladi. Ventil ochilib, suyuqlik sarfi V_{\min} dan V_{\max} gacha o'zgartiriladi. Rotametrning har bir ko'rsatuviga qarab grafik bo'yicha suyuqlik sarfi o'lchanadi. U-simon difmanometrning h_g ko'rsatuvini o'lchaniladi. Bu ko'rsatuvlar hisoblash jadvaliga yoziladi.

O'lchanadigan miqdorlar			Hisoblanuvchi miqdorlar			
h_g, m	T.K	Rotametr ko'rsatishi	w_{max}	Re_{max}	w_{ur}	$V=w \cdot P$

Tajriba natijalarini hisoblash.

Suyuqlik sarfini hisoblash uchun birinchidan suyuqlikning maksimal tezligi o'lchanadi:

$$w_{max} = \sqrt{2g \cdot h \cdot \frac{\rho_m - \rho}{\rho}}, \quad m/c$$

h-U-simon differensial manometrda suyuqlik balandliklarini farqi, m. Keyin suyuqlikni harakat rejimi aniqlanadi:

$$Re_{max} = \frac{w_{max} \cdot d \cdot \rho}{\mu}$$

bu yerda d - trubaning diametri, d=40mm; ρ - suvning zichligi, kg/m³
 μ - suv qovushoqligi, N·s/m².

Reynolds kriteriysiga qarab o'rtacha tezlik topiladi:

1) $Re < 2320$ - $w_{ur} = 0,5 w_{max}$

2) $Re > 1000$ - $w_{ur} = (0,8-0,9) w_{max}$

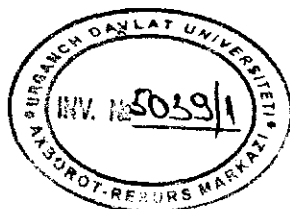
va nihoyat suyuqlikni sarfi aniqlanadi:

$$V_c = w_{yp} \cdot F = w_{yp} \cdot \pi \cdot d^2 / 4 = 0,785 \cdot w_{yp} \cdot d^2$$

Bu yerda F - trubaning ko'ndalang kesim yuzasi, m².

Tekshirish uchun savollar

- Bernulli tenglamasining fizik ma'nosi.
- Suyuqlikning tezligini va sarfini o'lchash.
 - Pnevmetrik trubaning ishlash prinsipi.
 - O'lchovchi diafragma;
 - O'lchovchi soplo;
 - Venturiy trubasi;
- Sarf koeffitsienti.
- Nyutonmas suyuqliklar.
- Bernulli tenglamasining amalda qo'llanilishi.



ADABIYOTLAR

1. Касаткин А.Г. Основние процесск и аппаратк химической технолдогии. - М.: Химия, 1973. – 727 с.
2. Плановский А.Н., Николаев П.И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии. – М.: Химия, 1987.- 496 с.
3. Нурмухамедов Х.С., Темиров О.Ш., Закиров С.Г. ва бошқалар. Газларни кайта ишлаш технологияси, жараён ва қурилмалари. – Т.: Фан ва технологиялар, 2016. – 856 б.
4. Yusupbekov N.R., Nurmuhamedov H.S., Zokirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalari. – Toshkent, Fan va texnologiyalar, 2015.- 848 b.
5. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С. ва бошқалар. Кимё ва озик-овқат саноатларнинг жараёнлари ва қурилмалари фанидан ҳисоблар ва мисоллар. – Т.: Nisim, 1999. –351 б;
6. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С., Зокиров С.Ф. ва бошқалар. Кимё ва озик-овқат саноатларининг асосий жараён ва қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. – Т.: Жаҳон, 2000. – 266 б.
7. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С., Зокиров С.Ф. Кимёвий технология асосий жараён ва қурилмалар. – Т.: Фан ва технологиялар, 2003.-644 б.
8. Нурмухамедов Х.С., Абдуллаев А.Ш., Ниғмаджонов С.К. ва бошқалар. Нефть ва кимё саноати машина ва қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. – Т.: Фан ва технологиялар, 2008. – 351 б.
9. Процессы и аппараты химической технологии. Явления переноса, макрокинетика, подобие, моделирование, проектирование: в 5 т. / Д.А.Баранов и др..- М.: Логос, 2002. – т.2: Механические и гидромеханические процессы.– 600 с.
10. Процессы и аппараты химической технологии.. Учеб. для студ. вузов / А. А. Захарова [и др.] ; под ред. А. А. Захаровой. – М. : Академия, 2006. - 528 с.
11. Pavlov. K.F, Romankov. P.G, Noskov. A.A. Primerы i zadachi po kursu protsessov,i apparatov ximicheskoy texnologii. - L.: Ximiya, 1981. – 575 s.
12. Нурмухамедов Х.С., Аннаев Н.А., Бабаев З.К., Матчонов Ш.К. ва бошқалар. Иссиклик алмашилиш қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. - Т.: Билик, 2018. - 316 б.
13. Нурмухамедов Х.С., Равичев Л.В., Абдуллаев А.Ш., Тожиев Р.Ж. Гидро- ва механик қурилмаларни ҳисоблаш ва лойиҳалаш. – Т.: ILMIY-TEKNIKA AXBOROTI-PRESS NASHRIYOTI, 2021. - 354 бет.

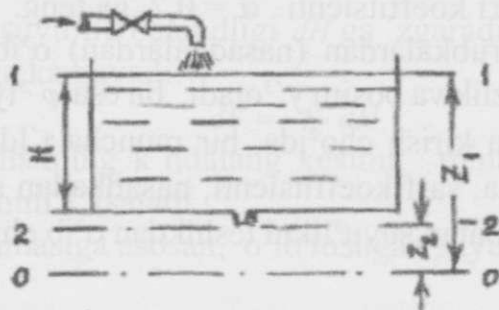
SUYUQLIKNING NASADKALARDAN OQIB CHIQISHI

Ishning nazariy asoslari

Usti ochiq pastki qismi yassi b'lgan dumaloq teshik orqali oqib tushgandagi sarfni aniqlashni ko'rib chiqamiz. Uning balandligi bir xil vaziyatda, o'zgarmasdan turadi.

Bernulli tenglamasini ideal suyuqliklar uchun idishning pastki qismiga parallel b'lgan 0-0 tekislikka nisbatan 1-1 va 2-2 kesimlar uchun quyidagicha yozamiz (4.1-rasm).

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{w_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{w_2^2}{2g} \quad (4.1)$$



4.1- rasm.

Idishning ustki qismi ochiq b'lgani uchun $R_1 = R_2$ va suyuqlikning balandligi o'zgarmagani uchun tezligi $w_1 = 0$ teng b'ladi, bundan tashqari $Z_1 - Z_2 = H$ deb olsak b'ladi. Bu xolda tenglamamiz quyidagi ko'rinishga keladi:

$$\frac{w_2^2}{2g} = H \quad (4.2)$$

bundan

$$w = \sqrt{2g \cdot H} \quad (4.3)$$

Real suyuqliklarni oqib tushida bosimni bir qismi tashqariga va ichki ishlatilish kuchlarini yengish uchun sarf buladi. Shuning uchun real suyuqliklar oqib tushish tezligi quyidagicha aniqlanadi;

$$w_2 = \varphi \cdot \sqrt{2g \cdot H} \quad (4.4)$$

φ - tuzatuvchi koeffitsient ($\varphi < 1$) ya'ni suyuqlik oqimi teshikdan oqib tushayotganda, bosimni y'ni xisobga oladi va tezlik koeffitsienti deyiladi. Suyuqlik oqimi teshikdan oqib tushayotganda siqilishi natijasida, tezlik va bosim kamayadi, bunday xolat teshikdan chiqayotgan oqimning siqilishi koeffitsienti orali xisobga olinadi va ε

bilan belgilanadi:

$$\varepsilon = \frac{S_1}{S_2} \quad (4.5)$$

bu yerda S_2 - teshikdan 'tgan suyu³lik o³imining si³ilgan joydagi k'ndalang kesimi; S_1 - teshikdan 'tayotgan suyu³lik o³imining k'ndalang kesimi. Unda teshikdan o³ib chi³ayotgan suyu³likning tezligi w_0 kichik b'lishi kerak, w_2 ga nisbatan

$$w_0 = \varepsilon \cdot w_2 = \varepsilon \cdot \varphi \cdot \sqrt{2g \cdot H} \quad (4.6)$$

Tezlik va o³imning si³ilish koefitsientlarining k'paytmasi sarf koefitsienti deyiladi va α bilan belgilanadi.

$$\alpha = \varepsilon \cdot \varphi \quad (4.7)$$

bundan

$$w_0 = \alpha \cdot \sqrt{2g \cdot H} \quad (4.8)$$

Bu koefitsient suyu³lik turiga bo²lik b'lib, xar³anday suyu³lik uchun tajriba or³ali aniklanadi, xamda uning³ iymati Reynolds kriteriyasiga, suyu³lik xususiyati, teshik shakli va o³im tezligiga bo²lik. Suv va³ ovusho³ligi suvning³ ovusho³ligiga ya³in b'lgan suyu³liklar uchun sarf koefitsienti $\alpha = 0,2$ ga teng.

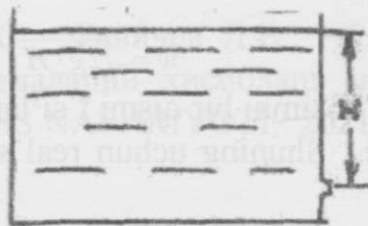
Suyu³liklar kalta patrubkalaridan (nasadkalaridan) o³ib 'tayotganda kirish va chi³ish³ ismida³ 'shimcha tezlik va bosim y³otadi, bu esa φ iymatini kamaytiradi. Shu bilan birga o³im patrubkaga kirish cho²ida, bir muncha t'ldirgan xolda o³ib chi³adi, ya'ni $\varepsilon = 1$ ga teng natijada, sarf koefitsienti, nasadkadan suyu³likni o³ib chi³ishida katta iymatga ega b'lib, nisbatan suyu³likni teshikdan o³ib chi³ishga, va suv uchun $\alpha = 0,82$ ga teng.

Hajmiy sarf mi³dori:

$$V = \alpha \cdot S_0 \cdot \sqrt{2g \cdot H} \quad (4.9)$$

Idishdan teshik or³ali o³ib chi³ayotgan suyu³likning sarf mi³dori idishning shakliga bo²lik b'lmasdan, teshik kattaligi va suyu³lik balandligiga bo²li³dir.

Bu formuladan teshik or³ali o³ib chi³ayotgan xajmiy sarf mi³dorini ani³lash mumkin (4.9) Tenglamadagi N suyu³likning yu³ori³ atlami bilan teshik orasidagi masofadir. (4.2 -rasm).



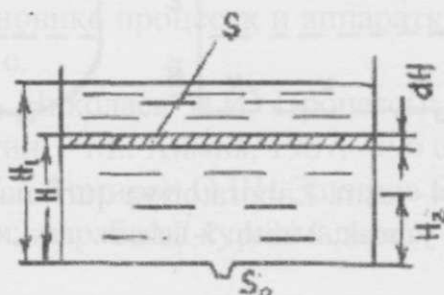
4.2 - rasm.

O'zgaruvchan balandlikda suyu³likni yup³a devordagi teshik or³ali o³ib chi³ishi.

Bunday oʻshib chiqishda, suyuqlikning balandligi N vakt birligida kamayib boradi va shu bilan birga uning tezligi ham kamayib, oʻshib jarayonini tur2unmas xarakterda bʻladi. Elementar va3t $d\tau$ birligida suyuqlikning balandligi N_1 dan N_2 gacha ʻzgar-ganda, idish xajmidagi pastki teshikdan oʻshib ʻtayotgan suyuqlik xajmi:

$$dV = V_c \cdot d\tau = \alpha \cdot S_0 \cdot \sqrt{2g \cdot H} \cdot d\tau \quad (4.10)$$

bu yerda S_0 - idish tubidagi teshikning kʻndalang kesimi.



4.3.- rasm.

Va3t birligida idishdagi suyuqlik balandligi dH ga ʻzgaradi va bunda idishdagi suyuqlik mi3dori 3uyidagi 3iyimatga kamayadi:

$$dV = -S \cdot dH \quad (4.11)$$

bu yerda S - idishning kʻndalang kesimi; minus ishora idishdagi suyuqlik balandligining kamayganini kʻrsatadi.

Uzluksizlik tenglamasiga asosan, oʻshib tushgan suyuqliklar mi3dorlarini bir-birigi tenglashtirsak:

$$\alpha \cdot S_0 \cdot \sqrt{2g \cdot H} \cdot d\tau = -S \cdot dH \quad (4.12)$$

bundan

$$d\tau = \frac{S \cdot dH}{\alpha \cdot S_0 \cdot \sqrt{2g \cdot H}} \quad (4.13)$$

suyuqlikni oʻshib tushish va3tini ani3lash uchun bu ifodani integrallasak:

$$\tau = \frac{S}{\alpha \cdot S_0 \cdot \sqrt{2g}} \cdot \int_{H_1}^{H_2} H^{-1/2} dH = \frac{2 \cdot S}{\alpha \cdot S_0 \cdot \sqrt{2g}} \cdot (\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2}) \quad (4.14)$$

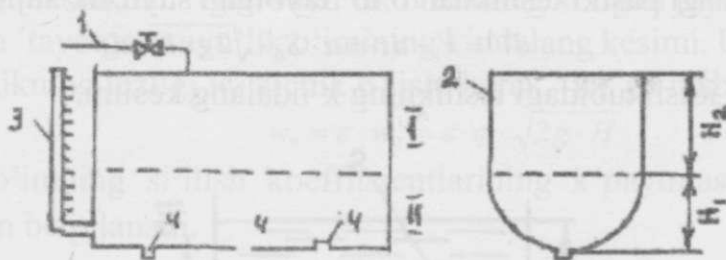
Demak,

$$\tau = \frac{2 \cdot S \cdot (\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2})}{\alpha \cdot S_0 \cdot \sqrt{2g}} \quad (4.16)$$

4.16 tenglama or3ali idishdagi suyuqlik balandlik maʼlum mi3dorga kamayganda, yaʼni N_1 dan N_2 ga ʻzgariganda suyuqlikning butunlay oʻshib chiqish va3ti 3uyidagicha ani3la-nadi:

$$\tau = \frac{2 \cdot S \cdot \sqrt{H_1}}{\alpha \cdot S_0 \cdot \sqrt{2g}} \quad (4.17)$$

Ushbu ishni bajarishdan ma³sad tajriba y³li bilan va³t ichida suyu³likni xar xil shakldagi teshiklar or³ali va shunda idishning k³ndalang kesimi ³zgaragan xolda suyu³likni ³zgaruvchan balandlikda o³ib chi³ishini ani³lashdir.



4.4- rasm. Laboratoriya qurilmasi.

1-jumrak; 2-idish; 3-³lchash nayi; 4-teshik.

Ishni bajarish tartibi

Va³t birligi ichida idishning k³ndalang kesimi ³zgaragan xolda suyu³likni o³ib chi³ishini ani³lash ³uyidagicha:

1. Jumrak (1) ni ochib idish suv bilan t³ldiriladi va bunda suv satxi, ³lchash nayining (3) yu³ori ³ismigacha b³lishi kerak.

2. Idish tubidagi biron-bir teshik (4) ni ochib shu va³t (τ) ichida o³ib chi³ayotgan suvning xajmiy mi³dorini, idish balandligining xar 2 sm balandlik kamayganda ani³lanadi.

3. Suv ³lchagich balandligining ³zgarishi va va³t ichida sarf mi³dorini yozib turish kerak.

4. Suv ³lchagich balandligining ³zgarishida teshikdan o³ib chi³kan suyu³lik va³ti 4.16 formuladan xisoblanadi.

Tajriba natijalarini xisoblash

$$\tau = \frac{2 \cdot S \cdot (\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2})}{\alpha \cdot S_0 \cdot \sqrt{2g}} \quad (4.18)$$

bunda l - ³urilmaning uzunligi, m.

Suyu³likni ³anday va³tda o³ib chi³ishi (4.16) va (4.18) formuladan xisoblanib, natijani tajribada olingan kattalik bilan ta³³oslab, % mi³dorida ³zgarish ani³lanadi.

4-1 xisoblash jadvali

$V_c, m^3/c$	τ, c	H_1, m	H_2, m	τ, c	% ³ zgarishi

Tekshirish uchun savollar

1. Suyu³likni bir xil balandlikda olib chi³ishi.

2. Suyu³likni balandligi 'zgargan xolda o³ib chi³ishi.
3. Suyu³likni okib chi³ish va³tini ani³lash.
4. Bernulli tenglamasini keltirib chi³arish va uning fizik ma'nosi.
5. □xshashlik nazariyasi. □xshashlik nazariyalari va kriteriyalari.

ADABIYOTLAR

1. Касаткин А.Г. Основнке процесск и аппаратк химической технолдогии. - М.: Химия, 1973. – 727 с.
2. Плановский А.Н., Николаев П.И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии. – М.: Химия, 1987.- 496 с.
3. Нурмухамедов Х.С., Темиров О.Ш., Закиров С.Г. ва бошқалар. Газларни кайта ишлаш технологияси, жараён ва қурилмалари. – Т.: Фан ва технологиялар, 2016. – 856 б.
4. Yusupbekov N.R., Nurmuhamedov H.S., Zokirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalari. – Toshkent, Fan va texnologiyalar, 2015.- 848 b.
5. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С. ва бошқалар. Кимё ва озиқ-овқат саноатларнинг жараёнлари ва қурилмалари фанидан ҳисоблар ва мисоллар. – Т.: Nisim, 1999. –351 б;
6. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С., Зокиров С.Ф. ва бошқалар. Кимё ва озиқ-овқат саноатларининг асосий жараён ва қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. – Т.: Жаҳон, 2000. – 266 б.
7. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С., Зокиров С.Ф. Кимёвий технология асосий жараён ва қурилмалар. – Т.: Фан ва технологиялар, 2003.-644 б.
8. Нурмухамедов Х.С., Абдуллаев А.Ш., Ниғмаджонов С.К. ва бошқалар. Нефть ва кимё саноати машина ва қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. – Т.: Фан ва технологиялар, 2008. – 351 б.
9. Процессы и аппараты химической технологии. Явления переноса, макрокинетика, подобие, моделирование, проектирование: в 5 т. / Д.А.Баранов и др.. - М.: Логос, 2002. – т.2: Механические и гидромеханические процессы. – 600 с.
10. Процессы и аппараты химической технологии.. Учеб. для студ. вузов / А. А. Захарова [и др.] ; под ред. А. А. Захаровой. – М. : Академия, 2006. - 528 с.
11. Pavlov. K.F, Romankov. P.G, Noskov. A.A. Primerы i zadachi po kursu protsessov i apparatov ximicheskoy texnologii. - L.: Ximiya, 1981. – 575 s.
12. Нурмухамедов Х.С., Аннаев Н.А., Бабаев З.К., Матчонов Ш.К. ва бошқалар. Иссиқлик алмашиниш қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. - Т.: Билик, 2018. - 316 б.
13. Нурмухамедов Х.С., Равичев Л.В., Абдуллаев А.Ш., Тожиев Р.Ж. Гидро- ва механик қурилмаларни ҳисоблаш ва лойиҳалаш. – Т.: ILMIY-TEХNIKA AXBOROTI-PRESS NASHRIYOTI, 2021. - 354 бет.

MARKAZDAN QOCHMA NASOSLARNING XARAKTERISTIKASI

Ishning nazariy asoslari

Suyuqliklarni gorizontalar va vertikal trubalar orqali uzatish uchun m'ljallangan gidravlik mashinalar nasoslar deyiladi. Trubalarning boshlangich va oxirgi nuqtalaridagi bosimlar farqi, trubalardan suyuqlikning oqishi uchun harakatlantiruvchi kuch hisoblanadi. Suyuqlik oqimining trubalardagi harakatlantiruvchi kuchi nasoslar yordamida xosil qilinadi. Nasos elektr dvigateldan olgan mexanik energiya suyuqlikning harakatlanayotgan oqim energiyasiga aylantiradi va bosimini oshiradi.

Nasoslar ishlash prinsipiga qarab quyidagi turlarga b'linadi: parrakli yoki markazdan qochma, hajmiy, uyurmaviy va 'qli b'ladi. Parrakli yoki markazdan qochma nasoslarda markazdan qochma kuch, ishchi gildiragi aylanishida parraklarning suyuqlikka ta'sirida xosil b'ladi. xar qanday nasosning asosiy parametrlari, uning ish unumdorligi Q (m^3/s), napor N (m) va quvvati N (kVt) hisoblanadi. Nasosning massa birligiga ega b'lgan suyuqlikka bergan solishtirma energiyasi napor N deb yuritiladi. Nasosning napori oqimning unga kirish va chikishdagi solishtirma energiyalari ayirmasiga teng. Nasosning umumiy napori 1 kg suyuqlikni balandlikka k'tarish uchun nasos xosil qiladigan energiya miqdori bilan 'lchanadi. Shuning uchun nasosning umumiy napori uzatilayotgan suyuqlikning zichligiga va solishtirma ogirligiga boglik b'lmaydi.

Nasosning xosil qilgan umumiy napori quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$H = \frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot g} + H_r + h_{\text{tr}} \quad (5.1)$$

$$H = \frac{P_x - P_c}{\rho \cdot g} + H_0 + \frac{w_x^2 - w_c^2}{2} \quad (5.2)$$

agar, $w_x = w_c = N_0$ kichik b'lsa, u xolda

$$H = \frac{P_x - P_c}{\rho \cdot g} \quad \text{yoki} \quad H = \frac{P_{\text{mon}} - P_{\text{gak}}}{\rho \cdot g} + h \quad (5.3)$$

bu yerda P va P_1 - uzatilayotgan va surib olinayotgan suyuqlik yuzasidagi bosimlar, N/m^2 ; N_g - suyuqlikning geometrik k'tarilish balandligi, m; H_y - surish va haydash trubalaridagi gidravlik qarshiliklarni yengish uchun sarflangan napor miqdori, m; P_c - suyuqlikning surish trubasidagi nasosga kirishidagi bosimi, N/m^2 ; P_x -

Suyuqlikning uzatish yoki haydash trubasidagi nasosdan chiqishdagi bosim, N/m^2 ; h – suyuqlik bosimini k’rsatuvchi manometr va vakuummetrga ulangan nuqtalar orasidagi vertikal masofa, m; w_x - haydash trubasidagi suyuqlikning tezligi, m/s; w_c - surish trubasidagi suyuqlikning tezligi.

Shunday qilib nasosning umumiy nabori manometr va vakuummetrlar k’rsatishlarining yigindisi bilan bu asboblardan ulangan nuqtalar ulangan vertikal masofaning (h) yigindisiga teng.

Nasosning foydali quvvati N_f suyuqlik sarfi miqdori $\rho \cdot g \cdot QH$ ning solishtirma energiyaga k’paytirilganiga teng:

$$N_\psi = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \quad (5.4)$$

nasosning foydali quvvati

$$N_y = \frac{N_\psi}{\eta_n} = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{\eta_n} \quad (5.5)$$

Dvigatel iste’mol qiladigan quvvat:

$$N_{\text{dov}} = \frac{Q \cdot \rho \cdot g \cdot H}{1000 \cdot \eta_n} \quad (5.6)$$

Nasos qurilmalarini o’rnatish uchun zarur bo’lgan quvvat, dvigatel quvvatidan katta bo’ladi va ortikcha miqdorda qabul qilinadi:

$$N_y = \beta \cdot N_{\text{dov}} \quad (5.7)$$

bu yerda β - quvvatning zaxira koeffitsienti bo’lib, qiymati dvigatelning nominal quvvatiga nisbatan topiladi; η_n - nasosning umumiy foydali ish koeffitsienti.

$$\eta_n = \eta_v \cdot \eta_l \cdot \eta_{\text{mex}} \quad (5.8)$$

bu yerda $\eta_v = Q_x/Q$ - hajmiy foydali ish koeffitsienti, nasosning xaqiqiy unumdorligini, nazariy unumdorlikka nisbatini k’rsatadi; η_g - gidravlik foydali ish koeffitsienti, xaqiqiy naborini nazariy naboriga nisbatini k’rsatadi; η_{mex} - mexanik f.i.k., nasos mexanizmlaridagi ishqalanishni yengishga sarflanadigan quvvatning yo’qotilishini k’rsatadi.

Surish balandligi. Suyuqlik surib olinayotgan idishdagi bosim R_0 bilan yuqoriga uzatilayotgan idishdagi bosim R_s orasidagi farqi xosil bo’lganligi sababli suyuqlik ustunining metrlarda ifodalangan nabori $R_0 - R_s / r \cdot g$ xosil bo’ladi. Bu bosimning bir qismi suyuqlikni surish trubasida N balandlikka k’tarish uchun, qolgan qismi esa suyuqlikni w tezlik bilan harakatlanishiga yoki tezlik naborini xosil qilish uchun va surilayotgan suyuqlik y’lida uchraydigan barcha qarshiliklarni yengishga sarflanadi.

Nasosning surish balandligi quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$H_c = \frac{P_1}{\rho \cdot g} - \left(\frac{P_c}{\rho \cdot g} + \frac{w_c - w_1^2}{2g} + h_c \right) \quad (5.9)$$

Surib olinayotgan idishdagi suyuqlikning harakat tezligi w nolga yaqinligini hisobga olsak, u xolda surish balandligi:

$$H_c = \frac{P_1}{\rho \cdot g} - \left(\frac{P_c}{\rho \cdot g} + \frac{w_c^2}{2g} + h_c \right) \quad (5.10)$$

Shunday qilib, nasosning surish balandligi surib olinayotgan idishdagi bosimning ortishi bilan kuchayib, uzatilayotgan idishdagi bosimning, xaydash trubasidagi suyuqlikning tezligi, hamda gidravlik qarshiliklarni yengish uchun ketgan napor miqdorlarini oqishi bilan kamayadi.

Markazdan qochma turdagi nasoslarda surish balandligini hisoblashda gidravlik va maxalliy qarshiliklarni yengish uchun ketgan sarflardan tashqari, kavitatsiya xodisasi ta'sirini ham inobatga olinishi lozim.

Nasos gildiragining tez aylanishida va issiq suyuqliklar markazdan qochma nasoslar yordamida uzatilganda kavitatsiya xodisasi yuz beradi. Bu vaqtda nasosdagi suyuqlik tez buglanadi. Xosil b'lgan suyuqlik bilan yuqori bosimli zonaga tib, tezda kondensatsiyalanadi. Natijada nasos qobigida katta b'shliq xosil b'ladi, nasos qattiq silkinadi va taqillab ishlaydi. Agar nasos kavitatsiya rejimida kuproq ishlasa, u tezda buziladi. Shuning uchun temperaturasi yuqori b'lgan suyuqliklar uzatilayotganda, u q'shimcha kavitatsion koeffitsienti h_k bilan hisobga olinadi.

$$h_k = 0,019 \cdot \frac{(Q \cdot n^2)^{2/3}}{H} \quad (5.11)$$

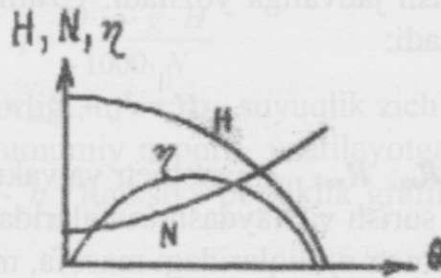
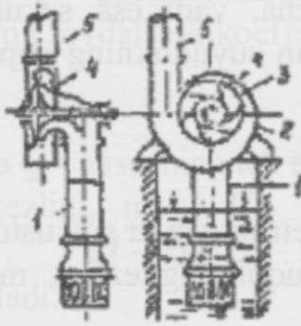
bu yerda Q - nasosning unumdorligi, m^3/s ; n - nasos valining aylanish tezligi, s^{-1} ; H - nasosning napor, m .

Markazdan qochma nasoslar (5.1 - rasm) spiralsimon qobiq ichida joylashgan parrakli ish gildiragining aylanishi natijasida xosil b'lgan markazdan qochma kuch ta'sirida suyuqlik t'xtovsiz bir me'erde suriladi va uzatiladi. Suyuqlik atmosfera bosimi ta'sirida yiggich rezervuardan kirish klapani orqali surish trubasidan nasosga kirib, ishchi gildiragining markaziy qismini t'ldiradi. Suyuqlik gildirak bilan birga aylanib, markazdan qochma kuch ta'sirida parraklar yordamida gildirakning markazidan chekkasiga otilib, spiralsimon q'zgalmas kamerani t'ldiradi va xaydash trubasi orqali yuqoriga k'tariladi.

Bu vaqtda Bernulli tenglamasiga muvofiq suyuqlik oqimi kinetik energiyasining miqdori statik naporga aylanishi suyuqlik bosimini oshirishga muvaffaq b'ladi. Ishchi gildiragiga suyuqlik kirayotgan qismida, vakuum vujudga keladi va suyuqlik surish trubasi yordamida t'xtovsiz yiggich rezervuardan suriladi. Shunday qilib, uzluksiz markazdan qochma kuch ta'sirida suyuqlikning nasos orqali tadigan uzluksiz oqimi vujudga keladi.

Markazdan qochma nasoslarning xosil qilgan bosimi ishchi gildiraklarning aylanish tezligiga boglik b'ladi. Nasos ishga tushirilishidan avval surish trubasi, ishchi gildiragi va qobiq uzatilayotgan suyuqlik bilan t'ldiriladi. Agar, ishchi gildiragi bilan qobiq orasidagi b'shliq b'lsa, ishchi gildiragining aylanishi natijasida yetarli vakuum

xosil b'lmaydi, ya'ni suyuqlik surish trubasi b'ylab yuqoriga k'tarilmaydi.



5.1-rasm. Markazdan qochma nasos.
1- surish trubasi; 2- ishchi gildiragi; 3- qobiq; 4- parraklar; 5- haydash trubasi.

5.2-rasm. Markazdan qochma nasosning harakteristikasi.

Nasosning ish unumdorligi, nabori, iste'mol quvvati va ishchi gildirakning aylanish chastotasining 'zgarishiga boglik b'ladi, ya'ni aylanish chastotasi n_1 dan n_2 ga 'zgarganda:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2}; \quad \frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2; \quad \frac{N_1}{N_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3; \quad (5.12)$$

Ishchi gildirakning aylanish chastotasi n 'zgarmas b'lganda, nasos ish unumdorligi Q , nabori N , quvvati N va foydali ish koeffitsienti η_n bilan 'zaro grafik usuldagi bogliqligi nasoslarning harakteristikasi deb yuritiladi (5.2 - rasm).

Ushbu ishni 'tkazishdan maqsad, nasos qurilmasini sinab nasosning asosiy parametr-larini aniqlashdir. Aniqlangan parametrlar asosida nasos ish gildiragining aylanishlar chastotasi 'zgarmas $n=const$ xolda $Q-H$, $Q-N$, $Q-\eta$ orasidagi boglanishlarni grafikda tasvirlab, nasosning harakteristikasi quriladi.

Ishni bajarish tartibi

Markazdan qochma nasos 'zgaruvchan elektr toki bilan ishlaydigan elektrdvigatel bilan bir valga 'rnatilib, aylanishlar soni 'lchanib turiladi. Rezervuardagi surish trubasiga 'rnatilgan qaytarma klapan nasosni suyuqlik bilan t'ldirganda suyuqlikni surish trubasidan t'kilib ketmasligini ta'minlaydi.

Uzatish trubasiga manometr va suyuqlik miqdorini rostlovchi ventil 'rnatilgan. Uzatish trubasi orqali suyuqlik idishlarga uzatiladi. xar bir idishda suyuqlik satxini 'lchovchi shisha naychalar 'rnatilgan. Idishlardagi suyuqlik jumraklar orqali suyuqlik suriladigan idishga beriladi. Ish unumdorligi 12 ventilni ochilishi bilan 'zgartiriladi. Nasos qurilmasini sinashga $Q-H$, $Q-N$, $Q-\eta$ orasidagi boglanishlarni aniqlashga kerak b'ladigan kattaliklar uzatilayotgan suyuqlikning miqdori, surish trubasidagi vakuum, uzatish trubasidagi bosim, dvigatel iste'mol qilayotgan kuchlanish aniqlanadi.

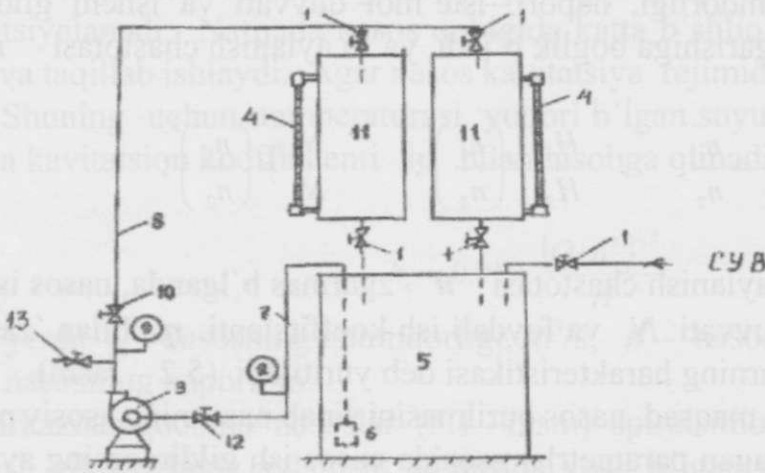
Nasos qurilmasi ishlashi paytida bu kattaliklar, ya'ni uzatilayotgan suyuqlikning miqdori Q shisha naychasining k'rsatkichlari buyicha, vaqt esa sekundomer bilan l'chanib, hisoblash jadvaliga yoziladi. Uzatilayotgan suyuqlikning napori metr suv ustunida aniqlanadi:

$$H = P_m + P_{vak} + \frac{w_x^2 + w_c^2}{2 \cdot g} + h \quad (5.13)$$

bu yerda R_m, R_{vak} - manometr va vakuummetrning metr suv ustunidagi k'rsatkichi; w_s, w_x - surish va xaydash trubalaridagi suyuqlikning tezligi, m/s; h - vakuummetr va manometr oraliqlaridagi masofa, m.

Surish va uzatish trubalarining diametri bir hil b'lganligi uchun suyuqlik bu trubalarda bir hil tezlikda harakat qiladi, ya'ni $w_s = w_x$. Bu xolda

$$H = P_m + P_{vak} + h \quad (5.14)$$



5.3-rasm. Laboratoriya nasos kurilmasining sxemasi.

- 1 - ventillar; 2 - vakuummetr; 3 - nasos; 4 - suyuqlik satxini l'chovchi naycha;
- 5 - suyuqlik rezervuari; 6 - qayttariq klapan; 7 - s'rish trubasi; 8 - uzatish trubasi;
- 9 - manometr; 10, 12 - rostlovchi ventillar; 11 - suyuqlik baklari; 13 - ventil.

Tajriba natijalarini hisoblash

Nasosning ish unumdorligi (m^3/c)

$$Q = \frac{Q_1}{1000 \cdot \tau} \quad (5.15)$$

bu yerda Q_1 - suvning shisha naychasi b'yicha l'changan miqdori, l; τ - vaqt birligi, s.

Nasosning iste'mol qiladigan quvvati, (kVt)

$$N = U \cdot I / 1000 \quad (5.16)$$

bu yerda U – tok kuchlanishi, V; I - tok kuchi, A.

Nasosning foydali ish koeffitsienti ushbu tenglamadan aniqlanadi:

$$\eta = \frac{Q \cdot \rho \cdot g \cdot H}{1000 \cdot N} \quad (5.17)$$

bu yerda Q - nasosning ish unumdorligi, m^3/s ; ρ - suyuqlik zichligi, kg/m^3 ; g – erkin tushish tezligi, m^2/s ; H - nasos umumiy nabori, uzatilayotgan suyuqlikning metr ustunida. $Q - H$, $Q - N$, $Q - \eta$ funksiya bogliklik grafiklari millimetrlilik qogozda chiziladi.

5-1 hisoblash jadvali

Aylan- ishlar soni, n, ayl/min	Vaqt birligi , τ , s	Suvning miqdori, Q, dm^3	Manometr k'rsatgan bosim, P_m		Vakuum k'rsatgan siyraklanish		Umumiy nabor, N, m	quvvat N, kVt	Foydalanish koeff. η , %
			kg/sm^2 yoki mm.sim. ustun	Mm.suv ustunida, N_m	$kg \cdot k/sm$ R_v	m. suv ustuni N_s			

Bir hil vaqt birligida uzatilayotgan suyuqlikning miqdori 3 marta 'lchanadi. 3 marta 'lchangan suyuqlikning 'rtacha miqdori hisoblash jadvaliga yoziladi.

Nazorat savollari

1. Nasoslar. Nasoslarning turlari.
2. Nasosning asosiy parametrlari: ish unumdorlik, iste'mol qiladigan quvvat, foydali ish koeffitsienti va surish balandligi.
3. Kavitatsiya xodisasi.
4. Markazdan qochma nasosning tuzilishi va ishlash prinsipi.
5. Proporsionallik qonuni.
6. Markazdan qochma nasoslarning harakteristikalari.

ADABIYOTLAR

1. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. - М.: Химия, 1973. – 727 с.
2. Плановский А.Н., Николаев П.И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии. – М.: Химия, 1987.- 496 с.
3. Нурмухамедов Х.С., Темиров О.Ш., Закиров С.Г. ва бошқалар. Газларни қайта ишлаш технологияси, жараён ва қурilmалари. – Т.: Фан ва технологиялар, 2016. – 856 б.
4. Yusupbekov N.R., Nurmuhamedov H.S., Zokirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalari. – Toshkent, Fan va texnologiyalar, 2015.- 848 b.

5. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Ҳ.С. ва бошқалар. Кимё ва озиқ-овқат саноатларнинг жараёнлари ва қурилмалари фанидан ҳисоблар ва мисоллар. – Т.: Nisim, 1999. – 351 б;
6. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Ҳ.С., Зокиров С.Ғ. ва бошқалар. Кимё ва озиқ-овқат саноатларининг асосий жараён ва қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. – Т.: Жаҳон, 2000. – 266 б.
7. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Ҳ.С., Зокиров С.Ғ. Кимёвий технология асосий жараён ва қурилмалар. – Т.: Фан ва технологиялар, 2003.-644 б.
8. Нурмухамедов Ҳ.С., Абдуллаев А.Ш., Ниғмаджонов С.К. ва бошқалар. Нефть ва кимё саноати машина ва қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. – Т.: Фан ва технологиялар, 2008. – 351 б.
9. Процессы и аппараты химической технологии. Явления переноса, макрокинетика, подобие, моделирование, проектирование: в 5 т. / Д.А.Баранов и др..- М.: Логос, 2002. – т.2: Механические и гидромеханические процессы. – 600 с.
10. Процессы и аппараты химической технологии.. Учеб. для студ. вузов / А. А. Захарова [и др.] ; под ред. А. А. Захаровой. – М. : Академия, 2006. - 528 с.
11. Pavlov. K.F, Romankov. P.G, Noskov. A.A. Примеры і задачі по курсу protsessov і apparatov хіміческоу technology. - L.: Хімія, 1981. – 575 s.
12. Нурмухамедов Ҳ.С., Аннаев Н.А., Бабаев З.К., Матчонов Ш.К. ва бошқалар. Иссиклик алмашилиш қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. - Т.: Билик, 2018. - 316 б.
13. Нурмухамедов Ҳ.С., Равичев Л.В., Абдуллаев А.Ш., Тожиев Р.Ж. Гидро- ва механик қурилмаларни ҳисоблаш ва лойиҳалаш. – Т.: ILMIY-TEKHNIKA AXBOROTI-PRESS NASHRIYOTI, 2021. - 354 бет.

MAVXUM QAYNASH QATLAMINING GIDRODINAMIKASI

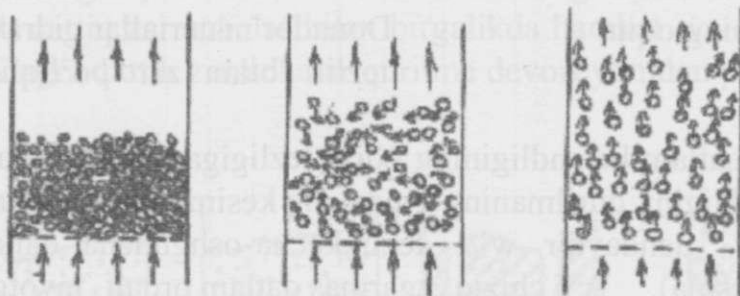
Ishning nazariy asoslari

Kimiyo va oziq-ovqat sanoatlarining k'pchilik texnologik jarayonlarida mavhum qaynash usuli keng q'llanilmoqda. Issiqlik almashinish, quritish, adsorbsiya, aralashtirish, uzatish, katalitik, kuydirish kabi jarayonlarda ishlatilishi yaxshi natijalar bermoqda.

Mavhum qaynash usulining bir qator afzalliklari bor, ya'ni fazalar 'rtasida kontakt yuzasi katta b'lishi jarayoni bir necha marta tezlashtiradi. Mavhum qaynash qatlamining gidravlik qarshiligi nisbatan katta emas.

Donasimon zarrachalar qatlami gaz tarqatuvchi t'r ustiga solinadi. Hamma shart-sharoitlar bir xil b'lganda, mavhum qaynash usulida massa almashinish 'zgarmas qatlamdagidan intensivroq b'ladi. Natijada, k'pchilik jarayonlarning tezligi ortadi.

Gaz yoki suyuqlik tezligiga qarab donasimon qatlamning xolati har xil b'ladi. Agar t'r orqali pastdan yuqoriga qaratib kichik tezlik bilan havo oqimi yuborilsa, material qatlami 'zgarmay qoladi va uning xarakteristiklari (solishtirma yuza, qatlamdagi zarrachalar orasidagi b'shlik va xokazo) tezlik oshishi bilan 'zgarmaydi (6.1a-rasm).



6.1-rasm.

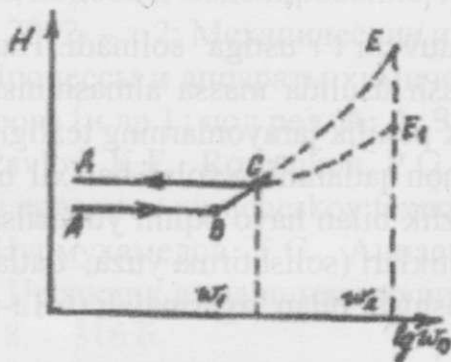
Lekin, havo oqimning tezligini asta-sekin oshirib borsak, tezlik ma'lum bir kritik qiymatga ega b'lganda qatlam kengayadi, uning balandligi (N) va qatlamdagi zarrachalar orasidagi b'shliq (ϵ) ortib boradi. Bunda qatlamdagi materiallarning o'irligi oqimning gidrodinamik bosim kuchiga teng bulib qoladi zarrachalar gidrodinamik muvozanat xolatini egallaydi va har xil y'nalishda siljiy boshlaydi. Havo tezligini yanada oshirsak, zarrachalar harakatining intensivligi ortadi va ular har xil y'nalishda intensiv harakat qiladi. Bunday sharoitda qatlam mavhum qaynash holatini egallaydi, ya'ni qatlam xuddi kaynaetgandek b'lib k'rinadi (6.1b-rasm).

qatlamning 'zgarmas holatdan mavhum qaynash holatga 'tishiga t'ri keladigan havo yoki suyuqlikning tezligi mavhum qaynashning boshlanish tezligi yoki birinchi

kritik tezlik deb ataladi.

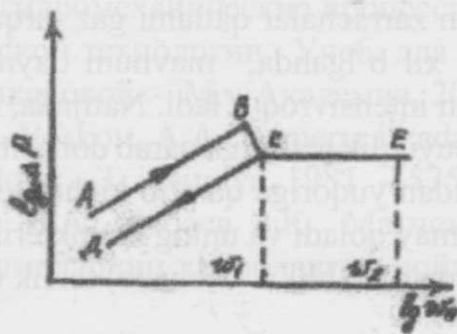
Agar, oqim tezligini yana oshiraversak, qatlamdagi zarrachalarning orasida b' shliq $\varepsilon = \frac{V_K - V_0}{V_K}$ ortadi va uning balandligi N yangi kritik tezlikgacha ortaveradi. Bunda, gidrodinamik bosim kuchlari materialning o'irlilik, kuchlaridan ancha ortib ketadi, natijada qattiq zarrachalar oqim bilan chiqib ketadi (6.1v-rasm). Zarrachalarning yuza oqimi bilan chiqib ketish xolatiga t'2ri keladigan tezlik chiqib ketish tezligi yoki ikkinchi kritik tezlik deb ataladi. Shunday qilib, mavhum qaynash birinchi (w_2) va ikkinchi (w_2) kritik tezliklar 'rtasida yuz beradi.

Zarrachalarning chiqib ketish tezligi ostida ommaviy olib ketilishi xodisasini pnevmotransport deyiladi va u sanoatda materiallarni bir yerdan ikkinchi yerga siljitish uchun q'llanadi.



6.2-rasm.

Qatlam balandligining oqim tezligiga bo'liqligi



6.3-rasm

Donador materiallar gidravlik qarshiligining tezlik bilan 'zaro bo'liqligi.

6.2-rasmda qatlam balandligining oqim tezligiga bo'liqligi tasvirlangan. Fiktiv tezligi deb oqim tezligini qurilmaning k'ndalang kesim yuzasining nisbatiga aytiladi.

Fiktiv tezlik w_0 qandaydir w'_0 tezlikkacha oshguncha, qatlamning balandligi 'zgarmaydi (AV kesma). AV chiziq 'zgarmas qatlam orqali 'tayotgan gaz harakatini tasvirlaydi. Bu oraliqda tezligi oshishi bilan qatlamning gidravlik qarshiligi R ortib boradi. VS chiziq mavhum qaynash jarayonining boshlanishini xarakterlaydi.

Ammo, mavhum qaynash boshlanishidan avvalgi gidravlik qarshilik S nuqtadagidan k'prok b'ladi (V nuqta). Bunga sabab, 'zgarmas qatlamdagi (AV chiziq) zarrachalar orasidagi tortishish kuchlarining borligidir. Oqimning tezligi w'_0 kattaligiga yetganda, zarrachalar tortishish kuchini yengadi va bosimlar farqi qattiq zarrachalar o'irligiga teng b'ladi. S nuqta 'zgarmas qatlamning mavhum qaynash holatiga 'tishini k'rsatadi, shu nuqtaga t'2ri kelgan tezlik w_1 birinchi kritik tezlini xarakterlaydi. Mavhum qaynash jarayonining boshlanishi bilan oqimning gidrodinamik bosim kuchlari qatlamdagi qattiq zarrachalar o'irligi muvozanatga solib turadi. Gaz oqimi tezligining ortishi bilan qattiq zarrachalar o'irligini 'zgarmaydi, zarrachalarni mavhum qaynash holatida ushlab turish uchun zarur b'lgan energiya sarfi ham bir xil b'ladi. Bu

holat grafikda SE gorizontaal chiziq orqali ifodalanadi. Ye nuqtaga tugri kelgan tezlik w_2 ikkinchi kritik tezlikni xarakterlaydi.

Tezligini w_2 ikkinchi kritik tezlik w_2 dan oshirsak, qatlam muvozanati buziladi va zarrachalar qurilmadan oqim bilan birga chiqib keta boshlaydi. Bunda qatlamdagi zarrachalar orasidagi bushliq 'sib boradi.

Agar oqimning tezligi asta-sekin kamaytirib borilsa, egri chiziq A nuqtada kesishmay pastroqdan 'tadi, ya'ni ch'qqi hosil bulmaydi. Bu xodisa gisterezis deb nomlanadi.

Mavhum qaynash jarayoni mavhum qaynash soni bilan xarakterlanadi:

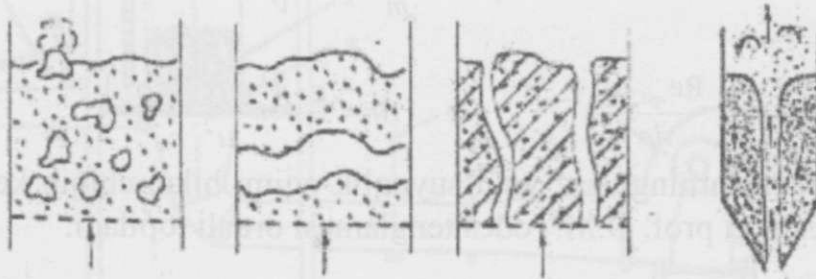
$$K_w = \frac{w_w}{w_1} \quad (6.1)$$

bu yerda w_w - qurilmaning t'la kesimiga nisbatan olingan oqimning ishchi tezligi.

Mavhum qaynash soni K_w zarrachalarning qatlamdagi aralashish intensivligi k'rsatadi. Tajriba usuli bilan $K_w=2$ b'lganda, eng intensiv aralash sodir b'lishi aniqlangan. K_w qiymati oshishi bilan qatlam turli jinsli b'lib boshlaydi.

Ayrim sharoitlarida gaz k'piklariga ega b'lgan mavhum qaynash qatlami hosil b'ladi (6.4a,b,v-rasm). Agar donasimon zarrachalarning 'lchami katta, qurilmaning diametri kichik va gazning tezligi yuqori b'lsa porshenli qatlam paydo b'ladi.

'lchami kichik va nam materiallarning qaynashida kanalsimon mavhum qaynash hosil b'ladi (6.2b-rasm). Bu holatda gaz kanallar orqali 'tib, qattiq materiallarning massasi 'zgarmaydi. Konussimon va konussilindrsimon qurilmalarda kanal hosil qiluvchi qatlam fontanli qatlamga aylanadi. (6.2v-rasm). Bunda gaz yoki suyuklik oqimi qurilmaning uki b'ylab qattiq zarrachalar bilan birgalikda harakat va fontan kabi ularni yuqoriga otadi. S'ngra qattik zarrachalar qurilma devori yonidan pastga qarab harakat kiladi.



6.4-rasm. Mavhum qaynash turlari:

a) porshenli qaynash qatlami; b) kanalli qaynash qatlami;

v) fontanli qaynash qatlami.

Mavhum qaynash qatlamining gidravlik qarshiligi ΔR_k qattiq zarrachalar o'iriligining G_k qurilma k'ndalang kesimi yuzasining S nisbatiga teng.

$$\Delta P = \frac{G_k}{S} \quad (6.2)$$

qattiq zarrachalar o'irligi esa,

$$G_k = F \cdot H \cdot (1 - \varepsilon) \cdot (\rho_{k.z.} - \rho_m) \cdot g \quad (6.3)$$

bu yerda H - qatlamning balandligi, m; ε - qatlamdagi bush hajm; $\rho_{k.z.}, \rho_m$ - qattiq zarracha va muhitning zichliklar kg/m^3 .

Fiktiv tezlik w oshib borishi bilan qatlamning balandligi N va b'sh xajmi ε ortadi. Lekin $(1 - \varepsilon)$ kamaygani bilan $N(1 - \varepsilon)$ 'zgarmaydi, chunki mavhum qaynash qatlamining gidravlik qarshiligi fiktiv tezlikning w_0 qiymatiga b²liq emas. 'Zgarmas qatlam va mavhum qaynash qatlami balandliklari 'zaro bo²liqligi quyidagi ifodadan topiladi:

$$H \cdot (1 - \varepsilon) = H_0 \cdot (1 - \varepsilon) \quad (6.4)$$

N_0 - 'zgarmas qatlam balandligi, m;

Mavhum qaynash qatlamining b'sh hajmi ushbu tenglamadan topiladi:

$$\varepsilon_0 = 1 - \frac{H_0}{H} \cdot (1 - \varepsilon) \quad (6.5)$$

bu yerda N_0/N qatlamning kengayish koeffitsienti. U mavhum qaynash qatlamining hajmi 'zgarmas qatlamning hajmidan necha barobar kattaligini k'rsatadi.

Sharsimon bir jinsli zarracha uchun $\varepsilon \approx 0,4$ b'lganda birinchi kritik tezliq prof. O.M.Todes tenglamasi yordamida topiladi:

$$Re_{kp1} = \frac{Ar}{1400 + 5,22 \cdot \sqrt{Ar}} \quad (6.6)$$

bu yerda

$$Re_{kp1} = \frac{w_1 \cdot d \rho}{\mu} = \frac{w_1 \cdot d}{\nu} \quad (6.7)$$

$$w_1 = \frac{Re_{kp1} \cdot \mu}{d \rho}; \quad Ar = \frac{g \cdot d^3 \cdot (\rho_{k.z.} - \rho_m)}{\mu^2} \quad (6.8)$$

qattiq zarrachalarning gaz yoki suyuqlik oqimi bilan chiqib ketishezligi yoki ikkinchi kritik tezligi prof. O.M.Todes tenglamasi orqali topiladi:

$$Re_{kp2} = \frac{Ar}{18 + 0,575 \cdot \sqrt{Ar}} \quad (6.9)$$

bu yerda

$$Re_{kp2} = \frac{w_2 \cdot d \rho}{\mu} = \frac{w_2 \cdot d}{\nu} \quad (6.10)$$

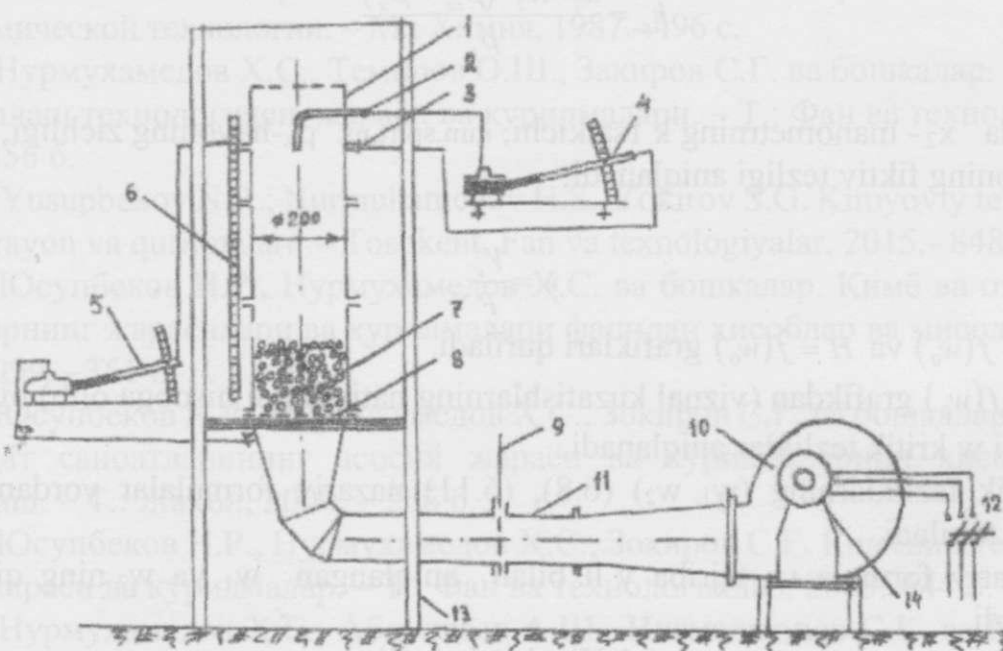
$$w = \frac{Re_{kp2} \cdot \mu}{d \rho} \quad (6.11)$$

bu yerda Ar - Arzimed kriteriysi; v - kinematik qovushoqlik, m^2/s ; d – qattiq zarracha diametri, m.

Ishni 'tkazishdan maqsad – mavhum qaynash qatlamining gidravlik qarshiligini, birinchi va ikkinchi kritik tezliklarini aniqlash, hamda ularni nazariy usulda hisoblangan kattaliklar bilan taqqoslash. $\Delta P = f(w)$ va $H = f(w)$ bo²likliklarni grafik usulda tasvirlash.

Ishni bajarish tartibi

6.5-rasmda tajriba 'tkazish qurilmasi tasvirlangan va u quyidagi qismlardan iborat: organik shishadan yasalgan kolonna (1), uning pastki qismida kesim yuzasi 20% b'lgan t'r parda (8) 'rnatilgan. T'r parda ustiga 'lchami $10 \times 10 \times 10$ mm b'lgan penoplastdan tayyorlangan kubsimon zarrachalar joylashtiriladi: Tur parda ostiga, gaz trubalar (11) orqali ventilyator yordamida rostlanadi. Havoning sarfi shiber (9) yordamida rostlanadi. Mavhum qaynash qatlamining balandligi 'lchov chizi'i (6) bilan 'lchanadi. Gidravlik qarshilik miqdori mikromanometr (5) bilan aniqlanadi. Havoning sarfi Pito-Prandtl trubkasi ulangan mikromanometrda h_g ni 'lchash y'li bilan topiladi.



6.5-rasm.

Kolonnaning (1) t'r pardasi (8) ustiga donasimon zarrachalardan iborat qatlam k'yiladi va tagidan ventilyator (10) yordamida havo berib boshlanadi. Havoni sarfini o'zginadan oshirib borib qatlamning mavhum qaynash boshlanishi aniqlanadi. Sungra havoning sarfi asta-sekin k'paytiriladi. Mavxum kaynash boshlanadi. Tajribalar paytida

qatlamning gidravlik qarshiligi va balandligi N 'lchanib boriladi. Materiallarni intensiv qaynash holatiga olib borilib, ΔR va R ning qiymatlari yozib olinadi. Keyin ventilyator va havo berish t'xtatiladi. Har bir tajribaning son qiymatlari jadvalga yozib q'iyiladi.

Tajriba k'rsatkichlarini hisoblash

1. Dinamik bosimning h qiymatiga karab hajmiy sarf quyidagi tenglamadan qarab topiladi:

$$V_x = \alpha \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \sqrt{2g \cdot h_g}$$

$$\Delta P_x = x \cdot K_1 \rho_{cn} g$$

bu yerda D - qurilma diametri, $D=200$ mm; α -tuzatish koeffitsienti, $\alpha=0,7$; g - erkin tushish tezligi, $g=9,81$ m/s²; ρ - spirtning zichligi, kg/m³; x_1 - mikromanometrning k'rsatkichi, mm.sim.ust.; K_1, K_2 - mikromanometrning burchak koeffitsienti; h_g - dinamik bosim, mm.suv.ust.

$$h_g = \frac{x_2 \cdot K_2 \cdot (\rho_{cn} - \rho_x)}{\rho_x}$$

bu yerda x_2 - manometrning k'rsatkichi, mm.spirt.us. ρ_x -havoning zichligi, kg/m³.

2. Havoning fiktiv tezligi aniqlanadi;

$$w = \frac{V_x}{F}$$

3. $\Delta P_x = f(w_0)$ va $H = f(w_0)$ grafiklari quriladi.

4. $\Delta P_x = f(w_0)$ grafikdan (vizual kuzatishlarning natijalarini hisobga olib) birincha w va ikkinchi w kritik tezliklar aniqlanadi.

5. Kritik tezliklarning (w_1, w_2) (6.8), (6.11) nazariy formulalar yordamida son qiymatlari topiladi.

6. Nazariy formula va tajriba y'li bilan aniqlangan w_1 va w_2 ning qiymatlari solishtiriladi.

6.1 Hisobot jadvali.

Havoning hajmiy sarfi, V , m ³ /s	Havoning fiktiv tezligi w_0 , m/s	qatlamning gidravlik qarshiligi ΔP , Pa·s	qatlamning balandligi H , m.

Tekshirish uchun savollar

1. Mavhum qaynash qatlami. Uning afzalliklari va kamchiliklari.
2. qatlamning gidravlik qarshiligi.
3. Mavhum qaynash turlari.
4. Mavhum qaynashning kritik tezliklari.

Q'shimcha savollar

1. Ikki fazali oqimning gidrodinamikasi.
2. qaysi texnologik jarayonlarda mavhum qaynash ishlatiladi?

ADABIYOTLAR

1. Касаткин А.Г. Основнке процесск и аппаратк химической технолдогии. - М.: Химия, 1973. – 727 с.
2. Плановский А.Н., Николаев П.И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии. – М.: Химия, 1987.- 496 с.
3. Нурмухамедов Х.С., Темиров О.Ш., Закиров С.Г. ва бошкалар. Газларни кайта ишлаш технологияси, жараён ва қурилмалари. – Т.: Фан ва технологиялар, 2016. – 856 б.
4. Yusupbekov N.R., Nurmuhamedov H.S., Zokirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalari. – Toshkent, Fan va texnologiyalar, 2015.- 848 b.
5. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С. ва бошкалар. Кимё ва озик-овкат саноатларнинг жараёнлари ва қурилмалари фанидан ҳисоблар ва мисоллар. – Т.: Nisim, 1999. –351 б;
6. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С., Зокиров С.Ф. ва бошкалар. Кимё ва озик-овкат саноатларининг асосий жараён ва қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. – Т.: Жаҳон, 2000. – 266 б.
7. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С., Зокиров С.Ф. Кимёвий технология асосий жараён ва қурилмалар. – Т.: Фан ва технологиялар, 2003.-644 б.
8. Нурмухамедов Х.С., Абдуллаев А.Ш., Ниғмаджонов С.К. ва бошкалар. Нефть ва кимё саноати машина ва қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. – Т.: Фан ва технологиялар, 2008. – 351 б.
9. Процессы и аппараты химической технологии. Явления переноса, макрокинетика, подобие, моделирование, проектирование: в 5 т. / Д.А.Баранов и др..- М.: Логос, 2002. – т.2: Механические и гидромеханические процессы. – 600 с.
10. Процессы и аппараты химической технологии.. Учеб. для студ. вузов / А. А. Захарова [и др.] ; под ред. А. А. Захаровой. – М. : Академия, 2006. - 528 с.
11. Pavlov. K.F, Romankov. P.G, Noskov. A.A. Primerы i zadachi po kursu

protseessov i apparatov ximicheskoy texnologii. - L.: Ximiya, 1981. – 575 s.

12. Нурмухамедов Ҳ.С., Аннаев Н.А., Бабаев З.К., Матчонов Ш.К. ва бошқалар. Иссиклик алмашилиш қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. - Т.: Билик, 2018. - 316 б.

13. Нурмухамедов Ҳ.С., Равичев Л.В., Абдуллаев А.Ш., Тожиёв Р.Ж. Гидро- ва механик қурилмаларни ҳисоблаш ва лойиҳалаш. – Т.: ИЛМИЙ-ТЕХНИКА АХБОРОТИ-PRESS NASHRIYOTI, 2021. - 354 бет.

FILTRLASH DOIMIYSINI ANIQLASH

Ishning nazariy asoslari

Suspenziya va changli gazlarni filtr to'siqlar orqali Oo'tkazib tozalash jarayoni filtrlash deyiladi.

Filtr to'siqlar qattiq zarrachalarni ushlab qolib suyuqlik yoki gazni o'tkazib yuborish qobiliyatiga ega.

Filtr to'siqlar yoki filtr sifatida mayda teshikli turlar, turli gazlamalar, sochiluvchan materiallar, keramik buyumlar va boshqalar ishlatiladi. Filtr sifatida paxta, yung va sintetik gazlamalardan tayyorlangan materiallar ham ishlatiladi.

Suspenziya va chang gazlarni mayda qattiq zarrachalardan tozalash jarayoni filtr qurilmalarida olib boriladi. Filtr qurilmalarining asosiy qismlari quyidagilardan iborat (7.1 – rasm).

Filtr to'siqlari qurilmaning hajmini ikki bo'lakka ajratib turadi (A va B). Yuqoridagi A hajm filtrlash lozim bo'lgan suyuqlik bilan to'ldiriladi, quyidagi B esa, hajm tozalangan suyuqlik, ya'ni filtrdan iborat bo'ladi.

Filtrlash jarayonida gidrodinamikaning aralashgan ikki sharti bajariladi, ya'ni avval filtr to'qimalarida qattiq zarrachalarni cho'kma hosil bo'lishida gidrodinamikaning tashqi vazifasi, suyuqlikning hosil bo'lgan cho'kma holdagi qattiq zarrachalarning qatlami, hamda cho'kma orasidagi kapillyarlaridan va filtr to'qimalaridan

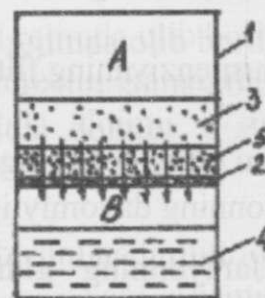
o'tishida gidrodinamikaning ichki vazifasi namoyon bo'ladi. Suspenziya A bo'lakdagi hajmdan B hajmga o'tishida, ya'ni filtratning hosil bo'lishida, tozalanayotgan suyuqlik bir qator gidravlik qarshiliklarga duch keladi, ya'ni dispers fazaning suyuqlik harakatiga asosiy to'skinlik qiluvchi hosil bo'lgan cho'kmaning, hamda filtr to'siqlarining qarshiliklarini yengib o'tadi.

Filtrlash jarayonining harakatlantiruvchi kuchi A va B bo'laklarni hajmlardagi bosimlarning farqi ΔP teng bo'ladi ya'ni

$$\Delta P = P_1 - P_2 \quad (7.1)$$

bu yerda R_1 -A bo'lak hajmdagi suyuqlik ustidagi absolyut bosim, N/m^2 ; R_2 - B bo'lak hajmdagi yig'ilgan filtratdagi absolyut bosim, N/m^2 .

Filtrlash jarayonida vaqtinng o'tishi bilan filtr to'kimalari ning yuza qismida cho'kma hosil bo'lib, cho'kma qatlamining balandligi oshib boradi.



7.1. расм. Фильтр ³урилмаси.
1 - фильтр; 2 - фильтр тусиклар; 3 - чуқма; 4 - суспензия; 5 - филтрат.

Hosil bo'lgan cho'kma balandligi o'zgarimas ko'ndalang kesim filtr Qurilmasi, ya'ni filtr to'qimasidagi cho'kmaning hajmini belgilaydi. Cho'kmaning ortib borishi natijasida suspenziya asosan cho'kma qatlamidan o'tib, filtr to'qimalar esa, filtr vazifasini bajarmay qo'yadi. Bu vaqtda filtrlash jarayonida asosiy gidravlik qarshilik cho'kmaning qarshiligi bilan belgilanadi.

Filtr $\Delta R > R_4$ bo'lganda normal ishlaydi. Qatlamning ortib borishida cho'kmaning gidravlik qarshiligi ΔR_4 ko'payib, vaqt o'tishi davomida A va V bo'lak hajmlari orasidagi bosimlar farqi ΔR cho'kma hajmining gidravlik qarshiligiga ΔR teng bo'lib qoladi.

$$\Delta P = \Delta P_2 \quad (7.2)$$

Bu vaqtda filtrlash protsessi to'xtatilib, filtr to'qimalari yuzasidagi cho'kma tozalab olinadi. Filtr tuqima kapillyarlaridagi qolgan cho'kimalar tozalab olish uchun suv bilan yuviladi yoki havo bilan puflanadi va filtr qurilmasida qaytadan ishlatiladi.

Shunday qilib filtrlash jarayonining asosiy xarakteristikasi quyidagilardan iborat:

1. Jarayonning harakatlantiruvchi kuchi

$$\Delta P = P_1 - P_2$$

2. Suspenziyaning filtrlash tezligi

$$dV/S \cdot d\tau, \quad m^3/m^2 \cdot c \quad (7.3)$$

bu yerda V - olingan filtratning hajmiy miqdori, m^3

τ -jarayonning davomiyligi, s S - filtr to'qimalarining ko'ndalang kesimi, m^2

3. Jarayonning gidravlik qarshiligi ΔR_4 . Filtrlash tezligi $\frac{dV}{S \cdot d\tau}$ jarayonning harakatlantiruvchi kuchiga ΔR_4 to'g'ri va gidravlik qarshiligiga ΔR_4 teskari proporsionaldir.

$$\frac{dV}{S \cdot d\tau} = \frac{\Delta P}{\Delta P_2} \quad (7.4)$$

yoki

$$\frac{dV}{S \cdot d\tau} = \frac{\Delta P}{\mu \cdot (R_r + R_{\phi.m.})} \quad (7.5)$$

bu yerda R_4 - cho'kma qatlamining qarshiligi cho'kmaning hajm miqdori va cho'kmaning hajm jihatdan olingan solishtirma qarshiligi r_0 bilan aniqlanadi; μ suspenziyaning qovushoqligi; R_{ft} - filtr to'qimalarining qarshiligi. Filtrda hosil bo'lgan cho'kmaning miqdori filtrat hajmi va uining tarkibidagi qattik moddalarning konsentratsiya miqdori x_0 bilan aniqlanadi. Bu vaqtda cho'kmaning hajmi quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$x_0 \cdot V = h_r \cdot S \quad (7.6)$$

bu yerda h_r - cho'kma qatlamining balandligi, m; S - filtr qurilmasining ko'ndalang kesimi, m^2 ;

Cho'kma qatlamining qarshiligi quyidagicha aniqlanadi:

$$R_r = r_0 \cdot h_r = r_0 \cdot x_0 \cdot \frac{V}{S} \quad (7.7)$$

(7.7) tenglikdagi R_r ning qiymatini (7.5) tenglamaga qo'yib quyidagi ifodaga erishamiz:

$$\frac{dV}{S \cdot d\tau} = \frac{\Delta P}{\mu \cdot \left(r_0 \cdot x_0 \cdot \frac{V}{S} + R_{\phi.m.} \right)} \quad (7.8)$$

Bu tenglik filtrlash jarayonining asosiy tenglamasi deyiladi.

Cho'kma qatlamining qarshiligiga nisbatan filtr to'siqlarining qarshiligi juda xam kichkina qiymat bo'lganligi uchun, uni hisobga olmasak, u holda filtrlashning differensial tenglamasi quyidagi holda bo'ladi:

$$\frac{dV}{S \cdot d\tau} = \frac{\Delta P \cdot S}{\mu \cdot r_0 \cdot x_0 \cdot V} \quad (7.9)$$

yoki

$$\frac{dV}{d\tau} = \frac{\Delta P \cdot S^2}{\mu \cdot r_0 \cdot x_0 \cdot V} \quad (7.10)$$

Qimiyo va oziq-ovqat sanoatida filtratsiya jarayoni uch xil rejimda olib boriladi.

1. $\Delta R = \text{const}$. Bosimlar farqi o'zgarmas bo'lganda, filtrlash tezligi kamayib boradi. Bu rejimda siqilgan havo yordamida filtr bilan cho'kma ostida doimiy o'zgarmas bosim hosil qilinib turiladi va filtr ochiq bo'lib, filtrat vakuum yordamida tortib olinadi.

2. $W = \text{const}$ filtrlash tezligi o'zgarmas bo'lishi uchun bosimlar farqini oshirish kerak. Bu rejimda ishlaydigan filtrlarga suspenziya porshenli nasoslar yordamida beriladi.

3. Bir vaqtning o'zida bosim va filtrlash tezligi o'zgarib turadi. Bu rejimda ishlaydigan filtrlarga suspenziya vakuum nasos yordamida beriladi.

Agar (7.10) tenglamani bosimlar farqi o'zgarmas rejimda ishlaydigan $\Delta R = \text{const}$ filtrlash uchun integrallasak, quyidagi ifodaga erishiladi:

$$\int_0^V V dV = \frac{\Delta P \cdot S^2}{\mu \cdot r_0 \cdot x_0} \quad (7.11)$$

$$\frac{V^2}{2} = \frac{\Delta P \cdot F}{\mu \cdot r_0 \cdot x_0} \cdot \tau \quad (7.12)$$

$$V = F \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta P \cdot \tau}{\mu \cdot r_0 \cdot x_0}} \quad (7.13)$$

(7.13) tenglama orqali vakt davomida olingan filtratning hajmini, filtr qurilmasining unumdorligini aniqlash mumkin. Xuddi shuningdek, filtrlash vaqtini xar qanday rejim uchun topish mumkin. Bu tenglamadan ko'rinib turibdiki, bosimlar farqi o'zgar-mas bo'lganda, filtrlash vaqti qancha ko'p bulsa, shuncha ko'p filtrat olinadi.

(7.13) tenglamadagi bosimlar farqi ΔP suspenziyaning qovushoqligi, cho'kmaning solishtirma qarshilig μ , cho'kma va filtrat hajmla-rining nisbati faqat tajriba orqali aniqlanadi. Shu sababli, bularning o'zaro bog'liqligi filtrlash doimiyligi K orqali ifoda-lanadi:

$$K = \frac{\Delta P}{\mu \cdot r_0 \cdot x_0} \quad (7.14)$$

Filtrlash doimiyligi bosimlar farqi, cho'kmaning fizik tarkibi va suspenziyaning qovushoqligini hisobga oladi.

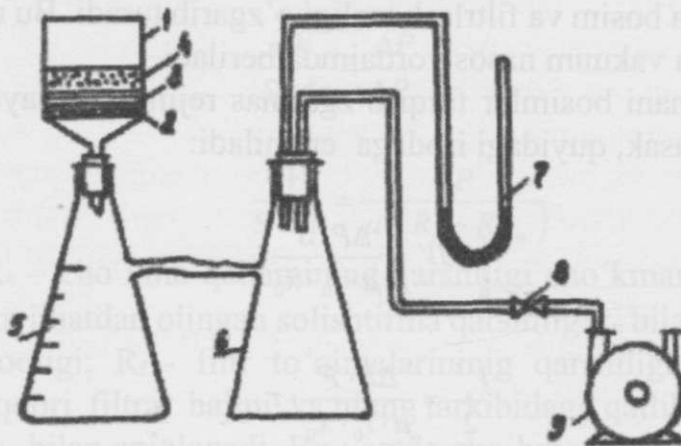
Xuddi shuningdek filtr to'siqlarining gidravlik karshiligini, ham filtrlash doimiyligi S bilan belgilash mumkin:

$$C = \frac{R_{\phi.m.}}{r_0 \cdot x_0} \quad (7.15)$$

Filtr to'sik va filtrlash doimiylarining qiymatlarini (7.8) tenglamaga quysak, quyidagi ko'rinishga keladi:

$$V^2 + 2 \cdot V \cdot c = K \cdot \tau \quad (7.16)$$

Ushbu ishni o'tkazishdan maqsad, filtrda cho'kmaning hosil bo'lishida filrlash doimiyligini aniqlash. 7.2-rasmda filrlash doimiyligini aniqlash uchun laboratoriya qurilmasi tasvirlangan.



7.2-rasm. Laboratoriya qurilmasi.

1- voronka; 2-nutch filtrning tag qismi; 3-filtrlash tusig'i; 4-cho'kma; 5-vakuum nasosga ulangan filtrat yig'iladigan idish; 6-oraliq idish; 7-vakuumni o'lchovchi simobli manometr; 8-vakuum miqdori rostlovchi kran; 9-vakuum nasos.

Ishni bajarish tartibi

1. Berilgan konsentratsiya buyicha suspenziya tayyorlanadi.
2. Laborant ishtirokida laboratoriya tajriba qurilmasining holati tekshiriladi.
3. Filtrlash uchun suspenziya nutch-filtrga quyiladi. Laborant ishtirokida vakuum-nasos ishga tushirilib, yig'gichda vakuum hosil kilinadi. Vakuum-biror qurilmaning atmosfera bosimi dan past bosimda ishlashni ko'rsatadi. Vakuumning miqdori U-simon manometr bilan aniqlanadi. Yig'gichdagi to'la absolyut bosim atmosfera va vakuum bosimlar orasidagi farqqa teng bo'ladi.
4. O'zgarmas bir xil vaqt birligida filtrlangan filtratning hajmi aniqlanadi.
5. Filtrning yuzasi aniqlanadi.
6. Kuzatish tajriba birliklari jadvaldan yoziladi va hisoblanadi.
7. Tajriba asosida $\Delta\tau/\Delta q - q$ orasidagi boglanish grafigi chiziladi.
8. Filtrlash doimiyligi K hisoblanadi.

Tajriba ko'rsatkichlarini hisoblash

Filtrlash davomida cho'kmaning hosil bo'lishida filtrlash doimiyligi aniqlanadi. Ushbu filtrda filtrlash doimiyligi o'zgarmas kattalik bo'lib, filtrlash rejimini, cho'kmaning, hamda eritmaning fizik-kimyoviy hususiyatlarini hisobga oladi, filtrlash differensial tenglamasi orqali aniqlanadi:

$$\frac{dV}{d\tau} = \frac{\Delta P \cdot S^2}{\mu \cdot r_0 \cdot x_0 \cdot V}$$

Ifodada V - filtrning unumdorligi τ vaqt ichida oqib o'tgan filtratning hajm miqdori, m^3 ; τ - filtrlash vaqti, s; ΔR - filtrlashdagi bosimlarning farqi, N/m^2 ; S - filtrning umumiy yuzasi, m^2 ; μ - suyuqlikning qovushoqligi, $N \cdot s/m^2$; $x_0 = V_2/V$ cho'kma hajmining V_4 filtrat hajmiga Vga nisbati; r_0 - cho'kmaning solishtirma qarshiligi.

Agar $S = 1m^2$ deb qabul qilinsa:

$$dV/d\tau = \Delta P/\mu \cdot r_0 \cdot x_0 \quad (7.17)$$

Filtrlash jarayoni o'zgarmas bosimlar farqida olib borilganligi uchun ya'ni $\Delta R = \text{const}$ da K' ning miqdori:

$$\Delta P/\mu \cdot r_0 \cdot x_0 = K'$$

(7.18) tenglamani K bilan ifodalasak, u holda (7.17) tenglama quyidagicha ifodalanadi:

$$\frac{dV'}{d\tau} = \frac{K'}{V} \quad \text{yoki} \quad V \cdot dV = K' \cdot d\tau \quad (7.18)$$

(7.12) integrallab quyidagi ifodani olinadi:

$$\frac{V^2}{2} = K' \cdot \tau \quad \text{yoki} \quad V^2 = 2 \cdot K \cdot \tau \quad (7.19)$$

ifodada K – filtrlash doimiyligi. Filtrlash tezligini shu moment vaqt ichida aniqlash uchun (7.19) tenglamani differensiallab, xaqiqiy filtrlash tezligini topamiz, ya'ni

$$2 \cdot V \cdot dV = K \cdot d\tau \quad (7.20)$$

hosil bulgan ifodadan filtrlash doimiyligini aniqlash uchun quyidagicha yozish mumkin:

$$\frac{dV}{d\tau} = \frac{K}{2 \cdot V} \quad (7.21)$$

Hisoblashni qulaylashtirish uchun (7.21) ifodani quyidagicha tasvirlash mumkin:

$$\frac{\Delta\tau}{\Delta q} = \frac{2}{K} \cdot q \quad (7.22)$$

ifodada $q = V/S$ - filtrning solishtirma unimdorligi, m^3/m^2 ; $\Delta\tau/\Delta q$ - filtrlash tezligining teskari qiymatiga to'g'ri kelgan miqdor: (7.22) tenglamani koordinat uklarida $\Delta\tau/\Delta q - q$ bog'lanish orqali ifodalanganda, grafikda to'g'ri chiziq hosil bo'lib, uning og'ma tengens burchagining $\text{tg}\alpha = 2/K$ qiymati filtrlash doimiyligiga teng bo'ladi.

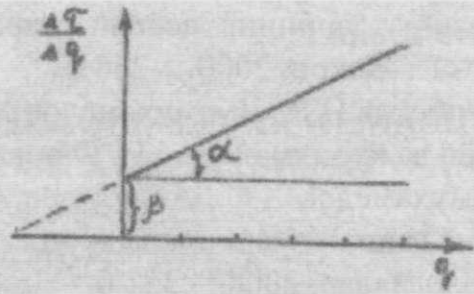
7-1 Hisoblash jadvali

Filtratning umumiy hajm miqdori, V, m^3	o'lchov vaqtlar orasidagi farq τ, s	Filtra hajm miqdorining vaqt bir ligida ortishi $\Delta V, m^3$	Filtrat hajm miqdorining filtrat yuzasiga nisbati $\Delta q = \frac{\Delta V}{S}$ $m^3/m^2 = m$	$\Delta\tau/\Delta q$ ning nisbati s/m	Filtr yuzasi- S, m^2	Umumiy filtrat hajm miqdori V, m^3
Olingan kattaliklarning SI sistemada ifodalanishi						
m^3	s	m^3	m	s/m	M^2	m^3

7-2 jadvaldan $\Delta\tau/q$ ga to'g'ri kelgan q olinib koordinat o'qlariga grafik quriladi.

$\Delta\tau_1/\Delta q_1$	q_1
$\Delta\tau_2/\Delta q_2$	q_2
$\Delta\tau_3/\Delta q_3$	q_3

$\Delta\tau_1/\Delta q_1$	q_1
$\Delta\tau_2/\Delta q_2$	q_2
$\Delta\tau_3/\Delta q_3$	q_3



Grafikda hosil bo'lgan to'g'ri chiziq suspenziyani filtrlash jarayonini ifodalaydi. To'g'ri chiziqdan tangens og'ish burchagining qiymatini aniqlab, undan $\operatorname{tg}\alpha = 2/K$ ifoda orqali filtrlash doimiyligi K ni aniqlaymiz. Filtr to'siqlarining o'zgarmas qarshiligining miqdorini aniqlash uchun, ordinata o'qi bilan filtrlash jarayoni chizig'i bilan kesishgan kesma aniqlanadi. Bu kesmaning miqdori $V=2s/K$ ga teng bo'ladi. Bu ifodadan o'zgarmas kattalik "S" ning miqdori aniqlanadi.

NAZORAT SAVOLLARI

1. Filtrlash jarayonning fizik mohiyati.
2. Filtrlash jarayonining qarshiligi va harakatlantiruvchi kuchi.
3. $P=const$ bulgan holatda filtratsiya tenglamasi.
4. Filtrlar konstruksiyalari, ishlash prinsipi, solishtirish xarakteristikalarini.
5. Suspenziyalarni markazdan qochma kuch ta'sirida ajratish.
6. Gaz aralashmalarini filtrlar vositasida tozalash.

ADABIYOTLAR

1. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. - М.: Химия, 1973. - 727 с.
2. Плановский А.Н., Николаев П.И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии. - М.: Химия, 1987.- 496 с.
3. Нурмухамедов Х.С., Темиров О.Ш., Закиров С.Г. ва бошқалар. Газларни кайта ишлаш технологияси, жараён ва қурилмалари. - Т.: Фан ва технологиялар, 2016. - 856 б.
4. Yusupbekov N.R., Nurmuhamedov H.S., Zokirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalari. - Toshkent, Fan va texnologiyalar, 2015.- 848 b.
5. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С. ва бошқалар. Кимё ва озиқ-овқат саноатларнинг жараёнлари ва қурилмалари фанидан ҳисоблар ва мисоллар. - Т.: Nisim, 1999. -351 б;

6. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Ҳ.С., Зокиров С.Ғ. ва бошқалар. Кимё ва озиқ-овқат саноатларининг асосий жараён ва қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. – Т.: Жаҳон, 2000. – 266 б.

7. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Ҳ.С., Зокиров С.Ғ. Кимёвий технология асосий жараён ва қурилмалар. – Т.: Фан ва технологиялар, 2003.-644 б.

8. Нурмухамедов Ҳ.С., Абдуллаев А.Ш., Ниғмаджонов С.К. ва бошқалар. Нефть ва кимё саноати машина ва қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. – Т.: Фан ва технологиялар, 2008. – 351 б.

9. Процессы и аппараты химической технологии. Явления переноса, макрокинетика, подобие, моделирование, проектирование: в 5 т. / Д.А.Баранов и др.- М.: Логос, 2002. – т.2: Механические и гидромеханические процессы. – 600 с.

10. Процессы и аппараты химической технологии.. Учеб. для студ. вузов / А. А. Захарова [и др.] ; под ред. А. А. Захаровой. – М. : Академия, 2006. - 528 с.

11. Pavlov. K.F, Romankov. P.G, Noskov. A.A. Primerы i zadachi po kursu protsessov i apparatov ximicheskoy tehnologii. - L.: Ximiya, 1981. – 575 s.

12. Нурмухамедов Ҳ.С., Аннаев Н.А., Бабаев З.К., Матчонов Ш.К. ва бошқалар. Иссиқлик алмашилиш қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. - Т.: Билик, 2018. - 316 б.

13. Нурмухамедов Ҳ.С., Равичев Л.В., Абдуллаев А.Ш., Тожиев Р.Ж. Гидро- ва механик қурилмаларни ҳисоблаш ва лойиҳалаш. – Т.: ILMIY-TEKNIKA AXBOROTI-PRESS NASHRIYOTI, 2021. - 354 бет.

“TRUBA ICHIDA TRUBA” TIPIDAGI ISSIQLIK ALMASHINISH QURILMASINING ISSIQLIK BERISH KOEFFITSIENTINI ANIQLASH

Ishning nazariy asoslari

K'pchilik texnologik jarayonlarning intensivligi, isitish yoki sovitish jarayonini qanday amalga oshirilayotganiga bog'liq.

Issiqlik jarayonlari - temperaturalar farqi mavjud b'lganda, temperaturasi yuqori bir jismdan temperaturasi past ikkinchi jisimga issiqlikning 'tishidir.

Bunday jarayonlar issiqlik almashinish qurilmalaridan amalga oshiriladi. Issiqlik almashinish jarayonlarida qatnashuvchi suyuqliklar issiqlik tashuvchi agentlar deb ataladi. Yuqori temperaturaga ega b'lib, 'zidan issiqlikni temperaturasi past muxitga beruvchi suyuqliklar isituvchi agentlar deyiladi. Sovutilayotgan muxitga nisbatan past temperaturaga ega b'lgan va 'ziga muxitdan issiqlikni oluvchi suyuqliklar sovutuvchi agentlar deb ataladi.

Issiqlik tashuvchi agentlardan sovutuvchi agentlarga issiqlik tarqalishining asosan uchta turi bor:

1. Issiqlik 'tkazuvchanlik (ki konduksiya);
2. Konveksiya;
3. Issiqlikning nurlanishi.

Bir-biriga tegib turgan kichik zarrachalarning tartibsiz xarakati natijasida yuz beradigan issiqlikning 'tish jarayoni issiqlik 'tkazuvchanlik deyiladi.

Issiqlik 'tkazuvchanlik y'li bilan uzatilayotgan issiqlik miqdori Fure qonuniga binoan topiladi:

$$dQ = -\lambda \cdot \frac{dt}{dn} \cdot dF \cdot d\tau \quad (8.1)$$

Gaz yoki suyuqliklarda makroskopik xajmlarning xarakati va ularni aralashtirish natijasida yuz beradigan issiqlikning tarkalishi konveksiya deb ataladi. Konveksiya ikki xil buladi. Gaz yoki suyuqliklarning xar xil qismlaridagi zichliklarning farqi natijasida xosil b'ladigan issiqlikning almashinishi tabiiy yoki erkin konveksiya deyiladi. Tashqi kuchlar ta'sirida (nasoslar yordamida uzatish, mexanik aralashtirgichlar bilan aralashtirish paytida) majburiy konveksiya xosil b'ladi.

Issiqlik tashuvchi agentlar trubaning devoriga yoki trubaning devoridan sovutuvchi agentga issiqlikning 'tishiga issiqlik berish deyiladi va u Nyutonning sovutish qonuniga binoan aniqlanadi:

$$Q = \alpha \cdot F \cdot (t_o - t_e) \quad (8.2)$$

ya'ni, τ vaqt ichida 'tayotgan issiqlik miqdori Q devor yuzasi va muxit temperaturalarining farqiga ($t_d - t_e$), xamda jarayonning davomiyligiga t'g'ri proporsionaldir.

Hozirgi paytda konvektiv issiqlik almashinish jarayonlarini tezlatishni bir necha xil usullari 'rganilgan va yangi qurilmalarda (isitgichlarda) qullanishga tavsiya etilgan.

Bir fazali suyuqliklarning truba ichida oqib 'tayotganda quyidagi usullar bilan issiqlik almashinishni tezlatish mumkin: sun'iy y'l bilan truba yuzasida turbulizatorlar, g'adir - budurliklar va qirralar xosil qilish, spiralsimon qirralar yordamida oqimga aylanma xarakat berish, shnekli va oqimga t'lqinsimon y'nalish beruvchi moslamalar yordamida omalga oshiriladi.

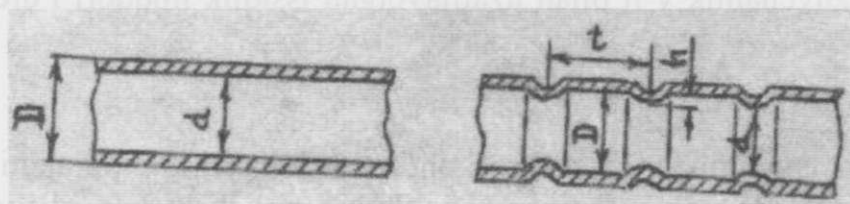
Bug'larni kondensatsiyalash jarayonida esa, kondensat yupka qatlamni turbulizator yoki qirralar yordamida buzish, maxsus qurilma orqali tomchi-simon kondensatsiya xosil qilish, oqimga yoki issiqlik almashinish yuzasiga aylanma xarakat berish usullari yordamida issiklik jarayonini tezlatish mumkin.

Shuni ta'kidlash kerakki, issiqlik almashinish jarayonini u yoki bu usul bilan tezlatish, faqat truba yuzasining samaradorlik k'rsatkichi yetarli emas. Shuning uchun, issiqlik almashinish kurilmalarini yigish texnologiyasi, mustaxkamligi, truba yuzasining ifloslanish darajasi, foydalanish xususiyatlari va xokazo k'rsatkichlarga xam axamiyat berish kerak.

Yuqorida aytib 'tilgan k'rsatkichlar, tezlatish usulini tanlash q'lamini kamaytiradi, chunki texnologik qulaylik, mustaxkamlik va qurilmalarning foydalanish paytidagi kulayliklar asosiy mezonlardir.

Hozirgi paytda oqimni sun'iy ravishda turbulizatsiya qilish usullari bilan konvektiv issiqlik almashinishni tezlatish eng samarador usul deb tan olingan.

Bu usullardan qulay va samaraligi dumalatib zichlash orqali trubalarda sun'iy g'adir-budurliklar xosil qilishdir (8.1b - rasm).



8.1-rasm. Silliqlik (a) va dumalatib zichlashtirilgan (b) trubalarning bo'ylama kesimlari tasvirlangan.

Issiqlik berish koeffitsienti α devorning 1 m^2 yuzasidan suyuqlikka 1s vaqt ichida, devor va suyuqliklar farqi 1°S b'lganda, berilgan issiqlik miqdorini bildiradi va u quyidagi 'lchov birligiga ega

$$[\alpha] = \frac{Q}{F \cdot \tau \cdot (t_d - t_e)} = \frac{\mathcal{K}}{\text{m}^2 \cdot \text{c} \cdot \text{K}} = \frac{\text{Bm}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \quad (8.3)$$

Proporsionallik koeffitsienti α devor yuzasidan atrof muxitga yoki aksincha atrof muxitdan devorga issiqlik 'tishi intensivligini xarakterlaydi. Issiqlik berish koeffitsienti

k'pchilik faktorlarga: okimning tezligiga w va zichligiga ρ , uning qovushoqligi μ , muxit issiqlik va fizik xossalariga, issiqlik sig'imi c , issiqlik 'tkazuvchanlik koeffitsienti λ , suyuqlikning xajmiy kengayish koeffitsienti β , devorning shakli, 'lchami va uning g'adir-budurligiga ε bog'lik, ya'ni:

$$\alpha = f(w, \mu, \rho, c, \lambda, \beta, \alpha, l, \varepsilon) \quad (8.4)$$

Issiqlik berish koeffitsienti α k'pchilik faktorlarning funksiyasi b'lganligi uchun, bu koeffitsientni Nusseltning kriterial tenglamasidan topish mumkin:

$$Nu = \frac{\alpha \cdot l}{\lambda} \quad (8.5)$$

Nu - Nusselt kriteriysi devor va oqim chegarasida issikliqning utish tezligini xarakterlaydi; l - aniqlovchi geometrik 'lcham (trubalar uchun uning diametri), m ; λ - muxitning issiqlik 'tkazuvchanlik koeffitsienti, $Wt/(mK)$.

Konvektiv issiqlik almashinishning kriterial tenglamasi umumiy xolda quyidagi k'rinishga ega:

$$Nu = f(Re, Gr, Pr, Fo, Pe...) \quad (8.6)$$

Dumalatib zichlash usuli bilan olingan trubalar uchun issiqlik almashinish tezligi quyidagi k'rsatkichlarga bog'lik:

$$Nu = f\left(Re, Pr, \Psi, \frac{h}{D}, \frac{d}{D}, \frac{t}{D}\right) \quad (8.7)$$

bu yerda $\psi = T_o/T_s$ - temperatura faktori; h/D - dumalatib zichlashning 'lchovsiz chuqurligi; d/D - dumalatib zichlashning 'lchovsiz diametri; t/D - dumalatib zichlashning 'lchovsiz qadami.

Bug'larni silliq trubali qurilmalarda kondensatsiyalash paytida, bug tarkibiga xavo qushilib qolsa, issiqlik almashinish tezligikeskin ravishda kamayib ketadi. Lekin, kondensatorlardagi silliq trubalar, dumalatib zichlash usuli bilan olingan trubalar bilan almashtirilsa, issiqlik almashinish tezlashadi va bu jarayon ushbu funksiya orqali ifodalana'di:

$$Nu = f\left(Re, Re_{ni}, \varepsilon, \frac{h}{D}, \frac{d}{D}, \frac{t}{D}, \frac{t}{D}, P\right) \quad (8.8)$$

bu yerda $\varepsilon = (G_x/G_b)$ - xavo bug aralashmasidagi xavoning miqdori, %; G_x - xavoning sarfi, kg/s ; G_b - bug'ning sarfi, kg/s ; P - qurilmadagi bosim, Pa ; Re_{pi} - kondensat yupqa qatlami oqimining Reynolds soni. Pe - Pekle kriteriysi, jarayonning gidrodinamik sharoiti va muxitning xossalarini belgilaydi.

$$Pe = \frac{w \cdot l}{\alpha}; \quad \alpha = \frac{\lambda}{c \cdot \rho} \quad (8.9)$$

bu yerda a - temperatura 'tkazuvchanlik koeffitsienti, m^2/s ; Pr - Prandtl kriteriysi suyuqlikning qovushoqlik va temperatura 'tkazuvchanlik xossalarining nisbatini ifoda qiladi.

$$Pr = \frac{Pe}{Re} = \frac{w \cdot l}{a} ; \frac{w \cdot l}{v} = \frac{v}{a} \quad (8.10)$$

Reynolds kriteriysi oqimdagi inersiya va ishqalanish kuchlarning nisbatini aniqlaydi.

$$Re = \frac{w \cdot d \cdot \rho}{\mu} = \frac{w \cdot d}{\nu} \quad (8.11)$$

Fure kriteriysi noturg'un issiqlik jarayonlarida temperatura maydonining 'zgarish tezligi – muxitning 'lchami vaqt va fizik kattaliklari - 'rtasidagi bog'liqlarni belgilaydi

$$Fo = \frac{a \cdot \tau}{l^2} \quad (8.12)$$

Grasgof kriteriysi erkin konveksiya paytida issiq va sovuq suyuqlik zichliklarining farqi ta'sirida xosil bulgan oqimning gidrodinamik rejimini ifodalaydi

$$Gr = \frac{g \cdot l^3}{\nu^2} \cdot \beta \cdot \Delta t \quad (8.13)$$

β - xajmiy kengayish koeffitsienti, 1/K; Δt - devor va atrof muxit orasidagi temperaturalar farqi.

Issiqlik 'tkazishning xar qanday xolati uchun aloxida kriterial tenglama mavjud.

Shunday qilib, oqimning xar bir rejimi aloxida kriterial tenglama bilan ifodalanadi.

Turbulent rejimda

$$Nu = 0,023 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_c}{Pr_g} \right)^{0,25} \quad (8.14)$$

Laminar rejimda:

$$Nu = 0,17 \cdot Re^{0,33} \cdot Pr^{0,43} \cdot Gr^{0,1} \cdot \left(\frac{Pr_c}{Pr_g} \right)^{0,25} \quad (8.15)$$

bu yerda Pr_c – suyuqlikning 'rtacha temperaturasida xisoblanadi; Pr_d - devorning 'rtacha temperaturasida xisoblanadi.

Dumalatib zichlangan trubalar ichida bir fazali suyuqliklar yeki gazlar okib utganda, urtacha issiklik berish kuyidagi kriterial tenglamadan aniqlanadi:

$$Nu = A \cdot Nu_{cr} \quad (8.16)$$

bunda

$$A = \left(1 - \frac{\lg Re - 4,6}{35} \right) \left\{ 1 - 2 \exp \left[\frac{-18,2 \left(1 - \frac{d}{D} \right)^{1,1}}{\left(\frac{t}{D} \right)^{0,25}} \right] \right\} \quad (8.17)$$

bu yerda Nu_{gl} - silliq truba uchun ushbu formulada topiladi:

$$Nu_{cr} = 0,0207 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,443} \quad (8.18)$$

(8.16) formuladan va $Re \geq 10^4$ b'lgan oraliqda foydalanish mumkin. Isituvchi agentlar uchun issiqlik berish koeffitsientining oraliqda issiqlik berish koeffitsientining

qiymati quyidagicha 'zgarishi mumkin:

	Isitib yoki sovutilayotganda α , Vt/m ² ·K
1. Havo uchun	1,16 - 58
2. Yog'lar uchun	58,0 - 1740
3. Suv uchun	232 - 11600
4. O'ta qizdirilgan suv bug'i uchun	23,2 - 116
5. O'aynayotgan suv uchun	2580 - 52200
6. Plenkasimon kondensatsiyalanaetgan bug' uchun	4640 - 17400
7. Organik moddalar bug'ining	580 - 2320
8. Plenkasimon kondensatsiyalanaetgan ekstraksiyon benzin-xavo bug'ining kondensatsiyalanishi uchun	500 - 2000

Kondensatsiyalanayotgan bug'ning issiqlik berish koeffitsienti kondensatsiyalanish kriteriysi orqali xisobga olinadi:

$$K = \frac{r}{C_p \cdot \Delta t} \quad (8.19)$$

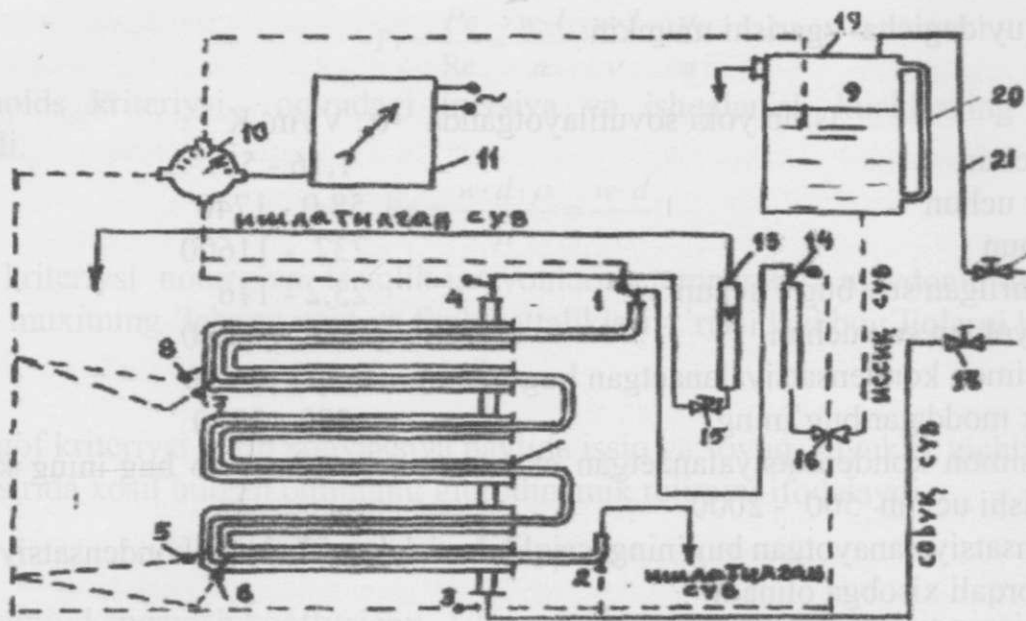
bu yerda r – bug'lanish issiqligi, J/kg.

Kondensatsiyalanish kriteriysi K isituvchi agentning agregat xolatining 'zgarishini xarakterlaydi. r va c lar isituvchi agentning 'rtacha temperaturasida berilgan (ilovadagi 8-jadvaldan) aniqlanadi.

Ish 'tkazishdan maqsad - isituvchi agentdan trubaning devoriga yoki trubaning devoriga yoki trubaning devoridan sovituvchi agentga issiqlik 'tganda issiqlik berish koeffitsientlarini aniqlash.

Ishning bajarish tartibi

8.2 - rasmda eksperimental qurilma sxemasi tasvirlangan.



8.2 - rasm. Labratoriya qurilmasining sxemasi.

1-9 termoparalar; 10 - termoparalarni potentsiometrغا ulaydigan qurilma, 11 - potentsiometr, 12 - issiqlik almashinish qurilmasi; 13,14 - suv sarfini 'lchaydigan RS rotametri; 15-18 - suv sarfini rostlovchi moslamalar, 19 - bosim xosil qiluvchi idish; 20 - suv balandligini k'rsatuvchi naycha, 21 - issiq suv beriladigan truba.

8.1-jadval.

Termoparalar nomeri	o'lchanayotgan temperatura	Belgila nishi
1.	Issiq suv qurilmaga kirishdan oldin	t_1
2.	Issiq suv qurilmadan chiqqandan s'ng	t_2
3.	Sovuq suv qurilmaga kirishdan oldin	t_3
4.	Sovuq suv qurilmadan chiqqandan s'ng	t_4
5.	Ichki devor atrofidagi suvning temperaturasi	t_5
6.	Kichik trubaning ichki devorning temperaturasi	t_6
7.	Kichik trubaning tashqi devorning temperaturasi	t_7
8.	Katta trubaning ichki devori atrofida suyuqlikning temperaturasi	t_8
9.	Bakdagi suvning temperaturasi	t_9

O'urilma naporli bak 19, "truba ichidagi truba" tipidagi issiqlik almashinish qurilmadan 12 va suv sarfini 'lchovchi asboblaridan iborat. Isituvchi agent sifatida issiq suv ishlatiladi va u issiqlik almashinish qurilma trubasining ichki qismida y'naltiriladi. Sovituvchi agent sifatida sovuq suv ishlatilib, u trubalar va qurilmaning ichki devori

oraligidagi b'shliqda xarakat qiladi. Issiqlik almashinish qurilmasida issiq va sovuq suv suvlar 'zaro qarama-qarshi y'nalishda xarakat qilishadi.

Sovuq va issiq suvlarning sarfi rotametrlar (13, 14) yordamida 'lchanadi.

Temperatura termoparalar yordamida 'lchanadi va ularning tartib nomeri 8-1 jadvalda berilgan.

O'uyidagi ishda issiqlik berish koeffitsientini aniqlash quyidagi tartibda olib boriladi;

1. Naporli bak 19 suv bilan tuldiriladi va termopara 9 yordamida uning temperaturasi aniqlanadi. Buning uchun termoparalarni potensiometruga ulaydigan qurilmani 0 (nol) xolatiga q'yiladi.

2. Sovuq suv berila boshlanadi. Uning sarfi rotometr 13 yordamida 'lchanadi.

3. S'ng issiq suv berib, uning sarfi, rotometr 14 yordamida 'lchanadi.

4. Hamma termoparalarning k'rsatkichlari aniqlanadi va yozib olinadi.

5. Besh minut vaqt 'tgandan keyin qaytadan xamma termoparalar k'rsatkichi aniqlanadi va yozib olinadi.

6. Sovuq yoki issiq suvning sarfi k'paytiriladi va 4,5 bandlardagi ishlar qaytariladi.

Tajriba k'rsatkichlarini xisoblash

Isituvchi agentdan devorga birilayotgan issiqlik miqdori quyidagi tenglamadan aniqlanadi:

$$Q = G_1 \cdot c_1 \cdot (t_1 - t_2) \quad (8.20)$$

bu yerda G_1 - isituvchi agentning sarfi, kg/s; c_1 - 'rtacha temperaturadagi $t_{yp} = \frac{t_1 + t_2}{2}$ isituvchi agentning issiqlik sig'imi.

Tenglamadan Q ning qiymatini aniqlab, isituvchi agentdan truba devori orasidagi tajribiy issiqlik berish koeffitsienti α_1 quyidagi formuladan topiladi.

$$Q_1 = \alpha_1 \cdot F_1 \cdot (t_1 - t_2) \quad (8.21)$$

bu yerda F_1 - truba devorning yuzasi, $F_1=0,193m^2$

Isitilgan truba devoridan sovutuvchi agentga 'tayotgan issiqlik miqdori, ushbu formuladan aniqlanadi

$$Q_2 = G_2 \cdot c_2 \cdot (t_4 - t_3) \quad (8.22)$$

bu yerda G_2 - sovutuvchi agent sarfi, kg/s; c_2 - 'rtacha temperatura $t_{yp} = \frac{t_3 + t_4}{2}$ dagi sovuq agentning issiqlik sig'imi, J/kg·K.

Truba devori va sovutuvchi agent orasidagi issiqlik berish koef-fitsienti α_2 quyidagi

formuladan topiladi:

$$Q_2 = \alpha_2 \cdot F_2 \cdot (t_4 - t_3) \quad (8.23)$$

bu yerda F_2 - ichki trubaning yuzasi, $F_1=0,139\text{m}^2$
Issiqlik berish koeffitsienti qiymatini kriterial tenglamadan aniqlanadi:

$$Nu = 0,17 \cdot Re^{0,33} \cdot Pr^{0,43} \cdot Gr^{0,1} \cdot \left(\frac{Pr_c}{Pr_\theta} \right)^{0,25} \quad (8.24)$$

$$Re = \frac{w \cdot d\rho}{\mu} \quad (8.25)$$

bu yerda w - suyuqlikning tezligi, sekundli sarf tenglamasidan topiladi:

$$V_c = w \cdot F \quad (8.26)$$

bu yerda V_c - suyuqlikning xajmiy sarfi miqdori, m^3/s ; S - trubaning k'ndalang kesim, $F = \pi \cdot d^2/4$. Trubalar kundalang kesim uchun $F = \pi \cdot d_s^2/4$ ($d=0,021\text{m}$, $d_s=0,028\text{m}$). Ilovadagi 2-jadvaldan olinadi.

$$Pr = \frac{c \cdot \mu}{\lambda} \quad (8.27)$$

bu yerda s, μ, λ - 'rtacha temperatura suyuqlikning issiqlik sig'imi, qovushoqligi va issiqlik 'tkazuvchanlik koeffitsientlari.(Ilovaning 2- jadvalidan olinadi)

$$Gr = \frac{g \cdot d_s^3}{\nu^2} \cdot \beta \cdot \Delta t \quad (8.28)$$

bu yerda β - xajmiy kengaysh koeffitsientining qiymati ilovadagi ilovadagi 1-jadvaldan aniqlanadi; Δt - devor va atrof muxit orasidagi temperaturalar farqi; d_s - truba diametri; ν - suyuqlikning kinematik qovushoqligi (ilovaning 2 - jadvalidan olinadi).

$$Pr_c/Pr_\theta \approx 0,25 \div 1,1$$

bu yerda Pr_θ - kriteriyni xisoblash uchun suyuqlikning fizik-kimyoviy kattaliklari devorning temperaturasi b'yicha olinadi.

Issiqlik 'xshashlik kriteriyalarining qiymatlarini bilgandagina, Nusselt kriteriysini aniqlash mumkin. S'ngra, Nu kriteriysidan issiqlik berish koeffitsienti α topiladi:

$$Nu = \frac{\alpha \cdot d}{\lambda}$$

bu yerda λ - issiqlik 'tkazuvchanlik koeffitsienti (ilovaning 2-jadvalidan olinadi).

Keyin, tajribaviy va xisobiy α larning qiymatlari taqqoslab tajribaning xatosi % larda aniqlanadi.

8-2 xisobot jadvali

Suv sarfi				Temperatura $^{\circ}\text{S}$														
Is-siq		So-vuq																
$\frac{M^3}{c}$		$\frac{M^3}{c}$		t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	t_7	t_8	t_9	α_1 tajr.	α_2 tajr.	α_3 tajr.	α_4 tajr.	α_5 tajr.	α xisob.

NAZORAT SAVOLLARI

1. Konvektiv issiqlik almashinish jarayonining fizikaviy asosi.
2. Nyutonning sovitish qonuni.
3. Issiqlik berish koeffitsienti va uning turli faktorlarga bog'liqligi.
4. Issiqlik berishni xisoblash uchun kriterial tenglamalar: a) Isituvchi agentning agregat xoli 'zgarganda; b) Isituvchi agentning agregat xoli 'zgarmaganda.

ADABIYOTLAR

1. Касаткин А.Г. Основке процесск и аппаратк химической технолдогии. - М.: Химия, 1973. – 727 с.
2. Плановский А.Н., Николаев П.И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии. – М.: Химия, 1987.- 496 с.
3. Нурмухамедов Х.С., Темиров О.Ш., Закиров С.Г. ва бошқалар. Газларни кайта ишлаш технологияси, жараён ва қурилмалари. – Т.: Фан ва технологиялар, 2016. – 856 б.
4. Yusupbekov N.R., Nurmuhamedov H.S., Zokirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalari. – Toshkent, Fan va texnologiyalar, 2015.- 848 b.
5. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С. ва бошқалар. Кимё ва озик-овқат саноатларнинг жараёнлари ва қурилмалари фанидан ҳисоблар ва мисоллар. – Т.: Nisim, 1999. –351 б;
6. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С., Зокиров С.Г. ва бошқалар. Кимё ва озик-овқат саноатларининг асосий жараён ва қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. – Т.: Жаҳон, 2000. – 266 б.
7. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С., Зокиров С.Г. Кимёвий технология асосий жараён ва қурилмалар. – Т.: Фан ва технологиялар, 2003.-644 б.
8. Нурмухамедов Х.С., Абдуллаев А.Ш., Ниғмаджонов С.К. ва бошқалар. Нефть ва кимё саноати машина ва қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. – Т.: Фан ва технологиялар, 2008. – 351 б.

9. Процессы и аппараты химической технологии. Явления переноса, макрокинетика, подобие, моделирование, проектирование: в 5 т. / Д.А.Баранов и др.- М.: Логос, 2002. – т.2: Механические и гидромеханические процессы. – 600 с.

10. Процессы и аппараты химической технологии.. Учеб. для студ. вузов / А. А. Захарова [и др.] ; под ред. А. А. Захаровой. – М. : Академия, 2006. - 528 с.

11. Pavlov. K.F, Romankov. P.G, Noskov. A.A. Primerы i zadachi po kursu protsessov i apparatov ximicheskoy texnologii. - L.: Ximiya, 1981. – 575 s.

12. Нурмухамедов Ҳ.С., Аннаев Н.А., Бабаев З.К., Матчонов Ш.К. ва бошқалар. Иссиқлик алмашилиш қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. - Т.: Билик, 2018. - 316 б.

13. Нурмухамедов Ҳ.С., Аннаев Н.А., Бабаев З.К., Матчонов Ш.К. ва бошқалар. Иссиқлик алмашилиш қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. - Т.: Билик, 2018. - 316 б.

“TRUBA ICHIDA TRUBA” TIPIDAGI ISSIQLIK ALMASHINISH QURILMASINING ISSIQLIK O'TKAZISH KOEFFITSIENTINI ANIQLASH

Ishning nazariy asoslari

Issiqlik o'tkazish - issiqlik energiyasi tarqalish qonunlarini o'rganuvchi fandır. Issiqlik o'tkazish qonunlari isitish, sovitish, kondensatsiyalanish, bug'latish kabi issiqlik jarayonlarning asosi bo'lib, issiqlik ta'sirida boradigan massa almashinish jarayonlarini amalga oshirishda juda katta ahamiyatga ega.

Temperaturasi yuqori bo'lgan muxitdan temperaturasi past bo'lgan muxitga biror devor orqali issiqlikning berilishi issiqlik o'tishi deb ataladi. Bunda berilgan issiqlikning miqdori issiqlik o'tkazishning asosiy tenglamasi orqali topiladi:

$$Q = K \cdot \Delta t_{vp} \cdot F \quad (9.1)$$

Bu tenglama binoan, temperaturasi yuqori bo'lgan muxitdan temperaturasi past bo'lgan muxitga o'tayotgan issiqlik miqdori Q , ajratuvchi devorning yuzasiga F , o'rtacha temperaturalar farqiga Δt va vaqt τ ga to'g'ri proporsionaldir. Uzlaksiz ishlaydigan turg'un jarayonlar uchun (9.1) tenglamagi τ xisobga olinmaydi. U xolda:

$$Q = K \cdot \Delta t_{vp} \cdot F \quad (9.2)$$

Issiqlik o'tkazish koefitsienti K temperaturasi yuqori bo'lgan muxitdan temperaturasi past bo'lgan muxitga vaqt birligi ichida ajratuvchi devorning yuzasi 1 m^2 , muxitlar temperaturalari farqi 1°S bo'lganda, o'tkazilgan issiqlik miqdori bildiradi.

Issiqlik o'tkazish koefitsienti quyidagi o'lchov birligiga ega:

$$Nu = 0,023 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_c}{Pr_g} \right)^{0,25}$$

Tekis devor uchun issiqlik o'tkazish koefitsientini quyidagi ifodan topish mumkin:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (9.3)$$

Silindrsimon yuzadan issiqlik o'tganda issiqlik o'tkazish koefitsientini ushbu tenglamadan aniqlash mumkin:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_u \cdot r_u} + \frac{1}{\lambda} 2,3 \lg \frac{r_m}{r_u} + \frac{1}{\alpha_u \cdot r_m}} \quad (9.4)$$

α_1, α_i - isituvchi, agentdan devorga issiqlik o'tayotgan paytdagi issiqlik berish koefitsientlari, $Vt/(m^2 \cdot K)$; α_2, α_T - devor yuzasidan sovutuvchi agentga issiqlik o'tayotgan paytdagi issiqlik berish koefitsientlari, $Vt/(m^2 \cdot K)$; λ - trubaning issiqlik o'tkazuvchanlik koefitsienti $Vt/(m^2 \cdot K)$; δ/λ - truba devorining qalinligi; r_i, r_T - trubaning ichki va tashqi radiuslari, m.

Isitish yuzasi issiqlik o'tkazishning umumiy tenglamasidan topiladi:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{yp} \cdot \tau} \quad (9.5)$$

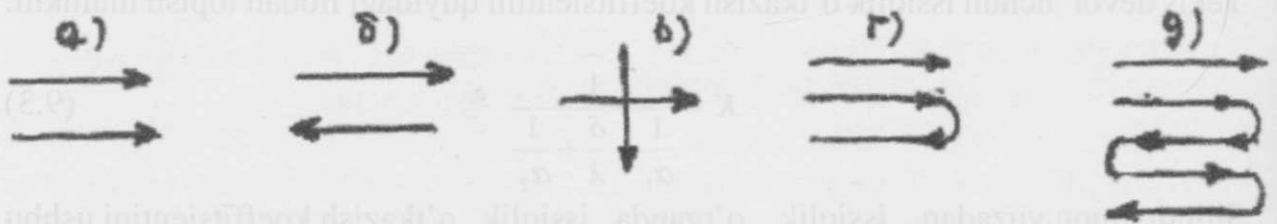
bu yerda Q – suyuqlikni isitish uchun ketgan issiqlik miqdori, Vt ; G – suyuqlik sarfi, kg/s ; Δt_{yp} - o'rtacha temperaturalar farqi, issiqlik jarayonlarnin xarakatlantiruvchi kuchi va u quyidagi tenglama bilan topiladi:

$$\Delta t_{yp} = \frac{\Delta t_{ka} - \Delta t_{ku}}{2,3 \lg \frac{\Delta t_{ka}}{\Delta t_{ku}}} \quad (9.6)$$

Agar $\Delta t_{ka} / \Delta t_{ku} \leq 2$ bo'lsa, o'rtacha temperaturalar farqi quyidagi ifodadan topiladi:

$$\Delta t_{yp} = \frac{\Delta t_{ka} + \Delta t_{ku}}{2} \quad (9.7)$$

(9.6) va (9.7) formulardagi Δt_{ka} va Δt_{ku} issiqlik almashinish qurilmasining chetlardagi temperaturalarining katta va kichik farqlari bo'lib, issiqlik tashuvchi agentlarning yo'nalishiga bog'liq. Issiq va sovuq suyuqliklar o'zaro parallel (9.1a - rasm), qarama-qarshi (2.1b - rasm) yoki o'zaro kesishgan (9.1v - rasm) xolda xarakat qilishi mumkin. Bundan tashqari, amalda issiqlik tashuvchi agentlarning ancha murakkab xarakat yo'nalish sxemalari uchraydi.



9.1 - rasm. Issiqlik almashinish qurilmalarida issiqlik tashuvchi agentlarning yo'nalishlari.

Δt_{ku} va Δt_{ku} isituvchi va sovutuvchi agentlarning qurilmaga kirish va chiqish paytidagi farqi deb xisoblanadi.

Issiqlik almashinish qurilmalari ikkiga bo'linadi:

1) Sirtiy issiqlik almashinish qurilmalari, bularda issiqlik bir muxitdan ikkinchi muxitga ajratib turuvchi yuza orqali o'tadi;

2) aralashtiruvchi issiqlik almashinish qurilmalari, bunday issiqlik almashinish qurilmalari keng ishlatiladi.

Sanoatning barcha tarmoqlarida suyuqlik va gazlarni isitish xamda sovitish uchun sirtiy issiqlik almashinish qurilmalari keng tarqalgan. Konstruktiv tuzilishga ko'ra sirtiy issiqlik almashinish qurilmalari trubali, zmeevili, plastinali, spiralsimon, qirrali, g'ilofli va maxsus issiqlik almashinish qurilmalariga bo'ladi. Isitish yuzasining joylashishiga qarab vertikal va gorizontal issiqlik almashinish qurilmalariga bo'ladi.

Qobiq-trubali qurilmalarda trubalar turlarga razvalsovka, payvandlash, kavsharlash va salniklar yordamida biriktirilishi mumkin.

Yuqorida qayd etilgan qurilmalarning o'ziga yarasha afzalliklariva kamchiliklari bordir.

Qobiq-silliqlik trubali isitkichlar quyidagi afzalliklarga ega: ixcham, metall kam sarf qilinadi, trubalarning ichini tozalash oson, (U - simon trubali isitkichlardan tashqari) issiqlik almashinish yuzasi va unumdorligi katta.

Bu qurilmalar kamchiliklardan xam xoli emas: issiqlik tashuvchi agentlarni katta tezlik bilan o'tkazish qiyin, trubalararo bo'shliqni tozalash va tuzatish imkoni kam, razvalsovka va payvandlashga moyil bo'lmagan materiallardan isitkichlarni yasab bo'lmaydi.

Dumalatib zichlanish orqali olingan trubali isitkichlar quyidagi afzalliklarga ega: ixcham, metall kam sarf bo'ladi, issiqlik almashinish yuzasi katta, trubalarning ichini tozalash vaqtining oralig'i 3-5 marta ko'proq, chunki truba devori atrofidagi oqimning qatlami turbulizatsiya qilinadi.

Bundañ tashqari, dumalatib zichlash usuli bilan olingan trubali issiqlik almashinish qurilmalari sillikli trubalik qurilmalar oldida ushbu asosiy xususiyatlar bilan ajralib turadi:

1. Dumalatib zichlangan trubalarda eng yuqori intensivlash qiymatiga erishiladi. Unda issiqlik o'tkazish koeffitsientining qiymati sillikli trubadagidan 1,2-2,0 barobar ko'pdir.

2. Dumalatib zichlangan truba ishlatilsa, birdaniga truba devorlarning ikkala yuzasida issiqlik berish jarayonlari ancha tezlashadi.

3. Dumalatib zichlangan trubalarni ishlab chiqarish texnologiyasi oddiy va arzonidir.

Shuni aloxida takidlash kerakki, dumalatib zichlangan trubalar issiqlik almashinish qurilmalarida ishlab chiqarish texnologiyasi o'zgartirmaydi. Bundan tashqari, bug'larni kondensatsiyalashda, dumalatib zichlangan trubali kondensatorlarda sovuq suvning

sarfi silliq trubali kondensatornikidan 30 - 35% kam.

"Truba ichidagi truba" tipidagi issiqlik almashinish qurilmalari yuqori bosimda va issiqlik tashuvchi agentlarning sarfi kam bo'lganda xam ishlaydi. Bundan tashqari, suyuqliklarning tezligi katta bo'lgani uchun issiqlik o'tkazish koeffitsientining qiymati katta va qurilmani tayyorlash oson.

Kamchiliklari: trubalar o'rtasidagi bo'shliqni tozalash qiyin.

Zmeevikli issiqlik almashinish qurilmalarning afzalliklari: tayyorlash oson, issiqlik yuzasini kuzatish va tuzatish oson, idishdagi suyuqlikning xajmi katta bo'lganligi sababli, rejimning o'zgarishshlariga uncha sezgir emas.

Kamchiliklari: o'lchami katta, idishdagi suyuqlikning tezligi kichik bo'lganligi uchun, zmeevikning tashqarisidagi issiqlik berish koeffitsienti kam, trubalar ichki yuzasini tozalash qiyin.

Yuvilib turuvchi issiqlik almashinish qurilmalarining afzalliklari quyidagilardan iborat: sovutuvchi agentning sarfi kam, tuzilishi sodda, trubalarni tozalash oson, shu bilan birga narxi xam arzonga tushadi.

Kamchiliklari: o'lchami katta, juda ko'p suyuqlik sarflanadi.

Spiralsimon issiqlik almashinish qurilmalarining afzalliklari: tuzilishi ixcham, ikkala issiqlik tashuvchi agentlarni katta tezlik bilan o'tkazish mumkinligi uchun, katta issiqlik o'tkazish koeffitsientiga ega, gidravlik qarshiligi ko'p yo'lli qobiq-trubali qurilmalarnikiga qaraganda kam.

Kamchiliklari: tayyorlash va tuzatish murakkab, 0,6 MPa dan ortiq bosimlarda ishlash mumkin emas.

Plastinali issiqlik almashinish qurilmalarning afzalliklari: ixcham, gidravlik qarshiliklari katta emas, shuning uchun ikkala agentlarning tezligini katta qilish mumkin, natijada issiqlik o'tkazish koeffitsientini oshirish mumkin.

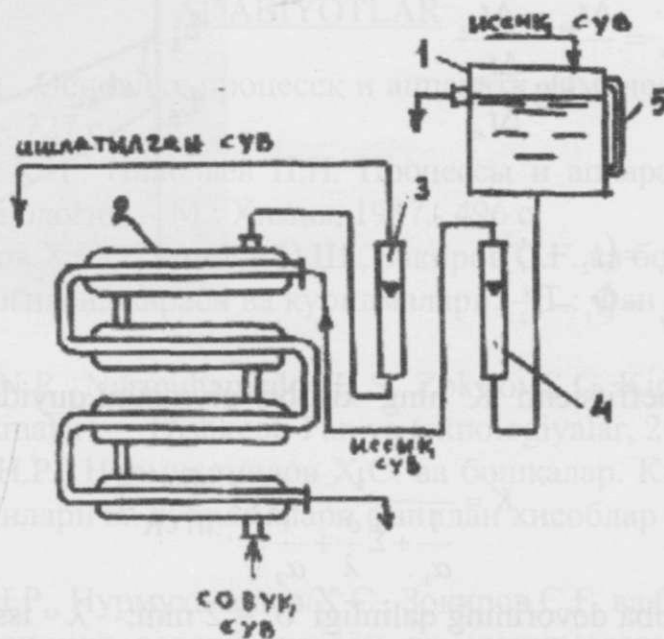
Kamchiliklari: katta bosimlarga bardosh bera olmaydi, isitkichlar tuzatilgandan keyin (qistirmalarning soni ko'p bo'lgani uchun) tegishli zichlikni xosil qilish qiyin.

çilofli issiqlik almashinish qurilmalari konstruktiv jixatdan sodda, kuzatish va tuzatish qulay.

Ish o'tkazishdan maksad - "truba ichida truba" tipidagi issiqlik almashinish qurilmasida isituvchi agentdan sovutuvchi agentga issiqlik o'tkazish koeffitsientini aniqlash.

Ishni bajarish tartibi

9.2 - rasmda tajriba o'tkazish qurilmasi tasvirlangan. Eksperimental qurilma naporli bak 1, "truba ichida truba" tipidagi issiqlik almashinish qurilmasi 2, suyuqliklarning sarfini o'lchaydigan rotametrlar 3, 4 va temperatura o'lchash asbobi 5 lardan iborat. Isituvchi agent sifatida issiq suv (60-80°S) ishlatiladi va u isitkichning ichki trubasiga yunaltiriladi. Sovutuvchi agent sifatida sovuq suv (11-15°S) ishlatiladi va u isitkichning trubalararo bo'shlig'ida yuboriladi.



9.2 - rasm. Laboratoriya qurilmasini sxemasi.

Issiqlik o'tkazish koeffitsienti tajriba qurilmasida quyidagi tartibda aniqlanadi:

Naporli bak 1 issiq suv bilan to'ldiriladi va uning temperaturasi (t_1) o'lchanadi. So'ngra issiq suv almashinish jarayoniga yuborilib, rotametr yordamida sarfi (G_1) aniqlanadi. Krandan kelayotgan sovuq suvning temperaturasi (t_1') aniqlanadi va isitkichga yuborilib, uning sarfi (G_2) rotametr yordamida topiladi. 30 minutdan keyin issiq (t_2) va sovuq (t_2') agentlarning temperaturasi, isitkichdan chiqish paytida o'lchanadi.

Tajriba natijalarini xisoblash

Issiqlik o'tkazish koeffitsientlarining tajribadan olingan qiymatlari issiqlik o'tkazishning asosiy tenglamasi orqali topiladi

$$K = \frac{Q}{F \cdot \Delta t_{yp}}$$

F - devorning yuzasi, $F=0,193m^2$

$$Q_1 = G_1 \cdot c_1 \cdot (t_1 - t_2)$$

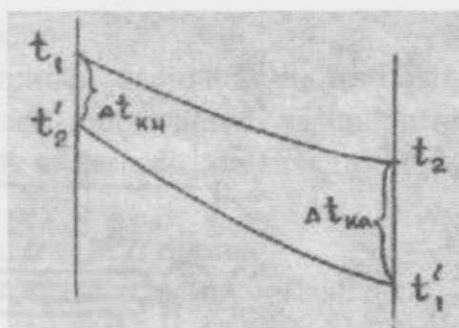
$$Q_2 = G_2 \cdot c_2 \cdot (t_2' - t_1')$$

bu yerda Q_1 – issiq suvdagi issiqlik miqdori, Vt; Q_2 – sovuq suvdagi issiqlik miqdori, Vt; c_1, c_2 - o'rtacha temperaturadagi issiq va sovuq suvning solishtirma issiqlik sig'imi koeffitsienti (ilovaning 2 jadvalidan olinadi), J/kgK.

$$\Delta t_{yp} = \frac{\Delta t_{ka} - \Delta t_{ku}}{2,3 \lg \frac{\Delta t_{ka}}{\Delta t_{ku}}}$$

$$\Delta t_{ka} = (t_2 - t'_1)$$

$$\Delta t_{ku} = (t_1 - t'_2)$$



Issiqlik o'tkazish koeffitsienti K ning xisobiy qiymatini quyidagi tenglamadan topiladi:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \Sigma \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}, \left[\frac{Bm}{M^2 \cdot K} \right]$$

bu yerda δ - truba devorining qalinligi $\delta = 2$ mm; λ - issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti, $\lambda = 46,5$ Vt/m.K; $\alpha_1 = 600$ Vt/m.K; $\alpha_2 = 200$ Vt/m.K;

So'ngra, tajribaviy va xisobiy issiqlik o'tkazish koeffitsientlar taqqoslanib, tajribaning xatosi % larda aniqlanadi.

9-1 xisobot jadvali

Issiq suv sarfi	Sovuq suv sarfi	Issiq suvning isitkichga kirish paytidagi temperaturasi $T_1, ^\circ C$	Issiq suvning isitkichdan chiqish paytidagi temperaturasi $t_2, ^\circ C$	Sovuq suvning isitkichga kirish paytidagi temperaturasi $t'_1, ^\circ C$	Sovuq suvning isitkichdan chiqish paytidagi temperaturasi $t'_2, ^\circ C$	Issiqlik o'tkazish koeffitsienti $K \frac{Bm}{M^2 \cdot K}$
$\frac{M^3}{c}$	$\frac{M^3}{c}$					

Tekshirish uchun savollar.

1. Issiqlik o'tkazish jarayonining fizik asosi.
2. Issiqlik o'tkazishning asosiy qonuni, uning fizik ma'nosi.
3. Issiqlik o'tkazish koeffitsienti va uning fizik ma'nosi.
4. Issiqlik tashuvchi agentlarning xarakat yo'nalishi va issiqlik almashinish jarayonini xarakatga keltiruvchi kuchini aniqlash.
5. Issiqlik almashinish qurilmalarning ishlash prinsipi va konstruksiyasi (kobiq trubali, zmeevikli, plastinali va b.).
6. Issiqlik almashinish qurilmalarining solishtirma xarakteristikasi.
7. Issiqlik almashinish qurilmalarini xisoblash.

ADABIYOTLAR

1. Касаткин А.Г. Основнке процесск и аппаратк химической технолдогии. - М.: Химия, 1973. – 727 с.
2. Плановский А.Н., Николаев П.И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии. – М.: Химия, 1987.- 496 с.
3. Нурмухамедов Х.С., Темиров О.Ш., Закиров С.Г. ва бошқалар. Газларни кайта ишлаш технологияси, жараён ва қурилмалари. – Т.: Фан ва технологиялар, 2016. – 856 б.
4. Yusupbekov N.R., Nurmuhamedov H.S., Zokirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalari. – Toshkent, Fan va texnologiyalar, 2015.- 848 b.
5. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С. ва бошқалар. Кимё ва озик-овқат саноатларнинг жараёнлари ва қурилмалари фанидан ҳисоблар ва мисоллар. – Т.: Nisim, 1999. –351 б;
6. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С., Зокиров С.Ф. ва бошқалар. Кимё ва озик-овқат саноатларининг асосий жараён ва қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. – Т.: Жаҳон, 2000. – 266 б.
7. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С., Зокиров С.Ф. Кимёвий технология асосий жараён ва қурилмалар. – Т.: Фан ва технологиялар, 2003.-644 б.
8. Нурмухамедов Х.С., Абдуллаев А.Ш., Ниғмаджонов С.К. ва бошқалар. Нефть ва кимё саноати машина ва қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. – Т.: Фан ва технологиялар, 2008. – 351 б.
9. Процессы и аппараты химической технологии. Явления переноса, макрокинетика, подобие, моделирование, проектирование: в 5 т. / Д.А.Баранов и др..- М.: Логос, 2002. – т.2: Механические и гидромеханические процессы. – 600 с.
10. Процессы и аппараты химической технологии.. Учеб. для студ. вузов / А. А. Захарова [и др.] ; под ред. А. А. Захаровой. – М. : Академия, 2006. - 528 с.
11. Pavlov. K.F, Romankov. P.G, Noskov. A.A. Primerгы i zadachi po kursu protsessov i apparatov ximicheskoyu texnologii. - L.: Ximiya, 1981. – 575 s.
12. Нурмухамедов Х.С., Аннаев Н.А., Бабаев З.К., Матчонов Ш.К. ва бошқалар. Иссиклик алмашиниш қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. - Т.: Билик, 2018. - 316 б.
13. Нурмухамедов Х.С., Аннаев Н.А., Бабаев З.К., Матчонов Ш.К. ва бошқалар. Иссиклик алмашиниш қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. - Т.: Билик, 2018. - 316 б.

ERITMALARNING TEMPERATURA DEPRESSIYASINI ANIQLASH

Ishning nazariy asoslari

Uchuvchan bo'lmagan moddalar eritmalarini uning tarkibidagi erituvchisini qaynatish paytida chiqarib yuborish yo'li bilan quyuvlantirish jarayoni bug'latish deb yuritiladi. Agar bug'lanish jarayoni qaynash temperaturasida past temperaturalarda, ya'ni suyuqlikning yuzasida ro'y bersa, bug'latish jarayonida bug' eritmaning butun xajmidan ajralib chiqadi.

Bug'latish jarayoni bug'latuvchi qurilmada olib boriladi.

Kimyo sanoatida ishkori, tuz va boshqa moddalarning suvli eritmatlari, ayrim mineral va organik kislotalar, ko'p atomli spirtlar, xamda shu kabi bir qator suyuq eritmalar bug'latiladi. Ayrim vaqtda bug'latish yordamida toza erituvchilar xam olinadi. Ba'zi sharoitlarda quyuvlantirilgan eritma kristallanish jarayonini amalga oshirish uchun maxsus bug'latish qurilmalariga yuboriladi.

Bug'latish jarayonlarida isituvchi agent sifatida asosan suv bug'i ishlatiladi, bunday bug' birlamchi bug' deb yuritiladi. Qaynayotgan eritmani bug'latish paytida xosil bo'lgan bug' ikkilamchi bug' deb ataladi. Bug'latish jarayoni vakuum ostida, atmosfera va yuqori bosimlarda olib borilishi mumkin. Eritmalarning xossalari va ikkilamchi bug'ning issiqligidan foydalanish zaruratiga ko'ra xar xil bosimlar ishlatiladi.

Vakuum ostida bug'latish bir qator afzalliklarga ega: jarayonni past temperaturalarda olib borish mumkin; vakuum ta'sirida isituvchi agent va eritma temperaturasi o'rtasidagi foydali farq ko'payadi va natijada qurilmaning isitish yuzasi kamayadi, vakuum bilan bug'latish uchun nisbatan past parametrli (temperatura va bosim) isituvchi agentlardan foydalanish mumkin. Vakuum ishlatilganda ikkilamchi bug'dan qaytadan birlamchi bug' sifatida foydalanish imkoni tug'iladi.

Kimyo sanoatida bug'latish jarayoni bir va ko'p korpusli qurilmalarda amalga oshiriladi. Ko'p korpusli, ya'ni bir necha qurilmalardan tashkil topgan bug'latish qurilmalari keng ishlatiladi. Ko'p korpusli qurilmalarning faqat birinchi korpusiga isituvchi (birlamchi) bug' beriladi, keyingi korpuslarini isitish uchun esa oldingi korpuslardan chiqqan ikkilamchi bug' ishlatiladi. Sanoatda ko'pincha 3-4 korpusli bug'latish qurilmalari keng ishlatiladi. Natijada bu qurilmalarda bug'ning umumiy sarfi, bir korpusli bug'latish qurilmalariga nisbatan 3-4 marta kamayadi. Har qanday issiqlik jarayonlaridek, bug'latish jarayonini xarakatlantiruvchi kuchi deb temperaturalar farki xisoblanadi. Ko'p korpusli bug'latish qurilmalarda jarayonni xarakatlantiruvchi kuchi umumiy va foydali temperaturalar farqidir.

Ko'p korpusli bug'latish qurilmasining umumiy temperaturalar farqi Δt , birinchi

korpusni isituvchi birlamchi bug'ning temperaturasi T_1 va kondensatorga tushgan ikkilamchi bug'ning to'yinish temperaturasi T_{kond} irtasidagi farqqa teng:

$$\Delta t_y = T_1 - T'_{kond} \quad (10.1)$$

bu yerda T_1 - birlamchi bug'ning temperaturasi, K; T'_{kond} - ikkilamchi bug'ning oxirgi korpusidan kondensatorga tushgan ikkilamchi bug'ning to'yinish temperaturasi, K.

Ko'p korpusli bug'latish qurilmasidagi temperaturalarning umumiy foydali farqi Δt_ϕ ni aniqlashga xamma qurilmalarda temperaturalar yo'kotilishining yig'indisi xisobga olinadi:

$$\Delta t_\phi = \Delta t_y - \Sigma \cdot \Delta \quad (10.2)$$

$$\Sigma \Delta = \Delta' + \Delta'' + \Delta''' \quad (10.3)$$

bu yerda $\Sigma \Delta$ - temperaturalarning yo'iotilishi; Δ' - temperatura depressiyasi, bir xil bosimda olingan eritma iaynash temperaturasi bilan toza erituvchi qaynash temperaturasi o'rtasidagi farqni ko'rsatadi.

Temperatura depressiyasining qiymati erigan modda va erituvchining fizik-kimyoviy xossalari, eritma konsentratsiyasi va bosimga bog'liq.

Suyultirilgan eritmalar uchun xar xil bosimlarda temperatura depressiyasining qiymati I.A.Tishenko tenglamasi orqali aniqlanadi:

$$\Delta' = 1,62 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{T^2}{2} \cdot \Delta'_{amM} \quad (10.4)$$

bu yerda Δ'_{amM} - eritmaning atmosfera bosimidagi temperatura depressiyasi, °S; T - toza erituvchining berilgan bosimdagi qaynash temperaturasi, K; r - toza erituvchining berilgan bosimdagi bug'lanish issiqligi, kJ/kg.

Δ'' - gidrostatik depressiya, gidrostatik bosim ta'sirida bug'latish qurilmalarning isitish trubalari ichidagi eritmaning pastki va ustki iatlamlaridagi qaynash temperaturalarining farqi. Isitish trubalarning pastki qatlamida eritma, suyuqlik ustunining ta'sirida, ustki iatlamga nisbatan yuqori temperaturada qaynaydi. Gidrostatik depressiyaning qiymati aniq xisoblash qiyin, chunki Δ'' isitish trubalarning deyarli katta qismini egallangan bug'-suyuqlik emulsiyaning sirkulyasiya tezligiga va uning o'zgaruvchan zichligiga, xamda isitish trubasining uzunligiga bog'liq. Eritma sirkulyasiya qilinadigan vertikal qurilmalar uchun Δ'' iiymatini 1 - 3°S atrofida olish mumkin.

Δ''' - gidravlik depressiya, ikkilamchi bug' separator qurilmalari va truba orqali xarakatlanganida rz yo'lida gidravlik ishqalanish va maxalliy qarshiliklarni yengish uchun ketgan vaqtidagi, ikkilamchi bug' bosimining kamayishini xisobga oladi. Bitta qurilma uchun Δ''' iiymati 1°S teng deb olish mumkin.

Temperatura va gidrostatik, gidravlik depressiyalarni xisobga olgan xolda eritmaning qaynash temperaturasini quyidagicha aniqlash mumkin:

$$t_{\kappa} = T' + \Delta' + \Delta'' + \Delta''' \quad (10.5)$$

bu yerda T' - ikkilamchi bug'ning temperaturasi.

Bug'latish jarayonining yaxshi ketishi uchun xar bir qurilmada temperaturalarning foydali farqi (isituvchi bug' va qaynayotgan eritma temperaturalarning farqi) ma'lum qiymatga ega bo'lishi shart. Bu farqi tabiiy sirkulyasiya bilan ishlaydigan qurilmalar uchun kamida $5-7^{\circ}\text{S}$ va majburiy sirkulyasiya bilan ishlaydigan qurilmalar uchun kamida 3°S bo'lishi kerak.

Umumiy va foydali temperaturalarni bilgan xolda, xar bir qurilma uchun foydali temperaturalarni xisobga olgan xolda, ko'p korpusli bug'latish qurilmalarida, ularning optimal sonlarini aniqlash mumkin.

Masalan:

$$\Delta t_{\phi} = T_1 - T'_{\text{kon}} - \Delta = 160 - 60 - 25 = 75^{\circ}\text{C}$$

ikki qurilmali qurilma uchun

$$\Sigma \Delta t_{\phi} = 160 - 60 - 2 \cdot 25 = 50^{\circ}\text{C}$$

xar bir korpus uchun

$$\Delta t_{\phi} = \frac{\Sigma \Delta t_{\phi}}{2} = \frac{50}{2} = 25^{\circ}\text{C}$$

Uch korpusli bug'latish qurilmasining xar bir korpusi uchun

$$\Sigma \Delta t_{\phi} = 160 - 60 - 3 \cdot 25 = 75^{\circ}\text{C}$$

To'rt korpusli bug'latish qurilmasining xar bir qurilmasi uchun

$$\Delta t_{\phi} = \frac{25}{3} = 8,3^{\circ}\text{C}$$

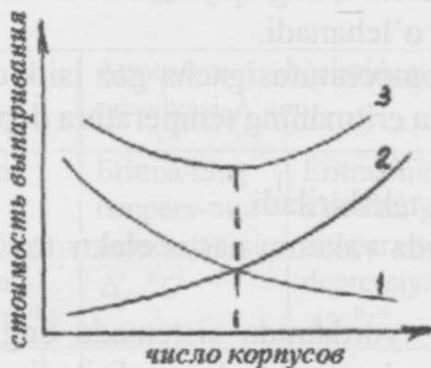
Shunday qilib ko'p korpusli bug'latish qurilmalari uchun qurilmalarning soni 3 ta bo'lishi kerak.

$$\Sigma \Delta t_{\phi} = 160 - 60 - 4 \cdot 25 = 0$$

Shunday qilib ko'p korpusli bug'latish qurilmalarida korpuslar soni oshishi bilan foydali temperaturalar farqi kamayadi, ammo isitish yuzasi bir xil bo'lgan xolda esa uning unumdorligi yuqori bo'ladi.

Ko'p korpusli bug'latish qurilmalarida korpuslarning optimal sonini grafik usul bilan xam aniqlash mumkin. Vertikal o'ida bug'latishning iiymati, gorizontal o'ida esa korpuslarning soni ko'rsatilgan (10.1 - rasm).

- 1 - Isituvchi bug'ning sarfi.
- 2 - Amortizatsiya sarflari.
- 3 - Umumiy sarf.



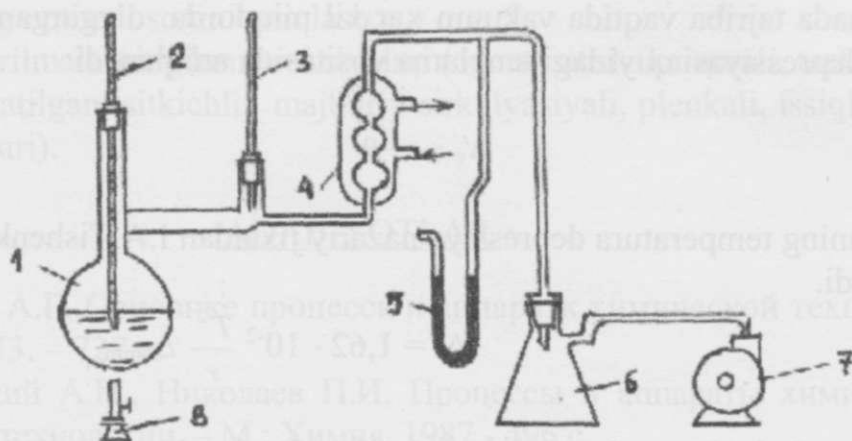
10.1 - rasm. Qurilmaning optimal sonini aniqlash.

Grafikdan ko'rinib turibdiki, korpuslarning soni ko'payishi bilan isituvchi bug'ning sarfi kamayadi, amortizatsiya sarflari esa ortadi, Umumiy sarflarni belgilovchi egri chiziqning (3) minimumiga to'g'ri kelgan qurilmalarning soni taxminan optimal deb qabul qilinadi.

Ishni o'tkazishdan maqsad- suyultirilgan eritmalarning xar xil bosim ta'sirida qaynash paytidagi temperatura depressiyasini tajriba yo'li bilan aniqlash.

Ishni bajarish tartibi

Laboratoriya tajriba qurilmasining sxemasi 10.2 - rasmda ko'rsatilgan.



10.2 - rasm. Laboratoriya tajriba qurilmasi.

- 1 - suyultirilgan eritma quyilgan kolba;
- 2 - eritmaning qaynash temperaturasini o'lchovchi termometr;
- 3 - ikkilamchi bug'ning temperaturasini o'lchovchi termometr;
- 4 - sovutkich;
- 5 - manometr;
- 6 - Bunzen kolbasi;
- 7 - vakuum-nasos;
- 8 - gaz isitkich.

Vakuum nasos va Bunzen kolbasi vositasida suyultirilgan eritma quyilgan kolbada vakuum xosil qilinadi. vakuumning miqdori U-simon manometrning ko'rsatkichi

bo'yicha o'lchanadi. Eritmaning qaynash va ikkilamchi bug'ning temperaturasi termometrlar vositasida o'lchanadi.

Eritmani qaynash temperaturasi gacha gaz isitkich yordamida qizdiriladi. Laboratoriya tajriba qurilmasida eritmaning temperatura depressiyasi quyidagi tartibda aniqlanadi:

1. Jurilmaning xolati tekshiriladi.
2. Laborant ishtirokida vakuum nasos elektr tok manbaiga ulanadi va gaz isitkich yoqiladi.
3. Vakuum nasos yordamida sistemada eng ko'p siyraklanish xosil qilinib, kolbadagi eritmani qaynash xolatigacha qizdiriladi.
4. Eritmani qaynash paytidagi termometrlarning ko'rsatkichi bo'yicha, eritmaning qaynash temperaturasi (t) va to'yingan bug'ning (ikkilamchi bug') temperaturasi (θ) aniqlab xisoblash jadvaliga yoziladi.
5. Vakuum nasos xosil qilayotgan vakuum miqdori asta-sekin minimumgacha kran vositasida kamaytirilib, eritma qaynatiladi. Vakuum miqdori xar xil bo'lganda, eritma qaynash paytida termometrlarning ko'rsatkichi aniqlab, xisoblash jadvaliga yoziladi. Gaz isitkich o'chiriladi. Eritmani asta-sekin sovitib, sistemada asta-sekin vakuum miqdori ko'paytiriladi va tajriba qaytadan bajariladi.

Tajriba natijalarini xisoblash

Sistemada tajriba vaqtida vakuum xar xil miqdorda o'zgarganda eritmaning temperatura depressiyasi quyidagi tenglama vositasida aniqlanadi:

$$\Delta'_7 = t - \theta \quad (10.6)$$

Eritmaning temperatura depressiya nazariy jixatdan I.A.Tishenko tenglamasi orqali xisoblanadi.

$$\Delta' = 1,62 \cdot 10^{-2} \frac{T^2}{r} \Delta_{\text{amm}}$$

Formuladagi r - ning miqdori absolyut bosimning kattaligiga asosan ilovadagi 8 - jadvaldan aniqlanadi.

Δ_{amm} - eritmaning konsentratsiyasi bo'yicha ilovadagi 9 jadvaldan aniqlanadi. Tajriba olingan Δ'_7 iiymatini, A.I.Tishenko tenglamasi bilan xisoblangan Δ' iiymati bilan taqioslab tajribaning xatosi % miqdorida aniqlanadi.

Hisoblash jadvali

№	Eritma va uning konsent-ratsiyasi			Atmosfera bosimidagi tempera-tura de-pressiyasi Δ'_{amm}		
	Absolyut bosim $P_{abs}=P_{at}-P_{vak}$	Eratmaning qaynash temperaturasi $t, ^\circ C$	To'yin-gan bug'ning tempera-turasi $\theta, ^\circ S$	Eritma-ning tempera-tura depressiya-si $\Delta'_T, ^\circ C$	Eritma-ning xisoblan-gan tempera-tura depressiya-si $\Delta'_T, ^\circ C$	Tajribaning xatosi $\frac{\Delta' - \Delta'_T}{\Delta'} \cdot 100\%$
1						
2						
3						
4						
5						
6						

Tekshirish uchun savollar

1. Bug'latish. Bug'latish haqida umumiy tushuncha.
2. Bir korpusli bug'latish qurilmasi.
3. Moddiy va issiqlik balanslari.
4. Temperaturalarning yo'iotilishi.
5. Umumiy va foydali temperaturalar farqi.
6. Ko'p korpusli bug'latish qurilmalari.
7. Qurilmalarning optimal sonini aniqlash.
8. Bug'latish qurilmalarning konstruksiyalari (osma isitish kamerali, tashqi sirkulyasion trubali, ajratilgan isitkichli, majburiy sirkulyasiyali, plenkali, issiqlik nasosli bug'latish qurilmalari).

ADABIYOTLAR

1. Касаткин А.Г. Основнке процесск и аппаратк химической технолдогии. - М.: Химия, 1973. – 727 с.
2. Плановский А.Н., Николаев П.И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии. – М.: Химия, 1987.- 496 с.
3. Нурмухамедов Х.С., Темиров О.Ш., Закиров С.Г. ва бошқалар. Газларни кайта ишлаш технологияси, жараён ва қурилмалари. – Т.: Фан ва технологиялар, 2016. – 856 б.
4. Yusupbekov N.R., Nurmuhamedov H.S., Zokirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalari. – Toshkent, Fan va texnologiyalar, 2015.- 848 b.
5. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С. ва бошқалар. Кимё ва озик-овкат саноатларнинг жараёнлари ва қурилмалари фанидан ҳисоблар ва мисоллар. – Т.: Nisim, 1999. –351 б;

6. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Ҳ.С., Зокиров С.Ғ. ва бошқалар. Кимё ва озик-овкат саноатларининг асосий жараён ва қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. – Т.: Жаҳон, 2000. – 266 б.

7. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Ҳ.С., Зокиров С.Ғ. Кимёвий технология асосий жараён ва қурилмалар. – Т.: Фан ва технологиялар, 2003.-644 б.

8. Нурмухамедов Ҳ.С., Абдуллаев А.Ш., Нигмаджонов С.К. ва бошқалар. Нефть ва кимё саноати машина ва қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. – Т.: Фан ва технологиялар, 2008. – 351 б.

9. Процессы и аппараты химической технологии. Явления переноса, макрокинетика, подобие, моделирование, проектирование: в 5 т. / Д.А.Баранов и др.- М.: Логос, 2002. – т.2: Механические и гидромеханические процессы. – 600 с.

10. Процессы и аппараты химической технологии.. Учеб. для студ. вузов / А. А. Захарова [и др.] ; под ред. А. А. Захаровой. – М. : Академия, 2006. - 528 с.

11. Pavlov. K.F, Romankov. P.G, Noskov. A.A. Primerы i zadachi po kursu protsessov i apparatov хimicheskoy tehnologii. - L.: Хimiya, 1981. – 575 s.

12. Нурмухамедов Ҳ.С., Аннаев Н.А., Бабаев З.К., Матчонов Ш.К. ва бошқалар. Иссиқлик алмашилиш қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. - Т.: Билик, 2018. - 316 б.

13. Нурмухамедов Ҳ.С., Аннаев Н.А., Бабаев З.К., Матчонов Ш.К. ва бошқалар. Иссиқлик алмашилиш қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. - Т.: Билик, 2018. - 316 б.

XARAKATCHAN NASADKALI KOLONNALARDA MODDA BERISH VA O'TKAZISH KOEFFITSIENTLAR MIQDORINI ANIQLASH

Ishninig nazariy asoslar

Kimyo va oziq-ovqat mahsulotlari ishlab chiqarish texnologiyasida modda almashinish jarayoni muxim o'rin egallaydi. Bunday jarayonlar bir fazadan ikkinchi fazaga moddalarning o'tishiga asoslangan. Modda o'tkazish jarayonining mexanizmi uzaro ta'sir kilayotgan fazalarning agregat xolatlariga bog'lik bo'ladi. Bu xususiyatlarga ko'ra faza sistemalari quyidagicha bo'ladi;

1-Gaz-suyuqlik; 2-qattiq jism-gaz; 3-suyuqlik-bug'; 4-suyuqlik-suyuqlik; 5-qattiq jism-suyuqlik.

Bug', gaz yoki tutunli gazlarning, hamda bug'-gaz aralashmalaridagi bir va bir necha komponentlarning suyuqlikda yutilish jarayoni adsorbsiya deb ataladi. Adsorbsiya jarayoni gaz-suyuqlik sistemasida olib boriladi. Yutilayotgan gaz adsorbktiv, yutuvchi suyuqlik adsorbent deyiladi. Teskari jarayon, ya'ni yutilgan komponentlarni suyuqlikdan ajratib chiqishi desorbsiya deb ataladi. Sanoatda adsorbsiya jarayoni turli maqsadlarda qo'llaniladi: gaz aralashmalardan qimmatbaho komponentlarni ajratib olishda, komponentlarni har hil zaharli moddalardan tozalashda uchun (mineral o'g'itlarni olishda hosil bo'lgan gaz aralashmalarini ftor birikmalaridan), tayyor mahsulotlar, masalan SO_2 va azot oksidlar, HCl ning suvda yutilishi natijasida sulfat, azot, xlorid kislotalar va hakazolar olishda. Adsorbsiya, quritish ekstraksiya kabi modda almashinish jarayonlari qattiq-jism, suyuqlik, qattiq-jism bug' (gaz) fazalar sistemasida olib boriladi.

Gaz, bug' yoki suyuqlik aralashmalaridan bir yoki bir necha komponentlarning g'ovaksimon qattiq moddaga yutilish jarayoni adsorbsiya deyiladi. Faol yuzaga ega bo'lgan qattiq materiallar adsorbentlar deb ataladi. Yutiluvchi modda adsorbent yoki adsorbktiv deyiladi. Teskari jarayon, ya'ni desorbsiya adsorbsiyadan keyin olib boriladi, va ko'pincha yutilgan komponentni adsorbentdan ajratib olish uchun (yoki adsorbentni regeneratsiya qilish uchun) xizmat qiladi. Ion almashinish jarayoni adsorbsiyaning bir turi bo'lib, ayrim qattiq moddalar (ionitlar) o'zlarining harakatchan ionlarini elektrolit eritmalaridagi ionlarga almashtirish qobiliyatiga asoslangan. Har bir adsorbent murakkab aralashmalarda ma'lum komponentlarni yutib, aralashmaning boshqa komponentlariga ta'sir qilmaydi. Demak, adsorbentlar tanlovchanlik qobiliyatiga ega.

Adsorbsiya jarayoni ko'pincha gaz va suyuqlik aralashmalaridagi yutilayotgan komponentning konsentratsiyasi kam miqdorda bo'lganda adsorbktivni butunlay ajratib olish uchun qo'llaniladi. Agar ajralayotgan komponentning konsentratsiyasi yuqori bo'lsa, u xolda adsorbsiya qo'llaniladi.

Adsorbsiya jarayoni gazlarni, eritmalarni tozalashda, eritmalardan qimmatbaho moddalarni ajratib olishda, neft mahsulotlaridan hosil bo'lgan aralashmalarni tozalashda, neftni qayta ishlash natijasida xosil bo'lgan aralashmalarini tozalashda, neftni qayta ishlash natijasida xosil bo'lgan gaz aralashmalaridan vodorod va etilenni, benzin fraksiyalaridan aromatik uglevodorodlarni ajratib olishda, yoglarni vino mahsulotlarni, har hil meva-sabzavot sharbatlarini tozalashda kimyo oziq-ovqat sanoatining barcha tarmoqlarida keng qo'llaniladi.

Quritish - qattiq va pastasimon materiallarni issiqlik tashuvchi agent yordamida namlikni bug'latish yo'li bilan ajratib chiqarishdir. Qurituvchi agent sifatida isitilgan havo, tutunli gazlar ishlatiladi. Quritish jarayonida namlik qattiq fazadan gaz (yoki bug') fazasiga o'tadi.

Nam materiallarni quritish jarayonini sanoatda tashkil etish katta ahamiyatga ega. Quritilgan materiallarni transport vositasida uzatish arzonlashadi, ularning tegishli xossalari yaxshilanadi, qurilma va trubalarning yemirilishga uchrashi kamayadi.

Ekstraksiya jarayoni «suyuqlik-suyuklik», «qattiq jism-suyuqlik» fazalar sistemasida olib boriladi. Biror suyuqlikda erigan moddani boshqa suyuqlik yordamida ajratib olish jarayoni suyuqlikni ekstraksiyalash deb ataladi. Bunday jarayonda bir yoki bir necha komponent bir suyuq fazadan ikkinchi suyuq fazaga o'tadi. Suyuqlikni ekstraksiyalash jarayoni neftni qayta ishlash, koks kimyo sanoatida, mineral kislotalar ishlab chiqarish va oziq-ovqat sanoatlarida keng qo'llaniladi.

Ekstraksiya jarayonida «qattiq-jism suyuqlik» sistemasida olib borilganda - qattiq fazaning suyuqlikka (erituvchiga) o'tishi eritish jarayoni deb ataladi. Bunday jarayonlarda qattiq, g'ovaksimon materiallar tarkibidan bir yoki bir necha komponentlar erituvchilar yordamida ajratib olinadi. Agar eritish jarayonida qattiq faza to'la suyuq fazaga o'tsa, ekstraksiyalash paytida esa, qattiq faza amaliy jixatdan o'zgarmay qoladi, faqat uning tarkibidagi tegishli komponent suyuq fazaga o'tadi.

Qattiq moddalarni ekstraksiyalash jarayoni sanoatning turli tarmoqlarida ishlatiladi. Kimyo sanoatida ishqor, kislota va tuzlarni, oziq-ovqat sanoatida qand, o'simlik moylari, sharbatlar vitaminlar, kimyo-farmatsevtika sanoatida turli dorivor moddalarni, gidrometallurgiyada esa rangli va nodir metallarni ekstraksiyalash usullaridan keng foydalaniladi.

Suyuq va bug' fazalar orasida komponentlarning o'zaro almashinish yo'li bilan suyuq aralashmalarini ajratish jarayoni haydash deb ataladi. Bu jarayon issiqlik ta'sirida olib boriladi, oddiy haydash (distillash) va murakkab haydash (rektifikatsiya) jarayonlari bor.

Aralashma komponentlarining uchuvchanligi o'rtasidagi fark ancha katta bo'lsa, bunda oddiy haydash usulidan foydalaniladi. Oddiy haydash paytida suyuqlikning bir marta qisman bug'lanish yuz beradi. Odatda bu usul suyuq aralashmalarni keraksiz qo'shimchalardan tozalash uchun ishlatiladi.

Suyuk aralashmalarni komponentlarga to'la ajratish uchun rektifikatsiya usulidan foydalaniladi. Rektifikatsiya jarayoni aralashmani bug'latishda ajralgan bug' va

bug'ning kondensatsiyalanishi natijasida hosil bo'lgan suyuqlik o'rtasida ko'p marotabalik kontakt paytidagi modda almashinishiga asoslangan.

Rektifikatsiya jarayoni spirt, neft va sintetik kauchuk ishlab chiqarishda keng ishlatiladi. Bundan tashqari spirt, vino, liker-arog, efir moylari va izotoplar, polimerlar, yarim o'tkazgichlar ishlab chiqarishda ham rektifikatsiya usuli keng qo'llaniladi.

Suyuq eritmalar tarkibidagi qattiq fazani kristallar holatida ajratish jarayoni kristallanish deyiladi. Bu jarayon eritmalarini o'ta to'yintirish yoki sovitish natijasida sodir bo'ladi. Kristallanish paytida modda suyuq fazadan qattiq fazaga o'tadi.

Kimyo texnologiya sanoatida kristallanish jarayoni toza moddalar olish uchun keng qo'llaniladi. Oziq-ovqat sanoatida kristallanish jarayoni qand-shakar ishlab chiqarishda, glyukoza olishda, konditer sanoatida va boshqa sohalarda ishlatiladi.

Membrana usuli bilan ajratish modda almashinishning yangi yo'nalishidir. Membrana yordamida ajratish quyidagi usullar bilan amalga oshiriladi: teskari osmos, ultrabin, ultrafiltrlash, mikrofiltrlash, membrana orqali bug'lanish, dializ, elektrodializ, gazlarni diffuziya bilan ajratish. Yarim o'tkazuvchi membranalar yordamida uglevodorodlarni, yuqori va quyi molekulari birikmalar aralashmalarini ajratish, tabiiy gazlardan geliy va vodorodni, havodan kislorodni ajratib olish, sut mahsulotlarini, meva, sabzavot sharbatlarini va boshqa eritmalarini quyultirish, pivoni pasterizatsiya qilish, yuqori sifatli qand va shu kabi bir qator muhim vazifalarni bajarish mumkin.

Demak, sanoatdagi olib boriladigan turli xil texnologik jarayon moddalarining fizik-mexanik xossalari bilan bir-biridan keskin farqli bo'lganda, modda o'tkazish jarayoni orqali amalga oshiriladi. Modda o'tkazish jarayonlari uchun ikki fazaning bo'lishi xarakterli bo'lib, modda bir fazadan ikkinchisiga, fazalar orasidagi chegaraviy qatlam orqali o'tadi. Har bir fazada ikkita zona bor: fazaning yadrosi (yoki fazaning asosiy massasi) va fazaning chegarasida yupqa chegara qatlam.

Modda o'tkazish murakkab jarayon bo'lib, u 3 boskichdan iborat:

1. Taqsimlanayotgan moddaning molekulari, faza ning yadrosidan shu fazaning chegara qatlamiga o'tadi;

2. Chegara qatlamdan taqsimlanayotgan modda fazalararo chegaraviy qatlamga o'tadi;

3. Fazalararo chegaraviy qatlamdan taqsimlanayotgan modda molekulari ikkinchi fazaning yadrosiga o'tadi.

Fazalarni ajratuvchi yuzadan moddani suyuq (yoki gaz) faza yadrosiga berilishi yoki aksincha faza yadrosidan ajratuvchi yuzaga moddaning berilishi modda berish jarayoni deyiladi.

Modda berish jarayoni qaytar jarayondir, ya'ni modda ikkinchi fazadan ajratuvchi yuzaga o'tishi mumkin. Moddaning o'tish jarayoni fazalar orasidagi muvozanat holat vujudga kelguncha davom etadi. Muvozanat paytida \bar{x} ning ma'lum konsentratsiya qiymatiga boshqa fazadagi tegishli aniq bir qiymatli muvozanat konsentratsiyasi \bar{y}^* to'g'ri keladi. Xuddi shuningdek \bar{y} ning ma'lum konsentratsiya qiymatiga tegishli mu-

vozanat konsentratsiyasi \bar{x}^* to'g'ri keladi. Muvozanat payitida fazalardagi taqsimlanayotgan modda konsentratsiyalari urtasidagi umumiy bog'liqlik quyidagicha aniqlanadi:

$$y^* = f(\bar{x}) \quad (11.1)$$

$$x^* = f(\bar{y}) \quad (11.2)$$

Modda o'tishida sistemadagi muvozanat holatining o'zgarishi jarayonining harakatlantiruvchi kuchi hisoblanadi. Sistemaning muvozanat holati o'zgarganda, taqsimlanayotgan komponent konsentratsiyasi yuqori bo'lgan fazadan, konsentratsiyasi past bulgan fazaga muvozanat holat davom etguncha o'tadi.

Modda o'tkazish jarayoni tezligi, sistema muvozanat holati o'zgarishining darajasiga va fazalardagi modda almashinishning mexanizmiga bog'liq bo'ladi.

Moddalarning bir faza ichida tarqalishi va bir fazadan ikkinchi fazaga utishi molekulyar diffuziya yo'li bilan boradi. Qo'zg'almas muhitda ko'pincha modda molekulyar diffuziya yordamida, harakatdagi muhitda esa, modda konvektiv diffuziya yordamida tarqaladi. Turbulent oqimda modda turbulent diffuziya orkali tarqaladi, bu holda molekulyar diffuziyaning ahamiyati juda kam bo'lib, chegaraviy qatlamda esa, moddaning tarqalishi molekulyar diffuziyaga bog'liq bo'ladi. Molekula atom, ion va kolloid zarrachalarning tartibsiz harakati ta'sirida moddaning tarqalishi molekulyar diffuziya deb ataladi.

Molekulyar diffuziya Fikning birinchi qonuni bilan ifodalanib, quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$M = -D \cdot F \cdot \frac{dc}{dn} \cdot \tau \quad (11.3)$$

bu yerda M - bir fazadan ikkinchi fazaga o'tayotgan moddaning miqdori, kg/s; D - proporsionallik koeffitsienti, molekulyar diffuziya koeffitsienti, m^2/s ; F - fazalarning tuknashuv yuzasi, m^2 ; τ - moddaning o'tish vaqti, s; $\frac{dc}{dn}$ - konsentratsiya gradienti, kg/m; n - qatlamning qalinligi, m.

Tenglamaning o'ng tomonidagi minus ishora molekulyar diffuziyaning tarqaluvchi komponent konsentratsiyasining kamayishi tomonga qarab borishini ko'rsatadi.

Molekulyar diffuziya koeffitsienti fizik o'zgarimas kattalik bo'lib, moddaning diffuziya yo'li bilan qo'zg'almas muhitga kirish qobiliyatini belgilaydi. Diffuziya koeffitsienti tarqaluvchi modda va muhitning xossalriga, temperaturaga va bosimga bog'liq. Har bir oniy sharoit uchun D ning qiymati tajriba yo'li bilan tenglamalar yordamida aniqlanadi.

Gazning boshqa biror gaz tarkibida tarqalish diffuziya koeffitsienti $D \approx 0,1 \div 1,0$ sm²/s, gazning suyuqlikka o'tish diffuziya koeffitsienti $D = 10^5$ marta kam bo'lib, taxminan 1 sm²/sutkaga teng. Demak, molekulyar diffuziya juda sekinlik bilan boradigan (ayniqsa suyuqliklarda) jarayondir.

Turbulent pulsatsiya ta'siri ostida, oqimning harakatida bir fazadan ikkinchi fazaga moddaning tarqalishi turbulent diffuziya deyiladi.

Turbulent diffuziyaning tezligi oqimning turbulentlik darajasiga, jarayonning gidromexanik rejimiga bog'liq. Biror faza miqyosida turbulent diffuziya orqali tarqalgan moddaning midori quyidagi tenglama bilan topiladi:

$$dM = -\mathcal{E}_D \cdot dF \cdot \frac{dc}{dn} \cdot d\tau \quad (11.4)$$

bu yerda \mathcal{E}_D -turbulent diffuziya koeffitsienti.

11.4-tenglamadan \mathcal{E}_D ni aniqlanadi;

$$\mathcal{E}_D = \frac{dM \cdot dn}{d\tau \cdot dF \cdot dc} = \frac{\kappa Z \cdot M}{c \cdot M^2 \cdot \kappa Z / M^3} = \frac{M^2}{c}$$

Turbulent diffuziya koeffitsienti vaqt birligi ichida konsentratsiya gradienti birga teng bo'lganda yuza birligidan turbulent diffuziya yo'li bilan o'tgan moddaning miqdorini bildiradi. Turbulent diffuziya koeffitsienti m²/s o'lchov birligiga ega bo'lib, uning qiymati jarayonning gidrodinamik shart-sharoitlariga bog'liq. Bu yerda gidrodinamik shart-sharoit oqimning tezligi va turbulentlik masshtabiga qarab aniqlanadi.

Harakatlanuvchi suyuqlik yoki gazda modda molekulyar va turbulent diffuziyalar yordamida tarqaladi bu jarayonlarning yig'indisi konvektiv diffuziya deb ataladi. Konvektiv diffuziya konsentratsiya gradienti, muhitning tezligi va fizik xossalariga bog'liq.

Fazalarni ajratuvchi yuzadan moddaning suyuq yoki gazzimon fazaning markaziga berilishi yoki aksincha, fazaning yadrodan ajratuvchi yuzaga moddaning berilishi konvektiv diffuziya yoki modda berish jarayoni deb atalib, xuddi issiqlik almashinish jarayoniga o'xshab, bu jarayon quyidagi differensial tenglama orqali ifodalanish mumkin:

$$\frac{dc}{d\tau} + \frac{\partial c}{\partial x} w_x + \frac{\partial c}{\partial y} w_y + \frac{\partial c}{\partial z} w_z = D \left(\frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 c}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 c}{\partial z^2} \right) \quad (11.5)$$

Tenglamadagi $dc/d\tau$ ifoda vaqt birligi ichida konsentratsiyasining o'zgarishini ko'rsatadi. Bu tenglama noturg'un modda almashinish jarayonlari uchun harakterlidir.

Qo'zg'almas muhitdagi modda almashinish jarayonida

$w_x = w_y = w_z = 0$ bo'lgani uchun:

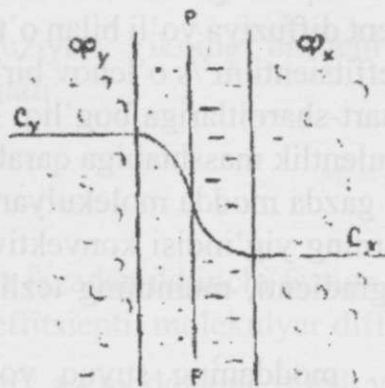
$$\frac{\partial c}{\partial x} w_x + \frac{\partial c}{\partial y} w_y + \frac{\partial c}{\partial z} w_z = 0 \quad (11.6)$$

Bu xolda 11.5 tenglama molekulyar difuziyaning differensial tenglamasi ko'rinishiga keladi:

$$\frac{dc}{d\tau} = D \left(\frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 c}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 c}{\partial z^2} \right) \quad (11.7)$$

(11.7) tenglama Fikning ikkinchi qonuni deb yuritiladi. Konvektiv difuziyaning differensial tenglamasi murakkab bo'lgani uchun uni oddiy usullar bilan yechish qiyin. O'xshashlik nazariyasidan foydalanib, differensial tenglamani qayta ishlab chiqish natijasida, jarayonni harakterlovchi o'xshashlik kriteriylari aniqlanadi.

Modda o'tkazish murakkab jarayon bo'lib, fazalarni ajratuvchi yuzaning ikki tomonida yuz berayotgan modda berish jarayonlaridan tashkil topgan bo'ladi. 11.1 rasmda modda o'tkazish jarayonini tushuntiruvchi sxema ko'rsatilgan.



11.1-rasm. Massa o'tkazish jarayonida fazalarda konsentratsiyaning taqsimlanishi.

Fazalar bir-biriga nisbatan ma'lum tezlikda, ya'ni turbulent rejimda harakat qiladi va qo'zg'aluvchan ajratuvchi yuzaga ega. Tarqaluvchi modda F_x fazadan F_u fazasiga ajratuvchi yuzga orqali modda berish jarayon orqali o'tadi. Modda o'tkazish jarayoni har bir fazadagi turbulent oqimning strukturasi bog'lik. Gidrodinamikadan ma'lumki, turbulent oqimda qattiq yuz ustida chegaraviy qatlam xosil bo'ladi. Har bir faza yadroga (yoki fazaning asosiy massasi) va fazaning chegaraviy yupqa qatlamga

ega bo'ladi. Fazaning yadrosida modda asosan turbulent pulsatsiyalar yordamida tarqaladi va tarqaluvchining konsentratsiyasi (s_{ou} va s_{ox}) amaliy jihatdan o'zgarmas qiymatga ega bo'ladi. Chegaraviy qatlamda turbulent rejim asta-sekin so'nib boradi, natijada ajratuvchi yuzaga yaqinlashgan sari konsentratsiyasi o'zgarib boradi. Ajratuvchi yuzaning o'zida moddaning tarqalishi juda sekinlashadi, chunki moddaning o'tishi faqat molekulyar diffuziyaning tezligiga bog'liq bo'lib qoladi. Fazalar o'rtasidagi ishqalanish va suyuq faza chegarasidagi sirt taranglik kuchlari ta'sirida ajratuvchi yuza yaqinida konsentratsiya keskin, taxminan to'g'ri chiziq bo'yicha o'zgaradi.

Shunday qilib, turbulent oqimda fazaning yadrodan fazalarni ajratuvchi chegaragacha (yoki teskari yo'nalishda) modda berilishi parallel ravishda molekulyar va turbulent diffuziyalar yordamida amalga oshiriladi, biroq fazaning asosiy massasida moddaning berilish jarayoni diffuziya yo'li bilan boradi.

Demak, modda o'tkazishning tezligi harakatlantiruvchi kuchga teng bo'lgan, taqsimlanayotgan moddaning faza yadrosi bilan chegaraviy katlamlari orasidagi konsentratsiyalari farqiga to'g'ri proporsional bo'ladi. Faza yadrosidan chegaraviy qatlamga yoki ajratuvchi yuzaga berilayotgan moddaning miqdori modda berish tenglamasi bilan aniqlanadi:

gaz fazasi uchun, F_u

$$M = \beta_y \cdot F \cdot (y - y_q) \quad (11.8)$$

cuyuqlik fazasi uchun, F_x

$$M = \beta_x \cdot F \cdot (x_q - x) \quad (11.9)$$

bu yerda M - vaqt birligi ichida berilgan moddaning miqdori; β_u , β_x - gaz va suyuqlik fazalaridagi modda berish koeffitsientlari; $(u - u_{ch})$ - modda berishning F_u fazadagi harakatlantiruvchi kuchi; $(x_{ch} - x)$ - modda berishning F_x fazadagi harakatlantiruvchi kuchi; u_{ch} va x_{ch} har bir fazaning yadrosidagi o'rtacha konsentratsiyasi; u_{ch} , x_{ch} - tegishli fazalar chegarasidagi konsentratsiyalar; F - fazalarni ajratuvchi yuza.

Modda berish koeffitsienti (11.8),(11.9) tenglamalaridan aniqlanadi:

$$\beta_y = \frac{M}{(y - y_q) \cdot F} = \frac{\kappa z / c}{\kappa z / M^3 \cdot M^2} = \frac{M}{c} \quad (11.10)$$

Modda berish koeffitsientlari (β_x , β_y) vaqt birligi ichida jarayonning harakatlantiruvchi kuchi birga teng bo'lganda yuza birligidan fazalarni ajratuvchi yuzadan fazaning yadrosiga (yoki teskari yo'nalishda - fazaning yadrosidan ajratuvchi yuzaga tomon) o'tgan moddaning massasini bildiradi.

Modda berish koeffitsienti fizik o'zgarmas kattalik emas, u fazaning fizik xossalari (zichlik, qovushoqlik va boshqalar), muhitning gidrodinamik rejimlariga, (laminar yoki turbulent oqim) modda almashinish qurilmasining konstruktiv tuzilishiga va uning o'lchamlariga bog'liq bo'lgan kinetik kattalikdir, ya'ni:

$$\beta = f(\rho, \mu, D, w, L_1, L_2)$$

Shunday qilib, modda berish koefitsienti β ning bir qator o'zgaruvchan faktorlarga bog'liqligi sababli, ular orasidagi bog'lanishini aniqlash uchun hamda modda berish koefitsientining qiymatini hisoblash uchun o'xshashlik nazariyasidan foydalaniladi. O'xshashlik nazariyasi asosida bu bog'liqliklarni ifodalovchi, modda berishning umumiy kriterial tenglamalarini keltirib chiqaramiz.

O'xshashlik nazariyasi usullari yordamida bir nechta diffuzion kriteriyalari xosil qilingan. Bular jumlasiga (Nu'), Fure (F_o'), Pekle (Re'), Prandtl (Re') diffuzion kriteriyalar kiradi.

Nusselt diffuziya kriteriyasi quyidagi ko'rinishga ega:

$$Nu' = \frac{\beta \cdot l}{D} \quad (11.11)$$

bu yerda β - modda berish koefitsienti; D - molekulyar diffuziya koefitsienti; L - sistemaning aniqlovchi ulchami. O'xshash sistemalarning o'xshash nuqtalarida Nu' kriteriyasi bir hil qiymatga ega bo'ladi. Bu o'xshashlik kriteriy fazalar yadrosining va difuzion chegara qatlamidagi modda o'tkazish intensivligini ifodalab va ular orasidagi nisbatni ko'rsatadi.

Nusselt kriteriyasi tenglamasida hisoblanayotgan modda berish koefitsienti bo'lgani uchun u aniqlanuvchi kriteriyadir.

Fure diffuziya kriteriyasi noturg'un holdagi modda berish jarayonlarini ifodalaydi va quyidagi kattaliklar orqali belgilanadi:

$$F_o' = \frac{\tau \cdot D}{l^2} \quad (11.12)$$

bu yerda τ - jarayonning davomiyligi.

Noturg'un o'xshash sistemalar o'xshash nuqtalarida Fure kriteriyasi bir hil qiymatga ega bo'lib, vaqt birligi ichida modda berilishining o'zgarishini ko'rsatadi.

Pekle kriteriyasi o'xshash sistemalarning o'xshash nuqtalarida konvektiv va molekulyar diffuziyalar orqali o'tayotgan modda massalarining nisbati darajasini belgilaydi va quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$Pe' = \frac{w \cdot l}{D} \quad (11.13)$$

bu yerda w - oqimning tezligi. Ko'p xollarda Re' kriteriyasi o'rniga Prandtl diffuziya kriteriyasi ishlatiladi:

$$Pr = \frac{Pe'}{Re'} = \frac{w \cdot l}{D} \cdot \frac{w \cdot l}{v} = \frac{v}{D} = \frac{\mu}{\rho \cdot D} \quad (11.14)$$

Prandtl kriteriyasi o'xshash oqimlarning o'xshash nuqtalarida suyuqlik (gaz) ning fizik xossalari nisbatining o'zgarishini ifodalaydi. Gazlar uchun Re' ning qiymati birga yaqin suyuqliklar uchun esa $Re' = 10^3$, chunki suyuqliklarda diffuziya koeffitsienti juda kichkina qiymatga ($D=10^{-9} \div 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$) ega.

Nusselt diffuziya kriteriyasi asosiy aniqlanishi lozim bo'lgan kriteriy bo'lib, uning boshqa kriteriyalar va komplekslar bilan bog'liqligi quyidagi umumiy ko'rinishga ega.

$$Nu' = f(Re, Pr', Fo', Pe', G_1, G_2) \quad (11.15)$$

bu yerda G_1, G_2 - geometrik o'xshashlik simplekslar.

Modda berish jarayonlarini hisoblash qiyin, chunki fazalar chegarasidagi taqsimlanayotgan modda konsentratsiyasining miqdorini aniqlash qiyin, chunki hisoblash usullari ma'lum emas. Shuning uchun bir fazadan ikkinchi fazaga vaqt birligi ichida o'tgan moddaning massasi M ni aniqlashda modda o'tkazishning asosiy tenglamasidan foydalaniladi:

F_u - faza uchun

$$M = K_y \cdot F \cdot (y - y^*) \quad (11.16)$$

F_x - faza uchun

$$M = K_x \cdot F \cdot (x^* - x) \quad (11.17)$$

bu yerda M - bir fazadan ikkinchi fazaga vaqt birligi ichida o'tgan moddaning miqdori; K_u, K_x - gaz va suyuqlik fazalari uchun modda o'tkazish koeffitsienti; $(u - u^*)$, $(x^* - x)$ - gaz va suyuqlik fazalaridagi harakatlantiruvchi kuch; u, x - fazalardagi ishchi konsentratsiyalar; u^*, x^* - berilgan fazadagi muvozanat konsentratsiyalar.

Modda o'tkazish koeffitsienti quyidagi bog'lanish orqali aniqlanadi.

Gaz fazasi uchun:

$$\frac{1}{K_y} = \frac{1}{\beta_y} + \frac{m}{\beta_x} \quad (11.18)$$

$$\frac{1}{K_x} = \frac{1}{\beta_x} + \frac{1}{m \cdot \beta_y} \quad (11.19)$$

bu yerda m - muvozanat chizig'i qiyaligi burchagining tangensi. Bu tenglamalarning chap tomonlari moddaning bir fazadan ikkinchi fazaga o'tishi uchun umumiy qarshilikni, o'ng tomonlari esa fazalardagi modda berish jarayonlari qarshiliklarning yig'indisini bildiradi. (11.18), (11.19) ifodalar fazoviy diffuziya qarshiliklarning additivlik tenglamalari deb yuritiladi.

Modda o'tkazish koeffitsienti (11.18), (11.19) tenglamalardan aniqlanadi.

$$K = \frac{M}{(y - y^*) \cdot F} = \frac{\kappa Z}{\kappa Z / M^3 \cdot M^2 \cdot c} = \frac{M}{c} \quad (11.20)$$

Modda o'tkazish koeffitsienti (K_u, K_x) vaqt birligi ichida fazalarning kontakt yuzasi birligidan, jarayonning harakatlantiruvchi kuchi birga teng bo'lganda, bir fazadan ikkinchi fazaga utgan moddaning massasini bildiradi.

Modda berish va o'tkazish koeffitsientlarining o'lchov birliklari bir xil bo'lib, jarayonning harakatlantiruvchi kuchning o'lchov birligiga, hamda fazolararo o'tayotgan moddaning miqdoriga bog'liq bo'ladi.

Fazalar ajratuvchi yuza bo'lib harakat qilganda, ularning konsentratsiyalari o'zgaradi, natijada jarayonning harakatlantiruvchi kuchi ham o'zgaradi. Shu sababli modda o'tkazishning asosiy tenglamasiga o'rtacha harakatlantiruvchi kuch tushunchasi ($\Delta u_u', \Delta x_u'$) kiritiladi.

$$M = K_u \cdot F \cdot \Delta u_{ur} \quad (11.21)$$

$$M = K_x \cdot F \cdot \Delta x_{ur} \quad (11.22)$$

Gaz fazaning konsentratsiyasi bo'yicha, modda o'tkazishning o'rtacha harakatlantiruvchi kuchi quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta y_{yp} = \frac{(y_{\delta} - y_{\delta}^*) - (y_o - y_o^*)}{2,3 \lg \frac{y_{\delta} - y_{\delta}^*}{y_o - y_o^*}} = \frac{\Delta y_{ka} - \Delta y_{ku}}{2,3 \lg \frac{\Delta y_{ka}}{\Delta y_{ku}}} \quad (11.23)$$

bu yerda u_b, u_o - moddaning boshlang'ich va jarayon oxiridagi konsentratsiyasi; Δu_{ka} - qurilmaning birinchi (yoki ikkinchi) chekkasidagi konsentratsiyalarning katta farqi; Δu_{ki} - qurilmaning ikkinchi (yoki birinchi) chekkasidagi konsentratsiyalarning kichik farqi.

Xuddi shuningdek, suyuq fazaning konsentratsiyasi bo'yicha:

$$\Delta x_{yp} = \frac{(x_o^* - x_o) - (x_{\delta}^* - x_{\delta})}{2,3 \lg \frac{x_o^* - x_o}{x_{\delta}^* - x_{\delta}}} = \frac{\Delta x_{ka} - \Delta x_{ku}}{2,3 \lg \frac{\Delta x_{ka}}{\Delta x_{ku}}} \quad (11.24)$$

Jarayonning harakatlantiruvchi kuchini o'tkazish birligi soni bilan ham ifodalash mumkin:

$$n_{oy} = \frac{y_{\delta} - y_o}{\Delta y_{yp}} \quad (11.25)$$

$$n_{ox} = \frac{x_o - x_{\delta}}{\Delta x_{yp}} \quad (11.26)$$

o'tkazish birligi soni harakatlantiruvchi kuch birligiga mos kelgan faza ishchi

konsentratsiyasining o'zgarishini belgilaydi. Ushbu ishda modda berish koeffitsientini qaynovchi qatlamli nasadkali kolonnada aniqlanadi. Nasadka sifatida Rashig halqalari, keramik buyumlar, koks, maydalangan kvars, polimer halqalar, sharlar, egarsimon elementlar ishlatiladi. Nasadkali kolonnalarda gaz va suyuqlik nasadka qatlami orqali qarama-qarshi yo'nalishda harakatlanadi. Berilayotgan suyuqlikning miqdori (namlash zichligi) va gaz harakati tezligiga qarab, kolonna har xil rejimda ishlashi mumkin. Kolonnadagi bu rejimlar ho'llangan nasadkaning gidravlik qarshiligi ΔR_n bilan gaz tezligining w o'zaro bog'lanish grafigi orkali ifodalanadi.

$\Delta P_n = f(w)$ gaz mavxum tezligining qiymati kolonnaga berilayotgan gazning hajmiy sarf miqdorini V_c kolonna ko'ndalang qismining F nisbatiga teng bo'ladi. Mavhum qaynovchi qatlamli nasadkali kolonnalarning gidravlik qarshiligini tajriba yo'li va empirik tenglama bilan aniqlash mumkin

$$\Delta P = \Delta P_\kappa + 32,1 \cdot F^{1,03} \cdot H_n^{0,6} \cdot Z^{0,56} \cdot w^{0,82} \quad (11.27)$$

bu yerda $F = 20\%$ - kolonna yuzasini egallagan tarelkaning ozod kesimi, m^2 ; N_n - 200 mm - nasadka qatlamining balandligi; Z - namlash zichligi, m^3/m^2 soat; w - gazning mavhum tezligi, m/s.

Quruq xoldagi nasadkaning gidravlik qarshiligi quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

$$\Delta P_\kappa = \lambda \cdot \frac{H_o}{d_s} \cdot \frac{w_x \cdot \rho_r}{2} \quad (11.28)$$

bu yerda λ - gidravlik qarshilik koeffitsienti; $d_e = 4\varepsilon/a$ - nasadkaning ekvivalent diametri, m; $w_x = w_o/\varepsilon$ - gazning xaqiqiy tezligi, m/s; a - nasadkaning solishtirma yuzasi, m^2/m^3 ; ρ_g - gazning zichligi, kg/m^3 ; w_o - gazning mavhum tezligi, m/s.

Gidravlik qarshilik koeffitsienti oqimning rejimiga bog'lik bo'ladi. Nasadka qatlamidan suyuqlik oqib o'tayotganda, uning gidravlik qarshilik koeffitsienti gaz oqimining har qanday rejimi uchun quyidagi umumiy tenglama bilan aniqlanadi:

$$\lambda = 133/Re_r + 2634 \quad (11.29)$$

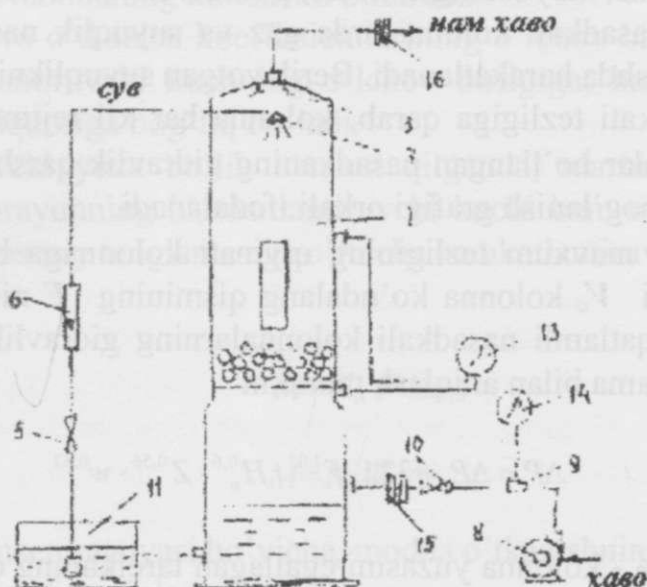
bu yerda

$$Re_r = \frac{w_r \cdot d_s \cdot \rho_r}{\mu_r} = \frac{4 \cdot w_r \cdot \rho_r}{\mu_r \cdot a} \quad (11.30)$$

Ushbu ishni qilishdan maqsad mavhum qaynovchi qatlamli nasadkali kolonnalarda, modda berish koeffitsienti, quruq va ho'llangan nasadkaning gidravlik qarshilqlarini aniqlashdir.

Berilayotgan suyuqlikning miqdori va gaz harakatining tezligiga qarab qurilma to'rt hil rejimda ishlashi mumkin. Kolonnadagi bu rejimlar ho'llangan nasadkaning

gidravlik qarshiligi bilan gaz tezligining o'zaro bog'lanish grafigi orqali ifodalanadi (11.2-rasm).



11.2-rasm. Nasadkaning gidravlik qarshiligi bilan kolonnadagi gaz oqimi tezligining o'zaro bog'lanishi.

1-quruq nasadka uchun; 2-ho'llangan nasadka uchun; OA-plyonkali rejim; AV- oraliq rejim; VS-emulgatsion rejim; SD- chiqish rejimi.

Ishning bajarish tartibi

13.3-rasmda laboratoriya qurilmasi ko'rsatilgan

13.3-rasm. Laboratoriya qurilmasining sxemasi.

- 1- kolonna; 2- ag'darilma tarelka; 3- tomchi ajratgich; 4- nasos; 5- suyuqlik sarfini rostlovchi kran; 6- suyuqlik sarfini o'lchovchi rotametr; 7- purkagich; 8- ventilyator; 9- Pito-Prandtl trubkasi; 10- havoning miqdorini rostlovchi moslama; 11- suv to'ldirilgan bak; 12- nasadka; 13,14- mikromanometr; 15,16 - psixrometr.

Qurilma vertikal kolonna bo'lib, uning ichki qismiga ag'darilma tarelka o'rnatilgan. Tarelka elaksimon bo'lib, teshiklarining diametri $d=0,016$ m, kolonna yuzasini egallagan tarelkaning ozod qismi $F = 20\%$ ga teng.

Nasadka sifatida tarelkaga diametri $d=37$ mm bo'lgan sharlar solingan. Sharlar qatlamining g'ovakliligi $\varepsilon =0,4$ ga teng, sharlarning soni $n = 90$ ta. Nasadka qatlamining balandligi $N_n = 200$ mm. Kolonna ishlash holatining balandligi $N_i =1200$ mm ga teng. Markazdan qochma nasos (4) orqali purkagich (7) ga suv beriladi. Suvning sarfi rotometr (6) orqali o'lchanib, sarfi kran (5) bilan rostlanadi. Havo diametri $d = 110$ mm bo'lgan truba orqali ventilyator vositasida beriladi. Havoning sarfi maxsus moslama bilan o'zgartiriladi, uning sarflanish miqdori mikromanometr (14) ulangan Pito-Prandtl (8) trubkasi bilan aniqlanadi.

Psixrometrlar (15), (16) bilan kolonnaga kirayotgan havoning nam saqlashi, (u_b, u_{ox}) quruq va ho'l termometrlar vositasida aniqlanadi.

Ushbu ishda gaz fazasidagi modda berish koeffitsientining β_u qiymati, suvni havoda bug'lanishi samaradorligiga qarab 2 xil sharoitda aniqlanadi.

1. $Z=\text{const}$ bo'lganda, $\beta_u=f(w_o)$ bog'lanishini keltirib chiqarish.
2. $W=\text{const}$ bo'lganda, $\beta_u=f(Z)$, bog'lanishini keltirib chiqarish.

Qurilmaning holati tekshirilib, laborant ishtirokida markazdan qochma nasos ishga tushirilib, suvni temperaturasi o'zgarmas holatga kelguncha sirkulyasiya qilinadi. Rotometrning ko'rsatkichi bo'yicha suvning sarfi miqdori o'zgarmas (o'qituvchi ko'rsatmasiga asosan) qilib olinadi. Havoning sarf miqdorini 4 marta rostlovchi moslama (10) yordamida o'zgartirib, ventilyator (8) orqali havo beriladi, hamda mikromanometr (14) ko'rsatkichi va psixrometr (15), (16) kolonnadan oldingi va keyingi ko'rsatkichlarini hisoblash jadvaliga yoziladi.

II usulda havoning sarf miqdorini o'zgarmas holatda suvning sarfi 4 marta rotometrning ko'rsatkichi bo'yicha o'zgartirilib, psixrometrlarning ko'rsatkichi hisoblash jadvaliga yoziladi.

Tajriba o'tkazilgandan so'ng modda berish koeffitsienti (11.31) tenglama bilan, havoning tezligi (11.36) va namlash zichligi Z (11.37) tenglamalar bilan hisoblanadi. Tajriba natijalari asosida $Z=\text{const}$ bo'lganda β_u-w_o orasidagi va $W=\text{const}$ bo'lganda β_u-Z oralarida o'zaro bog'lanish grafiklari millimetrli kogozda tasvirlanadi.

11-1 hisoblash jadvali

O'lchanadigan miqdorlar	1	2	3	4
Havo sarfi $V_c, m^3/s$				
Suvning sarfi $V, m^3/soat$				
Kolonnaga kirayotgan havoning temperaturasi, °S				
Quruq havoning temperaturasi - $t_k, °S$				
Ho'l termometrnin temperaturasi - $t_x, °S$				
Kolonnaga kirayotgan havoning nam saqlashi- $y_b, kg/kg$				
Kolonnadan chiqayotgan havoning temperaturasi - $t_{ch}, °S$				
Quruq havoning temperaturasi - $t_k, °S$				
Kolonnadan chiqayotgan havoning nam saqlashi- $y_o, kg/kg$				

Tajriba kursatkichlarini xisoblash

1. Ikki xil usul uchun modda berish koeffitsientini quyidagi tenglama bilan hisoblaymiz:

$$\beta_y = K_y = \frac{M}{F \cdot \Delta y_{yp}} \quad (11.31)$$

bu yerda M - suvdan havoga o'tgan namlik miqdori, kg/s; $F = 0,031 \text{ m}^2$ - tarelkaning ish yuzasi, m^2 ; Δy_{ur} - jarayonning harakatlantiruvchi kuchi, kg/kg.

2. Suvdan havoga o'tgan namlikning miqdori kuyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$M = G_x \cdot (y_o - y_o) \quad (11.32)$$

bu yerda G_x - havoning massaviy sarfi, kg/s; y_b , u_o - havoning dastlabki va kolonnadan chikishdagi nam saqlashi, quruq va ho'l termometrning temperaturasiga asosan $I - x$ diagrammadan aniqlanadi.

3. Havoning massaviy sarfi quyidagicha aniqlanadi:

$$G_x = V_c \cdot \rho \quad (11.33)$$

bu yerda V_c - havoning hajmiy sarfi, m^3/s ; ρ - gazning zichligi, kg/m^3 .

4. Havoning hajmiy sarfi pnevmometrik Pito-Prandtl naychasi ko'rsatkichi bo'yicha, olingan dinamik naporning qiymati orqali aniqlanadi: $h_o = w^2 / 2g$

bu yerdan $w = \sqrt{2g \cdot h_o}$

Havoning hajmiy sarfi esa:

$$V_c = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \varphi \sqrt{2g \cdot h_o} \quad (11.34)$$

bu yerda $d = 110 \text{ mm}$ - havo berilayotgan trubaning diametri, m; $\varphi = 0,97$ - sarflanish koeffitsienti; h_d - dinamik napor, havo ustunida.

5. Jarayonning harakatlantiruvchi kuchi Δu_{ur} quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta y_{yp} = \frac{(y_m - y_o) - (y_m - y_o)}{2,3 \lg \frac{y_m - y_o}{y_m - y_o}} \quad (11.35)$$

bu yerda u_m - havoning muvozanat holatdagi nam saqlashi, temperaturaga $I - x$ diagrammadan aniqlanadi.

6. Havoning mavhum tezligi sekundi sarf tenglamasidan aniqlanadi:

$$w_o = \frac{V_c}{F} \quad (11.36)$$

bu yerda $F = 0,0314 \text{ m}^2$ - kolonnaning ko'ndalang kesim yuzasi. Suvning sarf miqdori bo'yicha namlash zichligi quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$Z = \frac{G}{3600 \cdot F} \quad (11.37)$$

bu yerda Z - namlash zichligi; G - suvning sarf mikdori, rotametrlning ko'rsatkichi bo'yicha grafikdan aniqlanadi.

Quruq va ho'llangan nasadkaning gidravlik qarshiligini aniklash.

Havoning sarfini rostlovchi maxsus moslama (10) yordamida 4 marta o'zgartirib, mikromanometr (13,14) bilan quruq nasadka gidravlik qarshiligini va havoning sarfini aniqlaymiz. Sungra kolonnaga markazdan qochma nasos yordamida suv berib, suvning sarfini o'zgarimas ($G=const$) holatida mikromanometrning (13) ko'rsatkichi bo'yicha, ho'llangan nasadkaning gidravlik qarshiligini aniqlanadi. Havoning sarfini mikromanometr (14) bilan aniqlanadi. Bu tajribani 4 marta qaytaramiz. Olingan tajriba natijalarini 13-2 hisoblash jadvaliga yozamiz.

11-2 hisoblash jadvali

	1	2	3	4
14- mikromanometrning kursatkichi bo'yicha xavoning sarfi, $m^3/soat$				
13 mikromanometrning kursatkichi bo'yicha Rotametrlning ko'rsatkichi bo'yicha				
Suvning sarfi, m^3/s				
13 mikromanometrning ko'rsatkichi bo'yicha				

11-2 hisoblash jadvalidagi tajriba natijalariga asosan havoning tezligi (11.36), namlash tezligi esa (11.37) tenglamalar yordamida hisoblanadi.

Quruq va ho'llangan nasadkalarining gidravlik qarshiligining o'lchov birligi Pa da ifodalab tezlak bilan o'zaro bog'lanishlari, ya'ni ΔR_{k-w_0} va ΔR_{x-w_0} grafilari millimetrli qog'ozda tasvirlanadi.

Tajribada olingan quruq va ho'llangan nasadkalarining gidravlik qarshiliklarining qiymatini (11.27), (11.26) tenglama bilan hisoblangan qiymatlari bilan taqqoslab xatosi % larda aniqlanadi.

Tekshirish uchun savollar

1. Modda o'tkazish jarayoni va uning mohiyati
2. Modda o'tkazish jarayoning turlari.
3. Fazoviy muvozanat. Muvozanat chizig'i.
4. Moddiy balans.
5. Molekulyar va turbulent diffuziya.
6. Modda berish jarayoni va uning tenglamasi.

7. Modda o'tkazish jarayoni va uning tenglamasi
8. Modda berish va modda o'tkazish koeffitsientlarining fizik ma'nosi va o'lchov birliklari.
9. Oxshashlik diffuzion kriteriylar va ularning fizik ma'nosi.
10. Jarayonning o'rtacha harakatlantiruvchi kuchi va uni aniqlash.
11. Fazalarning additiv qarshiligi.

ADABIYOTLAR

1. Касаткин А.Г. Основке процесск и аппаратк химической технолдогии. - М.: Химия, 1973. – 727 с.
2. Плановский А.Н., Николаев П.И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии. – М.: Химия, 1987.- 496 с.
3. Нурмухамедов Х.С., Темиров О.Ш., Закиров С.Г. ва бошқалар. Газларни кайта ишлаш технологияси, жараён ва қурилмалари. – Т.: Фан ва технологиялар, 2016. – 856 б.
4. Yusupbekov N.R., Nurmuhamedov H.S., Zokirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalari. – Toshkent, Fan va texnologiyalar, 2015.- 848 b.
5. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С. ва бошқалар. Кимё ва озиқ-овқат саноатларнинг жараёнлари ва қурилмалари фанидан ҳисоблар ва мисоллар. – Т.: Nisim, 1999. –351 б;
6. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С., Зокиров С.Ф. ва бошқалар. Кимё ва озиқ-овқат саноатларининг асосий жараён ва қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. – Т.: Жаҳон, 2000. – 266 б.
7. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С., Зокиров С.Ф. Кимёвий технология асосий жараён ва қурилмалар. – Т.: Фан ва технологиялар, 2003.-644 б.
8. Нурмухамедов Х.С., Абдуллаев А.Ш., Ниғмаджонов С.К. ва бошқалар. Нефть ва кимё саноати машина ва қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. – Т.: Фан ва технологиялар, 2008. – 351 б.
9. Процессы и аппараты химической технологии. Явления переноса, макрокинетика, подобие, моделирование, проектирование: в 5 т. / Д.А.Баранов и др..- М.: Логос, 2002. – т.2: Механические и гидромеханические процессы. – 600 с.
10. Процессы и аппараты химической технологии.. Учеб. для студ. вузов / А. А. Захарова [и др.] ; под ред. А. А. Захаровой. – М. : Академия, 2006. - 528 с.
11. Pavlov. K.F, Romankov. P.G, Noskov. A.A. Primery i zadachi po kursu protsessov i apparatov himicheskoy texnologii. - L.: Ximiya, 1981. – 575 s.
12. Нурмухамедов Х.С., Аннаев Н.А., Бабаев З.К., Матчонов Ш.К. ва бошқалар. Иссиқлик алмашилиш қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. - Т.: Билик, 2018. - 316 б.
13. Нурмухамедов Х.С., Аннаев Н.А., Бабаев З.К., Матчонов Ш.К. ва бошқалар. Иссиқлик алмашилиш қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. - Т.: Билик, 2018. - 316 б.

NASADKALI KOLONNALARNING GIDRODINAMIKASI

Ishning nazariy asoslari

Sanoatda keng qullaniladigan vertikal kolonna kurilmalari, asosan kattik jisimli xar xil shakldagi nasadkalar bilan tuldiriladi. Sanoatdagi ishlatiladigan nasadkalar kolonnaga ikki xil usulda joylashtiriladi: tartibli (tugri bir xilda taxlash) va tartibsiz (uyib taxlash). Xalkasimon (tugri taxlanganda) nasadkalar tartibli joylashtiriladi. Xalkasimon (uyib tashlanganda), egarsimon va bulakli nasadkalar tartibsiz joylashtiriladi. Nasadkalar plastmassa, chinni, temir va boshka turdagi materiallardan tayyorlanadi. Ular maksimal solishtirma yuzaga, minimal massaga, kichik gidravlik karshilikka va katta erkin xajmga ega bulgan bulishi kerak.

A (m^2/m^3) nasadkaning solishtirma yuzasi xajm birligiga tugri keladigan katlam va erkin bush xajmi ϵ (m^3/m^3) kaysiki nasadkali elementlar orasidagi erkin bush, xajm, katlamning yuza birligiga tugri kelishni kursatadi.

Bundan tashkari kurilmaning samaradorligini oshirish uchun nasadkalarni yaxshi xullab va bir xilda suyuklikni purkab tarkatish zarur, bu esa kelayotgan gazni gidrodinamik karshiligini kamaytirishga va shu muxitda korroziyadan saklashga olib keladi. Bu xildagi nasadkalar talablarning xammasiga javob bera olmaydi.

Masalan: nasadkaning solishtirma yuzasining oshishi kurilmaning gidrodinamik karshiligini oshishga olib keladi va boshkalar. Nasadkalarni tanlashda asosiy talabni kondirishiga e'tibor beriladi. Nasadka elementlari kancha katta bulsa, gazlarning tezligi va shu bilan birgalikda kurilmaning unumdorligi yukori, gidravlik karshiligi kam buladi. Kichik ulchamga ega bulgan nasadkalar asosan modda almashinish jarayonlarida yukori bosim ostida ishlaydigan kurilmalarda qullaniladi, bunda gidravlik karshilikning ta'siri juda oz mikdorda buladi.

Nasadkali kolonnalar rektifikatsiya va absorbsiya jarayonlari olib boriladigan kurilmalarda keng qullaniladi. Sanoatda qullaniladigan asosiy nasadkalar farfordan tayyorlangan bulib, uni Rashig xalkasi deyiladi va bular kurilmaning gaz va suyuklik utadigan tayanch turlarga urnatiladi. Gaz turning pastidan beriladi, sungra nasadka katlamidan utadi. Suyuklik esa kolonnaning yukori kismidan maxsus taksimlagichlar orkali sochib beriladi, u nasadka katlamidan utayotganida pastdan berilayotgan gaz okimi bilan uchrashadi. Kolonna effektiv ishlashi uchun suyuklik bir tyokisda, kurilmaning butun kundalang kesimi buylab bir xil sochib berilishi kerak.

Nasadkali kolonnalar turli xil gidrodinamik rejimlarda ishlaydi, ularning rejimini aniklash esa, namlangan nasadkaning gidravlik karshiligi bilan kolonnadan utayotgan gazning tezligiga boglik.

Birinchi rejim plyonkali bulib, bunda gaz kichik tezlikda, suyuqlik esa oz mikdorda beriladi. Bunday rejimda suyuqlik nasadkalar buylab tomchi va plyonkalar tarzida xarakat kiladi.

Ikkinchi – oralik rejim bulib, suyuqlik mikdori va gazning tezligi bir oz kupayganda yuz beradi. Bu rejimda suyuqlikning plyonkali xarakatiga gaz tuskinlik kilib, (karama – karshi yunalishda), uning xarakatini syokinlashtiradi, natijada suyuqlik uyurma xarakat kiladi. Suyuqlikning mikdori nasadkalarda oshib boradi, natijada plyonkaning kalinligi ortib borib, tezligi esa kamayib boradi. Gazning tezligi oshgan sari suyuqlikning uyurma xarakati tulkinsimon (turbulent) xarakatga aylanadi. Tulkinsimon rejimda suyuqlik fazasi turbulizatsiya kilingan buladi. Suyuk fazaning turbulizatsiyalangan plyonkalari yuzasida fazalar uzaro kontaktga uchraydi. Bunda modda almashinish jarayoni intensiv xolatda buladi, lyokin nasadkaning gidravlik karshiligi keskin ortib ketadi.

Uchinchi rejim – emulgatsion bulib, bunda berilayotgan suyuqlik mikdori va gaz tezligi ancha kupayganda xosil buladi. Bu rejim effektiv rejim xisoblanadi. Bunda intensiv aralashish yuz beradi, chunki suyuqlik bush xajmdagi nasadkalarining xamma yuzasini tuldiradi. Bu yerda nasadkaning geometrik yuzasi rol uynamaydi, fakatgina yuza suyuqlikligiga katta xajmdagi pufakli va okim gazi ta'sir kiladi. Bu esa «gaz – suyuqlik» sistemasini tashkil etadi.

Turtinchi rejimda suyuqlik mikdori va gazning tezligi yana xam ortib ketsa, suyuqlik nasadkaning ustki satxidan oshib, kolonnadan tashkariga chikib ketadi. Bu rejimning samaradorligi juda kam bulgani uchun amalda kullanilmaydi.

Shunday kilib, modda almashinish jarayonida, jumladan gazlarning tezligi, gidrodinamik karshiligi absorbsion kolonnalarning gidrodinamik ishlash rejimiga katta ta'sir kursatadi.

Kuruk nasadkali kurilmaning bir fazali gaz xarakatida gidrodinamik karshiligi kuyidagi ifoda bilan aniklanadi:

$$\Delta P_{\text{kur}} = \xi_{\text{kur}} \frac{H}{d_e} \cdot \frac{\rho w^2}{2} \quad (12.1)$$

bu yerda ξ_{kur} - kuruk nasadkali kurilmaning karshilik koeffitsienti; H – nasadka katlamining balandligi, m; d_e – gaz xarakatlanayotgan kanalning ekvivalent diametri, m; ρ – gazning zichligi, kg/m³; w – gazning xakikiy tezligi, m/s.

Gazning xakikiy tezligi kuyidagi ifodadan aniklanadi:

$$w = w_0 / \varepsilon \quad (12.2)$$

ε – nasadkalar orasidagi erkin bush; w_0 – gazning fiktiv tezligi yoki kurilmaning tula kesimga nisbatan olingan gazning tezligi, m³/m² s.

Namlangan nasadkali kurilmalarning gidravlik karshiligi, ya'ni ikki fazali xarakatda gaz va suyuqlik rejimida kuruk nasadkali kurilmalarnikidan (ΔR_{kur}) katta, chunki suyuqlikning ma'lum mikdori nasadkani xullashi natijasida uning yuzasida va tor kanallarida ushlanib koladi, bu esa gazning xakikiy tezligiga ta'sir kursatadi.

Namlangan nasadkali kolonnaning karshiligi kuyidagi ifoda orkali aniklanadi:

$$\Delta P_{HAM} = \xi_{HAM} \frac{H}{d_s} \cdot \frac{\rho w_n^2}{2} \quad (12.3)$$

bu yerda: ξ_{HAM} - namlangan nasadkali kurulmaning karshilik koeffitsienti; w_n – gazning soxta tezligi (kurilmaning tulik kundalang kesimiga nisbatan xisoblangan), m/s.

Bu ifodaning murakkabligi va gidravlik karshilikni anik xisoblash kiyinligi uchun, kuyidagi sodda kurinishidagi ifoda orkali xisoblash mumkin, bu fakatgina namlash zichligini xisobga oladi:

$$\Delta R_{naml} = 10^{vU} \Delta R_{kur} \quad (12.4)$$

bu yerda: U – namlash zichligi, $m^3/m^2 s$; v – nasadkaning kattaligi va namlash zichligiga karab tajriba orkali aniklanadigan koeffitsient, uning kiymati ilovadagi VI jadvaldan olinadi. Namlash zichligi – suyuqlikning xajmiy sarfidir. Nasadkalar kolonnaga tartibsiz joylashtirilganda suyuqlik nasadkaning yuzasi va katlam balandligi buyicha bir xilda taksimlanmaydi, chunki kurulmaning devoriga yakinlashgan sari gaz okimining tezligi kurulma ukidagi tezlikka nisbatan kamrok buladi. Shuning uchun suyuqlik kurulmaning devori buyicha pastga karab okib tushadi. Shu sababdan suyuqlikning xamma nasadkalarining yuzasi buyicha bir xilda taksimlanishi uchun, nasadkalarining katlam ostiga yunaltiruvchi konussimon kurulma urnatiladi.

Kolonnaning yukori kismidan sohib berilayotgan suyuqlik kurulmaning butun kundalang kesimi buyicha bir xilda nasadkalar katlamida taksimlanganda, nasadkali kolonnalar samarador ishlaydi.

Nasadkali kolonnalarining tuzilishi sodda, gidravlik karshiligi kam bulgani uchun ular ishlatish uchun kulaydir.

Kamchiligi: jarayon davomida xosil bulgan issiklikni ajratib olish va kichik namlash zichligida nasadkaning namlanishi kiyinlashadi va ifloslangan suyuqliklarda nasadkali kolonnalarni kullash kiyin buladi.

Ishning maksadi

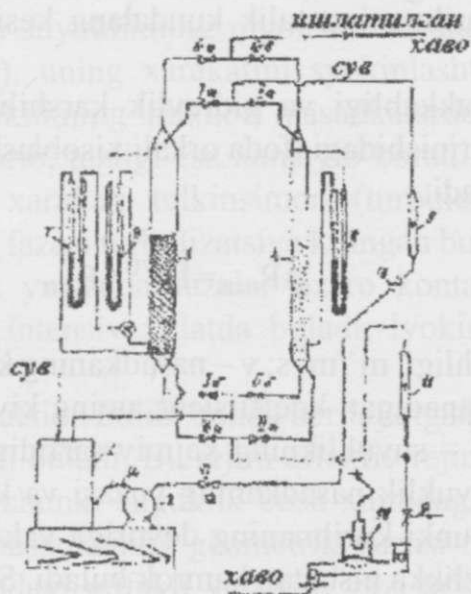
Gidrodinamik faktorlar ta'sirini aniklash, ya'ni (nasadkali kolonnalarni ishlash vaktida) – namlash zichligini, katlamning gidravlik karshiliklarini yengish uchun sarf buladigan bosimni aniklash va kolonnada gazning xarakat rejimini aniklashdir.

Ishni bajarish tartibi:

12.1 rasmda laboratoriya tajriba kurulmasi tasvirlangan. Tajriba kurulmasi ikkita metallardan tayyorlangan kolonnadan tashkil topgan bulib, birinchi kolonnaning diametri $D=150$ mm bulib, xalkasimon Rashig nasadkalari bilan tuldirilgan, ikkinchi kolonnaning diametri $D=60$ mm bulib, kesmali nasadkalardan iboratdir. Sirkulyasiyali nasos 2, suv tuplash idishi 1, membranali kompressor 10, bosimni ulchash uchun manometrlar 6, 7, 8 va suvning sarf mikdorini ulchash uchun 5 va gaz uchun 11 rotametrlar kuyilgan.

Ishni olib borish uchun 3 yoki 4 kolonnadan foydalaniladi va ular ventillar Ia – Ib, 2a – 2b, 3a – 3b, 4a – 4b yordamida suv yoki xavo berish trubasiga ulanadi.

Ishni ikki variantda olib borish mumkin.



12.1-rasm. Laboratoriya kurilmasining sxemasi.

1. Laboratoriya kurilmasining xolati tekshiriladi.
2. Laboratoriya ishini bajarilishida 3 yoki 4 kolonnadan foydalanish ukituvchi tomonidan belgilanadi xamda juft ventillar Ia – Ib, 3a – 3b ochiladi va 2a – 2b, 4a – 4b yopiladi yoki teskarisi bajariladi.
3. Suv beriladigan idish I tuldiriladi.
4. Laborant ishtirokida talabalar xavo beradigan membrana kompressori 10 ishga tushiriladi.
5. KƧan 12 yordamida xavoning sarf mikdori namlamasdan sarf buladigan bosimlar farki ulchanadi.
Xavoning sarf mikdori uzgartiriladi va yana bosimlar farki ulchanadi. Bu jarayon 5 martagacha takrorlanadi va kuzatuv jurnaliga yozib boriladi.
6. Nasosning 13 va 14 ventili ochiladi.
7. Laborant ishtirokida suvni sirkulyasiya kiluvchi nasos 2 ishga tushiriladi.
8. Ventil 13ni ochish bilan suv kurilmaga beriladi va uning mikdori rotametr 5 yordamida kursatkich bulinma chizigi soni 20 dan oshmagan xolda urnatiladi.
9. Kolonna 4 ish vaktida difmanometr va bosimlar farki kiymati kuzatuv jurnaliga yozib turiladi. Termometr yordamida tuplamdagi 1 suvning temperaturasi ulchab turiladi. Ulchov asboblarning birinchi kursatkichlari olingandan sung, xavoning sarf mikdori rotametr 11 kuzatish yordamida kursatkich bulinma chizigi 40 soniga keltiriladi va ulchov asboblari kursatkichlari yozib olinadi. Shu tarzda 5 marta xavoning sarflanish mikdorini uzgartirgan xolda, xisoblash jadvaliga yozib boriladi. Xavoning

sarflanish mikdorini uzgarishini ukituvchi tomonidan beriladi yoki bir xilda uzgarmas kilib koldiriladi. Rotametr orkali suvning sarflanish mikdorini asta – sekin kupaytiriladi.

Suv sarflanish mikdorining uzgarishini difmanometrlar va rotametrlarning kursatkichlari buyicha aniklanadi, temperaturaning uzgarishi xisobga olinadi.

Ukituvchi kursatmasi bilan ish bajariladi:

a) variant «A» - kolonna diametri 60 mm bulgan bulaksimon nasadkali yoki diametri 150 mm, kolonnada tajriba utkaziladi.

B) variant «B» - kolonna 3 diametri – 150 mm bulib, uni Rashig xalkasi bilan tuldirilgan yoki diametri 60 mm kolonnada tajriba utkaziladi.

Xisoblash berilgan «A» va «B» varianti sxemasi yordamida olib boriladi va bunda erkin bush xajmi ishtirok etadi, uni tajriba yuli bilan aniklanadi. Buning uchun ma'lum ulchov idishiga nasadkalar, belgisigacha joylashtiriladi va tarozi yordamida ulchab olinadi. Sungra nasadkali idish belgisigacha suv tuldiriladi va taroziga kuyib tortiladi. Ogirliklar farki orkali erkin bush xajmi topiladi (Erkin bush xajmi, nasadka uchun – $0,77 \text{ m}^3/\text{m}^3$ tashkil kiladi).

«A» variant uchun tajriba kursatkichlarini xisoblash.

Tajriba kolonnada utkaziladi. Kuzatuv kursatkichlari 12.1 jadvaliga yoziladi.

12.1 xisoblash jadvali

Namlash zichligini suvning sarflanish mikdori buyicha kuyidagi tenglama bilan aniklanadi:

$$U = \frac{W}{F}, \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ s} \quad (12.5)$$

bu yerda: W – suvning sarflanish mikdori, m^3/s ; F – kolonnaning kundalang kesim yuzasi, m^2 .

Gazning fiktiv tezligi kuyidagicha aniklanadi:

$$w = \frac{4Gr}{\pi \cdot D_k^2} = \frac{M^3}{M^2 \cdot c} = \frac{M}{c} \quad (12.6)$$

Nasadkaning ekvivalent diametri:

$$d_e = 4\Sigma/a \quad (12.7)$$

bu yerda $\varepsilon = (V-V_0)/V$ erkin bush xajmi $\varepsilon = 0,38$ deb olinadi; V – umumiy donador katlam egallangan xajmi; V_0 – kattik donador nasadka katlamining egallagan xajmi.

Agar umuiy donador katlam xajmi $V=1$ deb olinsa, unda $(1 - \varepsilon)$ kattik fazaning xajm konsentratsiyasiga teng buladi; a – nasadkaning solishtirma yuzasi, m^2/m^3 .

Xavo okimi uchun rotametrni kursatkichlari (rotametr shkalasining bulinmasi)	Xavoning mikdorini jadvalda yoki grafik yordami da aniklash, Gr, m ³ /s	Suv okimi uchun rotametr 5 kursatkichlari (rotametr shkalasining bulinmasi), ukituvchi kursatkichi bilan	Suvning mikdorini gradirovkali grafik yordamida aniklash, W, m ³ /s	Difmanotr 6 kursatkichlari mm.suv. ustuni	Suvning temperaturasi °C
260		tugri tajriba			
40					
60					
80					
100					
100		teskari tajriba			
80					
60					
40					
20					

Ekvivalent diametr d_e xosil kilgan katlam donachalarning ulchamlari orkali aniklash mumkin. Agarda 1 m³ katlamda «n» donacha bulsa, u xolda donachaning umumiy xajm (erkin bush xajmini xisobga olmagan xolda) xajm konsentratsiyasiga teng bulsa, ya'ni (1 - ε) bulganda uning yuzasi esa a (m²/m³) tengdir.

Donachaning urtacha xajmi:

$$V_o = \frac{1 - \Sigma}{n} = \frac{\pi \cdot d_{yp}^3}{6} \quad (12.8)$$

bu yerda d_{ur} – donachaning urtacha diametri, u kuzatish yuli bilan tekshiriladi, ya'ni 10 ta donacha olinib millimetrovka kogoziga kuyib uzgarishlari aniklanadi.

Donachaning yuzasi:

$$F_o = \frac{n \cdot a}{\Phi} \quad (12.9)$$

bu yerda F – donachalarning shakli. Sharsimon donachalar uchun F = 1 teng. Donachalarning noanik shakli uchun F = 1÷1,2 orasida buladi.

Bu xolda donachaning yuzasi xajmga nisbatan

$$\frac{F_0}{V_0} = \frac{a \cdot n}{n \cdot (1 - \Sigma)} = \frac{a}{1 - \Sigma} = \frac{\pi \cdot d^2}{\Phi} \cdot \frac{6}{\pi \cdot d^3} \quad (12.10)$$

bundan

$$\frac{a}{1 - \Sigma} = \frac{6}{\Phi \cdot d}; \quad a = \frac{6 \cdot (1 - \Sigma)}{\Phi \cdot d} \quad (12.11)$$

Donachalarning ekvivalent diametri ularning shaklini xisobga olgan xolda quyidagida aniklanadi:

$$d_3 = \frac{4 \Sigma \Phi d}{6 \cdot (1 - \Sigma)} \quad (12.12)$$

Demak, erkin xajm katlami qiymatini va donachaning shakl formasini bilgan xolda, nasadka donachasining ekvivalent diametri aniklanadi. Nasadkaning gidravlik kirshiligini aniklash bilan ishning asosiy maksadiga erishiladi

$$\Delta P_{\text{ксп}} = \lambda \frac{H}{d_3} \cdot \frac{\rho w^2}{2}$$

bu yerda λ – karshilik koeffitsienti – maxalliy karshilik va ishkalanishga sarf kilingan bosimlar yigindisini xisobga oluvchi kattalik: N – nasadka balandligi, $N=0,5$ m, d_e – nasadkaning ekvivalent diametri, w va d_e qiymatlari yuqoridagi tenglamalar yordamida aniklanadi. Gazning zichligi (xavoninng) $t=20^\circ\text{C}$, $R=760$ mm.sim.ust, $\rho=1,29$ kg/m³ ga teng.

$\lambda=f(\text{Re})$ bulgani sababli, uning qiymatini Re soni formulasi orkali xisoblanadi. Odatda quyidagi tenglama ishlatiladi:

$$1 < \text{Re}_g < 50; \quad \lambda = \frac{133}{\text{Re}_g} \quad (12.13)$$

turbulent rejim uchun

$50 < \text{Re}_g < 7000$ $\text{Re} = 7000$ bulganda turbulent rejimning avtomodel xolati vujudga keladi va $\lambda = \text{const}$ ya'ni $\lambda = 2,34$.

Reynolds soni qiymatini quyidagi ifoda orkali aniklanadi:

$$\text{Re}_g = \frac{w d_3 \rho_g}{\mu_g}$$

Gazlarning kovushokligi μ_g – ilovadagi II jadvaldan gazning temperaturasiga orkali aniklanadi:

$$\Delta R_{\text{nam}} = 10^{\nu} \Delta R_{\text{kur}} \quad (12.15)$$

bu yerda U – namlangan nasadkaning zichligi, m³/m² s; ν – tajriba koeffitsienti, nasadkaning donaviy katlami uchun, $\nu = 38$.

Xisoblash natijalari 12.2 xisobot jadvaliga yeziladi.

12.2 xisoblash jadvali

Gazning fiktiv tezligi, $w, m/s$	Donacha material katlami ekvivalent diametri, d_e	Reynolds soni $Re = \frac{wd_p \rho}{\mu}$	Kuruk nasadkaning bosimining yukolishi $\Delta P_{kur}, Pa$	Namlangan nasadka bosimining yukolishi $\Delta P_{nam}, Pa$	Namlangan nasadka bosimining yukolishi $\Delta P_{nam}, Pa$
			Difmanometrda gi ulcham	xisoblang an	difmanometrda gi ulcham

«B» variant uchun tajriba kursatkichlarini xisoblash.

Diametri 150 mm, va Rashing xalkasi (25x25 mm) nasadkasi bilan tuldirilgan kolonnada utkazilgan tajriba natijalari 12.3 jadvaliga yoziladi.

Tajriba natijalarini xisoblash

1. Namlash zichligi kolonnaning kesim yuzasiga nisbatan quyidagi tenglama bilan aniklanadi:

$$U = \frac{W}{F}, \quad m^3/m^2 \cdot s$$

2. Gazning fiktiv tezligi

$$w = \frac{4Gr}{\pi D_k^2}, \quad \frac{m^3}{m^2 \cdot c} \quad (12.17)$$

3. Ishning asosiy vazifasi:

Nasadkaning asosiy gidrodinamik karshiligi aniklanadi: (ya'ni 12.1 ifodadan)

$$\Delta P_{kyp} = \lambda \frac{H}{d_s} \cdot \frac{\rho w^2}{2} \quad (12.18)$$

Buning uchun λ va d_e aniklanadi $d_e = 4\varepsilon/a$; bu yerda: a – nasadkaning solishtirma yuzasi, m^2/m^3 ; d_e – xalkasimon nasadkaning ekvivalent diametri; ε – nasadkaning erkin xajm; $\varepsilon_{donasimon, nas.} = 0,54 m^3/m^3$.

Xavo okimi uchun rotametr II kursatkichlari (rotametr shkalasining bulinma soni)	Xavoning mikdorini jadvalda yoki grafik yordamida aniqlash, Gr, m ³ /s	Suv okimi uchun rotametr 5 kursatkichlari (rotametr shkalasining bulinma soni), ukituvchi kursatmasi bilan	Suv mikdorini gradirovkali grafik yordamida aniqlash, W, m ³ /s	Difmanotr kursatkichlari mm.suv. ustuni
260		tugri tajriba		
40				
60				
80				
100				
100		teskari tajriba		
80				
60				
40				
20				

Solishtirma yuzasi:

$$a_{\text{Rashig xalkasi}} = 200 \text{ m}^2/\text{m}^3$$

$$a_{\text{donasimon nas.}} = 310 \text{ m}^2/\text{m}^3$$

Karshilik koeffitsienti λ uzgaruvchan kattalikka ega bulib, u asosan xarakter rejimiga boglik, ya'ni:

$$\lambda = f(\text{Re}) \quad (12.19)$$

$$\text{Re}_g = \frac{wd_g \rho_g}{\mu_g} \quad (12.20)$$

Re_g – gazning tezligiga boglik bulgani uchun xar bir tezlik kursatkichi uchun aloxida Reynolds kriteriyasi xisoblanadi va uning rejimiga karab λ aniklanadi.

$$\text{Laminar rejim uchun } \text{Re}_g < 40; \quad \lambda = \frac{140}{\text{Re}_g}$$

$$\text{Turbulent rejim uchun } \text{Re}_g > 40; \quad \lambda = \frac{16}{\text{Re}_g^{0,2}}$$

Xalkasimon nasadka uchun

$$\text{Re}_g = \frac{wd_g \rho_g}{\mu_g} \quad (12.23)$$

μ_g – gazning kovushokligi ilovadagi jadvaldan yoki nomogrammadan aniklanadi.

B. Namlangan nasadkaning gidravlik karshiligi kuyidagi ifodadan aniklanadi:

$$\Delta R_{\text{nam}} = 10^{\nu} \Delta R_{\text{kur}}$$

bu yerda U – namlash zichligi, $\text{m}^3/\text{m}^2 \text{ s}$; ν – tajriba koeffitsienti, namlangan xalkasimon nasadka uchun $\nu = 51$ (ilovadagi VI jadvaldan aniklangan).

4. Xisob natijalari kuyidagi shaklda 12.4 jadvaliga yeziladi.

12.4 xisoblash jadvali

Gazning fiktiv tezligi, $W = \frac{Gr}{F_2}$ m / s	Xalkasimon nasadkaning ekvivalent diametri, d_e , m	Re soni	Kuruk nasadkaning bosimini yukolishi ΔP_{kur} , Pa	Kuruk nasadkaning bosimini yukolishi ΔP_{kur} , Pa	Namlangan nasadka bosimining yukolishi ΔP_{nam} , Pa	Namlangan nasadka bosimining yukolishi ΔP_{nam} , Pa
			xisoblangani	tajriba yuli bilan ulchangani	xisoblangan	tajriba yuli bilan ulchangani

Tekshirish uchun savollar

1. Nasadka kolonnalarning sanoatda kullanilishi.
2. Nasadka turlari va ularning xarakteristikasi.
3. Nasadkali kolonnalarning gidrodinamik rejimlari.
4. Gazning fiktiv va xakikiy tezligini aniklash.
5. Namlanish zichligi, nasadkaning ekvivalent diametri.
6. Kuruk nasadkaning gidrodinamik karshiligi.
7. Namlanish zichligini nasadkali kolonnalarda gidrodinamik karshilikka ta'siri.
8. Kandy rejim nasadkali kolonnada maksimal effektiv xisoblanadi. Uning sababi.
9. Absorberlarning tuzilishi, absorberlarni xisoblash.
10. Desorbsiya.

ADABIYOTLAR

1. Касаткин А.Г. Основы процесса и аппарата химической технологии. - М.: Химия, 1973. – 727 с.
2. Плановский А.Н., Николаев П.И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии. – М.: Химия, 1987.- 496 с.
3. Нурмухамедов Х.С., Темиров О.Ш., Закиров С.Г. ва бошқалар. Газларни қайта ишлаш технологияси, жараён ва қурилмалари. – Т.: Фан ва технологиялар, 2016. – 856 б.
4. Yusupbekov N.R., Nurmuhamedov H.S., Zokirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalari. – Toshkent, Fan va texnologiyalar, 2015.- 848 b.
5. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С. ва бошқалар. Кимё ва озик-овқат саноатларнинг жараёнлари ва қурилмалари фанидан ҳисоблар ва мисоллар. – Т.: Nisim, 1999. –351 б;
6. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С., Зокиров С.Ф. ва бошқалар. Кимё ва озик-овқат саноатларининг асосий жараён ва қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. – Т.: Жаҳон, 2000. – 266 б.
7. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С., Зокиров С.Ф. Кимёвий технология асосий жараён ва қурилмалар. – Т.: Фан ва технологиялар, 2003.-644 б.
8. Нурмухамедов Х.С., Абдуллаев А.Ш., Ниғмаджонов С.К. ва бошқалар. Нефть ва кимё саноати машина ва қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. – Т.: Фан ва технологиялар, 2008. – 351 б.
9. Процессы и аппараты химической технологии. Явления переноса, макрокинетика, подобие, моделирование, проектирование: в 5 т. / Д.А.Баранов и др..- М.: Логос, 2002. – т.2: Механические и гидромеханические процессы. – 600 с.
10. Процессы и аппараты химической технологии.. Учеб. для студ. вузов / А. А. Захарова [и др.] ; под ред. А. А. Захаровой. – М. : Академия, 2006. - 528 с.
11. Pavlov. K.F, Romankov. P.G, Noskov. A.A. Primery i zadachi po kursu protsessov i apparatov himicheskoy texnologii. - L.: Ximiya, 1981. – 575 s.
12. Нурмухамедов Х.С., Аннаев Н.А., Бабаев З.К., Матчонов Ш.К. ва бошқалар. Иссиқлик алмашилиш қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. - Т.: Билик, 2018. - 316 б.
13. Нурмухамедов Х.С., Аннаев Н.А., Бабаев З.К., Матчонов Ш.К. ва бошқалар. Иссиқлик алмашилиш қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. - Т.: Билик, 2018. - 316 б.

QURITISH QURILMASIDA QURITISH JARAYONINI TASVIRLASH

Ishning nazariy asoslari

Quritish – qattiq va pastasimon materiallarni qurituvchi agent yordamida suvsizlantirish jarayoniga aytiladi. Quritish asosan ikki usulda olib boriladi.

1. Konvektiv quritish - nam material bilan qurituvchi agent to'ridan-to'iri o'zaro aralashadi.

2. Kontaktli quritish – issiqlik tashuvchi agent va nam material o'rtasida ularni ajratib turuvchi devor bo'ladi.

Juritish jarayonida materialdan namlik bug'lanadi va ana shu bug'lar gaz, havo bilan q'rshilib, bir jinsli aralashma xosil qiladi, qaysiki bunga termodinamikaning asosiy qonunlari q'llaniladi.

Demak: nam, quruq havo va suv bug'larining aralashmasidan iborat, quritish jarayonida, (asosan nam havo) namlik va issiqlik tashuvchi agent vazifasini bajaradi.

Nam havoning asosiy xossalari quyidagi parametrlar bilan harakterlanadi: absolyut namlik, nisbiy namlik, nam saqlash, entalpiya.

Absolyut namlik - nam havoning hajm birligiga to'iri kelgan suv bug'larining miqdoriga aytiladi va ρ_{sb} (kg/m^3) bilan belgilanadi. Agar nam havo o'zgarmas nam saqlashda $x = \text{const}$ sovuilsa, ma'lum temperaturaga yetgach, namlik shudring sifatida ajrala boshlaydi, bunday jarayonga shudring nuqtasi deyiladi. Bu sharoitda havo tarkibida maksimal miqdorda suv bug'i bo'ladi. Tavoning to'yinish paytidagi absolyut namligi ρ_t (kg/m^3) orqali ifodalanadi.

Nisbiy namlik - havo absolyut namligining to'yinish paytidagi absolyut namlik nisbatiga aytiladi. Havoning nisbiy namligi (to'yinish darajasi) foiz hisobida quyidagi ifoda bo'yicha topiladi:

$$\varphi = \frac{\rho_{c\bar{o}}}{\rho_t} = \frac{P_{c\bar{o}}}{P_t} \quad (13.1)$$

bu yerda: P_{sb} - tekshirilayotgan nam havodagi suv bug'larining parsial bosimi, Pa; P_t - berilgan temperatura va umumiy barometrik bosimda to'yingan suv bug'larining bosimi, Pa.

Nam saqlash - 1 kg absolyut quruq havoga to'iri kelgan suv bug'larining miqdori. Bu parametr x (kg/kg) yoki d (g/kg) bilan belgilanadi va quyidagi nisbatda ifodalanadi:

$$x = \frac{\rho_{c\bar{o}} \cdot m_{c\bar{o}}}{\rho_{kx} \cdot m_{kx}}; \quad \frac{\text{kg. bug}}{\text{kg. abs. kur. xavo}} \quad (13.2)$$

$$\alpha = 1000 \cdot \frac{\rho_{c\bar{o}}}{\rho_{kx}} \quad (13.3)$$

bu yerda: $\rho_{k.x}$ - absolyut quruq havoning zichligi; $m_{s.b}$ - nam havoning berilgan hajmdagi suv bug'lari massasi; $m_{k.x}$ - nam havoning berilgan hajmdagi absolyut quruq havosining massasi.

Mendeleev-Klapeyron tenglamasidan foydalanib, quyidagi ko'rinishdagi ifodani olamiz:

$$x = \frac{\rho_{c6}}{R_6 \cdot T} \cdot \frac{R_6 \cdot T}{\rho_r} = \frac{P_6 \cdot P_r}{R_6 \cdot R_r} \quad (13.4)$$

bu yerda: R_b - suv bug'i doimiysi; T - aralashmaning absolyut temperaturasi, K.

Absolyut quruq havoning parsial bosimini $P_{k.x}$ umumiy aralashmaning bosimi R ga almashtirsak va Dalton qonuniga asosan: qaysiki $P_{c6} = \varphi \cdot P_r$ bo'lsa,

$$P_r = P - P_{c6} = P - \varphi \cdot P_r \quad (13.5)$$

unda

$$x = \frac{R_r}{R_6} \cdot \frac{\varphi \cdot P_r}{P - \varphi \cdot P_r} = \frac{29,27}{47,06} \cdot \frac{\varphi \cdot P_r}{P - \varphi \cdot P_r} \quad (13.6)$$

yoki

$$x = 0,622 \cdot \frac{\varphi \cdot P_r}{P - \varphi \cdot P_r}, \quad (13.7)$$

yoki agarda $x = d$

$$d = 0,622 \cdot \frac{\varphi \cdot P_r}{P - \varphi \cdot P_r}, \quad \frac{\text{кг.сув.бузу.}}{\text{кг.кыр.хаво.}} \quad (13.8)$$

Oxirgi ikki ifoda suv bug'i bilan havo aralashmasi bo'lgani kabi tutun gazi va suv bug'iga xam taluqlidir. Nam havoning entalpiyasi I (J/kg quruq havo) quruq havo entalpiyasi bilan shu nam havoda bo'lgan suv bug'i entalpiyasining yig'indisiga teng.

$$I = c_{k.x} \cdot t + x \cdot i_{y.6}. \quad (13.9)$$

bu yerda: $s_{k.x}$ - iuruq havoning solishtirma issiqlik sig'imi, J/kg·K; t - havo temperaturasi, °S; $i_{u.b}$ - rta qizdirilgan bug'ning entalpiyasi, J/kg;

ota qizdirilgan bug'ning entalpiyasi $i_{u.b}$ (J/kg) termodinamikada quyidagi tenglama bilan topiladi:

$$i_{y.6} = r + c_{6} \cdot t \quad (13.10)$$

bu yerda: r - 0°S dagi bug'ning entalpiyasi, $r = 2493 \cdot 10^3$, J/kg; s_b - bug'ning solishtirma issiqlik sig'imi; $s_b = 1,97 \cdot 10^3$, J/kg·K

Agar quruq havoning solishtirma issiqlik sig'imi 1000 J/kg·K deb olinsa, (13.10) tenglamani quyidagicha yozish mumkin:

$$I = (1005 + 1,97 \cdot 10^3 \cdot x) \cdot t + 2493 \cdot 10^3 \cdot x \quad (13.12)$$

Shudring nuqtasi, bu aralashmaning temperaturasi sovishda ($x=const$) suv bug'ining to'yinishiga ($\varphi=100\%$) aytiladi. Namlik temperaturasining keyingi pasayishi tuman xosil bo'lishiga olib keladi. Xo'l termometr temperaturasi (t_x) - aralashma temperaturasi sovushida, entalpiyasi o'zgarmagan xolda ($I=const$) suv bug'ining to'yinishiga aytiladi. Shu temperaturada, gaz fazasidan suyuqlik fazasi yuzasiga o'tadigan issiqlik namlikning bug'lanishiga to'liq sarflanadi, bu xolatni nam jismining sovish chegarasi deb ham yuritiladi.

Juritish potentsiali deb, quruq gaz temperaturasi (t_k) bilan xo'l termometr temperaturasining ayirmasiga aytiladi.

$$\varepsilon = t_k - t_x \quad (13.13)$$

Juritish potentsiali gazning nam yutish hususiyatini harakterlaydi. Juritish jarayoni analitik va grafik usulidan hisoblanishi mumkin. Grafik hisoblash qulay bo'lgani uchun keng ko'llaniladi. Bu diagramma Ramzin tomonidan taklif qilingan va I - x diagramma ham deb yuritiladi, uning tuzilishida bosim qiymati o'zgarmas deb olingan, ya'ni 745 mm simob ustuniga teng.

Diagrammaning asosiy o'ilari oralig'idagi burchak 135° Asosiy o'ilarga nam havoning ikkita asosiy parametrlari - entalpiya I (J/kg quruq havo) va nam saqlash x (kg/kg quruq xavo) joylashtirilgan. Nam saqlashning qiymatlari diagrammadan foydalanish qulay bo'lishi uchun yordamchi gorizontaal o'ika joylashtirilgan. Bunda $I=const$ chiziqlar ordinata uo'iiga nisbatan $135^\circ S$ burchak bilan ma'lum masshtabda joylashtirilgan. $x=const$ chiziqlar esa, yordamchi absissa o'iiga perpendikulyar qilib joylashtirilgan. $I - x$ diagrammasiga asosiy chiziqlardan tashqari quyidagi chiziqlar ham joylashtirilgan: o'zgarmas temperatura chiziqlari yoki izotermalar ($t = const$) o'zgarmas nisbiy namlik chiziqlar $\varphi = const$, suv bug'ining parsial bosim chizig'i, $\varphi = 100\%$ chizig'i diagrammani ikki qismga bo'ladi. Bu chiziqning yuqori qismi diagrammaning ish yuzasi deb aytiladi va u to'yinmagan nam havoga to'iri keladi.

I - x diagrammasi yordamida nam havoning istalgan ikkita parametri bo'yicha nam havoning qolgan parametrlari aniqlash mumkin. Suv bug'ining parsial bosimi chizig'i diagrammaning pastki qismiga joylashtirilgan. Agar diagrammada nam havoning xolatini belgilovchi nuqta ma'lum bo'lsa, suv bug'ining parsial bosimi qiymatining R_p aniqlash mumkin.

Juritish qurilmalarida issiqlik miqdorini hisoblash uchun havoning sarf miqdori va issiqlik miqdorini bilish zarur.

Tavoning sarfi (L, kg/soat) moddiy balans tenglamasidan aniqlanadi

$$L \cdot x_2 = L \cdot x_0 + W \quad (13.14)$$

$$L = \frac{W}{x_2 - x_0} \quad (13.15)$$

bu yerda: W – bug’langan namlik miqdori, kg; x_0, x_2 – iuruq va quritkichdan chiqayotgan havoning nam saqlashi.

Tavoning solishtirma sarf miqdori (1 kg bug’lanish uchun)

$$l = \frac{1}{x_2 - x_0}, \quad \frac{\kappa\text{z кypyк xавo}}{\kappa\text{z бyг}}$$
(13.16)

Kuritishga ketgan issiklik miqdori issiklik balansidan aniklanadi.

Issiklikning kirishi: (kJ/soat)

1) xavo bilan $L \cdot I_1 = L \cdot I_0 + Q_n$ bu yerda $L \cdot I_0$ - isitkichgacha kirgan xavoning issikligi, Q_n - isitkichda xavoning bergan issikligi;

2) Material bilan G_1, c_1, θ_1 bu yerda s_1 - nam materialning issiklik sigimi, θ_1 - materialning dastlabki temperaturasi;

3) Transport kurilmalari bilan $G_{mp}; c_{mp}; \theta_{mp}$ bu yerda G_{mp} - transport kurilmalarining massasi; c_{mp} - transport kurilmalari materialining issiklik sigimi; θ_{mp} - transport kurilmalarining dastlabki temperaturasi;

4) Juritish kamerasiga kiritilgan irshimcha issiqlik q_k .

Issiqlikni sarflanishi (kJ/soat)

1) Juritkichdan chiqayotgan havo bilan - LI_2

2) Juritilgan material bilan - $G_2 \cdot c_2 \cdot \theta_2$

3) Transport qurilmalari bilan - $G_{mp} \cdot c_{mp} \cdot \theta_{mp}$

4) Issiqlikni atrof-muxitga yo’iolishi - Q_u

Issiqlik balansini tuzamiz:

$$L \cdot I_1 + G_1 \cdot c_1 \cdot \theta_1 + G_{mp} \cdot c_{mp} \cdot \theta'_{mp} + q_k = L \cdot I_2 + G_2 \cdot c_2 \cdot \theta_2 + G_{mp} \cdot c_{mp} \cdot \theta''_{mp} + Q_u$$

bundan

$$L \cdot (I_2 - I_1) = G_1 \cdot c_1 \cdot \theta_1 + G_{mp} \cdot c_{mp} \cdot \theta'_{mp} + q_k - G_2 \cdot c_2 \cdot \theta_2 - G_{mp} \cdot c_{mp} \cdot \theta''_{mp} - Q_u$$

yoki

$$L \cdot (I_2 - I_1) = \sum Q$$

Oxirgi tenglamaning o'ng va chap tomonlarini W_{ga} bo'lib, quyidagi ifodani olamiz:

$$\frac{\sum Q}{W} = \Delta \quad \text{deb belgilaymiz,} \quad \frac{L}{W} = l \quad \text{bo'lgani uchun}$$

$$l \cdot (I_2 - I_1) = \Delta$$

yoki

$$I_2 = I_1 + \frac{\Delta}{l}$$

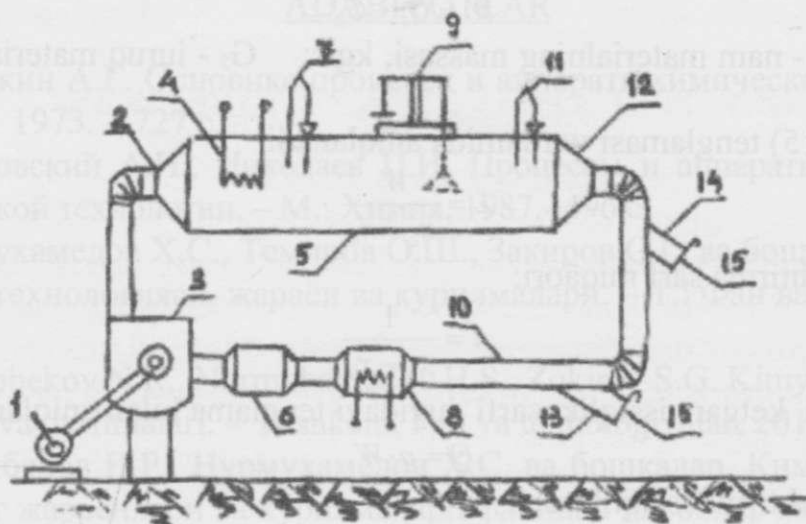
Tenglamaga kiritilgan Δ kattalik quritish kamerasi ichidagi kiritilgan va sarflangan issiqliklar ayirmasining 1 kg bug'langan namlikka nisbatini belgilaydi. Bu yerda asosiy kaloriferda isitilgan havo bilan kirgan va chiqqan issiqliklar hisobga olinadi. Ko'pincha Δ iuritish kamerasining ichki balansi deb ataladi. (13.12) tenglamasidan ko'rinib turibdiki, Δ ning ishorasiga ko'ra I_2 ning qiymati I_1 ning qiymatidan katta yoki kichik bo'lishi mumkin. Agar $\Delta = 0$ bulsa, u xolda $I_2 = I_1$ bu esa nazariy quritish deyiladi. Bunda quritish jarayonida qurituvchi agent entalpiyasi o'zgarmagan xolda bo'ladi. Bu degan so'z materialni suvsizlantirish havoning sovub ketishi bog'liqdir. Unda issiqlik miqdori havo bilan kelayotgan quritilayotgan materialning namligi bilan qaytib ketadi. Agarda $\Delta > 0$ bo'lsa, ko'rish jarayonida entalpiyaning o'sishi kuzatiladi, ya'ni $I_2 > I_1$. Agarda $\Delta < 0$, bulsa $I_2 < I_1$ entalpiyaning kamayishidir. Issiqlik va havoning miqdorini quritish jarayonida aniqlash katta ahamiyatga ega bo'lib, u texnologiyani hisoblashda irllaniladi. Bu hisoblash analitik yoki grafoanalitik usullarda olib boriladi va amaliyotda keng q'llaniladi.

Grafoanalitik usuli $I - x$ diagrammaga asoslangan bo'lib, undan havoning nam saqlash va entalpiyasi aniqlanib, keyin esa quritish jarayoni diagrammada ko'riladi (nazariy yoki real quritish jarayonlari).

Ishdan maqsad - materialni quritishda namlik miqdorini aniqlash, issiqlikni va havoni solishtirma sarf miqdorlarini aniqlashdan iborat bo'lib, $I - x$ diagrammasida ko'rish jarayoni tasvirlanadi.

Ishni bajarish tartibi

13.1- rasmda laboratoriya qurilmasi tasvirlangan.



13.1-rasm. Laboratoriya qurilmasining sxemasi

1. Elektrodvigatel. 2. Diffuziya (trubaning birdan kengayishi). 3. Ventilyator. 4. Quritkichning qobig'i (400x400). 6. N_2SO_4 bilan to'ldirilgan idishcha uchun trubaning kengaygan qismi. 7. Quruq va ho'l termometrlar (quritishdan oldin). 8. Elektr isitkich (asosiy) 9. Tarozi. 10. Havo oqimi harakatlanadigan truba $D = 200$ mm 11. Quruq va ho'l termometrlar (quritishdan keyin). 12. Konfuzor (trubaning birdan torayishi). 13. Havo beriladigan patrubka. 14. Ishlatilgan havoni chiqadigan patrubka. 15. Havoni sarfini sozlovchi qurilma.

Laboratoriya quritish qurilmasida ish quyidagi tartibda bajariladi.

1. Jurilmadagi quritgich, ventillyator, tarozi, isitkich havoning miqdorini o'lchovchi shiber, termometrlarning holati tekshiriladi.

2. Juritish uchun 100 – 120 gr miqdorda namlangan material tortib olinadi.

3. Namlangan material quritish uskunasi kamerasida tarozi pallasiga qryib quritiladi.

4. Irl va quruq termometrlarning birinchi ko'rsat-kichlari yozib olinadi.

5. "Assman" psixrometri yordamida quruq va ho'l termometrlar ko'rsatkichi o'lchanadi (Ramzin diagrammasida havoning boshlang'ich nuqtasini aniqlash u-n).

6. Juritish apparati tok manbaiga ulanadi.

7. Ma'lum vaqtdan so'ng (o'ituvchi ko'rsatmasidan so'ng) quruq va ho'l termometrlar ko'rsatkichi o'lchaniladi.

Tajriba natijalarini hisoblash

Olingan natijalarga asosan I – x diagrammada nazariy quritish jarayoni tasvirlanadi. I - x diagrammaga bir bo'lak kalka kog'ozini ko'rib koordinatalar o'ii ko'chirib olinadi va kalka kog'ozida tajribada aniqlangan havoning quritishdan avvalgi, quritkichga kirish va chiqish xolati A, V, S, nuqtalar bilan tasvirlanadi.

Bug'langan namlikning miqdori W aniqlanadi

$$W = G_1 - G_2 \quad (11.23)$$

bu yerda G_1 - nam materialning massasi, kg/s; G_2 - iuruq materialning massasi, kg/s;

Tavo sarfi (6.15) tenglamasi yordamida aniqlanadi:

$$L = \frac{W}{x_2 - x_0} \quad (11.15)$$

Favoning solishtirma sarf miqđori:

$$l = \frac{1}{x_2 - x_0} \quad (11.16)$$

Juritish uchun ketgan issiqlik sarfi quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$Q = q \cdot W \quad (11.24)$$

bu yerda q – solishtirma issiqlik sarfi

$$q = \frac{I_2 - I_1}{x_2 - x_0} \quad (11.25)$$

bu yerda I_1, I_2 - havoning quritkichga kirishi va chiqishi vaqtidagi entalpiyasining qiymati, kJ/kg I - x diagrammadan aniqlanadi.

Hisoblash jadvali

Tavo muxitining temperaturasi		Favoning kamerasigacha quritish bo'lgan temperaturasi		Favoning quritish kamerasining keyining temperaturasi		Nam materialning miqdori, kg	Juritilgan materialning miqdori, kg
Trl termometr, t°C	Juruq termometr, t°C	Trl termometr, t°C	Juruq termometr, t°C	Trl termometr, t°C	Juruq termometr, t°C		

Tekshirish uchun savollar

- Nam havoning asosiy parametrlari:
 - absolyut namlik, b) nisbiy namlik, v) nam saqlash, g) nam havoning entalpiyasi, d) parsial bosim, ye) shudring nuqtasi temperaturasi, j) ho'l termometr temperaturasi.
- I-x diagrammaning tuzilishi.
- I-x diagrammada quritish jarayonini tasvirlang.
- Nazariy va real quritkich jarayonlarining I-x diagrammada tasvirlanishi.
- Juritish jarayonlari uchun issiqlik va havoning umumiy, solishtirma sarf miqdorlarini aniqlash.
- Ko'rish jarayonlarini variantlarini I-x diagrammada tasvirlanishi.

ADABIYOTLAR

1. Касаткин А.Г. Основнње процесск и аппаратк химической технолдогии. - М.: Химия, 1973. – 727 с.
2. Плановский А.Н., Николаев П.И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии. – М.: Химия, 1987.- 496 с.
3. Нурмухамедов Х.С., Темиров О.Ш., Закиров С.Г. ва бошқалар. Газларни кайта ишлаш технологияси, жараён ва қурилмалари. – Т.: Фан ва технологиялар, 2016. – 856 б.
4. Yusupbekov N.R., Nurmuhamedov H.S., Zokirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalari. – Toshkent, Fan va texnologiyalar, 2015.- 848 b.
5. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С. ва бошқалар. Кимё ва озик-овқат саноатларнинг жараёнлари ва қурилмалари фанидан ҳисоблар ва мисоллар. – Т.: Nisim, 1999. –351 б;
6. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С., Зокиров С.Ф. ва бошқалар. Кимё ва озик-овқат саноатларининг асосий жараён ва қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. – Т.: Жаҳон, 2000. – 266 б.
7. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С., Зокиров С.Ф. Кимёвий технология асосий жараён ва қурилмалар. – Т.: Фан ва технологиялар, 2003.-644 б.
8. Нурмухамедов Х.С., Абдуллаев А.Ш., Ниғмаджонов С.К. ва бошқалар. Нефть ва кимё саноати машина ва қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. – Т.: Фан ва технологиялар, 2008. – 351 б.
9. Процессы и аппараты химической технологии. Явления переноса, макрокинетика, подобие, моделирование, проектирование: в 5 т. / Д.А.Баранов и др..- М.: Логос, 2002. – т.2: Механические и гидромеханические процессы. – 600 с.
10. Процессы и аппараты химической технологии.. Учеб. для студ. вузов / А. А. Захарова [и др.] ; под ред. А. А. Захаровой. – М. : Академия, 2006. - 528 с.
11. Pavlov. K.F, Romankov. P.G, Noskov. A.A. Primerы i zadachi po kursu protsessov i apparatov ximicheskoy texnologii. - L.: Ximiya, 1981. – 575 s.
12. Нурмухамедов Х.С., Аннаев Н.А., Бабаев З.К., Матчонов Ш.К. ва бошқалар. Иссиқлик алмашилиш қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. - Т.: Билик, 2018. - 316 б.
13. Нурмухамедов Х.С., Аннаев Н.А., Бабаев З.К., Матчонов Ш.К. ва бошқалар. Иссиқлик алмашилиш қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. - Т.: Билик, 2018. - 316 б.

QURITISH JARAYONINING KINETIKASI

Ishning nazariy asoslari

Materiallarni quritish jarayonida namligini y'qotish murakkab masalalardan hisoblanadi. Avval namlik materialning ichki qismlaridan uning yuzasiga tarqaladi, s'ngra material yuzasidan tashqariga chiqib ketadi. Material tarkibidan namlikning bug'latib chiqarish intensivligi m material yuzasi birligi F dan, vaqt birligi ichida bug'langan namlikning miqdori bilan 'lchanadi:

$$m = \frac{W}{F \cdot \tau} \quad (14.1)$$

bu yerda W - quritish paytida materialdan ajralib chiqqan namlik massasi; τ - quritish jarayonining umumiy vaqti.

Namlikning bug'lanish intensivligi, nam material va atrof-muxit 'rtasidagi is-siqlik va massa almashinish mexanizmiga bog'liq. Bu mexanizm juda murakkab b'lib, ikki boskichdan iborat

- a) namlikning material ichida siljishi;
- b) material yuzasidan namlikning bug'lanishi.

Namlikning material yuzasidan bug'lanishi

Bu jarayon asosan bug'ning qattiq material yuzasidan havoning chegara qatlami orqali tashqi diffuziya y'li bilan 'tishidan iborat. Tashqi diffuziya yordamida namlikning taxminan 90% y'qotiladi. Material yuzasidan atrof muxitga namlik bug' xolatida 'tadi. Tashqi diffuziyaning harakatlantiruvchi kuchi material yuzasi va atrof-muxitdagi konsentratsiya yoki parsial bosimlar ayirmasi $R_m - R_x$ bilan ifodalanadi.

Diffuziya oqimidan tashqari, namlik termodiffuziya y'li bilan ham tarqaladi. Termodiffuziya xodisasi, chegara qatlamida temperaturalar farqining ta'siri natijasida yuz beradi. Konvektiv quritish jarayoni nisbatan past temperaturalarda olib borilsa, termodiffuziya orqali tarqalgan namlikning miqdori juda kichik b'ladi.

Quritish tezligi 'zgarmas b'lgan davrda materialning namligi gigroskopik namlikdan katta b'ladi, material yuzasidagi bug' esa, t'yingan buladi ($R_m = R_t$). Bu davrda namlik materialning yuzasiga uning ichki qismlaridan katta tezlik bilan siljiydi. Material yuzasidan namlikning berilishi quyidagi tenglama orqali topiladi:

$$m = \beta \cdot (P_m - P_x) \cdot 760/B \quad (14.2)$$

bu yerda β - namlik berish koeffitsienti; P_m - material yuzasidagi t'yingan bug'ning parsial bosimi; P_x - bug'ning havodagi parsial bosimi; V - barometrik bosim.

R_m , R_x va V kattaliklar Pa (Paskal) yoki mm. simob ustuni hisobida 'lchanadi. Namlik berish koeffitsienti β havoning tezligiga, issiqlik tashuvchi agentning material

yuzasini aylanib o'tish sharoiti, materialning shakli va uning tashqi qirralari, quritish temperaturasi va boshqa parametrlarga bog'liq.

Namlikning material ichida siljishi

Materialning tashqi yuzasidan namlikning bug'lanishi natijasida material ichida namlik gradienti paydo b'ladi. Bu gradient ta'sirida materialning ichki qatlamlaridan uning yuzasiga qarab harakatlanadi. Namlikning bunday harakati ichki diffuziya deb ataladi. Quritishning birinchi davrida (quritish tezligi o'zgarmas bo'lganda) material ichidagi namlikning o'zgarishi katta b'ladi, bunda quritish tezligiga asosan material yuzasidan namlikning bug'lanish tezligi (ya'ni tashqi diffuziya) ta'sir qiladi. Biroq, material yuzasidagi namlik kamayib borib gigroskopik namlikka yetganda, ya'ni quritishning ikkinchi davrida jarayonning tezligiga asosan ichki diffuziya ta'sir qiladi. Quritishning ikkinchi davrida jarayonning tezligi doimo kamayib boradi.

Quritish jarayonining birinchi davrida material ichidagi namlik suyuqlik k'rinishida tarqaladi. Ikkinchi davrning boshlanishida material yuzasining ayrim joylarida chuqur zonalar paydo b'ladi va materialning ichida bug'lanish yuz beradi. Bunda kapillyarlardagi namlikning bir qismi materialning ichida bug' xolida siljiydi.

Keyinchalik bug'lanishning tashqi yuzasi borgan sari materialning geometrik yuzasidan kamayib ketadi.

Bunday sharoitda namlikning ichki diffuziya yordamida siljishining ahamiyati ortadi. Ikkinchi davrning quritish tezligi kamayadigan bosqichda material bilan bog'langan adsorbsion namlik qattiq fazalar ichida faqat bug' xolida tarqaladi. Bu hodisa namlik o'tkazuvchanlik deb ataladi. Namlik o'tkazuvchanlikning intensivligi yoki namlik oqimining zichligi, namlik konsentratsiyasi gradientiga proporsionaldir:

$$m = -D_m \cdot \frac{\partial c}{\partial n} \quad (14.3)$$

bu yerda D_m - namlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti.

Bu ifodaning o'ng tomonidagi minus ishora namlikning konsentratsiyasi katta bo'lgan qatlamdan, konsentratsiyasi kichik bulgan qatlamga qarab siljishini ko'rsatadi.

Namlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti D_m ning (m^2/s) fizik ma'nosi namlikning materialdagi ichki diffuziya koeffitsientining ma'nosi namlikning materialdagi ichki diffuziya koeffitsientini ifodalaydi. Namlik o'tkazuvchanlik koeffitsientining qiymati namlikning material bilan birikish turi, quritish temperaturasi va materialning namligiga bog'liq b'lib, tajriba yo'li bilan aniqlanadi.

Quritish tezligi va davrlari

Quritgichlarni hisoblash va loyihalash uchun quritish tezligini bilish zarur. Quritish tezligi U cheksiz qisqa vaqt $d\tau$ davomida material namligining kamayishi dW orqali aniqlanadi:

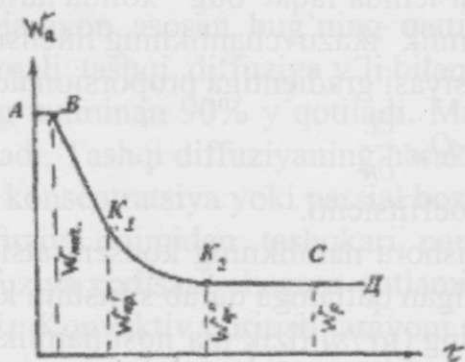
$$U = \frac{dW}{d\tau} \quad (14.4)$$

Quritish tezligi tajriba y'li bilan laboratoriya qurilmalarida topiladi (11.1- rasm). Bu qurilma ventilyator, elektr isitkich, quritish kamerasi va tarozidan tashkil topgan. Elektr isitkichda qizdirilgan havo ventilyator yordamida quritish kamerasiga uzatiladi. Kameraning eshikchasi orqali nam material tarozining bir pallasiga joylashtiriladi. Quritish jarayoni davomida materialning massasi (namligi) kamayib boradi. Olingan tajriba natijalari asosida quritish egri chizig'i quriladi. Quruq va h'l termometrlar yordamida havoning nisbiy namligi aniqlanadi.

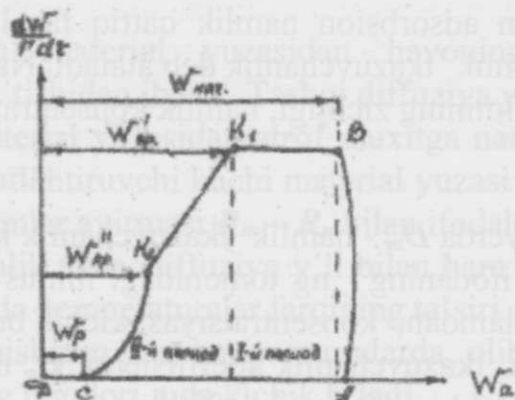
Material namligi W ning vaqt davomi τ da havo parametrlari 'zgarmas b'lganda ($t = const, \varphi = const, \omega = const$) olingan grafik bog'liqligi quritish egri chizig'i deb yuritiladi (14.1 - rasm).

Quritish jarayonining boshlanishida namlik ajralib chiqishi bilan birga material qiziydi. Bu davr qisqa vaqtni tashkil etadi. Materialning qizishi tamom b'lganidan s'ng, quritish jarayoni t'g'ri chiziq b'yicha ketadi. Bu davrda quritish jarayoni uzgarmas tezlikka ega b'ladi. Bu davr K_1 nuqtada tugaydi va bu nuqtaga materialning kritik namligi w_{ur} t'g'ri keladi.

Birinchi davrda erkin bog'langan namlik ajralib chiqadi. K_1 nuqtadan s'ng quritishning ikkinchi davri boshlanadi. Bu davrda material tarkibidan bog'langan namlik ajralib chiqadi. Ikkinchi davrda quritish tezligi doimo kamayib boradi, materialning namligi esa, muvozanat namlikka yaqinlashadi. Quritish jarayoni muvozanat namlikka qadar davom etishi mumkin.



14.1 - rasm. Material namligining vakt davomida 'zgarishi.



14.2- rasm. Quritish tezligining egri chizig'i.

Shunday qilib, quritish egri chizig'i xosil qilinadi. Egri chiziqning istilgan nuqtasiga 'tkazilgan urinma og'ish burchagining tangensi quritish tezligi $d\omega/d\tau$ ni tashkil qiladi (14.2 - rasm). Gorizontall'qqa material namligining qiymati (% hisobida), vertikal 'qqa esa quritish tezligi $d\omega/d\tau$ ning kiymati (% / min) q'yiladi. Hosil b'lgan egri chiziq quritish tezligini tasvirlaydi.

Birinchi davrda quritish tezligi gorizontall'g'ri chiziq b'ladi, chunki bu davrda

quritish tezligi 'zgarmas qiymatga ega. Ikkinchi davrda quritish tezligining chizig'i materialning turiga va namlikning material bilan bog'lanish turiga qarab har hil k'rinishga ega b'ladi. Bu davrda quritish tezligi doimo kamayib boradi.

14.2- rasmda turli materiallar uchun quritish tezligining egri chiziqlari keltirilgan. hamma egri chiziqlar muvozanat namlikka t'g'ri kelgan nuqtaga kelganda tugaydi. Quritish tezligi egri chiziqlarining ayrimlarida ikkinchi kritik nu'ta K_2 mavjud b'ladi. K'pincha bu nuqta adsorbsion namlik ajralib chiqishining boshlanishiga t'g'ri keladi.

Quritish va quritish tezligi egri chiziqlaridan shu narsa k'rinib turibdiki, quritish jarayonni ikki davrga b'linar ekan.

Birinchi davrda quritish tezligi asosan tashqi diffuziyaga bog'liq b'ladi. Materialning ichida namlikning diffuziyalanish tezligi katta qiymatga ega b'ladi, biroq bu xolat namlikning material yuzasida berilish tezligini belgilaydi.

Ikkinchi davrda quritilayotgan material ichidagi bog'langan namlik ajrala boshlaydi. Quritish tezligi asosan material ichidagi namlikning tarqalish tezligiga bog'liq. Shu sababli ikkinchi davrda quritish tezligiga, material tarkibi bilan bog'liq b'lgan parametrlar ta'sir k'rsatadi.

Ishni bajarish tartibi

1. Quritgich, ventillyator, elektr isitkich, quruq va h'l termometrlarning xolati tekshiriladi.
2. 150 – 200 g nam material quritishga tayyorlanadi.
3. Nam material tortib, olinib, quritish kamerasiga joylashtiriladi.
4. Faqat laborant ishtirokida quritgich ishga tushiriladi.
5. Ma'lum vaqt ichida materialning og'irligini aniqlab, quritish jarayoni tekshiriladi.
6. Har 5 min. (4 marta) ventilyator t'xtatilib materialni og'irligi aniqlanadi, s'ng ventilyator yana ishga tushiriladi.
7. Materialning og'irligi xar 10 minutda t'rt marta, s'ngra xar 15 minutda t'rt marta tortilib, og'irligi aniqlanadi.
8. Material muvozanat namligiga yetguncha quritish jarayoni davom ettiriladi va tortilgan oxirgi materialning og'irligiga teng b'ladi (demak, $G = \text{const}$)
9. Tajriba natijalari 12-1 jadvalga quyidagi shaklda yoziladi.

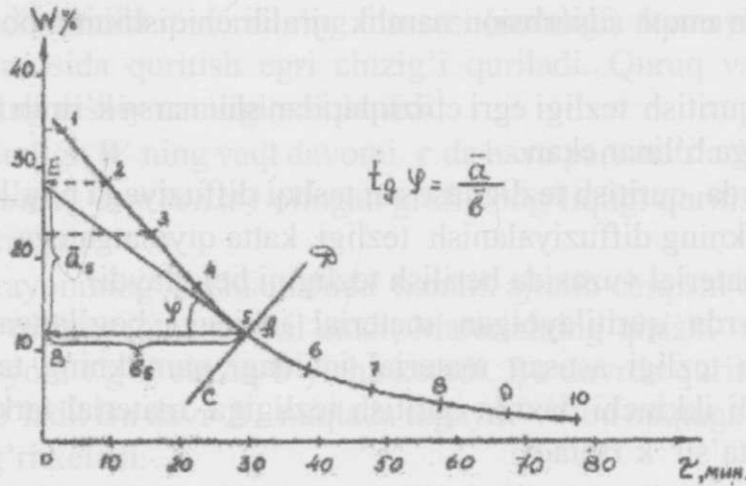
12-1 hisoblash jadvali

Tajriba boshlanish vaqtining 'zgarishi τ , min	Nam materialning og'irligi G ,kg	Nam material og'irligining kamayishi G_1-G_2 ,kg	Vaqt birligi ichida material namlagini 'zgarishi, w , kg	Nam material-ning quru materialga nisbatan namlagi hisobida 'zgarishi, $\frac{G_1 - G_2}{G_1} = w\%$

Tajriba natijalarini hisoblash

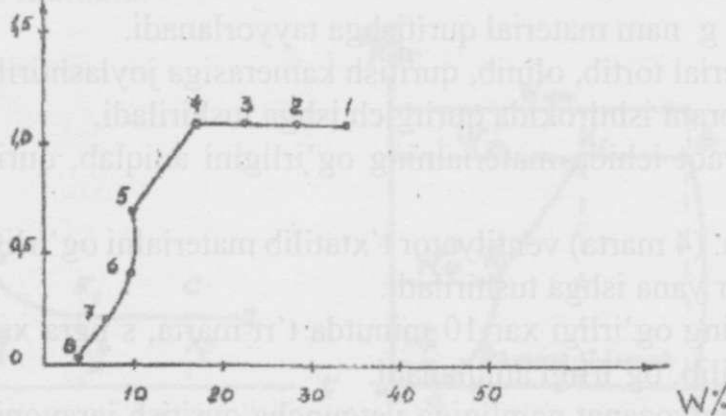
Quritish tezligining egri chizig'i ikki bosqichda chiziladi.

1. W - τ oralaridagi bog'lanish asosida quritishning egri chizig'i chiziladi (14.3 - rasm).



14.3 - rasm. Quritish jarayonining egri chizig'i.

$$\frac{dW}{d\tau} = t_{\varphi} y$$



14.4 - rasm. Quritish tezligining egri chizig'i.

2. Quritish egri chizig'i asosida quritish tezligi egri chizig'i quriladi. Buning uchun har hil vaqt birligida, material namligining 'zgarishini, quritish egri chizig'idan differensial grafik usulida aniqlanadi. Bu vaqtda quritishning egri chizig'i 10-15 b'lakka b'linadi. Har bir nuqtaga urinma 'tkazib, og'ish burchagining tangensi aniqlanadi. Tangens burchagining qiymati, shu vaqt ichida, material namligining 'zgarishining tezligiga teng b'лади. Aniqlangan har bir b'lak uchun og'ish burchaklarining qiymatlari asosida $tg\varphi - W$ koordinatalarida quritish tezligi egri chizig'i tasvirlanadi.

Tajribada olingan vaqt birligi ichidagi material namligining o'zgarishi qiymatlari 14.2 - hisoblash jadvalida berilgan.

14-2 hisoblash jadvali

Quritish egri chizig'idagi b'laklardagi nuqtalar soni	Nuqtalardagi material namligini o'zgarishi, W , %	Shu nuqtalar uchun W - τ grafigidan aniqlangan og'ish burchagi, $tg\varphi$ qiymati, $tg\varphi = dw/F \cdot d\tau$
1.	W_1	$tg\varphi_1 = \bar{a}_1/\bar{b}_1$
2.	W_2	$tg\varphi_2 = \bar{a}_2/\bar{b}_2$
3.	W_3	$tg\varphi_3 = \bar{a}_3/\bar{b}_3$
...
10.	W_{10}	$tg\varphi_{10} = \bar{a}_{10}/\bar{b}_{10}$

Bu ikkita grafik asosida quritish jarayonining berilgan material uchun birinchi va ikkinchi quritish davrlarining davomiyligi aniqlanadi.

Tekshirish uchun savollar.

1. Quritish jarayonining harakteristikasi.
2. Namlikning materialga bog'lanish usullari.
3. Quritish jarayonining mexanizmi.
4. Quritish jarayonining egri chizig'i.
5. Quritish tezligining egri chizig'i.
6. Quritish rejimining material sifatiga ta'siri.
7. Quritkichlarning turlari.
8. Uzluksiz ishlaydigan quritkichlarning asosiy konstruksiyalari.
9. Mavxum qaynash qatlamli quritkichlar.

ADABIYOTLAR

1. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. - М.: Химия, 1973. - 727 с.
2. Плановский А.Н., Николаев П.И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии. - М.: Химия, 1987.- 496 с.
3. Нурмухамедов Х.С., Темиров О.Ш., Закиров С.Г. ва бошқалар. Газларни қайта ишлаш технологияси, жараён ва қурилмалари. - Т.: Фан ва технологиялар, 2016. - 856 б.

4. Yusupbekov N.R., Nurmuhamedov H.S., Zokirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalari. – Toshkent, Fan va texnologiyalar, 2015.- 848 b.

5. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Ҳ.С. ва бошқалар. Кимё ва озиқ-овқат саноатларнинг жараёнлари ва қурилмалари фанидан ҳисоблар ва мисоллар. – Т.: Nisim, 1999. –351 б;

6. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Ҳ.С., Зокиров С.Ғ. ва бошқалар. Кимё ва озиқ-овқат саноатларининг асосий жараён ва қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. – Т.: Жаҳон, 2000. – 266 б.

7. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Ҳ.С., Зокиров С.Ғ. Кимёвий технология асосий жараён ва қурилмалар. – Т.: Фан ва технологиялар, 2003.-644 б.

8. Нурмухамедов Ҳ.С., Абдуллаев А.Ш., Ниғмаджонов С.К. ва бошқалар. Нефть ва кимё саноати машина ва қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. – Т.: Фан ва технологиялар, 2008. – 351 б.

9. Процессы и аппараты химической технологии. Явления переноса, макрокинетика, подобие, моделирование, проектирование: в 5 т. / Д.А.Баранов и др..- М.: Логос, 2002. – т.2: Механические и гидромеханические процессы. – 600 с.

10. Процессы и аппараты химической технологии.. Учеб. для студ. вузов / А. А. Захарова [и др.] ; под ред. А. А. Захаровой. – М. : Академия, 2006. - 528 с.

11. Pavlov. K.F, Romankov. P.G, Noskov. A.A. Primerы i zadachi po kursu protsessov i apparatov himicheskoy texnologii. - L.: Ximiya, 1981. – 575 s.

12. Нурмухамедов Ҳ.С., Аннаев Н.А., Бабаев З.К., Матчонов Ш.К. ва бошқалар. Иссиқлик алмашиниш қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. - Т.: Билик, 2018. - 316 б.

13. Нурмухамедов Ҳ.С., Аннаев Н.А., Бабаев З.К., Матчонов Ш.К. ва бошқалар. Иссиқлик алмашиниш қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. - Т.: Билик, 2018. - 316 б.

AKTIVLANGAN KO'MIR XALKASIMON VA YARIM SFERA KATLAMLI ADSORBER GIDRODINAMIKASINI

Ishning nazariy asoslari

Gaz aralashmalari xamda eritmalardagi bir va bir necha komponentlarning govaksimon kattik jismlar yuzasi buylab (adsorbentda) yutilish jarayoni adsorbsiya deyiladi. Adsorbsiya jarayoni gazlarni, eritmalarni tozalash va kuritishda, eritmalardan kimmatbaxo moddalarni ajratib olishda, neft maxsulotlaridan xosil bulgan aralashmalarni tozalashda, xavo yoki boshka gazlar aralashgan (portlovchan) eritmalarni xamda gaz va bug aralashmalarini ajratib olishda, neftni kayta ishlash natijasida xosil bulgan gaz aralashmalaridan vodorod va etilenni, benzin fraksiyalaridan aromatik uglevodrodlarni ajratib olishda, yoglarni, vino maxsulotlarini, xar xil meva-sabzavot sharbatlarini tozalashda, kimyo va ozik-ovkat sanoatining barcha tarmoklarida keng kullaniladi.

Sanoatda adsorbent sifatida aktivlangan kumir, kattik govaksimon silikagel, sellyuloza, seolitlar, tuprok jinslari, ion almashinuvchi sun'iy smolalar (ionitlar) ishlatiladi.

Kupchilik kimyoviy texnologik jarayonlarda suyuklik va gazlar sochiluvchan donasimon materiallar katlamidan utkaziladi. Ishlatiladigan donasimon materiallar xilma-xil bulib ularning shakli va ulchamlari xam xar xil buladi. Agar donasimon materiallarning diametri bir xil bulsa, bir ulchamli, katlam xar xil bulsa kup ulchamli katlam deyiladi. Bu jarayonlarda suyuklik va gazlar donasimon materiallarning orasidan va kanallardan utadi.

Donador materiallarning katlamidan utayotgan gaz okimining rejimi juda kup faktorlarga boglik buladi. Birinchi navbatda gaz okimining donador materiallarning katlamida taksimlanishi gazning xususiyatiga, donador materiallarning fizik-geometrik xususiyatga xamda katlam tarkibiga boglik buladi. Donasimon materiallarning katlami gidravlik karshilik ΔR , solishtirma yuza S , zarrachalar orasidagi bush ε xajmi, materiallarning ulchami va shu kabi kattaliklar bilan xarakterlanadi.

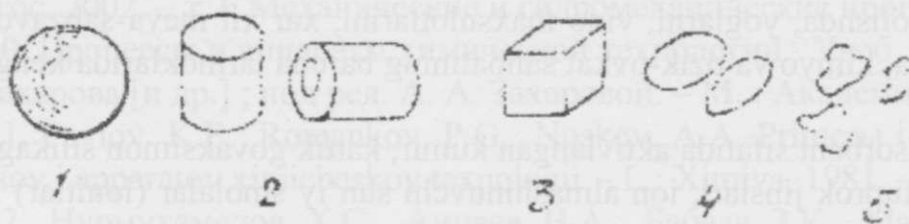
Adsorbentning fizik xususiyati zarrachalar ichida kapillyar kanallarning kattaligiga boglik buladi. Kapillyar kanallar makro, oralik, mikrogovakli buladi.

Mikrogovakli adsorbentlarning solishtirma yuzasi kichik bulgani uchun bunday adsorbentning devorlarida juda kam mikdorda modda yutiladi. Makrogovakli adsorbentlarda yutilaetgan molekulalar fakat ularning kanallari orkali uzatiladi. Oralik govakli adsorbentlarning yuzasida adsorbsiya jarayoni davomida yutilaetgan modda molekulalarining kattaligi govak teshiklaridan kichik bulgan uchun, yutiladigan modda katlami xosil buladi.

Mikrogovakli adsorbentlarda teshiklarning kattaligi yutilayotgan molekullarning kattaligiga teng bulib, adsorbsiya davomida mikrogovaklarning xajmlari yutilayotgan molekullar bilan tuladi. Shuning uchun jarayon davomida mikrogovakli adsorbentlarning yuzasida moddaning yutilishida modda katlamining fizik jixatdan axamiyati kam.

Adsorbentlarning muxim xarakteristikalaridan biri uning aktivligi yoki adsorbsiyalanish kobilyatidir. Uning aktivligi adsorbentning birlik massasi yoki xajmda modda yutilish mikdori bilan belgilanadi. Adsorbentlar uz aktivligidan kat'iy nazar zichligi, ekvivalent diametri, mexanik mustaxkamligi, granulometrik tarkibi, yutish yuzasining birlik xajmi bilan xarakterlanadi.

Donador material zarrachalarining shakli xar xil bulib, 8-1 rasmda ularning xil-lari tasvirlangan.



15.1- rasm.

- 1 – shar; 2 – silindrsimon; 3 – kubsimon; 4 – aylanasimon;
5 – notugri shakldagi zarrachalar.

Donasimon materiallar orasidagi bush xajmining katlam xajmiga nisbati bush xajm deyiladi va ε bilan belgilanadi:

$$\Sigma = \frac{V_1 - V_0}{V_1}; \quad (15.1)$$

ifodada V_1 – donasimon katlam xajmi; V_0 – katlamdagi zarrachalar egallagan xajm; $V_1 - V_0$ – katlamning bush xajmi.

Bush xajmning kattaligi donasimon materiallarning xiliga va ularning kattakichikligiga boglik bulib, u tajriba orkali topiladi. Uzgarmas katlamda bir xil diametrli sharsimon zarrachalar uchun uning diametrining katta kichikligidan kat'iy nazar bush xajmi $\varepsilon = 0,375$ teng buladi. Donador material katlamining asosiy xarakteristikasidan biri zarrachalarning solishtirma yuzasi bulib, zarrachalarning sirt yuzasini xajmga bulgan nisbatini kursatadi ya'ni:

$$S_0 = S_T / V \quad (15.2)$$

Anik shaklga ega bulgan zarrachalarning kattalik mikdori ma'lum bulsa, ularning sirt yuzasini xisoblash oson buladi. Solishtirma yuza S katlamning xajm birligida joylashgan barcha zarrachalarning yuzasini ifodalaydi. Sferiksimon shakldagi zarrachalar uchun:

$$S = S_0(1-\varepsilon) \quad (15.3)$$

Yassi sirtli elementlardan (kubsimon, silindrsimon, plastinali) tashkil topgan zarrachalar katlamda, urnashganda ular bir-birlariga tegib, uz solishtirma yuzalarining bir kismini tusib kuyadilar. Shuning uchun bu xolda tusish darajasini K_n koeffitsient bilan xisobga olsak, zarrachalarning effektiv solishtirma yuzasi $S_{o.ef.}$ kuyidagicha aniklanadi:

$$S_{o.ef.} = K_n S_0 \quad (15.4)$$

Bu vaktnda gaz okimi bilan yuvilayotgan xajm birligidagi katlamning erkin yuzasi:

$$S = S_{o.ef.}(1-\varepsilon) = S_0(1-\varepsilon)K_n \quad (15.5)$$

Katlam kanallaridan utayotgan gaz okimining xakikiy tezligi katlamning bush xajmi orkali aniklangani uchun, uni kiymatini aniklash kiyin. Shu sababli dastlab gaz okimining mavxum tezligi w_0 kuyidagicha topiladi:

$$w = w_0 / \varepsilon \quad (15.6)$$

ifodada $w_0 = V/F$ mavxum tezlik, gaz okimining xajmiy sarfini katlamning kundalang kesim yuzasiga bulgan nisbatiga teng.

Zarrachalar orasidagi bush, katlamning uzgaruvchan kundalang kesimi va uzunligi buyicha, kanallar xosil kilishi natijasida, katlamda esa, ichki bush xajm vujudga keladi. Kanallarning gidravlik radiusi anikmas shaklli zarrachalar uchun kuyidagicha aniklanadi:

$$r = \varepsilon d / 6 (1-\varepsilon) \quad (15.7)$$

Xar kanday kundalang kesim uchun kanallarning ekvivalent diametri kuyidagicha aniklanadi:

$$d_e = 4 r = \varepsilon d / 6 (1-\varepsilon) = 4\varepsilon / S = 4\varepsilon / S_0 (1-\varepsilon)K_p \quad (15.8)$$

Adsorbsiya kurulmasidagi katlamning gidravlik karshiligini yengish uchun sarflangan kuvvatning mikdori jarayonning okim tezligini belgilab, tozalash jarayonini kisman baxosini oshiradi. Modda almashinish jarayonida bir fazadan ikkinchi fazaga utayotgan moddaning mikdori okimning tuzilish tarkibiga boglik buladi.

Zarrachalar katlamida okim 2 xil rejimda xarakat kiladi. Muxit okimning tezligi

kichik bulganda uning zarrachalri bir-biriga aralashmasdan, parallel xolda tartibli xarakat kiladi. Bunday xarakat laminar rejim deyiladi.

Turgun rejimda muxit okimining tezligi katlamdan utayotgan gaz okimining xar bir nuqtasida uzgarmas buladi, ya'ni $w = f(x, y, z)$.

Muxit okimining tezligi asta-sekin oshirilsa uning zarrachalri bir-biri bilan aralashib tartibsiz tulkinsimon xarakat kiladi. Bunday okim turbulent rejim deyiladi.

Okimning xarakat rejimi muxit okimining urtacha tezligiga, muxitning zichligiga, va kovushokligiga xamda kanallarning ekvivalent diametriga boglik buladi.

Bu kattaliklar ulchamsiz kompleks Reynolds kriteriyasi orkali aniklanadi:

$$Re = \frac{wd_s \rho}{\mu} \quad (15.9)$$

Donasimon katlamdagi materiallarning karshiligi kuyidagi tenglama bilan aniklanadi:

$$\Delta P = \lambda \frac{L}{d} \cdot \frac{\rho w^2}{2} \quad (15.10)$$

bu yerda L – katlam uzunligi; λ – fakat ishkalanish karshiligini xisobga olmay, balki muxit okimi xarakati davomidagi maxaliy karshiliklarni, ya'ni muxitning zarrachalar orasidan utayotgandagi karshiliklarni xammasini xisobga oladi va umumiy karshilik koeffitsienti deyiladi.

Karshilik konuniga asosan umumiy karshilik koeffitsienti Reynolds kriteriyasi bilan kuyidagi boglanishda buladi:

$$\lambda = f(Re) \quad (15.11)$$

Adsorbent erkin xajmi uzgarmas bulganda, yoki govakli moddalar kaysiki katlam zarrachalar orasidagi bush xajmda (zarrachalar ichidagi bush xajmni xisobga olmagan xolda) (15.11) tenglama gazning kovushokligi, zichligi, gaz okimining tezligidan kat'iy nazar bosimlar farkini aniklash uchun kullaniladi.

Gaz okimi katlamda laminar rejimda xarakatlanishda gidravlik karshilik umumlashgan kriterial tenglamalar bilan aniklanadi:

$$La = AG \quad (15.12)$$

bu yerda $La = Re \cdot Eu$ Lagranj kriteriyasi bosim kuchlarining ichki ishkalanish kuchlariga bulgan nisbatini kursatadi. $G = L/d_e$ – geometrik simpleks katlamning uzunligini kanallarning ekvivalent diametriga bulgan nisbatini kursatadi.

Turbulent xarakat rejimida katlamdagi yukotilgan bosimlarning mikdori kuyidagicha aniklanadi.

$$\Delta P = \lambda_m \frac{L}{\psi d_s} \cdot \frac{\rho w^2}{2} \cdot \frac{1 - \Sigma}{\Sigma^3} \quad (15.13)$$

bu yerda $\lambda_m = f(Re_m)$ modifikatsiyalashtirilgan karshilik koeffitsienti $Re_m = wd_{e\psi} / \nu(1-\varepsilon)$ – modifikatsiyalashtirilgan Reynolds kriteriyasi zarrachalarning shaklini, katlamdagi bush xajmni xisobga oladi. Uzgarmas katlamdagi gidravlik karshilik turbulent xarakter rejimida quyidagicha aniklanadi:

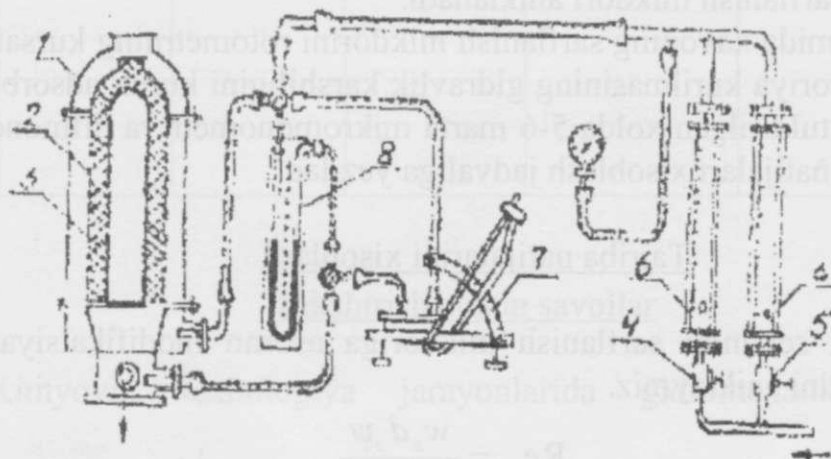
$$Eu = c \cdot Re_m^n \cdot G \quad (15.14)$$

Gaz okimining turgun xarakati jarayonida (15-12) va (15-14) umumiy tenglamalar xisoblanadi, bu tenglamadagi A , s koeffitsientlari va daraja kursatkichi n tajriba orkali aniklanadi. Bu mikdorlarning qiymati Reynolds kriteriyasiga bogliq bulib, uning uzgarishi bilan bu koeffitsientlar mos ravishda uzgarib, tajriba natijalariga asoslanib aniklanadi.

Ish bajarishdan maksad, uzgarmas adsorbent katlamidagi gidravlik karshilikni aniklab, $Eu = f(Re)$ orasidagi boglanish grafigini kurish, tajriba natijalari asosida A , s koeffitsientlari va daraja kursatkichi n xisoblanadi.

Ishni bajarish tartibi

15-2 rasmda laboratoriya kurilmasining sxemasi kursatilgan.



15-2 rasm. Adsorbent katlamining gidravlik karshiligini aniklash laboratoriya kurilmasi:

1 – adsorber; 2 – tashki tur; 3 – ichki tur; 4, 5 – ventillar; 6 – RS-7 markali rotametr; 7 – MMN-240 markali mikromonometr; 8 – dif-manometr.

Laboratoriya kurilmasi uzgaruvchan kundalang kesimdagi adsorbendan iborat bulib, uning ichiga tashki va ichki tur urnatilgan. Turlar orasi tula va yarim sfera

katlamida aktivlangan kumir bilan tuldiriladi. Kurilmaga xavo yukori bosimli ventilyator orkali yoki ballonga tuldirilgan sikilgan xavo beriladi.

Xavoning sarfi rotametr kursatkichi buyicha 4 va 5 kran orkali sozlanadi. Adsorberdagi bosimlarning farki mikromonometr MMN-240 va difmanometr bilan ulchanadi. Uzgaruvchan kundalang kesimli katlamdagi aktivlangan kumirning gidravlik karshiligi kuyidagi tartibda ulchanadi:

1. Tekshirilayotgan aktivlangan kumirning sochiluvchan zichligi aniklanadi. Bu kattalikni ulchash uchun ma'lum mikdordagi aktivlangan kumirni tarozida tortib silindrga solinadi va uning egallagan xajmini mikrometr bilan ulchanadi. Katlamdagi bush xajm (15-1) tenglama orkali aniklanadi.

2. Gaz okimi bilan yuvilayotgan xajm birligidagi katlamning erkin yuzasi (15-1) – tenglama yordamidagi katlamning erkin yuzasi (15-5) tenglama yordamida xar kanday kundalang kesim uchun kanallarning ekvivalent diametri (15-10) tenglama bilan xisoblanadi.

3. Xavoning zichligi, kovushokligi temperaturaga asosan ilovaning 2 jadvalidan aniklanib, xar kanday rejim uchun Reynolds kriteriyasi xisoblanadi.

4. Adsorberga aktivlangan kumir solmasdan ventilyator orkali berilayotgan xavo okimining sarflanish mikdorini RS-7 rotametri yordamida xar xil uzgartirib laboratoriya kurilmasining gidravlik karshiligini mikromonometr va difmanometr bilan ulchaymiz. Sungra adsorberni aktivlangan kumir bilan tuldirib, ventilyator yordamida laboratoriya kurilmasiga xavo beriladi. 4 yoki 5 kran asta-ochib, rotametrning kursatkichi buyicha xavoning sarflanish mikdori aniklanadi.

Tajriba davomida xavoning sarflanish mikdorini rotometrning kursatkichi buyicha oshirib, laboratoriya kurilmasining gidravlik karshiligini kuruk adsorberda va adsorber kumir bilan tuldirilgan xolda 5-6 marta mikromonometr va difmanometr bilan ulchaymiz. Tajriba natijalari xisoblash jadvaliga yeziladi.

Tajriba natijalarini xisoblash

1. Xavoning sekundli sarflanish mikdoriga asosan modifikatsiyalashtirilgan Reynolds kriteriyasini aniklaymiz.

$$Re_m = \frac{w_x d_e \psi}{\nu(1 - \Sigma)} \quad (15.15)$$

bu yerda $w_x = w / \varepsilon$ okimning xakikiy tezligi (bush kanallardagi tezlik); d_e – kanallarning ekvivalent diametri, m; ν – kinematik kovushoklik, m^2/s uning kiymati ilovaning 2 jadvalidan aniklanadi, ψ – zarrachalarning shakli, silindrsimon shaklli zarrachalar uchun $\psi = 0,9$ teng; ε – katlamning bush xajmi, m^3/m^3 .

2. Geometrik uxshashlik simpleksi G kuyidagidicha aniklanadi:

$$G = L/d_e \quad (15.16)$$

3. Ulchangan katlamdagi bosimlar farkining mikdori buyicha Eyley kriteriyasi xisoblanadi:

$$Eu = \frac{\Delta P}{\rho w_x^2} \quad (15.17)$$

bu yerda ρ – xavoning zichligi, kg/m^3 (ilovadagi 1 jadvaldan olinadi).

4. Logarifm koordinatlarida tajriba natijalari asosida $Eu / G = f(Re)$ orasidagi boglanish grafigi tasvirlanadi.

5. $Eu/G = f(Re)$ grafigidan xavo okimining laminar va turbulent xarakati rejimida s koeffitsientining mikdori va daraja kursatkichi n aniklanadi.

6. (15-12) va (15-14) tenglama laminar va turbulent rejimlar uchun gidravlik karshiliklar ΔR_{lam} va ΔR_{tur} xisoblanadi. Tajribadan olingan ΔR_{lam} va ΔR_{tur} qiymatlari xisoblanganlari bilan solishtiriladi va anikligi % lar xisobida aniklanadi.

15-1 xisoblash jadvali

Tajriba	w_x , m/s	ΔR , Pa	$Eu = \frac{\Delta H}{\rho w_x^2}$	$Re = \frac{w_x d_3 \psi}{\nu(1-\Sigma)}$	$\lg \frac{Eu}{\Gamma}$	$\lg Re$
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						

Tekshirish uchun savollar

1. Kimyoviy texnologiya jarayonlarida gidromexanik jarayonlarning kullanilishi.

2. Gaz okimining donador materiallar katlamidagi xarakat rejimi. Donador zaracha katlamining fizik geometrik xarakteristikalari.

3. Gaz okimining donador material katlamida laminar va turbulent xarakat rejimidagi karshilik konunlari.

4. Uzgarmas donador material katlamida gaz okimining laminar va turbulent xarakat rejimida gidravlik karshiliklarni umumiy xisoblanish xollari.

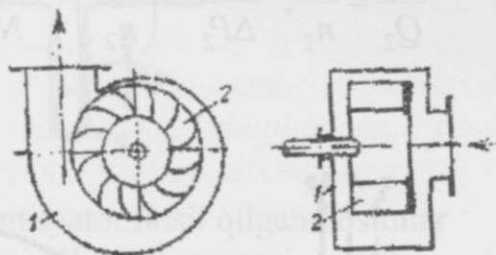
ADABIYOTLAR

1. Касаткин А.Г. Основнне процесск и аппаратк химической технолдогии. - М.: Химия, 1973. – 727 с.
2. Плановский А.Н., Николаев П.И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии. – М.: Химия, 1987.- 496 с.
3. Нурмухамедов Х.С., Темиров О.Ш., Закиров С.Г. ва бошкалар. Газларни кайта ишлаш технологияси, жараён ва қурилмалари. – Т.: Фан ва технологиялар, 2016. – 856 б.
4. Yusupbekov N.R., Nurmuhamedov H.S., Zokirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalari. – Toshkent, Fan va texnologiyalar, 2015.- 848 b.
5. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С. ва бошкалар. Кимё ва озик-овқат саноатларнинг жараёнлари ва қурилмалари фанидан ҳисоблар ва мисоллар. – Т.: Nisim, 1999. –351 б;
6. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С., Зокиров С.Ф. ва бошкалар. Кимё ва озик-овқат саноатларининг асосий жараён ва қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. – Т.: Жаҳон, 2000. – 266 б.
7. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С., Зокиров С.Ф. Кимёвий технология асосий жараён ва қурилмалар. – Т.: Фан ва технологиялар, 2003.-644 б.
8. Нурмухамедов Х.С., Абдуллаев А.Ш., Ниғмаджонов С.К. ва бошкалар. Нефть ва кимё саноати машина ва қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. – Т.: Фан ва технологиялар, 2008. – 351 б.
9. Процессы и аппараты химической технологии. Явления переноса, макрокинетика, подобие, моделирование, проектирование: в 5 т. / Д.А.Баранов и др..- М.: Логос, 2002. – т.2: Механические и гидромеханические процессы. – 600 с.
10. Процессы и аппараты химической технологии.. Учеб. для студ. вузов / А. А. Захарова [и др.] ; под ред. А. А. Захаровой. – М. : Академия, 2006. - 528 с.
11. Pavlov. K.F, Romankov. P.G, Noskov. A.A. Primerы i zadachi po kursu protsessov i apparatov ximicheskoy texnologii. - L.: Ximiya, 1981. – 575 s.
12. Нурмухамедов Х.С., Аннаев Н.А., Бабаев З.К., Матчонов Ш.К. ва бошкалар. Иссиклик алмашилиш қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. - Т.: Билик, 2018. - 316 б.

MARKAZDAN QOCHMA VENTILYATORNING XARAKTERISTIKALARINI ANIQLASH

Ishning nazariy asoslari

Gazlarni atmosfera yoki unga yaqin bosimda uzatish uchun mo'ljallangan mashinalar ventilyatorlar deyiladi. Uzatilayotgan gaz ventilyatorlarda qisman siqiladi – ventilyatorlardan keyin xamda undan oldingi bosimlar farqi 10^4 Pa ($0,1 \text{ kgk/sm}^2$ yoki 100 mm suv ustuni) dan oshmaydi va odatda undan ham past bo'lishi mumkin. Ishlash prinsipi bo'yicha ventilyatorlar markazdan qochma va o'qli bo'ladi. o'qliga nisbatan markazdan qochma ventilyatorlar katta bosimlar farqini hosil qiladi.



16.7-rasm. Markazdan qochma ventilyatorning tuzilishi.

1 – korpus; 2 – ishchi iildirak

Markazdan qochma ventilyatorlarda 1 chi ishchi iildirak yuqori tezlikda aylanganda hosil bo'lgan markazdan qochma kuch ta'sirida gazlarni siqish va uzatish amalga oshadi. Iildirakning parraklari egilgan bo'lib, gaz ularning orasidan o'tadi. Gaz ishchi iildirakning markazidan so'riladi va chekkadan ventilyatorning 2 spiralsimon korpusiga uzatiladi. Doimiy aylanish chastotasida (hosil bo'lgan markazdan qochma kuchning doimiy qiymatida) markazdan qochma ventilyatorning ishi quyidagi kattaliklar bilan xarakterlanadi:

- 1) Uzatilayotgan gazning hajmiy sarfi, Q , m^3/s ;
- 2) Ventilyatorlardan oldin va so'ng hosil bo'lgan bosimlar farqi*, ΔP , Pa;
- 3) Sarflanadigan quvvat N , Vt;
- 4) Gazni nazariy siqish** uchun sarflanadigan quvvat va haqiqiy sarflangan quvvatlar nisbatini ifodalovchi foydali ish koeffitsienti, η

$$\eta = \frac{Q \cdot \Delta P}{N} \quad (16.1)$$

* - Bu bosimlar farqi ventilyatorning napori deyiladi.

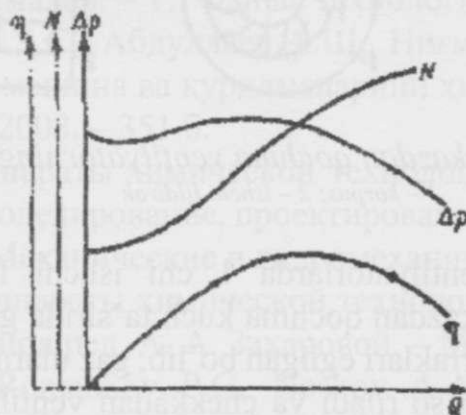
** - Gazning bosimi ventilyatorlardan oldin va so'ng kam farqlanganligi tufayli uning hajmiy sarfi xuddi zichligi kabi, deyarli bir xil bo'ladi.

Markazdan qochma ventilyatorlarda Q , ΔP , N bir-biri bilan boʻllik va birini oʻzgarishi oʻz tartibda qolganlarini oʻzgarishiga olib keladi.

$\Delta P=f_1(Q)$, $N=f_2(Q)$, $\eta=f_3(Q)$ grafik boʻlqliklar ventilyatorning xarakteristikasi deyiladi.

Bu xarakteristikalarni nazariy hisobot asosida aniq tuzish mumkin emas. Shuning uchun amaliyotda sinov yoʻli bilan olingan ventilyatorlarning xarakteristikalari koʻllaniladi. 16.2 rasmda doimiy aylanish chastotasida n markazdan qochma ventilyatorning tipik xarakteristikalari koʻrsatilgan. Aylanish chastotasi oʻzgarganda ventilyatorning xarakteristikalari xam oʻzgaradi. Aylanish chastotasi n kichik interval oʻzgarishida Q , ΔP va N larning oʻzgarishi proporsionallik qonuni deb ataladigan tahminiy nisbat bilan aniqlanadi:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2}; \quad \frac{\Delta P_1}{\Delta P_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2; \quad \frac{N_1}{N_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3$$



16.2 - rasm. Markazdan qochma ventilyatorning xarakteristikasi.

Ventilyatorning xarakteristikalari turli sharoitda ishlashini koʻrib chiqishda va ventilyasion qurilmani loyihalashda katta ahamiyatga ega.

Ushbu laboratoriya ishining birinchi qismida markazdan qochma ventilyatorning uchta xarakteristikasini $n=const$, boʻlganda eksperiment yuli bilan aniqlash kerak. Buning uchun uzatish truboprovodining chiqishida oʻrnatilgan diafragmalı zatvor yordamida (16.3 rasm) chiqishdagi diametрни va ventilyator uzatayotgan havo sarfini oʻzgartirib, tegishli nazorat - oʻlchov asboblari yordamida Q , ΔP va N aniqlashda zarur boʻlgan xamma kattaliklar oʻlchanadi.

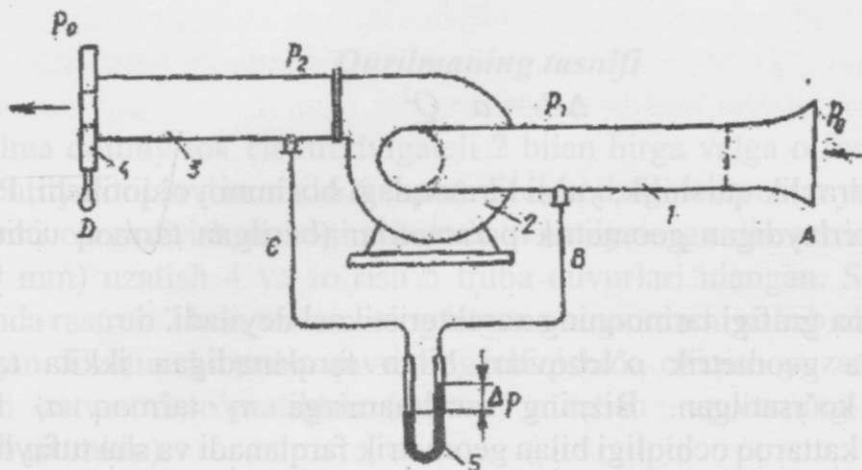
Ventilyator hosil qilgan bosimlar farqi (16.3 rasm)

$$\Delta P = P_2 - P_1 \quad (16.2)$$

bu yerda P_1 va P_2 – ventilyatordan oldin va undan keyin difmanometr trubkalari o'rnatilgan nuqtalardagi havoning statik bosimlari.

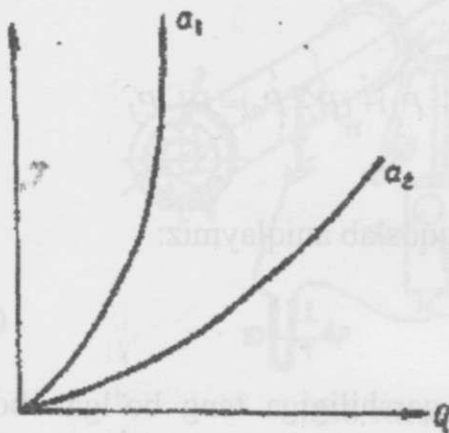
Ishning ikkinchi qismi tarmoqning xarakteristikasi hamda ventilyatorni tarmoqqa ishlash grafisini tuzishdan iboratdir.

Ventilyator ishlayotgan truboprovod yoki kanal tarmoq deb ataladi. Berilgan qurilmada tarmoqni so'rib oluvchi va uzatuvchi truboprovodlar tashkil qiladi.

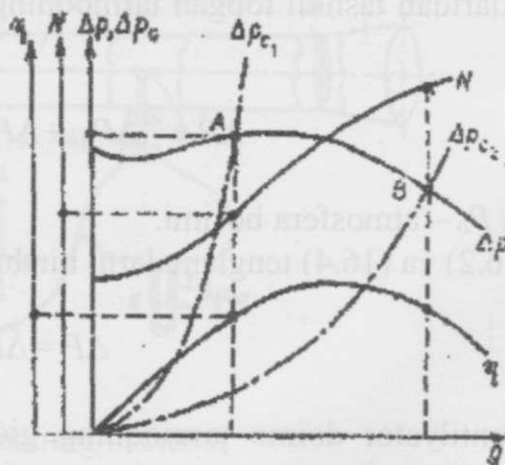


16.3-rasm. Ventilyator hosil qilgan bosimlar farqini o'lchash sxemasi.

- 1 – so'rish truboprovodi; 2 – markazdan qochma ventilyator;
- 3 – uzatish truboprovodi; 4 – diafragmalni zatvor;
- 5 – difmanometr.



16.4-rasm. Tarmoqning xarakteristikasi



16.5-rasm. Markazdan qochma ventilyatorni tarmoqqa ishlash grafigi

Agar doimiy kesimga ega bo'lgan truboprovoddan gaz oqsa, unda chiqishdagi bosim qirishdagi bosimga nisbatan kam bo'ladi. Bu gazning energiyasi (bosimi) qisman truboprovodning gidravlik qarshiligini yengish uchun sarflanishi bilan tushuntiriladi. Truboprovodning gidravlik qarshiligi burilish, ventil va tirsak va hokazolarda hosil bo'lgan qarshiliklardan iborat. Demak truboprovod (tarmoqning) gidravlik qarshiligi uning geometrik o'lchovlariga, oqayotgan gazning sarfiga bo'lik. Truboprovoddan gaz - havo atmosferaga chiqib ketayotgan bo'lsa, unda bu bo'lliqlik, nazariy tenglama bilan ifodalanadi:

$$\Delta P_T = a \cdot Q^2 \quad (16.3)$$

bu yerda ΔP_T – gidravlik qarshilik, ya'ni tarmoqdagi bosimni yo'qotilishi, Pa; a – tarmoqni karakterlaydigan geometrik parametrlar (berilgan tarmoq uchun doimiy bo'ladi).

16.3 tenglama grafigi tarmoqning karakteristikasi deyiladi.

16.4 rasmda geometrik o'lchovlari bilan farqlanadigan ikkita tarmoqning karakteristikalari ko'rsatilgan. Bizning qurilmamizga a_2 tarmoq a_1 tarmoqdan diafragmali zatvor kattaroq ochiqqligi bilan geometrik farqlanadi va shu tufayli havoning bir hil sarfida a_2 tarmoqning gidravlik qarshiligi kamroq.

Tarmoqning karakteristikasini tuzish uchun havo sarfini diafragmali zatvor bilan o'zgartirish mumkin emas, chunki bu o'z tartibda tarmoqning geometrik o'zgarishlariga olib keladi. Demak, tarmoqning karakteristikasini boshqa yo'l bilan, ya'ni ventilyatorni aylanish chastotasini o'zgartirish bilan tuzish mumkin.

16.3 rasmdan ko'rinib turibdiki so'rish (AB) va uzatish (CD) truba quvurlarining qarshiliklaridan tashkil topgan tarmoqning to'liq gidravlik qarshiligi ΔP_T quyidagiga teng:

$$\Delta P_T = \Delta P_{AB} + \Delta P_{CD} = (P_0 - P_1) + (P_2 - P_0) = P_2 - P_1 \quad (16.4)$$

bu yerda P_0 – atmosfera bosimi.

(16.2) va (16.4) tenglamalarni bir-biriga taqqoslab aniqlaymiz:

$$\Delta P = \Delta P_T \quad (16.5)$$

ya'ni, ventilyator doimo tarmoqning gidravlik qarshiligiga teng bo'lgan bosimlar farqini hosil qiladi.

Boshqa so'z bilan aytganda ventilyator havoga gidravlik qarshilikni yengish uchun zarur bo'lgan energiyani beradi.

Ventilyator va tarmoqning karakteristikalarni, ya'ni (16.2) va (16.4) grafiklarni, taqqoslab markazdan qochma ventilyatorning tarmoqqa ishlash grafikini olamiz (16.5 rasm). $\Delta P = \Delta P_T$ bo'lgan grafikdagi $Q - \Delta P$ va $Q - \Delta P_T$ chiziqlarning kesishma nuqtalari ishchi nuqtalar deyiladi. Ishchi nuqtani joylashishi ventilyatorni tarmoqqa ishlashini

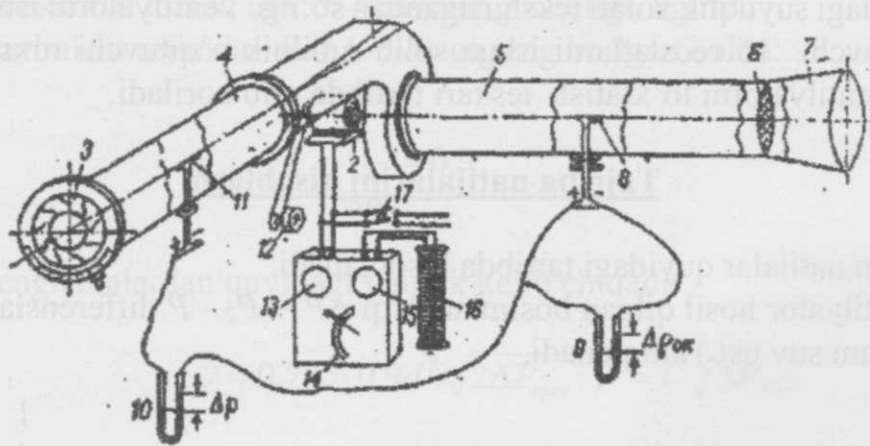
xarakterlaydigan xamma kattaliklarni: Q , ΔP , N , η aniqlab beradi. 16.5 rasmdan ko'rinib turibdiki tarmoqning xarakteristikasiga bollangan xolda bir xil aylanish chastotasida ventilyatorning ishchi parametrlari bir-biridan keskin farqlanishi mumkin – A va B ishchi nuqtalarni qarang.

Ishning maqsadi. Ventilyator va tarmoqning eksperimental xarakteristikalarini tuzish xamda ishchi nuqtalarning parametrlarini aniqlash.

Qurilmaning tasnifi

qurilma doimiy tok elektrodvigateli 2 bilan birga valga o'rnatilgan markazdan qochma ventilyatordan iborat (16.6 rasm). Elektrodvigatel reostat yordamida aylanish chastotalarini o'zgartirish imkonini beradi. Ventilyatorga diametrlari bir xil bo'lgan ($d_{\text{ichki}}=220$ mm) uzatish 4 va so'rish 5 truba quvurlari ulangan. So'rish trubasining kirish qismda rastrub 7 bor, undan so'ng begona buyumlarni so'rib olmasligi uchun to'r 6 o'rnatilgan. Uzatuvchi truba quvurning chiqishida chiqish yuzasini o'zgartiruvchi diafragmali zatvor 3 o'rnatilgan (demak, o'zatishtiruvchi quvurning qarshiligini ham o'zgartirish mumkin).

Tarmoqning gidravlik qarshiligini tashkil qiluvchi qismlarning ahamiyatligi bu – tur 6 va diafragmali zatvor 3 larning qarshiliklari. Ularga nisbatan boshqalar (ishqalanish, qirishdagi qarshilik) nihoyatda kichikdir:



16.6-rasm. Qurilmaning sxemasi

- 1 – markazdan qochma ventilyator; 2 – doimiy tok elektrodvigateli; 3 – diafragmali zatvor; 4 – uzatish trubasi; 5 – so'rish trubasi; 6 – to'r; 7 – rastrub; 8, 11 – Pito naychalari; 9, 10 – difmanometrlar; 12 – taxometr; 13 – ampermetr; 14, 16 – reostatlar; 15 – voltmetr; 17 – rubilnik.

14 va 16 reostatlar elektrodvigatelni ishga tushirish va aylanish chastotasini o'zgartirish uchun xizmat qiladi. Elektrodvigatel shitida va truba quvurlarda quyidagi nazorat -

o'lchov asboblari o'rnatilgan:

- a) taxometr 12 – ventilyatorni aylanish chastotasini aniqlash uchun;
- b) ampermetr 13 va voltmetr 15 – doimiy elektrotok kuchi va siqilishini aniqlash uchun;
- c) differensial manometrlar 9 va 10 bilan ulangan Pito naychalari 8, 11.

Ishni bajarish tartibi

Ventilyatorning $Q-\Delta P$, $Q-N$ va $Q-\eta$ karakteristikalarini olish uchun aylanish chastotasi n doimiy bo'lganda (1200 ay/min. kup bo'lmasligi kerak) birinchi sinovlarni (10 kuzatuv) o'tkazish lozim. Ventilyator uzatayotgan havo sarfini diafragnali zatvor 3 ni ochiqligini o'zgartirib aniqlash mumkin.

Tarmoqning $Q-\Delta P$, karakteristikasini olish uchun ikkinchi sinovlarni (5 kuzatuv), bu yerda zatvor 3 ning ochiqligi doimiy bo'lib qolib, ya'ni tarmoqning geometrik karakteristikasi doimiy bo'ladi, havoning sarfini ventilyatorning aylanish chastotalarning o'zgartirib orqali o'zgartirish mumkin. Ventilyator va tarmoqning karakteristikalarini tuzish uchun zarur bo'lgan Q , ΔP , N , η qiymatlari nazorat-o'lchov uskunalarining ko'rsatkichlari tegishli ishlovlar yordamida aniqlanadi. Difmanometr 9*, difmanometr 10, ampermetr 13 va voltmetr 15 ning ko'rsatkichlari bir vaqt ichida «boshlandi» buyrugidan keyin olinadi. Bu buyruqni 3 ma'lum aylanishlar chastotasi reostatlar yordamida o'rnatilgandan so'ng ventilyatorning aylanishlar chastotasini nazorat qiluvchi talaba beradi.

Ish bilan tanishib va Pito naychasi tulri o'rnatilganligini, differensial manometrlardagi suyuqlik xolati tekshirilgandan so'ng, ventilyatorni ishga tushiruvchi 14 va sozlovchi 16 reostatlarni ishga solib rubilnik o'qituvchi ruxsati bilan ishga tushiriladi. Ventilyatorni to'xtatish teskari tartibda olib boriladi.

Tajriba natijalarini hisoblash

Olingan natijalar quyidagi tartibda hisoblanadi.

1. Ventilyator hosil qilgan bosimlar farqi $\Delta P = P_2 - P$ differensial manometr 10 yordamida (mm suv ust.) aniqlanadi.

* - Differensial manometr 9 ga qiyalik burchaklari xar xil bo'lgan uchta parallel trubka ulangan. o'rtacha trubka 10 mm suv ust. dan kam bo'lgan bosimlar farqini o'lchash uchun moslangan; tepadagisi 10÷30 mm suv ust, pastdagi 30 mm suv ust. dan yuqori bo'lgan bosimlar farqini o'lchash uchun moslangan.

Difmanometr 10 Pito naychalariga shunday o'rnatilganki, u uzatish truba quvurdagi (statik + dinamik) va so'rish truba quvurdagi umumiy bosimlar farqini ko'rsatayotganligi 16.6 rasmdan ma'lumdir. Difmanometrning bu ko'rsatgishi

ventilyatordan oldin va so'ng havoning statik bosimlar farqiga teng, chunki diametrni bir xilligi tufayli so'rish va uzatish truba quvurlardagi dinamik bosimlar bir xil.

2. Ventilyator qurilmasi istemol qilgan kuvvat quyidagicha aniqlanadi:

$$N = U \cdot I \quad (16.6)$$

bu yerda U – doimiy tokning kuchlanishi, V; I – tok kuchi, A.

3. Ventilyator uzatayotgan havo sarfi Q truba quvuridagi havo oqimi uchun sarf tenglamasi yordamida aniqlanadi:

$$Q = w \cdot f \quad (16.7)$$

bu yerda w – truba quvurdagi havoning o'rtacha tezligi, m/s; $f = 0,785d^2$ truba quvurning ko'ndalang kesim yuzasi, m^2 (d - truba quvurning ichki diametri, m).

1. Havoning o'rtacha tezligi quyidagicha aniqlanadi.

So'rish truba quvurning o'qiga o'rnatilgan Pito naychasi 8 ga ulangan differensial manometr 9 tezlik (dinamik) bosimini (mm suv. ust.) ΔP_{tez} – ya'ni shu truba quvurning markazida havoning xajm birligida mavjud bo'lgan kinetik energiyani ko'rsatadi:

$$\Delta P_{tez} = w_{max}^2 P / 2 \quad (16.8)$$

bu yerda w_{max} – truba quvur markazida oqayotgan elementar havo oqimining tezligi - o'qdagi yoki maksimal tezlik, m/s; P - havoning zichligi, kg/m^3 .

Turlun turbulent rejimda, $Re \geq 10000$ ga teng bo'lgan holda:

$$\frac{w}{w_{max}} = 0,9 \quad (16.9)$$

(16.7 – 16.9) tenglamalardan quyidagi tenglik kelib chiqadi:

$$Q = 0,785 \cdot 0,9d^2 \sqrt{2\Delta P_{mez} / \rho} = C \sqrt{\Delta P_{mez}} \quad (16.10)$$

Favo zichligining qiymati ma'lumotnomalardan olinadi.

4. η – ventilyatorning FIKi (elektrovdigatel bilan birga) (16.1) tenglama yordamida hisoblanadi.

Truba quvurdagi rejimni tekshirish uchun eng kam havo sarfi bo'lgan tajriba bo'yicha Reynolds kriteriysi hisoblanadi: $Re = \frac{wd\rho}{\mu}$. Favoning qovushoqligi μ (Pa·s)

xam ma'lumotnomalardan olinadi.

Bajarilgan ish bo'yicha hisobot quyidagilarni o'z ichiga olishi shart: a)

vazifa; b) spetsipikatsiyani o'z ichiga kiritgan qurilmaning sxemasi; v) hisobot jadvallari; g) biror bir sinovning Q , N , η qiymatlarining hisobotlari (7.1 jadval); eng kam havo sarfi uchun Re kriteriyasining hisobi; d) ventilyatorni tarmoqda ishlash grafigi va ishchi nuqtalarining parametrlarini aniqlash.

16-1 jadval

Doimiy aylanish chastotasida ventilyatorning xarakteristikasi
($n = \dots$ ayl/min)

Sinov soni №	Diafragmali zatvorning ochiqqligi, mm	o'lchangan kattaliklar						Xisobotlangan kattali		
		ΔP		ΔP_{tez}		I , A	U , V	Q , m ³ /s	N , Vt	H , %
		mm suv ust.	Pa	mm suv ust.	Pa					

16-2 Jadval

Diafragmali zatvor doimiy ochiq bo'lganda tarmoqning xarakteristikasi

Sinov soni, №	n , ayl/min	ΔP		ΔP_{tez}		Q , m ³ /s
		mm suv ust.	Pa	mm suv ust.	Pa	

Tekshirish uchun savollari

1. Markazdan qochma ventilyatorning tuzilishi va ishlash prinsipi.
2. Ventilyatorning so'rish truba quvuriga o'rnatilgan Pito naychasiga ulangan difmanometr qanday bosimlar farqini ko'rsatadi?
3. Nima uchun ventilyatorning xarakteristikasini aniqlashda havo sarfini diafragmali zatvor yordamida o'zgartirish mumkin, tarmoqning xarakteristikasini aniqlashda esa bunday qilish mumkin emas?
4. Tarmoq va ishchi nuqtalar xarakteristikasining fizik ma'nosi.
5. U simon difmanometrqa nisbatan qiyalik shkalali difmanometrning afzaligi.
6. Umumiy bosimni statik bosimdan farqi.
7. Sanoatda qanday ventilyatorlar qo'llaniladi?
8. Turli guruxga (markazdan qochma va o'qli; past, o'rtacha, va yuqori bosimli) kirgan ventilyatorlar qanday bosim hosil qilishadi (o'zgarish chegaralari).

ADABIYOTLAR

1. Касаткин А.Г. Основнқе процесск и аппаратк химической технолдогии. - М.: Химия, 1973. – 727 с.
2. Плановский А.Н., Николаев П.И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии. – М.: Химия, 1987.- 496 с.
3. Нурмухамедов Х.С., Темиров О.Ш., Закиров С.Г. ва бошқалар. Газларни кайта ишлаш технологияси, жараён ва курилмалари. – Т.: Фан ва технологиялар, 2016. – 856 б.
4. Yusupbekov N.R., Nurmuhamedov H.S., Zokirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalari. – Toshkent, Fan va texnologiyalar, 2015.- 848 b.
5. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С. ва бошқалар. Кимё ва озиқ-овқат саноатларнинг жараёнлари ва курилмалари фанидан ҳисоблар ва мисоллар. – Т.: Nisim, 1999. –351 б;
6. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С., Зокиров С.Ф. ва бошқалар. Кимё ва озиқ-овқат саноатларининг асосий жараён ва курилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. – Т.: Жаҳон, 2000. – 266 б.
7. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С., Зокиров С.Ф. Кимёвий технология асосий жараён ва курилмалар. – Т.: Фан ва технологиялар, 2003.-644 б.
8. Нурмухамедов Х.С., Абдуллаев А.Ш., Ниғмаджонов С.К. ва бошқалар. Нефть ва кимё саноати машина ва курилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. – Т.: Фан ва технологиялар, 2008. – 351 б.
9. Процессы и аппараты химической технологии. Явления переноса, макрокинетика, подобие, моделирование, проектирование: в 5 т. / Д.А.Баранов и др..- М.: Логос, 2002. – т.2: Механические и гидромеханические процессы. – 600 с.
10. Процессы и аппараты химической технологии.. Учеб. для студ. вузов / А. А. Захарова [и др.] ; под ред. А. А. Захаровой. – М. : Академия, 2006. - 528 с.
11. Pavlov. K.F, Romankov. P.G, Noskov. A.A. Primerы i zadachi po kursu protsessov i apparatov ximicheskoy texnologii. - L.: Ximiya, 1981. – 575 s.
12. Нурмухамедов Х.С., Аннаев Н.А., Бабаев З.К., Матчонов Ш.К. ва бошқалар. Иссиклик алмашиниш курилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. - Т.: Билик, 2018. - 316 б.
13. Нурмухамедов Х.С., Аннаев Н.А., Бабаев З.К., Матчонов Ш.К. ва бошқалар. Иссиклик алмашиниш курилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. - Т.: Билик, 2018. - 316 б.

ZARRACHALARNI UCHIB CHIQLASH TEZLIGINI ANIQLASH

Ishning nazariy asoslari

Tepaga yunalgan gaz yoki suyuqlik okimida uchib ketayotgan kattik zarrachaga (17.1-rasm) kuyidagi kuchlar ta'sir qiladi: ogirlik kuchi G , kutarish kuchi Ar (Arximed kuchi) va okimning dinamik bosim (tezlik) kuchi R .

Diametri d (m) bulgan sharsimon zarracha uchun:

$$G = \frac{\pi d^3}{6} \rho g \quad (17.1)$$

$$A = \frac{\pi d^3}{6} \rho_m g \quad (17.2)$$

$$P = \psi w^2 \rho_m d^2 \quad (17.3)$$

bu yerda ρ va ρ_m – zarracha va muxitning zichliklari, kg/m^3 ; w – okimning (muxit) tezligi, m/s ; ψ – okimning rejimiga bogliq bulgan birliksiz koeffitsient; g – erkin tushish tezlanishi, m/s^2 .

Agar $G - A > P$ bulsa zarracha chukadi; agar $G - A < P$ bulsa zarracha okim bilan tepaga kutariladi; $G - A = P$, ya'ni zarrachaga ta'sir kiluvchi kuchlar teng bulganda, zarracha okimda uchib ketadi. Zarracha mavxum kaynash xolatiga yetganda muxitning tezligi uchib chikish tezligi deyiladi.

Yakka sharsimon zarrachaning diametri d va muxitning xususiyatlariga bogliq bulgan xolda uning uchib chikish $w_{\text{uch. sh.}}$ tezligini xisoblash uchun bir kator empirik tenglamalar taklif etilgan. Ularning biridan foydalanib olamiz:

$$\text{Re} = \frac{Ar}{(18 + 0,61\sqrt{Ar})} \quad (17.4)$$

bu yerda $R_{\text{yu}} = \frac{w_{\text{yu. sh.}} d \rho_m}{\mu_m}$ - Reynolds kriteriysi; $Ar = \frac{d^3 \rho_m (\rho - \rho_m) g}{\mu_m^2}$ - Arximed kriteriysi; μ_m – muxitning dinamik kovushokligi, $\text{Pa}\cdot\text{s}$.

Berilgan ishning sharoitida $0,61\sqrt{Ar} \gg 18$ ga teng va (17.4) tenglamani kiskartirish mumkin:

$$\text{Re}_{\text{yu}} = \frac{\sqrt{Ar}}{0,61} \quad (17.5)$$

Bundan tashkari ushbu ishda $\rho \gg \rho_s$ bulganligi uchun Arximed kriteriysiga taallukli bulgan ifoda kuyidagicha kiskartiriladi:

$$Ar = \frac{d^3 \rho_m \rho g}{\mu_m^2}$$

Arximed va Reynolds kriteriyalarining qiymatlarini 17.5 tenglamaga kuyib, kuyidagiga erishamiz:

$$w_{yq.u.} = \frac{1}{0,61} \sqrt{\frac{d\rho g}{\rho_m}} = 5,13 \sqrt{\frac{d\rho}{\rho_m}} \quad (17.6)$$

Sharsimon shaklga ega bulmagan zarrachaning uchib chikish tezligi xuddi shunday xajmli sharsimon zarrachaning uchib chikish tezligidan kam buladi:

$$W_{uch} = \varphi \cdot W_{uch.sh.} \quad (17.7)$$

bu yerda $\varphi < 1$ – shaklni belgilovchi koeffitsient bulib, tajriba yuli bilan aniklanadi.



17.1-rasm. Yukoriga yunalgan okimda kattik zarrachaga ta'sir kilayotgan kuchlar.

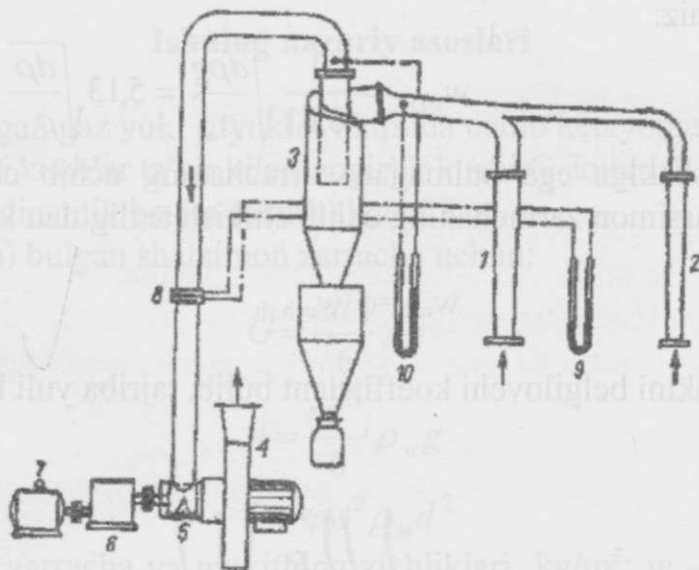
Ishning maksadi – sharsimon va silindrik zarrachalarning xavo okimida uchib chikish tezligini eksperimental yul bilan aniklash va (17.6) formula yordamida xisoblangan qiymat bilan takkoshlash.

Kurilmaning tasnifi

Kurilma (17.2-rasm) turli diametrli shisha 1 va 2 trubkalaridan, siklon 3 va markazdan kochma ventilyator 4 dan iborat. Shisha trubkalar konuslik burchagiga ega. Xar birida kuyilgan belgining satxida kengrok trubaning ichki diametri 58,8 mm, ingichkarok trubaniki esa 33,9 mm teng.

Trubalarning pastki kismida xavo utadigan metallsimon tur bor. Ingichka trubada sharsimon zarracha urnatilgan – diametri 5,5 mm pulat shar ($\rho=7870 \text{ kg/m}^3$), keng

trubada esa diametri 5,5 mm va uzunligi 5,5 mm bulgan fluoroplastli silindr ($\rho=2070$ kg/m³).



17.2-rasm. Kurilmaning sxemasi.

1,2 – shisha trubalari; 3 – siklon; 4 – markazdan kochma ventilyator;

5 – nazorat kiluvchi kurilma; 6 – reduktor; 7 – elektrodvigatel;

8 – diafragma; 9, 10 – U simon difmanometrlar.

Xavo ventilyator 4 bilan truba 1 yoki 2 bilan surilib siklon 3 dan utadi va xonaga yuboriladi. Siklon xavo okimi bilan kelgan mayda polidispers materiallarni ushlab kolish uchun xizmat kiladi. Siklonning silindrik kismining diametri 170 mm.

Xavoning sarfini reduktor 6 orkali elektrodvigatel 7 bilan xarakatga keluvchi nazorat kiluvchi kurilma 5 yordamida uzgartirish mumkin. Siklondan ventilyatorgacha xavo difmanometr 9 ulangan diafragma 8 urnatilgan. Siklonning gidravlik karshiligini aniklash uchun difmanometr 10 kullaniladi.

Ishni bajarish tartibi

Differensial manometr nol satxida ekanligini tekshirish, ya'ni suyaklik bir xil satxda bulishi kerak. Shitdagi ok tugmani bosib kurilma elektrotarmokka boglanadi. Shisha trubalarning birida tirkach olinadi. Ventilyator ishga tushuriladi. «Kup» yoki «kam» tugmalarni biriga kiska vakt bosib nazorat kiluvchi kurilmaning tirkashi ochiladi (yoki yepiladi), shu bilan zarracha shisha trubkaning belgisini yenida parvoz kilmaguncha xavo sarfi uzgartirib turiladi.

Difmanometr 9 ning kursatkichi xisobot jadvaliga yeziladi. Tirkach yepiladi. Tajriba 3-5 marotaba takrorlanadi. Nazorat kiluvchi kurilmaning tirkachi yepiladi va

ventilyator tuxtatiladi. Yopilgan shisha trubka ochiladi, ishlaetgan esa yopiladi. Tajriba boshka trubada takrorlanadi.

Tajriba natijalarini xisoblash

Xar bitta zarracha uchun

1. ΔR ning urtacha qiymati buyicha xavo sarfini difmanometr 9 ning graduirlangan grafigidan aniklaymiz.

2. Sarf tenglamasidan xavoning tezligini (uchib chikish tezligi):

$$w_{yq.ekc} = \frac{V}{0,785D^2} \quad (17.10)$$

bu yerda V – xavoning sarfi, m^3/s ; D – shisha trubkaning ichki diametri, m.

3. (17.6) tenglamadan uchib ketish tezligining $w_{uch.xis}$ xisoblangan qiymatini aniklaymiz. Sharsimon shakliga ega bulmagan (silindr) zarrachaning geometrik ekvivalent diametrini d_e xuddi shunday xajmli shar zarrachaning diametriga teng deb olamiz:

$$d_e = \sqrt[3]{\frac{6v_u}{\pi}} \quad (17.11)$$

4. $\frac{w_{yq.ekc}}{w_{yq.xuc}}$ nisbat topiladi. Silindr uchun bu nisbat shakl koeffitsienti ϕ bilan

tasvirlanadi.

Xamma natijalar jadvalga kiritiladi. Berilgan temperatura uchun xavo zichligi ρ_x (kg/m^3) ma'lumotnomalardan olinadi.

Bajarilgan ish buyicha xisobot kuyidagilarni uz tarkibiga kamrab olishi shart: a) vazifa; b) spetsifikatsiyasi bulgan kurilmaning sxemasi; v) xisobot jadvali; g) shar va silindsimon zarrachalar uchun xisoblar.

Tajriba rakami	Difmanometr 9 ning ΔR kursatkichi	ΔR ning urtacha qiymati		Xavo sarfi V (grafik buyicha) m^3/s	$w_{uch.eks.}$ (11.10 tenglam a) m/s	$w_{uch.xis.}$ (11.10 tenglam a) m/s	$\frac{w_{yq.ekc}}{w_{yq.xuc}}$
		mm suv ust.	Pa				
Pulat zarracha							
Ftoroplast zarracha							

Tekshirish uchun savollari

1. Suyuk okimda kattik zarrachaga kanday kuchlar ta'sir kursatadi?
2. Uchib chikish tezligi nima?
3. Uchib chikish tezligi kanday parametrlarga boglik?
4. Kurilmada xavo sarfi kanday ulchanadi?
5. Difmanometr nima va nima uchun xizmat kiladi?
6. Zarrachaning uchib chikish tezligi (tajribaviy) kanday aniklanadi?
7. Diafragma nima va ishlash prinsipi.
8. Shakl koeffitsienti nima?

ADABIYOTLAR

1. Касаткин А.Г. Основнке процесск и аппаратк химической технолдогии. - М.: Химия, 1973. – 727 с.
2. Плановский А.Н., Николаев П.И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии. – М.: Химия, 1987.- 496 с.
3. Нурмухамедов Х.С., Темиров О.Ш., Закиров С.Г. ва бошқалар. Газларни кайта ишлаш технологияси, жараён ва қурилмалари. – Т.: Фан ва технологиялар, 2016. – 856 б.
4. Yusupbekov N.R., Nurmuhamedov H.S., Zokirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalari. – Toshkent, Fan va texnologiyalar, 2015.- 848 b.
5. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С., Зокиров С.Ф. ва бошқалар. Кимё ва озиқ-овқат саноатларининг асосий жараён ва қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. – Т.: Жаҳон, 2000. – 266 б.
6. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С., Зокиров С.Ф. Кимёвий технология асосий жараён ва қурилмалар. – Т.: Фан ва технологиялар, 2003.-644 б.
7. Нурмухамедов Х.С., Абдуллаев А.Ш., Ниғмаджонов С.К. ва бошқалар. Нефть ва кимё саноати машина ва қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. – Т.: Фан ва технологиялар, 2008. – 351 б.
8. Процессы и аппараты химической технологии. Явления переноса, макрокинетика, подобие, моделирование, проектирование: в 5 т. / Д.А.Баранов и др.- М.: Логос, 2002. – т.2: Механические и гидромеханические процессы. – 600 с.
9. Процессы и аппараты химической технологии.. Учеб. для студ. вузов / А. А. Захарова [и др.] ; под ред. А. А. Захаровой. – М. : Академия, 2006. - 528 с.
10. Нурмухамедов Х.С., Аннаев Н.А., Бабасев З.К., Матчонов Ш.К. ва бошқалар. Иссиқлик алмашилиш қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. - Т.: Билик, 2018. - 316 б.

QATTIK ZARRACHALAR QATLAMINING DISPERSLIGINI ANIKLASH

Ishning nazariy asoslari

Cochiluvchan materiallarni zarrachalarning diametri d ga bog'lik bulgan xolda 5 ta guruxga bulish mumkin:

- 1) bulakli – 10 mm dan ortik;
- 2) yirik donali - 2 – 10 mm;
- 3) mayda donali – 0,5 – 2 mm;
- 4) kukunsimon – 0,05 – 0,5 mm;
- 5) changsimon – 0,05 mm.

Sochiluvchan moddalarning muxim xususiyatlaridan biri-bu dispersligi ($1/d$). Disperslik sochiluvchan moddalarning texnologik xossalarini belgilaydi va zarrachalarning donalarini katta-kichikligi buyicha taksimlanish funksiyasi yoki zarrachalarning solishtirma yuzasi (solishtirma yuza deb – zarrachalarning yuzasini ularning xajmi yoki massasiga bulgan nisbatga aytiladi) bilan ifodalanadi. Masalan sementning dispers tarkibi kotish jarayonida uning mustaxkamligini belgilaydi; zarrachalarning ulchami lak va buyoklarning koplash xususiyatlarni belgilaydi va x.k.

Sochiluvchan moddalarning zarrachalarini katta-kichikligini ulchash, ayniksa kukun va changsimon maxsulotlar ishtirokida boradigan sanoat jarayonlarida, muxim usullardan biridir. Sanoatda sochiluvchan moddalarni tarkibiy kismi buyicha kuyidagicha xarakterlanadi:

- 1) zarrachalarning ulchamlari buyicha taksimlanishi bilan;
- 2) zarrachalarning solishtirma yuzalarining urtacha kiymati bilan.

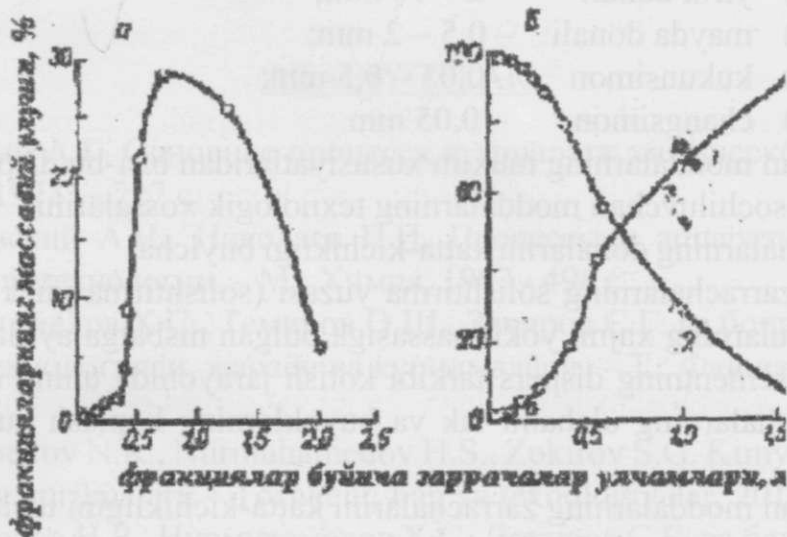
Elakli taxlil

Sochiluvchan materialning maydalangan namunasini turli elaklar tupiami-dan utkazib bir necha fraksiyalarga ajratish mumkin. Fraksiyalar soni 5 dan kam, 20 dan ortik bulmasligi kerak. Ajratilgan fraksiyalardagi zarrachalarning ulchamlari elaklarning teshiklari bilan chegaralangan. Elakning ulchami deb, odatda, mato yoki tur tukilishi natijasida xosil bulgan kvadrat yacheykaning tomonlarining uzunligi tushuniladi. Davlat standartiga binoan elak yacheykalarning kuyi chegarasi 40mkm buladi. Yaxshi elanadigan (yopishib kolmaydigan) kukunlarni taxlil kilish uchun eng mayda teshikli elaklar kullaniladi. Elak yacheykasi ulchamlarining, keyingi mayda teshikli elak yacheykasining ulchamlariga bulgan nisbati doimiy kiymat bulib, **elaklar tuplami moduli** deyiladi.

Elak teshiklari yuzasining yigindisi, elakning umumiy yuzasiga bulgan nisbati uzgarmas bulib, xamma elaklar katori uchun 36% ga teng buladi.

Mashinalar yerdamida elab disperslik darajasini aniklash ushbu tartibda utkaziladi.

Taxlil kilinayotgan namuna yacheykasi eng katta ulchamli bulgan elakdan utkaziladi. Utgan material keyingi mayda teshikli elakka kelib tushadi va shu ketma-ketlikda eng mayda ulchamli elakgacha borib tushadi. Odatda, saralash davrida elaklar ustma-ust kuyiladi va material bitta boskichda fraksiyalarga ajratiladi.



18.1-rasm. Elakli saralash taxlili natijalari.

a-taksimlanishning differensial tenglamasi;

b-taksimlanishning integral egri chizigi;

1-utish; 2-elak koldigi.

Elakli saralash taxlili natijalari grafikda materialdagi ba'zi fraksiyalarning massaviy ulushini kursatuvchi differensial taksimlanish egri chizigi tasvirida beriladi yoki berilgan ulchovdan kichik (yoki katta) xamma fraksiyalarning yigindisini massaviy ulushini tasvirlovchi integral (yoki kumulyativ) taksimlanish egri chizigida tasvirlangan (18.1-rasm).

Ikkita yonma-yon elak teshiklarining ulchamlarini bittasidan utib ikkinchisidan ushlanib kolgan urtacha arifmetik kiymati grafikda nuqta bilan belgilangan fraksiyaga tugri keladi.

Zarrachalarning urtacha ulchamini additivlik koidasi buyicha topilgan urtacha diametr d_{urt} orkali ifodalash tavsiya etiladi:

$$d_{urt} = m_1 d_1 + m_2 d_2 + \dots + m_n d_n = \sum m_i d_i \quad (18.1)$$

bu yerda m_1, m_2, \dots, m_3 – dispers material namunasidagi xar bir fraksiyaning massaviy ulushi; i – fraksiyalar soni.

Dispers material tarkibining bir jinsliligini quyidagi usul bilan aniqlanadigan **chetlanish koeffitsienti R_r** xarakterlaydi.

Koldiklarning integral egri chizigidagi 84% massaviy ulushiga javob beradigan d_{84} elak ulchamlaridan yuqoridagi egri chizikdagi 16% massaviy ulushiga tugri kelgan d_{16} teshik ulchamlari ayriladi; xosil bulgan kiymat ikki baravar kupaytirilgan diametrga bulinadi va 100 ga kupaytiriladi, ya'ni:

$$R_r = \frac{d_{84} - d_{16}}{2d_{50}} \cdot 100 \quad (18.2)$$

Shunday kilib taxlil kilinayotgan materialning umumiy massasidan 16% li eng katta va eng kichik fraksiya olib tashlanadi va sochiluvchan materialning fakat kolgan 2/3 kismi inobatga olinadi. R_r kancha kam balsa shuncha maxsulot tekis xisoblanadi.

Materialni solishtirma yuzasini aniqlash. Kupchilik texnologik jarayonlar uchun disperslikning xarakteristikasi fakat bitta kattalik bilan ifodalanganligi tufayli kulay xisoblanadi. Kukunning solishtirma yuzasini bilib S_{sol} zarrachalarning urtacha diametrini aniqlash mumkin:

$$S_{sol} = \frac{nS_z}{n\delta_z} = \frac{n\pi d_{zpm}^2}{n\pi d_{zpm}^3 / 6} = \frac{6}{d_{zpm}} \quad (18.3)$$

bu yerda n – namunadagi zarrachalar soni; S_z va δ_z – d_{urt} teng bulgan zarrachalarning tashki yuzasi va xajmi, shunda $\delta_z = \frac{M}{(\rho_z d_{zpm})}$ teng; M – namunaning

massasi; ρ_z – zarrachaning zichligi.

Zarrachalarning solishtirma yuzasini turli usullar bilan aniqlash mumkin. Eng soddasi, filtratsion usuli yoki atmosfera bosimiga yakin bosimda, xavo utkazuvchanlik usulida S_{sol} ni aniqlash ($d_{max} \leq 5$ mm teng bulgan zarrachalarga taallukli).

Ushbu usul xavoni laminar xarakat konuniatlariga asoslangan. Ma'lum L (m) katlamli sochiluvchan materialning gidravlik karshiligini ΔP (Pa) gaz yoki suyuqlik okimining laminar xarakatida quyidagi formula buyicha aniqlash mumkin:

$$\Delta P = \frac{32L\mu w}{d_{\text{ek}}^2} \quad (18.4)$$

bu yerda μ va w – okimning dinamik kovushokligi (Pa·s) va tezligi (m/s); d_{ek} – zarrachalar orasidagi kanallarning ekvivalent diametri.

$$d_{\text{жк}} = 4r_c = \frac{4\varepsilon^k}{[(1-\varepsilon)S_{\text{сот}}]} \quad (18.5)$$

bu yerda r – gidravlik radius; ε – zarrachalar orasidagi bushlik; $k = 1,25$ zarrachalar xarakatsiz bulgan soxalarni inobatga oluvchi koeffitsient.

Sochiluvchan material katlami (atmosfera bosimiga yaqin bosimda zarrachalar deformatsiyalanmaslik sharti bilan) turli darajada zichlanishi mumkin, lekin bunda S_{sol} uzgarmas koladi. Bunda material katlamidan utgan xavoning xarakati uzgaruvchan kesimli va ilonsimon chizikli kapillyarlar sistemasidan xarakatiga uxshash deb xisoblanadi. Birluk xajm katlamida kapillyarlarning ichki yuzasi, maydalangan materialning solishtirma yuzasiga teng deb olinadi (bu yerda zarrachalarning ichki govakliligi inobatga olinmay, «tashki» yuza nazarda tutilmokda).

Kapillyarlarning kundalang kesimdari yuzasining yigindasi ε bushlikka, ya'ni dispers material bilan tuldirlmagan xajm ulushiga tugri keladi. Kapillyarlarning uzunligi kukun katlamining balandligiga yaqin deb kabul kilinadi. Xavoning okim tezligi esa xarakatsiz soxalarni inobatga olgan xolda xisoblanadi.

Gazlarni filtrlash yoki sochiluvchan material katlamidan suyuqlikni utkazish jarayonlari uchun Puazeyl konuni kuyidagicha ifodalanadi:

$$\frac{\Delta P}{L} = A \frac{\mu \omega}{d_s^2} \cdot \frac{(1-\Sigma)^2}{\Sigma^3} \quad (18.6)$$

bu yerda A – proporsionallik koeffitsienti. (18.5) tenglamani inobatga olgan xolda zarrachalarning solishtirma yuzasi S_{sol} uchun tenglama kuyidagicha ifodalanadi:

$$S_{\text{сот}} = \frac{\varepsilon^2}{1-\varepsilon} \sqrt{\frac{F\tau\bar{P}}{V_x P_1} \cdot \frac{\Delta P}{L} \cdot \frac{1}{K_{\text{ш}} \mu}} \quad (18.7)$$

bu yerda F – katlamning yuzasi, m^2 ; τ – xavoni filtrlash vakti, s; $\bar{P} = \frac{P_1 - \Delta P}{2}$ - dispers material katlamidagi urtacha bosim, Pa; V_x – filtrlangan xavoning xajmi (kovushok okim sharoitida), m^3 ; $K_{\text{ш}}$ – tajriba natijalari buyicha 2,5 ga teng bulgan kapillyarning shakl koeffitsienti.

Zarracha ulchamlari 100 mkm dan kam bulgan yukori dispers materialning katlamida xavo xarakatlanganda katlam zarrachalariga nisbatan* «sirpanish» effekti tu-fayli Puazeyl konunidan chetlanish kuzatiladi.

Zarrachalar ulchami kamaygan sari sirpanish okimining ulushi ortib boradi va butun xavo okimining 80% ini tashkil kilishi mumkin. Sirpanish okimini inobatga olgan xolda (18.7) tenglama kuyidagicha uzgaradi:

$$S_c = \frac{8}{3} \cdot \frac{\varepsilon^{2,75}}{1-\varepsilon} \cdot \frac{F\tau\Delta P}{P_1 V_c L} \cdot \sqrt{\frac{2RT}{\pi M}} \quad (18.8)$$

bu yerda V_s – gazning sirpanishi bilan boglik bulgan okimning xajmi, sm^3 ;

R – gaz doymiligi $\left[R = 8,315 \cdot 10^7 \frac{\text{эpэ}}{\text{к} \cdot \text{молб}} \right]$; T – absolyut temperatura, K ; M – xavoning molyar massasi, kg/mol .

Filtrlovchi okimda sirpanishni paydo bulishini katlam tuzilishini (boshlik, kanallarning kiyshikligi va x. k.) xamda okimning fizik xossa-

- Gaz okimining tezligi chegara katlamidagi tezlik gradientiga proporsionalik deb xisoblanadi

larini inobatga oluvchi P_1 koeffitsientning kiymatidan bilish mumkin:

$$\Pi_1 = \frac{K_y \rho}{(\Sigma \cdot \mu)} \quad (18.9)$$

bu yerda $K_u = \rho_1 V_u L / (\Delta p F \tau)$ teng bulgan gazning filtrlash koeffitsienti (yoki katlamning utkazuvchanligi); V_u – filtrlangan gazning umumiy xajmi, m^3 ; ρ – xavoning zichligi, kg/m^3 ; μ – xavoning dinamik kovushokligi, $\text{Pa} \cdot \text{s}$.

Ulchamsiz P_1 koeffitsientning uzgarish 100 dan 0,1 gacha bulgan oraligtda gaz okimida kovushok okim xam sirpanish okimi xam kuzatiladi. $P_1 > 100$ bulganda gazning fakat kovushok okimi kuzatiladi.

Ishning maksadi:

1. Dispers materialning zarrachalar ulchamini taksimlovchi differensial va integral egri chiziklarini tuzish va urganish. Tuzilgan grafiklar asosida zarrachalarning urtacha ulchami d_{urt} va chetlanish koeffitsientini R_{ch} aniklash.

2. Filtratsion usul bilan dispersion materialning solishtirma yuzasini S_{sol} aniklash.

Kurilmaning tasnifi. 18.2a-rasmda elaklar tuplami 2 dan iborat bulgan va mexanik saralashga maslangan 028 M asbobning sxemasi kursatilgan. Elaklar kopkok 1 bilan yopiladi va vintlar 8 bilan mustaxkamlanadi. Stanina 5 da eksentrik val 4 ni xarakatga keltiruvchi elektrodvigatel 6 urnatilgan. Aylanma xarakatdan tashkari kulisa 7 yordamida stolcha 4 aylanma – ilgarib xarakat kiladi elaklarni vertikal yunalishda silkish uchun kopkok 1 ga vakti – vakti bilan richag 9 urib turadi.

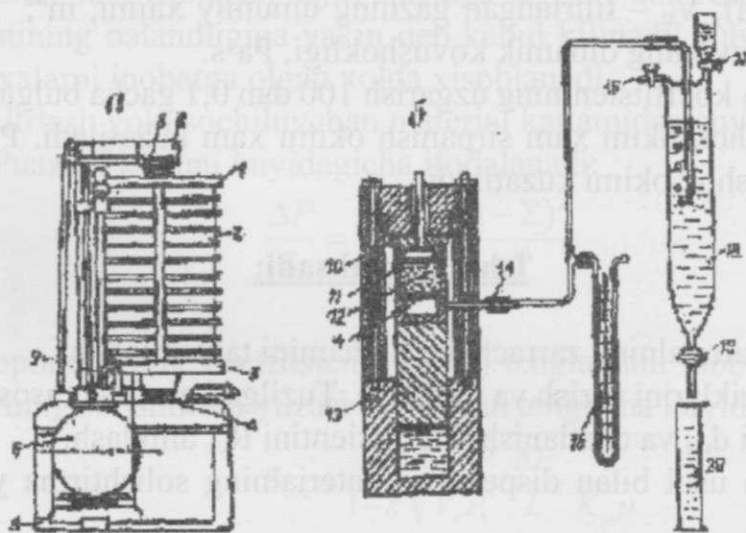
18.2b-rasmda kukunning solishtirma yuzani ulchaydigan sxema keltirilgan. Kurilmaning asosiy kismi dispers katlamning boshligi, balandligi 12 ni aniklaydigan ulchov gilza 11 xisoblanadi. Katlamdagi bosimlar farkini aniklashda suvli manometr 15, Mariotta idishi 18 va ulchovli silindr 20 xizmat kiladi. Ulchov gilzasi laborator gidravlik press 13 ga joylashtiriladi va plunjer 10 bilan yopiladi.

Ishni bajarish tartibi

Elakli saralash taxlili. Kukunsimon materialning namunasini (100-200g) yuqoridagi elakga joylashtiriladi, 1 kopkok bilan yopiladi va mexanik saralash stolcha 3 da vintlar 8 bilan mustaxkamlanadi (18.2a-rasm). Elektrovigatel 6 yokiladi va 20-30 min davomida elash tugagandan sung tegishli elakdagi xar bir fraksiya texnikaviy torozida 0,01 g aniklikgacha tortiladi va xisobot jadvaliga kiritiladi. Xamma fraksiyaning yigindisi taxlil uchun olingan dastlabki namunaning massasidan 2% dan kup fark kilmasligi kerak.

Kukunning solishtirma yuzasini aniklash. Anikligi 0,01 g gacha tortilgan kukunning namunasi gilza 11 ga joylashtiriladi. Dispers materialning namunasi 12 shunday tanlanishi kerakki u gilza 1/3 - 1/2 xajmini tuldirishi lozim.

18.2 – rasm. Kurilmaning sxemasi



a) – mexanik elash uchun moslangan 028 M kurilmaning sxemasi; b) – xavo utish usuli bilan zarrachalarning solishtirma yuzasini aniklashga moslangan kurilmaning sxemasi; 1- kopkok; 2 – elaklar tuplami; 3 – stolcha; 4 – eksentrikli val; 5 – stanina; 6 – elektrovigatel; 7 – kulisa; 8 – vint; 9 – richag; 10 – plunjer; 11 – gilza; 12 – dispers material; 13 – gidravlik press; 14 – shlang; 15 – suvli manometr; 16, 17, 19 – jumraklar; 18 – Mariotta idishi; 20 – ulchovli silindr.

Dastlab gilza tubiga filtrlovchi kogoz joylashtiriladi. Gilzaga solingan kukunning ustiga ikkinchi filtrlovchi kogoz, sungra plunjer 10 bilan yopiladi. Gilza kul gidravlik pressi 13 ga kuyilib 3-4 MPa bosimgacha presslanadi.

Presslangan materialning katlami gilzaning shkalasi buyicha ulchanadi. Sungra gilza vakuum shlangi 14 bilan kurilmaning ulchov kismiga ulanadi. Xamma ulchovlar atrof muxitning temperaturasi doimiy (20-25°S) bulganda bajariladi. Ulchovlar paytida temperatura 0,2°S dan yukori kutarilishi mumkin emas. Mariotta idishi 18 xona temperaturasiga teng bulgan distillangan suv bilan 16,17 jumraklar yordamida tuldiriladi. Idish tuldirilgandan sung 16, 17 jumraklar yopiladi. Agar 19 jumrak yoki

shishali otvodda xavo pufakchalari kolgan bulsa, unda 16 va 19 jumraklarni ochib suvni tushirib chikarib yuborish kerak.

Kurilmaning ulchov kismi tayyor bulganidan sung gilza 11 vakuum shlang 14 ga ulanganligi tekshiriladi va xavoni dispers material katlamidan filtrlash tezligi ulchanadi.

Kran 19 ochiladi va sekundomer yordamida vakt belgilanadi. Suv idish 18 dan silindr 20 ga sistema va atmosfera bosimlar farki tufayli okib tushadi. Atmosfera bosimi simob barometri yordamida ulchanadi. Vakt buyicha xavoni filtrlash tezligi Mariotta idish 18 dan suvning ma'lum xajmi okib chikkanidan aniklanadi. Turli dispers materiallar namunasi uchun ulchovlar 2-3 marotaba takrorlanadi va xisobot jadvaliga kiritiladi.

Tajriba natijalarini xisoblash va xisobot tuzish

Elakli saralash taxlili.

Xisobot jadvali natijalari buyicha 18.1 a va b grafiklari tuziladi.

$\left(\frac{M_i}{M_y}\right) \cdot 100$ nisbatan fraksiyadagi donalarning massaviy ulushi aniklanadi. bu yerda M_i

– elakdagi kukunning massasi, g; M_y – dastlabki kukun namunasi massasi, g.

Zarrachalarning urtacha diametri d_{urt} (18.1), chetlanish koeffitsienti R_{ch} esa (18.2) formuladan topiladi.

Solishtirma yuzani aniklash

Ulchovsiz utkazuvchanlik koeffitsientiga P_1 boglik bulgan xolda zarrachalar katlamidan xavo okimini kovushok okish ma'lumotlaridan solishtirma yuza S_k (sm^2/sm^3) kuyidagi formulalar yordamida aniklanadi:

$$P_1=3 \div 100 \quad S_k = 8,73 \cdot 10^4 \frac{\Sigma^2}{1 - \Sigma} \sqrt{\frac{1}{K_y \Pi_1^{0,26}}} \quad (18.10)$$

$$P_1=0,1 \div 3 \quad S_k = 1,2 \cdot 10^5 \frac{\Sigma^2}{1 - \Sigma} \sqrt{\frac{1}{K_y \Pi_1^{0,83}}} \quad (18.11)$$

$$P_1 > 100 \quad S_k = 4,7 \cdot 10^4 \frac{\Sigma^2}{1 - \Sigma} \sqrt{\frac{1}{K_y}} \quad (18.12)$$

(18.10) – (18.12) tenglamalarda bushlik Σ kuyidagi ifoda yordamida aniklanadi:

$$\Sigma = 1 - M_m / (\rho_m V_m)$$

bu yerda M_m – dispers materialning namunasi, g; ρ_m – materialning zichligi, g/sm²; V_m – gilza 11 da presslagandan sung materialning egallagan xajmi, sm³; $V_m = F \cdot L$; F – gilzaning kundalang kesim yuzasi (4,906 sm²); L – presslangan kukun katlamining balandligi, sm.

18 – 1 hisobot jadvali

Elak rakami	Elakdagi teshiklar ulchami, mm	Elakdagi donlarning urtacha ulchamlari, mm	Fraksiyalar buyicha zarrachalarning taksimlanishi		Integral xarakteristikalar			
			g	%	Elakdagi koldik		Elakdan utish	
					g	%	g	%
2,5								
1,6								
1,0								
...*								
Tub						**		
Jami						100		

* Elaklar rakami: 0,63; 0,4; 0,315; 0,2; 0,16; 0,1; 0,063; 0,05.

** Tajriba vaktida bulgan yukotishlar xam kiritiladi.

Utkazuvchanlik (filtratsiyalash) koeffitsienti K_u :

$$K_u = R_1 V_{suv} L / (\Delta P F \tau)$$

bu yerda R_1 – kukun katlamining urtasidagi bosim, Pa ($R_1 = R_{atm} - \Delta P / 2$; R_{atm} – atmosfera bosimi, Pa); V_{suv} – okib utgan suvning xajmi, sm³; ΔP – manometr 15 dagi bosimlar farki; τ – xajmi ulchangan suvning okib tushgan vakti, s.

Ulchovsiz utkazuvchanlik koeffitsienti P_1 :

$$P_1 = 6,585 \cdot 10^{-4} K_u / \Sigma$$

bu yerda 6,585 – 20°S da xavo uchun ρ / μ nisbatan; ρ – kg/m³, μ – Pa·s.

Xisobot uz ichiga kuyidagilarni kiritish kerak: 1) vazifa; 2) spetsifikatsiyasi bulgan kurilmaning sxemasi; 3) xisobot jadvallari; 4) kerakli xisobotlar; 5) grafik bogliklar.

Ishning ikkinchi kismida xisobot jadvali xisoblangan va ulchalgan qiymatlarni kiritishi kerak: ulchov rakamini, kukun namunasini (Mg, g), ulchovdan oldin va ulchovdan sunggi xavoning temperaturasini ($t, ^\circ S$); ulchov vakti (τ, s), okib tushgan suvning xajmi (V_{suv}, sm^3); kukun katlamining orasidagi bushlik (Σ); kukun katlamidagi bosimlar farki ($\Delta R - sm\ s.u$ xisoblash va Pa aylantirish); katlam oldidagi bosim ($R, sm\ s.u., Pa$); katlamning tuzilish va okimning fizikaviy xususiyatlarining (P_1) koeffitsienti, katlamning utkazuvchanligi (K_u) yoki filtrlash koeffitsienti; kukunning solishtirma yuzasi (S_k va $S_{sol}\ sm^2/sm^3$).

Nazorat savollari

1. Maydalangan materialning dispersligini kandy kattaliklar bilan xarakterlash mumkin?
2. Elaklar ulchovini past chegarasini ayting.
3. Ulchamlariga karab materialning zarrachalarini taxsimlanish differensial va integral egri chiziklari kandy tuziladi?
4. Zarrachalarning urta ulchalgan diametri d_{urt} kandy aniklanadi?
5. Chetlanish koeffitsienti R_{ch} kandy aniklanadi?
6. Xavo dispers katlam orasida xarakat kilaetganda kachon Puazeyl konunidan chetlanish paydo bulgan?
7. Mayda dispers katlam orasida xavoni zarrachalar yuzasidan sirpanish effektining paydo bulishini kaysi koeffitsient tufayli bilish mumkin?
8. GOST talablari buyicha elaklarning xususiyatlarini aytib bering.
9. Kandy usullar yordamida nokristallik zarrachalarning (shu jumladan yepishkok, loykali va x. k.) ulchovlarini aniklash mumkin?

ADABIYOTLAR

1. Касаткин А.Г. Основнке процесск и аппаратк химической технолдогии. - М.: Химия, 1973. - 727 с.
2. Плановский А.Н., Николаев П.И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технолдогии. - М.: Химия, 1987.- 496 с.
3. Нурмухамедов Х.С., Темиров О.Ш., Закиров С.Г. ва бошқалар. Газларни кайта ишлаш технолдогии, жараён ва курилмалари. - Т.: Фан ва технолдогиялар, 2016. - 856 б.
4. Yusupbekov N.R., Nurmuhamedov H.S., Zokirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalari. - Toshkent, Fan va texnologiyalar, 2015.- 848 b.

5. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Ҳ.С. ва бошқалар. Кимё ва озик-овқат саноатларнинг жараёнлари ва қурилмалари фанидан ҳисоблар ва мисоллар. – Т.: Nisim, 1999. – 351 б;
6. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Ҳ.С., Зокиров С.Ғ. ва бошқалар. Кимё ва озик-овқат саноатларининг асосий жараён ва қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. – Т.: Жаҳон, 2000. – 266 б.
7. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Ҳ.С., Зокиров С.Ғ. Кимёвий технология асосий жараён ва қурилмалар. – Т.: Фан ва технологиялар, 2003. – 644 б.
8. Нурмухамедов Ҳ.С., Абдуллаев А.Ш., Ниғмаджонов С.К. ва бошқалар. Нефть ва кимё саноати машина ва қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. – Т.: Фан ва технологиялар, 2008. – 351 б.
9. Процессы и аппараты химической технологии. Явления переноса, макрокинетика, подобие, моделирование, проектирование: в 5 т. / Д.А.Баранов и др..- М.: Логос, 2002. – т.2: Механические и гидромеханические процессы. – 600 с.
10. Процессы и аппараты химической технологии.. Учеб. для студ. вузов / А. А. Захарова [и др.] ; под ред. А. А. Захаровой. – М. : Академия, 2006. - 528 с.
11. Pavlov. K.F, Romankov. P.G, Noskov. A.A. Primerы i zadachi po kursu protsessov i apparatov ximicheskoy texnologii. - L.: Ximiya, 1981. – 575 s.
12. Нурмухамедов Ҳ.С., Аннаев Н.А., Бабаев З.К., Матчонов Ш.К. ва бошқалар. Иссиқлик алмашилиш қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. - Т.: Билик, 2018. - 316 б.
13. Нурмухамедов Ҳ.С., Аннаев Н.А., Бабаев З.К., Матчонов Ш.К. ва бошқалар. Иссиқлик алмашилиш қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. - Т.: Билик, 2018. - 316 б.

ERKIN KONVEKSIYA JARAYONIDA XAVONING ISSIQLIK BERISH KOEFFITSIENTINI ANIQLASH

Ishning nazariy asoslari

Xarakatda bulgan issiklik eltkich (gaz yoki suyuklik), xamda kattik jismning yuzasi orasida issiklikni tarkalishi konvektiv issiklik almashinish jarayoni deyiladi. Issiklik utkazish yuzadan issiklik eltkichni xarakatga keltiruvchi kuch ta'sirida, gaz va suyuklik orasida, erkin va majburiy konveksiya usullarida issiklik almashinish jarayonlari mavjud bulishi mumkin.

Majburiy konveksiyada issiklik almashinish jarayoni issiklik eltkich nasos, ventilyator va boshka moslamalar yordamida xarakati laminar yoki turbulent bulishi mumkin.

Real sharoitda issiklik almashinish jarayoni 3 ta usullar – konveksiya, nurlanish va issiklik utkazuvchanlik yordamida amalga oshadi. Ushbu ishda kizdirilgan metall truba yuzasida chegaralanmagan xajmda xavoning issiklik berish koeffitsienti, fakat erkin konveksiya va nurlanish usullarida utgan issiklik mikdori inobatga olgan xolda aniklanadi.

Murakkab konvektiv issiklik almashinish jarayonini matematik ta'riflash uchun, odatda Nyuton tenglamasidan foydalanish mumkin:

$$\frac{dQ}{d\tau} = \alpha(t_d - t_c)F$$

yoki uzluksiz jarayon uchun:

$$\frac{Q}{F} = \alpha(t_d - t), \quad (19.1)$$

bu yerda Q – issiklik okimi, Vt; F – issiklik almashinish yuzasi, m^2 ; α – proporsionallik yoki issiklik berish koeffitsienti, Vt/($m^2 \cdot K$); t_d , t – devor va muxit (gaz yoki suyuklik) ning temperaturasi.

Issiklik berish koeffitsienti α birlik ($1 m^2$) yuzadan vakt birligi ($1 s$) davomida, temperaturalarning farki $1^\circ S$ ($t_d - t_c$) bulganda uzatilgan issiklikning mikdorini bildiradi va devor yuzasi, xamda suyuklik (yoki gaz) orasida issiklik almashinish jarayonining intensivligini baxolash uchun kulllaniladi. Bu kattalik issiklik berish koeffitsienti deyiladi va erkin konveksiya sharoitida jarayonning bir kator parametrlariga boglik.

Issiklik berish koeffitsienti α fakat tajriba yuli bilan aniklanadi va bitta tajribaning natijalari boshka uxshash sharoitlarga xam taallukli bulishi mumkin.

Agar atrof muxit va kattik jism yuzasida suyuklik yoki gazlarning zichliklarini farki tufayli issiklik almashinish konveksiya orkali sodir bulsa, unda turgun rejimda uxshashlik kriteriylari orasida kuyidagi bogliklik buladi:

$$Nu = f(Gr \cdot Pr) \quad (19.2)$$

U esa odatda darajali bogliklikda approksimatsiyaladi

$$Nu = C(Gr \cdot Pr)^n \quad (19.3)$$

$Gr \cdot Pr$ ning nisbatan kam uzgarish soxasida S va n kattaliklarni doimiy deb xisoblash mumkin va ularning son qiymatlari quyidagi jadvalda keltirilgan

$Gr \cdot Pr$	S	N
$1 \cdot 10^{-3} \div 5 \cdot 10^2$	1,18	0,125
$5 \cdot 10^2 \div 2 \cdot 10^7$	0,54	0,250
$> 2 \cdot 10^7$	0,134	0,333

Gazlar uchun Prandtl kriteriysi temperaturaga boglik bulmagan doimiy kattalik deb xisoblanadi va xavo uchun $Pr = 0,722$ ga teng.

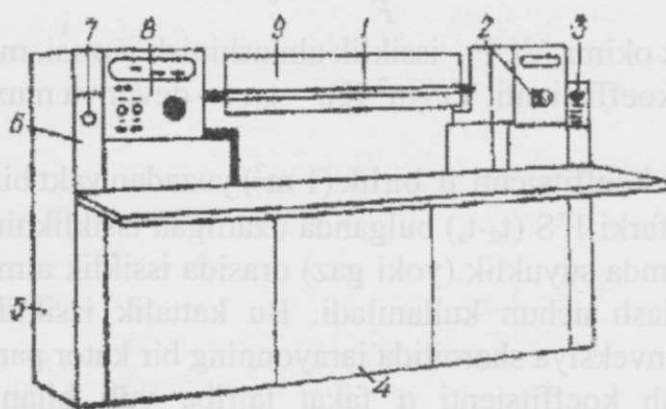
$$Pr = \frac{c\mu}{\lambda}$$

bu yerda s – gazning issiklik sigimi, $J/(kg \cdot K)$; μ – gazning dinamik kovushokligi, $Pa \cdot s$; λ – gazning issiklik utkazuvchanlik koeffitsienti, $W/(m \cdot K)$.

Grasgoff kriteriysi:

$$Gr = Ga\beta\Delta t \quad \text{yoki} \quad Gr = \frac{gd^3}{\nu^2} \beta\Delta t$$

bu yerda $Ga = \frac{Re^2}{Fr}$ – Galiley kriteriysi; Re va Fr – Reynolds va Frud kriteriylari; β – gazlarning xajmiy kengayish koeffitsienti; ($\beta = 1/T$; $1/K$); Δt – muxit va modda orasidagi temperaturalar farki; g – erkin tushish tezlanishi ($g = 9,81 \text{ m}^2/s$); d – jismning ulchami, m ; ν – kinematik kovushoklik koeffitsienti, m^2/s .



19.1 rasm. Kurilmaning sxemasi.

1–ishchi blok; 2–temperaturalar bloki; 3–mikrokalkulyator; 4–stol; 5–gilof; 6 – avtomatik yondirgich; 7 – signalli armatura; 8 – kuvvat bloki; 9 – ekran.

Ma’lum sharoitlarda konvektiv issiklik almashinishni tajriba yuli bilan kurib

chikilishi va olingan natijalarni (19.3) tenglama yordamida xisoblanishi bir xil, uxshash sharoitlarda issiklik almashinish kurilmalarni xisoblashda kullash imkonini yaratib beradi.

Ishning maksadi – trubaning gorizontaal yuzasida xavoning erkin konveksiya jarayonida tajriba yuli bilan issiklik berish koeffitsienti α ni aniklash va cheksiz issiklik berish koeffitsientini xisoblash uchun umumlashtirilgan bogliklikni olish.

Kurilmaning baeni

Tajriba kurilmasi (19.1 rasm) ikkita funksional sistemadan iborat vazifa berish va isitkichga uzatilaetgan kuchlanishni xisoblash, xamda isitkich temperaturasini ulchash sistemalari. Isitish uchun kuchlanish blok 8 dan avtotransformator orkali kurib chikilaetgan gorizontaal joylashgan va uzunasi 874 mm, ichki diametri esa $d=20$ mm li yupka devorli truka 1 ning chetlariga uzatiladi. Avtotransformator blok kuvvatiga urnatilgan rakamli kurilma bilan ta'minlangan. Nurlanish yuli bilan issiklik almashinishni kamaytirish uchun trubaning tashki yuzasi sirlangan. Trubaning tashki sirlangan. Trubaning tashki yuzasidagi temperaturalar ma'lum kadamda urnatilgan xromel – kopelli termoparalar (6-7 dona) yordamida ulchanadi. Termoparalar utkazuvchilar (pereklyuchatel) orkali temperatura bloki 2 da urnatilgan kup nuqtali potentsiometrqa ulangan. Laborator stoida kurilmaning xamma elementlari urnatilgan: ishchi blok 1; temperaturalar bloki 2; kuvvat bloki 8; signalli 7 va ximoyalovchi 6 armatura kurib chikilaetgan trubka elementi tinik ekran 9 bilan ximoyalangan. Tajriba natijalarini xisoblash uchun kurilmada mikroalkulyator 3 urnatilgan.

Tajriba utkazish uslubi

Sinalaetgan trubaga avtotransformator orkali kuchlanishi yuboriladi. Tok kuchi va kuchlanishning mikdori aniklanadi. Termopara kursatishini kuzatib, zarur issiklik rejim belgilanadi (xamma termoparalar kursatishi vakt davomida uzgarmaydi).

Temperaturani turgun taksimlanishida, elektr kizdirgich ajratgan issiklik kuvvatining kiymati, konveksiya va nurlanish yuli bilan trubaning yen yuzasidan tarkalgan umumiy issiklik mikdoriga teng buladi.

Sung truba yuzasidan temperatura ulchanadi – xar bir nuqtasidan 3 marotaba xar 5 minutda olingan natijalar xisobot jadvaliga kiritiladi. Temperaturalar ulchanaetgan dakikada isitkichning kuvvati va atrof muxit temperaturasi belgilanadi.

Tajriba isitkich kuvvatining ikkita kiymatida takrorlanadi (maksimal kuvvat 0,2 kVt dan ortik bulmasligi lozim).

Xisobot jadvaliga kuyidagilar kiritiladi: tajribalar soni, jarayon davomiyligi τ (s), tok kuchi I (A), kuchlanish ΔU (V), kuvvat W (Vt), potentsiometr kursatish buyicha temperaturalar t_1, t_2, \dots, t_n ($^{\circ}S$), truba yuzasining urtacha temperaturasi t_d ($^{\circ}S$), atrof – muxit temperautrasi – t_{xavo} ($^{\circ}S$).

Tajriba natijalarini xisoblash va xisobot tuzish

1. Umumiy urtacha issiklik berish koeffitsientini aniklaymiz:

$$\alpha = \frac{Q}{[(tg - t_{xavo})F]}$$

bu yerda $Q = W$ -- konveksiya va nurlanish bilan truba yuzasidan chetlanilgan issiklik okimi, Vt (urnatilgan rejimda u elektr isitkich kuvvatiga teng); $\overline{tg} = \sum_{i=1}^n t_i / n$ - kizdirilgan yuzaning urtacha temperaturasi, °S; $F = \pi dl$ – issiklik beruvchi yuza, m².

2. Nurlanish jarayoni uchun urtacha issiklik berish koeffitsientini aniklaymiz.

$$\alpha_n = \frac{Q_n}{[(tg - t_{xavo})F]}$$

bu yerda $Q_1 = \Sigma_k S_o F [(Tg/100)^4 - (T_{atr}/100)^4]$ – kizdirilaetgan yuzadan nurlanish usulida uzatilgan umumiy issiklik okimining kismi $\Sigma_k = \frac{1}{\left[\frac{1}{\Sigma_c} + \frac{F}{F_{amp}} \left(\frac{1}{\Sigma_{amp}} - 1 \right) \right]}$ - keltirilgan

koralik darajasi; Σ_s – truba yuzasining koralik darajasi (ma'lumotnomadan); Σ_{atr} – atrofdagi jismlarning koralik darajasi; F – trubaning issiklik berish yuzasi, m²; F_{atr} – atrofdagi jismlarning yuzasi, m² ($F_{atr} \gg F$ bulgani uchun $\Sigma_k = \Sigma_s$); $S_o = 5,67$ – absolyut kora jismning nurlanish koeffitsienti, $Vt/(m^2 \cdot K^4)$; T_{atr} – atrofdagi jismlarning temperaturasi, K ($T_{atr} - T_{xavo}$ deb kabul kilinadi).

3. Konveksiyada urtacha issiklik berish koeffitsientini xisoblash

$$\alpha_k = \alpha - \alpha_l$$

4. Birliksiz komplekslarni xisoblash:

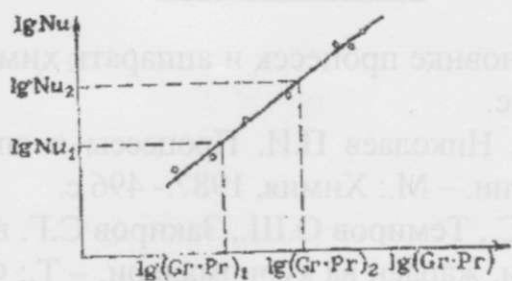
$$Nu = \frac{\alpha kd}{\lambda} \quad \text{va} \quad (Pr Gr) = \frac{gd^3}{\nu^2} \cdot \rho \Delta t \cdot Pr$$

Olingan ma'lumotlar ikkinchi xisobot jadvaliga kiritiladi.

$Nu = C(Gr \cdot Pr)^n$ kriteriylari orasidagi darajali bogliklikni aniklash uchun doyimiy kattaliklar S va n ni aniklash lozim.

Darajali bogliklikni logarifmik koordinatalarda grafikda kursatilgan tugri chizikni olish mumkin (19.2 rasm):

$$\lg Nu = \lg C + n \lg(Gr \cdot Pr) \quad (19.4)$$



19.2 – rasm. S va n doimiy kattaliklarni (19.4) tenglamadan grafik usulda aniqlash.

Doimiy kattalik n ning qiymati absissa ukiga tugri chizikning ogish burchagi tangensi orkali aniqlanadi, ya'ni:

$$n = \frac{(\lg Nu_2 - \lg Nu_1)}{[\lg(Gr \cdot Pr)_2 - \lg(Gr \cdot Pr)_1]}$$

Doimiy kattalik S esa quyidagi nisbatdan aniqlanadi:

$$C = \frac{Nu}{(Gr \cdot Pr)^n}$$

Tajriba yuli bilan topilgan darajali bog'liklik birinchi xisobot jadvalining kursatkichlari bilan takkoslanadi.

Nazorat savollari

1. Issiklik utkazish turlari.
2. Issiklik berish jarayonida nima xarakatlantiruvchi kuch deb xisoblanadi?
3. Issiklik uxshashlik kriteriyalarini ta'riflab bering.
4. Issiklik berish koeffitsientining fizik ma'nosi.
5. Devor orkali tarkalgan issiklik okimi va devor bilan muxit orasidagi urtacha temperaturalar farki orasida kanday bog'liklik bor?
6. Temperaturalar farki kanday xisoblanadi.
7. Gazning fizik – kimeviy konstantalari tanlanganda kriterial tenglamaga kirgan kaysi bir temperatura asosiy deb xisoblanadi?
8. Kaysi issiklik berish koeffitsienti bilan umumiy issiklik uzatish koeffitsienti aniqlanadi?

ADABIYOTLAR

1. Касаткин А.Г. Основы процесса и аппаратура химической технологии. - М.: Химия, 1973. – 727 с.
2. Плановский А.Н., Николаев П.И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии. – М.: Химия, 1987.- 496 с.
3. Нурмухамедов Х.С., Темиров О.Ш., Закиров С.Г. ва бошқалар. Газларни кайта ишлаш технологияси, жараён ва қурилмалари. – Т.: Фан ва технологиялар, 2016. – 856 б.
4. Yusupbekov N.R., Nurmuhamedov H.S., Zokirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalari. – Toshkent, Fan va texnologiyalar, 2015.- 848 b.
5. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С. ва бошқалар. Кимё ва озик-овқат саноатларнинг жараёнлари ва қурилмалари фанидан ҳисоблар ва мисоллар. – Т.: Nisim, 1999. –351 б;
6. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С., Зокиров С.Ф. ва бошқалар. Кимё ва озик-овқат саноатларининг асосий жараён ва қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. – Т.: Жаҳон, 2000. – 266 б.
7. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С., Зокиров С.Ф. Кимёвий технология асосий жараён ва қурилмалар. – Т.: Фан ва технологиялар, 2003.-644 б.
8. Нурмухамедов Х.С., Абдуллаев А.Ш., Ниғмаджонов С.К. ва бошқалар. Нефть ва кимё саноати машина ва қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. – Т.: Фан ва технологиялар, 2008. – 351 б.
9. Процессы и аппараты химической технологии. Явления переноса, макрокинетика, подобие, моделирование, проектирование: в 5 т. / Д.А.Баранов и др..- М.: Логос, 2002. – т.2: Механические и гидромеханические процессы. – 600 с.
10. Процессы и аппараты химической технологии.. Учеб. для студ. вузов / А. А. Захарова [и др.] ; под ред. А. А. Захаровой. – М. : Академия, 2006. - 528 с.
11. Pavlov. K.F, Romankov. P.G, Noskov. A.A. Primerги i zadachi po kursu protsessov i apparatov ximicheskoy texnologii. - L.: Ximiya, 1981. – 575 s.
12. Нурмухамедов Х.С., Аннаев Н.А., Бабаев З.К., Матчонов Ш.К. ва бошқалар. Иссиклик алмашиниш қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. - Т.: Билик, 2018. - 316 б.
13. Нурмухамедов Х.С., Аннаев Н.А., Бабаев З.К., Матчонов Ш.К. ва бошқалар. Иссиклик алмашиниш қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. - Т.: Билик, 2018. - 316 б.

ILOVALAR

**SUYUQLIK, GAZ VA QATTIQ MATERIALLARNING
FIZIK-MEXANIK VA ISSIQLIK XOSSALARI**

O'zbekiston Respublikasi Oliy va O'rta maxsus ta'lim
vazirligi

Toshkent kimyo-texnologiya instituti

“Kimyoviy texnologiya jarayonlari va qurilmalari”
kafedrası

Laboratoriya ishi № ____ ishning bajarilgan vaqti ____

ishning nomi

Bajargan talabanning guruxi _____

Familiya va ismi _____

I. Ishning mohiyati

II. Aniqlanayotgan kattaliklarning fizik mohiyati

III. Qurilmaning sxemasi

IV. Sinov natijalari

Vaiti _____ Laborantning imzosi _____

V.Zaruriy kattaliklarning t'la xisobi
(Hisoblar SI sistemasida bajariladi)

VI.Grafiklar
(grafiklar millimetr qogozida tasvirlanadi)

VII.O'qituvchining muloxazasi

VIII.Foydalanilgan adabiyotlar
(muallif, kitobning nomi, nashriyoti, chop etilgan vaqti)

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____

Bajarilgan _____ Vaqt _____
Ishning baxosi _____

Ishni qabul qiluvchi / o'qituvchi _____ Vaqt _____

O'lchov birliklar orasidagi nisbatlar

Kattaliklar	SI birliklar sistemasi	SI va boshqa sistema va sistemadan tashqari o'lchov birliklari orasidagi nisbatlar
Uzunlik	m	1 mkm=10 ⁻⁶
		1 Å=10 ⁻¹⁰
		1 ft=0,3048 m
		1 in=25,4·10 ⁻³ m
Massa	kg	1 t=1000 kg
		1 s=100 kg
		1 lb=0,454 kg
Temperatura	K	t °C=(t+273,15)K
		$t \text{ } ^\circ\text{F} = \left[\frac{5}{9}(t-32) + 273,15 \right] \text{K}$
Burchak yassi	rad	$\Gamma = \frac{\pi}{180} \text{ } \rho\alpha\delta$
		$\Gamma' = \frac{\pi}{10800} \text{ } \rho\alpha\delta$
		1 ayl=2π rad=6,28 rad
Burchak tezligi	rad/s	1 ayl/min = π/30 rad
		1 ayl/s = 2π rad/s
Og'irlik	N	1 kg = 9,81 N
		1 din = 10 ⁻⁵ N
		1 sten = 10 ³ N
Dinamik qovushqoqlik koeffitsiyenti	Pa·s	1 lbf = 4,45 H
		1 P = 1 din·s/sm ² = 0,1 Pa·s
		1 sP = 1/9810 kg·k/m ² = 10 ⁻³ Pa·s
Kinematik qovushqoqlik koeffitsiyenti	m ² /s	1 lbf·s/ft ² = 47,88 Pa·s
		1 Ct = 1 sm ² /s = 10 ⁻⁴ m ² /s
		1 ft ² /s = 0,093 m ² /s
Bosim	Pa	1 ft ² /h = 25,81 m ² /s
		1 bar = 10 ⁵ Pa
		1 mbar = 100 Pa
		1 din/sm ² = 1 mkbar = 0,1 Pa
		1 kg·k /sm ² = 1 at = 9,81·10 ⁴ Pa = 735 mm.sim.ust
		1 kg·k/sm ² = 9,81 Pa
		1 mm. suv.st. = 9,81 Pa
		1 mm.sim.st. = 133,3 Pa
		1 lbf/in ² = 6894,76 Pa
Diffuziya koeffitsiyenti	m ² /s	1 lbf/ft ² = 47,88 Pa
		1 ft ² /s = 0,0929 m ² /s
Quvvat	Vt	1 kgk·m/s = 9,81 Vt
		1 erg/s = 10 ⁻⁷ Vt
		1 kkal/ch = 1,163 Vt
		1 lbf·ft/s = 1.356 Vt
		1 kgs/m = 9,81 J/m ²
Sirtiy taranglik	N/m	1 erg/sm ² = 1 din/sm = 10 ⁻³ J/m ²
		1 l = 10 ⁻³ m ³ = 1 dm ³
Hajm	m ³	1 ft ³ = 28,3 dm ³ = 2,83·10 ⁻² m ³
		1 in ³ = 16,387 sm ³ = 16,39·10 ⁻⁶ m ³
		1 m ³ /t = 10 ⁻³ m ³ /kg
Solishtirma hajm	m ³ /kg	1 dm ³ /kg = 1 sm ³ /g = 10 ⁻³ m ³ /kg
		1 t/m ³ = 1 kg/dm ³ = 1 g/ sm ³ = 10 ³ kg/m ³
Zichlik	kg/m ³	1 kgk·s ² /m ⁴ = 9,81 kg/m ³
		1 lb/ft ³ ≈ 16,02 kg/m ³
		1 lb/in ³ ≈ 27,68 kg/m ³

Issiqlik oqimining zichligi	Vt/m ²	1 kkal/(m ² ·ch) = 1,163 Vt/m ²
Yuza	m ²	1 ft ² = 0.0929 m ² 1 in ² = 6,451·10 ⁻⁴ m ²
Ish, energiya, issiqlik miqdori	J	1 kgs·m = 0,81 J 1 erg = 10 ⁻⁷ J 1 kkal = 4,1868·10 ³ J = 4,19 kJ
Massaviy sarf	kg/s	1 lb/s = 0,454 kg/s 1 lb/h = 1,26·10 ⁻³ kg/s
Hajmiy sarf	m ³ /s	1 l/min = 16,67·10 ⁻⁶ m ³ /s 1 ft ³ /s = 28,3·10 ⁻³ m ³ /s 1 in ³ /s = 16,4·10 ⁻⁶ m ³ /s
Chiziqli tezlik	m/s	1 ft/s = 0.3048 m/s
Burchak tezlik	rad/s	1 ayl/min = π/30 rad/s 1 ayl/s = 2π rad/s
Solishtirma issiqlik sig'imi	J/(kg·K)	1 kkal/(kg·°S) = 4,19 kJ/(kg·K) 1 erg/(g·K) = 10 ⁻⁴ J/(kg·K) 1 BTU/(lb·deg F) = 4,19 kJ/(kg·K)
Issiqlik berish koeffitsenti, issiqlik o'tkazish koeffitsiyenti	Vt/(m ² ·K)	1 kkal/(m ² ·ch·°S) = 1,163 Vt/(m ² ·K) 1 BTU/(ft ² ·h·deg F) = 5,6 Bt/(m ² ·K)
Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti	Vt/(m·K)	1 kkal/(m·ch·°S) = 1.163 Bt/(m·K) 1 VTU/(ft·h·deg F) = 1.73 Vt/(m·K)
Solishtirma issiqlik	J/kg	1 kkal/kg = 1 kal/g = 4,19 kJ/kg 1 VTU/lb = 2326 J/kg
Chiziqli tezlanish	m/s ²	1 in/s ² = 25,4·10 ⁻³ m/s ² 1 ft/s ² = 0.3048 m/s ²
Chastota	Gs	1 Gs = 1 c ⁻¹ 1 ayl/s = 1 Gs 1 ayl/min = 1/60 Gs
Solishtirma entalpiya	J/kg	1 kkal/kg = 1 kal/g = 4,19 kJ/kg 1 VTU/lb = 2326 J/kg
Solishtirma entropiya	J/(kg·K)	1 kkal/(kg·°S) = 4,19 kJ/(kg·K) 1 VTU/(lb·deg F) = 4,19 kJ/(kg·K)

12 – jadval

O'qli va ulushli birliklar tashkil etish uchun old qo'shimcha va ko'paytmalar

Nomi	Old qo'shimcha		Ko'paytma
	rus	xalqaro	
eksa	E	YE	10 ¹⁸
peta	P	R	10 ¹⁵
tera	T	T	10 ¹²
giga	G	G	10 ⁹
mega	M	M	10 ⁶
kilo	k	k	10 ³
gekto	g	h	10 ²
deka	da	da	10 ⁰
detsi	d	d	10 ⁻¹
santi	s	c	10 ⁻²
milli	m	m	10 ⁻³
mikro	mk	μ	10 ⁻⁶
nano	n	n	10 ⁻⁹
piko	p	p	10 ⁻¹²
femto	f	f	10 ⁻¹⁵
atto	a	a	10 ⁻¹⁸

Греческий алфавит			Латынский алфавит	
№ п/п	Буквы		Буквы	
	печатные	название буквы	печатные	название буквы
1.	Α α	альфа	A a	а
2.	Β β	бета	B b	бе
3.	Γ γ	гамма	C c	це
4.	Δ δ	дельта	D d	де
5.	Ε ε	эпсилон	E e	е
6.	Z ζ	дзета	F f	эф
7.	Η η	эта	G g	ге, же
8.	Θ θ	тэта	H h	ха, аш
9.	Ι ι	йота	I i	и
10.	Κ κ	каппа	J j	йот, жи
11.	Λ λ	лямбда	K k	ка
12.	Μ μ	мю	L l	эль
13.	Ν ν	ню	M m	эм
14.	Ξ ξ	кси	N n	эн
15.	Ο ο	омикрон	O o	о
16.	Π π	пи	P p	пе
17.	Ρ ρ	ро	Q q	к
18.	Σ σ	сигма	R r	эр
19.	Τ τ	тау	S s	эс
20.	Υ υ	ипсилон	T t	те
21.	Φ φ	фи	U u	у
22.	Χ χ	хи	V v	ве
23.	Ψ ψ	пси	W w	дубль-ве
24.	Ω ω	омега	X x	икс
25.			Y y	игрек
26.			Z z	зет (зета)

Suyuqlik va suvli eritmalar zichliklarining temperaturaga bog'liqligi

Modda	Zichlik kg/m ³							
	-20 ^o S	0 ^o S	20 ^o S	40 ^o S	60 ^o S	80 ^o S	100 ^o S	120 ^o S
Azot kislota 100%	1582	1547	1513	1478	1443	1408	1373	1338
« « 50%	-	1334	1310	1287	1263	1238	1212	1186
Suyuq ammiak	665	639	610	580	545	510	462	390
Ammiakli suv 25%	-	918	907	897	887	876	866	856
Anilin	-	1039	1022	1004	987	969	952	933
Atseton	835	813	791	768	746	719	693	665
Benzol	-	900	879	858	836	815	793	769
Butil spirti	838	824	810	795	781	766	751	735
Suv	-	1000	998	992	983	972	958	943
Geksan	693	677	660	641	622	602	581	559
Glitserin , 50%	-	1136	1126	1116	1106	1006	996	986
Oltinugurt dioksidi	1484	1434	1383	1327	1264	1193	1111	1010
Dixloretan	1310	1282	1254	1224	1194	1163	1133	1102
Dietilli efir	758	736	714	689	666	640	611	576
Izopropil spirti	817	801	785	768	752	735	718	700
Xlorli kalsiy, 25%	1248	1239	1230	1220	1210	1200	1190	1180
μ- ksilol	-	882	865	847	831	796	796	77
Metil spirti 100%	828	810	792	774	756	736	714	-
« « 40%	-	946	935	924	913	902	891	880
Chumoli kislota	-	1244	1220	1195	1171	1147	1121	1096
Natriy ishqori, 50%	-	1540	1525	1511	1497	1483	1469	1454
« « 40%	-	1443	1430	1416	1403	1389	1375	1360
« « 30%	-	1340	1328	1316	1303	1289	1276	1261
« « 20%	-	1230	1219	1208	1196	1183	1170	1155
« « 10%	-	1117	1109	1100	1089	1077	1064	1049
Natriy xlorli, 20%	-	1157	1148	1189	1130	1120	1110	1100
Nitrobenzol	-	1223	1203	1183	1163	1143	1123	1103
Oktan	734	718	702	686	669	653	635	617
Olcum, 20%	-	1922	1896	1870	1844	1818	1792	1766
Propil spirti	-	819	804	788	770	752	733	711
Sulfat kislota , 98%	-	1857	1837	1817	1798	1779	1761	1742
« « 92%	1866	1845	1824	1803	1783	1765	1744	1723
« « 75%	1709	1689	1669	1650	1632	1614	1597	1580
« « 60%	1532	1515	1498	1482	1466	1450	1434	1418
Oltinugurt uglerodi	1323	1293	1263	1233	1200	1165	1125	1082
Xlorid kislota, 30%	1173	1161	1149	1138	1126	1115	1103	1090
Toluol	902	884	866	847	828	808	788	766
Sirka kislota, 100%	-	1072	1048	1027	1004	981	958	922
« « 50%	-	1074	1058	1042	1026	1010	994	978
Fenol	-	-	1075	1058	1040	1022	1003	987
Xlorbenzol	1150	1128	1107	1085	1065	1041	1021	995
Xloroform	1563	1526	1489	1450	1411	1380	1326	1280
To'rt xlorli uglerod	1670	1633	1594	1556	1517	1471	1434	1390
Etilatsetat	947	924	901	876	851	825	797	768
Etil spirti, 100%	823	806	789	772	754	735	716	693
« « 80%	-	857	843	828	813	797	783	768
« « 60%	-	904	891	878	864	849	835	820
« « 40%	-	947	935	923	910	897	885	872
« « 20%	-	977	969	957	946	934	922	910
Etilli efir	758	736	714	689	666	640	611	576

Ayrim suyuqliklar zichliklari

Suyuqlik	Zichlik, kg/m ³	Suyuqlik	Zichlik, kg/m ³
Azot kislotasi, 92%	1500	Sulfat kislotasi, 30%	1220
Ammiak, 26%	910	Xlorid kislotasi, tutunli	1210
Benzin	760	Sirka kislotasi, 70%	1070
Glitserin, 100%	1270	« « 30%	1040
Dietilli efir	710	Xloroform	1530
Kerosin	850	To'rt xlorli uglerod	1630
Ksilol	880	Etilatsetat	900
Mazut	890-950	Etilen xlorid	1280
Metil spirti, 90%	820	Etil spirti, 100%	790
Naftalin	1100	Etil spirti, 70%	850
Neft	790-950	Etil spirti, 40%	920
Simob	13600	Etil spirti, 10%	980

Suvning fizik xossalari (760 mm.sim.ust. bosimda)

t , °C	ρ , kg/m ³	i , kJ/(kg·K)	c_p , kJ/(kg·K)	$\lambda \cdot 10^2$, Vt/(m·K)	$a \cdot 10^6$, m ² /s	$\mu \cdot 10^6$, Pa·s	$\nu \cdot 10^6$, m ² /s	Pr
0	999,9	0	4,212	55,1	13,1	1788	1,789	13,67
10	999,7	42,0	4,191	57,4	13,7	1306	1,306	9,52
20	999,2	83,9	4,183	59,9	14,3	1044	1,006	7,02
30	995,7	125,7	4,174	61,8	14,9	801,5	0,805	5,42
40	992,2	167,5	4,174	63,5	15,3	653,3	0,659	4,31
50	988,1	209,3	4,174	64,8	15,7	549,4	0,556	3,54
60	983,1	251,1	4,179	65,9	16,0	469,9	0,478	2,98
70	977,8	293,0	4,187	66,8	16,3	406,1	0,415	2,55
80	971,8	355,0	4,195	67,4	16,6	355,1	0,365	2,21
90	965,3	377,0	4,208	68,0	16,8	314,9	0,326	1,95
100	958,4	419,1	4,220	68,3	16,9	282,5	0,295	1,75

Havoning fizik xossalari (760 mm.sim.ust. bosimda)

t , °C	ρ , kg/m ³	c_p , kJ/(kg·K)	$\lambda \cdot 10^2$, Vt/(m·K)	$a \cdot 10^6$, m ² /s	$\mu \cdot 10^6$, Pa·s	$\nu \cdot 10^6$, m ² /s	Pr
-50	1,584	1,013	2,04	12,7	14,6	0,23	0,018
-40	1,515	1,013	2,12	13,8	15,2	10,04	0,724
-20	1,395	1,009	2,28	16,2	16,2	12,79	0,789
0	1,293	1,005	2,44	18,8	17,2	13,28	0,707
20	1,205	1,005	2,59	21,4	18,1	15,06	0,703
40	1,128	1,005	2,76	24,3	19,1	16,96	0,699
60	1,060	1,005	2,90	27,2	20,1	18,97	0,696
80	1,000	1,009	3,05	30,2	21,1	21,09	0,692
100	0,946	1,009	3,21	33,6	21,9	23,13	0,688
120	0,898	1,009	3,34	36,8	22,8	25,45	0,686
140	0,854	1,013	3,49	40,3	23,7	27,80	0,684
160	0,815	1,017	3,64	43,9	24,5	30,09	0,682
180	0,779	1,022	3,78	47,5	25,3	32,49	0,681
200	0,746	1,026	3,93	51,4	26,0	34,85	0,680
300	0,615	1,047	4,60	71,6	29,7	48,33	0,675
400	0,524	1,068	5,21	93,1	33,0	63,09	0,677
500	0,456	1,093	5,74	115,3	36,2	79,38	0,688
600	0,404	1,114	6,22	138,3	39,1	96,89	0,699
700	0,362	1,135	6,71	163,4	41,8	115,40	0,705
800	0,329	1,156	7,18	188,8	44,3	134,80	0,728
900	0,301	1,172	7,63	216,2	46,7	155,10	0,717
1000	0,277	1,185	8,07	245,9	49,0	177,10	0,719
1200	0,239	1,210	9,15	316,5	53,5	233,70	0,737

Ayrim organik suyuqliklarning fizik xossalari

Suyuqlik	Kimyoviy formula	Mol massa, kg/kmol	Zichlik, kg/m ³	Qaynash temperaturasi, °S	20°S da to'yingan bug' bosimi, mm.sim.ust.	Erish temperaturasi °S
Atseton	CH ₃ COCH ₃	58,08	810	56	186	-94,3
Benzin	-	-	690...760	70...120	-	-
Benzol	C ₆ H ₆	78,11	900	80,2	75	+5,5
Dixloretan	CH ₂ Cl-CH ₂ Cl	98,97	1250	83,7	65	-
Izopropilatsetat	CH ₃ COOC ₃ H ₇	130,18	870	142,5	6	-
Ksilol	C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂	106,16	860	136...145	10	-13...-48
Metilatsetat	CH ₃ COOCH ₃	74,08	930	57,5	170	-
Propilatsetat	CH ₃ COOC ₃ H ₇	102,13	890	101,6	25	-
Oltinugurtli uglerod	CS ₂	76,13	1290	46,3	298	-112
Skipidar	C ₁₀ H ₁₆	136,1	850...880	155...190	4	-
Butil spirti	C ₄ H ₉ OH	74,12	810	117,7	4,7	-90
Izoamil spirti	C ₅ H ₁₁ OH	88,15	810	132	2,2	-117
Izobutil spirti	C ₄ H ₉ OH	74,12	880	108	8,8	-108
Izopropil spirti	C ₃ H ₇ OH	60,06	785	82,4	32,4	-89
Metil spirti	CH ₃ OH	32,04	800	64,7	97,7	-98
Propil spirti	C ₃ H ₇ OH	60,09	800	97,2	14,5	-126
Etil spirti	C ₂ H ₅ OH	46,07	790	78,3	44	-114,5
Toluol	C ₆ H ₅ CH ₃	92,13	870	110,8	22,3	-95
To'rt xlorli uglerod	CCl ₄	153,84	1630	76,7	90,7	-22,8
Xloroform	CHCl ₃	119,38	1530	61,2	160	-
Etilatsetat	CH ₃ COOC ₂ H ₅	88,10	900	77,15	73	-83,6
Dietilli etir	C ₂ H ₅ OC ₂ H ₅	74,12	710	34,5	442	-116,3

40°C da ayrim suvli eritmalar zichligi, kg/m³

Erigan moddaning massaviy ulushi, kg/kg	Erigan modda											
	SaSi ₂	CuSO ₄	K ₂ CO ₃	KCl	KNO ₃	KOH	MgCl ₂	NH ₄ NO ₃	NaCl	NaNO ₃	NaOH	ZnSO ₄
0,02	1008	1012	1009	1004	1004	1009	1008	1000	1005	1004	1013	1012
0,04	1025	1034	1027	1017	1017	1027	1025	1008	1019	1019	1035	1033
0,06	1041	1055	1045	1030	1030	1045	1043	1016	1033	1030	1056	1055
0,08	1060	1077	1063	1042	1043	1063	1059	1025	1048	1047	1078	1076
0,10	1076	1100	1082	1055	1055	1081	1077	1033	1062	1061	1099	1091
0,12	1096	1123	1101	1069	1069	1100	1095	1042	1077	1076	1121	1122
0,14	1113	1146	1120	1082	1083	1118	1114	1050	1091	1088	1142	1146
0,16	1132	1170	1139	1096	1096	1137	1131	1059	1107	1105	1164	1169
0,18	1151	1192	1159	1109	1110	1157	1151	1068	1122	1118	1186	1194
0,20	1171	1220	1180	1124	1124	1176	1171	1077	1137	1135	1207	1218
0,22	1191	—	1200	1138	1138	1196	1190	1085	1153	1150	1229	1244
0,24	1210	—	1221	1153	1153	1216	1210	1094	1169	1166	1251	1269
0,26	1232	—	1243	1167	1167	1236	1231	1103	1185	1183	1272	1296
0,28	1252	—	1264	—	1182	1256	1251	1112	—	1198	1294	1323
0,30	1273	—	1286	—	1197	1277	1272	1122	—	1215	1315	1351
0,32	1294	—	1309	—	—	1298	1294	1131	—	1231	1336	—
0,34	1315	—	1332	—	—	1319	1316	1140	—	1248	1356	—
0,36	1337	—	1355	—	—	1341	1338	1150	—	1265	1376	—
0,38	1359	—	1379	—	—	1363	—	1159	—	1282	1396	—
0,40	1382	—	1403	—	—	1385	—	1169	—	1300	1416	—
0,42	—	—	1428	—	—	1407	—	1178	—	1317	1435	—
0,44	—	—	1453	—	—	1430	—	1188	—	1335	1454	—
0,46	—	—	1478	—	—	1452	—	1198	—	1353	1473	—
0,48	—	—	1504	—	—	1476	—	1208	—	1372	1492	—
0,50	—	—	1530	—	—	1500	—	1217	—	1390	1410	—

Normal sharoit ($T_0 = 273\text{K}$, $P_0 = 101325\text{ Pa}$)da ayrim gaz va bug'larning fizik-kimyoviy xossalari

Газ (bug)	Кимёвий формула	M , кг/кмоль, г	ρ_0 , кг/м ³	$\mu \cdot 10^6$, Па·с	Сатер ленд константаси	$\lambda_0 \cdot 10^2$, Вт/(м·К)	c_p , кЖ/(кг·К)	$k = c_p/c_v$ 15°C да	$P_{кр}$ МПа	$t_{кр}$, °C
Азот	N ₂	28,0	1,251	16,5	104	2,43	1,051 (0...200)	1,40	3,38	-147,1
Аммиак	NH ₃	17,0	0,771	9,3	503	2,15	2,244 (27...200)	1,31	11,25	-132,4
Анилин	C ₆ H ₇ N	93,1	4,150	5,26	319,5	—	—	—	5,29	426
Аргон	Ar	40,0	1,783	21,0	142	1,63	0,523 (15)	0,67	4,86	-122,4
Ацетилен	C ₂ H ₂	26,0	1,171	9,4	198,2	1,84	1,67 (18)	1,26	6,24	35,7
Ацетон	C ₃ H ₆ O	58,1	2,590	6,6	541,5	0,99	1,566 (27...179)	—	4,7	235,5
Бензол	C ₆ H ₆	78,1	3,480	7,0	380	0,88	1,256 (35...115)	1,1 (100°C)	4,83	288,6
Бром	Br ₂	159,8	7,139	14,6	533	—	0,230 (18...388)	1,29	10,3	311
Бромли водород	HBr	80,9	3,610	16,5	433	—	0,343 (11...110)	1,42	8,48	90,0
n-Бутан	C ₄ H ₁₀	58,1	2,599	8,1	377	1,35	1,92 (20)	1,108	3,78	152,0
Бутил спирги	C ₄ H ₁₀ O	74,1	3,244	6,82	357	1,3	1,934 (27...189)	1,08 (35°C)	4,9	287
Сув	H ₂ O	18,0	0,768	8,8	467	1,6	1,965 (0...200)	1,324 (100°C)	22,06	374,2
Водород	H ₂	2,0	0,090	8,5	73	17,4	14,23 (0...200)	1,41	1,29	-239,9
Хаво	—	29,0	1,293	17,3	84	2,42	1,006 (15)	1,40	3,77	-140,7
Гексан	C ₆ H ₁₄	86,2	3,840	6,10	295	1,24	1,66 (25)	1,08	3,02	234,7
Гелий	He	4,0	0,179	18,8	83	14,07	5,23 (15)	1,67	0,228	-267,9
Гептан	C ₇ H ₁₆	100,2	4,459	5,65	297	1,78 (100°C)	1,66 (25)	—	2,7	266,9
Азот диоксида	NO ₂	46,0	2,050	12,2	305	4,0	0,805 (20)	1,31	10,1	158,2
Олгингулгург диоксида	SO ₂	64,1	2,927	11,6	306	0,82	0,645 (16...202)	1,29	7,87	157,5
Углерод диоксида	CO ₂	44,0	1,977	13,7	254	1,37	1,026 (0...600)	1,30	7,39	31,1
Дихлорметан	CH ₂ Cl ₂	82,9	3,690	9,10	425	—	0,618 (25)	—	6,05	237
1,1-Дихлорэтан	C ₂ H ₄ Cl ₂	99,0	4,400	9,92	337	—	0,772 (25)	—	5,05	250
1,2-Дихлорэтан	C ₂ H ₄ Cl ₂	99,0	4,400	8,4	346	—	0,88 (111...121)	—	5,35	288
Азот диоксида	N ₂ O	30,3	1,980	13,5	228	1,47	1,29 (25)	—	7,24	36,5
Изопропил спирги	C ₃ H ₈ O	60,1	2,672	7,0	460	—	—	1,59 (100°C)	5,35	235,6
Йодли водород	HI	127,9	5,725	17,1	433	—	0,226 (20...100)	1,40	82,8	188
Кислород	O ₂	32,0	1,429	19,2	125	2,47	0,92 (20...440)	1,40	5,04	-118,8
Криптон	Kr	83,8	3,739	23,3	210,4	0,9	0,251 (15)	1,67	5,47	-63,8

Ксенон	Xe	131,3	5,717	20,9	337	0,5	0,159 (15)	1,7	6,875	16,6
Метан	CH ₄	16,0	0,717	10,4	162	2,94	2,483 (18...208)	1,31	4,64	—82,5
Метил спирти	CH ₃ O	32,0	1,426	8,7	486,9	1,41	0,762 (40...110)	1,2 (77°C)	7,92	240
Метилэтилкетон	C ₄ H ₈ O	72,1	3,220	6,23	338	—	—	—	3,99	260
Неон	Ne	20,2	0,871	29,8	61	4,55	1,04 (15)	1,68	2,71	—227,7
Нитробензол	C ₆ H ₅ O ₂ N	133,1	5,950	5,81	321	—	—	—	4,1	475
Нитрометан	CH ₃ O ₂ N	61,0	2,720	6,67	670	—	0,94 (25)	—	6,3	315
Нонан	C ₉ H ₂₀	128,3	5,700	9,67	334	—	1,65 (25)	—	2,27	332
Азот оксиди	NO	30,0	1,340	17,5	95,2	2,32	0,975 (15)	1,40	6,525	92,9
Октан	C ₈ H ₁₈	114,2	5,030	5,69	312	—	1,65 (25)	—	2,49	296,2
Углерод оксиди	CO	28,0	1,250	16,6	101,1	2,15	1,017 (26...198)	1,40	3,51	—138,7
н-Пентан	C ₅ H ₁₂	72,2	3,457	6,2	383	1,28	1,72 (20)	1,09	3,33	197,1
Пропан	C ₃ H ₈	44,1	2,019	7,5	278	1,51	1,86 (20)	1,13	4,26	96,8
Пропилен	C ₃ H ₆	42,1	1,915	7,8	362	—	1,63 (20)	1,17	4,56	91,8
Пропил спирти	C ₃ H ₇ O	60,1	2,710	7,0	374	—	1,92 (100...223)	1,27 (100°C)	5,06	264
Серводород	H ₂ S	34,1	1,539	11,6	331	1,28	1,026 (20...206)	1,34	9,01	100,4
Сероуглерод	CS ₂	76,1	3,390	8,9	499,5	0,68	0,670 (80...190)	1,19	7,88	279
Толуол	C ₇ H ₈	92,1	4,10	6,5	322	—	1,128 (25)	—	4,2	320,8
Сирка кислота	C ₂ H ₄ O ₂	60,1	2,67	7,2	443	—	6,28 (118...140)	1,15 (136°C)	5,76	321,6
Хлор	Cl ₂	70,9	3,220	12,3	351	0,77	0,519 (13...202)	1,36	7,71	144,0
Хлорбензол	C ₆ H ₅ Cl	109,6	4,895	—	—	—	0,885 (25)	—	4,5	359
Хлорли водород	HCl	36,5	1,639	13,3	360	—	0,783 (22...214)	1,41	8,27	51,4
Хлорли метил	CH ₃ Cl	50,5	2,304	9,89	454	0,93	0,74 (20)	1,28	6,67	148
Хлорли этил	C ₂ H ₅ O	64,5	2,870	8,9	329	0,95	1,15 (100...170)	1,19	5,25	187,2
Хлороформ	CHCl ₃	119,4	5,283	9,5	462	0,64	0,603 (27...118)	1,15 (100°C)	5,45	263,4
Циклогексан	C ₆ H ₁₂	84,2	3,74	6,7	188	1,64 (102°C)	1,265 (25)	1,08 (80°C)	4,1	281
Түрт хлорли углерод	CCl ₄	153,8	6,85	9,0	335	0,71 (46°C)	0,553 (30)	1,13	4,54	283,2
Этан	C ₂ H ₆	30,1	1,357	8,6	252	1,81	1,72 (15)	1,21	4,94	3,21
Этилцетат	C ₄ H ₈ O ₂	88,1	3,930	7,0	285	1,64 (100°C)	1,553 (80...189)	—	3,81	250,1
Этилен	C ₂ H ₄	28,1	1,264	9,4	225	1,64	1,691 (10...102)	1,25	5,16	9,7
Этил спирти	C ₂ H ₅ O	46,1	2,043	8,5	407,3	1,5	1,21 (40...110)	1,13 (58°C)	6,37	243,1
Этил эфири	C ₄ H ₁₀ O	74,1	2,11	6,8	404	1,30	1,934 (27...189)	1,08 (35°C)	3,59	193,8

Ayrim gazlarning fizik xossalari

Nomi	Formula	Zichlik 0°S va 760 mm.sim.ust.	Molek. massa	Solisht. iss.sig'im 20°S va R _{abs} = 0,1 MPa	Qaynash temperasi	Bug'lanish issiqligi	Dinamik qovushqoq. koeff.
		kg/m ³		c _p , kJ/(kg·K)			
Azot	N ₂	1,25	28	1,05	-195,8	199,4	17,0
Ammiak	NH ₃	0,77	17	2,22	-33,4	1374	9,18
Argon	Ar	1,78	39,9	0,53	-185,9	163	20,9
Atsetilen	C ₂ H ₂	1,17	26	1,68	-83,7	830	9,35
Benzol	C ₆ H ₆	-	78,1	1,25	80,2	394	7,20
Butan	C ₄ H ₁₀	2,67	58,1	1,92	-0,5	387	8,10
IIavo	-	1,29	29	1,01	-195	197	17,3
Vodorod	N ₂	0,09	2,02	14,3	-252,8	455	8,42
Geliy	Ne	0,18	4	5,28	-268,9	19,5	18,8
Azot dioksidi	NO ₂	-	46	0,804	21,2	712	-
Otingugurt dioksidi	SO ₂	2,93	64,1	0,633	-10,8	394	11,7
Uglerod dioksidi	SO ₂	1,98	44,0	0,838	-78,2	574	13,7
Kislород	O ₂	1,43	32	0,912	-183	213	20,3
Metan	CH ₄	0,72	16	2,23	-161,6	511	10,3
Uglerod oksidi	SO	1,25	28	1,05	-191,5	212	16,6
Pentan	C ₅ H ₁₂	-	72,2	1,72	36,1	360	8,74
Propan	C ₃ H ₈	2,02	44,1	1,87	-42,1	427	7,95
Propilen	C ₃ H ₆	1,91	42,1	1,63	-47,7	440	8,35
Vodorod sulfid	N ₂ S	1,54	34,1	1,06	-60,2	548	11,66
Xlor	Cl ₂	3,22	70,9	0,484	-33,8	306	12,9
Xlorli metil	CH ₃ Cl	2,30	50,5	0,742	-21,4	406	9,09
Etan	C ₂ H ₆	1,36	30,1	1,73	-88,5	486	8,50
Etilen	C ₂ H ₄	1,26	28,1	1,53	-103,7	482	9,85

Metall va qotishmalarning zichligi ρ va
issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti λ

t/r	Material	ρ, kg/m ³	λ, W/(m·K)
1.	Alyuminiy	2700	180
2.	Mis	8900	384
3.	AMs	2800	186
4.	DIM	2800	170
5.	Latun	8500	85
6.	Melxior	8800	37,1
7.	MNJ-5	8900	127
8.	1X18N9T	7900	15

Ayrim qattiq materiallar zichligi, kg/m³

Material	Zichlik	To'kma zichlik
Alebastr	2500	-
Almaz	3510	-
Apatit	3160...3 220	-
Asbest	2350...2 600	-
Bakaut (temir daraxt)	1100...1 400	-
Bambuk	400	-
Bereza quruq	650	-
Boksitlar	2900...3300	-
Vosk	960...980	-
Gips kristallik	2440	1300
Grafit	2210...2250	-
Dub quruq	760	-
Yel quruq	450	-
Kul	2200	680
Tuproq nam	1900...2000	-
Tuproq quruq	1400...1600	-
Oxaktosh	2650	1800
Kanifol	1070	-
Kaolin	2200	-
Kapron	1100...1200	-
Kauchuk	930	-
Kvars	2650	1500
Keramika kislotabardosh	2600	-
Charn quruq	860	-
Koks	1300	500
Kolchedan misli	4700	-
Kolchedan kul rang	4600	3300
Korund	4000	-
Lavsan	1300-1400	-
Magnezit	2900	-
Bo'r bo'laksimon	2200	1300
Mox	130	-
Naftalin	1150	-
Paronit	1200	-
Qum quruq	1500	1200
Polixlorvinil	1200...1800	-
Polietilen PEVD	920-930	-
Polietilen PEND	940-950	-
Potash	2260	-
Probka	220...260	-
Rezina	1500	-
Rubin	4000	-
Soda kristallik	1450	800
Tuz qattiq tosh	2350	1020

Material	Zichlik	To'kma zichlik
Osh tuzi	1100...1350	-
Qarag'ay quruq	520	-
Stearin	970...1000	-
Torf	100...400	-
Fosforit	—	1600
Shamot	1900	-
Shifer	2800	-
Selluloid	1300...1500	-
Sement	2900	-
Yantar	1100	-
Metallar, qotishmalar		
Alyuminiy	2700	-
Bronza	8600...9000	-
Volfram	19340	-
Dyuralyuminiy	2790	-
Tilla	19310	-
Kobalt	8800	-
Kremniy	2300	-
Latunlar	8400...8700	-
Magniy	1760	-
Mis	8800	-
Molibden	10200	-
Monel-metall	8900	-
Natriy	975	-
Nikel	8900	-
Nixrom	8300	-
Qalay	7290	-
Platina	21460	-
Simob (suyuq)	13600	-
Qo'rg'oshin	11340	-
Kumush **	10500	-
Po'lat	7700...7900	-
Titan	4500	-
Uran	19100	-
Xrom	7200	-
Rux	7100	-
CHO'yan kul rang	7250	-

Turli texnik materiallarning fizik xossalari

Material	Zichlik ρ , kg/m ³	Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyent λ , Vt/(m·K)	Solishtirma issiqlik sig'im s, J/kg·K
Anratsit	1600	0,328	947
Asbestli mato, paxtali	500...600	0,128	830
Asbestli mato, shisha tolali	600	0,128	860
Asbestli karton	1000...1300	0,16	840
Asboshifer (quruq)	1800	0,52...0,64	-
Bazalt	2800	3,5	920
Beton	2300	1,3	840
Qog'oz oddiy	730	0,14	1500
Viniplast	1380...1430	0,163	-
Voylok:			
dag'al sherstli	140	0,052	
yarim dag'al sherstli	230	0,047	-
Gazobeton:			
avtoklavsiz	450...650	0,12...0,19	
konstruktiv	800...900	0,22...0,25	-
Getinaks	1350...1450	0,23	1420
Gips shaklli	1250	0,43	840-920
Gipsobeton	1000...1300	0,37...0,56	800
Tuproq	1600...2000	0,7...0,9	840
Tuproq olovbardosh	1845	1,0	1000
Shag'al	1840	0,36	-
Granit	2720	2,2	920
Daraxt po'sti	350	0,076	—
Yog'och qirindisi	150	0,093	—
Xoka ko'mir, donasimon	190	0,074	—
Yog'och-tolali plitalar	250...350	0,093	—
Yog'och-qirindili plitalar	350...800	0,077...0,097	—
Yog'och qipig'i	150...250	0,07...0,093	—
Temir-beton	—	1,5	840
Kul (kukun)	-	0,13	750
Oxaktosh	2650	0,64	920
Karton	160...500	0,14...0,35	1510
Material	Zichlik ρ , kg/m ³	Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti λ , Vt/(m·K)	Solishtirma issiqlik sig'imi s, J/kg·K
Kvars kristallik:			
o'qga ko'ndalang	—	7,2	840
o'q bo'ylab	—	13,6	840
G'isht:			
qizil	1800	0,77	880
silikat	1900	0,81	840
issiqlik qoplamali	—	0,20...0,27	—
samarali	—	0,35...0,40	—
Charm	—	0,14...0,16	1400
Koks kukunsimon	450	0,191	1200
Kolchedan:			
misli	4700	4,2	880

oltingugurtli	4600	4,2	880...1350
Qozonxona nakipi:			
gipsli	2000...2700	0,7...2,0	—
oxaktoshli	1000...2500	0,15...2,0	—
silikatli	300...1200	0,08...0,23	—
Bo'yoq moyli	—	0,233	—
Muz:			
0°C da	917	2,2	2300
100°C da	928	3,5	1170
Linoleum	—	0,23	—
Quyma, toshli	3000	0,698	—
Magneziya (segment shaklli trubalarni qoplash uchun)	266	0,073...0,084	—
Bo'r bo'lakli	2200	0,93	880
Mramor	2800	1,3...3,0	920
Nakip, vodyanoy kamen	—	—	1,163...3,490
Organik shisha (pleksiglas)	1200	0,184	—
Parafin	920	0,27	—
Qum daryoniki: mayda yirik	1520	0,326	797
	—	0,512	1020
Pemza	400...600	0,14...0,17	—
Penobeton	360	0,095	800
Penoplast	—	0,047	—
Polipropilen	900...910	0,14...0,21	—
Polistirol zarbaga bardoshli	1060	0,09...0,14	—
Poliyeten	910...950	0,276...0,285	2210...2930
Po'kak plita, quruq	148...198	0,042...0,053	1760
Po'kak kukuni	85	0,044...0,058	1760
Rezina:			
qattiq, oddiy	1200	0,157...0,160	1400
yumshoq	—	0,13...0,16	1400
g'ovaksimon	—	0,060	2050
Zang	—	1,16	—
Material	Zichlik ρ, kg/m³	Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti λ, Vt/(m·K)	Solishtirma issiqlik sig'imi s, J/kg·K
Ruberoid		0,17	1450
Qorakuya	165	0,07...0,12	—
Shakar	1600	0,58	1260
Oltingugurt rombik	2050	0,28	0,762
Slanetslar:			
loyli		0,93	1000
qo'mirli	—	0,84	1000
xlorli	—	1,33	1000
Slyuda	2600...3200	0,47...0,58	880
Qor:			
yangi yoqqan	200	0,105	2100
zichlangan	400	0,349	2100
Sovelit	—	0,098	—
Shisha:			
tosh oyna	2550	0,78...0,88	778
oddiy	2500	0,74	670

termometrik	2590	0,97	—
pireks	—	1,04	—
kvarqli	2210	1,35	—
Shisha tola	55...80	0,048	840
Shisha vata	154...206	0,051...0,059	
Tekstolit	1300...1400	0,23...0,34	1460...1510
Torf plitalar		0,064	—
Tuf	1200	0,47	920
Ko'mir:			
qo'ng'ir	1210	0,254	1130
xoka ko'mir, bo'lakli	1450	0,074	—
toshko'mir	1350	0,186	1300
Faolit	1730	0,419	
Farfor	2400	1,0	1100
Ftoroplast-4	2190...2200	0,23	—
Selluloid	1400	0,21	—
Shlak:			
qozonxonaniki	1000	0,29	750
domnaniki, granullangan	500	0,15	750
Shlakli beton	1500	0,67	750
Shlakli vata	—	0,076	—
Sherstli mato	240	0,052	—
Suvoq:			
oxaktoshli	1600	0,70	840
sementn-qumli	1800	1,2	840
Ebonit	1200	0,16	—
Emal	2350	0,872...1,163	—

**Suyuqlik va suvli eritmalar dinamik qovushqoqlik
koeffitsiyentining temperaturaga bog'liqligi**

Modda	Dinamik kovushkoklik koeffitsiyenti $\mu \cdot 10^3$, Pa·s							
	-20 ^o S	0 ^o S	20 ^o S	40 ^o S	60 ^o S	80 ^o S	100 ^o S	120 ^o S
Azot kislotasi, 100%	1,49	1,05	0,80	0,64	0,50	0,39	0,35	0,31
« « 50%	-	3,05	1,88	1,28	0,90	0,68	0,53	0,44
Suyuq ammiak	0,26	0,24	0,226	0,28	0,19	-	-	-
Amiakli suv 25%	-	-	1,30	0,85	0,60	0,42	0,32	0,23
Anilin	-	10,2	4,40	2,30	1,50	1,10	0,80	0,59
Atseton	0,5	0,44	0,36	0,32	0,23	0,20	0,17	0,15
Benzol	-	0,91	0,65	0,49	0,39	0,33	0,26	0,22
Butil spirti	10,3	5,19	2,95	1,78	1,14	0,76	0,54	0,38
Suv	-	1,79	1,00	0,65	0,47	0,36	0,28	0,23
Geksan	0,48	0,39	0,32	0,26	0,22	0,19	0,16	0,13
Glitserin, 50%	-	12	6,05	3,50	2	1,20	0,73	0,45
Oltinugurt dioksidi	0,46	0,37	0,304	-	-	-	-	-
Dixloretnan	1,54	1,08	0,84	0,65	0,51	0,42	0,36	0,31
Dietil efiri	0,36	0,29	0,24	0,20	0,17	0,14	0,12	0,10
Izopropil spirti	10,1	4,60	2,39	1,33	0,80	0,52	0,38	0,29
Xlorli kalsiy, 25%	10,6	4,47	2,74	1,85	-	-	-	-
Metil spirti 100%	1,16	0,82	0,58	0,45	0,35	0,29	0,24	0,21
Metil spirti 40%	-	3,65	1,84	-	-	-	-	-
Chumoli kislotasi	-	-	1,78	1,22	0,89	0,68	0,54	0,4
Natriy ishqori, 50%	-	-	-	25	8,03	5,54	3,97	3,42
« « 40%	-	-	40	14	5,54	107	2,72	2,37
« « 30%	-	-	13	6,30	3,62	95,3	1,82	1,71
« « 20%	-	-	4,48	2,48	2,16	83,2	1,15	1,08
« « 10%	-	-	1,86	1,16	1,27	73	0,65	0,60
Xlorli natriy, 20%	-	2,67	1,56	1,03	0,74	0,57	0,46	0,38
Nitrobenzol	-	3,09	2,01	1,44	1,09	0,87	0,70	0,58
Oktan	0,97	0,70	0,54	0,43	0,35	0,29	0,24	0,21
Oleum	-	95	36,6	20,8	9	5,30	-	-
Sulfat kislotasi, 98%	-	55	25,8	12,9	7,50	4,10	2,70	2
« « 92%	130	48	23,1	11,8	6,70	3,80	2,50	1,95
« « 75%	95	30	13,9	8,10	4,60	2,80	1,90	1,45
« « 60%	20	10,5	5,52	3,42	2,40	1,50	1,07	0,90
Oltinugurt uglerodi	0,56	0,43	0,36	0,29	0,25	0,21	0,19	0,17
Xlorid kislotasi, 30%	-	-	1,7	1,3	-	-	-	-
Toluol	1,06	0,77	0,58	0,46	0,38	0,32	0,27	0,23
Sirka kislotasi, 100%	-	-	1,22	0,90	0,70	0,46	0,46	0,37
« « 50%	-	4,35	2,21	1,35	0,92	0,65	0,5	0,4
Fenol	-	-	11,6	4,77	2,56	1,59	1,05	0,78
Xlorbenzol	1,48	1,06	0,80	0,64	0,52	0,435	0,37	0,32
Xloroform	0,90	0,70	0,57	0,46	0,39	0,33	0,29	0,26
To'rt xlorli uglerod	1,90	1,35	0,97	0,74	0,59	0,472	0,387	0,323
Etilatsetat	0,79	0,58	0,45	0,36	0,297	0,248	0,21	0,178
Etil spirti, 100%	2,38	1,78	1,19	0,82	0,591	0,435	0,326	0,248
« « 80%	-	3,69	2,01	1,20	0,79	0,57	0,52	0,43
« « 60%	-	3,75	2,67	1,45	0,90	0,60	0,45	0,34
« « 40%	-	7,14	2,91	1,48	0,89	0,60	0,44	0,34
« « 20%	-	5,32	2,18	1,16	0,74	0,51	0,38	0,30
Etil efir	0,364	0,296	0,243	0,199	0,166	0,14	0,118	0,10

Turli temperaturalarda gaz va bug'larning qovushqoqli koeffitsiyentlari, mPa·s

Veshestvo	Temperatura, °S								
	0	100	200	300	400	500	600	700	800
Azot	0,0166	0,0208	0,0246	0,0280	0,0311	0,0339	0,0366	0,0390	0,0413
Ammiak	0,0091	0,0128	0,0165	0,0199	0,0234	0,0264	0,0293	0,0321	0,0348
Atsetilen	0,0096	0,0127	0,0154	0,0178	0,0202	0,0223	0,0243	0,0261	0,0278
Atseton	0,0069	0,0094	0,0121	0,0147	0,0174	0,0200	0,0228	—	—
Benzol	0,0070	0,0092	0,0121	0,0146	0,0172	0,0198	0,0223	—	—
Vodorod	0,0084	0,0103	0,0121	0,0139	0,0154	0,0169	0,0183	0,0197	0,0210
Suv bug'i	0,0085	0,0123	0,0161	0,0198	0,0232	0,0266	0,0299	0,0331	0,0361
Havo	0,0171	0,0218	0,0259	0,0294	0,0328	0,0357	0,0384	0,0411	0,0437
Oltinugurt dioksidi	0,0121	0,0161	0,0200	0,0238	0,0275	0,0313	0,035	0,0386	0,0421
Uglerod dioksidi	0,0138	0,0184	0,0226	0,0264	0,0299	0,0332	0,0362	0,0381	0,0418
Kislород	0,0192	0,0244	0,0290	0,0331	0,0369	0,0403	0,0435	0,0465	0,0493
Metan	0,0104	0,0133	0,0161	0,0185	0,0208	0,0227	0,0246	0,0265	0,0282
Metil spirti	0,0088	0,0123	0,0157	0,0191	0,0226	0,0261	0,0296	—	—
Azot oksidi	0,0180	0,0229	0,0268	0,0306	0,0340	0,0370	0,0400	0,0428	0,0453
Uglerod oksidi	0,0166	0,0209	0,0246	0,0278	0,0309	0,0338	0,0363	0,0387	0,0410
Serovodorod	0,0117	0,0161	0,0201	0,0241	0,0273	0,0304	0,0335	0,0365	0,0393
Toluol	0,0066	0,0089	0,0110	0,0132	0,0154	0,0175	0,0196	—	—
Xlor	0,0122	0,0168	0,0210	0,0254	0,0287	0,0322	0,0356	0,0387	0,0416
Xlorli vodorod	0,0132	0,0182	0,0229	0,0277	0,0313	0,0353	0,0388	0,0423	0,0456
To'rt xlorli uglerod	0,0092	0,0123	0,0153	0,0182	0,0212	0,0240	0,0269	—	—
Etilen	0,0096	0,0127	0,0156	0,0182	0,0206	0,0228	0,0249	0,0268	0,0287
Etil spirti	0,0079	0,0108	0,0137	0,0167	0,0197	0,0226	0,0257	—	—
Etili efir	0,0069	0,0093	0,0117	0,0140	0,0165	0,0188	0,0212	—	—

I17 - jadval

Truba ichki yuzasining nisbiy g'adir-budurlik qiymatlari

Truba xarakteristikasi	Δ/d - nisbiy g'adir-budurlik
Yangi, choksiz po'lat trubalar	200
Oz miqdorda ifloslanish yoki korroziya	100
O'rtacha ifloslanish yoki korroziya	50
Ko'p miqdorda ifloslanish yoki korroziya	30

I18 – jadval

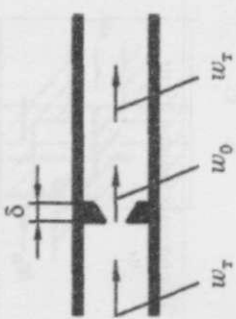
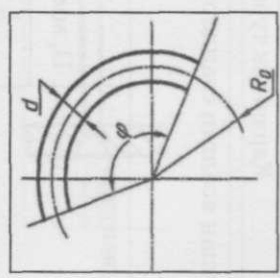
Truba devori absolyut g'adir-budurligi Δ ning o'rtacha qiymatlari

Truba quvurlari	Δ , mm
Trubalar:	
po'latdan yaxlit va payvandlangan ozgina korroziyaga uchragan	0,2
po'latdan zanglagan, eski	$\geq 0,67$
tunukadan, oliflangan	0,125
cho'yandan, suvli muhitda ishlatilgan	1,4
alyuminiydan, tekis	0,115-0,060
latun, mis va qo'rg'oshin, hamda shishadan toza	0,0015-0,0100
betondan (silliqlangan yuzali)	0,3-0,8
betondan (g'adir-budur yuzali)	3-9
Neft va to'yingan bug' quvurlari o'rtacha ekspluatatsiya qilingan	0,2
Bug' quvurlari, vaqti-vaqti bilan ekspluatatsiya qilingan	0,5
Havo quvurlari	0,8
Kondensat quvurlari, vaqti-vaqti bilan ekspluatatsiya qilingan	1,0

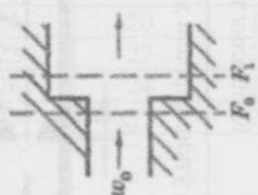
Suyuqlik va suvli eritmalar sirtiy tarangligining temperaturaga bog'liqligi

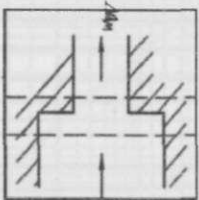
Modda	Sirtiy taranglik $\sigma \cdot 10^3, \text{N/m}$							
	-20°C	0°C	20°C	40°C	60°C	80°C	100°C	120°C
Azot kislotasi, 100%	48,3	44,8	41,4	38,2	35,2	32,4	29,8	27,4
« « 50%	-	68,2	65,4	62,2	58,8	55,2	51,5	47,5
Suyuq amiak	38	27	21,2	16,8	12,8	-	-	-
Amiakli suv 25%	-	65,7	62,9	59,7	56,3	52,7	49	45
Anilin	-	-	42,9	40,6	38,3	36	33,7	31,4
Atseton	28,7	26,2	23,7	21,2	18,6	16,2	13,8	11,4
Benzol	-	31,7	29	26,3	23,7	21,3	18,8	16,4
Butil spirti	28	26,2	24,6	22,9	21,2	19,5	17,8	16
Suv	-	75,6	72,8	69,6	66,2	62,6	58,9	54,9
Geksan	22,6	20,5	18,4	16,3	14,2	12,1	10	7,9
Glitserin, 50%	-	72,4	69,6	66,4	63	59,4	55,7	51,7
Oltiingurt dioksidi	31	26,8	22,7	18,8	14,8	-	-	-
Dietilli efir	22	19,5	17	14,6	12,4	10,2	8	6,1
Dixloretan	37,8	35	32,2	29,5	26,7	24	21,3	18,6
Izopropil spirti	24,7	23,2	21,7	20,1	18,5	17	15,5	14
Xlorli kalsiy, 25%	89,4	86,6	83,8	80,6	77,2	73,6	69,9	65,9
Metil spirti 100%	26,6	24,5	22,6	20,9	19,3	17,6	15,7	13,6
Chumoli kislotasi	-	39,8	37,6	35,5	33,3	31,2	29	26,8
Natriy ishqori, 50%	-	-	130	130	129	129	128	128
« « 40%	-	-	108	108	107	107	106	106
« « 30%	-	-	97	96,4	95,8	95,3	94,4	93,6
« « 20%	-	-	85,8	85	84,7	83,2	81,3	79,6
« « 10%	-	-	77,3	76,1	75	73	70,7	69
Xlorli natriy, 20%	-	82,6	79,8	76,6	73,2	69,6	65,9	61,9
Nitrobenzol	-	46,4	43,9	41,4	39	36,7	34,4	32,2
Oktan	25,8	23,8	21,8	19,8	17,9	15,9	13,9	11,9
Sulfat kislotasi, 98%	-	55,9	55,1	54,3	53,7	53,1	52,5	51,9
« « 92%	63	61,9	60,9	60,9	60,3	59,7	59,1	58,5
« « 75%	74,1	73,6	73,1	72,6	72,1	71,6	71,1	70,6
« « 60%	77,3	76,7	76,1	75,4	74,5	73,6	72,7	71,8
Oltiingurt uglerodi	38,3	35,3	32,3	29,4	26,5	23,6	20,7	17,8
Xlorid kislotasi, 30%	-	72,6	69,8	66,6	63,2	59,6	55,9	51,9
Toluol	33	30,7	28,5	26,2	23,8	21,5	19,4	17,3
Sirka kislotasi, 100%	-	29,7	27,8	25,8	23,8	21,8	19,8	18
« « 50%	-	43	40	37	33	30	27	24
Fenol	-	43,1	40,9	38,8	36,6	34,4	32,2	30
Xlorbenzol	38,4	36	33,6	31,1	28,8	26,5	24,1	21,8
Xloroform	32,8	30	27,2	24,4	21,7	19	16,3	13,6
To'rt xlorli uglerod	31	29,5	26,9	24,5	22	19,6	17,3	15,1
Etilatsetat	29,5	26,9	24,3	21,7	19,2	16,8	14,4	12,1
Etil spirti, 100%	25,7	25,7	24	22,3	20,6	19	17,3	15,5
« « 80%	-	26	25	23	21	20	18	16
« « 60%	-	28	27	25	23	22	20	18
« « 40%	-	32	30	28	26	24	22	19
« « 20%	-	40	38	36	33	31	29	27

Маҳаллий қаршиликлар коэффициентлари

Қаршилик тури	Маҳаллий қаршилик коэффициентининг қийматлари ξ																																																																																							
<p>Тўғри трубада ўткир кыррали диафрагма</p>  <p>d_0 – диафрагма тешигининг диаметри, м; δ – диафрагма қалинлиги, м; w_0 – тешикда оқимнинг ўртача тезлиги, м/с; w_T – трубада оқимнинг ўртача тезлиги, $m = \left(\frac{d_0}{D}\right)^2$; D – труба диаметр, м</p>	<p>$\frac{\delta}{d_0} = 0 \div 0.015$ да босимнинг йўқотилиши давлениа $\Delta p = \xi \frac{\rho w_T^2}{2}$.</p> <p>$\xi$ ning қийматлари жадвалдан аниқланади</p> <table border="1" data-bbox="474 138 675 1266"> <tr> <td>m</td> <td>0,02</td> <td>0,04</td> <td>0,06</td> <td>0,08</td> <td>0,10</td> <td>0,12</td> <td>0,14</td> <td>0,16</td> <td>0,18</td> <td>0,20</td> <td>0,22</td> </tr> <tr> <td>ξ</td> <td>7000</td> <td>1670</td> <td>730</td> <td>4000</td> <td>245</td> <td>165</td> <td>117</td> <td>86,0</td> <td>65,5</td> <td>51,5</td> <td>40,0</td> </tr> <tr> <td>m</td> <td>0,24</td> <td>0,26</td> <td>0,28</td> <td>0,30</td> <td>0,34</td> <td>0,40</td> <td>0,50</td> <td>0,60</td> <td>0,70</td> <td>0,80</td> <td>0,90</td> </tr> <tr> <td>ξ</td> <td>32,0</td> <td>26,8</td> <td>22,3</td> <td>18,2</td> <td>13,1</td> <td>8,25</td> <td>4,00</td> <td>2,00</td> <td>0,97</td> <td>0,42</td> <td>0,13</td> </tr> </table>													m	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22	ξ	7000	1670	730	4000	245	165	117	86,0	65,5	51,5	40,0	m	0,24	0,26	0,28	0,30	0,34	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	ξ	32,0	26,8	22,3	18,2	13,1	8,25	4,00	2,00	0,97	0,42	0,13																											
m	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22																																																																													
ξ	7000	1670	730	4000	245	165	117	86,0	65,5	51,5	40,0																																																																													
m	0,24	0,26	0,28	0,30	0,34	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90																																																																													
ξ	32,0	26,8	22,3	18,2	13,1	8,25	4,00	2,00	0,97	0,42	0,13																																																																													
<p>Думалок ва квадрат кўндаланг кесимли тирсак</p>  <p>d – труба ички диаметри, м; R_0 – труба букилиши радиуси.</p>	<p>Қаршилик коэффициенти $\xi = AB$ ушбу жадвалдан танланади</p> <table border="1" data-bbox="964 138 1261 1266"> <tr> <td rowspan="2">Бурчак ϕ, градуслар</td> <td colspan="2">20</td> <td colspan="2">30</td> <td colspan="2">45</td> <td colspan="2">60</td> <td colspan="2">90</td> <td colspan="2">110</td> <td colspan="2">130</td> <td colspan="2">150</td> <td colspan="2">180</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>0,31</td> <td>0,45</td> <td>0,6</td> <td>0,78</td> <td>1,00</td> <td>1,13</td> <td>1,20</td> <td>1,28</td> <td>1,40</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>R_0/d</td> <td colspan="2">1,0</td> <td colspan="2">2,0</td> <td colspan="2">4,0</td> <td colspan="2">6,0</td> <td colspan="2">15</td> <td colspan="2">30</td> <td colspan="2">50</td> <td colspan="2">0,03</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>B</td> <td colspan="2">0,21</td> <td colspan="2">0,15</td> <td colspan="2">0,11</td> <td colspan="2">0,09</td> <td colspan="2">0,06</td> <td colspan="2">0,04</td> <td colspan="2">0,03</td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> </tr> </table>													Бурчак ϕ , градуслар	20		30		45		60		90		110		130		150		180		A	0,31	0,45	0,6	0,78	1,00	1,13	1,20	1,28	1,40									R_0/d	1,0		2,0		4,0		6,0		15		30		50		0,03				B	0,21		0,15		0,11		0,09		0,06		0,04		0,03					
Бурчак ϕ , градуслар	20		30		45		60		90		110		130		150		180																																																																							
	A	0,31	0,45	0,6	0,78	1,00	1,13	1,20	1,28	1,40																																																																														
R_0/d	1,0		2,0		4,0		6,0		15		30		50		0,03																																																																									
B	0,21		0,15		0,11		0,09		0,06		0,04		0,03																																																																											

Қаршилик тури		Маҳаллий қаршилик коэффициенти ξ									
Чўядан ясалган стандарт тирсак (90°)		Шартли ўтиш, мм					300 ва ундан юори				
		ξ					0,15				
Нормал вентиль	Вентиль тўлиқ очиқ бўлганда коэффициент ξ нинг қийматлари	D, мм	13	20	40	80	100	150	200	250	350
		ξ	10,8	8,0	4,9	4,0	4,1	4,1	4,7	5,1	5,5
Кран											
пробковый	Шартли ўтиш, мм	13		19		25		32		38	
		50 и выше		50 и выше		50 и выше		50 и выше		50 и выше	
Задвижка	ξ	4		2		2		2		3	
Тўсатдан кенгайиш	Re=wdp/μ	Шартли ўтиш, мм		15-100		175-200		300 ва ундан юори			
		ξ		0,5		0,25		0,15			
		F ₀ /F ₁									
		0,1		0,2		0,3		0,4		0,6	
10		3,1		3,1		3,1		3,1		3,1	
100		1,7		1,4		1,2		1,1		0,8	
1000		2,0		1,6		1,3		1,05		0,6	
3000		1,0		0,7		0,6		0,4		0,2	
3500 ва ундан ортик		0,81		0,64		0,5		0,36		0,16	



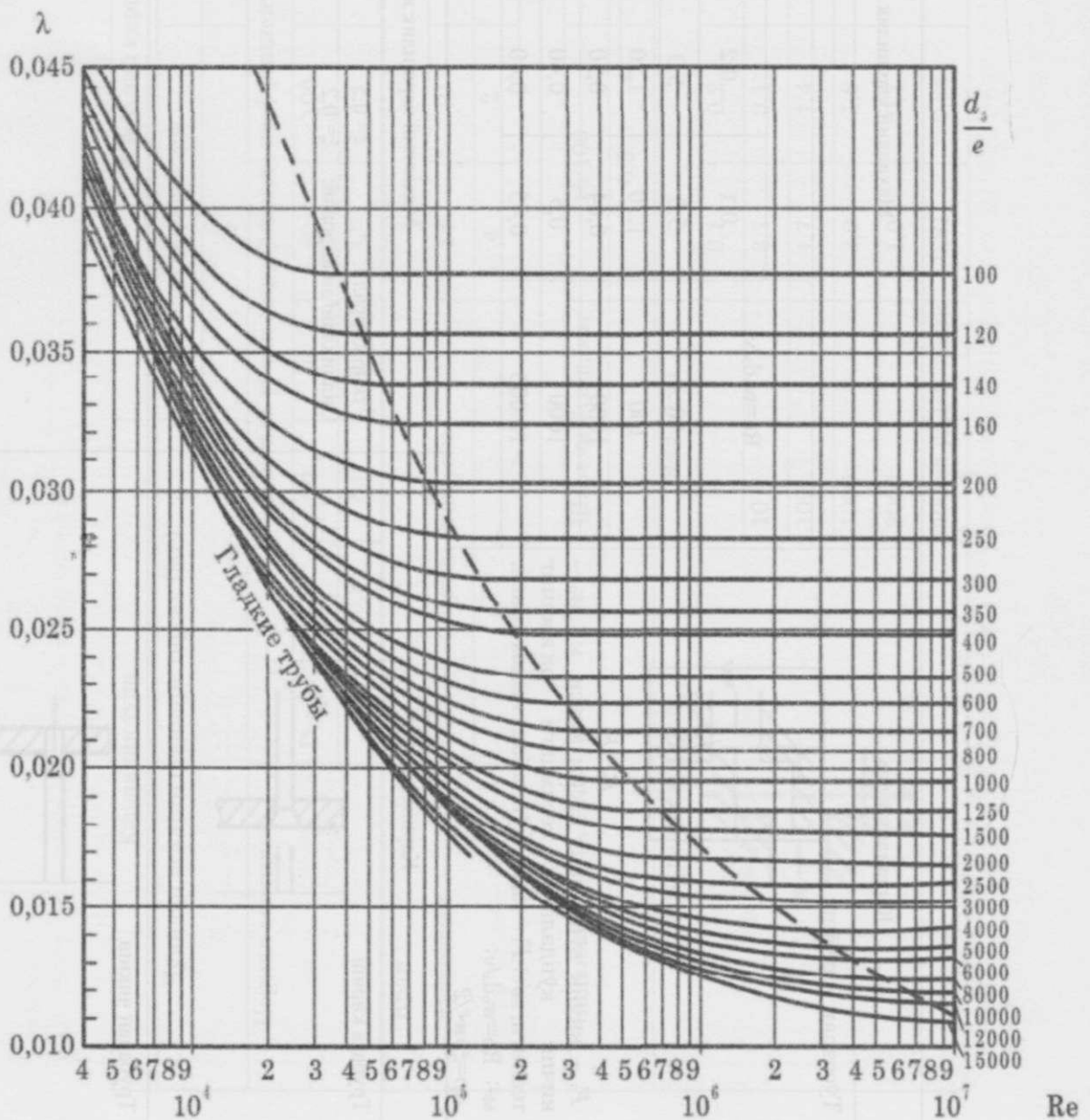
Қаршилик тури		Маҳаллий қаршилик коэффициентининг қийматлари ξ								
Тўсаддан торайиш		F_0/F_1								
		$Re = w_0 d_0 / \nu$		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	
 <p>F_0 F_1</p> <p>F_0 — кичик қўндаланг кесим юзаси, m^2; w_0 — кичик қўндаланг кесимдаги оқимнинг тезлиги, m/s; F_1 — катта қўндаланг кесим юзаси, m^2; $Re = w_0 d_0 / \nu$; $\Delta p = \xi \rho w^2 / 2$</p>		10	5,0	5,0	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	0,70	0,60
		1000	0,64	0,50	0,44	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15
		1000	0,5	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10
		> 10 000	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10
Қаршилик тури		Маҳаллий қаршилик коэффициентининг қийматлари ξ								
Трубага кириш		Ўткир киррали: $\xi = 0,5$ Силликланган киррали: $\xi = 0,2$								
Трубадан чиқиш		$\xi = 1$								

I21 -jadval

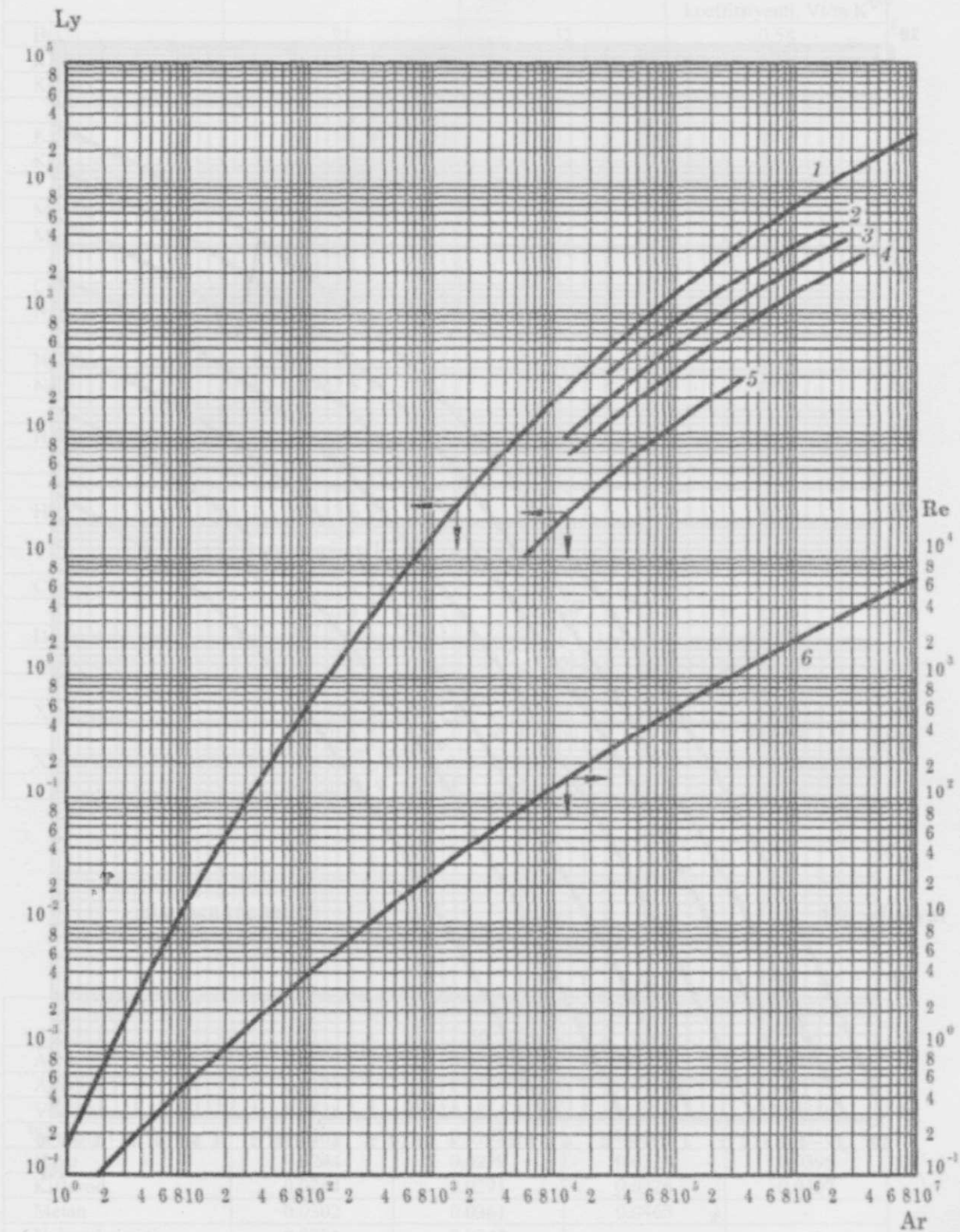
Kolonna va qurilma moslamalarining mahalliy qarshilik koeffitsiyentlari

Mahalliy gidravlik qarshiliklar	Son qiymatlari
Taqsimlash kamerasiga kirish yoki chiqish va 90° burilish	1,5
Truba o'ramiga kirish yoki chiqish	1,0
Ko'p yo'lli qurilma taqsimlash kamerasi yoki orqa dnishchesida 180° ga burilish	2,5
Shtuserlar ta'siri	1,5
U-simon trubalarda 180° ga burilish	0,5

I22-jadval

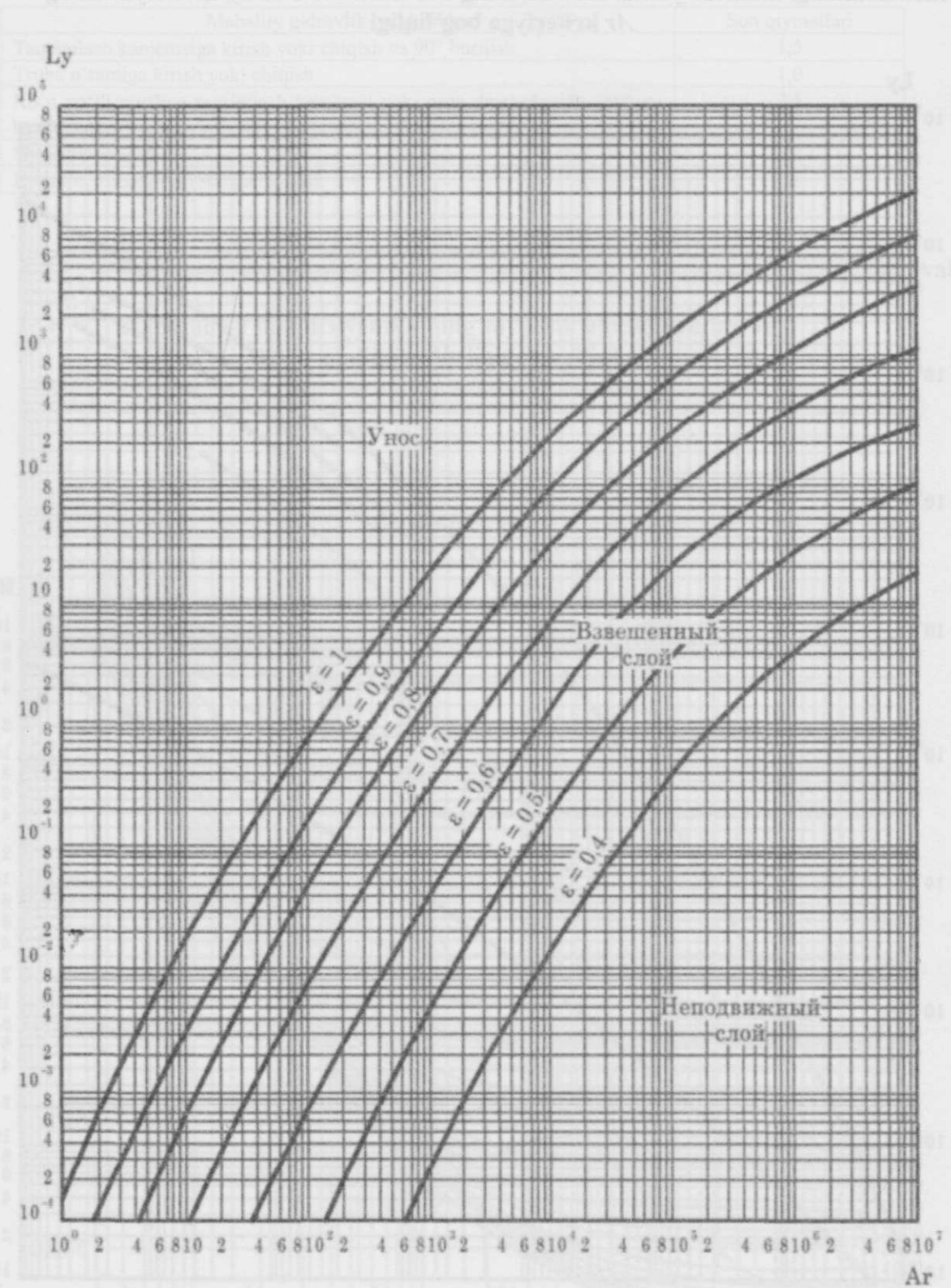
Ishqalanish koeffitsiyenti λ ning suyuqlik harakat rejimi va devor g'adir-budurligiga bog'liqligi

Tinch holatdagi muhitda yakka zarrachaning cho'kishida Re va Ly kriteriyalarining Ar kriteriyaga bog'liqligi



Uyqurlanib	0.0221	0.0244		
Uyqurlanib	0.0140	0.0156	0.0233	0.0311
Uyqurlanib	0.0172	0.0231	0.0319	
Uyqurlanib	0.0163	0.0209	0.0307	

Ly kriteriysining *Ar* kriteriysi va donador qatlam g'ovakliligi ε ga bog'liqligi



Suyuqlik va suvli eritmalar issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyentlari

Modda	Konsentratsiya, %(mass.)	Temperatura, °C	Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti, Vt/m·K
BaCl ₂	21	32	0.58
KBr	40	32	0.53
KOH	21	32	0.58
	42	32	0.55
K ₂ SO ₄	10	32	0.60
KCl	15	32	0.58
	30	32	0.56
MgSO ₄	22	32	0.59
MgCl ₂	11	32	0.58
	29	32	0.52
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
	60	32	0.44
	90	32	0.35
HCl	12.5	32	0.52
	25	32	0.48
	38	32	0.44
Cuyuq ammiak	100	0	0.541
	100	100	0.314
Dixloretan	100	0	0.1396
Sirka kislota	50	0	0.314
	50	100	0.477
Xlorbenzol	100	0	0.132
	100	100	0.1128
Xloroform	100	0	0.142
	100	100	0.0919

P_{abs}=1 da gazlarning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyentlari

Gaz	Temperatura, °S			
	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	0.2559
Suv bug'i	0.0163	0.0198	0.0244	0.0326
Havo	0.0244	0.0279	0.0326	0.0395
Kislorod	0.0244	0.0291	0.0326	0.0407
Metan	0.0302	0.0361	0.0465	-
Uglerod oksidi	0.0221	0.0244	-	-
Uglerod dioksidi	0.0140	0.0186	0.0233	0.0314
Etan	0.0174	0.0233	0.0314	-
Etilen	0.0163	0.0209	0.0267	-

Issiqlik eltkichlarning tavsiya etiladigan tezliklari

Suyuqliklar uchun						
Qovushqoqlik, Pa·s	1,5	0,5-1,0	0,1-0,5	0,035-0,1	0,001-0,035	0,1-0,5
Chiziqli tezlik, m/s	0,6	0,75	0,85	1,5	1,8	2,4
Gaz va bug'lar uchun						
Bosim, MPa	Molekulyar massa					
	18	29	44	100	200	400
0,17	36	25	21	15	12	10,5
0,45	18	15	12	9	7	6,0
0,80	15	12	9	7	5,5	5,0
3,60	10	8,5	6	5	4,0	3,5
7,00	9	7,5	5	4	-	-

Suyuqliklarning hajmiy kengayish koefitsiyent β lari ($\sim 20^\circ\text{C}$)

Suyuqlik	$\beta \cdot 10^5$, 1/K	Suyuqlik	$\beta \cdot 10^5$, 1/K
Benzin	125	Pentan	159
Glitserin	53	CaCl ₂ , 6%-li eritmasi	25
Kerosin	100	CaCl ₂ , 41%-li eritmasi	46
μ -ksilol	101	NaCl, 26%-li eritmasi	44
Olivka moyi	70	Skipidar	94
Parafin moyi	90	Amil spirti	93

Suyuqlik va suvli eritmalar hajmiy kengayish koefitsiyenti β ning temperaturaga bog'liqligi

Modda	$\beta \cdot 10^3$							
	-20 ^o C	0 ^o C	20 ^o C	40 ^o C	60 ^o C	80 ^o C	100 ^o C	120 ^o C
Azot kislotâ, 50%	-	0,84	0,88	0,92	0,97	1,03	1,09	-
Suyuq ammiak	1,84	2,15	2,42	2,80	3,20	4,30	6,20	14,5
Anilin	-	0,83	0,84	0,86	0,88	0,91	0,95	1,01
Atseton	1,31	1,35	1,43	1,52	1,62	1,88	2,00	2,12
Benzol	-	1,18	1,22	1,26	1,30	1,37	1,43	1,57

Konstrukcion materiallar issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyentlari, $Vt/(m \cdot K)$

Material nomi	Temperatura, °C					
	0	100	200	300	400	500
Uglerodli po'latlar:						
VStZsp	—	55	54	50	45	39
Stal 10	—	58	54	49	45	40
Stal 20	—	51	49	44	43	39
Stal 40	—	51	48	46	42	38
Legirlangan po'latlar:						
Stal 15X	44	44	43	41	39	36
Stal 20X	42	42	41	40	38	36
12XN2	38	38	37	35	33	31
Korrozion bardosh po'latlar (zanglamas):						
08X13	27	28	28	28	28	27
08X18N10	17	—	—	—	—	—
08X18N10T, 12X18N10T	—	16	18	19	—	—
12X18N9	—	16	18	19	20	22
08X22N6T	—	15	16	18	20	21
10X17N13M2T	14,7	15,1	—	15,9	—	16,4
Rangli metallar, qotishmalar:						
Alyuminiy	237	240	236	236	225	218
Dyuralyuminiy: 94...96% Al, 3...5% Cu, 0,5% Mg	159	181	194	—	—	—
Mis	401	393	386	379	—	366
Latun LMsh 68-0,05	105	108	110	113	116	119
Latun LO 62-1	102	116	132	148	164	181
Latun LANsh 59-3-2	81	93	106	119	132	140
Monel-metall: 29% Cu, 67% Ni, 2% Fe	22,1	24,4	27,6	30,2	33,7	—
Nixrom: 90% Ni, 10% Cr	17,1	19,0	20,9	22,8	24,7	—
Nixrom: 80% Ni, 20% Cr	12,2	13,8	15,6	17,2	19,0	—
CHO'yan (1% Ni)	50	49	—	46,5	—	37

Suyuqlik va suvli eritmalarining issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyentlari, $Vt/(m \cdot K)$

Modda	Temperatura, °C							
	-20	0	20	40	60	80	100	120
Azot kislova:								
100%-li	0,262	0,256	0,251	0,246	0,241	0,238	0,233	0,230
50%-li	—	0,442	0,457	0,467	0,478	0,483	0,485	0,487
Ammiak suyuq	0,585	0,539	0,494	0,449	0,404	0,358	0,313	0,268
Ammiakli suv 25%-li	—	0,418	0,448	0,478	0,507	0,537	0,568	0,592
Anilin	—	0,186	0,182	0,179	0,174	0,171	0,167	0,164
Atseton	0,179	0,174	0,169	0,165	0,16	0,155	0,151	0,146
Benzol	—	0,151	0,146	0,14	0,136	0,130	0,125	0,121
Butil spirti	0,159	0,155	0,153	0,150	0,146	0,143	0,139	0,137
Suv	—	0,550	0,597	0,632	0,658	0,673	0,681	0,684
Geksan	0,137	0,137	0,137	0,137	0,137	0,137	0,137	0,137

Glitserin 50%-li	—	0,389	0,420	0,454	0,487	0,522	0,557	0,592
Oltugugurt dioksidi (suyuq)	0,224	0,211	0,198	0,186	0,174	0,161	0,148	0,136
Dixloretan	0,145	0,139	0,135	0,130	0,124	0,119	0,114	0,109
Izopropil spirti	0,156	0,153	0,151	0,147	0,144	0,140	0,137	0,133
Xlorli kalsiy 25%-li	0,472	0,505	0,538	0,571	0,603	0,636	0,673	0,696
Metil spirti:								
100%-li	0,216	0,213	0,211	0,208	0,205	0,202	0,200	0,197
40%-li	—	0,322	0,333	0,342	0,353	0,362	0,371	0,383
Chumoli kislota	—	0,260	0,256	0,253	0,248	0,245	0,240	0,235
Natriy ishqori: 50%-li		0,517	0,530	0,539	0,545	0,552	0,556	0,558
40%-li	—	0,517	0,531	0,542	0,551	0,557	0,560	0,563
30%-li	—	0,517	0,532	0,544	0,554	0,561	0,565	0,567
20%-li	—	0,519	0,536	0,549	0,561	0,570	0,573	0,575
10%-li	—	0,522	0,542	0,557	0,571	0,579	0,583	0,586
Xlorli natriy 20%-li	—	0,543	0,577	0,603	0,626	0,644	0,655	0,661
Nitrobenzol	—	0,153	0,151	0,147	0,145	0,142	0,139	0,116
Oktan	0,154	0,153	0,152	0,150	0,147	0,146	0,145	0,144
Oleum 20%-li	—	0,29	0,302	0,313	0,325	0,336	—	—
Propil spirti	0,163	0,159	0,155	0,150	0,146	0,141	—	—
Sulfat kislota:								
98%-li	—	0,306	0,329	0,341	0,355	0,376	0,387	0,399
92%-li	0,297	0,320	0,343	0,355	0,376	0,390	0,401	0,413
75%-li	0,348	0,365	0,383	0,400	0,423	0,447	0,470	0,493
60%-li	0,383	0,406	0,429	0,441	0,464	0,499	0,522	0,545
Oltugugurt uglerodi	0,174	0,169	0,165	0,161	0,154	0,150	0,145	0,140
Xlorid kislota 30%-li	—	0,387	0,420	0,452	0,486	0,522	0,557	0,580
Toluol	0,145	0,140	0,136	0,131	0,128	0,123	0,118	0,114
Sirka kislota: 100%-li		0,176	0,173	0,168	0,164	0,160	0,155	0,151
50%-li	—	0,313	0,346	0,378	0,412	0,444	0,476	0,510
Fenol (critilgan)	—	—	0,203	0,205	0,209	0,211	0,213	0,216
Xlorbenzol	0,137	0,132	0,129	0,125	0,121	0,116	0,113	0,109
Xloroform	0,151	0,142	0,132	0,122	0,113	0,102	0,092	0,082
To'rt xlorli uglerod	0,131	0,124	0,117	0,110	0,103	0,096	0,089	0,082
Etilatsetat	0,174	0,157	0,137	0,117	0,097	—	—	—
Etil spirti: 100%-li	0,172	0,171	0,168	0,167	0,165	0,164	0,161	0,159
80%-li	—	0,189	0,222	0,254	0,287	0,319	0,348	0,383
60%-li	—	0,249	0,282	0,313	0,346	0,378	0,406	0,441
40%-li	—	0,348	0,382	0,414	0,447	0,479	0,510	0,545
20%-li	—	0,445	0,478	0,510	0,542	0,574	0,603	0,638
Etilli efir	0,139	0,138	0,137	0,136	0,135	0,133	0,132	0,131

Gaz va bug'larning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyentlari, $Vt/(m \cdot K)$

Modda	Temperatura, °S								
	0	100	200	300	400	500	600	700	800
Azot	0,0242	0,0314	0,0384	0,0448	0,0506	0,0557	0,0602	0,0640	0,0673
Ammiak	0,0213	0,0296	0,0371	0,0444	0,0515	0,0582	0,0643	0,0703	0,0760
Atsetilen	0,0173	0,0229	0,0276	0,0325	0,0362	0,0398	0,0435	0,0467	0,0500
Atseton	0,0097	0,0173	0,0268	0,0385	0,0520	0,0673	0,0844	—	—
Benzol	0,0090	0,0173	0,0281	0,0415	0,0574	0,0762	0,0960	—	—
Butan	0,0133	0,0235	0,0365	0,0519	0,0698	0,0902	0,1130	—	—
Vodorod	0,1740	0,2158	0,2575	0,2993	0,3410	0,3828	0,4246	0,4663	0,5081
Suv bug'i	0,0161	0,0239	0,0329	0,0433	0,0549	0,0677	0,0820	0,0977	0,1146
Havo	0,0244	0,0320	0,0392	0,0459	0,0520	0,0573	0,0621	0,0664	0,0703
Geksan	0,0112	0,0202	0,0320	0,0459	0,0625	0,0812	0,1030	—	—
Oltinugurt dioksidi	0,0084	0,0123	0,0166	0,0211	0,0258	0,0306	0,0357	0,0409	0,0462
Uglerod dioksidi	0,0146	0,0227	0,0309	0,0390	0,0471	0,0548	0,0619	0,0687	0,0749
Kislorod	0,0246	0,0328	0,0406	0,0479	0,0549	0,0614	0,0673	0,0726	0,0775
Metan	0,0302	0,0412	0,0517	0,0622	0,0720	0,0817	0,0911	0,1002	0,1090
Metil spirti	0,0128	0,0218	0,0328	0,0457	0,0603	0,0766	0,0943	—	—
Azot oksidi	0,0206	0,0274	0,0331	0,0380	0,0433	0,0478	0,0522	0,0559	0,0595
Uglerod oksidi	0,0232	0,0300	0,0364	0,0425	0,0484	0,0539	0,0595	0,0648	0,0699
Pentan	0,0123	0,0220	0,0341	0,0486	0,0655	0,0847	0,1060	—	—
Propan	0,0152	0,0263	0,0401	0,0562	0,0748	0,0956	0,1190	—	—
Toluol	0,0129	—	—	—	—	—	—	—	—
Serovodorod	0,0119	0,0165	0,0205	0,0246	0,0280	0,0311	0,0343	0,0374	0,0401
Xlor	0,0072	0,0099	0,0124	0,0150	0,0169	0,0190	0,0210	0,0229	0,0246
Xloroform	0,00636	0,0100	0,0142	0,0188	0,0237	0,0291	—	—	—
To'rt xlorli uglerod	0,0060	0,0087	0,0116	0,0146	0,0177	0,0211	0,0245	—	—
Etan	0,0190	0,0319	0,0474	0,0654	0,0855	0,1080	0,1330	—	—
Etilen	0,0164	0,0295	0,0441	0,0593	0,0755	0,0921	0,1081	0,1230	0,1346
Etil spirti	0,0129	0,0230	0,0350	0,0499	0,0666	0,0856	0,1072	—	—
Etili efir	0,0130	0,0227	0,0351	0,0499	0,0672	0,0862	0,1079	—	—

**Devor yuzasi iflosliklarining issiqlik o'tkazuvchanligining
o'rtacha qiymatlari $1/r_{zagr}, Vt/(m^2K)$**

Eltkich	Qiymat
Suv:	
ifloslangan	1400-1860*
o'rtacha sifatli	1860-2900*
yaxshi sifatli	2900-5800*
tozalangan	2900-5800*
distillangan	11 600
dengiz suvi	6000-10 000*
ko'l, quduq, vodoprovod suv	3000-6000*
dengiz suvi, toza $w > 1$ m/s	1800-3000*
dengiz suvi, toza $w > 2$ m/s	3000-5000*
Toza neft mahsulotlari, moylar, sovutuvchi eltich bug'lari	2900
Neft mahsulotlari, xom-ashyo	1160
Organik suyuqliklar, namokoblar, sovutuvchi eltichlar (suyuq)	5800
Suv bug'i	11 000
Suv bug'i (moy bilan)	5800
Organik bug'lar	11 600
Havo	2800

* Kichik qiymatlar 50°C dan yuqori temperaturalarga tegishli.

Ayrim suyuqliklarning o'rtacha solishtirma issiqlik sig'implari

Nomi	s, kJ/kg·K	Nomi	s, kJ/kg·K
Suyuq azot	2,01	Suyuq kislorod	1,68
Azot kislotasi	2,77	Mashina moyi	1,68
Ammiak	4,19	Nitrobenzol	1,38
Benzin	1,84	Oltinugurt angidridi	1,34
Geksan	2,51	Skipidar	1,76
Kerosin	2,10	Fenol	2,35

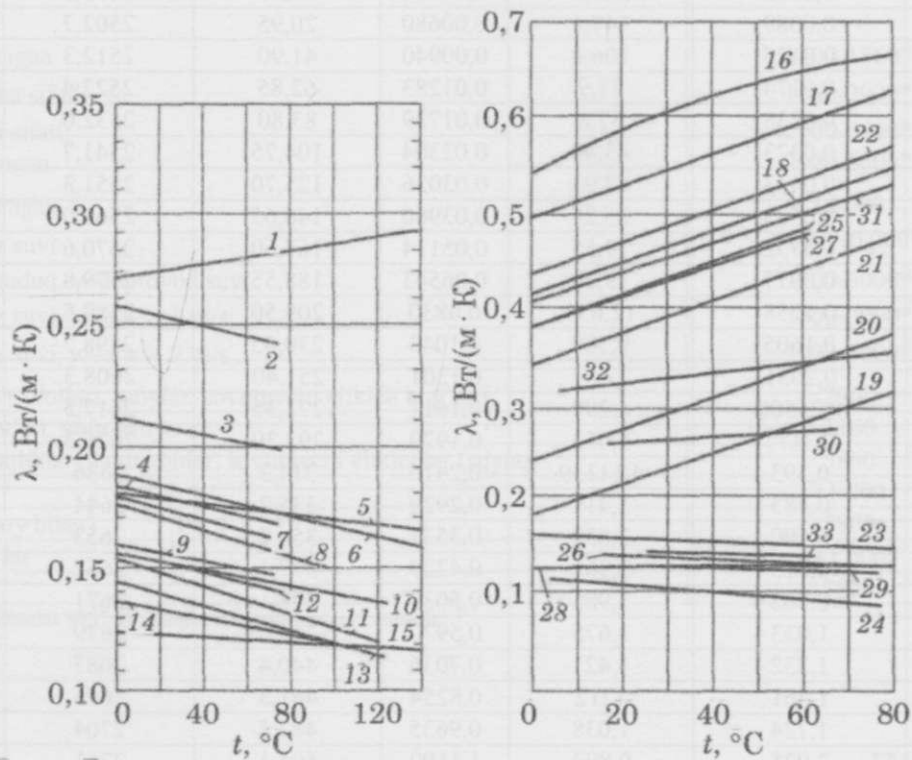
Issiqlik berish koeffitsiyenti α ning tahminiy qiymatlari

t/r	Issiqlik almashinish turi	$\alpha, Vt/(m^2 \cdot K)$
1.	Gazlar, tabiiy konveksiya va atmosfera bosimida	5...15
2.	Gazlar, trubada yoki ular orasida majburiy konveksiya va atmosfera bosimida	30...100
3.	Suv, tabiiy konveksiyada	300...800
4.	Suv, trubada yoki ular orasida xarakatlanganda	1000...10000
5.	Qovushqoq suyuqliklar trubada harakatlanganda	200...2000
6.	Suv, pufakchali qaynash	2000...25000
7.	Suv bug'ining yupqa qatlamli kondensatsiyasi	4000...15000
8.	Suv bug'ining tomchili kondensatsiyasi	30000...120000
9.	Organik suyuqlik bug'ining kondensatsiyasi	500...2000

To'yingan suv bug'i xossalarning temperaturaga bog'liqligi

Temperatura, °S	Bosim (absolyut) p , kg·k/m ²	Solishtirma hajm, v , m ³ /kg	Zichlik ρ , kg/m ³	Suyuqlik entalpiyasi i' , kJ/kg	Bug' entalpiyasi i'' , kJ/kg	Bug' hosil bo'l. sol. issiqligi r , kJ/kg
0	0,0062	206,5	0,00484	0	2493,1	2493,1
5	0,0089	147,1	0,00680	20,95	2502,7	2481,7
10	0,0125	106,4	0,00940	41,90	2512,3	2470,4
15	0,0174	77,9	0,01283	62,85	2522,4	2459,5
20	0,0238	57,8	0,01729	83,80	2532,0	2448,2
25	0,0323	43,40	0,02304	104,75	2541,7	2436,9
30	0,0433	32,93	0,03036	125,70	2551,3	2425,6
35	0,0573	25,25	0,03960	146,65	2561,0	2414,3
40	0,0752	19,55	0,05114	167,60	2570,6	2403,0
45	0,0977	15,28	0,06543	188,55	2579,8	2391,3
50	0,1258	12,054	0,0830	209,50	2589,5	2380,0
55	0,1605	9,589	0,1043	230,45	2598,7	2368,2
60	0,2031	7,687	0,1301	251,40	2608,3	2356,9
65	0,25500	6,209	0,1611	272,35	2617,5	2345,2
70	0,3177	5,052	0,1979	293,30	2626,3	2333,0
75	0,393	4,11139	0,2416	314,3	2636	2321
80	0,483	3,414	0,2929	335,2	2644	2310
85	0,590	2,832	0,3531	356,2	2653	2297
90	0,715	2,365	0,4229	377,1	2662	2285
95	0,862	1,985	0,5039	398,1	2671	2273
100	1,033	1,675	0,5970	419,0	2679	2260
105	1,232	1,421	0,7036	440,4	2687	2248
110	1,461	1212	0,8254	461,3	2696	2234
115	1,724	1,038	0,9635	482,7	2704	2221
120	2,025	0,893	1,1199	504,1	2711	2207
125	2,367	0,7715	1,296	525,4	2718	2194
130	2,755	0,6693	1,494	546,8	2726	2179
135	3,192	0,5831	1,715	568,8	2726	2179
140	3,685	0,5096	1,962	589,5	2740	2150
145	4,238	0,4469	2,238	611,3	2747	2125
150	4,855	0,3933	2,543	632,7	2753	2120
160	6,303	0,3075	3,252	654,1	2765	2089
170	8,080	0,2431	4,113	719,8	2776	2056
180	10,23	0,1944	5,145	763,8	2785	2021
190	12,80	0,1568	6,378	808,3	2792	1984
200	15,85	0,1276	7,840	852,7	2798	1945
210	19,53	0,1045	9,567	897,9	2801	1904
220	23,66	0,0862	11,600	943,2	2803	1860
230	28,53	0,07155	13,98	989,3	2802	1813
240	34,13	0,05967	16,76	1035	2799	1763
250	40,55	0,04998	20,01	1082	2792	1710
260	47,85	0,04199	23,82	1130	2783	1653
270	56,11	0,03538	28,27	1178	2770	1593
280	65,42	0,02988	33,47	1226	2754	1528
290	75,88	0,02525	39,60	1275	2734	1459
300	87,6	0,02131	46,93	1327	2710	1384
310	100,7	0,01799	55,59	1380	2682	1302
320	115,2	0,01516	65,95	1437	2650	1213
330	131,3	0,01273	78,53	1498	2613	1117
340	149,0	0,01064	93,98	1564	2571	1009
350	168,6	0,00884	113,2	1638	2519	881,2
360	190,3	0,00716	139,6	1730	2444	713,6
370	214,5	0,00585	171,0	1890	2304	411,5
374	225	0,00310	322,6	2100	2100	0

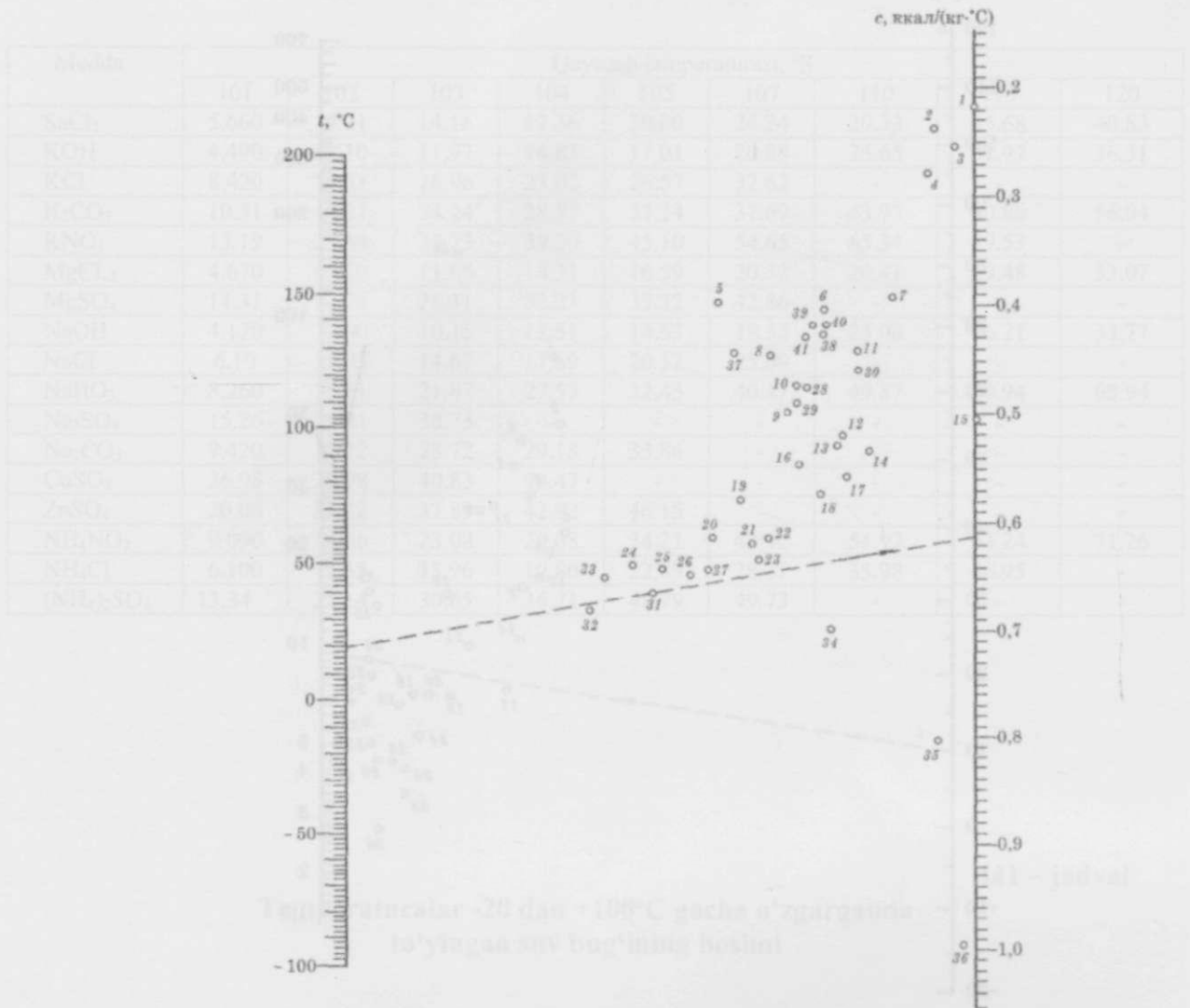
Ayrim suyuqliklarning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyentlari



Modda	Chiziq raqami	Modda	Chiziq raqami
Ammiak, 26%	31	Chumoli kislota	2
Anilin	6	Nitrobenzol	10
Atseton	8	Oktan	33
Benzol	11	Sulfat kislota, 98%	30
Butil spirti	9	Oltinugurt uglerodi	23
Vazelin moyi	15	Xlorid kislota, 30%	27
Suv	16	Toluol	13
Geksan	26	Sirka kislota	7
Suvsiz glitserin	1	Xlorli kalsiy, 25%	17
« 50%	25	Xlorli natriy, 25%	18
Dietill efir	29	To'rt xlorli uglerod	24
Izopropil spirti	12	Etil spirti, 100%	4
Kastor yog'i	5	Etil spirti, 80%	19
Kerosin	28	Etil spirti, 60%	20
Ksilol	14	Etil spirti, 40%	21
Metil spirti 100%	3	Etil spirti, 20%	22
« « 40%	32		

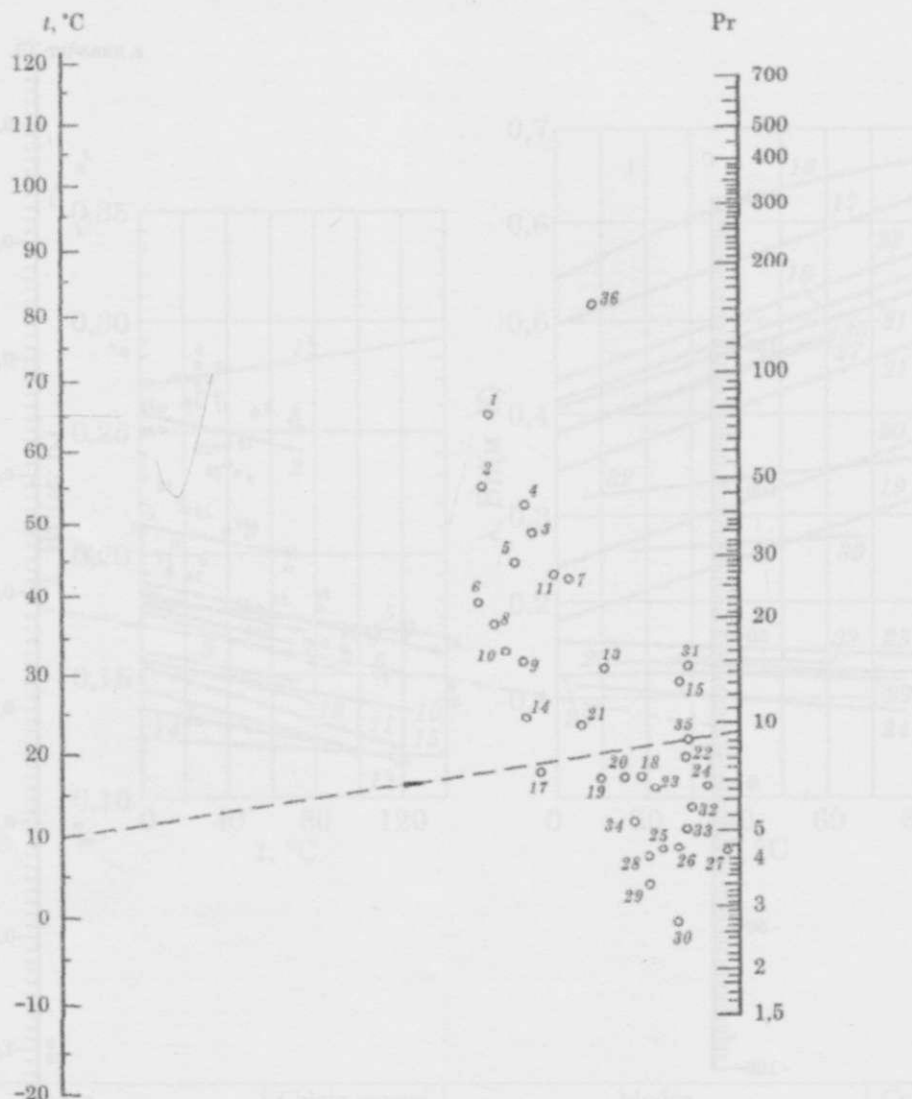
Suyuqliklarning issiqlik sig'irlarini aniqlash nomogrammasi

Atmosfera bosimida qaynaydigan ayiruvuvchi eritmalar konsentratyalarini



Modda	Nuqta raqami	Modda	Nuqta raqami
Amilatsetat	12	Metil spirti	23
Anilin	14	Oktan	15
Atseton	18	Propil spirti	25
Benzol	29	Sulfat kislota, 100%	7
Bromli etil	1	Oltinugurtli uglerod	4
Butil spirti	24	Xlorid kislota, 30%	26
Suv	36	Toluol (ot - 60 do 40 ° S)	28
Geptan	18	Toluol (- 40...100°S)	30
Glitserin	21	Sirka kislota 100%	16
Difenil	8	Xlorbenzol	6
Dietilli efir	17	Xlorli kalsiy, 25%	34
Izobutil spirti	33	Xlorli natriy 25%	35
Izopentan	20	Xlorli etil	11
Izopropanol (0...+50)	32	Xloroform	3
Izopropanol (-50...0)	27	To'rt xlorli uglerod	2
Iodli etil	5	Etilatsetat	13
o - i μ - ksilol	9	Etilenglikol	22
n - ksilol	10	-	-

Suyuqliklar uchun Pr kriteriysining qiymatlari



Modda	Nuqta raqami	Modda	Nuqta raqami
Amilatsetat	31	Oktan	33
Ammiak 26%	14	Pentan	26
Anilin	5	Sulfat kislota, 111%	1
Atseton	25	Sulfat kislota, 98%	2
Benzol	22	Sulfat kislota, 60%	4
Bromli etil	29	Oltinugurt uglerod	30
Butil spirti	11	Xlorid kislota, 30%	21
Suv	17	Toluol	23
Geptan	32	Sirka kislota 100%	15
Dietilli efir	28	Sirka kislota 50%	9
Glitserin 50%	6	Xlorbenzol	35
Izobutil spirti	3	Xloroform	34
Izopropil spirti	7	To'rt xlorli uglerod	18
Iodli etil	27	Etilatsetat	24
Ksilol	19	Etilenglikol	36
Metil spirti, 100%	20	Etil spirti, 100%	4
Metil spirti, 40%	10	Etil spirti, 80%	19

Atmosfera bosimida qaynaydigan ayrim suvli eritmalar konsentratsiyalari

Modda	Qaynash temperaturasi, °S								
	101	102	103	104	105	107	110	115	120
SaCl ₂	5.660	10.31	14.16	17.36	20.00	24.24	29.33	35.68	40.83
KOH	4.490	8.510	11.97	14.82	17.01	20.88	25.65	31.97	36.51
KCl	8.420	14.31	18.96	23.02	26.57	32.62	-	-	-
K ₂ CO ₃	10.31	18.37	24.24	28.57	32.24	37.69	43.97	50.86	56.04
KNO ₃	13.19	23.66	32.23	39.20	45.10	54.65	65.34	79.53	-
MgCl ₂	4.670	8.420	11.66	14.31	16.59	20.32	24.41	29.48	33.07
MgSO ₄	14.31	22.78	28.31	32.23	35.32	42.86	-	-	-
NaOH	4.120	7.400	10.15	12.51	14.53	18.32	23.08	26.21	33.77
NaCl	6.19	11.03	14.67	17.69	20.32	25.09	-	-	-
NaHO ₃	8.260	15.61	21.87	27.53	32.43	40.47	49.87	60.94	68.94
Na ₂ SO ₄	15.26	24.81	30.73	-	-	-	-	-	-
Na ₂ CO ₃	9.420	17.22	23.72	29.18	33.86	-	-	-	-
CuSO ₄	26.95	39.98	40.83	44.47	-	-	-	-	-
ZnSO ₄	20.00	31.22	37.89	42.92	46.15	-	-	-	-
NH ₄ NO ₃	9.090	16.66	23.08	29.08	34.21	42.92	51.92	63.24	71.26
NH ₄ Cl	6.100	11.35	15.96	19.80	22.89	28.37	35.98	46.95	-
(NH ₄) ₂ SO ₄	13.34	23.14	30.65	36.71	41.79	49.73	-	-	-

Temperaturalar -20 dan +100°C gacha o'zgarganda to'yingan suv bug'ining bosimi

Modda	Qaynash temperaturasi, °C								
	125	140	160	180	200	220	240	260	300
SaCl ₂	45,80	57,89	68,94	75,85	-	-	-	-	-
KOH	40,23	48,05	54,89	60,41	64,91	68,73	72,46	75,76	81,63
KCl	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K ₂ CO ₃	60,40	-	-	-	-	-	-	-	-
KNO ₃	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MgCl ₂	36,02	38,61	-	-	-	-	-	-	-
MgSO ₄	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NaOH	37,58	48,32	60,13	69,97	77,53	84,03	88,89	93,02	98,47
NaCl	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NaHO ₃	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Na ₂ SO ₄	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Na ₂ CO ₃	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CuSO ₄	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ZnSO ₄	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NH ₄ NO ₃	9.090	16.66	23.08	29.08	34.21	42.92	51.92	63.24	71.26
NH ₄ Cl	6.100	11.35	15.96	19.80	22.89	28.37	35.98	46.95	-
(NH ₄) ₂ SO ₄	13.34	23.14	30.65	36.71	41.79	49.73	-	-	-

**Atmosfera va past bosimlarda ayrim organik birikmalarning
qaynash temperaturasi, °C**

t , °C	p , mm.sim.ust.	t , °C	p , mm.sim.ust.	t , °C	p , mm.sim.ust.	t , °C	p , mm.sim.ust.	t , °C	p , mm.sim.ust.
-20	0,772	5	6,540	30	31,82	55	118,0	80	355,1
-18	0,935	7	7,510	32	35,66	57	129,8	82	384,9
-17	1,027	8	8,050	33	37,73	58	136,1	83	400,6
-16	1,128	9	8,610	34	39,90	59	142,6	84	416,8
-15	1,238	10	9,210	35	42,18	60	149,4	85	433,6
-14	1,357	11	9,840	36	44,56	61	156,4	86	450,9
-13	1,486	12	10,52	37	47,07	62	163,8	87	468,7
-12	1,627	13	11,23	38	49,65	63	171,4	88	487,1
-11	1,780	14	11,99	39	52,44	64	179,3	89	506,1
-10	1,946	15	12,79	40	55,32	65	187,5	90	525,8
-9	2,125	16	13,63	41	58,34	66	196,1	91	546,1
-8	2,321	17	14,53	42	61,50	67	205,0	92	567,0
-7	2,532	18	15,48	43	64,80	68	214,2	93	588,6
-6	2,761	19	16,48	44	68,26	69	223,7	94	610,9
-5	3,008	20	17,54	45	71,88	70	233,7	95	633,9
-4	3,276	21	18,65	46	75,65	71	243,9	96	657,6
-3	3,566	22	19,83	47	79,60	72	254,6	97	682,1
-2	3,879	23	21,07	48	83,71	73	265,7	98	707,3
-1	4,216	24	22,38	49	88,02	74	277,2	99	733,2
0	4,579	25	23,76	50	92,51	75	289,1	100	760,0
+1	4,930	26	25,21	51	97,20	76	301,4	-	-
2	5,290	27	26,74	52	102,1	77	314,1	-	-
3	5,690	28	28,35	53	107,2	78	327,3	-	-
4	6,100	29	30,04	54	112,5	79	341,0	-	-

Estatma: indeks « σ » birikma erimaganligini va uning to'yingan bug'lari qattiq faza bilan muvozanatda ekanligini ko'rsatadi.

Yuqori bosimda ayrim organik birikmalarning qaynash temperaturasi, °C

Birikma	Brutto-formula	Bosim, MPa				
		0,2	0,5	1,0	2,0	3,0
Uglerod tetraxloridi	CCl_4	102,8	141,7	178,0	222,0	251,2
Xloroform	$CHCl_3$	83,9	120,0	152,3	191,8	216,5
Metil spirti	CH_4O	84,0	112,5	138,0	167,8	186,5
Oltinugurt uglerodi	CS_2	69,1	104,8	136,3	175,5	201,5
1,2-Dixloretan	$S_2N_4S_{12}$	108,1	147,8	183,5	226,6	254,0
Sirka kislota	$C_2H_4O_2$	143,5	180,3	214,0	252,0	276,5
Etil bromid	S_2N_5Br	60,2	95,0	126,8	164,3	188,0
Etil xlorid	S_2N_5Cl	32,5	64,0	92,6	127,3	149,5
Etil spirti	C_2H_6O	97,5	126,0	151,8	183,0	203,0
Dimetilli efir	$C_2H_6O_2$	20,4	45,5	75,7	96,0	112,1
Atseton	C_3H_6O	78,6	113,0	144,5	181,0	205,0

Propil spirti	C ₃ H ₈ O	117,0	149,0	177,0	210,8	232,3
Izopropil spirti	C ₃ H ₈ O	101,3	130,2	155,7	186,0	205,0
Sirka anhidrid	C ₄ H ₆ O ₃	162,0	194,0	221,5	253,0	272,8
Etilatsetat	C ₄ H ₈ O ₂	100,6	136,6	169,7	209,5	235,0
Butil spirti	C ₄ H ₁₀ O	139,8	172,5	203,0	237,0	259,0
Izobutil spirti	C ₄ H ₁₀ O	127,3	156,2	182,0	212,5	232,0
Dietilli efir	C ₄ H ₁₀ O	56,0	90,0	122,0	159,0	183,3
Brombenzol	C ₆ H ₆ Br	182,6	232,5	274,5	327,0	359,8
Xlorbenzol	C ₆ H ₆ Cl	160,2	205,0	245,3	292,8	324,4
Benzol	S ₆ N ₆	103,8	142,5	178,8	221,5	248,5
Fenol	C ₆ H ₆ O	208,0	248,2	283,8	328,7	358,0
Anilin	C ₆ H ₇ N	212,8	254,8	292,7	342,0	375,5
Toluol	C ₇ H ₈	136,5	178,0	215,8	262,5	292,8
Etilbenzol	C ₈ H ₁₀	163,5	207,5	246,3	291,5	326,5

144 – jadval

Po'latlar uchun ruxsat etilgan kuchlanishlar

Hisoblangan temperatura, °C	Ushbu rusumli po'latlar uchun ruxsat etilgan kuchlanishlar σ , MPa						
	VSt.3	20. 20K	16GS, 17GS, 17G1S, 10G2S1, 09G2S	10G2	12XM	12MX	15XM
20	140	147	183	180	147	147	155
100	134	142	160	160	-	-	-
150	131	139	154	154	-	-	-
200	126	136	148	148	145	145	152
250	120	132	145	145	145	145	152
300	108	119	134	134	141	141	147
350	98	106	123	123	137	137	142
375	93	98	116	108	135	135	140
400	85	92	105	92	132	132	137
410	81	86,5	104	86	130	130	136
420	75	80	92	80	129	129	135
430	70	75	80	75	127	127	134
440	-	67	78	67	126	126	132
450	-	61	71	61	124	124	131
460	-	55	64	55	122	122	127
470	-	49	56	49	117	117	122
480	-	44	53	44	114	114	117
490	-	-	-	-	105	105	107
500	-	-	-	-	96	96	99
520	-	-	-	-	69	69	74
540	-	-	-	-	50	47	57
560	-	-	-	-	33	-	41
20	146	240	240	180	160	153	147

100	141	235	207	173	133	140	138
150	138	230	200	171	125	130	130
200	134	225	193	171	120	120	124
250	127	220	173	167	115	113	117
300	120	210	167	149	112	103	110
350	114	200	-	143	108	101	107
375	110	180	-	141	107	90	105
400	105	170	-	140	107	87	103
410	103	160	-	-	107	83	-
420	101	155	-	-	107	82	-
430	99	140	-	-	107	81	-
440	96	135	-	-	107	81	-
450	94	130	-	-	107	80	-
460	91	126	-	-	-	-	-
470	89	122	-	-	-	-	-
480	86	118	-	-	-	-	-
490	83	114	-	-	-	-	-
500	79	108	-	-	-	-	-
520	66	85	-	-	-	-	-
540	54	58	-	-	-	-	-
560	40	45	-	-	-	-	-

I45 - jadval

Ayrim moddalar diffuziya koeffitsiyentlari, m²/s

Gaz	Havoda diffuziya davrida $D_g \cdot 10^6$ ($p = 10^5$ Pa, $t = 0^\circ\text{C}$)	Suvda diffuziya davrida $D_f \cdot 10^9$ ($t = 20^\circ\text{C}$)
Azot	13,20	1,64
Azot oksidi	14,16	1,54
Azot dioksidi	11,8	-
Azot zakisi	11,90	1,51
Ammiak	17,00	1,76
Anilin	6,1	-
Atsetilen	12,64	1,56
Atseton	10,90	1,03
Benzol	7,7	-
Brom	8,2	1,2
Bromli vodorod	10,75	-
Butil spirti	7,03	0,96*
Suv bug'i	21,9	-
Vodorod	61,10	5,13
Dixlormetan	8,16	-
Dietilli efir	7,80	0,85*
Izopropil spirti	8,18	0,87*
Iodli vodorod	9,35	—
Kislorod	17,80	1,80
Metan	19,60	2,06
Metil spirti	13,25	1,28
Chumoli kislota	13,08	1,37*
Nitrobenzol	6,05	—
Propil spirti	8,5	—

Oltinugurt vodorod	12,12	1,60
Oltinugurt uglerod	8,92	—
Oltinugurt dioksidi	10,26	1,47
Oltinugurt angidridi	9,4	—
Toluol	7,6	—
Uglerod dioksidi	13,80	1,77
Uglerod oksidi	14,53	1,19
Chumoli kislota	10,64	0,88
Xlor	9,33	1,22
Xlorbenzol	6,57	—
Xlorli vodorod	12,95	2,64
Xlorli metil	9,9	—
Xlorli etil	8,25	—
Xloroform	9,1	—
To'rt xlorli uglerod	6,42	—
Etilatsetat	7,15	—
Etilen	15,20	1,59
Etil spirti	10,20	1,00
Etili efir	7,78	—

* qiymatlar 25°C temperatura uchun.

Atmosfera bosimida binar aralashmalar uchun turli temperatura $t, ^\circ\text{C}$ va muvozanat holatida suyuqlik $x, \%$ mol. va bug'da $y, \%$ mol. past temperatura qaynaydigan komponent miqdori

Aralashma	x	0	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	Azeotrop aralashma
Atseton - benzol	y	0	14	24,3	40	51,2	59,4	66,5	73	79,5	86,3	93,2	100	-
	t	80,1	78,3	76,4	72,8	69,6	66,7	64,3	62,4	60,7	59,6	58,8	56,1	-
Atseton – suv	y	0	60,3	72	80,3	82,7	84,2	85,5	86,9	88,2	90,4	94,3	100	-
	t	0	77,9	69,6	64,5	62,6	61,6	60,7	59,8	59	58,2	57,5	56,1	-
Atseton – metanol	y	0	10,2	18,6	32,2	42,8	51,3	58,6	65,6	72,5	80	-	100	80
	t	64,5	63,6	62,5	60,2	58,7	57,6	56,7	56	55,3	55,05	-	56,1	55,05
Atseton – etanol	y	0	155	26,2	41,7	52,4	60,5	67,4	73,9	80,2	86,5	92,9	100	-
	t	78,3	75,4	73	69	65,9	63,6	61,8	60,4	59,1	58	57	56,1	-
Benzol – toluol	y	0	11,5	21,4	38	51,1	61,9	71,2	79	85,4	91	95,9	100	-
	t	110,6	108,3	106,1	102,2	98,6	95,2	92,1	89,4	86,8	84,4	82,3	80,2	-
Benzol – sirka kislotasi	y	0	118,7	42	59	68,6	75	79	83	88	92,5	97	100	97,5
	t	0	111,4	105,8	99	94	90,3	88	85,7	83,5	82	80,8	80,2	80
Izopropanol – suv	y	0	48,5	53	60	64	66,5	68	68,4	70	77	83	100	68,5
	t	0	84,4	82,5	81,2	81	80,6	80,5	80,4	80,5	80,5	81	82,3	80,4
Metanol – benzol	y	0	38,5	50	56	58	59	60	61	62	66	75	100	61,4
	t	80,2	66,9	61,1	58,6	58	57,8	57,7	57,6	57,6	58	59,6	64,9	57,6
Chumoli kislotasi – sirka kislotasi	y	0	118,1	14,6	26	38	48,5	57,6	66	74,6	83,6	92,2	100	-
	t	0	115,4	112,8	110,7	108,8	107,0	105,4	103,9	102,5	101,4	101,4	100,8	-
Oltinugurt uglerodi – aseton	y	0	19	29	46	53,3	57,5	60,5	61	68	72,2	78	100	61
	t	56,2	51,2	48,3	43,5	41,3	40,3	39,6	39,3	39,3	39,6	40,9	46,3	39,3

Oltinugurt uglerodi – uglerod tetraxloridi	y	0	13,2	24	42,3	54,4	64,5	72,6	79,1	84,8	90,1	95	100	–
	t	76,7	73,7	71	66	62,3	59	56,1	53,1	51,6	49,6	47,9	46,3	–
Uglerod tetra-xloridi – etanol	y	0	21	33	48	54	56,5	58,8	62	65,8	72,2	82,3	100	63
	t	77,9	73,7	70,8	67,2	65,3	64,6	64	63,6	64	65,6	68,5	75,9	63,6
Toluol – sirkakislota	y	0 118,1	15,5	25,5	37,2	46	54,1	57	61,5	66,5	71,8	81	100	62,7
	t		111,3	108,9	105,6	103,3	101,7	100,8	100,6	100,6	100,9	102,6	110,8	100,6
Etanol – benzol	y	0	18	28,6	36,8	40,5	43,5	46,5	49,5	53,5	60	71	100	44,8
	t	79,7	74,3	71,2	69	68,2	67,8	67,8	68,3	68,9	70,1	72,6	78,1	67,8
Etanol – suv	y	0 100	33,2	44,2	53,1	57,6	61,4	65,4	69,9	75,3	81,8	89,8	100	89,4
	t		90,5	86,5	83,2	81,7	80,8	80	79,4	79	78,6	78,4	78,4	78,15
Etilacetat – sirkakislota	y	0 118,1	14,4	28,7	50,6	65,4	77	85,6	92	96,1	98,9	99,8	100	–
	t		–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	77,1	–

I47 – jadval

**Atmosfera bosimida «suv-sirkakislota» aralashmasining qaynash temperaturasi,
suyuqlik va bug'ning muvozanat tarkiblari**

x, % mol.	y, % mol.	t, °C	x, % mol.	y, % mol.	t, °C
0	0	118,1	50	62,6	104,4
5	9,2	115,4	60	71,6	103,2
10	16,7	113,8	70	79,5	102,1
20	30,2	110,1	80	86,4	101,3
30	42,5	107,5	90	93,0	100,6
40	53,0	105,8	100	100	100,0

I48 – jadval

**Atmosfera bosimida «metanol-suv» aralashmasining qaynash temperaturasi,
suyuqlik va bug'ning muvozanat tarkiblari**

x, % mol.	y, % mol.	t, °C	x, % mol.	y, % mol.	t, °C
0	0	100,0	40	72,9	75,3
2	13,4	96,4	50	77,9	73,1
4	23,0	93,5	60	82,5	71,2
6	30,4	91,2	70	87,0	69,3
10	41,8	87,7	80	91,5	67,5
20	57,9	81,7	90	95,8	66,0
30	65,5	78,0	100	100	64,5

I49 – jadval

**Atmosfera bosimida «etanol-suv» aralashmasining qaynash temperaturasi,
suyuqlik va bug'ning muvozanat tarkiblari**

x, % mol.	y, % mol.	t, °C	x, % mol.	y, % mol.	t, °C
0	0	99,63	13,77	48,68	84,8
0,004*	0,053	99,9	15,55	50,1	84,3
0,39	4,51	98,75	18,03	51,75	83,7
0,79	8,76	97,65	21,38	53,76	82,95
1,19	12,75	96,65	26,53	56,03	82,15
2,01	18,68	94,96	34,16	59,1	81,25
2,86	23,96	93,35	43,17	62,52	80,5
4,16	29,92	91,3	50,16	65,34	80,0
5,51	34,51	89,7	59,55	69,59	79,55
7,95	40,18	87,7	65,64	72,71	79,2
9,42	42,94	86,7	72,36	76,93	78,75
11,53	46,08	85,7	77,88	80,42	78,5
12,64	47,49	85,2	89,41*	89,41*	78,15*
13,19	48,08	85,0	–	–	–

*Azeotrop nuqtasining muvozanat ma'lumotlari.

Atmosfera bosimida «propanol – butanol » aralashmasining qaynash temperaturasi, suyuqlik va bug'ning muvozanat tarkiblari

x, % mol.	y, % mol.	t, °C	x, % mol.	y, % mol.	t, °C
0,0	0,0	117,6	53,4	71,05	105,0
9,66	18,15	115,0	67,0	81,4	102,5
19,1	33,0	112,5	81,9	90,77	100,0
29,7	47,15	110,0	100	100	97,0
41,05	59,65	107,5			

Atmosfera bosimida «xloroform – benzol » aralashmasining qaynash temperaturasi, suyuqlik va bug'ning muvozanat tarkiblari

x, % mol.	y, % mol.	t, °C	x, % mol.	y, % mol.	t, °C
0	0	80,6	44	60	75,3
8	10	79,8	54	70	74,0
15	20	79,0	66	80	71,9
22	30	78,2	79	90	68,9
29	40	77,3	100	100	61,4
36	50	76,4	–	–	–

$P_{abs}=1$ da ayrim binar sistemalar uchun suyuqlik va bug'ning muvozanat tarkiblari

Metil spirt - suv			Xloroform - benzol		
$t, ^\circ\text{C}$	% (mol.) metilspirti		$t, ^\circ\text{C}$	% (mol.) xloroform	
	Suyuqlik uchun	bug' uchun		Suyuqlik uchun	bug' uchun
100.0	0	0	80.6	0	0
96.4	2	13.4	79.8	8	10
93.5	4	23.0	79.0	15	20
91.2	6	30.4	78.2	22	30
87.7	10	41.8	77.3	29	40
81.7	20	57.9	76.4	36	50
78.0	30	66.5	75.3	44	60
75.3	40	72.9	74.0	54	70
73.1	50	77.9	71.9	66	80
71.2	60	82.5	68.9	79	90
69.3	70	87.0	61.4	100	100
67.5	80	91.5	-	-	-
66.0	90	95.8	-	-	-
64.5	100	100	-	-	-
Suv – sirkakislota			Azot - kislorod		
$t, ^\circ\text{C}$	% (mol.) suv		$t, ^\circ\text{C}$	% (mol.) azot	
	Suyuqlik uchun	bug' uchun		Suyuqlik uchun	bug' uchun
118.1	0	0	90.1	0	0
115.4	5	9.2	89.5	3.5	13.0
113.8	10	16.7	89	6.2	20.2
110.1	20	30.2	88	11.5	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	62.6	85	27.7	55.7
103.2	60	71.6	84	33.8	63.1
102.1	70	79.5	83	40.5	70.1
101.3	80	86.4	82	47.8	76.4
100.6	90	93.0	81	56.6	82.3
100.0	100	100	80	66.6	88.0
-	-	-	79	78.4	93.2
-	-	-	78	91.9	97.8
-	-	-	77.3	100	100

Nasadka xarakteristikalari

Nasadkaturalari, o'lchamimm	Solishtirma yuza $a, m^2/m^3$	G'ovaklilik $\epsilon, m^3/m^3$	Ekvivalent diametr d_e, m	Zichlik $\rho, kg/m^3$	1 m ³ da donalar soni
Regulyar nasadkalar					
Vatarliy og'ochdan, (10x100), qadami:					
10	100	0,55	0,022	210	
20	65	0,68	0,042	145	
30	48	0,77	0,064	110	
Rashig keramik xalqasi:					
50x50x5	110	0,735	0,027	650	8500
80x80x8	80	0,72	0,036	670	2200
100x100x10	60	0,72	0,048	670	1050
Tartibsiz joylashtirilgan nasadkalar					
Rashig keramik xalqasi:					
10x10x1,5	440	0,7	0,006	700	700000
15x15x2	330	0,7	0,009	690	220000
25x25x3	200	0,74	0,015	530	50000
35x35x4	140	0,78	0,022	530	18000
50x50x5	90	0,785	0,035	530	6000
Rashig po'lat xalqasi:					
10x10x0,5	500	0,88	0,007	960	770000
15x15x0,5	350	0,92	0,012	660	240000
25x25x0,8	220	0,92	0,017	640	55000
50x50x1	110	0,95	0,035	430	7000
Pal keramik xalqasi:					
25x25x3	220	0,74	0,014	610	46000
35x35x4	165	0,76	0,018	540	18500
50x50x5	120	0,78	0,026	520	5800
60x60x6	96	0,79	0,033	520	3350
Pal po'lat xalqasi:					
15x15x0,4	380	0,9	0,010	525	230000
25x25x0,6	235	0,9	0,015	490	52000
35x35x0,8	170	0,9	0,021	455	18200
50x50x1,0	108	0,9	0,033	415	6400
Byorl keramik xalqasi:					
12,5	460	0,68	0,006	720	570000
25	260	0,69	0,011	670	78000
38	165	0,7	0,017	670	30500
«Intaloks» keramik egari:					
12,5	625	0,78	0,005	545	730000
19	335	0,77	0,009	560	229000
25	255	0,775	0,012	545	84000
38	195	0,81	0,017	480	25000
50	118	0,79	0,027	530	9350

Suvli eritmaları bilan muvozanatda bo'lgan gazlar uchun
Genri konstantasi, $E \cdot 10^6$, mm.sim. ust.

Gaz	Temperatura, °S										
	0	5	10	15	20	25	30	40	60	80	100
Azot	40,2	45,4	50,8	56,1	61,1	65,7	70,2	79,2	90,9	95,9	95,4
Atsetilen	0,55	0,64	0,73	0,82	0,92	1,01	1,11	-	-	-	-
Brom	0,0162	0,0209	0,0278	0,0354	0,0451	0,056	0,0688	0,101	0,191	0,307	-
Vodorod	44,0	46,2	48,3	50,2	51,9	53,7	55,4	57,1	58,1	57,4	56,5
Havo	32,8	37,1	41,7	46,1	50,4	54,7	58,6	66,1	76,5	81,7	81,6
Ugleroddioksidi	0,553	0,666	0,792	0,93	1,08	1,24	1,41	1,77	2,59		
Kislorod	19,3	22,1	24,9	27,7	30,4	33,3	36,1	40,7	47,8	52,2	53,3
Metan	17,0	19,7	22,6	25,6	28,5	31,4	34,1	39,5	47,6	51,8	53,3
Uglerodoksidi	26,7	30,0	33,6	37,2	40,7	44,0	47,1	52,9	62,5	64,3	64,3
Serovodorod	0,203	0,239	0,278	0,321	0,367	0,414	0,463	0,566	0,782	1,030	1,120
Xlor	0,204	0,250	0,297	0,346	0,402	0,454	0,502	0,600	0,731	0,730	-
Etan	9,55	11,80	14,40	17,20	20,00	23,00	26,00	32,20	42,90	50,20	52,60
Etilen	4,19	4,96	5,84	6,8	7,74	8,67	9,62	-	-	-	-

To'yinish chizig'ida suvning xossalari

$t, ^\circ\text{C}$	P, kPa	$\rho, \text{kg/m}^3$	$i, \text{kJ/kg}$	$S_{R.}, \text{kJ/(kg}\cdot\text{K)}$	$r, \text{kJ/kg}$	$\lambda \cdot 10^3, \text{W/(m}\cdot\text{K)}$	$\mu \cdot 10^4, \text{Pa}\cdot\text{s}$	$\nu \cdot 10^6, \text{m}^2/\text{s}$	$a \cdot 10^9, \text{m}^2/\text{s}$	Pr	$\sigma, \text{mN/m}$
0,01	0,611	999,5	0,10	4,216	2 500	564	17,93	1,7939	134	13,41	75,6
5,00	0,872	1000,1	20,96	4,196	2 489	570	15,18	1,5182	136	11,18	74,9
10,00	1,227	1000,0	41,90	4,189	2 477	578	13,06	1,3055	138	9,47	74,2
15,00	1,704	999,5	62,86	4,185	2 465	587	11,37	1,1379	140	8,11	73,5
20,00	2,337	998,5	83,82	4,183	2 453	596	10,02	1,0032	143	7,03	72,7
25,00	3,166	997,2	104,77	4,181	2 442	606	8,906	0,8931	145	6,15	72,0
30,00	4,242	995,7	125,71	4,181	2 430	615	7,981	0,8016	148	5,42	71,2
35,00	5,622	993,9	146,64	4,181	2 418	624	7,202	0,7246	150	4,82	70,4
40,00	7,375	992,0	167,56	4,181	2 406	632	6,540	0,6592	152	4,32	69,6
45,00	9,582	989,9	188,46	4,182	2 394	640	5,970	0,6031	155	3,90	68,8
50,00	12,33	987,8	209,36	4,183	2 382	646	5,477	0,5545	156	3,54	67,9
55,00	15,75	985,4	230,25	4,184	2 370	652	5,047	0,5122	158	3,24	67,1
60,00	19,92	982,9	251,15	4,186	2 358	657	4,670	0,4751	160	2,98	66,2
65,00	25,01	980,4	272,06	4,189	2 346	661	4,337	0,4424	161	2,75	65,4
70,00	31,16	977,7	292,98	4,192	2 333	665	4,042	0,4135	162	2,55	64,5
75,00	38,55	974,8	313,91	4,195	2 321	668	3,780	0,3878	163	2,37	63,6
80,00	47,36	971,8	334,87	4,199	2 308	670	3,545	0,3648	164	2,22	62,7
85,00	57,80	968,6	355,86	4,203	2 296	672	3,335	0,3443	165	2,09	61,8
90,00	70,11	965,4	376,87	4,207	2 283	674	3,145	0,3258	166	1,96	60,8
95,00	84,53	961,9	397,92	4,212	2 270	675	2,974	0,3092	167	1,86	59,9
99,63	100,00	958,7	417,45	4,218	2 258	677	2,830	0,2952	167	1,76	59,0
100,00	101,3	958,4	419,00	4,218	2 257	677	2,819	0,2941	167	1,76	58,9
105,00	120,8	954,7	440,12	4,224	2 244	678	2,678	0,2805	168	1,67	57,9
110,00	143,3	950,9	461,28	4,231	2 230	679	2,549	0,2680	169	1,59	57,0
115,00	169,7	947,0	482,49	4,238	2 216	679	2,430	0,2566	169	1,52	56,0
120,00	198,5	942,9	503,73	4,246	2 202	680	2,322	0,2462	170	1,45	55,0
125,00	232,1	938,8	525,03	4,255	2 188	681	2,222	0,2367	170	1,39	54,0
130,00	270,1	934,5	546,37	4,264	2 174	681	2,129	0,2278	171	1,33	52,9
135,00	313,1	930,2	567,77	4,274	2 159	682	2,044	0,2197	171	1,28	51,9
140,00	361,4	925,8	589,22	4,285	2 144	682	1,964	0,2122	172	1,23	50,9
145,00	415,5	921,2	610,73	4,296	2 129	682	1,890	0,2052	172	1,19	49,8
150,00	476,0	916,6	632,30	4,309	2 113	682	1,821	0,1987	173	1,15	48,7
155,00	543,3	911,8	653,93	4,322	2 098	682	1,757	0,1927	173	1,11	47,7
160,00	618,0	907,0	675,63	4,336	2 081	681	1,697	0,1871	173	1,08	46,6
165,00	700,8	902,1	697,41	4,351	2 065	680	1,641	0,1819	173	1,05	45,5
170,00	792,0	897,1	719,26	4,368	2 048	679	1,588	0,1770	173	1,02	44,4
175,36	900,0	891,7	742,78	4,387	2 030	678	1,535	0,1722	173	0,99	43,2

180,00	1 003,0	886,8	763,24	4,404	2013	676	1,493	0,1683	173	0,97	42,2
185,00	1 123,0	881,5	785,37	4,424	1 995	674	1,449	0,1644	173	0,95	41,1
190,00	1 255,0	876,1	807,61	4,445	1 977	671	1,408	0,1608	172	0,93	40,0
195,00	1 399,0	870,5	829,97	4,468	1 958	669	1,370	0,1574	172	0,92	38,8
200,00	1 555	864,8	852,44	4,483	1 938	665	1,334	0,1534	171	0,90	37,7
205,00	1 725	858,9	875,05	4,519	1 919	662	1,300	0,1513	171	0,89	36,5
210,00	1 908	853,0	897,80	4,547	1 898	658	1,268	0,1486	170	0,88	35,4
215,00	2 106	846,9	920,70	4,578	1 877	654	1,238	0,1461	169	0,87	34,2
220,00	2 320	840,6	943,76	4,610	1 856	650	1,209	0,1438	168	0,86	33,1
225,00	2 550	834,1	966,99	4,645	1 834	645	1,182	0,1416	166	0,85	31,9
230,00	2 798	827,5	990,41	4,683	1 811	640	1,155	0,1396	165	0,85	30,7
235,00	3 063	820,7	1 014,01	4,724	1 787	635	1,130	0,1377	164	0,84	29,6
240,00	3 348	813,7	1 037,82	4,768	1 763	630	1,106	0,1360	162	0,84	28,4
245,00	3 652	806,6	1 061,85	4,815	1 739	624	1,083	0,1343	161	0,84	27,2
250,00	3 978	799,2	1 086,10	4,867	1 713	619	1,060	0,1327	159	0,83	26,1
255,00	4 324	791,6	1 110,60	4,923	1 687	613	1,038	0,1312	157	0,83	24,9
260,00	4 694	783,8	1 135,37	4,984	1 659	607	1,017	0,1297	155	0,84	23,7
265,00	5 087	775,9	1 160,41	5,051	1 631	601	0,996	0,1283	153	0,84	22,5
270,00	5 505	767,6	1 185,76	5,125	1 602	594	0,975	0,1270	151	0,84	21,3
275,00	5 949	759,2	1 211,43	5,205	1 572	588	0,954	0,1257	149	0,85	20,2
280,00	6 419	750,4	1 237,45	5,294	1 540	581	0,934	0,1245	146	0,85	19,0
285,00	6 917	741,4	1 263,86	5,393	1 508	574	0,914	0,1233	143	0,86	17,8
290,00	7 445	732,1	1 290,70	5,504	1 474	566	0,894	0,1222	140	0,87	16,7
295,00	8 003	722,4	1 318,00	5,628	1 439	558	0,875	0,1211	137	0,88	15,5
300,00	8 500	712,3	1 345,83	5,768	1 402	550	0,856	0,1201	134	0,90	14,4
305,00	9 214	701,8	1 374,23	5,928	1 364	541	0,837	0,1193	130	0,92	13,2
310,00	9 870	690,8	1 403,31	6,111	1 323	531	0,818	0,1185	126	0,94	12,1
315,00	10 560	679,9	1 433,12	6,325	1 280	522	0,800	0,1178	121	0,97	11,0
320,00	11 290	667,0	1 463,78	6,576	1 235	511	0,782	0,1172	117	1,01	9,9
325,00	12 060	654,1	1 495,41	6,876	1 188	500	0,764	0,1167	111	1,05	8,8
330,00	12 860	640,4	1 528,13	7,243	1 137	489	0,745	0,1163	105	1,10	7,7
335,00	13 710	625,8	1 562,11	7,701	1 082	477	0,726	0,1160	99	1,17	6,7
340,00	14 610	610,3	1 597,53	8,290	1 024	466	0,706	0,1156	92	1,26	5,6
345,00	15 500	593,6	1 634,61	9,082	962	454	0,684	0,1152	84	1,37	4,6
350,00	16 540	574,8	1 673,59	10,206	893	444	0,659	0,1147	76	1,52	3,7
355,00	17 580	553,5	1 715,32	11,941	815	434	0,631	0,1141	66	1,74	2,8
360,00	18 670	528,2	1 762,93	15,003	721	426	0,599	0,1134	54	2,11	1,9
365,00	19 830	495,9	1 819,53	21,939	605	421	0,562	0,1132	39	2,92	1,1
370,00	21 050	448,5	1 895,99	52,282	439	420	0,518	0,1155	18	6,45	0,4
374,00	22 080	352,7	2 038,92	—	112	—	0,478	0,1355	—	—	0,0

Qalpoqchali tarelka texnik xarakteristikalari

Tarelkaturi	Kolonna diametri D , mm	Tarelka shchi yuzasi, F_p , m ²	Bug'otish yuzasi, F_o , m ²	Quyilish joyining yuzasi, F_c , m ²	Quyilish perimetri P , m	Suyuqlik harakati uzuntigi, l , m	Tarelkada qalpoqchalar soni	Qalpoqcha diametri D_k , mm	Tarelkalar orasidagi masofa, N_i , mm
TSK-1	400	0,090	0,008	0,005	0,302	0,22	7	60	
	500	0,146	0,015	0,007	0,400	0,3	13	60	
	600	0,215	0,027	0,012	0,480	0,37	13	80	
	800	0,395	0,049	0,021	0,570	0,52	24	80	
	1000	0,573	0,073	0,050	0,800	0,595	37	80	
TSK-R	1000	0,64	0,090	0,064	0,665	0,722	39	80	
	1200	0,93	0,129	0,099	0,818	0,856	43	100	
	1400	1,12	0,162	0,198	1,09	0,933	49	100	
	1600	1,47	0,219	0,259	1,238	0,976	66	100	
	1800	1,86	0,272	0,334	1,42	1,096	86	100	
	2000	2,38	0,385	0,380	1,455	1,342	114	100	
	2200	2,99	0,471	0,412	1,606	1,462	141	100	
	2400	3,54	0,557	0,505	1,775	1,582	168	100	300
	2600	4,13	0,638	0,674	2,032	1,704	202	100	400
	2800	4,74	0,769	0,686	2,096	1,805	238	100	600
	3000	5,52	0,849	0,778	2,25	1,980	272	100	800
	3200	6,26	1,180	0,880	2,39	2,112	168	150	1000
	3400	6,92	1,320	1,128	2,62	2,250	173	150	
3600	7,20	1,370	1,441	2,88	2,400	194	150		
TSK-RB	2200	2,637	0,398	0,464	2,77	0,681	124	100	
	2400	3,390	0,518	0,458	2,824	0,801	156	100	
	2600	3,707	0,584	0,696	3,368	0,801	176	100	
	2800	4,486	0,717	0,674	3,412	0,921	220	100	
	3200	7,122	0,975	1,372	4,446	0,896	136	150	
	3600	7,120	1,318	1,582	4,896	1,170	184	150	

Elaksimontarelkatexnikxarakteristikalari

Tarelkat turi	Kolonna diametri D, mm	Tarelka ishchi yuzasi, F _p , m ²	Quyilish joyining yuzasi, F _c , m ²	Quyilish perimetri, P, m	Suyuqlik harakat uzunligi, l _j , m	Teshiklar diametri d _o , mm	Qalpoqcha diametri D _k , mm	Tarelkalar orasidagi masofa, N _t , mm	
TSK-1	400	0,051	0,004	0,302	0,28	3; 4; 5	7-12;	200	
	500	0,089	0,010	0,400	0,30			300	
	600	0,140	0,012	0,480	0,37			400	
	800	0,410	0,020	0,570	0,52			500	
	1000	0,713	0,036	0,800	0,59				
TSK-R	1200	1,010	0,060	0,722	0,86		8-15;	10-18	300 400 600 800 1000
	1400	1,368	0,087	0,860	0,93				
	1600	1,834	0,088	0,795	0,97				
	1800	2,294	0,123	1,050	1,09				
	2000	2,822	0,159	1,190	1,34				
	2200	3,478	0,161	1,240	1,46				
	2400	3,900	0,217	1,570	1,60				
	2600	4,780	0,258	1,540	1,70				
	2800	5,640	0,260	1,570	1,83				
	3000	6,430	0,315	1,710	1,98				
	3200	7,270	0,385	1,860	2,11				
TSK-RB	3400	8,310	0,376	1,900	2,26				
	3600	9,000	0,580	2,240	2,40				
	2600	4,03	0,696	0,800	1,68				
	2800	4,86	0,674	0,900	1,70				
	3200	5,60	1,372	0,896	2,22				
	3600	7,32	1,582	1,170	2,45				

Eslatma. 1. Bug' o'tish yuzasi $F_o = 0,906F_p \left\{ \frac{d_o}{t} \right\}^2$.

2. Teshiklarni joylashish qadami ko'rsatilgan oralikda 1 mm dan keyin deb qabul qilinadi.

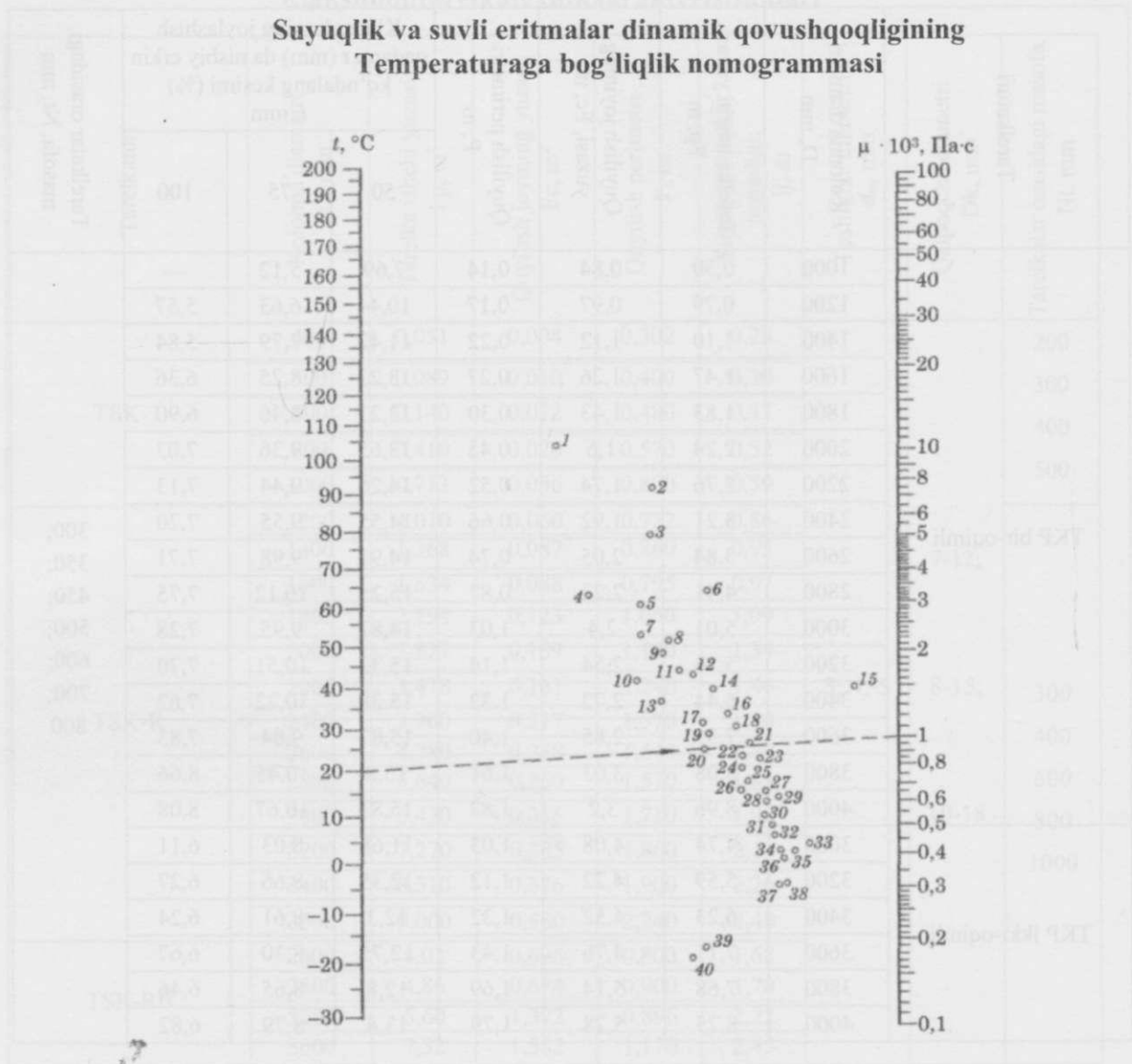
Klapanli tarelka texnik xarakteristikalari

Tarekaturi	Kolonna diametri <i>D</i> , mm	Tarelka ishchi yuzasi, <i>F_p</i> , m ²	Quyilish joyining yuzasi, <i>F_c</i> , m ²	Quyilish perimetri, <i>P</i> , m	Klapanlarning joylashish qadami <i>t</i> (mm) da nisbiy erkin ko'ndalang kesimi (%)			Tarekalar orasidagi masofa, <i>Nt</i> , mm
					50	75	100	
TKP bir-oqimli	1000	0.50	0,84	0,14	7,69	5,12	—	300; 350; 450; 500; 600; 700; 800
	1200	0.79	0,97	0,17	10,44	6,63	5,57	
	1400	1.10	1,12	0,22	11,42	7,79	5,84	
	1600	1,47	1,26	0,27	13,23	8,25	6,36	
	1800	1,83	1,43	0,30	13,23	8,46	6,90	
	2000	2,24	1,6	0,45	13,65	9,36	7,03	
	2200	2,76	1,74	0,52	14,26	9,44	7,13	
	2400	3,21	1,92	0,66	14,55	9,55	7,20	
	2600	3,84	2,05	0,74	14,91	9,98	7,71	
	2800	4,41	2,23	0,87	15,25	10,12	7,75	
	3000	5,01	2,4	1,03	14,87	9,95	7,28	
	3200	5,76	2,54	1,14	15,32	10,51	7,70	
	3400	6,44	2,72	1,32	15,38	10,22	7,62	
	3600	7,39	2,85	1,40	15,87	9,84	7,83	
	3800	8,08	3,03	1,61	15,8	10,45	8,66	
4000	8,96	3,2	1,82	15,83	10,67	8,08		
TKP ikki-oqimli	3000	4,74	4,08	1,03	11,68	8,03	6,11	
	3200	5,59	4,22	1,12	12,35	8,66	6,27	
	3400	6,23	4,52	1,32	12,3	8,61	6,24	
	3600	7,11	4,76	1,43	12,75	8,30	6,67	
	3800	7,68	5,14	1,69	12,8	8,65	6,46	
	4000	8,75	5,28	1,79	13,4	8,79	6,82	

Kolonna separatsion va kub qism balandliklarining diametrga bog'liqligi

<i>D</i> , mm	<i>H_{sep}</i> , mm	<i>D_{kub}</i> , mm
1000-1800	800	2000
2000-2600	1000	2500
2800-4000	1200	3000

Suyuqlik va suvli eritmalar dinamik qovushqoqligining
Temperaturaga bog'liqlik nomogrammasi

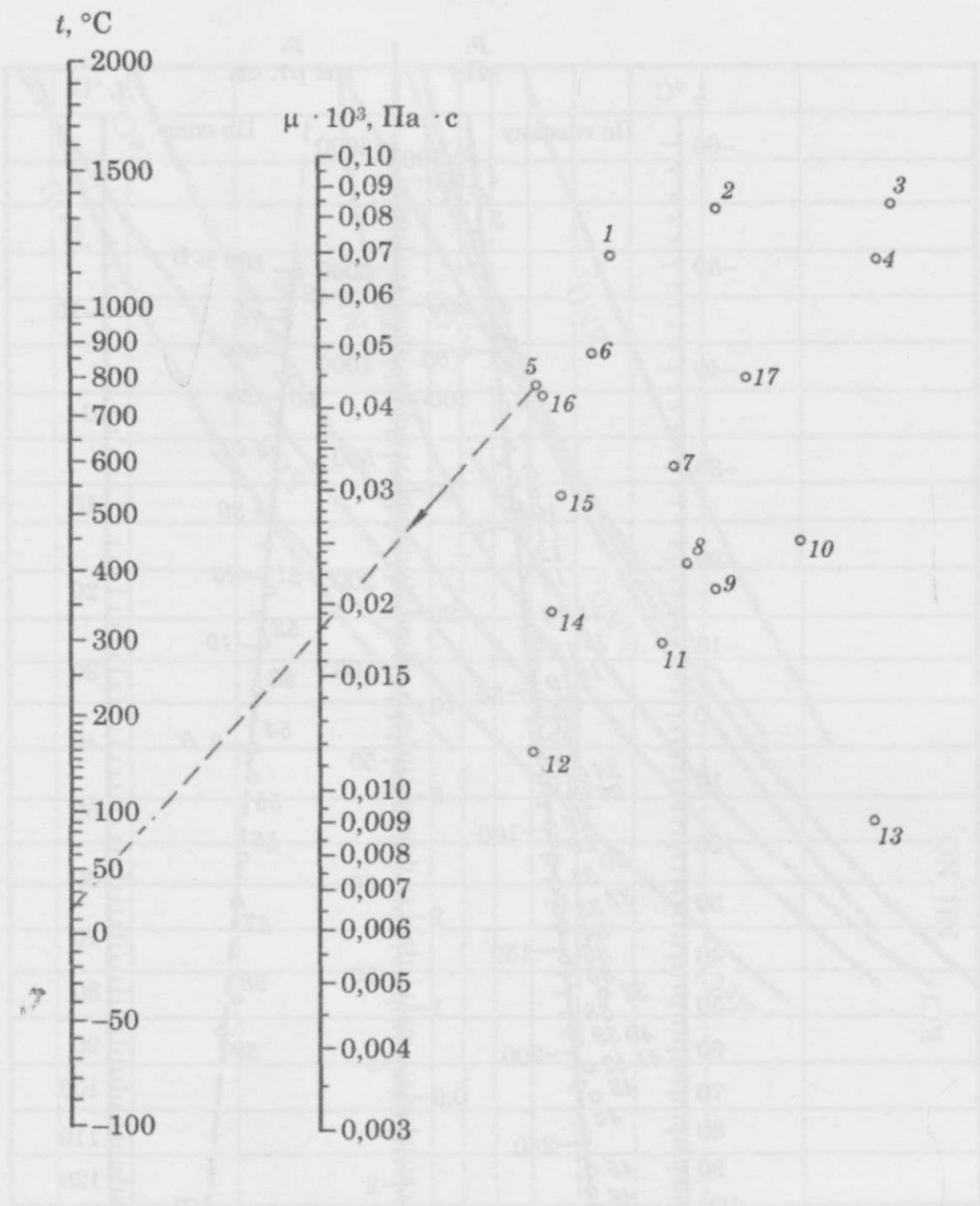


$C_5H_{11}OH$	NH_3	C_6H_7N	C_3H_6O	C_6H_6	C_4H_9OH	H_2O	C_6H_{14}	C_7H_{16}	$C_3H_8O_3$	$C_4H_{10}O$
17	39	8	34	25	11	20	36	31	1	37

$C_3H_6O_2$	CH_3OH	$C_{10}H_8$	$C_6H_5NO_2$	C_8H_{18}	C_5H_{12}	Hg	H_2SO_4	CS_2	SO_3	S10N16
32	26	9	14	28	38	15	2	33	35	16

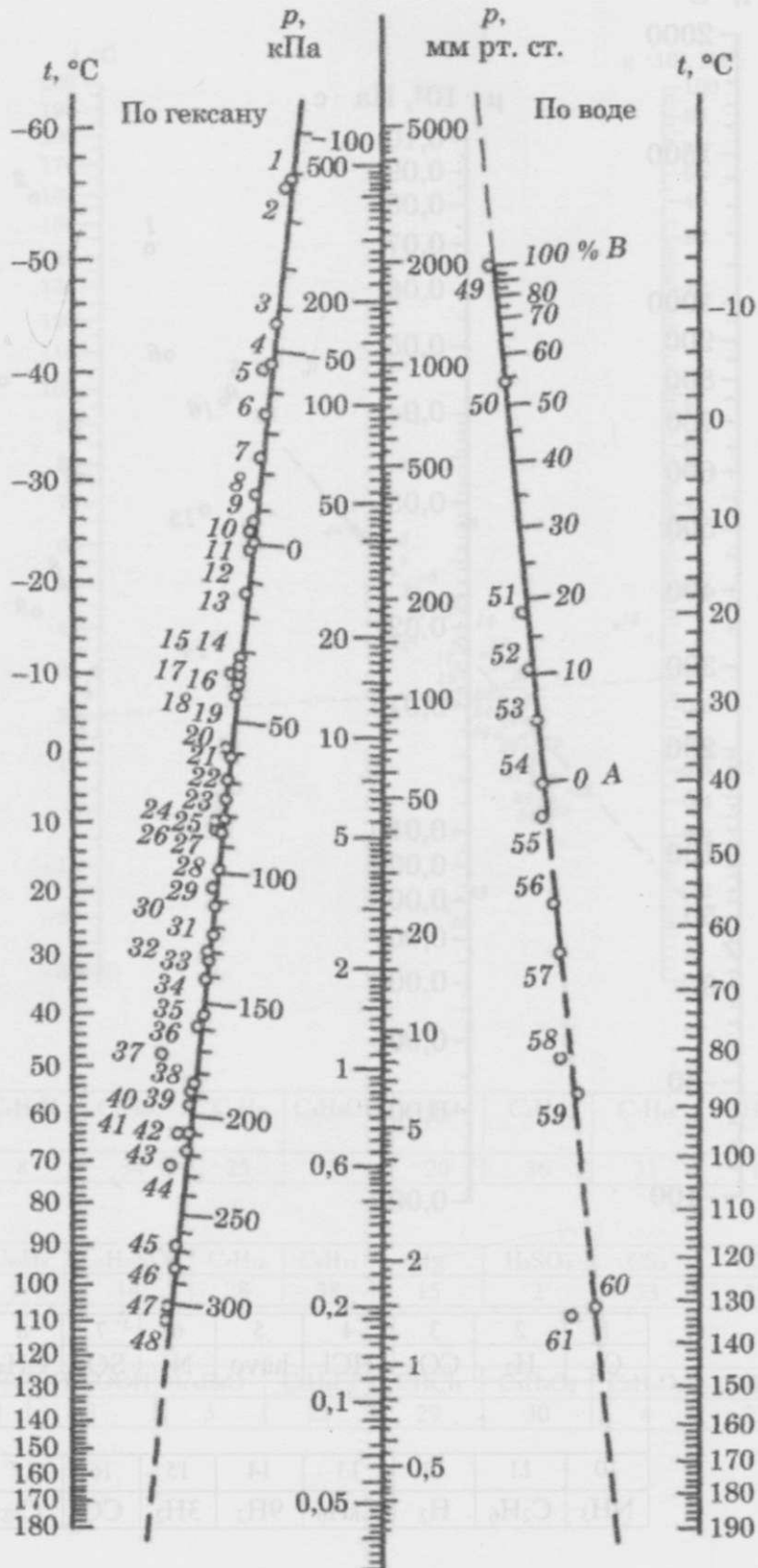
$C_6H_5CH_3$	CO_2	CCl_4	CH_3COOH	C_6H_6O	C_6H_5Cl	$CHCl_3$	$C_4H_8O_2$	$C_2H_6O_2$	C_2H_3Cl	C_2H_5OH
27	40	21	18	5	22	29	30	4	23	19

Atmosfera bosimida gazlar dinamik qovushqoqligining
Temperaturaga bog‘liqlik nomogrammasi

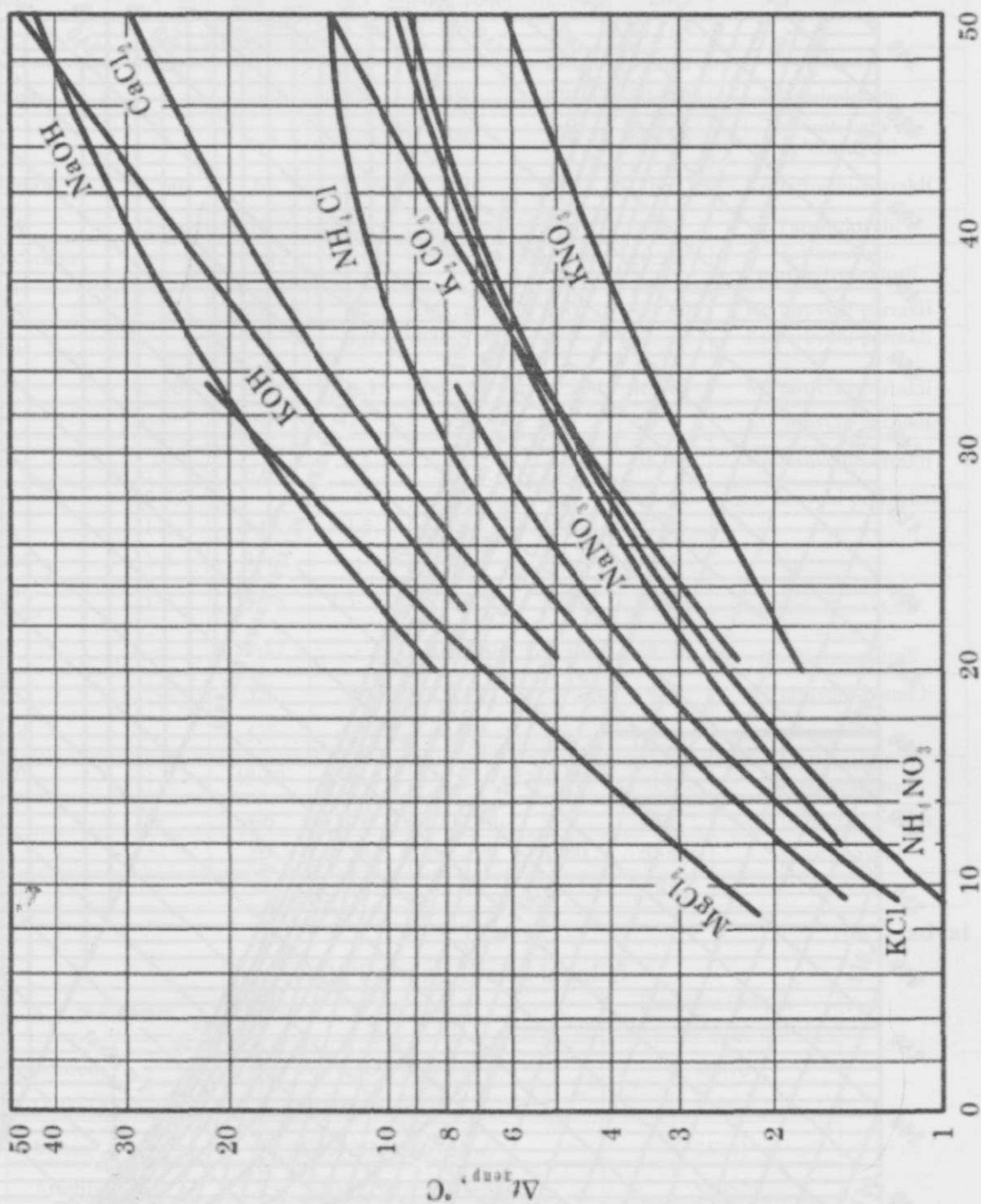


1	2	3	4	5	6	7	8	9
O ₂	H ₂	CO ₂	HCl	havo	N ₂	SO ₂	CH ₄	H ₂ O
10	11	12	13	14	15	16	17	
NH ₃	C ₂ H ₆	H ₂	C ₆ H ₆	9H ₂	3H ₂	CO	Cl ₂	

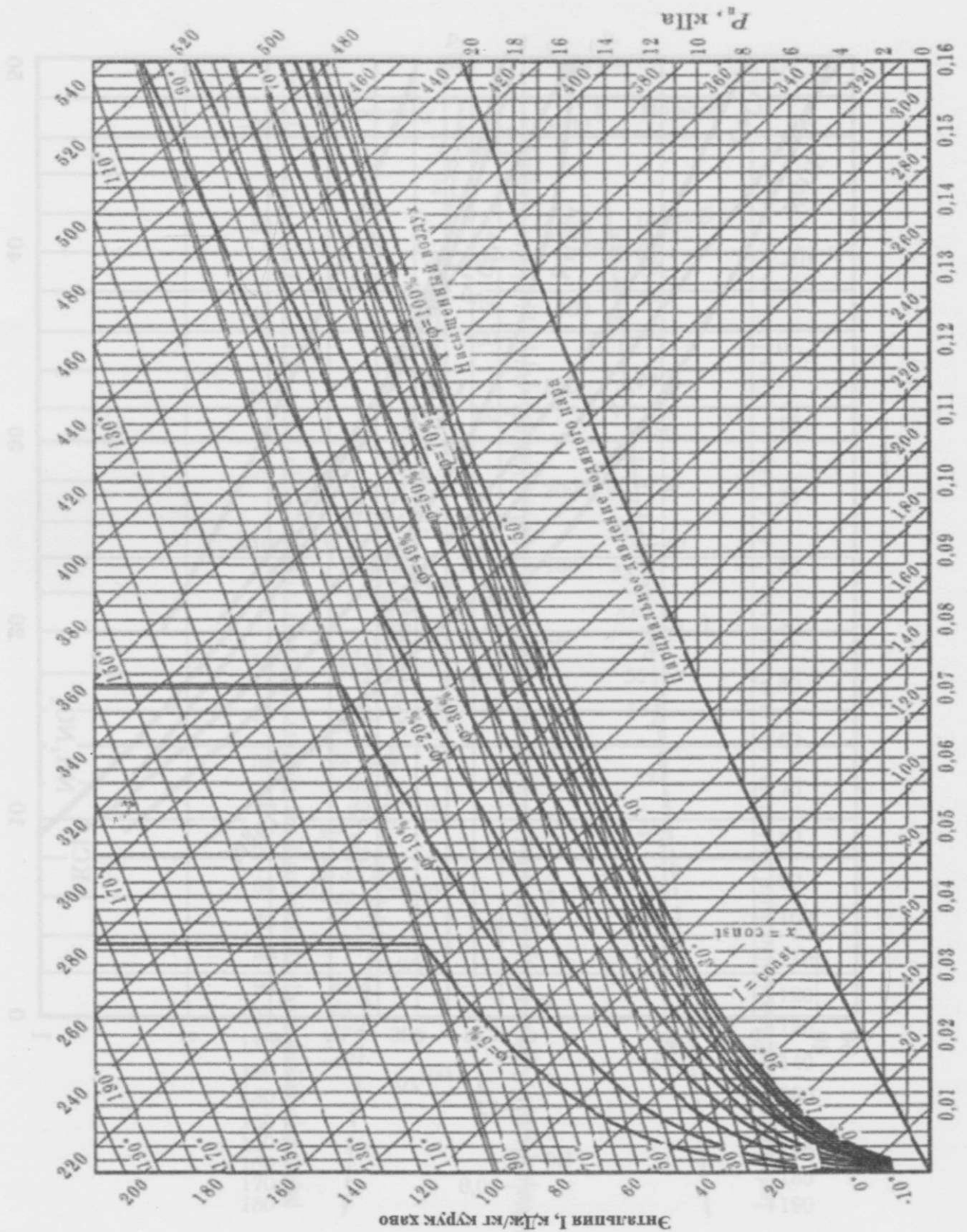
To'yingan bug' bosimi p va suyuqlikning qaynashtemperaturasi t ni aniqlash nomogrammasi



Atmosfera bosimida erigan moddalar massaviy ulushining suvli eritmalar qaynash temperaturasining ortishiga ta'siri



Yuqori temperaturalar sohasida nam havo uchun $I-x$ diagramma



Barabanli quritkichda materiallarni quritish bo'yicha tajriba ma'lumotlari

Material	Zarracha o'lchami, mm	w _n , %	w _k , %	t ₁ , °S	t ₂ , °S	A, kg/(m ³ soat)	Baraban ichki taqsimlash moslamalar turi
Lov oddiy	-	22	5	600...700	80...100	50...60	Ko'taruvchi-parrakli
olovbardosh	-	9	0,7	800...1000	70...80	60	—«—
Ohaktosh	0...15	10...15	1,5	1000	80	45...65	—«—
	0...20	8...15	0,5	800	120	30...40	—«—
Infuzorlituproq	-	40	15	550	120	50...60	Taqsimlovchi
Qum	-	3,7...4,7	0,05	840	100	80...88	Taqsimlovchi va ag'diriluvchi
Ma'dantemirli	0...50	6	0,5	730	-	65	Ko'taruvchi-parrakli
marganetsli	2,5	15	2	120	60	12	Taqsimlovchi
Temir kolchedan	-	10...12	1...3	270...350	95...100	20...30	Ko'taruvchi-parraklivasektorli
Slanets	0...40	38	12	500...600	100	45...60	Ko'taruvchi-parrakli
Toshko'mir	-	9	0,6	800...1000	60	32...40	Ko'taruvchi-parrakli
qo'ng'ir	0...10	30	10...15	430	150...200	40...65	Ko'taruvchi-parrakli
Torf	-	50	20	450	100	75	Ko'taruvchi-parrakli
Fosforitlar	-	6,0	0,5	600	100	45-60	Ko'taruvchi-parrakli
Nitrofoska	0,5-4,0	-	1	220	105	0,5-4,0	Ko'taruvchi-parrakliya
Ammofos	1-4	8-12	1,5	350	110	13-20	—«—
Diammofos	1-4	3-4	1	200	90	8-10	«—
Superfosfat granullangan	1-4	14-18	2,5-3,0	550-600	120	60-80	Ko'taruvchi-parraklivasektorli
Pretsipitat	-	55-57	-	500-700	120-130	28-33	Ko'taruvchi-parraklivasektorli
Ammoniy sulfati	-	3,5	0,4	82	-	4-5	Ko'taruvchi-parrakli
Bariyxloridi	-	5,6	1,2	109	-	1,0-2,0	— « —
Aluminiy ftoridi	-	48-50	3-5,5	750	220-250	18	Ko'taruvchi-parraklivasektorli
Oshtuzi	-	4-6	0,2	100-200	-	7,2	Ko'taruvchi-parrakli
Bug'doy	-	20	14	150-200	50-80	20-30	Taqsimlovchi
Lavlagiturpi	-	84	12	750	100-125	185	—«—

Yoqilg'ilarning yonish issiqligi

Gaz	Reaksiya	Reaksiya issiqlik samaradorligi, kJ/m ³
Vodorod	$N_2 + 0,5O_2 = N_2O$	10810
Uglerod oksidi	$SO + 0,5O_2 = SO_2$	12680
Metan	$SN_4 + 2O_2 = SO_2 + 2N_2O$	35741
Atsetilen	$S_2N_2 + 2,5O_2 = 2SO_2 + N_2O$	58052
Etilen	$S_2N_4 + 3O_2 = 2SO_2 + 2N_2O$	59108
Etan	$S_2N_6 + 3,5O_2 = 2SO_2 + 3N_2O$	63797
Propan	$S_3N_8 + 5O_2 = 3SO_2 + 4N_2O$	91321
Butan	$S_4N_{10} + 6,5O_2 = 4SO_2 + 5N_2O$	118736
Vodorod sulfid	$N_2S + 1,5O_2 = SO_2 + N_2O$	23401

Quritish barabanidagazning ishchitezligini tanlashga oid

Zarracha o'lchami, mm	To'kma zichlik ρ (kg/m ³) da tezlik w (m/s) qiymatlari				
	350	1000	1400	1800	2200
0,3...2	0,5...1	2...5	3...7,5	4...8	5...10
>2	1...3	3...5	4...8	6...10	7...12

Barabanli quritkichlar asosiy xarakteristikallari

Ko'rsatkichlar	Korxonaga spetsifikatsiyasi bo'yicha raqami					
	7450	7119	6843	6720	7207	7208
- barabanning ichki diametri, m	1,5	1,8	2,2	2,2	2,8	2,8
- barabanning uzunligi, m	8	12	12	14	12	14
- devorlarining qalinligi, mm	10	12	14	14	14	14
- quritish hajmi, m ³	14,1	30,5	45,6	53,2	74,0	86,2
- yacheykalar soni, dona	25	28	28	28	51	51
- aylanish tezligi, ayl/min	5	5	5	5	5	5
- umumiy massasi, t	13,76	24,7	42	45,7	65	70
- iste'mol qilinadigan quvvat, kVt	5,9	10,3	12,5	14,7	20,6	25,8

Mavhum qaynash qatlamida ayrim materiallarni quritish
bo'yicha tajribama'lumotlari

Material	Zarracha o'lchami, mm	w _n , %	w _k , %	t ₁ , °C	t ₂ , °C	A _v , kg/m ³ ·soat
Qum	-	10	0,5	900	120	435
Ilmenit	0...0,3	3,7	0,03	300...400	130...160	103...167
Ko'mir	0...6	20	2	650	80	2900
	0...10	14,5	4,8	410	70	2500
	0...13	25...28	2...4	600	60	1500...1750
Kaliy xloridi	-	22	8,5	436	63	1500
Kaliy permanganati	0,5...1,2	7...8	0,2...0,3	180	70	60...70
Temir sulfati	0,25...1	48,5	19,2	400	125	412
Ammoniy sulfati	-	2,5...3	0,1...0,7	150	60	300...500
	0,25	4	0,2	200	70	48,4
	0,8	2	0,2	150	100	61,4
	0,25	0,8	0,2	100	80	3,5
RKkombinat. o'g'itlar	6...4,6	4...11	2,6...6,6	80...200	65...98	28...128
Benzol sulfamid	-	18,9	2,4	100	46...50	118
Bariy karbonati	-	45	1	380	100	70
Adipin kislota	-	5,6	0,27	130	77	27,3
Sebatsino vayakislota	-	9,8	0,09	100	42	43
2-Aminofenol	-	12	0,5	110	65	4,4
Polistirolemlusion	-	33	0,67	138	58	24,5
Polivinilbutiral	-	20	1,0	118	50	15,4
Polivinilxloridxorlangan	-	66	0,5	120	60	6,4

**25°C temperaturada elektrolitlar suvli eritmalarining
fizik-kimyoviy xossalari**

Konsentratsiya		Osmotik bosim π , MPa	Eritma zichligi ρ , kg/m ³	Kinematik qovushqoqlik koeffitsiyenti $\nu \cdot 10^6$, m ² /s	Diffuziya koeffitsenti $D \cdot 10^9$, m ² /s
mol/l suv	% (mass)				

BaCl₂

0,1	2,0402	0,63	1018,0	0,9002	1,159
0,2	3,9989	1,24	1032,0	0,9053	1,150
0,3	5,8808	1,88	1050,0	0,9115	1,151
0,4	7,6903	2,53	1068,0	0,9170	1,155
0,5	9,4315	3,21	1085,0	0,9248	1,160
0,6	11,1083	3,90	1101,0	0,9297	1,164
0,8	14,2822	5,37	1134,0	0,9491	1,171
1,0	17,2373	6,92	1167,0	0,9625	1,177
1,4	22,5756	10,40	1229,0	1,0245	1,280

SaCl₂

0,1	1,0977	0,64	1006,1	0,9167	1,285
0,2	2,1716	1,29	1014,9	0,9373	1,281
0,3	3,2224	1,96	1023,7	0,9562	1,292
0,4	4,2508	2,65	1032,3	0,9755	1,304
0,5	5,2577	3,42	1040,8	0,9959	1,318
0,6	6,2436	4,18	1049,2	1,0159	1,334
0,8	8,1551	5,87	1065,7	1,0576	1,362
1,0	9,9902	7,76	1081,7	1,1028	1,389
2,0	18,1656	20,50	1157,3	1,3894	1,501
3,0	24,9796	40,10	1225,8	1,8485	1,486
4,0	30,7460	66,25	1281,3	2,2621	-
5,0	35,6893	98,49	1342,5	3,2315	-
6,0	39,9738	133,74	1392,4	5,5843	-

Ca (NO₃)₂

0,1	1,6144	0,62	1007,5	0,8730	1,103
0,2	3,1775	1,22	1019,0	0,8636	1,036
0,3	4,6917	1,82	1030,0	0,8544	1,081
0,4	6,1593	2,44	1041,0	0,8597	1,065
0,5	7,5824	3,07	1053,0	0,8737	1,060
0,6	8,9630	3,71	1065,0	0,9015	1,043
0,8	11,6039	5,00	1087,0	0,9475	1,033
1,0	14,0960	6,37	1108,0	1,0018	1,033
2,0	24,7090	14,13	1205,0	1,3610	0,975
3,0	32,9880	23,74	1289,0	1,7688	1,002

CuSO₄

0,1	1,5709	0,28	1013,2	0,9445	0,590
0,2	3,0933	0,51	1028,8	0,9914	0,578
0,3	4,5692	0,73	1044,4	1,0436	0,562
0,4	6,0009	0,95	1060,4	1,0967	0,544
0,5	7,3903	1,17	1076,1	1,1523	0,529
0,6	8,7391	1,38	1091,0	1,2099	0,517
0,8	11,3224	1,81	1100,4	1,3306	0,494
1,0	13,7634	2,30	1148,8	1,4580	0,474
1,4	18,2632	3,43	1204,8	1,8011	0,438

Konsentratsiya		Osmotik bosim π , MPa	Eritma zichligi ρ , kg/m ³	Kinematik qovushqoqlik koeffitsiyenti ν 10 ⁶ , m ² /s	Diffuziya koeffitsenti $D \cdot 10^9$, m ² /s
mol/lsuv	% (mass)				
KCl					
0,1	0,7400	0,46	1001,8	0,8912	1,844
0,2	1,4691	0,91	1006,4	0,8864	1,838
0,3	2,1876	1,35	1011,0	0,8822	1,838
0,4	2,8957	1,78	1015,5	0,8779	1,844
0,5	3,5936	2,23	1020,0	0,8735	1,849
0,6	4,2815	2,66	1024,4	0,8694	1,857
0,8	5,6283	3,56	1033,0	0,8615	1,873
1,0	6,9378	4,45	1041,5	0,8538	1,889
2,0	12,9754	9,07	1081,7	0,8279	1,986
3,0	18,2773	13,99	1118,4	0,8159	2,083
4,0	22,9703	19,21	1152,4	0,8443	2,163
KNO₃					
0,1	1,0010	0,45	1007,5	0,8905	1,831
0,2	1,9821	0,86	1011,2	0,8900	1,787
0,3	2,9440	1,26	1011,6	0,8906	1,760
0,4	3,8872	1,65	1022,2	0,8826	1,736
0,5	4,8122	2,02	1027,1	0,8782	1,718
0,6	5,7196	2,38	1032,5	0,8732	1,701
0,8	7,4835	3,09	1043,6	0,8566	1,683
1,0	9,1825	3,76	1055,0	0,8341	1,674
2,0	16,8205	6,66	1110,7	0,8463	1,536
3,0	23,2734	9,02	1155,0	-	-
K₂SO₄					
0,1	1,7128	0,58	1016,5	0,9067	1,301
0,2	3,3680	1,11	1022,5	0,9150	1,245
0,3	4,9683	1,62	1037,0	0,9214	1,198
0,4	6,5165	2,10	1049,0	0,9316	1,164
0,5	8,0151	2,58	1061,0	0,9388	1,141
0,6	9,4664	3,04	1073,5	-	-
0,7	10,8726	3,50	1085,5	-	-
LiCl					
0,1	0,4222	0,46	999,6	0,9066	1,269
0,2	0,8409	0,93	1002,0	0,9169	1,267
0,3	1,2560	1,41	1004,4	0,9270	1,269
0,4	1,6677	1,89	1006,8	0,9368	1,273
0,5	2,0760	2,39	1009,1	0,9468	1,277
0,6	2,4809	2,89	1011,5	0,9574	1,283
0,8	3,2807	3,94	1016,1	0,9787	1,292
1,0	4,0675	5,04	1020,6	1,0000	1,301
2,0	7,8171	11,33	1042,0	1,1167	1,358
3,0	11,2846	19,15	1061,9	1,2447	1,419
4,0	14,5007	28,80	1080,6	1,3837	-
5,0	17,4917	40,20	1098,3	1,5420	-
6,0	20,2806	53,50	1115,1	1,7271	-
LiNO₃					
0,1	0,6347	0,46	1000,0	0,9035	1,240
0,2	1,3600	0,93	1004,0	0,9097	1,243
0,3	2,0263	1,39	1007,5	0,9252	1,248
0,4	2,6836	1,88	1011,0	0,9211	1,254
0,5	3,3321	2,36	1015,0	0,9271	1,260
0,6	3,9721	2,85	1018,0	0,9313	1,267
0,8	5,2269	3,87	1026,0	0,9450	1,280
1,0	6,4494	4,94	1033,0	0,9603	1,293
2,0	12,1173	10,77	1070,0	1,0273	1,332
3,0	17,1376	17,55	1103,0	1,0995	1,332
4,0	21,6153	25,20	1135,0	1,1905	1,292
5,0	25,6339	33,48	1164,0	1,2990	1,238
6,0	29,2606	42,20	1191,0	1,4167	1,157

Konsentratsiya		Osmotik bosim π , MPa	Eritma zichligi ρ , kg/m ³	Kinematik qovushqoqlik koeffitsiyenti $\nu \cdot 10^6$, m ² /s	Diffuziya koeffitsenti $D \cdot 10^9$, m ² /s
mol/lisuv	% (mass)				

MgCl₂

0,1	0,9434	0,64	1004,8	0,9197	1,074
0,2	1,8691	1,30	1012,3	0,9475	1,051
0,3	2,7777	2,00	1019,8	0,9766	1,041
0,4	3,6696	2,73	1027,1	1,0069	1,040
0,5	4,5453	3,53	1034,3	1,0368	1,039
0,6	5,4052	4,36	1041,4	1,0758	1,039
0,8	7,0794	6,17	1055,4	1,1524	1,039
1,0	8,6953	8,27	1069,0	1,2273	1,040
2,0	15,9994	22,85	1132,6	1,7620	1,047
3,0	22,2215	45,50	1190,1	2,5239	1,061
4,0	27,5853	76,62	1242,8	-	-

Mg(NO₃)₂

0,1	1,4616	0,64	1008,0	0,9120	1,047
0,2	2,8811	1,29	1018,5	0,9350	1,032
0,3	4,2603	1,98	1029,0	0,9640	1,029
0,4	5,6009	2,71	1038,5	0,9920	1,028
0,5	6,9044	3,50	1049,0	1,0250	1,028
0,6	8,1725	4,31	1057,0	1,0650	1,029
0,8	10,6076	60,5	1077,0	1,1500	1,033
1,0	12,9170	7,92	1095,0	1,2300	1,035
2,0	22,8788	20,36	1184,0	1,7700	1,040
3,0	30,7953	38,00	1264,0	-	-

MgSO₄

0,1	1,1896	0,30	1009,1	0,9335	0,602
0,2	2,3512	0,56	1020,9	0,9707	0,602
0,3	3,4858	0,80	1032,5	1,0107	0,586
0,4	4,5943	1,05	1044,0	1,0541	0,571
0,5	5,6777	1,29	1055,3	1,1005	0,556
0,6	6,7368	1,54	1066,5	1,1497	0,550
0,8	8,7851	2,06	1088,5	1,2585	0,533
1,0	10,7454	2,60	1110,0	1,3786	0,504
2,0	19,4055	6,73	1210,7	2,3700	0,453
3,0	26,5338	14,10	1361,1	4,5428	-

NaCl

0,1	0,5811	0,46	1001,1	0,9009	1,483
0,2	1,1555	0,92	1005,2	0,9054	1,475
0,3	1,7233	1,37	1009,1	0,9100	1,475
0,4	2,2846	1,82	1013,0	0,9147	1,475
0,5	2,8395	2,29	1016,9	0,9193	1,475
0,6	3,3882	2,74	1020,8	0,9242	1,475
0,8	4,4671	3,68	1028,6	0,9338	1,477
1,0	5,5222	4,63	1035,7	0,9440	1,483
2,0	10,4665	9,78	1072,2	1,0044	1,513
3,0	14,9190	15,63	1105,6	1,0840	1,556
4,0	18,9496	22,30	1136,9	1,1862	1,585
5,0	22,6156	2988	166,9	1,3070	1,592
6,0	25,9643	38,32	1194,1	-	-

Konsentratsiya		Osmotik Bosim π , MPa	Eritma zichligi ρ , kg/m ³	Kinematik qovushqoqlik koeffitsiyenti $\nu \cdot 10^6$, m ² /s	Diffuziya Koeffitsenti $D \cdot 10^9$, m ² /s
mol/lsv	% (mass)				

NaNO₃

0,1	0,8429	0,45	1002,7	0,8958	1,443
0,2	1,6718	0,90	1008,2	0,8950	1,427
0,3	2,4869	1,33	1013,7	0,8943	1,414
0,4	3,2886	1,75	1019,1	0,8937	1,407
0,5	4,0772	2,17	1024,5	0,8941	1,403
0,6	4,8531	2,58	1029,7	0,8960	1,399
0,8	6,3677	3,41	1040,1	0,8997	1,389
1,0	7,8350	4,23	1050,3	0,9036	1,379
2,0	14,5314	8,24	1098,4	0,9544	1,336
3,0	20,3206	12,15	1140,5	1,0141	1,318
4,0	25,3754	15,97	1183,6	1,1020	1,303
5,0	29,8270	19,77	1221,0	1,1892	1,296
6,0	33,7775	23,77	1256,0	-	-

Na₂SO₄

0,1	1,4406	0,59	1009,7	0,9236	1,042
0,2	2,7625	1,12	1022,0	0,9511	1,008
0,3	4,0873	1,62	1034,0	0,9793	0,975
0,4	5,3765	2,09	1045,8	1,0101	0,941
0,5	6,6315	2,57	1057,4	1,0426	0,909
0,6	7,8536	3,02	1068,7	1,0767	0,889
0,8	10,2043	3,92	1091,0	1,1502	0,861
1,0	12,4382	4,79	1112,6	1,2423	0,836
2,0	22,1244	9,37	1211,5	1,8317	-

NH₄Cl

0,1	0,5322	0,46	998,7	0,8938	1,836
0,2	1,0587	0,91	1000,4	0,8911	1,836
0,3	1,5796	1,35	1002,0	0,8886	1,840
0,4	2,0952	1,78	1003,6	0,8861	1,850
0,5	2,6053	2,23	1005,1	0,8838	1,860
0,6	3,1102	2,66	1006,6	0,8820	1,870
0,8	4,1043	3,54	1009,6	0,8784	1,892
1,0	5,0783	4,44	1012,5	0,8748	1,917
2,0	9,6658	9,02	1026,0	0,8606	2,030
3,0	13,8302	13,80	1037,8	0,8551	2,134
4,0	17,6277	18,79	1048,4	0,8542	2,199
5,0	21,1045	23,84	1057,9	0,8592	2,243
6,0	24,2998	28,99	1066,5	0,8665	2,264

ADABIYOTLAR

1. Нурмухамедов Х.С., Темиров О.Ш., Юсупбеков Н.Р., Зокиров С.Г. ва б. Газларни қайта ишлаш технологияси, жараён ва қурилмалари. – Т.: Шарқ, 2016. - 856 б.
2. Yusupbekov N.R., Nurmuhamedov H.S., Zokirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalari. – Toshkent, Fan va texnologiyalar, 2015.- 848 b.
3. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С., Закиров С.Г. Кимёвий технология асосий жараён ва қурилмалар. – Т.: Шарқ, 2003.- 644 б.
4. Плановский А.Н., Николаев П.И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии. – М.: Химия, 1987.- 496 с.
5. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С., Зокиров С.Г. Кимё ва озиқ-овқат саноатларининг асосий жараён ва қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. – Т.: Жаҳон, 2000.- 231 б.
6. Нурмухамедов Х.С., Нигмаджонов С.К., Абдуллаев А.Ш., Асқарова А.Б., Рамбергенов А.К., Каримов К.Г. Нефть ва кимё саноатлари машина ва қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. – Т.: Фан ва технологиялар, 2008. - 356 с.
7. Поникаров И.И., Рачковский С.В., Поникаров С.И. Расчеты машин и аппаратов химических производств и нефтегазопереработки (примеры и задачи). – М.: Альфа-М, 2008. - 720 с.
8. Машины и аппараты химических производств: Учеб. пособие для вузов / Доманский И.В., Исаков В.П., Островский Г.М. и др.; Под общ. ред. В.Н. Соколова - 2-е изд., перераб. и доп. – С.-Пб.: Политехника, 1992.- 384с.
9. Калишук Д.Г., Сасвич Н.П., Вилькоцкий А.И. Процессы и аппараты химической технологии. - Минск: БГТУ, 2011.- 426 с.
10. Кошкин В.К., Калинин Э.К. Теплообменные аппараты и теплоносители. – М.: Машиностроение, 1971.- 200 с.
11. Сесёлкин И.В., Яровой В.С. Расчет и конструирование оборудования предприятий химических производств. – Барнаул: изд-во АлтГТУ, 2005. - 80 с.
12. Тимонин А.С. Основы конструирования и расчеты химико-технологического и природоохранного оборудования : справочник / А.С.Тимонин. – Калуга: Изд-во Н. Бочкаревой, 2002.- т.1. - 852 с.
13. Марков У.А. Процессы и аппараты химической технологии: в 2-х частях /. – Минск: БДТУ, 2002. – ч.1. Гидромеханические и механические процессы. - 202 с.
14. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия, 1973. - 752 с.
15. Скобло А.И., Молоканов Ю.К., Владимиров А.И., Щелкунов В.А. Процессы и аппараты нефтегазопереработки и нефтехимии. - М.: Недра, 2000. - 677 с.
16. Charles E.Thomas. Process Technology Equipment and Systems. – USA, Stamford, Gengage Learning, 2015. - 525 p.
17. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии. Под редакцией Айнштейна А.Г. – М.: Логос, 2000.- т.1-2. -1784 с.
18. Романков П.Г. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии (примеры и задачи) П.Г.Романков, Флисюк О.М. – СПб.: Химиздат, 2009.- 542 с.
19. Дытнерский, Ю. И. Процессы и аппараты химической технологии. Учеб. для студ. химико-технол. спец. вузов : в 2-х частях / Ю. И. Дытнерский. – М. : Химия, 2002, - кн. 1: 368 с.; кн. 2. – 400 с. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты.- 468 с.
20. Владимиров А.И., Щелкунов В.А., Круглов С.А. Основные процессы и аппараты нефтегазопереработки (краткий справочник). – М.: Нефть и газ, 1996.- 155 с.

21. Лашинский А.А., Толчинский А.Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры. – Л.: Машиностроение, 1970.- 752 с.
22. Поникаров И.И., Перельгин О.А., Доронин В.Н., Гайнуллин М.Г. Машины и аппараты химических производств: – М.: Машиностроение, 1989.- 368 с.
23. Новый справочник химика и технолога. Процессы и аппараты химической технологии. В 3-х ч. –СПб.:АНО НПО «Профессионал», 2006. –ч.2.- 948 с.
24. Идельчик И.Е. Аэрогидродинамика технологических аппаратов. – М.: Машиностроение, 1983.- 351 с.
25. Процессы и аппараты химической технологии.. Учеб. для студ. вузов / А. А. Захарова [и др.] ; под ред. А. А. Захаровой. – М. : Академия, 2006. - 528 с.
26. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по процессам и аппаратам химической технологии. – М.: Альянс, 2007. - 576 с.
27. Черкасский В.М. Насосы, вентиляторы, компрессоры. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 416 с.
28. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С. Кимё ва озик-овкат саноатларнинг жараён ва қурилмалари фанидан хисоблар ва мисоллар. – Тошкент: Nisim, 1999.- 351 с.
29. Новый справочник химика и технолога. Процессы и аппараты химической технологии. В 3-х ч. / редкол.Г.М.Островский и др. :-СПб.:АНО НПО «Профессионал», 2004. –ч.1.- 848 с.
30. Тимонин А.С. Основы конструирования и расчеты химико-технологического и природоохранного оборудования : справочник / А.С.Тимонин.– Калуга: Изд-во Н. Бочкаревой, 2002.- т.2. - 1028 с.
31. Тимонин А.С. Основы конструирования и расчеты химико-технологического и природоохранного оборудования : справочник / А.С.Тимонин.– Калуга: Изд-во Н. Бочкаревой, 2002.- т.3. - 968 с.
32. Иоффе И.Л. проектирование процессов и аппаратов химической технологии. – Л.: Химия, 1991. - 352 с.
33. Хванг С.Т. Мембранные процессы разделения. – М: Химия, 1981. - 464 с.
34. Машины и аппараты химических производств: Примеры и задачи. / И.В.Доманский, В.П.Исаков, Г.М.Островский и др. Подред. В.Н.Соколова – Л.:Машиностроение, 1982. - 384 с.
35. R.Paul Singh, Dennis R.Heldman. Introduction to Food Engeneering / Academic Press.Inc.Harcourt Brace and Company. – San Diego-New York-Boston-London-Sydney-Tokyo-Toronto, 2009.-841 p
36. Пинчук Л.С., Струк В.А., Мышкин Н.К., Свириденко А.И. Материаловедение и конструкционные материалы. - Минск: Высшая школа, 1989. - 461 с.
37. Тимонин А.С. Инженерно-экологический справочник: в 3-х т. / А.С.Тимонин.- Калуга: Изд. Н. Бочкаревой, 2003. - т.2. - 884 с.
38. Брагинский Л.Н. Перемешивание жидких сред. – М.: Химия, 1984, - 336 с.
39. Лукьяненко В.М. Центрифуги: Справочное издание. – М.: Химия, 1988. - 384 с.
40. Тимонин А.С. Инженерно-экологический справочник: в 3-х т. / А.С.Тимонин.- Калуга: Изд. Н. Бочкаревой, 2003. - т.3. - 1024 с.
41. Соколов В.И. Центрифугирование. – М.: Химия, 1976. – 408 с.
42. Коузов П.А. Очистка от пыли газов и воздуха в химической промышленности. – М.: Химия, 1982. – 256 с.
43. Ужов В.Н. Очистка промышленных газов от пыли. – М.: Химия, 1981. – 392 с.
44. Справочник по пыле- и золоулавливанию. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 312 с.
45. Дэвидсон Н.Ф. Псевдооживление твердых частиц. – М.: Химия, 1965. – 184 с
46. Розен А.М. Масштабный переход в химической технологии. – М.: Химия, 1980.– 320 с
47. Игнатович Э. Химическая техника. Процессы и аппараты / Игнатович Э. перевод с немецкого. – М.: Техносфера, 2007. – 655 с.

48. Процессы и аппараты химической технологии. Явления переноса, макрокинетика, подобие, моделирование, проектирование: в 5 т. / Д.А.Баранов и др.: -М.: Логос, 2000. – т.1: Основы теории химической технологии. – 480 с.
49. Основные процессы и аппараты химической технологии. Пособие по проектированию/ Г. С. Борисов, В. П. Брыков, Ю. И. Дытнерский и др. Под ред. Ю. И. Дытнерского, 2-е изд., перераб. и дополн. – М.: Химия, 1991. - 496 с.
50. Рамм В.М. Абсорбция газов. – М.: Химия, 1966.- 768 с.
51. Эксергетические расчеты технических систем: Справочное пособие / Бродянский В.М., Верховкер Г.П. и другие: - Киев: Наукова Думка, 1991.- 360 с.
52. Справочник химика / под ред. Б. П. Никольского, О. Н. Григорова, М. Е. Позина и др. – т.V. – 2-е изд. – М.: Химия, 1968. - 996 с.
53. Сосуды и трубопроводы высокого давления. Справочник. / Е.Р.Хисматуллин, Е.М.Королев, В.И.Лифшиц. – М.:Машиностроение, 1990.- 384 с.
54. Тимонин А.С. Инженерно-экологический справочник: в 3-х т. / А.С.Тимонин.- Калуга: Изд. Н. Бочкаревой, 2003. - т.1. - 917 с.
55. Чиркин В.С. Теплопроводность промышленных материалов. - М.: Машиностроение, 1987. - 515 с.
56. Боровик А.А. Процессы и аппараты химической технологии. Сборник примеров и задач: в 2-х ч. / Боровик А.А., Протасов С.К., Марков В.А. – Минск: БГТУ, 2006. – ч.1: Техническая гидравлика. Гидромеханические процессы. - 382 с.
57. Марков У.А. Процессы и аппараты химической технологии: в 2-х частях /. – Минск, БДТУ, 2006. – ч.2. Тепловые и массообменные процессы. - 442 с.
58. Пономаренко В.Г., Ткаченко В.П., Курлянд Ю.А. Кристаллизация в псевдооживленном слое. – Киев: Техника, 1972. – 131 с.
59. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. – М.: Химия, 1979. 480 с.
60. Процессы и аппараты химической технологии. Явления переноса, макрокинетика, подобие, моделирование, проектирование: в 5 т. / Д.А.Баранов и др.: -М.: Логос, 2002. – т.2: Механические и гидромеханические процессы. – 600 с.
61. Нурмухамедов Х.С., Аннаев Н.А., Бабаев З.К., Матчонов Ш.К. ва бошқалар. Иссиқлик алмашиниш курилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. - Т.: Билик, 2018. - 316 б.
62. Калищук Д.Г., Сасвич Н.П., Вилькоцкий А.И., Левданский А.Э. Процессы и аппараты химической технологии. Расчет и проектирование массообменных процессов. – Минск: БГТУ, 2014 – 498 с.
63. Рудобахта С.П., Карташов Э.М. Диффузии в химико-технологических процессах. – М.: Химия, 1993.- 209 с.
64. Каталог отопительного оборудования.. <https://teploagregat.nt-rt.ru/>.
65. Сушильные аппараты и установки. Каталог НИИхиммаш. – М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1992. – 80 с.
66. Курсовое проектирование по процессам и аппаратам химической технологии / Под ред. Г.С.Тарасовой. Т., ТашПИ, 1986. – 38 с.
67. Муштаев В.И. и др. Сушка в условиях пневмотранспорта. – М.: Химия, 1984.- 230 с.
68. Классен П.В., Гришаев И. Основы техники гранулирования.–М.:Химия, 1982.=272 с.
69. Классен П.В., Гришаев И.Г. Основные процессы технологии минеральных удобрений. – М.: Химия, 1990.- 304 с.
70. Генералов М.Б., Классен П.В., Стенанова А.Р., Шомин П.В. Расчет оборудования для гранулирования минеральных удобрений. – М.: Машиностроение, 1984.- 192 с.
71. Кафаров В.В. Основы массопередачи. – М.: Высшая школа, 1979.- 439 с.



Alimbaev Sobit Axmadovich
Isomiddinov Aziz Salomiddinovich
Karimov Kudratilla Fuadovich
Mavlanov Elbek Tulkinovich
Matchonov Sherzod Komiljonovich
Nigmadjonov Samugjon Karimjonovich
Nurmuhamedov Habibulla Sa'dullayevich
Nishanova Sadoqat Xabibullayevna
Samadiy Murodjon Abdusalimzoda
Sultonov Javohir Valijonovich
Safarov Jasur Esirgapovich
Sipatdinov Nuratdin Asamatdinovich
Usmonov Botir Sotvoldiyevich
Xakimova Gulnoza Nigmonovna
Xudoyberdiyeva Nazora Sharofovna
Nurmuhamedov Sa'dulla Habibullayevich

Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalari

«ILMIY -TEXNIKA AXBOROTI - PRESS NASHRIYOTI»

Toshkent – 2023

Muharrir: - Gulyamov Sh.M.
Tex. muharrir: - Sagitov A.M.
Musavvir: - Toirov Z.K.
Musahhih: - Karimov K.F.
Kompyuterda
sahifalovchi: - Raximov B.

«ILMIY -TEXNIKA AXBOROTI - PRESS NASHRIYOTI» MChJ

Тошкент ш., Фарғона йўли кўчаси, 222/7

Нашриет лицензияси Аi№283, 11.01.2016. Босишга рухсат этилди 23.11.2021.

Бичими 60x84 1/8 «Times Uz» гарнитураси. Офсет усулида босилди.

Шартли босма табағи 27,44. Нашриет босма табағи 29,55.

Адади 500. Буюртма №2

«ABROR PRINT» ОК матбаа бўлимида босилди.

Тошкент ш., Лабзак кўчаси, 63

ISBN 978-9943-8437-6-9



9 789943 843769

**KIMYOVIY TEXNOLOGIYA ASOSIY
JARAYON VA QURILMALARI**