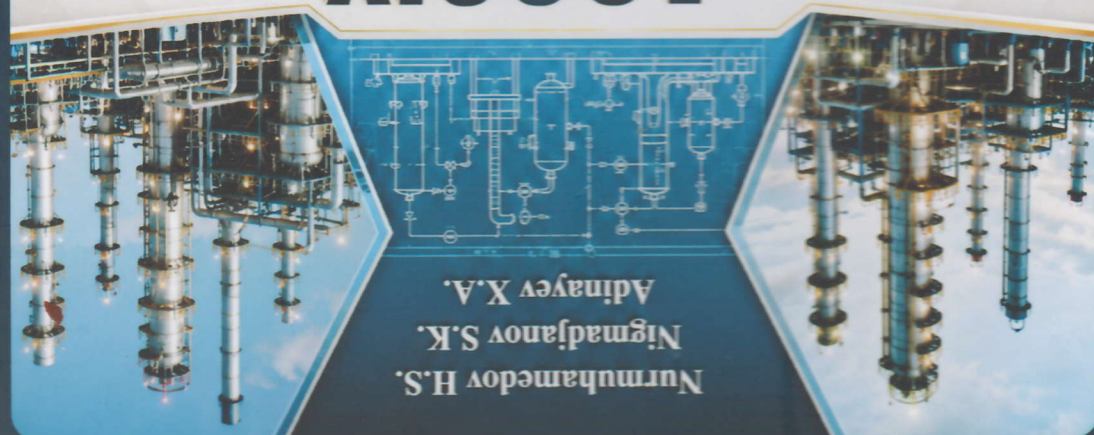


USLUBIY QO'LLANMA



LABORATORIYA ISHLARI

ASOSIY TEKNOLOGIK JARAYON VA QURILMALAR 1,2



Nurmuhammedov H.S.
Nigmatdjanov S.K.
Adinayev X.A.

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY TA'LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI

DENOV TADBIRKORLIK VA PEDAGOGIKA INSTITUTI

NURMUHAMEDOV H.S., NIGMADJANOV S.K., ADINAYEV X.A.

«ASOSIY TEXNOLOGIK JARAYON VA
QURILMALAR 1,2»
fanidan

LABORATORIYA ISHLARI

USLUBIY QO'LLANMA

Denov – 2026

Nurmuhammedov H.S., Nigmatjanov S.K., Adinayev X.A. /Asosiy texnologik jarayon va qurilmalar 1,2/ fanidan laboratoriya ishlari. Uslubiy qo'llanma. Denov-2026

Ushbu uslubiy qo'llanmada suyuqliklar harakat rejimini, sarfini o'lchash, markazdan qochma nasoslarning xarakteristikasini, donador zarrachalar qatlaminin mavhum qaynash gidrodinamikasini, idish tubidagi turli diametrli teshiklardan oqib tushish vaqtini, filtrlash doimiyligini, "truba ichida truba" tipidagi issiqlik almashinish qurilmasida issiqlik berish va o'tkazish ko'rsatkichlarini, eritmalarining temperatura depressiyasini aniqlash, quritish qurilmasidagi materialning quritish va quritish tezligining egri chiziqlarini tasvirlash hamda nasadkali kolonnalarning gidrodinamikasini aniqlash bo'yicha laboratoriya ishlari bayon qilingan. Har bir laboratoriya ishida uni mukammal o'zlashtirish uchun ishning nazariy asoslari, hisoblash formulalari, ishini bajarish tartibi, nazorat savollari va adabiyotlar ro'yxati keltirilgan. Uslubiy qo'llanmada tajriba natijalarini hisoblash uchun ilovada suyuqlik va gazlarning fizik-mexanik va diffuzion-issiqlik xossalari, mahalliy qarshilik turlarining ko'rsatkichlari berilgan.

Uslubiy qo'llanma oliy o'quv yurtlarining "Kimyo muhandisligi" bakalavriat ta'lim yo'nalishida ta'lim olayotgan talabalar uchun mo'ljallangan.

Mualliflar:

Nurmuhammedov H.S. – Toshkent kimyo-texnologiya instituti "Kimyoviy texnologiya jarayon va qurilmalari" kafedrasi professori, t.f.d.

Nigmatjanov S.K. – Toshkent kimyo-texnologiya instituti "Kimyoviy texnologiya jarayon va qurilmalari" kafedrasi dotsenti, t.f.n.

Adinayev X.A. – Denov tadbirkorlik va pedagogika instituti "Umumiy kimyo va kimyoviy texnologiyalar" kafedrasi professori v.b., k.f.d. (DSc).

Taqrizchilar:

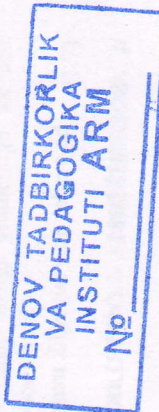
Xo'jamqulov S.Z. – Termiz Davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti "Kimyo muhandisligi" kafedrasi professori v.b., t.f.d. (DSc).

Ismatov S.Sh. – Denov tadbirkorlik va pedagogika instituti "Umumiy kimyo va kimyoviy texnologiyalar" kafedrasi mudiri, professor, t.f.d. (DSc).

Ushbu uslubiy qo'llanma Denov tadbirkorlik va pedagogika instituti "O'quv-uslubiy Kengashi"ning 2026-yil 26-iyundagi №11 - sonli bayonnamasi bilan ma'qullangan va ko'p nusxada chop etishga tavsiya etilgan.

MUNDARIJA

	Bet
MUNDARIJA	3
1-ish. Suyuqlikning oqish rejimini aniqlash	4
2-ish. Suyuqlik harakat qilayotgan trubalarning mahalliy va ishqalanish qarshiliklarini aniqlash	11
3-ish. Suyuqliklarning tezligi va sarfini Pito-Prandtl naychasi bilan o'lchash	19
4-ish. Suyuqlikning nasadkalaridan oqib chikishi	26
5-ish. Markazdan qochma nasoslarning xarakteristikasi	31
6-ish. Mavhum qaynash qatlami gidrodinamikasi	38
7-ish. Filtrlash doimiyligini aniqlash	45
8-ish. "Truba ichida truba" tipidagi issiqlik almashinish qurilmasining issiqlik berish ko'rsatkichlarini aniqlash	52
9-ish. "Truba ichida truba" tipidagi issiqlik almashinish qurilmaning issiqlik o'tkazish ko'rsatkichlarini aniqlash	61
10-ish. Eritmalarning temperatura depressiyasini aniqlash	67
11-ish. Harakatchan nasadkali kolonnalarda massa berish va o'tkazish ko'rsatkichlari miqdorini aniqlash	73
12-ish. Nasadkali kolonnalarning gidrodinamikasi	87
13-ish. Quritish qurilmasida quritish jarayonini tasvirlash	97
14-ish. Quritish jarayonining kinetikasi	104
15-ish. Aktivlangan ko'mir, halqasimon va yarim sfera qatlamli adsorber gidrodinamikasi	110
16-ish. Markazdan qochma ventilyatorning xarakteristikalarini aniqlash	117
17-ish. Zarrachalarning uchib chiqish tezligini aniqlash	125
18-ish. Qattiq zarrachalar qatlaminin dispersligini aniqlash	129
19-ish. Erkin konveksiya jarayonida havoning issiqlik berish ko'rsatkichlarini aniqlash	138
ILOVALAR	144



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 xususiyatiga ega. Suyuqlik goyo 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 qoraladi.

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

- 1) Suyuqliklar xuddi gazlar kabi ma'lum shaklga ega emas, uning fizik xossalari barcha yo'nalishda bir xil, ya'ni izotropdir;
- 2) gazlarning qovushoqligi kichik bo'lib, yuqori temperaturada suyuqliklarnikiga yaqinlashadi;
- 3) kritik temperaturadan yuqori temperaturada suyuqliklar bilan gazlar orasidagi farq yo'qoladi.

Gidravlikada nazariy tadqiqotlar natijalarini soddalashtirish maqsadida ideal suyuqlik modelidan foydalaniladi.

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

Ammo, suyuqliklar temperatura va bosim ta'sirida o'z hajmini va zichligini o'zgartiradi yoki siqiladi, hamda ma'lum bir qovushoqlikka ega bo'ladi. Bunday suyuqliklar shartli ravishda **real suyuqliklar** deyiladi. Elastik suyuqliklarning hajmi temperatura va bosim ta'sirida keskin o'zgaradi.

Suyuqliklarning asosiy fizik xossalari zichlik, solishtirma og'irlik va qovushoqlik bilan harakterlanadi.

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:

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

Bosimning yo'nalishi va ta'siri suyuqlikning hamma nuqtalarida bir xil, chunki bu kuch hamma vaqt normal boyicha yo'nalgan bo'ladi. Bundan ko'rinish turibdiki, bosimning kattaligi yuzaning shakliga va uning qanday joylashishiga bog'liq 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 p_{or} ni ko'rsatadi. Shuning uchun, to'la yoki absolyut bosim ikkala bosimning yig'indisiga teng:

$$p_{ab} = p_{man} + p_{atm} \quad (1.5)$$

bu yerda: p_{man} - manometr bilan o'lchanadigan bosim. Agar jarayon siyraklanish sharoitida ketsa, atmosfera yoki barometrik bosim bilan siyraklanish orasidagi ayirma to'la bosim deyiladi:

$$p_{ab} = p_{man} - p_{vac} \quad (1.6)$$

bu yerda: p_{vak} - vakuummetr bilan o'lchanadigan siyraklanish. Bosim fizik va texnik atmosferada, mm.suv va mm.simob ustuni o'lchanadi.

1 fizik atmosfera (1 atm) = 760 mm simob ustuni = 10,33 m suv ustuni = 1,033 kgk/sm² = 101300 kgk/m²;

1 texnik atmosfera (1 at) = 735,6 mm simob ustuni = 10 m suv ustuni = 1 kgk/sm² = 10000 kgk/m² = 98100 N/m².

QOVUSHOQLIK. Haqiqiy real suyuqliklar tuba ichida harakatlanganda, uning ichida ichki ishqalanish kuchlari hosil bo'lib, siljishiga to'sqinlik qiladi. Suyuqliklarning bir qatlamdan ikkinchi qatlamga siljishi uchun sarf bo'lgan kuch qovushoqlik deyiladi. Nyuton qonuniga binoan, suyuqlikning siljishi uchun zarur bo'lgan kuch shu qatlarning yuzasiga, so'rinish tezligi gradientiga va shu suyuqlikning qovushoqlik koeffitsientiga to'g'ri proporsional:

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

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 temperaturasi bog'liq bo'lib, keng oraliqda o'zgaradi. Masalan, glitserinning qovushoqlik suvnikiga nisbatan bir necha marotaba kattadir. Qovushoqlik SI sistemasiga binoan quyidagi birlikda o'lchanadi:

$$\mu = \frac{F \left(\frac{dw}{dn} \right)}{T} = \frac{H}{M^2 \cdot \left(\frac{M}{C} \right)} = \frac{H \cdot c}{M^2} = \frac{H \cdot c}{I a \cdot c} \quad (1.8)$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

bu yerda: V - hajmiy sarf miqdori, m^3/s ; F - trubaning ko'ndalang kesim yuzasi, m^2 .

Yuqoridagi tenglikdan:

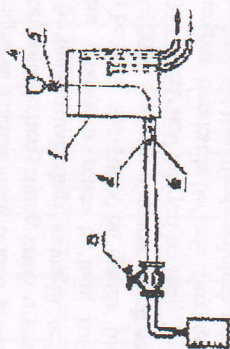
$$V = w \cdot F, [m^3/s].$$

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

$$M = \rho \cdot w \cdot F, [kg/s] \quad (1.10)$$

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

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- jo'irak; 4- rangli suyuqlik solingan idishcha; 5- jo'irak; 6- kapilyar truba.

Rezervuarda suvning sathi bir hil ushlab turiladi. Unga gorizontaal shisha truba birlashtirilgan. Shisha trubadagi oqim harakatini kuzatish uchun uning o'qi boylab, rangli suyuqlik yuboriladigan naycha o'rnatilgan. Suvning tubidagi tezligi kran orqali o'zgartiriladi.

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

Trubadagi suv oqimi tezligi keskin ko'paytirilsa, rangli eritma truba boylab 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:

$$Re = \frac{w \cdot d \cdot \rho}{\mu} \quad (1.11)$$

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

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

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

$Re = 2320-10000$ oralig'ida o'zgarib o'tish sohasi bo'lib, bu vaqtda bir vaqtning o'zida trubada ikki xil harakat mavjud bo'ladi, ya'ni tuba 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'rni ekvivalent diametr kattaligi ishlatiladi. U xolda:

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

bu yerda: F – suyuqlik oqimining kesim yuzasi, m^2 ; Π – ho'llangan perimetr.

Diametri d ga teng bo'lgan dumaloq tuba uchun $d_e=d$. Agar, kanalning kesimi tomonlari a va b ga teng bo'lgan to'rtburchakli bo'lsa, u holda:

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

Ishni bajarish tartibi

- 1.1- rasmdagi laboratoriya tajriba qurilmasi tekshiriladi.
- Jo'mrak 3 ni asta-sekin ochib suyuqlik sarfini ko'paytirib, vaqt birligida oqib o'tgan suyuqlikning hajmi o'lchanadi. 5 jo'mrakni ochib, indikatr yordamida trubadagi suyuqlikning harakat rejimi aniqlanadi. Suyuqlikning harakat rejimi rangli suyuqlikning suv bilan aralashib ketishiga karab aniqlanadi.
- Trubada oqayotgan suvning temperaturasi o'lchanadi.
- Tajriba natijalarini hisoblash jadvaliga yoziladi. Suvning temperaturasi qarang, ilovadagi 2-jadvaldan suvning qovushoqligi, zichligi aniqlanadi.
- Tajriba natijasida hisoblangan Re kriteriyasi bilan tezlik orasidagi bog'lanish, ya'ni $Re = f(w)$ grafigi chiziladi. Grafikdan $Re=2320$ bo'lganda trubadagi suyuqlik oqimining kritik tezligi aniqlanadi.

1-1 jadval

Ko'rsatmalar	To'g'ri tajriba				Teskari tajriba			
	1							
Suv hajmi V, m^3								
Suvning oqib chiqish vaqti τ, s								
Is oqib chiqqan suvning hajmi $V_s = \frac{V}{\tau}, m^3/s$								
Suvning oqim yuzasi $F = \pi \cdot d^2/4, m^2$								
Suyuqlik harakatining o'rtacha tezligi $w_w = \frac{V_s}{F}, m/s$								
Reynolds soni $Re = \frac{w \cdot d \cdot \rho}{\mu}$								
Suvning temperaturasi, $^{\circ}C$								
Vizual ko'rinish								
Oqim rejimi								

Tekshirish uchun savollar

- Suyuqliklarning asosiy fizik xossalari: zichlik, solishtirma og'irlik, bosim, qovushoqlik.
- Suyuqlikning harakat tezligi va sarflanishi.
- Chidravlik radius va ekvivalent diametr.
- Suyuqlik oqimining harakat rejimlari.

5. Laminar va turbulent hajmdagi oqim harakatining o'rtacha tezligi.
6. Eyllerning differentsial tenglamasi.
7. Gidrostatikaning asosiy tenglamasi.

ADABIYOTLAR

1. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. - М.: Химия. 1973. - 727 с.
2. Salimov. Z, Toychiev I. Ximiyaviy texnologiya protsesslari va apparatlari. - Toshkent, O'ituvchi, 1987. - 406 b.
3. Yusupbekov N.R., Nurmuhamedov X.S., Ismatullayev P.R. Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarining jarayon va qurilmalari fanidan xisoblar. - Toshkent, Nisim, 1999. - 351 b.
4. Гельперин Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. - М.: Химия. 1981. - кн.1. - 410 с.
5. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессы и аппараты химической технологии. - Л.: Химия, 1981. - 575 с.
6. Yusupbekov N.R., Nurmuhamedov X.S., Zokirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalar. - T.: Sharq, 2016. - 848 b.
7. Charles E., Thomas. Process Technology Equipment and Systems., Fourth Edition, Cengage Learning, USA., 2015. - 526 p.

Internet saytlari

1. www.texnologiy.ru
2. www.ziyounet.uz

Laboratoriya ishi №2

SUYUQLIK HARAKAT QILAYOTGAN TRUBALARNING MAHALLIY VA ISHQALANISH QARSHILIKLARINI ANIQLASH

Ishning nazariy asoslari

Bernulli tenglamasi:

$$z + \frac{p}{\rho g} + \frac{w^2}{2g} = const \quad (2.1)$$

Istiyoriy ikki ko'ndalang kesimli 1 va 2 truba uchun quyidagi xolda ifoda qilish mumkin

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{w_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{w_2^2}{2g} \quad (2.2)$$

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

$$z + \frac{p}{\rho g} + \frac{w^2}{2g} = H$$

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

h_g - geometrik bosim (h_g), shu nuqtadagi potentsial solishtirma energiyaning xolati harakatlaydi; $p/\rho g$ - statik bosim (h_{st}), shu nuqtadagi solishtirma bosim, potentsial energiyani harakatlaydi; $w^2/2g$ - dinamik bosim (h_d), shu nuqtadagi solishtirma kinetik energiyani harakatlaydi.

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

Shunda Bernulli tenglamasiga binoan, ideal suyuqliklarning turg'un xarakatida geometrik, statik va dinamik bosimlar yig'indisi o'zgarmas umumiy gidrodinamik bosimga teng bo'lib, unda oqim trubaning bir kesimidan ikkinchisiga o'tganda o'zgarmaydi. Shu bilan birga ideal suyuqliklarning yig'indisi har bir ko'ndalang kesim uchun o'zgarmasidir. Shunday qilib, Bernulli tenglamasi, energiyaning saqlanish qonunining suyuqlik ko'rinishi bo'lib, oqimning energetik balansini belgilaydi.

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

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

Bunday sharoitda Bernulli tenglamasi quyidagicha ifodalanadi:

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{w_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{w_2^2}{2g} + h_y \quad (2.3)$$

yoki

$$h_g + h_{st} + h_d + h_y = H \quad (2.4)$$

ifodada h_y ishqalanish kuchini yengish uchun sarflangan bosim.

Sarflangan bosim h_y haqiqiy 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:

$$\rho g z_1 + p_1 + \frac{\rho w_1^2}{2} = \rho g z_2 + p_2 + \frac{\rho w_2^2}{2} + \Delta p_y \quad (2.5)$$

bu yerda: Δp - sarflangan bosim farqi [Pa].

$$\Delta p_y = \rho g h_y \quad (2.6)$$

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

$$h_y = h_{st} + h_{m,q} \quad (2.7)$$

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 axtiyatga 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:

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

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

Shuning uchun

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad \xi = \lambda \cdot \frac{l}{d} \quad (2.9)$$

Shunday qilib, (2.8) tenglamani quyidagicha ifodalash mumkin

$$h_{sh} = \xi_{sh} \cdot \frac{w^2}{2g} \quad (2.10)$$

yoki

$$\Delta P_{sh} = \rho \cdot g \cdot h_{sh} \quad (2.11)$$

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

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

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

$$\lambda = 0.316 / \sqrt[4]{Re} \quad (2.13)$$

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

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

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

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

g'adir-budurliklarning λ_g ta'siri truba devorlaridagi g'adir-budurliklar balandligi (Δ) va laminar qatlam qalinligining (δ) o'zaro munosabatidan aniqlanadi. Turbulent rejim boshlanish paytida laminar qatlarning qalinligi δ g'adir-budurliklar balandligidan $\delta > \Delta$ katta bo'ladi. Bunda suyuqliq g'adir-budurliklardan asta-sekin oqib o'tadi. Shuning uchun λ ni hisoblash paytida Δ ni hisobga olmasa bo'ladi. Bunday trubalarni gidravlik silliq deb hisoblasha 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 qarshiligidan, dinamik bosim orqali topiladi. Aynan bir mahalliy qarshilikdagi bosim yo'qotilishining dinamik bosimga h_d nisbatini - mahalliy qarshilik koeffitsienti deyiladi va ξ deb belgilanadi.

Chunonchi, har xil mahalliy qarshiliklar uchun:

$$h_{m,q1} = \xi_{m,q1} \cdot \frac{w^2}{2g}$$

$$h_{m,q2} = \xi_{m,q2} \cdot \frac{w^2}{2g}$$

.....

(2.15)

$$h_{m,q} = \xi_{m,q} \cdot \frac{w^2}{2g}$$

yoki hamma mahalliy qarshiliklar uchun:

$$h_{m,q} = \sum \xi_{m,q} \cdot \frac{w^2}{2g} \quad (2.16)$$

Ko'pincha, turli xil mahalliy qarshilik ko'effitsientlari 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'tiganda tezligi kamayadi, bu paytda suyuqlik oqimlari tuba devortlariga urilib natijada bosim yo'qotiladi.

2-1 jadval

Mahalliy qarshilik ko'effitsientining qiymati

Re = $\frac{w_0 \cdot d_e}{\nu}$	$\frac{F_0}{F_1}$	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	3,1
100	3,1	1,4	1,1	0,9	0,9	0,9	0,9
1000	3,1	1,6	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9
3000	7	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2
3500	0	2	0,6	0,5	0,3	0,2	0,1
	0	1	4	6	6	5	4
	0	1	4	6	6	5	4
	0	0	0	0	0	0	0
	81	0	0	0	0	0	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 aniqlash uchun yo'qotilgan bosim $\Delta p_{b,k}$ quyidagi tenglamadan topiladi:

$$\Delta p_{b,k} = \xi_{b,k} \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2} \quad (2.17)$$

Qolgan mahalliy qarshiliklar ko'effitsientlari 2-2 jadvalda keltirilgan:

2-2 jadval

1	2	3	4	5	6
Mahalliy qarshilik turlari	Mahalliy qarshilik ko'effitsient qiymatlari				
Trubaga kirish	0,5				
Trubadan chiqish	1,0				
Kran to'la ochiq bo'lganda	0,2				
Tirak uchun	1,1				
Normal ventill	4,5-5,5				
Trubaning burilishi burchak ostida	0,14				

Umumiy bosim yo'qotilishini quyidagi tenglamadan

$$h_y = \xi_{ob} \cdot \frac{w^2}{2g} + \sum \xi_{m,q} \cdot \frac{w^2}{2g} = \sum \xi \cdot \frac{w^2}{2g} \quad (2.18)$$

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

va to'la gidravlik qarshilikni

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

ushbu tenglamalar yordamida aniqlash mumkin.

Ushbu ishini o'tkazishdan maqsad, tajriba yo'li bilan suyuqliq harakati davomida oqibotlash va mahalliy qarshiliklarni aniqlash, so'ngra ularni hisoblash yo'li yoki jadvaldan topilgan qiymatlari bilan solishtirish. $\lambda = f(Re)$ va $\xi = f(Re)$ bog'liklarni grafik usulda tayyorlash.

Ishni bajarish tartibi

2.1-ismda tajriba o'tazish qurilmasi ko'rsatilgan. Idishdagi (1) suv markazdan qochma nasos (4) yordamida tuba va turli xil mahalliy qarshiliklar sistemasi orqali o'tatilib, yana (1) idishga qaytariladi.

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

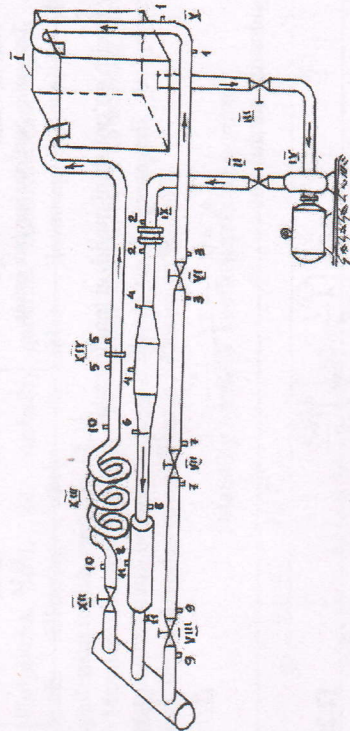
Hajmiy sarf o'lchovi diafragma (9) ulangan simobli manometrlning ko'rsatkichiga qarab aniqlanadi. Mahalliy qarshiliklarda bosimning yo'qotilishi ham manometrlar yordamida topiladi. Suyuqlikning temperaturasi simobli manometrida o'lchanadi.

Tajriba qurilmasi quyidagi qismlardan iborat:

1- o'zgarmas auyulilik idish; 2- xaydash yo'lidagi jo'mrak; 3- so'rish yo'lidagi jo'mrak; 4- markazdan qochma nasos; 5- sinalayotgan tekis burchak ostidagi to'g'ri

burilish (1=900mm); 6- sinalayotgan jo'mrak (1=1750mm); 7- sinalayotgan jo'mrak (1=375mm); 8- tiqinli jo'mrak (d_{sh}=50mm); 9- o'lchovchi diafragma (d_{sh}=50mm, d_o=37mm); 10- asta-sekin kengayish va torayish F_o/F₁=0,3; 11- sinalayotgan birdan kengayish va torayish d_{bk}=98mm; d_{tr}=50mm F_o/F₁=0,5; 13- sinalayotgan zmeevik (D=380 mm d_{tr}=50mm); 14- manometr.

Tajriba qurilmasining sxemasi



1. Suyuqlik uzatuvchi bak suv bilan to'ldiriladi.
2. So'rish yo'lidagi kran 3 ochiladi, haydash yo'lidagi kran oxirigacha yopiladi. 3 yoki 12 kranlardan biri sinalayotgan qarshiliklarning xiliga qarab ochib quyiladi.
3. Nasos ishga tushiriladi.
4. Kran 7 ochib, suvning eng kichik sarfi o'rnatiladi va suv sinalayotgan qarshilik orqali o'taziladi.
5. Manometr 15 yordamida bosimning yo'qotilishi o'lchanadi, so'ngra suvning 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 oraliq aniqlanadi:

$$w_{0.1} = \frac{V}{F \cdot t}$$

Suyuqlikning sarfini quyidagicha topish mumkin:

$$V = \frac{\alpha \cdot k \cdot \pi \cdot d_0^2}{4} \cdot \sqrt{2gh_d} \cdot \frac{\rho_{man} - \rho_m}{\rho_m}$$

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_d - manometrdagi suyuqlik bosimlarining farqi, m; ρ_m - trubada oqayotgan suyuqlikning zichligi, kg/m³; ρ_{man} - manometrik suyuqlikning zichligi, kg/m³.

		2-3 hisobot jadvali			
		1-tajriba	2-tajriba	3-tajriba	4-tajriba
Suyuqlikning hajmiy sarfi V _c	O'lchov birligi				
Manometrning ko'rsatkichi	m ³ /s				
Trubaning ko'ndalang kesim yuzasi, F	kgk/sm ²				
Oqimning o'rtacha tezligi, w _{ur}	m ²				
Suvning temperaturasi, t	m/s				
Suvning dinamik qovushoqligi μ	°S				
Reynolds soni Re	N·s/m ²				
Mahalliy qarshilikni	-				
engish uchun yo'qotilgan bosim, ΔR _{mk}	kgk/sm ²				
To'g'ri kanallarda ishqalanishni engish uchun	-				
Yo'qotilgan bosim ΔR _i	-				
Ishqalanish koeffitsienti, λ	-				
Mahalliy qarshilik koeff., ξ	-				
Ekvivalent g'adir- budurlik	mm				

Tekshirish uchun savollar

1. Bernulli tenglamasi.
2. Ishqalanish qarshiligi.
3. Mahalliy qarshiliklar.
4. Laminar va turbulent rejimlarda, koeffitsientlarini aniqlash.

hamda o'tish sohasida ishtirok

DENOV TADBIRKORLIK
VA PEDAGOGIKA
INSTITUTI ARM
№

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. Основные процессы и аппараты химической технологии. - М.: Химия. 1973. - 727 с.
2. Yusupbekov N.R., Nurmuxamedov X.S., Zokirov S.G. Kimeviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalari. - T.:Sharq, 2003. - 644 b.
3. Salimov. Z., Toychiev I. Ximiyaviy texnologiya protsesslari va apparatlari. - Toshkent, o'ituvchi, 1987. - 406 b.
4. Yusupbekov N.R., Nurmuhamedov .S., Ismatullayev P.R. Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarining jarayon va qurilmalari fanidan hisoblar va misollar. - Toshkent, Nisim, 1999. - 351 b.
5. Гельперин Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. - М.: Химия. 1981. - кн.1. - 410 с.
6. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессы и аппараты химической технологии. - Л.: Химия, 1981. - 575 с.
7. Yusupbekov N.R., Nurmuxamedov X.S., Zokirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalar. - T.: Sharq, 2016. - 848 b.
8. Charles E., Thomas. Process Technology Equipment and Systems., Fourth Edition, Cengage Learning, USA., 2015. - 526 p.

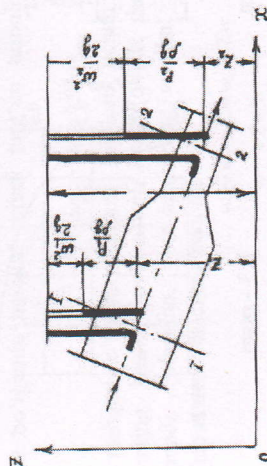
Internet saytlari

1. www.technology.ru
2. www.ziyounet.uz

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

Ishning nazariy asoslari

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



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

To'g'ri vertikal rezometrik naychada suyuqlik gidrostatik bosim h_{st} ga teng balandlikka ko'tariladi $h_{st} = \frac{P}{\rho \cdot g}$, ya'ni bu kattalik tuba o'rnatilgan joyidagi statik

bosimni o'lchaydi. Bukilgan naycha harakatlanayotgan suyuqlik oqimi yo'nalishiga qarama-qarshi qilib o'rnatilgan bo'lib, undagi suyuqlik balandligi kattaroq bo'ladi. Bu balandlik statik bosim h_{st} va dinamik bosim h_d larning yig'indisiga teng bo'ladi.

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

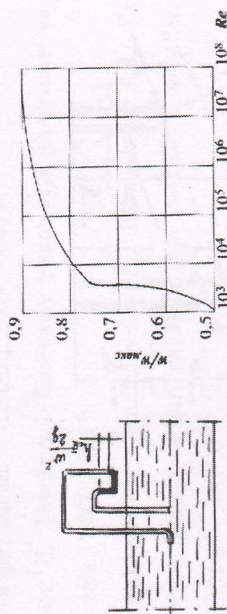
$$h_d = \frac{w_{max}^2}{2g}; \quad w_{max} = \sqrt{2g \cdot h_d} \quad (3.1)$$

3.1 - rasmdan ko'rinish turibdiki, trubaning keng joyida tezlik kichik bo'lgani uchun dinamik bosim kichik bo'ladi. Bernulli tenglamasiga binoan trubaning har bir kesimida umumiy gidrodinamik bosim o'zgarmas bo'lib, geometrik, statik ($P/\rho \cdot g$) va dinamik ($w^2/2g$) bosimlar yig'indisiga teng:

$$z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{w_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{w_2^2}{2g} = H \quad (3.2)$$

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

3.1-rasmdagi naychalar pezometrik naycha deb ataladi. Pezometrik naychalardagi 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.

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

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

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. Suyuqliklar harakat rejimi Reynolds kriteriyasining qiymati Re_{kr} bilan aniqlanadi:

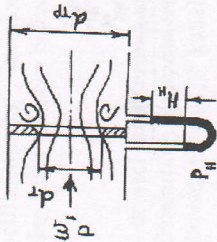
$$Re_{kr} = \frac{w \cdot d \cdot \rho}{\mu}$$

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

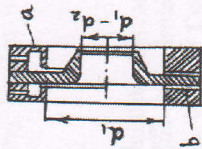
Maksimal tezlik orqali

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

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



3.4-rasm.



3.5-rasm.

$$w_{or} = 0.5 \cdot w_{max} \quad (3.5)$$

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

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

$$w_{or} = (0.8 \div 0.9) \cdot w_{max} \quad (3.6)$$

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

$$w_{or} = \sum w / n$$

bu yerda n - o'lchashlar soni.

O'rtacha tezlikni grafik boyicha topsa ham bo'ladi. Buning uchun maksimal tezlik va Reynolds kriteriyasi aniqlanib, grafikdan topilgan bu nisbatga binoan o'rtacha tezlik topiladi (3.3 rasm).

Suyuqlik miqdori esa sekundli sarf tenglamasi orqali aniqlanadi:

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

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

Sanoatda oqim tezligi va sarfini o'lchash uchun drossel asboblari ham ishlatiladi.

Ularining ishlash printsiipi Bernulli tenglamasiga asoslangan bo'lib, trubalarning tor va keng kesimlaridagi dinamik bosimlar farqining o'zgarishi orqali aniqlanadi. Drossel asboblari sifatida o'lchovchi diafragma, soplo, Venturi trubalari ishlatiladi.

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

O'lchovchi soplo ravon, yumaloqlashgan kirish va tsilindrik chiqishga ega bo'lgan nasadkalaridir (3.5-rasm). O'lchovchi soplo va diafragmalarning differentsial manometrlari, asosiy trubaga xalqasimon kamera bo'lmasa ikki kanal orqali qo'shiladi.

Venturi trubkasida o'lchovchi diafragma va soploga nisbatan bosimni yo'qolishi kam bo'ladi, chunki uning diametri asta sekin torayib, so'ngra kengayadi va o'z xolatiga qaytadi (3.6.-rasm).

3-I jadval

O'lanadigan miqdorlar		Hisoblanuvchi miqdorlar		
h_d m	ρ , kg/sm ³ kg/m ³	T °S	Rota metr ko'rsatishi	$w = \frac{V}{S}$ m/s
			$\Delta p = (\rho_m - \rho_c)gh$ N/m ²	$Re = \frac{w \cdot d \cdot \rho}{\mu}$

Tajriba natijalarini hisoblash

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

$$w_{\max} = \sqrt{2gh \cdot \frac{\rho_w - \rho}{\rho}}, \quad \text{m/s}$$

h - U-simon differentsial manometrdagi suyuqlik balandliklarining farqi, m.
Keyin suyuqlikni harakat rejimi aniqlanadi:

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

bu yerda d - trubaning diametri, $d=40\text{mm}$; ρ - suvning zichligi, kg/m^3

μ - suvning qovushoqligi, $\text{N}\cdot\text{s/m}^2$.

Reynolds kriteriyasiga qarab o'rta tezlik topiladi:

- 1) $Re < 2320$ - $w_{or} = 0,5 \cdot w_{\max}$
- 2) $Re > 10000$ - $w_{or} = (0,8-0,9) \cdot w_{\max}$ va nihoyat suyuqlikning sarfi aniqlanadi:

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

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

Tekshirish uchun savollar

1. Bernulli tenglamasining fizik ma'nosi.
2. Suyuqlikning tezligini va sarfini o'lchash.
 - a) Pnevmetrik trubaning ishlash printsipli.
 - b) O'lchovchi diafragma;
 - g) O'lchovchi soplo;
 - g) Venturi trubasi;
 3. Sarf koeffitsienti.
 4. Nyutonmas suyuqliklar.
 5. Bernulli tenglamasining amalda qo'llanilishi.

ADABIYOTLAR

1. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. - М.: Химия. 1973. - 727 с.
2. Yusupbekov N.R., Nurmuhammedov X.S., Zokirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalari. - T.:Sharq, 2003. - 644 b.
3. Salimov. Z., Toychiev I. Ximiyaviy texnologiya protsesslari va apparatlari. - Toshkent, O'qituvchi, 1987. - 406 b.
4. Yusupbekov N.R., Nurmuhammedov X.S., Ismatullayev P.R. Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarning jarayon va qurilmalari fanidan hisoblar va misollar. - Toshkent, Ishaqi, 1999. - 351 b.
5. Гельперин Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. - М.: Химия. 1981. - кн. I. - 410 с.
6. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессы и аппараты химической технологии. - Л.: Химия, 1981. - 575 с.
7. Yusupbekov N.R., Nurmuhammedov X.S., Zokirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalar. - T.: Sharq, 2016. - 848 b.
8. Charles E., Thomas. Process Technology Equipment and Systems, Fourth Edition, Cengage Learning, USA., 2015. - 526 p.

Internet saytlari

1. www.technology.ru
2. www.ziyounet.uz

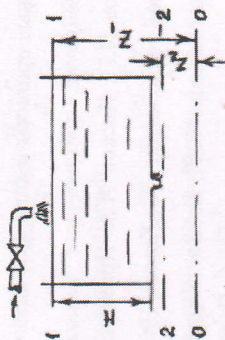
SUYUQLIKNING NASADKALARDAN OQIB CHIQISHI

Ishning nazariy asoslari

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

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

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho \cdot g} + \frac{w_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho \cdot g} + \frac{w_2^2}{2g} \quad (4.1)$$



4.1-rasm.

Idishning ustki qismi ochiq bo'lgani uchun $p_1 = p_2$ va suyuqlikning balandligi o'zgarmaning uchun tezligi $w_1 = 0$ teng bo'ladi, bundan tashqari $z_1 - z_2 = H$ deb olsak bo'ladi. Bu holda tenglamamiz quyidagi ko'rinishga keladi:

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

bundan

$$w = \sqrt{2gH} \quad (4.3)$$

Real suyuqliklarning oqib o'tishida bosimning bir qismi to'siqlarni va ichki ishqalanish kuchlarini engish uchun sarf buladi. Shuning uchun real suyuqliklar oqib tushish tezligi quyidagicha aniqlanadi:

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

bu yerda φ - tuzatish koeffitsienti ($\varphi < 1$), ya'ni suyuqlik oqimi teshikdan oqib tushayotganida, bosimning yo'qolishini hisobga oladi va tezlik koeffitsienti deyiladi. Suyuqlik oqimi teshikdan oqib tushayotganda siqilish natijasida, tezlik va bosim

kamayadi, bunday xolat teshikdan chiqayotgan oqimning siqilish koeffitsienti orqali hisobga olinadi va ε bilan belgilanadi:

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

bu yerda S_2 - teshikdan o'tgan suyuqlik oqimining siqilgan joydagi ko'ndalang kesimi; S_1 - teshikdan o'tayotgan suyuqlik oqimining ko'ndalang kesimi. Unda teshikdan oqib chiqayotgan suyuqlikning tezligi $w_0 w_2$ ga nisbatan kichik bo'lishi kerak:

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

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

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

bundan:

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

Bu koeffitsient suyuqlik turiga bog'lik bo'lib, har qanday suyuqlik uchun tajriba orqali aniqlanadi, hamda uning qiymati Reynolds kriteriyasiga, suyuqlik xossalari, teshik shakli va oqim tezligiga bog'liq. Suv va qovushqoqligi suvning qovushqoqligiga yaqin bo'lgan suyuqliklar uchun sarf koeffitsienti $\alpha = 0,2$ ga teng.

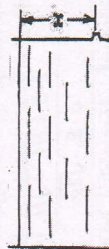
Suyuqliklar kalta trubkalaridan (nasadkalaridan) oqib o'tayotganida kirish va chiqish qismida qo'shimcha tezlik va bosim yo'qotadi, bu esa φ qiymatini kamaytiradi. Shu bilan birga oqim trubkaga kirish chog'ida, bir muncha to'ldirgan holda oqib chiqadi, ya'ni $\varepsilon = 1$ ga teng, natijada sarf koeffitsienti, nasadkadan suyuqlikning oqib chiqishida katta qiymatga ega bo'lib, suv uchun $\alpha = 0,82$ ga teng.

Hajmiy sarf miqdori:

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

Idishdan teshik orqali oqib chiqayotgan suyuqlikning sarf miqdori idishning shakliga bog'lik bo'lmagan, teshik kattaligi va suyuqlik balandligiga bog'liqdir.

Bu formuladan teshik orqali oqib chiqayotgan hajmiy sarf miqdorini aniqlash mumkin (4.9) Tenglamadagi H suyuqlikning yuqori qatlami bilan teshik orasidagi masofadir (4.2-rasm).

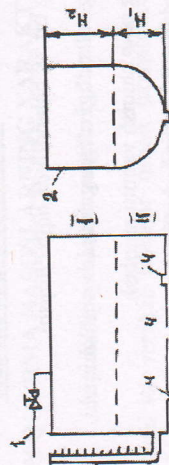


4.2 - rasm.

O'zgaruvchan balandlikda suyuqlikni yupqa devordagi teshik orqali oqib chiqishi.

Bunday oqib chiqishda, suyuqlikning balandligi H vaqt birligida kamayib boradi va shu bilan birga uning tezligi xam kamayib, oqish jarayoni turg'unmas harakatda

o'zgarigan xolda suyuqlikni o'zgaruvchan balandlikda oqib chiqishini aniqlashdir.



4.4- rasm. Laboratoriya qurilmasi.
1-jo'mrak; 2-idish; 3-o'lchash nayi; 4-teshik.

Ishni bajarish tartibi

Vaqt birligi ichida idishning ko'ndalang kesimi o'zgarigan xolda suyuqlikning oqib chiqishini aniqlash quyidagicha:

1. Jumrak (1) ni ochib idish suv bilan to'ldiriladi va bunda suv sathi o'lchash nayining (3) yuqori qismigacha bo'lishi kerak.
2. Idish tubidagi birot-bir teshik (4) ni ochib shu vaqt (τ) ichida oqib chiqayotgan suvning hajmiy miqdorini, idish balandligining har 2 sm balandlik kamayganida aniqlanadi.
3. Suv o'lchagich balandligining o'zgarishi va vaqt ichida sarf miqdorini yozib borish kerak.
4. Suv o'lchagich balandligining o'zgarishida teshikdan oqib chiqqan suyuqlikning vaqti 4.16 formuladan hisoblanadi.

Tajriba natijalarini hisoblash

$$\tau = \frac{2 \cdot S \cdot (\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2})}{\alpha \cdot S_0 \cdot \sqrt{2g}} \quad (4.17)$$

bunda L - qurilmaning uzunligi, m. Suyuqlikni qanday vaqtda oqib chiqishi (4.16) va (4.18) formuladan hisoblanib, natijani tajribada olingan kattalik bilan taqqoslab, % miqdorida o'zgarish aniqlanadi.

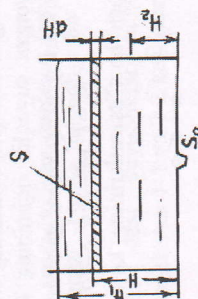
4-1 jadval

V, s m ³ /s	τ , s	H ₁ , m	H ₂ , m	τ , s	% o'zgarishi

bo'ladi. Elementar vaqt $d\tau$ birligida suyuqlikning balandligi H_1 dan H_2 gacha o'zgarganda, idish hajmidagi pastki teshikdan oqib o'tayotgan suyuqlik hajmi:

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

bu yerda S_0 - idish tubidagi teshikning ko'ndalang kesimi.



4.3.- rasm.

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

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

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

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

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

bundan

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

suyuqlikning oqib tushish vaqtini aniqlash uchun bu ifodani integrallasak:

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

Demak,

$$\tau = \frac{2 \cdot S \cdot (\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2})}{\alpha \cdot S_0 \cdot \sqrt{2g}} \quad (4.15)$$

4.15 tenglama orqali idishdagi suyuqlik balandlik ma'lum miqdorga kamayganida, ya'ni H_1 dan H_2 ga o'zgarganda suyuqlikning butunlay oqib chiqish vaqti quyidagicha aniqlanadi:

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

Ushbu ishni bajarishdan maqsad tajriba yo'li bilan vaqt birligi ichida suyuqlikning har hil shakldagi teshiklar orqali va shunday idishning ko'ndalang kesimi

MARKAZDAN QOCHMA NASOSLARNING XARAKTERISTIKASI

Ishning nazariy asoslari

Suyuqliqlarni gorizontal va vertikal trubalar orqali uzatish uchun mo'ljallangan gidravlik mashinalar nasoslar deyiladi. Trubalarning boshlang'ich va oxirgi nuqtalaridagi bosimlar farqi, trubalardan suyuqlikning oqishi uchun harakatlantiruvchi kuch hisoblanadi. Suyuqlik oqimining trubalardagi harakatlantiruvchi kuchi nasoslar yordamida hosil qilinadi. Nasos elektr dvigateldan olgan mexanik energiyani suyuqlikning harakatlanayotgan oqim energiyasiga aylantiradi va bosimini oshiradi.

Nasoslar ishlash printsipiga qarab quyidagi turlarga bo'linadi: parrakli yoki markazdan qochma, xajmiy, uyurmaviy va o'qli bo'ladi. Parrakli yoki markazdan qochma nasoslarda markazdan qochma kuch, ishchi g'ildiragi aylanishida parraklarning suyuqlikka ta'sirida xosil bo'ladi. Har qanday nasosning asosiy parametrlari, uning ish umumdorligi (m^3/s), napori H (m) va quvvati N (kV) hisoblanadi. Nasosning massa birligiga ega bo'lgan suyuqlikka bergan solishtirma energiyasi napor H deb yuritiladi. Nasosning napori oqimning unga kirish va chiqishdagi solishtirma energiyalari ayirmasiga teng. Nasosning umumiy napori 1 kg suyuqlikni 1 m balandlikka ko'tarish uchun nasos xosil qiladigan energiya miqdori bilan o'lchanadi. Shuning uchun nasosning umumiy napori uzatilayotgan suyuqlikning zichligiga va solishtirma og'irligiga bog'lik bo'lmaydi.

Nasosning xosil qilgan umumiy napori quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$H = \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + H_g + h_y \quad (5.1)$$

$$H = \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + H_0 + \frac{w_h^2 - w_s^2}{2} \quad (5.2)$$

agar, $w_h = w_s$ H_0 kichik bo'lsa, u xolda

$$H = \frac{P_2 - P_1}{\rho g} \quad \text{yoki} \quad H = \frac{P_{\text{man}} - P_{\text{vaz}}}{\rho g} + h \quad (5.3)$$

bu yerda p_2 va p_1 - uzatilayotgan va so'rib olinayotgan suyuqlik yuzasidagi bosimlar, N/m^2 ; H_g - suyuqlikning geometrik ko'tarilish balandligi, m; h - so'rish va xiydash trubalaridagi gidravlik qarshiliklarni engish uchun sarflangan napor miqdori, m; p_h - suyuqlikning so'rish trubasidagi yoki nasosga kirishidagi bosimi, N/m^2 ; p_h - suyuqlikning uzatish yoki nasosdan chiqishdagi bosim, N/m^2 ; p_{man} - suyuqlik bosimini ko'rsatuvchi manometr va vakuummetrga ulangan nuqtalar orasidagi vertikal masofa, m; w_h - haydash trubasidagi suyuqlikning tezligi, m/s; w_s - so'rish trubasidagi suyuqlikning tezligi.

Shunday qilib, nasosning umumiy napori manometr va vakuummetrlar ko'rsatkichlarining yig'indisi bilan bu asboblardan ulangan nuqtalar orasidagi vertikal

Tekshirish uchun savollar

1. Suyuqlikning bir xil balandlikda oqib chiqishi.
2. Suyuqlikning balandligi o'zgargan xolda oqib chiqishi.
3. Suyuqlikning oqib chiqish vaqtini aniqlash.
4. Bernulli tenglamasini keltirib chiqarish va uning fizik ma'nosi.
5. O'xshashlik nazariyasi va kriteriyalari.

ADABIYOTLAR

1. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. - М.: Химия. 1973. - 727 с.
2. Yusupbekov N.R., Nurmuxamedov H.S., Zokirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalari. - T.: Sharq, 2003. - 644 b.
3. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессы и аппараты химической технологии. - Л.: Химия, 1981. - 575 с.
4. Yusupbekov N.R., Nurmuxamedov X.S., Zokirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalar. - T.: Sharq, 2016. - 848 b.
5. Charles E., Thomas. Process Technology Equipment and Systems., Fourth Edition, Cengage Learning, USA., 2015. - 526 p.

Internet saytlari

1. www.technologiy.ru
2. www.ziyounet.uz

masofaning (h) yig'indisiga teng.

Nasosning foydali quvvati N_f suyuqlik sarfi miqdori $\rho \cdot g$ ning solishtirma energiyaga ko'paytirilganiga teng:

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

nasos o'qidagi quvvat

$$N_s = \frac{N_f}{\eta_n} = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{\eta_n} \quad (5.5)$$

Dvigatel iste'mol qiladigan quvvat:

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

Nasos qurilmalarini o'rnatish uchun zarur bo'lgan quvvat, dvigatel quvvatidan katta bo'ladi va ortiqcha midorda qabul qilinadi:

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

bu yerda β - quvvatning zaxira koeffitsienti bo'lib, qiymati dvigatelnining nominal quvvatiga nisbatan topiladi;

η_n - nasosning to'la foydali ish koeffitsienti:

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

bu yerda $\eta_v = Q_v/Q$ - hajmiy foydali ish koeffitsienti, nasosning xaqiqiy unumdorligini, nazariy unumdorlikka nisbatini ko'rsatadi; η_g - gidravlik foydali ish koeffitsienti, xaqiqiy naporni nazariy naporga nisbatini ko'rsatadi; η_{mex} - mexanik f.i.k., nasos mexanizmlaridagi ishqalanishni engishga sarflanadigan quvvatning yo'qotilishini ko'rsatadi.

So'rish balandligi. Suyuqlik so'rib olinayotgan idishdagi bosim p_0 bilan yuqoriga uzatilayotgan idishdagi bosim p_s orasidagi farq hosil bo'lganligi sababli suyuqlik ustunining metrlarda ifodalangan napori $p_0 - p_s / \rho g$ xosil bo'ladi. Bu bosimning bir qismi suyuqlikni so'rish trubasida H balandlikka ko'tarish uchun, qolgan qismi esa suyuqlikni w tezlik bilan harakatlanishiga yoki tezlik naporini hosil qilish uchun va so'rilayotgan suyuqlik yo'lida uchraydigan barcha qarshiliklarni engishga sarflanadi.

Nasosning so'rish balandligi quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$H_s = \frac{p_1}{\rho \cdot g} - \left(\frac{p_s}{\rho \cdot g} + \frac{w_s^2}{2g} + h_s \right) \quad (5.9)$$

So'rib olinayotgan idishdagi suyuqlikning harakat tezligi w nolga yaqinligini hisobga olsak, u xolda so'rish balandligi:

$$H_s = \frac{p_1}{\rho \cdot g} - \left(\frac{p_s}{\rho \cdot g} + \frac{w_s^2}{2g} + h_s \right) \quad (5.10)$$

Shunday qilib, nasosning so'rish balandligi so'rib olinayotgan idishdagi bosimning ortishi bilan kuchayib, uzatilayotgan idishdagi bosimning xaydash trubasidagi suyuqlikning tezligi, xanda gidravlik qarshiliklarni engish uchun ketgan

napor miqdorlarining ortishi bilan kamayadi.

Markazdan qochma turdagi nasoslarda so'rish balandligini hisoblashda gidravlik va mahalliy qarshiliklarni engish uchun ketgan sarflardan tashqari, kavitatsiya hodisasi ta'sirini xam inobatga olinishi lozim.

Nasos g'ildiragining tez aylanishidan va issiq suyuqliklar markazdan qochma nasoslar yordamida uzatilganda kavitatsiya xodisasi yuz beradi. Bu vaqtda nasosdagi suyuqlik tez bug'lanadi. Xosil bo'lgan bug' suyuqlik bilan yuqori bosimli zonaga o'tib, tezda kondensatsiyalanadi. Natijada nasos qobig'ida katta bo'shliq xosil bo'ladi, nasos qattiq silkinadi va taqillab ishlaydi. Agar nasos kavitatsiya rejimida ko'proq ishlasa, u tezda buziladi. Shuning uchun temperaturasi yuqori bo'lgan suyuqliklar uzatilayotganida, u qo'shimcha kavitatsion koeffitsient h_k bilan hisobga olinadi:

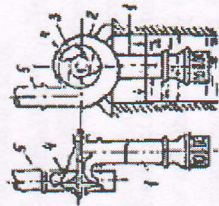
$$h_k = 0,019 \cdot \frac{H}{(Q \cdot n)^{2/3}} \quad (5.11)$$

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

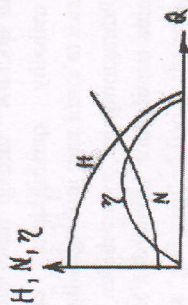
Markazdan qochma nasoslar (5.1 - rasm) spiralsimon qobiq ichida joylashgan parrakli ish g'ildiragining aylanishi natijasida xosil bo'lgan markazdan qochma kuch ta'sirida suyuqlik to'xtovsiz bir meyarda so'riladi va uzatiladi. Suyuqlik atmosfera bosimi ta'sirida yig'gich rezervuaridan kirish klapani orqali so'rish trubasidan nasosga kirib, ishchi g'ildiragining markaziy qismini to'ldiradi. Suyuqlik g'ildirak bilan birga aylanib, markazdan qochma kuch ta'sirida parraklar yordamida g'ildirakning markazidan chekkasiga o'tilib, spiralsimon qo'zgalmas kamerani to'ldiradi va xaydash trubasi orqali yuqoriga ko'tariladi.

Bu vaqtda Bernulli tenglamasiga muvofiq suyuqlik oqimi kinetik energiyasining miqdori statik naporga aylanishi suyuqlik bosimining oshirishiga muvaffaq bo'ladi. Ishchi g'ildiragining suyuqlik kirayotgan qismida, vakuum vujudga keladi va suyuqlik so'rish trubasi yordamida to'xtovsiz yig'gich rezervuaridan so'riladi. Shunday qilib, uzluksiz markazdan qochma kuch ta'sirida suyuqlikning nasos orqali o'tadigan uzluksiz oqimi vujudga keladi.

Markazdan qochma nasoslarning xosil qilgan bosimi ishchi g'ildiraklarning aylanish tezligiga bog'liq bo'ladi. Nasos ishga tushirilishidan avval so'rish trubasi, ishchi g'ildiragi va qobiq uzatilayotgan suyuqlik bilan to'ldiriladi. Agar, ishchi g'ildiragi bilan qobiq orasidagi bo'shliq bo'lsa, ishchi g'ildiragining aylanishi natijasida etarli vakuum hosil bo'lmaydi, ya'ni suyuqlik so'rish trubasi boylab yuqoriga ko'tarilmaydi.



5.1-rasm. Markazdan qochma nasos.
1- so'rish trubasi; 2- ishchi g'ildiragi;
3- qobiq; 4- parraklar; 5- xaydash
trubasi.



5.2-rasm. Markazdan qochma nasos-
ning xarakteristikasi.

Nasosning ish unumdorligi, napori, iste'mol quvvati va ishchi g'ildirakning aylanish chastotasining o'zgarishiga bog'lik bo'ladi, ya'ni aylanish chastotasi n_1 dan n_2 ga o'zgariganda:

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

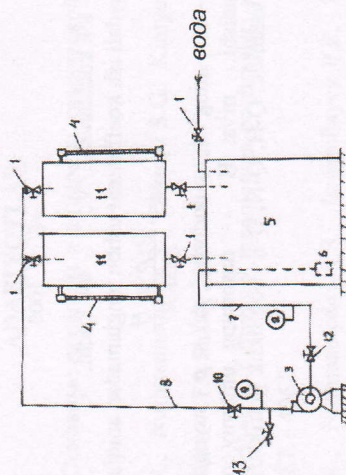
Ishchi g'ildirakning aylanish chastotasi n o'zgarmas bo'lganda, nasos ish unumdorligi Q , napori H , quvvati N va foydali ish koeffitsient η_n bilan o'zaro grafik usuldagi bog'liqligi nasoslarning xarakteristikasi deb yuritiladi (5.2 - rasm).

Ushbu ishni o'tkazishdan maqsad, nasos qurilmasini sinab, nasosning asosiy parametrlarini aniqlashdir. Aniqlangan parametrlar asosida nasos ish g'ildiragining aylanishlar chastotasi, o'zgarmas $n = \text{const}$ xolda $Q-H$, $Q-N$, $Q-\eta$ orasidagi bog'lanishlarni grafikda tasvirlab, nasosning xarakteristikasi quriladi.

Ishni bajarish tartibi

Markazdan qochma nasos o'zgaruvchan elektr toki bilan ishlaydigan elektrdvigatel bilan bir valga o'rnatilib, aylanishlar soni o'lchanib turiladi. Rezervuargagi so'rish trubasiga o'rnatilgan qaytarma klapan nasosni suyuqlik bilan to'ldirganda suyuqlikni so'rish trubasidan to'kilib ketmasligini ta'minlaydi.

Uzatish trubasiga manometr va suyuqlik miqdorini rostlovchi ventill o'rnatilgan. Uzatish trubasi orqali suyuqlik idishlarga uzatiladi. Har bir idishda suyuqlik sathini o'lchovchi shisha naychalar o'rnatilgan. Idishlardagi suyuqlik jo'mraklar orqali suyuqlik so'riladigan idishga beriladi. Ish unumdorligi 12 ventilni ochilishi bilan o'zgartiriladi. Nasos qurilmasini sinashda $Q-H$, $Q-N$, $Q-\eta$ orasidagi bog'lanishlarni aniqlashga kerak bo'ladi.



5.3-rasm. Laboratoriya nasos qurilmasining sxemasi.

1 - ventillar; 2 - vakuummetr; 3 - nasos; 4 - suyuqlik satxini o'lchovchi naycha; 5 - suyuqlik rezervuari; 6 - qaytariq klapan; 7 - so'rish trubasi; 8 - uzatish trubasi; 9 - manometr; 10, 12 - rostlovchi ventillar; 11 - suyuqlik baklari; 13 - ventill.

kattaliklar uzatilayotgan suyuqlikning miqdori, so'rish trubasidagi vakuum, uzatish trubasidagi bosim, dvigatel iste'mol qilayotgan kuchlanish aniqlanadi. Nasos qurilmasi ishlash paytida bu kattaliklar, ya'ni uzatilayotgan suyuqlikning miqdori shisha naychasining ko'rsatkichlari buyicha, vaqt esa sekundomer bilan o'lchanib, hisoblash jadvaliga yoziladi. Uzatilayotgan suyuqlikning napori metr suv ustunida aniqlanadi:

$$H = p_{\text{man}} + p_{\text{vaz}} + \frac{w_x^2 + w_z^2}{2g} + h \quad (5.13)$$

bu yerda p_{man} , p_{vaz} - manometr va vakuummetrning metr suv ustunidagi ko'rsatkichi; w_x , w_z - so'rish va xaydash trubalaridagi suyuqlikning tezligi, m/s; h - vakuummetr va manometr oralig'laridagi masofa, m.

So'rish va uzatish trubalarining diametri bir xil bo'lganligi uchun, suyuqlik bunday trubalarda bir xil tezlikda harakat qiladi, ya'ni $w_s = w_x$. Bu xolda

$$H = p_{\text{man}} + p_{\text{vaz}} + h \quad (5.14)$$

Tajriba natijalarini hisoblash

Nasosning ish unumdorligi: (m^3/s)

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

bu yerda: Q_1 - suvning shisha naychasi boyicha o'lchangan miqdori, l; τ - vaqt birligi, s.

Nasosning iste'mol qiladigan quvvati, (kV)

$$N = U \cdot I / 1000$$

(5.16)

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

Nasosning foydali ish koeffitsient ushbu tenglamadan aniqlanadi:

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

bu yerda Q – nasosning ish unumdorligi, m^3/s ; p – suyuqlik zichligi, kg/m^3 ; g – erkin tushish tezlanishi, m^2/s ; H – nasosning umumiy napor, uzatilayotgan suyuqlikning metr ustunida. $Q-H$, $Q-N$, $Q-\eta$ bog'liklik grafiklari, millimetrlil qog'ozda chiziladi.

5-1 jadval

Aylanishlar soni, n , l/min	Vaqt birligi τ , s	Suvning miqdori, dm^3	Manometr ko'rsatgan bosim, P_{man}	Vakuum ko'rsatgan siyrakla-nish		Umumiy napor, H , m	Quvvat, N , kV	Foydali ish koef η , %
				kg/cm^2	$mm.suv$			
				2 yoki $mm.si$	kg/cm^3	P_{vak}		
				$ustuni$	$mm.suv$	$ustuni$		
				H_{man}	H_{vak}			
				$ustun$				

Bir xil vaqt birligida uzatilayotgan suyuqlikning miqdori 3 marta o'lanadi. 3 marta o'lgan suyuqlikning o'rta miqdori hisoblash jadvaliga yoziladi.

Tekshirish uchun savollar

1. Nasoslar. Nasoslarning turlari.
2. Nasosning asosiy parametrlari: ish unumdorligi, iste'mol qiladigan quvvat, foydali ish koeffitsienti va so'rish balandligi.
3. Kavitatsiya xodisasi.
4. Markazdan qochma nasosning tuzilishi va ishlash printsiplari.
5. Proportsionallik qonuni.
6. Markazdan qochma nasoslarning xarakteristikalari.

ADABIYOTLAR

1. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. - М.: Химия. 1973. - 727 с.
2. Yusupbekov N.R., Nurmuamedov x.S., Zokirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalari. - T.: Sharq, 2003. - 644 b.
3. Salimov. Z, Toychiev I. Kimiyaviy texnologiya protsesslari va apparatlari. - Toshkent, O'qituvchi, 1987. - 406 b.
4. Yusupbekov N.R., Nurmuamedov x.S., Ismatullayev P.R. Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarning jarayon va qurilmalari fanidan hisoblar va misollar. - Toshkent, Nisim, 1999. - 351 b.
5. Гельперин Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. - М.: Химия. 1981. - кн.1. - 410 с.
6. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппараты химической технологии. - Л.: Химия, 1981. - 575 с.
7. Yusupbekov N.R., Nurmuamedov X.S., Zokirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalar. - T.: Sharq, 2016. - 848 b.
8. Charles E., Thomas. Process Technology Equipment and Systems., Fourth Edition, Cengage Learning, USA., 2015. - 526 p.

Internet saytlari

1. www.technologiy.ru
2. www.ziyounet.uz

MAVHUM QAYNASH QATLAMI GIDRODINAMIKASI

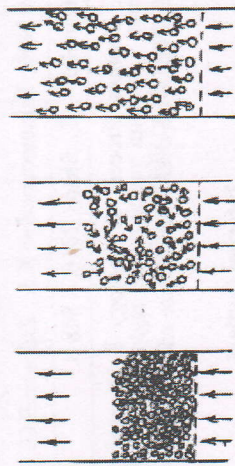
Ishning nazariy asoslari

Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarining texnologik jarayonlarida mavhum qaynash usuli keng qo'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 o'rtasida kontakt yuzasi katta bo'lishi jarayonni bir necha marta tezlashtiradi. Mavhum qaynash qatlamining gidravlik qarshiligi nisbatan katta emas.

Donasimon zarrachalar qatlami gaz taqsimlovchi to'r ustiga solinadi. Xamma shart-sharoitlar bir xil bo'lganda, mavhum qaynash usulida massa almashinish o'zgarmas qatlamdigidan intensivroq bo'ladi. Natijada, ko'pchilik jarayonlarning tezligi ortadi.

Gaz yoki suyuqlik tezligiga qarab donasimon qatlamning xolati xar xil bo'ladi. Agar to'r orqali pastdan yuqoriga qaratib kichik tezlik bilan havo oqimi yuborilsa, material qatlami o'zgarmay qoladi va uning xarakteristiklari (solishtirma yuza, qatlamdagi zarrachalar orasidagi bo'shliq va xokazo) tezlik oshishi bilan o'zgarmaydi (6.1a-rasm).



6.1-rasm

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

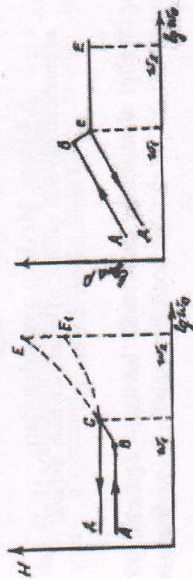
Qatlamning o'zgarmas xolatdan mavhum qaynash xolaga o'tishiga to'g'ri keladigan xavo yoki suyuqlikning tezligi mavhum qaynashning boshlanish tezligi yoki

birinchi kritik tezlik deb ataladi.

Agar, oqim tezligini yana oshiraversak, qatlamdagi zarrachalarning orasida bo'shliq $\varepsilon = \frac{V_g - V_0}{V_g}$ ortadi va uning balandligi H yangi kritik tezlikgacha ortaveradi.

Hunda, gidrodinamik bosim kuchlari materialning og'irlilik kuchlaridan ancha ortib ketadi, natijada qattiq zarrachalar oqim bilan chiqib ketadi (6.1v-rasm). Zarrachalarning havo oqimi bilan chiqib ketish xolatiga to'g'ri keladigan tezlik chiqib ketish tezligi yoki ikkinchi kritik tezlik deb ataladi. Shunday qilib, mavhum qaynash birinchi (w_1) va ikkinchi (w_2) kritik tezliklar o'rtasida yuz beradi.

Zarrachalarning chiqib ketish tezligi ostida ommaviy olib ketilishi xodisasini pnevмотransport deyiladi va u sanoatda materiallarni bir yerdan ikkinchi erga siljitish uchun qo'llanadi.



6.2-rasm.

Donador materiallar gidravlik qarshiligining (a) va balandligining (b) tezlik bilan o'zaro bog'liqligi.

6.3-rasm

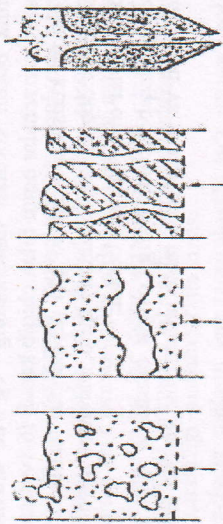
6.2-rasmda qatlam balandligining oqim tezligiga bog'liqligi tasvirlangan.

Fiktiv tezlik deb oqim tezligining qurilma ko'ndalang kesim yuzasining nisbatiga aytiladi. Fiktiv tezlik w_0 qandaydir w_0 tezlikga oshguncha, qatlamning balandligi o'zgarmaydi (AB kesma). AB chizig'i o'zgarmas qatlam orqali o'tayotgan gaz harakatini tasvirlaydi. Bu oraliqda tezlik oshishi bilan qatlamning gidravlik qarshiligi Ap ortib boradi. BC chiziq mavhum qaynash jarayonining boshlanishini xarakterlaydi.

Ammo, mavhum qaynash boshlanishidan avvalgi gidravlik qarshilik C nuqtadagidan ko'prok bo'ladi (B nuqta). Bunga sabab, o'zgarmas qatlamda (AB chizi) zarrachalar orasidagi tortishish kuchlarining borligidir. Oqimning tezligi w_0 kattalikga etganda, zarrachalar tortishish kuchini engadi va bosimlar farqi qattiq zarrachalar og'irligiga teng bo'ladi. C nuqta o'zgarmas qatlamning mavhum qaynash holatiga o'tishini ko'rsatadi, shu nuqtaga to'g'ri kelgan tezlik w_1 birinchi kritik tezlini xarakterlaydi. Mavhum qaynash jarayonining boshlanishi bilan oqimning gidrodinamik bosim kuchlari qatlamdagi qattiq zarrachalar og'irligi muvozanatga solib turadi. Gaz oqimi tezligining ortishi bilan qattiq zarrachalar og'irligi o'zgarmaydi, zarrachalarni mavhum qaynash holatida ushlab turish uchun zarur bo'lgan energiya sarfi xam bir xil bo'ladi. Bu holat grafikda CE gorizonttal chizig'i orqali ifodalanadi. E

nuqtaga to'g'ri kelgan tezlik w_2 ikkinchi kritik tezlikni karakterlaydi.

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



6.4-rasm. Mavhum qaynash turlari:

- a) porshenli qaynash qatlami; b) kanalli qaynash qatlami;
v) fontanli qaynash qatlami.

Agar oqimning tezligi asta-sekin kamaytirib borilsa, egri chizig'i A nuqtada kesishmay pastroqdan o'tadi, ya'ni cho'qqi hosil bo'lmaydi. Bu xodisa gisterezis deb nomlanadi.

Mavhum qaynash jarayoni mavhum qaynash soni bilan karakterlanadi:

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

bu yerda w_a - qurilmaning to'la kesimiga nisbatan olingan oqimning ischi tezligi.

Mavhum qaynash soni K_w zarrachalarning qatlamdagi aralashish intensivligini ko'rsatadi. Tajriba usuli bilan $K_w=2$ bo'lganda, eng intensiv aralash sodir bo'lishi aniqlangan. K_w qiymati oshishi bilan qatlam turli jinsli bo'la boshlaydi. Ayrim sharoitlarida gaz ko'piklariga ega bo'lgan mavhum qaynash qatlami hosil bo'ladi (6.4a,b,v-rasm). Agar donasimon zarrachalarning o'lchami katta, qurilmaning diametri kichik va gazning tezligi yuqori bo'lsa porshenli qatlam paydo bo'ladi. O'lchami kichik va nam materiallarning qaynashida kanalsimon mavhum qaynash hosil bo'ladi (6.2b-rasm). Bu xolatda gaz kanallar orqali o'tib, qattiq materiallarning massasi o'zgarmaydi. Konussimon va konustilindsimon qurilmalarda kanal hosil qiluvchi qatlam fontanli qatlama aylanadi. (6.2v-rasm). Bunda gaz yoki suyuqlik oqimi qurilmaning o'qi boylab qattiq zarrachalar bilan birgalikda xarakatlanadi va fontan kabi ularni yuqoriga otadi. So'ngra, qattiq zarrachalar qurilma devori yonidan pastga qarab xarakat qiladi. Mavhum qaynash qatlamining gidravlik qarshiligi ΔR_k qattiq zarrachalar og'irligining G_k qurilma ko'ndalang kesimi yuzasining S nisbatiga teng:

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

Qattiq zarrachalar og'irligi esa:

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

bu yerda H - qatlamning balandligi, m; ε - qatlamdagi bo'sh xajm; $\rho_{k,z}, \rho_m$ - qattiq zarracha va muhitning zichliklari, kg/m^3 .

Fiktiv tezlik w_0 oshib borishi bilan qatlamning balandligi H va bo'sh xajmi ε ortadi. Lekin, $(1-\varepsilon)$ kamaygani bilan $H(1-\varepsilon)$ o'zgarmaydi, chunki mavhum qaynash qatlamining gidravlik qarshiligi fiktiv tezlikning w_0 qiymatiga bog'liq emas. O'zgarmas qatlam va mavhum qaynash qatlami balandliklari o'zaro bog'liqligi quyidagi ifodadan topiladi:

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

bu yerda H_0 - o'zgarmas qatlam balandligi, m;

Mavhum qaynash qatlamining bo'sh xajmi ushbu tenglamadan topiladi:

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

bu yerda H_0/H -qatlamning kengayish koeffitsienti. U mavhum qaynash qatlamining xajmi o'zgarmas qatlamning xajmidan necha barobar kattaligini ko'rsatadi.

Sharsimon bir jinsli zarracha uchun $\varepsilon \approx 0.4$ bo'lganda birinchi kritik tezlik prof. O.M.Todes tenglamasi yordamida topiladi:

$$Re_{k1} = \frac{Ar}{1400 + 5.22 \cdot \sqrt{Ar}} \quad (6.6)$$

bu yerda

$$Re_{k1} = \frac{w_1 \cdot d \cdot \rho}{\mu} = \frac{w_1 \cdot d}{\nu} \quad (6.7)$$

$$w_1 = \frac{Re_{k1} \cdot \mu}{d \cdot \rho}, \quad Ar = \frac{g \cdot d^3 \cdot (\rho_g - \rho_m)}{\mu^2} \quad (6.8)$$

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

$$Re_{k2} = \frac{Ar}{18 + 0.575 \cdot \sqrt{Ar}} \quad (6.9)$$

bu yerda

$$Re_{k2} = \frac{w_2 \cdot d \cdot \rho}{\mu} = \frac{w_2 \cdot d}{\nu} \quad (6.10)$$

$$w = \frac{Re_{k2} \cdot \mu}{d \cdot \rho} \quad (6.11)$$

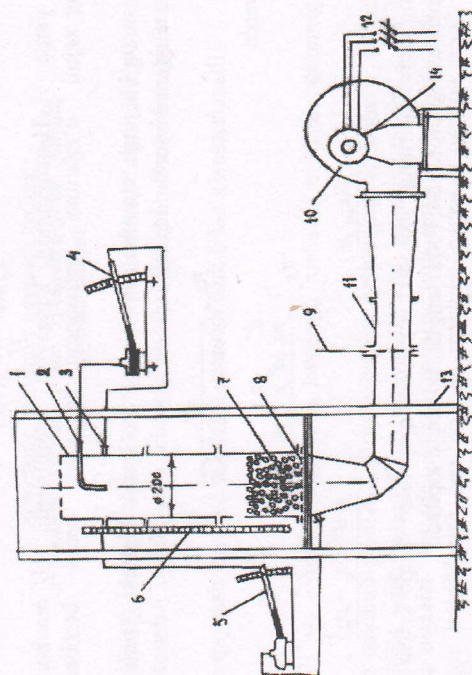
bu yerda Ar - Arximed kriteriysi; ν - kinematik qovushoqlik, m^2/s ; d - qattiq zarracha diametri, m.

Ishni o'tkazishdan maqsad: Mavhum qaynash qatlamining gidravlik qarshiligini, birinchi va ikkinchi kritik tezliklarini aniqlash, xamda ularni nazariy usulda

hisoblangan kattaliklar bilan taqqoslash. $\Delta P = f(w)$ va $H = f(w)$ bog'likliklarni grafik usulda tasvirlash.

Ishni bajarish tartibi

6.5-rasmda tajriba o'tkazish qurilmasi tasvirlangan va u quyidagi qismlardan iborat: organik shishadan yasalgan kolonna (1), uning pastki qismida kesim yuzasi 20% bo'lgan to'rt parda (8) o'rnatilgan. To'rt parda ustiga o'lchami $10 \times 10 \times 10$ mm bo'lgan penoplastdan tayyorlangan kubsimon zarrachalar joylashtiriladi: To'rt parda ostiga, gaz trubalar (11) orqali ventilyator yordamida rostanadi, havoning sarfi shiber yordamida rostanadi. Mavhum qaynash qatlaminin balandligi o'lchov chizig'i (6) bilan o'lchanadi. Gidravlik qarshilik miqdori mikromanometr (5) bilan aniqlanadi. Havoning sarfi Pito-Prandtl trubkasi ulangan mikromanometrda h_d ni o'lchash yo'li bilan topiladi.



6.5-rasm.

Kolonnaning (1) to'rt pardasi (8) ustiga donasimon zarrachalardan iborat qatlam qoyiladi va tagidan ventilyator (10) yordamida havo berib boshlanadi. Havo sarfini o'zidan oshirib borib qatlaminin mavhum qaynash boshlanishi aniqlanadi. So'ngra, xavoning sarfi asta-sekin ko'paytiriladi. Mavhum qaynash boshlanadi. Tajribalar paytida qatlaminin gidravlik qarshiligi va balandligi H o'lchanib boriladi. Materiallarni intensiv qaynash xolatiga olib borilib, ΔR va R ning qiymatlari yozib olinadi. Keyin ventilyator va havo berish to'xtatiladi, har bir tajribaning son qiymatlari

jadvalga yozib qoyiladi.

Tajriba ko'rsatkichlarini hisoblash

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

$$\Delta P_x = x \cdot K_1 \cdot \rho_g$$

bu yerda D-qurilma diametri, D=200 mm; α -tuzatish koeffitsienti, $\alpha=0,7$;

g - erkin tushish tezlanishi, $g=9,81 \text{ m/s}^2$;

ρ - spirtning zichligi, kg/m^3 ;

x_1 - mikromanometring ko'rsatkichi, mm.sim.ust.;

K_1 - mikromanometring burchak koeffitsienti;

h_d - dinamik bosim, mm.suv.ust.

$$h_d = \frac{x_2 \cdot K_2 \cdot (\rho_{sp} - \rho_h)}{\rho_h}$$

bu yerda x_2 - manometring ko'rsatkichi, mm.spirt.us. ρ_h -havoning zichligi, kg/m^3 .

2. Havoning fiktiv tezligi aniqlanadi; $w = \frac{V_h}{F}$

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

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

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

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

6-1 jadval.

Havoning hajmiy sarfi V , m^3/s	Havoning fiktiv tezligi w_0 , m/s	Qatlaminin gidravlik qarshiligi ΔP , $\text{Pa}\cdot\text{s}$	Qatlaminin balandligi, m.

Tekshirish uchun savollar

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

Qo'shimcha savollar

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

ADABIYOTLAR

1. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. - М.: Химия. 1973. - 727 с.
2. Yusupbekov N.R., Nurmuxamedov .S., Zokirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalari. - T.: Sharq, 2003. - 644 b.
3. Yusupbekov N.R., Nurmuxamedov .S., Ismatullayev P.R. Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarining jarayon va qurilmalari fanidan hisoblar va misollar. - Toshkent, NISIM, 1999. - 351 b.
4. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессы и аппараты химической технологии. - Л.: Химия, 1981. - 575 с.
5. Yusupbekov N.R., Nurmuxamedov X.S., Zokirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalar. - T.: Sharq, 2016. - 848 b.
6. Charles E., Thomas. Process Technology Equipment and Systems., Fourth Edition, Cengage Learning, USA., 2015. - 526 p.

Internet saytlari

1. www.technology.ru
2. www.ziyounet.uz

FILTRLASH DOIMIYLIGINI ANIQLASH

Ishning nazariy asoslari

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

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

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

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

Filtr to'siqlari qurilmaning xajmini ikki bo'lakka ajratib turadi (A va B).

Yuqoridagi A hajm filtrlash lozim bo'lgan suyuqlik bilan to'ldiriladi, quyidagi B esa hajm, tozalangan suyuqlik, ya'ni filtratdan 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, suyuqlikdan 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, tozalangan suyuqlik bir qator gidravlik qarshiliklarga duch keladi. Bunda dispers faza suyuqlik xarakatiga asosiy to'siqlik qiluvchi hosil bo'lgan cho'kmaning, hamda filtr to'siqlarining qarshiliklarini engib o'tadi.

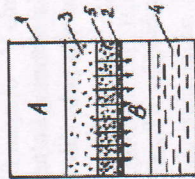
Filtrlash jarayonining xarakatlaniruvchi kuchi A va B hajmlardagi bosimlarning farqi ΔP ga teng bo'ladi:

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

bu yerda P_1 -A bo'lak hajmdagi suyuqlik ustidagi absolyut bosim, N/m^2 ; P_2 - B bo'lak hajmdagi yig'ilgan filtratdagi absolyut bosim, N/m^2 .

Filtrlash jarayonida vaqtning o'tishi bilan filtr to'qimalarining yuza qismida cho'kma xosil bo'lib, cho'kma qatlamining balandligi oshib boradi.

Hosil bo'lgan cho'kma balandligi o'zgarmas ko'ndalang kesim -filtr qurilmasi, ya'ni filtr to'qimasidagi cho'kmaning xajmini belgilaydi. Cho'kmaning ortib borishi



7.1-rasm. Filtr qurilmasi.

- 1 - filtr, 2 - filtr tusiqlar, 5 - cho'kma, 3 - suspenziya, 4 - filtrat.

natijasida suspenziya asosan cho'kma qatlamidan o'tib, filtr to'qimalar esa, filtr vazifasini bajarmay qoyadi. Bu vaqtda filtrlash jarayonida asosiy gidravlik qarshilik cho'kmaning qarshiligi bilan belgilanadi.

Filtr $\Delta P > P_2$ bo'lganda normal ishlaydi. Qatlamning ortib borishida cho'kmaning gidravlik qarshiligi ΔP_2 ko'payib, vaqt o'tishi davomida A va B bo'lak xajmlari orasidagi bosimlar farqi ΔP cho'kma xajmining gidravlik qarshiligiga ΔP_2 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 to'qima kapillyarlaridagi qolgan cho'kmalarni 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 xarakatlaniruvchi kuchi

$$\Delta P = P_1 - P_2$$

2. Suspenziyaning filtrlash tezligi

$$dV/S \cdot d\tau, \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{s} \quad (7.3)$$

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 ΔP_q .

Filtrlash tezligi $\frac{dV}{S \cdot d\tau}$ jarayonning xarakatlaniruvchi kuchiga ΔP to'g'ri va gidravlik qarshiligiga ΔP_q ga teskari proporsionaldir:

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

Yoki:

$$\frac{dV}{S \cdot d\tau} = \frac{\Delta P}{\mu \cdot (R_{ch} + R_{fi})} \quad (7.5)$$

bu yerda P_{ch} - cho'kma qatlamining qarshiligi - cho'kmaning hajm miqdori va cho'kmaning xajm jihatdan olingan solishtirma qarshiligi r_0 bilan aniqlanadi; μ - suspenziyaning qovushoqligi; P_{fi} - filtr to'qimalarining qarshiligi. Filtrda xosil bo'lgan cho'kmaning miqdori filtrat xajmi va uning tarkibidagi qattiq moddalarning konsentratsiya miqdori bilan aniqlanadi. Bu vaqtda cho'kmaning hajmi quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$x_0 \cdot V = h_{ch} \cdot S \quad (7.6)$$

bu yerda h_{ch} - cho'kma qatlamining balandligi, m; S - filtr qurilmasining ko'ndalang kesimi, m^2 ;

Cho'kma qatlamining qarshiligi quyidagicha aniqlanadi:

$$R_{ch} = r_0 \cdot h_{ch} = r_0 \cdot x_0 \cdot \frac{V}{S} \quad (7.7)$$

(7.7) tenglikdagi R_{ch} ning qiymatini (7.5) tenglamaga qo'yib quyidagi ifodaga

erishamiz:

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

Bu tenglik filtrlash jarayonining asosiy tenglamasi deyiladi.

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

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

yoki

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

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

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

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

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

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

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

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

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

(7.13) tenglama oraliq vaqt davomida olingan filtratning hajmini, filtr qurilmasining unumdorligini aniqlash imkonini beradi. Xuddi shuningdek, filtrlash vaqtini xar qanday rejim uchun topish mumkin. Bu tenglamadan ko'rinib turibdiki, bosimlar farqi o'zgarmas bo'lganda, filtrlash vaqti qancha ko'p bo'lsa, shuncha ko'p filtrat olinadi.

(7.13) tenglamadagi bosimlar farqi ΔP suspenziyaning qovushoqligi, cho'kmaning solishtirma qarshiligi μ , cho'kma va filtrat hajmlarining nisbati faqat tajriba orqali aniqlanadi. Shu sababli, bularning o'zaro bog'liqligi filtrlash

doimiylikni K orqali ifodalani:

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

Filtrlash doimiylikni bosimlar farqi, cho'kmaning fizik tarkibi va supenziyaning qovushoqligini hisobga oladi.

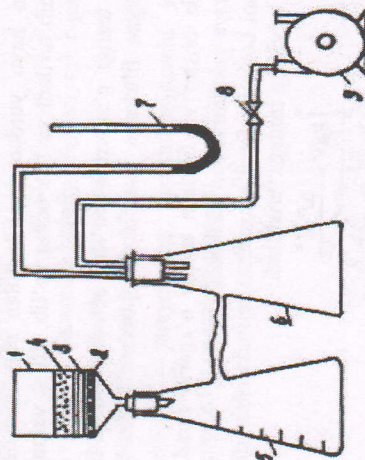
Xuddi shuningdek filtr to'siqlarining gidravlik qarshiligini, xam filtrlash doimiylikni C bilan belgilash mumkin:

$$C = \frac{R_{f,i}}{r_0 \cdot x_0} \quad (7.15)$$

Filtr to'siq va filtrlash doimiyliklarining qiymatlarini (7.8) tenglamaga qoysak, 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 filtrlash doimiylikni aniqlashdir. 7.2-rasmda filtrlash doimiylikni aniqlash uchun laboratoriya qurilmasi tasvirlangan.



7.2-rasm. Laboratoriya qurilmasi.

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

Ishni bajarish tartibi

1. Berilgan konsentratsiya buyicha suspenziya tayyorlanadi.
2. Laborant ishtirokida laboratoriya tajriba qurilmasining xolati tekshiriladi.

3. Filtrlash uchun suspenziya nutch-filtrga quyiladi. Laborant ishtirokida vakuum-nasos ishga tushirilib, yig'ichda vakuum hosil qilinadi. Vakuum-bior qurilmaning atmosfera bosimidan past bosimda ishlashni ko'rsatadi. Vakuumning miqdori U-simon manometr bilan aniqlanadi. Yig'ichdagi to'la absolyut bosim

atmosfera va vakuum bosimlari orasidagi farqqa teng bo'ladi.

4. O'zgarmas bir xil vaqt birligida filtrlangan filtratning xajmi aniqlanadi.
5. Filtrning yuzasi aniqlanadi.
6. Kuzatish tajriba birliklari jadvaldan yoziladi va hisoblanadi.
7. Tajriba asosida $\Delta\tau/\Delta q - q$ orasidagi bog'liqlik grafigi chiziladi.
8. Filtrlash doimiylikni K hisoblanadi.

Tajriba ko'rsatkichlarini hisoblash

Filtrlash davomida cho'kmaning hosil bo'lishida filtrlash doimiylikni aniqlanadi. Ushbu filtrda filtrlash doimiylikni o'zgarmas kattalik bo'lib, filtrlash rejimini, cho'kmaning, xamda eritmaning fizik-kimyoviy xususiyatlarini hisobga oladi, filtrlash differentsial tenglamasi aniqlanadi:

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

Ifodada V - filtrning unumdorligi τ vaqt ichida oqib o'tgan filtratning xajm miqdori, m^3 ; τ - filtrlash vaqti, s ; ΔP - filtrlashdagi bosimlarining 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_2 filtrat xajmi V ga nisbati; r_0 - cho'kmaning solishtirma qarshiligi.

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

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

Filtrlash jarayoni o'zgarmas bosimlar farqida olib borilganligi uchun, ya'ni $\Delta P = const$ 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)ni integrallab quyidagi ifoda 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 doimiylikni. Filtrlash tezligini aynan shu vaqt ichida aniqlash uchun (7.19) tenglamani differentsiallab, xaqiqiy filtrlash tezligini topamiz:

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

Hosil bo'lgan ifodadan filtrlash doimiylikni aniqlash uchun quyidagicha yozishimiz mumkin:

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

Hisoblashni qulaylashtirish uchun (7.21) ifodani quyidagicha tasvirlash mumkin:

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

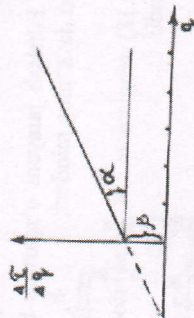
ifodada $q = V/S$ - filtrning solishtirma unumdorligi, m^3/m^2 ; $\Delta\tau/\Delta q = f(q)$ filtrlash tezligining teskari qiymatiga to'g'ri kelgan miqdor. (7.22) tenglama koordinata o'qlarida $\Delta\tau/\Delta q - q$ bog'lanish orqali ifodalanganda, grafikda to'g'ri chiziqli hosil bo'lib, uning og'ma tangens burchagining $\tan\alpha = 2/K$ qiymati filtrlash doimiyligiga teng bo'ladi.

7-1 jadval

Fil	O'lov va qtlar orasidagi farq τ, s	Filtr at xajm miqdorinin g vaqt birligida ortishi $\Delta V, cm^3$	Filtrat hajm midorining filtrat yuzasiga nisbati $\Delta q = \frac{\Delta V}{S}$ $sm^3/sm^2=s$	$\Delta\tau/\Delta q$ ning nisbati s/sm	Filtr yuzasi- S, sm^2	Umu miy filtrat hajm miqdori V, sm^3
Olingan kattaliklarning SI sistemada ifodalanishi						
m^3	s	m^3	m	s/m	m^2	m^3

7-2 jadvaldan $\Delta\tau/\Delta q$ va q ga to'g'ri kelgan miqdorlar olinib koordinat o'qlarida 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



Grafikda hosil bo'lgan to'g'ri chiziqli suspensiyani filtrlash jarayonini ifodalaydi. To'g'ri chiziqli tangens og'i burchagining qiymatini aniqlab, undan $\tan\alpha = 2/K$ ifoda orqali filtrlash doimiyligi K ni aniqlaymiz. Filtr to'siqlarining o'zgaras 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'zgaras kattalik "C" ning miqdori aniqlanadi.

Tekshirish uchun savollar

1. Filtrlash jarayonning fizik mohiyati.
2. Filtrlash jarayonining qarshiligi va xarakteristikasi.
3. $P = \text{const}$ bo'lgan xolatda filtratsiya tenglamasi.
4. Filtrlar tuzilishi, ishlash prinsipi, solishtirish xarakteristikalar.
5. Suspensiyalarni 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. Yusupbekov N.R., Nurmuhamedov H.S., Zokirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalari. - T.: Sharq, 2003. - 644 b.
3. Yusupbekov N.R., Nurmuamedov H.S., Ismatullayev P.R. Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarining jarayon va qurilmalari fanidan hisoblar va misollar. - Toshkent, Nisim, 1999. - 351 b.
4. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппараты химической технологии. - Л.: Химия, 1981. - 575 с.
5. Yusupbekov N.R., Nurmuamedov H.S., Zokirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalari. - T.: Sharq, 2016. - 848 b.
6. Charles E., Thomas. Process Technology Equipment and Systems, Fourth Edition, Cengage Learning, USA., 2015. - 526 p.

Internet saytlari

1. www.technologiy.ru
2. www.ziyounet.uz

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

Ishning nazariy asoslari

Ko'pchilik texnologik jarayonlarning intensivligi, istish yoki sovutish jarayonini qanday amalga oshirilayotganligiga bog'liq.

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

Bunday jarayonlar issiqlik almashinish qurilmalarida amalga oshiriladi. Issiqlik almashinish jarayonlarida qatnashuvchi suyuqliklar issiqlik tashuvchi agentlar deb ataladi. Yuqori temperaturaga ega bo'lib, o'zidan issiqlikni temperaturasi past muhitga beruvchi suyuqliklar isituvchi agentlar deyiladi. Sovutilayotgan muhitga nisbatan past temperaturaga ega bo'lgan va o'ziga muhitdan issiqlikni oluvchi suyuqliklar sovutuvchi agentlar deb ataladi.

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

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

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

Issiqlik o'tkazuvchanlik yo'li bilan uzatilayotgan issiqlik miqdori Fur'e qonuniga binoan topiladi:

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

Gaz yoki suyuqliklarda makroskopik hajmlarning harakati va ularni aralashtirish natijasida yuz beradigan issiqlikning tarqalishi konveksiya deb ataladi. Konveksiya ikki xil buladi. Gaz yoki suyuqliklarning har xil qismlaridagi zichliklarning farqi natijasida hosil bo'ladigan issiqlikning almashinishi tabiiy yoki erkin konveksiya deyiladi. Tashqi kuchlar ta'sirida (nasoslar yordamida uzatish, mexanik aralashtirgichlar bilan aralashtirish paytida) majburiy konveksiya hosil bo'ladi.

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

$$Q = \alpha \cdot F \cdot (t_d - t_s) \quad (8.2)$$

ya'ni, τ vaqt ichida o'tayotgan issiqlik miqdori devor yuzasi va muhit temperaturalarining farqiga ($t_d - t_s$), hamda jarayonning davomiyligiga to'g'ri proporsionaldir.

Hozirgi paytda konvektiv issiqlik almashinish jarayonlarini tezlatishni bir necha xil usullari o'rganilgan va yangi qurilmalarda (istigichlarda) qo'llanishga tashya etilgan.

Bir fazali suyuqliklarning tuba ichida oqib o'tayotganida quyidagi usullar bilan issiqlik almashinishni tezlatish mumkin: sun'iy yo'l bilan tuba yuzasida turbulizatorlar, g'adir - budurliklar va qirralar hosil qilish, spiralsimon qirralar yordamida oqimga aylanna harakat berish, shnekli va oqimga to'liqsimon yo'nalish beruvchi moslamalar yordamida amalga oshiriladi.

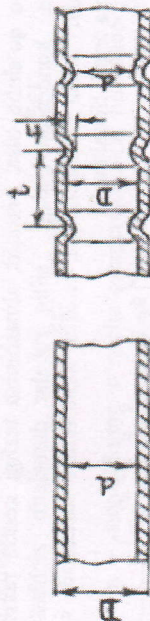
Bug'larni kondensatsiyalash jarayonida esa, kondensat yuqqa qatlamni turbulizator yoki qirralar yordamida buzish, maxsus qurilma orqali tomchisimon kondensatsiya hosil qilish, oqimga yoki issiqlik almashinish yuzasiga aylanna xarakat berish usullari yordamida issiqlik jarayonini tezlatish mumkin.

Shuni ta'kidlash kerakki, issiqlik almashinish jarayonini u yoki bu usul bilan tezlatishda faqat tuba yuzasining samaradorlik ko'rsatkichi etarli emas. Shuning uchun, issiqlik almashinish qurilmalarini yig'ish texnologiyasi, mustahkamligi, tuba yuzasining ifloslanish darajasi, foydalanish xususiyatlari va xokazo ko'rsatkichlarga ham ahamiyat berish kerak.

Yuqorida aytib o'tilgan ko'rsatkichlar, tezlatish usulini tanlash ko'lamini kamaytiradi, chunki texnologik qulaylik, mustahkamlik va qurilmalarning foydalanish paytidagi qulayliklari 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 samaraliligi dumalatib zichlash orqali trubalarda sun'iy g'adir-budurliklar hosil qilishdir (8.1b - rasm).



8.1-rasm.

Silliqlik (a) va ko'ndalang ariqchali (b) trubalarning boylama kesimlari tasvirlangan.

Issiqlik berish koeffitsienti α devorning 1 m² yuzasidan suyuqlikga 1s vaqt ichida, devor va suyuqliklar farqi 1°C bo'lganda, berilgan issiqlik miqdorini bildiradi va u quyidagi o'lchov birligiga ega:

$$[\alpha] = \frac{Q}{F \cdot \tau \cdot (t_d - t_s)} = \frac{G}{m^2 \cdot s \cdot K} = \frac{V/t}{m^2 \cdot K} \quad (8.3)$$

Proportionallik koeffitsienti α devor yuzasidan atrof muhitga yoki aksincha

atrof muhitdan devorga issiqlik o'tishi intensivligini xarakterlaydi. Issiqlik berish ko'effitsienti ko'pchilik faktorlarga: oqimning tezligiga w va zichligiga ρ , uning qovushqoligi μ , muhit issiqlik va fizik xossalriga, issiqlik sig'imi c , issiqlik o'tkazuvchanlik ko'effitsienti λ , suyuqlikning hajmiy kengayish ko'effitsienti β , devorning shakli va uning g'adir-budurligiga ε bog'liq:

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

Issiqlik berish ko'effitsienti α ko'pchilik faktorlarning funktsiyasi bo'lganligi uchun, bu ko'effitsientni Nusseltning kriterial tenglamasidan topish mumkin:

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

Nu - Nusselt kriteriyasi (devor va oqim chegarasida issiqlikning o'tish tezligini xarakterlaydi); l - aniqlovchi geometrik o'lcham (trubalar uchun uning diametri), m ; λ - muhitning issiqlik o'tkazuvchanlik ko'effitsienti, $W/(m \cdot K)$.

Konvektiv issiqlik almashinishning kriterial tenglamasi umumiy holda quyidagi ko'rinishga ega:

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

Dumalatib zichlash usuli bilan olingan trubalar uchun issiqlik almashinish tezligi quyidagi ko'rsatkichlarga bog'liq:

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

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

Bug'larni silliq trubali quilmalarda kondensatsiyalash paytida, bug' tarkibiga havo qo'shib olsa, issiqlik almashinish tezligi keskin ravishda kamayib ketadi. Lekin, kondensatorlardagi silliq trubalar, dumalatib zichlash usuli bilan olingan trubalar bilan almashtirilsa, issiqlik almashinish tezlashadi va bu jarayon ushbu funktsiya orqali ifodalanadi:

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

bu yerda $\varepsilon = (G_h/G_b) -$ xavo-bug' aralashmasidagi havoning miqdori, %; G_h - havoning sarfi, kg/s ; G_b - bug'ning sarfi, kg/s ; P - quilmadagi bosim, Pa ; Re_{μ} - kondensat yuqqa qatlami oqimining Reynolds soni. Pe - Pekle kriteriyasi, jarayonning gidrodinamik sharoiti va muhitning hossalari belgilaydi:

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

bu yerda a - temperatura o'tkazuvchanlik ko'effitsienti, m^2/s ; Pr - Prandtl kriteriyasi suyuqlikning qovushqoqlik va temperatura o'tkazuvchanlik xossalarning nisbatini ifoda qiladi:

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

Reynolds kriteriyasi oqimdagi inersiya va ishtalanish kuchlarning nisbatini aniqlaydi:

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

Fur'e kriteriyasi noturg'un issiqlik jarayonlarida temperatura maydonining o'zgarish tezligi - muhitning o'lchami, vaqt va fizik kattaliklari - o'rtasidagi bog'liqlarni belgilaydi:

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

Grasof kriteriyasi erkin konveksiya paytida issiq va sovuq suyuqlik zichliklarining farqi ta'sirida hosil bo'lgan oqimning gidrodinamik rejimini ifodalaydi:

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

bu yerda β - hajmiy kengayish ko'effitsienti, $1/K$; Δt - devor va atrof muhit orasidagi temperaturalar farqi.

Issiqlik o'tkazishning har qanday xolati uchun alohida kriterial tenglama mavjud.

Shunday qilib, oqimning har bir rejimi alohida kriterial tenglama bilan ifodalanadi. Turbulent rejimda

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

Laminar rejimda:

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

bu yerda Pr_s - suyuqlikning o'rtacha temperaturasida hisoblanadi; Pr_d - devorning o'rtacha temperaturasida hisoblanadi.

Dumalatib zichlangan trubalar ichida bir fazali suyuqliklar yoki gazlar oqib o'tganda, o'rtacha issiqlik berish quyidagi kriterial tenglamadan aniqlanadi:

$$Nu = A \cdot Nu_{s,t} \quad (8.16)$$

bunda

$$Fo = \frac{a \cdot \tau}{l^2} \quad (8.17)$$

bu yerda $Nu_{s,t}$ - silliq tuba uchun ushbu formuladan topiladi:

$$Nu_{s,t} = 0,0207 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,43} \quad (8.18)$$

(8.16) formuladan $Re \geq 10^4$ bo'lgan oralikda foydalanish mumkin. Isituvchi

agentlar uchun issiqlik berish ko'effitsientining oraliqda issiqlik berish ko'effitsientining qiymati quyidagicha o'zgarishi mumkin:

Isitib yoki sovutilayotgan	α , $V/m^2 \cdot K$
1. Havo uchun	1,16 - 58
2. Yog'lar uchun	58,0 - 1740
3. Suv uchun	232 - 11600
4. O'ta qizdirilgan suv bug'i uchun	23,2 - 116
5. Qaynayotgan suv uchun	2580 - 52200
6. Plyonkasimon kondensatsiyalanayotgan bug' uchun	4640 - 17400
7. Organik moddalar bug'i	580 - 2320
8. Plyonkasimon kondensatsiyalanayotgan ekstraksiyon benzin-havo bug'ining kondensatsiyalanishi uchun	500 - 2000

Kondensatsiyalanayotgan bug'ning issiqlik berish ko'effitsienti kondensatsiyalanish kriteriyasi orqali xisobga olinadi:

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

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

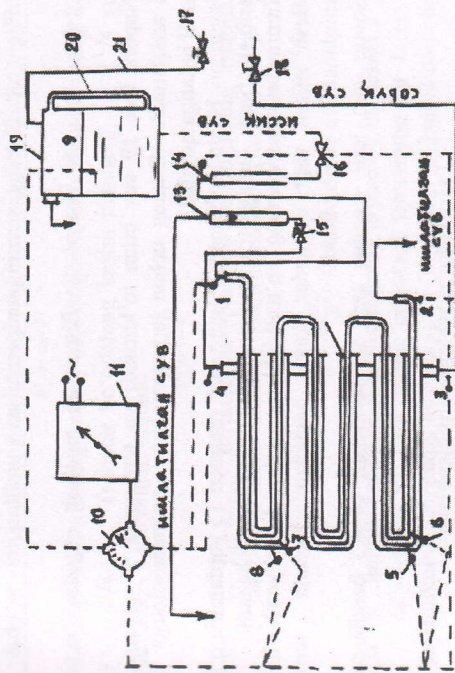
Kondensatsiyalanish kriteriyasi K isituvchi agentning agregat xolatining o'zgarishini xarakterlaydi. r va C_p - isituvchi agentning o'rtacha temperaturada berilgan (ilovadagi 8-jadvaldan) aniqlanadi.

Ish o'tkazishdan maqsad - isituvchi agentdan trubaning devoriga yoki trubaning devoridan sovutuvchi agentga issiqlik o'tganda issiqlik berish ko'effitsientlarini aniqlash.

Ishning bajarish tartibi

8.2 - rasmda eksperimental qurilma sxemasi tasvirlangan. Qurilma naporli bak 19, "truba ichidagi truba" tipidagi issiqlik almashinish qurilmadan 12 va suv sarfini o'lchovchi asboblardan iborat. Isituvchi agent sifatida issiq suv ishlatiladi va u issiqlik almashinish qurilma trubasining ichki qismida yo'naltiriladi. Sovituvchi agent sifatida sovuq suv ishlatilib, u trubalar va qurilmaning ichki devori oraliq bo'shliqda xarakat qiladi. Issiqlik almashinish qurilmasida issiq va sovuq suvlar o'zaro qarama-arshi yo'nalishda xarakat qiladi.

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



8.2 - rasmda. Laboratoriya qurilmasining sxemasi.

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

Temperatura termoparalar yordamida o'lchanadi va ularning tartib nomeri 8.1-jadvalda berilgan.

Termoparalar nomeri	O'lchanayotgan temperatura	Belgilanishi
1	Issiq suv qurilmaga kirishdan oldin	t_1
2	Issik suv qurilmaga kirishdan oldin	t_2
3	Sovuq suv qurilmaga kirishdan oldin	t_3
4	Sovuq suv qurilmaga kirishdan oldin	t_4
5	Ichki devor atrofidagi suvning temperaturasi	t_5
6	Kichik trubaning ichki devorining temperaturasi	t_6
7	Kichik trubaning tashqi devorining temperaturasi	t_7

8	Katta trubaning ichki devori atrofida suyuqlikning temperaturasi	t_8
9	Bakdagi suvning temperaturasi	t_9

Ushbu ishda issiqlik berish koeffitsientini aniqlash quyidagi tartibda olib boriladi:

1. Naporli bak 19 suv bilan to'ldiriladi va termopara 9 yordamida uning temperaturasi aniqlanadi. Buning uchun termoparalarni potentsiometrga ulaydigan qurilmani 0 (nol) holatiga qoyiladi.
2. Sovuq suv berila boshlanadi. Uning sarfi rotametr 13 yordamida o'lchanadi.
3. Issiq suv berib, uning sarfi, rotametr 14 yordamida o'lchanadi.
4. Hamma termoparalarning ko'rsatkichlari aniqlanadi va yozib olinadi.
5. Besh minut vaqt o'tgandan keyin qaytadan hamma termoparalar ko'rsatkichi aniqlanadi va yozib olinadi.
6. Sovuq yoki issiq suvning sarfi ko'paytiriladi va 4,5 bandlardagi ishlar qaytariladi.

Tajriba ko'rsatkichlarini hisoblash

Isituvchi agentdan devorga berilayotgan issiqlik miqdori quyidagi tenglamadan aniqlanadi:

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

bu yerda G_1 - isituvchi agentning sarfi, kg/s; c_1 - o'rtacha temperaturadagi isituvchi agentning issiqlik sig'imi.

Tenglamadan Q ning qiymatini aniqlab, isituvchi agentdan truba devori orasidagi tajribaviy 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 Q_1 - truba devorning yuzasi, $Q_1 = 0,193 \text{ m}^2$
Isitilgan truba devoridan sovutuvchi agentga o'tayotgan issiqlik miqdori, ushbu formuladan aniqlanadi:

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

bu yerda G_2 - sovutuvchi agent sarfi, kg/s; c_2 - o'rtacha temperaturadagi sovuq agentning issiqlik sig'imi, J/kg·K.

Truba devori va sovutuvchi agent orasidagi issiqlik berish koeffitsienti α_2 quyidagi formuladan topiladi:

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

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

$$Nu = 0,17 \cdot Re^{0,33} \cdot Pr^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_x}{Pr_b} \right)^{0,25} \quad (8.24)$$

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

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

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

bu yerda V_s - suyuqlikning hajmiy sarf miqdori, m^3/s ; F - trubaning ko'ndalang kesimi, $F = \pi \cdot d^2 / 4$.
Trubalar ko'ndalang kesim uchun $F = \pi \cdot d_e^2 / 4$ ($d_e = 0,021 \text{ m}$, $d = 0,028 \text{ m}$). Ilovadagi 2-jadvaldan olinadi.

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

bu yerda c , μ , λ - o'rtacha temperatura suyuqlikning issiqlik sig'imi, qovushqoligi va issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsientlari (ilovaning 2-jadvalidan olinadi).

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

bu yerda β - hajmiy kengayish koeffitsientining qiymati (ilovadagi 1-jadvaldan olinadi); Δt - devor va atrof muhit orasidagi temperaturalar farqi; d_e - truba diametri; ν - suyuqlikning kinematik qovushqoligi (ilovaning 2-jadvalidan olinadi).

bu yerda Pr_d - kriteriyini hisoblash uchun suyuqlikning fizik-kimyoviy kattaqlilari devorning temperaturasi boyicha olinadi.

Issiqlik o'txashlik kriteriyalarining qiymatlarini bilgandagina Nusselt kriteriyasini aniqlash mumkin. So'ngra, Nusselt kriteriyasidan issiqlik berish koeffitsienti α topiladi:

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

bu yerda λ - issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti (ilovaning 2-jadvalidan olinadi). Keyin, tajribaviy va hisobiy α larning qiymatlari taqqoslab tajribaning xatosi % larda aniqlanadi.

8 - 2 hisobot jadvali

Suv sarfi	Temperatura °C									α xisob.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
issiqlik										α_1 tajr.
ovuq										α_2 tajr.
										α_3 tajr.
										α_4 tajr.
										α_5 tajr.
										α_6 tajr.
										α_7 tajr.
										α_8 tajr.
										α_9 tajr.

Tekshirish uchun savollar

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

ADABIYOTLAR

1. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. - М.: Химия. 1973. - 727 с.
2. Yusupbekov N.R., Nurmuxamedov X.S., Zokirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalari. - T.: Sharq, 2003. - 644 b.
3. Yusupbekov N.R., Nurmuxamedov X.S., Ismatullayev P.R. Kimyo va ozi-ovat sanoatlarning jarayon va qurilmalari fanidan hisoblar va misollar. - Toshkent, 1999. - 351 b.
4. Гельперин Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. - М.: Химия. 1981. - кн.1. - 410 с.
5. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессы и аппараты химической технологии. - Л.: Химия, 1981. - 575 с.
6. Вилемас Ю.В., Калинин Э.К., Закиров С.Г. Интенсификация теплообмена. - Вильнюс, Мокелас, 1988. - Т. 2. - 188 с.
7. Yusupbekov N.R., Nurmuxamedov X.S., Zokirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalari. - T.: Sharq, 2016. - 848 b.
8. Charles E., Thomas. Process Technology Equipment and Systems., Fourth Edition, Cengage Learning, USA., 2015. - 526 p.
9. Sanford Klein, Gregory Nellis. Thermodynamics. Cambridge University Press, 2012. - 1072 p.

Internet saytlari

1. www.technology.ru
2. www.ziyounet.uz

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

Ishning nazariy asoslari

Issiqlik o'tkazish - issiqlik energiyasi tarqalish qonunlarini o'rganuvchi fandi. Issiqlik o'tkazish qonunlari ititish, 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 muhitdan temperaturasi past bo'lgan muhitga biror devor orqali issiqlikning berilishi issiqlik o'tishi deb ataladi. Bunda berilgan issiqlikning miqdori issiqlik o'tkazishning asosiy tenglamasi orqali topiladi:

$$Q = K \cdot \Delta t_{\text{sr}} \cdot F \cdot \tau \quad (9.1)$$

Bu tenglamaga binoan, temperaturasi yuqori bo'lgan muhitdan temperaturasi past bo'lgan muhitga o'tayotgan issiqlik miqdori, ajratuvchi devorning yuzasiga F , o'rtacha temperaturalar farqiga Δt_{sr} va vaqt τ ga to'g'ri proportsionaldir. Uzlaksiz ishlaydigan turli jarayonlar uchun (9.1) tenglamagi τ hisobga olinmaydi. U holda:

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

Issiqlik o'tkazish koeffitsienti K temperaturasi yuqori bo'lgan muhitdan temperaturasi past bo'lgan muhitga vaqt birligi ichida ajratuvchi devorning yuzasi 1 m^2 , muhitlar temperaturalari farqi 1°C bo'lganda, o'tkazilgan issiqlik miqdorini bildiradi.

Issiqlik o'tkazish koeffitsienti quyidagi o'lchov birligiga ega:
 $\text{Wt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Tekis devor uchun issiqlik o'tkazish koeffitsientini quyidagi ifodadan topish mumkin:

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

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

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 \cdot r_1} + \frac{1}{\lambda} + \frac{1}{2.3 \lg \frac{r_2}{r_1}} + \frac{1}{\alpha_2 \cdot r_2}} \quad (9.4)$$

bu yerda α_1 - isituvchi agentdan devorga issiqlik o'tayotgan paytdagi issiqlik berish koeffitsientlari, $\text{Wt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$; α_2 - devor yuzasidan sovutuvchi agentga issiqlik o'tayotgan paytdagi issiqlik berish koeffitsientlari, $\text{Wt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$; λ - trubaning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti $\text{Wt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$; δ/λ - truba devorning qalinligi; r_1, r_2 -

trubaning ichki va tashqi radiuslari, m.

Istish yuzasi issiqlik o'tkazishning umumiy tenglamasidan topiladi:

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

bu yerda Q – suyuqlikni istish uchun ketgan issiqlik miqdori, Vt ; G – suyuqlik sarfi, kg/s ; Δt_{or} – o'rtacha temperaturalar farqi, issiqlik jarayonlarini xarakterlatiruvchi kuchi va u quyidagi tenglama bilan topiladi:

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

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

$$\Delta t_{or} = \frac{\Delta t_{ka} + \Delta t_{ki}}{2} \quad (9.7)$$

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



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

Δt_{ka} va Δt_{ki} istuvchi va sovutuvchi agentlarning qurilmaga kirish va chiqish paytidagi farqi deb hisoblanadi.

Issiqlik almashinish qurilmalari ikkiga bo'linadi:

- 1) Sirtiy issiqlik almashinish qurilmalari, bularda issiqlik bir muxitdan ikkinchi muhitga ajratib turuvchi yuza orqali o'tadi;
- 2) aralashtiruvchi issiqlik almashinish qurilmalari, bunday issiqlik almashinish qurilmalari keng ishlatiladi.

Sanoatning barcha tarmoqlarida suyuqlik va gazlarni istish hamda sovitish uchun sirtiy issiqlik almashinish qurilmalari keng tarqalgan. Konstruktiv tuzilishga ko'ra sirtiy issiqlik almashinish qurilmalari trubali, zmeevikli, plastinali, spiralsimon, qirrali, g'ilofli va maxsus issiqlik almashinish qurilmalariga bo'linadi. Istish yuzasining joylashishiga qarab vertikal va gorizontal issiqlik almashinish qurilmalariga bo'linadi.

Qo'biq-trubali qurilmalarda trubalar to'rlarga razvaltsovka, payvandlash, bog'danlash va salniklar yordamida birkiritilishi mumkin.

Yuqorida qayd etilgan qurilmalarning o'ziga yarasha afzalliklari va kamchiliklari bor.

Qo'biq-silliqliq trubali istitichlar quyidagi afzalliklarga ega: ixcham, metall kam sarf qilinadi, trubalarning ichini tozalash oson (U - simon trubali istitichlardan tashqari), issiqlik almashinish yuzasi va unumdorligi katta.

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

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

Bundan tashqari, dumalatib zichlash usuli bilan olingan trubali issiqlik almashinish qurilmalari silliq trubali qurilmalar oldida ushbu asosiy xususiyatlar bilan ajralib turadi:

1. Dumalatib zichlangan trubalarda eng yuqori intensivlash qiymatiga erishiladi. Bunda issiqlik o'tkazish koefitsientining qiymati silliq trubadagidan 1,2-2,0 barobar ko'pdir.
2. Dumalatib zichlangan truba ishlatilsa truba devorlarning ikkala yuzasida issiqlik berish jarayonlari ancha tezlashadi.
3. Dumalatib zichlangan trubalarni ishlab chiqarish texnologiyasi oddiy va arzonidir.

Shuni alohida ta'kidlash kerakki, dumalatib zichlangan trubalar issiqlik almashinish qurilmalarida ishlab chiqarish texnologiyasi o'zgarmaydi. Bundan tashqari, bog'larni kondensatsiyalashtirishda, dumalatib zichlangan trubali kondensatorlarda qo'yilgan suvning sarfi silliq trubali kondensatornikidan 30-35% kam.

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

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

Zmeevikli issiqlik almashinish qurilmalarining afzalliklari: tayyorlash oson, issiqlik yuzasini kuzatish va tuzatish oson, idishdagi suyuqlikning hajmi katta bo'lganligi sababli, rejim o'zgarishlariga uncha sezgir emas.

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

Yuqulib 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'Ichami 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 ko'rsatkichiga ega, gidravlik qarshiligi ko'p yo'li qobiq-trubali qurilmalarnikiga qaraganda kam.

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

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

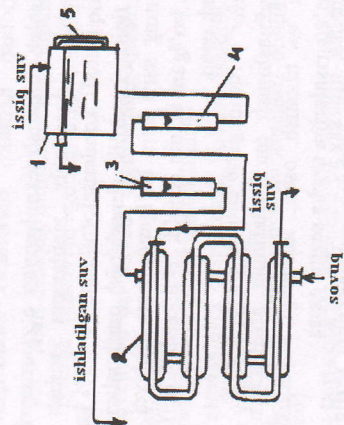
Kamchiliklari: katta bosimlarga bardosh bera olmaydi, isitgichlar tuzatilgandan keyin (qisimalarning soni ko'p bo'lgani uchun) tegishli zichlikni xosil qilish qiyin.

G'iloifi issiqlik almashinish qurilmalari konstruktiv jihatdan sodda, kuzatish va tuzatish qulay.

Ish o'tkazishdan maqsad - "truba ichida truba" tipidagi issiqlik almashinish qurilmasida isituvchi agentdan sovutuvchi agentga issiqlik o'tkazish ko'rsatkichini 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°C) ishlatiladi va u isitgichning ichki trubasiga yo'naltiriladi.



9.2-rasm. Laboratoriya qurilmasini sxemasi.

Sovutuvchi agent sifatida sovuq suv (11-15°C) ishlatiladi va u isitgichning trubalararo bo'shlig'iga yuboriladi.

Issiqlik o'tkazish ko'rsatkichi 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, rotametrlar yordamida sarfi (V_1) aniqlanadi. Krandan kelayotgan sovuq suvning temperaturasi (t_2) aniqlanadi va isitgichga yuborilib, uning sarfi (V_2) rotametrlar yordamida topiladi. 30 minutdan keyin issiq (t_1) va sovuq (t_2) agentlarning temperaturasi, isitgichdan chiqish paytida o'lchanadi.

Tajriba natijalarini hisoblash

Issiqlik o'tkazish ko'rsatkichlarining tajribadan olingan qiymatlari issiqlik o'tkazishning asosiy tenglamasi orqali topiladi:

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

F - devorning yuzasi, $F=0,193\text{ m}^2$

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

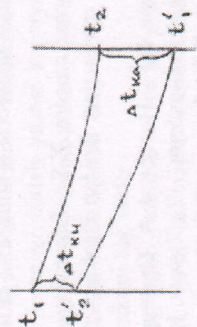
$$Q_2 = G_2 \cdot c_2 \cdot (t_2' - t_1')$$

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

$$\Delta t_{\text{sp}} = \frac{\Delta t_{\text{sr}} - \Delta t_{\text{ki}}}{2,3 \lg \frac{\Delta t_{\text{sr}}}{\Delta t_{\text{ki}}}}$$

$$\Delta t_{\text{sr}} = (t_2 - t_1')$$

$$\Delta t_{\text{ki}} = (t_1 - t_2')$$



Issiqlik o'tkazish ko'rsatkichi K ning hisobiy qiymatini quyidagi tenglamadan topiladi:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}; \left[\frac{\text{Wt}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \right]$$

bu yerda δ - truba devorning qalinligi ($\delta=2\text{ mm}$); λ - issiqlik o'tkazuvchanlik ko'rsatkichi ($\lambda=46,5\text{ Wt/m} \cdot \text{K}$); $\alpha_1=600\text{ Wt/m}^2 \cdot \text{K}$; $\alpha_2=200\text{ Wt/m}^2 \cdot \text{K}$;

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

ERTIMALARNING TEMPERATURA DEPRESSIVASINI ANIQLASH

Ishning nazariy asoslari

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

Bug'latish jarayoni bug'latuvchi qurilmada olib boriladi.

Kimyo sanoatida ishqor, tuz va boshqa moddalarning suvli eritmatlari, ayrim mineral va organik kislotalar, ko'p atomli spirtlar, hamda shu kabi bir qator suyuq eritmalar bug'latiladi. Ayrim vaqtda bug'latish yordamida toza erituvchilar ham olinadi. Ba'zi sharoitlarda quyqulantirilgan eritma kristallanish jarayonini amalga oshirish uchun maxsus bug'latish qurilmalariga yuboriladi. Bug'latish jarayonlarida erituvchi agent sifatida asosan suv bug'i ishlatiladi, bunday bug' birlamchi bug' deb ataladi. Qaynayotgan eritmani bug'latish paytida xosil bo'lgan bu g' ikkilamchi bug' deb ataladi. Bug'latish jarayoni vakuum ostida, atmosfera va yuqori bosimlarda olib borilishi mumkin. Eritmalarining xossalari va ikkilamchi bug'ning issiqligidan foydalanish zaruratiga ko'ra har hil bosimlar ishlatiladi. Vakuum ostida bug'latish bir qator afzalliklarga ega: jarayonni past temperaturalarda olib borish mumkin; vakuum ta'sirida erituvchi agent va eritma temperaturasi o'rtasidagi foydali farq ko'payadi va natijada qurilmaning isitish yuzasi kamayadi, vakuum bilan bug'latish uchun nisbatan past parametrlar (temperatura va bosim) erituvchi agentlardan foydalanish mumkin. Vakuum ishlatilganda ikkilamchi bug'dan qaytadan birlamchi bug' sifatida foydalanish imkonini 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 erituvchi (birlamchi) bug' beriladi, keyingi korpuslarini isitish uchun esa oldingi korpuslardan chiqqan ikkilamchi bug' ishlatiladi. Sanoatda ko'pincha 3-4 korpusli bug'latish qurilmalari keng ishlatiladi. Natijada bu qurilmalarda bug'ning umumiy sarfi, bir korpusli bug'latish qurilmalariga nisbatan 3-4 marta kamayadi. Har qanday issiqlik jarayonlaridek, bug'latish jarayonini xarakatlantiruvchi kuchi deb temperaturalar farqi hisoblanadi. Ko'p korpusli bug'latish qurilmalarida jarayonni xarakatlantiruvchi kuchi umumiy va foydali temperaturalar farqidir.

Ko'p korpusli bug'latish qurilmasining umumiy temperaturalar farqi ΔT , birinchi korpusni erituvchi birlamchi bug'ning temperaturasi T_1 va kondensatorga

Isiq suv sarfi	S ovuq sarfi	Issi q suvning isitigichga kiritish paytidagi tempera- turalari	Issi q suvning isitigichdan chiqish paytidagi tempera- turalari	Sovuq suvning isitigichga kiritish paytidagi temperaturasi	Sovuq q suvning isitigichdan chiqish paytidagi tempera- turalari	Issiqlik o'tkazish koeffitsienti
		$t_1, ^\circ\text{C}$	$t_2, ^\circ\text{C}$	$t_1, ^\circ\text{C}$	$t_2, ^\circ\text{C}$	$K, \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$

9-1 jadval

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 qurilmalarining ishlash printsiplari va konstruksiyasi (qobiq trubali, zmeevniki, plastinali va b.).
6. Issiqlik almashinish qurilmalarining solishtirma xarakteristikasi.
7. Issiqlik almashinish qurilmalarini xisoblash.

ADABIYOTLAR

1. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. - М.: Химия, 1973. - 727 с.
2. Yusupbekov N.R., Nurmuxamedov X.S., Ismatullayev P.R. Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarining jarayon va qurilmalari fanidan xisoblar va misollar. - Toshkent, Jahon, 1999. - 351 b.
3. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. - Л.: Химия, 1981. - 575 с.
4. Вилемас Ю.В., Каплин Э.К., Закиров С.Г. Интенсификация теплообмена. - Вильнюс, Мокелас, 1988. - Т. 2. - 188 с.
5. Yusupbekov N.R., Nurmuxamedov X.S., Zokirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalar. - T.: Sharq, 2016. - 848 b.
6. Charles E., Thomas. Process Technology Equipment and Systems., Fourth Edition, Cengage Learning, USA., 2015. - 526 p.
7. Sanford Klein, Gregory Nellis. Thermodynamics. Cambridge University Press, 2012. - 1072 p.

Internet saytlari

1. www.texnologiy.ru
2. www.ziyounet.uz

tushgan ikkilamchi bug'ning toyinish temperaturasi $T_{\text{kon}}^{\text{kon}}$ o'rtasidagi farqga teng:

$$\Delta T_u = T_1 - T_{\text{kon}}^{\text{kon}} \quad (10.1)$$

bu yerda T_1 - birlamchi bug'ning temperaturasi, K; $T_{\text{kon}}^{\text{kon}}$ - ikkilamchi bug'ning oxirgi korpusdan kondensatorga tushgan ikkilamchi bug'ning toyinish temperaturasi, K.

Ko'p korpusli bug'latish qurilmalaridagi temperaturalarining umumiy foydali farqi ΔT_f ni aniqlashga hamma qurilmalarda temperaturalar yo'qotilishining yig'indisi hisobga olinadi:

$$\Delta T_f = \Delta T_u - \Sigma \Delta \quad (10.2)$$

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

Temperatura depressiyasining qiymati erigan modda va erituvchining fizik-kimyoviy xossalari, eritma konsentratsiyasi va bosimiga bog'liq. Suyultirilgan eritmalar uchun har hil bosimlarda temperatura depressiyasining qiymati I.A. Tishenko tenglamasi orqali aniqlanadi:

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

bu yerda Δ'_{am} - eritmaning atmosfera bosimidagi temperatura depressiyasi, °C; 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 qurilmalarining ititish trubalari ichidagi eritmaning pastki va ustki qatlamlaridagi qaynash temperaturalarining farqi. Ititish trubalarining pastki qatlamida eritma, suyuqlik ustunining ta'sirida, ustki qatlamga nisbatan yuqori temperaturada qaynaydi. Gidrostatik depressiyaning qiymatini aniq hisoblash qiyin, chunki Δ'' ititish trubalarining deyarli katta qismini egallangan bug'-suyuqlik emulsiyaning serkulyatsiya tezligiga va uning o'zgaruvchan zichligiga, xamda ititish trubasining uzunligiga bog'liq. Eritma serkulyatsiya qilindigan vertikal qurilmalar uchun Δ'' qiymatini 1-3°C atrofida olish mumkin.

Δ''' - gidravlik depressiya, ikkilamchi bug' separator qurilmalari va truba orqali harakatlanganda o'z yo'lida gidravlik ishqalanish va mahalliy qarshiliklarni engish uchun ketgan vaqtidagi, ikkilamchi bug' bosimining kamayishini hisobga oladi. Bitta qurilma uchun Δ''' qiymati 1°C ga teng deb olish mumkin.

Temperatura va gidrostatik, gidravlik depressiyalarni hisobga olgan xolda eritmaning qaynash temperaturasi quyidagicha aniqlash mumkin:

$$t_q = T' + \Delta' + \Delta'' + \Delta''' \quad (10.5)$$

bu yerda T' - ikkilamchi bug'ning temperaturasi. Bug'latish jarayonining yaxshi ketishi uchun har bir qurilmada temperaturalarining foydali farqi (isituvchi bug' va qaynayotgan eritma

temperaturalarining farqi) ma'lum qiymatga ega bo'lishi shart. Bu farq tabiiy serkulyatsiya bilan ishlaydigan qurilmalar uchun kamida 5-7°C va majburiy serkulyatsiya bilan ishlaydigan qurilmalar uchun kamida 3°C bo'lishi kerak.

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

Masalan:

$$\Delta T_f = T_1 - T_{\text{kon}}^{\text{kon}} - \Delta = 160 - 60 - 25 = 75^\circ \text{C}$$

ikki qurilmali qurilma uchun

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

xar bir korpus uchun

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

Uch korpusli bug'latish qurilmasining har bir korpusi uchun

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

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

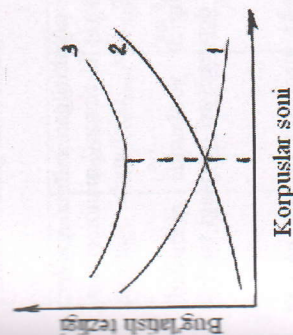
$$\Delta T_f = \frac{25}{3} = 8,3^\circ \text{C}$$

Shuning uchun ko'p korpusli bug'latish qurilmalari uchun qurilmalarning soni 3 ta bo'lishi kerak:

$$\Sigma \Delta T_f = 160 - 60 - 4 \cdot 25 = 0$$

Shunday qilib, ko'p korpusli bug'latish qurilmalarida korpuslar soni oshishi bilan foydali temperaturalar farqi kamayadi, ammo ititish yuzasi bir hil 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'qda bug'latishning qiymati, gorizonttal o'qda esa korpuslarning soni ko'rsatilgan (10.1 - rasm).



10.1 - rasm. Qurilmaning optimal sonini aniqlash.

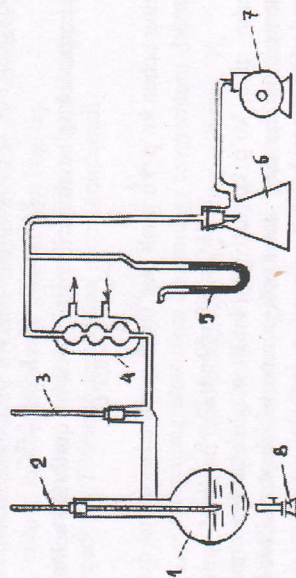
- 1 - Isituvchi bug'ning sarfi.
- 2 - Amortizatsiya sarflari.
- 3 - Umumiy sarf.

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

Ishni o'tkazishdan maqsad - suyuqlirilgan eritmalarining har hil bosim ta'sirida qaynash paytidagi temperatura depressiyasini tajriba yo'li bilan aniqlash.

Ishni bajarish tartibi

Laboratoriya tajriba qurilmasining sxemasi 10.2 - rasmda ko'rsatilgan.



10.2 - rasm. Laboratoriya tajriba qurilmasi

1 - suyuqlirilgan eritma quyilgan kolba; 2 - eritmaning temperaturasi o'lgan termometr; 3 - ikkilamchi bug'ning temperaturasi o'lgan termometr; 4 - sovutgich; 5 - manometr; 6 - Bunzen kolbasi; 7 - vakuum-nasos; 8 - gaz isitgich.

Vakuum nasos va Bunzen kolbasi vositasida suyuqlirilgan eritma quyilgan kolbada vakuum hosil qilinadi. vakuumning miqdori U-simon manometrlarning ko'rsatkichi boyicha o'lanadi. Eritmaning qaynash va ikkilamchi bug'ning temperaturasi termometrlar vositasida o'lanadi.

Eritma qaynash temperaturasi gaz isitgich yordamida qizdiriladi. Laboratoriya tajriba qurilmasida eritmaning temperatura depressiyasi quyidagi tartibda aniqlanadi:

1. Qurilmaning xolati tekshiriladi.
2. Laborant ishtirokida vakuum-nasos elektr toki manbaiga ulanadi va gaz isitgich yoqiladi.
3. Vakuum nasos yordamida sistemada eng ko'p siyraklanish hosil qilib,

kolbadagi eritmani qaynash xolatigacha qizdiriladi.

4. Eritmaning qaynash paytidagi termometrlar ko'rsatkichi boyicha, eritmaning qaynash temperaturasi (t) va toyingan bug'ning (ikkilamchi bug') temperaturasi (θ) aniqlab hisoblash jadvaliga yoziladi.

5. Vakuum nasos xosil qilayotgan vakuum miqdorini asta-sekin minimumgacha kran vositasida kamaytirilib, eritma qaynatiladi. Vakuum miqdori har hil bo'lganda, eritma qaynash paytida termometrlarning ko'rsatkichi aniqlab, hisoblash jadvaliga yoziladi. Gaz isitgich o'chiriladi. Eritmani asta-sekin sovutib, sistemada asta-sekin vakuum miqdori ko'paytiriladi va tajriba qaytadan bajariladi.

Tajriba natijalarini hisoblash

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

$$\Delta_r' = t - \theta \quad (10.6)$$

Eritmaning temperatura depressiya nazariy jihatdan I.A.Tishenko tenglamasi orqali hisoblanadi.

$$\Delta_r' = 1,62 \cdot 10^{-2} \cdot \Delta_{\text{atm}}$$

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

Δ_{atm} - eritmaning konsentratsiyasi boyicha ilovadagi 9-jadvaldan aniqlanadi.

Tajribada olingan Δ_r' qiymatini, A.I.Tishenko tenglamasi bilan hisoblangan Δ_r' qiymati bilan taqqoslab tajribaning xatosi % miqdorida aniqlanadi.

Hisoblash jadvali

Eritma va uning konsentratsiyasi		Atmosfera bosimidagi temperatura depressiyasi Δ_r' atm		
Absolyut bosim $P_{\text{abs}} = P_{\text{par}}$ P_{vak}	Eritmaning qaynash temperaturasi $t, ^\circ\text{C}$	Toyin-gan bug'ning temperaturasi $\theta, ^\circ\text{C}$	Eritmaning hisoblangan temperatura depressiyasi $\Delta_r', ^\circ\text{C}$	Tajribaning xatosi $\frac{\Delta_r' - \Delta_r}{\Delta_r} \cdot 100\%$
2				

neftni qayta ishlash natijasida hosil bo'lgan aralashmalarini tozalashda, neftni qayta ishlash natijasida xosil bo'lgan gaz aralashmalaridan vodorod va etilenni, benzin fraksiyalaridan aromatik uglevodorodlarni ajratib olishda, yog'larni, vino masulotlarini, har hil meva-sabzavot sharbatlarini tozalashda, kimyo va oziq-ovqat sanoatining barcha tarmoqlarida keng qo'llaniladi.

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

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

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

Ekstraksiya jarayonida «qattiqjism -suyuqlik» sistemasida olib borilganda - qattiq fazaning suyuqlikga (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 analiy jihatdan 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 farq qancha katta bo'lsa, bunda oddiy haydash usulidan foydalaniladi. Oddiy haydash paytida suyuqlikning bir marta qisman bug'lanishi yuz beradi. Odatda bu usul suyuq aralashmalarni keraksiz qo'shimchalardan tozalash uchun ishlatiladi.

Suyuq aralashmalarni komponentlarga to'la ajratish uchun rektifikatsiya usulidan foydalaniladi. Rektifikatsiya jarayoni aralashmani bug'latishda ajralgan bug' va bug'ning 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-arqoq, efir moylari va izotoplar, polimerlar, yamon 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 texnologiyasi sanoatida kristallanish jarayoni toza moddalarni olish uchun keng qo'llaniladi. Oziq-ovqat sanoatida kristallanish jarayoni qand-shakar ishlab chiqarishda, glyukoza olishda, konditer sanoatida va boshqa sohalarida ishlatiladi. Membrana usuli bilan ajratish modda almashinishning yangi yo'nalishidir. Membrana yordamida ajratish quyidagi usullar bilan amalga oshiriladi: teskari osmos, ultrabin, ultrafiltratsiya, mikrofiltratsiya, membrana orqali bug'lanish, dializ, elektrodializ, gazlarni diffuziya bilan ajratish. Yarim o'tkazuvchi membranalar yordamida uglevodorodlarni, yuqori va quyi molekulyali birikmalar aralashmalarini ajratish, tabiiy gazlardan geliy va vodorodni, havodan kislorodni ajratib olish, sut mahsulotlarini, meva, sabzavot sharbatlarini va boshqa eritmalarini quyultirish, pivo pasterizatsiya qilish, yuqori sifatli qand va shu kabi bir qator muhim vazifalarni bajarish mumkin.

Demak, sanoatdagi olib boriladigan turli xil texnologik jarayon moddalarning 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 yuqqa chegara qatlam.

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

1. Taqsimlanayotgan moddaning molekullari, fazaning yadrosidan shu fazaning chegara qatlamiga o'tadi;
2. Chegara qatlamdan taqsimlanayotgan modda fazalararo chegaraviy qatlamga o'tadi;
3. Fazalararo chegaraviy qatlamdan taqsimlanayotgan modda molekullari ikkinchi fazaning yadrosiga o'tadi.

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

Modda berish jarayoni qaytar jarayondir, ya'ni modda ikkinchi fazadan ajratuvchi yuzaga o'tishi mumkin. Moddaning o'tish jarayoni fazalar orasidagi muvozanat holat vujudga kelguncha davom etadi. Muvozanat paytida x ning ma'lum konsentratsiyasi qiymatiga boshqa fazadagi tegishli aniq bir qiymatli muvozanat konsentratsiyasi y to'g'ri keladi. Xuddi shuningdek y ning ma'lum konsentratsiya qiymatiga tegishli muvozanat konsentratsiyasi x to'g'ri keladi. Muvozanat paytida fazalardagi taqsimlanayotgan modda konsentratsiyalari o'rtasidagi 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 jarayonning harakatlaniruvchi 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 o'tishi 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 orqali tarqaladi. Bu holda molekulyar diffuziyaning ahmiyati juda kam bo'lib, chegaraviy qatlamlarda esa moddaning tarqalishi molekulyar diffuziyaga bog'liq bo'ladi. Molekulada 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 to'qnashuv yuzasi, m^2 ; τ - moddaning o'tish vaqti, s; $\frac{dc}{dn}$ - konsentratsiya gradienti, kg/m; n - qatlarning qalinligi, m.

Tenglamaning o'ng tomonidagi minus ishora molekulyar diffuziyaning tarqaluvchi komponent konsentratsiyasining kamayishi tomonga qarab borishini ko'rsatadi.

Molekulyar diffuziya koeffitsienti fizik o'zgarmas 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 $D \approx 0,1 \div 1,0 \text{ sm}^2/s$, gazning suyuqlikga o'tish diffuziya koeffitsienti $D = 10^5$ marta kam bo'lib, tahminan $1 \text{ sm}^2/s$ utkaga teng. Demak, molekulyar diffuziya juda sekinlik bilan boradigan (ayniqsa suyuqliklarda) jarayondir.

Turbulent pulsatsiya ta'siri ostida oqimning harakatida bir fazadan ikkinchi fazaga moddaning tarqalishi turbulent diffuziya deyiladi.

Turbulent diffuziyaning tezligi oqimning turbulentlik darajasiga, jarayonning gidromexanik rejimiga bog'liq. Biror faza miqyosida turbulent diffuziya orqali tarqalgan moddaning miqdori quyidagi tenglama bilan topiladi:

$$dM = -\epsilon_D \cdot dF \cdot \frac{dc}{dn} \cdot d\tau \quad (11.4)$$

bu yerda ϵ_D -turbulent diffuziya koeffitsienti.

11.4-tenglamadan ϵ_D aniqlanadi:

$$\epsilon_D = \frac{dM \cdot dn}{d\tau \cdot dF \cdot dc} = \frac{KZ \cdot M}{C \cdot M^2 \cdot KZ / M^3} = \frac{M^2}{C}$$

Turbulent diffuziya koeffitsienti vaqt birligi ichida konsentratsiya gradienti birga bo'lganda yuza birligidan turbulent diffuziya yo'li bilan o'tgan moddaning miqdorini bildiradi. Turbulent diffuziya koeffitsienti m^2/s o'lchov birligiga ega bo'lib, uning qiymati jarayonning gidrodinamik shart-sharoitlariga bog'liq. 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 xossalriga bog'liq.

Fazalarni ajratuvchi yuzadan moddaning suyuq yoki gazsimon fazaning markaziga berilishi, yoki aksincha, fazaning yadrosidan ajratuvchi yuzaga moddaning berilishi konvektiv diffuziya yoki modda berish jarayoni deb atalib, xuddi issiqlik almashinish jarayoniga o'xshab, bu jarayon quyidagi differentsial tenglama orqali ifodalanishi 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 xarakterlidir.

Qo'zalmas muhitdagi modda almashinish jarayonida

$w_x = w_y = w_z = 0$ bo'lgani uchun:

$$\frac{\partial c}{\partial x} w_x + \frac{\partial c}{\partial y} w_y + \frac{\partial c}{\partial z} w_z = 0 \quad (11.6)$$

Bu xolda 11.5 tenglama molekulyar difuziyaning differentsial tenglamasi ko'rinishiga keladi:

$$\frac{dc}{d\tau} = D \left(\frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 c}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 c}{\partial z^2} \right) \quad (11.7)$$

(11.7) tenglama Fikning ikkinchi qonuni deb yuritiladi. Konvektiv diffuziyaning differentsial tenglamasi murakkab bo'lgani uchun uni oddiy usullar bilan echish qiyin. O'xshashlik nazariyasidan foydalanib, differentsial tenglamani qayta ishlab chiqish natijasida, jarayonni xarakterlovchi o'xshashlik kriteriyalari 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.

$$M = \beta_x \cdot F \cdot (x_{ch} - x) \quad (11.9)$$

bu yerda M - vaqt birligi ichida berilgan moddaning miqdori; β_x - gaz va suyuqlik fazalaridagi modda berish koeffitsientlari; $(u - u_{ch})$ - modda berishning F_u fazadagi harakatlaniruvchi kuchi; $(x_{ch} - x)$ - modda berishning F_x fazadagi harakatlaniruvchi kuchi; y_{ch} va x_{ch} - xar bir fazaning yadrosidagi o'rtacha konsentratsiyasi; y_{ch} , x_{ch} - tegishli fazalar chegarasidagi konsentratsiyalar; F - fazalarni ajratuvchi yuza.

Modda berish koeffitsienti (11.8), (11.9) tenglamalaridan aniqlanadi:

$$\beta_x = \frac{M}{(y - y_{ch}) \cdot F} = \frac{kg/s}{kg/m^2 \cdot m^2} = \frac{m}{s} \quad (11.10)$$

Modda berish koeffitsientlari (β_x , β_y) vaqt birligi ichida jarayonning harakatlaniruvchi 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 xossalarga (zichlik, qovushoqlik va boshqalar), muhitning gidrodinamik rejimlariga (laminar yoki turbulent oqim), modda almashinish qurilmasining konstruktiv tuzilishiga va uning o'lchamlariga bog'liq bo'lgan kinetik kattalikdir, ya'ni:

$$\beta = f(\rho, \mu, D, w, L_1, L_2)$$

Shunday qilib, modda berish koeffitsienti β ning bir qator o'zgaruvchan faktorlarga bog'liqligi sababli, ular orasidagi bog'lanishni aniqlash uchun hamda modda berish koeffitsientining 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 hosil qilingan. Bular jumlasiga (Nu), Fure (Fo), Pekle (Pe), Prandtl (Pr) diffuzion kriteriyalar kiradi.

Nusselt diffuziya kriteriyasi quyidagi ko'rinishga ega:

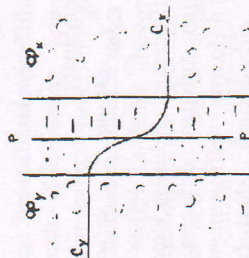
$$Nu' = \frac{\beta \cdot \ell}{D} \quad (11.11)$$

bu yerda β - modda berish koeffitsienti; D - molekulyar diffuziya koeffitsienti; ℓ - sistemaning aniqlovchi o'lchami. O'xshash sistemalarning o'xshash nuqtalarida Nu' kriteriyasi bir xil qiymatga ega bo'ladi. Bu o'xshashlik kriteriy fazalar yadrosining va diffuzion chegara qatlamidagi modda o'tkazish intensivligini ifodalab, ular orasidagi nisbatni ko'rsatadi.

Nusselt kriteriyasi tenglamasida xisoblanayotgan modda berish koeffitsienti bo'lgani uchun u aniqlanuvchi kriteriyadir.

Fure diffuziya kriteriyasi noturg'un holdagi modda berish jarayonlarini ifodalaydi va quyidagi kattaliklar orqali belgilanadi:

$$Fo' = \frac{\tau \cdot D}{l^2} \quad (11.12)$$



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 yuza orqali modda berish jarayoni orqali o'tadi. Modda o'tkazish jarayoni xar bir fazadagi turbulent oqimning strukturasi bog'liq. Gidrodinamikadan ma'lumki, turbulent oqimda qattiq yuza ustida chegaraviy qatlam xosil bo'ladi. Har bir faza yadroga (yoki fazaning asosiy massasi) va fazaning chegaraviy yuypqa qatlamiga ega bo'ladi. Fazaning yadrosida modda asosan turbulent *pulsatsiyalar* yordamida tarqaladi va tarqaluvchining konsentratsiyasi (S_{ov} 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 chiziqli boyicha o'zgaradi.

Shunday qilib, turbulent oqimda fazaning yadrodan fazalarni ajratuvchi chegaragacha (yoki teskari yo'nalishda) modda berilishi parallel ravishda molekulyar va turbulent diffuziyalar yordamida amalga oshiriladi, biror fazaning asosiy massasida moddaning berilish jarayoni diffuziya yo'li bilan boradi.

Demak, modda o'tkazishning tezligi harakatlaniruvchi kuchga teng bo'lgan, taqsimlanayotgan moddaning faza yadrosi bilan chegaraviy qatlamlari orasidagi konsentratsiyalari farqiga to'g'ri proporsional bo'ladi. Faza yadrosidan chegaraviy qatlama yoki ajratuvchi yuzaga berilayotgan moddaning miqdori modda berish tenglamasi bilan aniqlanadi:

gaz fazasi uchun, F_y

$$M = \beta_y \cdot F \cdot (y - y_{ch}) \quad (11.8)$$

suyuqlik fazasi uchun, F_x

bu yerda τ - jarayonning davomiyligi.

Noturg'un o'xshash sistemalar o'xshash nuqtalarida Fur'e kriteriyasi bir xil qiymatga ega bo'lib, vaqt birligi ichida modda berilishining o'zgarishini ko'rsatadi.

Pekle kriteriyasi o'xshash sistemalarning o'xshash nuqtalarida konvektiv va molekulyar diffuziyalar orqali o'tayotgan modda massalarining nisbati darajasini belgilaydi va quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$Pe' = \frac{w \cdot l}{D} \quad (11.13)$$

bu yerda w - oqimning tezligi.

Ko'p xollarda Re kriteriyasi o'miga Prandtl diffuziya kriteriyasi ishlatiladi:

$$Pr = \frac{Pe'}{Re'} = \frac{w \cdot l}{D} : \frac{w \cdot l}{\nu} = \frac{\nu}{D} = \frac{\mu}{\rho \cdot D} \quad (11.14)$$

Prandtl kriteriyasi o'xshash oqimlarning o'xshash nuqtalarida suyuqlik (gaz) ning fizik xossalari nisbatining o'zgarishini ifodalaydi. Gazlar uchun Pr' ning qiymati birga yaqin. Suyuqliklar uchun esa $Pr' = 10^3$, 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 komplekslari.

Modda berish jarayonlarini hisoblash qiyin. Fazalar chegarasidagi taqsimlanayotgan modda konsentratsiyasining miqdorini aniqlash qiyin, chunki xisoblash usullari ma'lum emas. Shuning uchun bir fazadan ikkinchi fazaga vaqt birligi ichida o'tgan moddaning massasi M ni aniqlashda modda o'tkazishning asosiy tenglamasidan foydalaniladi:

F_y - 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_y, K_x - gaz va suyuqlik fazalari uchun modda o'tkazish koeffitsienti; $(y-y^*)$ - gaz va suyuqlik fazalaridagi harakatlaniruvchi kuch; y, x - fazalardagi ishchi konsentratsiyalar; y^*, 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 fazaviy diffuziya qarshiliklarning additivlik tenglamalari deb yuritiladi.

Modda o'tkazish koeffitsienti (11.18), (11.19) tenglamalardan aniqlanadi.

$$K = \frac{M}{(y - y^*) \cdot F} = \frac{\text{kg} / \text{m}^3 \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}}{\text{kg} / \text{m}^3 \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}} = \frac{m}{s} \quad (11.20)$$

Modda o'tkazish koeffitsienti (K_y, K_x) vaqt birligi ichida fazalarning kontakt yuzasi birligidan, jarayonning harakatlaniruvchi kuchi birga teng bo'lganda bir fazadan ikkinchi fazaga o'tgan moddaning massasini bildiradi.

Modda berish va o'tkazish koeffitsientlarining o'lchov birliklari bir xil bo'lib, jarayonning harakatlaniruvchi kuchining o'lchov birligiga, hamda fazalararo o'tayotgan moddaning miqdoriga bog'liq bo'ladi.

Fazalar ajratuvchi yuza boylab xarakat qilganda, ularning konsentratsiyalari o'zgaradi, natijada jarayonning harakatlaniruvchi kuchi xam o'zgaradi. Shu sababli modda o'tkazishning asosiy tenglamasiga o'rtacha harakatlaniruvchi kuch tushunchasi ($\Delta y_{or}'$, ($\Delta x_{or}'$) kiritiladi:

$$M = K_y \cdot F \cdot \Delta y_{or}' \quad (11.21)$$

$$M = K_x \cdot F \cdot \Delta x_{or}' \quad (11.22)$$

Gaz fazaning konsentratsiyasi boyicha, modda o'tkazishning o'rtacha harakatlaniruvchi kuchi quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta y_{or}' = \frac{(y_b - y_b^*) - (y_o - y_o^*)}{2,3 \lg \frac{y_b - y_b^*}{y_o - y_o^*}} = \frac{\Delta y_{ba} - \Delta y_{oi}}{2,3 \lg \frac{\Delta y_{ba}}{\Delta y_{oi}}} \quad (11.23)$$

bu yerda y_b, y_o - moddaning boshlang'ich va jarayon oxiridagi konsentratsiyasi; Δy_{ba} - qurilmaning birinchi (yoki ikkinchi) chekkasidagi konsentratsiyalarning katta farqi; Δy_{oi} - qurilmaning ikkinchi (yoki birinchi) chekkasidagi konsentratsiyalarning kichik farqi.

Xuddi shuningdek, suyuq fazaning konsentratsiyasi boyicha:

$$\Delta x_{or}' = \frac{(x_o^* - x_o) - (x_b^* - x_b)}{2,3 \lg \frac{x_o^* - x_o}{x_b^* - x_b}} = \frac{\Delta x_{oa} - \Delta x_{bi}}{2,3 \lg \frac{\Delta x_{oa}}{\Delta x_{bi}}} \quad (11.24)$$

Jarayonning harakatlaniruvchi kuchini o'tkazish birligi soni bilan xam ifodalash mumkin:

$$n_{oy} = \frac{y_b - y_o}{\Delta y_{or}'} \quad (11.25)$$

$$n_{ox} = \frac{x_o^* - x_b}{\Delta x_{or}'} \quad (11.26)$$

O'tkazish birligi soni harakatlaniruvchi kuch birligiga mos kelgan faza ishchi

kontsentratsiyasining o'zgarishini belgilaydi. Ushbu ishda modda berish ko'effitsientini aniqlovchi qatlamli nasadkali kolonnada aniqlanadi. Nasadka sifatida Rashig halqalari, keramik buyumlar, koks, maydalangan kvarts, polimer halqalar, sharlar, egarsimon elementlar ishlatiladi. Nasadkali kolonnalarda gaz va suyuqlik nasadka qatlami orqali qarama-qarshi yo'nalishda harakatlanadi. Berilayotgan suyuqlikning miqdori (namlash zichligi) va gaz harakati tezligiga qarab, kolonna har xil rejimda ishlashi mumkin. Kolonnadagi bu rejimlar qo'llangan nasadkaning gidravlik qarshiligi ΔR_n bilan gaz tezligining w o'zaro bog'lanish grafigi orqali ifodalanadi.

$\Delta P_n = f(w)$ gaz mavhum tezligining qiymati kolonnaga berilayotgan gazning hajmiy sarf miqdorini V_s kolonna ko'ndalang kesimining F nisbatiga teng bo'ladi. Mavhum qaynash qatlamli nasadkali kolonnalarning gidravlik qarshiligini tajriba yo'li va empirik tenglama bilan aniqlash mumkin:

$$\Delta P = \Delta P_g + 32,1 \cdot F^{1,03} \cdot H_n^{0,6} \cdot Z^{0,56} \cdot w^{0,82} \quad (11.27)$$

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:

$$\Delta P_g = \lambda \cdot \frac{H_n \cdot w \cdot \rho_g}{d_e} \quad (11.28)$$

bu yerda λ - gidravlik qarshilik ko'effitsienti; $d_e = 4\theta/a$ - nasadkaning ekvivalent diametri, m ; $w_x = w/\theta$ - 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 ko'effitsienti oqimning rejimiga bog'liq bo'ladi. Nasadka qatlamidan suyuqlik oqib o'tayotganda, uning gidravlik qarshilik ko'effitsienti gaz oqimining har qanday rejimi uchun quyidagi umumiy tenglama bilan aniqlanadi:

$$\lambda = 133/Re_g + 2634 \quad (11.29)$$

bu yerda

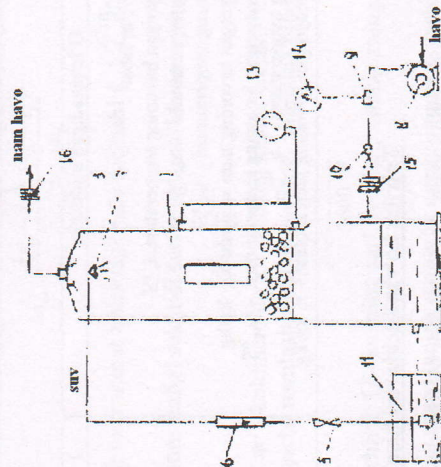
$$Re_g = \frac{w_g \cdot d_e \cdot \rho_g}{\mu_g} = \frac{4 \cdot w_g \cdot \rho_g}{\mu_g \cdot a} \quad (11.30)$$

Ushbu ishni qilishdan maqsad mavhum qaynash qatlamli nasadkali kolonnalarda, modda berish ko'effitsienti, quruq va ho'llangan nasadkaning gidravlik qarshiliklarini aniqlashdir.

Berilayotgan suyuqlikning miqdori va gaz harakatining tezligiga qarab qurilma to'rt xil rejimda ishlashi mumkin. Kolonnadagi bu rejimlar ho'llangan nasadkaning gidravlik qarshiligi bilan gaz tezligining o'zaro bog'lanish grafigi orqali ifodalanadi (11.2-rasm).

Ishning bajarish tartibi

Qurilma vertikal kolonna bo'lib, uning ichki qismiga ag'darilma tarelka o'rnatilgan. Tarelka 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 ichlash holatining balandligi $N_i = 1200$ mm ga teng. Markazdan qochma nasos (4) orqali purkagich (7) ga suv beriladi. Suvning sarfi rotametr (6) orqali o'lchanib, sarfi kran (5) bilan rostlanadi. Havo diametri $d = 110$ mm bo'lgan truba orqali ventilyator vositasida beriladi. Havoning sarfi maxsus moslama bilan o'zgartiriladi, uning sarflanish miqdori mikromanometrga (14) ulangan Pito-Prandtl (8) trubkasi bilan aniqlanadi.



11.2-rasm. Laboratoriya qurilmasining sxemasi.

1- kolonna; 2- ag'darilma tarelka; 3- tomchi ajratgich; 4- nasos; 5- suyuqlik sarfini rostlovchi kran; 6- suyuqlik sarfini o'lchovchi rotametr; 7- purkagich; 8- ventilyator; 9- Pito-Prandtl naychasi; 10- havoning miqdorini rostlovchi moslama; 11- suv to'ldirilgan bak; 12- nasadka; 13,14- mikromanometr; 15,16- psixrometrlar.

Psixrometrlar (15), (16) bilan kolonnaga kirayotgan havoning nam saqlashi (x_b , x_{ox}) quruq va xo'l termometrlar vositasida aniqlanadi. Ushbu ishda gaz fazasidagi modda berish ko'effitsientining β qiymati, suvni havoda bug'lanishi samaradorligiga qarab 2 xil sharoitda aniqlanadi:

1. $Z = \text{const}$ bo'lganda, $\beta = f(w_o)$ bog'lanishini keltirib chiqarish.
2. $w = \text{const}$ bo'lganda, $\beta = f(Z)$, bog'lanishini keltirib chiqarish.

Qurilmaning holati tekshirilib, laborant ishtirokida markazdan qochma nasos ishga tushirilib, suvning temperaturasi o'zgarish holatiga kelguncha serkultsiya qilinadi. Rotametrlarning ko'rsatkichi boyicha suvning sarf miqdori o'zgarish (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) ko'rsatkichlari hisoblash jadvaliga yoziladi.

Ikkinchi usulda havoning sarf miqdorini o'zgarish holatida suvning sarfi 4 marta rotametrlarning ko'rsatkichi boyicha 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 $\beta_y - w_o$ orasidagi va $W = \text{const}$ bo'lganda $\beta_y - Z$ orasida o'zaro bog'liqlik grafiklari millimetrlig qog'ozda tasvirlanadi.

11-1 hisoblash jadvali				
Havo sarfi	O'Ichandigan miqdorlar	1	2	3
Suvning sarfi $V_s, m^3/s$				4
Kolonnnaga kirayotgan havoning temperaturasi, °S				
Quruq havoning temperaturasi - $t_{q, °S}$				
Ho'l termometrlarning temperaturasi - $t_h, °S$				
Kolonnnaga kirayotgan havoning nam saqlashi- $x_h, kg/kg$				
Kolonnnadan chiqayotgan havoning temperaturasi - $t_{ch, °S}$				
Quruq havoning temperaturasi - $t_{q, °S}$				
Kolonnnadan chiqayotgan havoning nam saqlashi- $x, kg/kg$				

Tajriba ko'rsatkichlarini hisoblash

1. Ikki xil usul uchun modda berish koeffitsientini quyidagi tenglama bilan hisoblaymiz:

$$\beta_y = K_y = \frac{M}{F \cdot \Delta y_{or}} \quad (11.31)$$

bu yerda M - suvdan havoga o'tgan namlik miqdori, kg/s; $F = 0,031 \text{ m}^2$ - tarelkaning ischi yuzasi, m^2 ; Δy_{or} - jarayonning harakatlaniruvchi kuchi, kg/kg.

2. Suvdan havoga o'tgan namlikning miqdori quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$M = G_x \cdot (y_o - y_h) \quad (11.32)$$

bu yerda G_x - havoning massaviy sarfi, kg/s; x_h, x_o - havoning dastlabki va kolonnnadan chiqishidagi nam saqlashi (quruq va xo'l termometrlarning temperaturasiga asosan $I - x$ diagrammadan aniqlanadi).

3. Havoning massaviy sarfi quyidagicha aniqlanadi:

$$G_x = V_s \cdot \rho \quad (11.33)$$

bu yerda V_s - havoning hajmiy sarfi, m^3/s ; ρ - gazning zichligi, kg/m^3 .

4. Havoning hajmiy sarfi pnevmometrik Pito-Prandtl naychasi ko'rsatkichi boyicha, olingan dinamik naporning qiymati orqali aniqlanadi:

$$h_d = w^2 / 2g$$

$$w = \sqrt{2g \cdot h_d}$$

bu yerda

Havoning hajmiy sarfi esa:

$$V_s = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \varphi \cdot \sqrt{2g \cdot h_d} \quad (11.34)$$

bu yerda $d=110 \text{ mm}$ - havo berilayotgan trubaning diametri, m; $\varphi = 0,97$ - suvning koeffitsienti; h_d - dinamik napor, havo ustunida.

5. Jarayonning harakatlaniruvchi kuchi Δx_{or} quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta x_{or} = \frac{(x_m - x_o) - (x_m - x_o)}{2,3 \lg \frac{x_m - x_h}{x_m - x_o}} \quad (11.35)$$

bu yerda x_m - havoning muvozanat holatdagi nam saqlashi ($I - x$ diagrammadan aniqlanadi).

6. Havoning mavhum tezligi sekundi sarf tenglamasidan aniqlanadi:

$$w_o = \frac{V_s}{F} \quad (11.36)$$

bu yerda $F = 0,0314 \text{ m}^2$ - kolonnaning ko'ndalang kesim yuzasi.

Suvning sarf miqdori boyicha namlash zichligi quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$Z = \frac{G}{3600 \cdot F} \quad (11.37)$$

bu yerda Z - namlash zichligi; G - suvning sarf miqdori, rotametrlarning ko'rsatkichi boyicha grafikdan aniqlanadi.

Quruq va xo'llangan nasadkaning gidravlik qarshiligini aniqlash.

Havoning sarfini rostlovchi maxsus moslama (10) yordamida 4 marta o'zgartirib, mikromanometr (13,14) bilan quruq nasadka gidravlik qarshiligini va havoning sarfini aniqlaymiz. So'ngra kolonnnaga markazdan qochma nasos yordamida suv berib, suvning sarfini o'zgarish ($G = \text{const}$) holatida mikromanometrning (13) ko'rsatkichi boyicha ho'llangan nasadkaning gidravlik qarshiligi aniqlanadi. Havoning sarfi mikromanometr (14) bilan aniqlanadi. Bu tajribani 4 marta qaytaramiz. Olingan natijalarini 13-2 hisoblash jadvaliga yozamiz.

NASADKALI KOLONNALARNING GIDRODINAMIKASI

Ishning nazariy asoslari

Sanoatda keng ko'laniladigan vertikal kolonna qurilmalari, asosan qattiq jamli xar xil shakldagi nasadkalar bilan to'ldiriladi. Sanoatdagi ishlatiladigan nasadkalar kolonnaga ikki xil usulda joylashtiriladi: tartibli (to'g'ri bir xilda taxlash) va tartibsiz (qoyib taxlash). Xalqasimon (to'g'ri taxlanganda) nasadkalar tartibli joylashtiriladi. Xalqasimon (qoyib tashlanganda), egarsimon va bo'lakli nasadkalar tartibsiz joylashtiriladi. Nasadkalar plastmassa, chinni, temir va boshqa turdagi materiallardan tayyorlanadi. Ular maksimal solishtirma yuzaga, minimal massaga, kichik gidravlik qarshilikga va katta erkin xajmga ega bo'lishi kerak.

A (m^2/m^3) nasadkaning solishtirma yuzasi xajm birligiga to'g'ri keladigan qatlam va erkin bo'sh xajmi ϵ (m^3/m^3) qaysiki nasadkali elementlar orasidagi erkin bo'sh xajm, qatlamning yuza birligiga to'g'ri kelishni ko'rsatadi. Bundan tashqari qurilmaning samaradorligini oshirish uchun nasadkalarni yaxshi xo'llab va bir xilda uyulikni purkab tarqatish zarur, bu esa kelayotgan gazning gidrodinamik qarshiligini kamaytirishga va shu muhitda korroziyadan saqlashga olib keladi. Bu xildagi talablarning xammasiga nasadkalar javob bera olmaydi. Masalan: nasadkaning solishtirma yuzasining oshishi qurilmaning gidrodinamik qarshiligi oshishiga olib keladi va boshqalar. Nasadkalarni tanlashda asosiy talabni qondirishga e'tibor beriladi. Nasadka elementlari kancha katta bo'lsa, gazlarning tezligi va shu bilan birgalikda qurilmaning unumdorligi yuqori, gidravlik qarshiligi kam bo'ladi. Kichik o'lchamga ega bo'lgan nasadkalar asosan modda almashinish jarayonlarida yuqori bosim ostida ishlaydigan qurilmalarda qo'llaniladi. Bunda gidravlik qarshilikning ta'siri juda oz miqdorda bo'ladi.

Nasadkali kolonnalar rektifikatsiya va absorptsiya jarayonlari olib boriladigan qurilmalarda keng ko'llaniladi. Sanoatda qo'llaniladigan asosiy nasadkalar chinnidan tayyorlangan bo'lib, ular Rashig xalqasi deyiladi va qurilmaning gaz va uyuliklik o'tadigan tayanch to'rlariga o'rnatiladi. Gaz to'ring ostidan beriladi, so'ngra nasadka qatlamidan o'tadi. Suyuqlik esa kolonnaning yuqori qismidan maxsus taqsimlagichlar orqali sochib beriladi, u nasadka qatlamidan o'tayotganida pastdan berilayotgan gaz oqimi bilan uchrashadi. Kolonna samarali ishlashi uchun suyuqlik bir tekisda, qurilmaning butun ko'ndalang kesimi bo'ylab bir xil sochib berilishi kerak.

Nasadkali kolonnalar turli xil gidrodinamik rejimlarda ishlaydi. Ularning rejimini aniqlash esa, namlangan nasadkaning gidravlik qarshiligi bilan kolonnadan o'tayotgan gazning tezligiga bog'liq.

Birinchijim plyonkali bo'lib, bunda gaz kichik tezlikda, suyuqlik esa oz miqdorda beriladi. Bunday rejimda suyuqlik nasadkalar bo'ylab tomchi va plyonkalar tarzida harakat qiladi.

11-2 jadval

	1	2	3	4
14 mikromanometring kursatkichi boyicha xavoning sarfi, $m^3/soat$				
13 mikromanometring kursatkichi boyicha Rotametrning ko'rsatkichi boyicha				
Suvning sarfi, m^3/s				
13 mikromanometring ko'rsatkichi boyicha				

11-2 hisoblash jadvalidagi tajriba natijalariga asosan, havoning tezligi (11.36), namlash tezligi esa (11.37) tenglamalar yordamida xisoblanadi. Quruq va ho'llangan nasadkalarning gidravlik qarshiligining o'lchov birligi Pa da ifodalab tezlik bilan o'zaro bog'liqligi, ya'ni $\Delta R_k - w$, va $\Delta R_k - w$ grafiklari millimetrligi qog'ozda tasvirlanadi.

Tajribada olingan quruq va ho'llangan nasadkalarning gidravlik qarshiliklarining qiymatini (11.27), (11.26) tenglama bilan hisoblangan qiymatlari taqqoslab xatosi % larda aniqlanadi.

Tekshirish uchun savollar

1. Modda o'tkazish jarayoni va uning mohiyati
2. Modda o'tkazish jarayonining turlari.
3. Fazaviy muvozanat. Muvozanat chizig'i.
4. Moddiy balans.
5. Molekulyar va turbulent diffuziya.
8. Modda berish va o'tkazish ko'effitsientlarining fizik ma'nosi.
9. O'xshashlik diffuzion kriteriyalari va ularning fizik ma'nosi.
10. Jarayonning o'tacha harakatlaniruvchi kuchi va uni aniqlash.
11. Fazalarning additiv qarshiligi.

ADABIYOTLAR

1. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. - М.: Химия. 1973. - 727 с.
2. Yusupbekov N.R., Nurmuamedov X.S., Ismatullayev P.R. Kime va oziq-ovqat sanoatlarining jarayon va qurilmalari fanidan hisoblar va misollar. - Toshkent, Nisim, 1999. - 351 b.
3. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессы и аппараты химической технологии. - Л.: Химия, 1981. - 575 с.
4. Yusupbekov N.R., Nurmuamedov X.S., Zokirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalar. - T.: Sharq, 2016. - 848 b.
5. Charles E., Thomas. Process Technology Equipment and Systems., Fourth Edition, Cengage Learning, USA., 2015. - 526 p.

Ikkinchi rejim oraliq bo'lib, suyuqlik miqdori va gazning tezligi bir oz ko'payganda yuz beradi. Bu rejimda suyuqlikning plyonkali xarakatiga gaz to'sqinlik qilib (qarama – qarshi yo'nalishda), uning harakatini sekinlashtiradi. Natijada suyuqlik uyurmali xarakat qiladi. Suyuqlikning miqdori nasadkalarida oshib boradi, natijada plyonkaning qalinligi ortib borib, tezligi esa kamayib boradi. Gazning tezligi oshgan sari suyuqlikning uyurmali xarakati to'liqsimon (turbulent) xarakatga aylanadi. To'liqsimon rejimda suyuqlik fazasi turbulizatsiya qilingan bo'ladi. Suyuq fazaning turbulizatsiyalangan plyonkalari yuzasida fazalar o'zaro kontaktga uchraydi. Bunda modda almashinish jarayoni intensiv xolatda bo'ladi, lekin nasadkaning gidravlik qarshiligi keskin ortib ketadi.

Uchinchi rejim – emulgatsion bo'lib, berilayotgan suyuqlik miqdori va gaz tezligi ancha ko'payganda hosil bo'ladi. Bu rejim effektiv rejim hisoblanadi. Bunda intensiv aralashish yuz beradi, chunki suyuqlik bo'sh hajmdagi nasadkalarining xamma yuzasini to'ldiradi. Bu yerda nasadkaning geometrik yuzasi rol oynamaydi, faqatgina yuza suyuqligiga katta xajmdagi pufakli va oqim gazi ta'sir qiladi. Bu esa «gaz – suyuqlik» sistemasini tashkil etadi.

To'rtinchi rejimda suyuqlik miqdori va gazning tezligi yana xam ortib ketasa, suyuqlik nasadkaning ustki sathidan oshib, kolonnadan tashqariga chiqib ketadi. Bu rejimning samaradorligi juda kam bo'lgani uchun amalda qo'llanilmaydi.

Shunday qilib, modda almashinish jarayonida, jumladan gazlarning tezligi, gidrodinamik qarshiligi absorbtion kolonnalarining gidrodinamik ishlash rejimiga katta ta'sir ko'rsatadi.

Quruq nasadkali qurilmaning bir fazali gaz xarakatida gidrodinamik qarshiligi quyidagicha ifoda bilan aniqlanadi:

$$\Delta P_{\text{qur}} = \xi_{\text{qur}} \cdot \frac{H}{d} \cdot \frac{\rho w^2}{2} \quad (12.1)$$

bu yerda ξ_{qur} – quruq nasadkali qurilmaning qarshilik ko'effitsienti; H – nasadka qatlaminig balandligi, m; d_e – gaz xarakatlanayotgan kanalning ekvivalent diametri, m; ρ – gazning zichligi, kg/m³; w – gazning xaqiqiy tezligi, m/s.

Gazning xaqiqiy tezligi quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$w = w_0 / \varepsilon \quad (12.2)$$

ε – nasadkalar orasidagi erkin bo'shliq; w_0 – gazning fikтив tezligi, yoki qurilmaning to'la kesimiga nisbatan olingan gazning tezligi, m³/m²·s. Namlangan nasadkali qurilmalarning gidravlik qarshiligi, ya'ni ikki fazali xarakatda gaz va suyuqlik rejimida, quruq nasadkali qurilmalarnikidan (ΔR_{qur}) katta, chunki suyuqlikning ma'lum miqdori nasadkani xo'llashi natijasida uning yuzasida va to'r kanallarida ushlanib qoladi, bu esa gazning xaqiqiy tezligiga ta'sir ko'rsatadi.

Namlangan nasadkali kolonnaning qarshiligi quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$\Delta P_{\text{nam}} = \xi_{\text{nam}} \cdot \frac{H}{d_e} \cdot \frac{\rho w_n^2}{2} \quad (12.3)$$

bu yerda: ξ_{nam} – namlangan nasadkali qurilmaning qarshilik ko'effitsienti; w_n – gazning soxta tezligi (qurilmaning to'liq ko'ndalang kesimiga nisbatan xisoblangan), m/s.

Bu ifodaning murakkabligi va gidravlik qarshilikni aniq xisoblash qiyinligi uchun quyidagi sodd ko'rinishdagi ifoda orqali hisoblash mumkin, bu faqatgina namlash zichligini xisobga oladi:

$$\Delta R_{\text{nam}} = 10^{V_0 \cdot \rho_0 \cdot \rho_n \cdot U} \cdot \Delta P_{\text{qur}}$$

(12.4) bu yerda: U – namlash zichligi, m³/m²·s; V – nasadkaning kattaligi va namlash zichligiga qarab tajriba orqali aniqlanadigan ko'effitsient (uning qiymati ilovadagi VI jadvaldan olinadi).

Namlash zichligi – suyuqlikning xajmiy sarfidir. Nasadkalar kolonnaga tartibsiz joylashtirilganda suyuqlik nasadkaning yuzasi va qatlam balandligi boyicha bir xilda taqsimlanmaydi, chunki qurilmaning devoriga yaqinlashgan sari gaz oqimining tezligi qurilma o'qidagi tezlikga nisbatan kamroq bo'ladi. Shuning uchun suyuqlik qurilmaning devori boyicha pastga qarab oqib tushadi. Shu sababdan suyuqlikning xamma nasadkalarining yuzasi boyicha bir xilda taqsimlanishi uchun nasadkalarining qatlam ostiga yo'naltiruvchi konussimon qurilma o'rnatiladi.

Kolonnaning yuqori qismidan sochib berilayotgan suyuqlik qurilmaning butun ko'ndalang kesimi boyicha bir xilda nasadkalar qatlamida taqsimlanganda nasadkali kolonnalar samarali ishlaydi.

Nasadkali kolonnalarining tuzilishi sodd, gidravlik qarshiligi kam bo'lgani uchun ularni ishlatishtirish qulaydir.

Kamchiligi: jarayon davomida xosil bo'lgan issiqlikni ajratib olish va kichik namlash zichligida nasadkaning namlanishi qiyinlashadi va ifloslangan suyuqliklarda nasadkali kolonnalarni qo'llash qiyin bo'ladi.

Ishning maqsadi

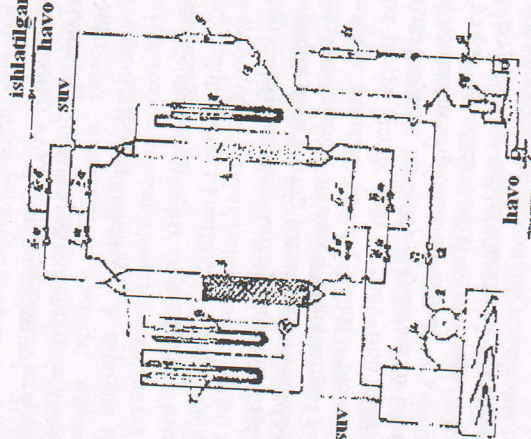
Gidrodinamik faktorlar ta'sirini aniqlash, ya'ni nasadkali kolonnalarining ishlash vaqtida namlash zichligini, qatlaminig gidravlik qarshiliklarini engish uchun sarf bo'ladigan bosimni aniqlash va kolonnada gazning xarakat rejimini aniqlashdir.

Ishni bajarish tartibi:

12.1 rasmda laboratoriya tajriba qurilmasi tasvirlangan. Tajriba qurilmasi ikkita metallardan tayyorlangan kolonnadan tashkil topgan bo'lib, birinchi kolonnaning diametri $D=150$ mm bo'lib, xalqasimon Rashig nasadkalari bilan to'ldirilgan. Ikkinchi kolonnaning diametri $D=60$ mm bo'lib, kesmali nasadkalardan iboratdir. Sirkulyatsiyali nasos 2, suv to'plash idishi 1, membranali kompressor 10, bosimni o'lchash uchun manometrlar 6, 7, 8 va suvning sarf miqdorini o'lchash uchun 5 va gaz uchun 11 rotametrlar qoyilgan.

Ishni olib borish uchun 3 yoki 4 kolonnadan foydalaniladi va ular ventillar la - lb, 2a - 2b, 3a - 3b, 4a - 4b yordamida suv yoki xavo berish trubasiga ulanadi.

Ishni ikki variantda olib borish mumkin.



12.1 - rasmi. Laboratoriya qurilmasining sxemasi.

1. Laboratoriya qurilmasining xolati tekshiriladi.
2. Laboratoriya ishini bajarilishda 3 yoki 4 kolonnadan foydalanish o'qituvchi tomonidan belgilanadi xamda juft ventillar la - lb, 3a - 3b ochiladi va 2a - 2b, 4a - 4b yopiladi yoki teskarisi bajariladi.
3. Suv beriladigan idish I to'ldiriladi.
4. Laborant ishtirokida talabalar xavo beradigan membrana kompressorini 10 ishga tushiradi.
5. Kran 12 yordamida xavoning sarf miqdori, namlanmasdan sarf bo'ladigan bosimlar farqi o'lchanadi.
- Xavoning sarf miqdori o'zgartiriladi va yana bosimlar farqi o'lchanadi. Bu jarayon 5 marta gacha takrorlanadi va kuzatuv jurnaliga yozib boriladi.
7. Nasosning 13 va 14 ventili ochiladi.
8. Ventil 13ni ochish bilan suv qurilmaga beriladi va uning miqdori rotametr 5 yordamida ko'rsatkich bo'linma chizig'i soni 20 dan oshmagan xolga o'rnatiladi.
9. Kolonna 4 ish vaqtida difmanometr va bosimlar farqi qiymati kuzatuv jurnaliga yozib turiladi. Termometr yordamida to'plamdagi 1 suvning temperaturasi o'lchab

boriladi. O'lchov asboblarning birinchi ko'rsatkichlari olingandan so'ng, xavoning sarf miqdori rotametr 11 kuzatishi yordamida kursatkich bo'linma chizig'i 40 soniga belgilanadi va o'lchov asboblarning ko'rsatkichlari yozib olinadi. Shu tarzda 5 marta xavoning sarf miqdori o'zgartirilgan xolda, xisoblash jadvaliga yozib boriladi. Xavoning sarf miqdorining o'zgarishini o'qituvchi tomonidan beriladi yoki bir xilda o'zgarmas qilib qoldiriladi. Rotametr orqali suvning sarf miqdori asta - sekin ko'paytiriladi.

Suv sarf miqdorining o'zgarishini difmanometrlar va rotametrlarning ko'rsatkichlari boyicha aniqlanadi, temperaturaning o'zgarishi xisobga olinadi.

O'qituvchi ko'rsatmasi bilan ish variantlar boyicha bajariladi:

a) variant «A» - kolonna diametri 60 mm bo'lgan bo'laksimon nasadkali yoki diametri 150 mm kolonnada tajriba o'tkaziladi.

b) variant «B» - kolonna 3 diametri 150 mm bo'lib, uni Rashig xalqasi bilan to'ldirilgan yoki diametri 60 mm kolonnada tajriba o'tkaziladi.

Xisoblash berilgan «A» yoki «B» variant sxemasi boyicha olib boriladi va bunda erkin bo'sh xajm ishtirok etadi. U tajriba yo'li bilan aniqlanadi. Buning uchun ma'lum o'lchov idishiga nasadkalar, belgisigacha joylashtiriladi va tarozi yordamida o'lchab olinadi. So'ngra nasadkali idish belgisigacha suv tuldiriladi va taroziga qoyib tortiladi. Og'irliklar farqi orqali erkin bo'sh xajm topiladi (erkin bush xajm nasadka uchun $-0,77 \text{ m}^3/\text{m}^3$ ni tashkil qiladi).

«A» variant uchun tajriba ko'rsatkichlarini xisoblash.

Tajriba kolonnada o'tkaziladi. Kuzatuv kursatkichlari 12-1 jadvalga yoziladi.

12-1 jadval					
Xavo oqimi uchun rotametr 2 ni ko'rsatkichlari (rotametr shkalasining bo'linmasi)	Xavoning miqdorini jadvaldan yoki grafik yordamida aniqlash, G_2 , m^3/s	Suv oqimi uchun rotametr 5 ko'rsatkichlari (rotametr shkalasining bo'linma soni), o'qituvchi ko'rsatmasi bilan	Suvning miqdorini gradirovkali grafik yordamida aniqlash, W , m^3/s	Difmanometr ko'rsatkichlari, mm.su v. ustuni	Suvning temperaturasi, $^{\circ}\text{S}$

20	to'g'ri tajriba
40	
60	
80	
100	
100	teskari tajriba
80	
60	
40	
20	

Namlash zichligini suvning sarf miqdori boyicha quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$U = \frac{W}{F}, \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{s} \quad (12.5)$$

bu yerda: W – suvning sarf miqdori, m^3/s ; F – kolonnaning ko'ndalang kesim yuzasi, m^2 .

Gazning fiktiv tezligi quyidagicha aniqlanadi:

$$w = \frac{4G_g}{\pi \cdot D^2} = \frac{m^3}{m^2 \cdot s} = \frac{m}{s} \quad (12.6)$$

Nasadkaning ekvivalent diametri:

$$d_e = 4\Sigma/a \quad (12.7)$$

bu yerda $\varepsilon = V \cdot V_0/V$ erkin bo'sh xajm, $\varepsilon = 0,38$ deb olinadi; V – umumiy donador qatlam egallagan xajm; V_0 – qattiq donador nasadka qatlamining egallagan xajmi.

Agar umumiy donador qatlam xajmi $V=1$ deb olinsa, unda $(1-\varepsilon)$ qattiq fazaning xajm konsentratsiyasiga teng bo'ladi; a – nasadkaning solishtirma yuzasi, m^2/m^3 .

Ekvivalent diametr d_e xosil qilgan qatlam donachalarning o'lchamlari orqali aniqlashi mumkin. Agarda 1 m^3 qatlamda «n» donacha bo'lsa, u xolda donachaning umumiy xajmi (erkin bo'sh xajmini xisobga olmagan xolda) xajm konsentratsiyasiga teng bo'lsa, ya'ni $(1-\varepsilon)$ bo'lganda, uning yuzasi $a (\text{m}^2/\text{m}^3)$ ga tengdir.

Donachaning o'rtacha hajmi:

$$V_d = \frac{1-\Sigma}{n} = \frac{\pi \cdot d_{or}^3}{6} \quad (12.8)$$

bu yerda d_{or} – donachaning o'rtacha diametri, u kuzatish yo'li bilan tekshiriladi, ya'ni 10 ta donacha olinib millimetrovka kog'oziga qoyib o'zgarishlari aniqlanadi. Donachaning yuzasi:

$$F_d = \frac{n \cdot d}{\Phi} \quad (12.9)$$

bu yerda Φ – donachalarning shakli. Sharsimon donachalar uchun $\Phi = 1$ teng. Noto'g'ri shaklli donachalar uchun $\Phi = 1,1,2$ orasida bo'ladi.

Bu xolda donachaning yuzasi xajmiga nisbatan

$$\frac{F_d}{V_d} = \frac{a \cdot n}{n \cdot (1-\Sigma)} = \frac{a}{1-\Sigma} = \frac{\pi \cdot d^2}{\Phi} \cdot \frac{6}{\pi \cdot d^3} \quad (12.10)$$

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 quyidagicha aniqlanadi:

$$d_e = \frac{4\varepsilon(\Phi d)}{6 \cdot (1-\Sigma)} = \frac{2\Phi\varepsilon}{3(1-\varepsilon)} \quad (12.12)$$

Demak, erkin xajm qatlami qiymatini va donachaning shakl formasini hisoblagan xolda nasadka donachasining ekvivalent diametri aniqlanadi. Nasadkaning gidravlik qarshiligini aniqlash bilan ishnig asosiy maqsadiga erishiladi.

$$\Delta p_{qr} = \lambda \cdot \frac{H}{d_e} \cdot \frac{\rho w^2}{2}$$

bu yerda λ – qarshilik ko'effitsienti (maxalliy qarshilik va ishqalanishga sarf qilingan bosimlar yig'indisini xisobga oluvchi kattalik); H – nasadka balandligi ($1-0,5\text{m}$); d_e – nasadkaning ekvivalent diametri.

w va d_e qiymatlari yuqoridagi tenglamalar yordamida aniqlanadi. Gazning zichligi (havonining) $t=20^\circ\text{C}$, $R=760 \text{ mm.sim.ust}$, $\rho=1,29 \text{ kg/m}^3$ ga teng.

$\lambda=f(\text{Re})$ bo'lgani sababli, uning qiymati Re soni formulasi orqali hisoblanadi.

Odatda quyidagi tenglama ishlatiladi:

$$1 < \text{Re}_g < 50; \quad \lambda = \frac{133}{\text{Re}_g} \quad (12.13)$$

turbulent rejim uchun

$50 < \text{Re}_g < 7000$ $\text{Re} = 7000$ bo'lganda turbulent rejimning avtomodel xolati vujudga keladi va $\lambda = \text{const}$, ya'ni $\lambda = 2,34$.

Reynolds soni qiymatini quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$\text{Re}_g = \frac{w d_e \rho_g}{\mu_g}$$

Gazlarning qovushoqligi μ_g – ilovadagi P-jadvaldan gazning temperaturasi orqali aniqlanadi:

$$\Delta R_{\text{nam}} = 10^{B/U} \Delta R_{\text{pur}} \quad (12.15)$$

bu yerda U – nasadkaning namlanish zichligi, $\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$; B – tajriba ko'effitsienti, nasadkaning donador qatlami uchun $B = 38$.

Xisoblash natijalari 12.2 xisobot jadvaliga yoziladi.

12-2 jadval.			
Gazning fiktiv	Donacha material	Reynolds soni	Qurug nasadkada
			Namlangan nasadkada

tezligi, $w, m/s$	qatlaminin ekvivalent diametri, d_{ekv}	$Re = \frac{wd_e \rho}{\mu}$	bosimning yo'qotilishi $\Delta P_{qur}, Pa$	bosimning yo'qotilishi $\Delta P_{nam}, Pa$	bosimning yo'qotilishi $\Delta P_{nam}, Pa$
			Difmanometrdan o'lchangan	Xisoblangan	difmanometrdan o'lchangan

«B» variant uchun tajriba kursatkichlarini xisoblash.

Diametri 150 mm va Rashing xalqasi (25x25 mm) nasadkasi bilan to'ldirilgan kolonnada o'tkazilgan tajriba natijalari 12-3 jadvalga yoziladi.

12-3 jadval.

Xavo oqimi uchun 2- rotametr ko'rsatkichlari (rotametr shkalasining bo'linma soni)	Xavoning miqdorini jadvalda yoki grafik yordamida aniqlash, $V, m^3/s$	Suv oqimi uchun 5 rotametr ko'rsatkichlari (rotametr shkalasining bo'linma soni), o'qituvchi ko'rsatmasi bilan	Suv miqdorini gradirovkali grafik yordamida aniqlash, $W, m^3/s$	Difmanometr 7 yoki 8 ko'rsatkichlari mm.suv. ustuni
20		to'g'ri tajriba		
40				
60				
80				
100				
100		teskari tajriba		
80				
60				
40				
20				

Tajriba natijalarini hisoblash

1. Namlash zichligi kolonnaning kesim yuzasiga nisbatan quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$U = \frac{W}{F}, \quad m^3/m^2 \cdot s$$

2. Gazning fiktiv tezligi

$$w = \frac{4G}{\pi D^2}, \quad \frac{m^3}{m^2 \cdot s} \quad (12.17)$$

3. Ishning asosiy vazifasi:
nasadkaning asosiy gidrodinamik qarshiligi aniqlanadi:
(ya'ni 12.1 ifodadan)

$$\Delta P_{qur} = \lambda \cdot \frac{H}{d_e} \cdot \frac{\rho w^2}{2} \quad (12.18)$$

Buning uchun λ va d_e aniqlanadi ($d_e = 4\varepsilon/a$); bu yerda: a – nasadkaning solishtirma yuzasi, m^2/m^3 ; d_e – xalqasimon nasadkaning ekvivalent diametri; ε – nasadkaning erkin hajmi ($\varepsilon_{donasimon, nas.} = 0,54 m^3/m^3$).

Solishtirma yuzasi:

$$a_{Rashiga\ halqasi} = 200 m^2/m^3$$

$$a_{donasimon\ nas.} = 310 m^2/m^3$$

Qarshilik koeffitsienti λ o'zgaruvchan kattalikka ega bo'lib, u asosan xarakat rejimiga bog'liq, ya'ni:

$$\lambda = f(Re) \quad (12.19)$$

$$Re_g = \frac{wd_e \rho_g}{\mu_g} \quad (12.20)$$

Re_g – gazning tezligiga bog'liq bo'lgani uchun xar bir tezlik ko'rsatkichi uchun aloxida Reynolds kriteriyasi xisoblanadi va uning rejimiga qarab λ aniqlanadi.

$$\text{Laminar rejim uchun } Re_g < 40; \quad \lambda = \frac{140}{Re_g}$$

$$\text{Turbulent rejim uchun } Re_g > 40; \quad \lambda = \frac{16}{Re_g^{0.2}}$$

Halqasimon nasadka uchun

$$Re_g = \frac{wd_e \rho_g}{\mu_g} \quad (12.23)$$

μ_g – gazning qovushqoqligi (ilovadagi jadvaldan yoki nomogrammadan aniqlanadi).

Namlangan nasadkaning gidravlik qarshiligi quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$\Delta R_{naml} = 10^{BU} \Delta R_{qur}$$

bu yerda U – namlash zichligi, $m^3/m^2 \cdot s$; B – tajriba koeffitsienti, namlangan xalqasimon nasadka uchun $B = 51$ (ilovadagi VI jadvaldan aniqlangan).

4. Hisob natijalari quyidagi shaklda 12-4 jadvalga yoziladi.

12-4 jadval

Gazning fiktiv, tezligi, $W = \frac{G_z}{F_z}$, m / s	Halqa- simon nasadka- ning ekvivalent diametri, d_e , m	Re soni	Quruq nasadkada bosimning yuqotilishi ΔP_{qur} , Pa	Quruq nasadkada bosimning yuqotilishi ΔP_{qur} , Pa	Namlangan nasadkada bosimning yuqotilishi ΔP_{nam} , Pa	Namlangan nasadkada bosimning yuqotilishi ΔP_{nam} , Pa
			hisoblanga ni	tajriba yo'li bilan o'lchangan	hisoblangan	tajriba yo'li bilan o'lchangan

Tekshirish uchun savollar

1. Nasadka kolonnalarning sanoatda qo'llanilishi.
 2. Nasadka turlari va ularning xarakteristikasi.
 3. Nasadkali kolonnalarning gidrodinamik rejimlari.
 4. Gazning fiktiv va haqiqiy tezligini aniqlash.
 5. Namlanish zichligi, nasadkaning ekvivalent diametri.
 6. Quruq nasadkaning gidrodinamik qarshiligi.
 7. Namlanish zichligini nasadkali kolonnalarda gidrodinamik qarshilikka ta'siri.
 8. Qanday rejim nasadkali kolonnada maksimal effektiv xisoblanadi.
- Uning sababi.
9. Absorberlarning tuzilishi, absorberlarni xisoblash.
 10. Desorbsiya.

ADABIYOTLAR

1. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. - М.: Химия. 1973. - 727 с.
2. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессы и аппараты химической технологии. - Л.: Химия, 1981. - 575 с.
3. Плановский А.Н., Николаев П.Н. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии. - М.: Химия. 1972.
4. Yusurbekov N.R., Nurmuxamedov X.S., Zokirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalar. - T.: Sharq, 2016. - 848 b.
5. Charles E., Thomas. Process Technology Equipment and Systems., Fourth Edition, Cengage Learning, USA., 2015. - 526 p.

QURITISH QURILMASIDA QURISH JARAYONINI TASVIRLASH**Ishning nazariy asoslari**

Quritish deb qattiq va pastasimon materiallarni qurituvchi agent yordamida muvazilantirish jarayoniga aytiladi. Quritish asosan ikki usulda olib boriladi.

1. Konvektiv quritish - nam material bilan qurituvchi agent to'g'ridan-to'g'ri o'zaro aralashadi.

2. Kontaktli quritish - issiqlik tashuvchi agent va nam material o'rtasida ularni ajratib turuvchi devor bo'ladi.

Quritish jarayonida materialdan namlik bug'lanadi va ana shu bug'lar gaz, havo bilan qo'shilib, bir jinsli aralashma xosil qiladi, qaysiki bunga termodinamikaning asosiy qonunlari qo'llaniladi.

Demak, quritish jarayonida nam, quruq havo va suv bug'larining aralashmasi (asosan nam havo) namlik va issiqlik tashuvchi agent vazifasini bajaradi.

Nam havoning asosiy xossalari quyidagi parametrlar bilan xarakterlanadi: absolyut namlik, nisbiy namlik, nam saqlash, entalpiya.

Absolyut namlik - nam havoning xajm birligiga to'g'ri kelgan suv bug'larining miqdoriga aytiladi va ρ_{sb} (kg/m^3) bilan belgilanadi. Agar nam havo o'zgarmas nam saqlashda $x = \text{const}$ sovuksa, ma'lum temperaturaga etgach, namlik shudring sifatida ajrala boshlaydi. Bunday jarayonga shudring nuqtasi deyiladi. Bu sharoitda havo tarkibida maksimal miqdorda suv bug'i bo'ladi. Havoning toyinish paytidagi absolyut namligi ρ (kg/m^3) orqali ifodalanadi.

Nisbiy namlik - havo absolyut namligining toyinish paytidagi absolyut namlik nisbatiga aytiladi. Havoning nisbiy namligi (toyinish darajasi) foiz xisobida quyidagi ifoda boyicha topiladi:

$$\varphi = \frac{\rho_{sb}}{\rho_1} = \frac{P_{sb}}{P_1} \quad (13.1)$$

bu yerda: P_{sb} - tekshirilayotgan nam havodagi suv bug'larining partial bosimi, Pa; P_1 - berilgan temperatura va umumiy barometrik bosimda toyingan suv bug'larining bosimi, Pa.

Nam saqlash - 1 kg absolyut quruq havoga to'g'ri kelgan suv bug'larining miqdori. Bu parametrlar x (kg/kg) yoki d (g/kg) bilan belgilanadi va quyidagi nisbatda ifodalanadi:

$$x = \frac{\rho_{sb} \cdot m_{sb}}{\rho_{qh} \cdot m_{qh}}; \quad \frac{\text{kg bug}}{\text{kg abs. qur havo}} \quad (13.2)$$

$$\alpha = 1000 \cdot \frac{\rho_{sb}}{\rho_{qh}} \quad (13.3)$$

bu yerda: ρ_{qh} - absolyut quruq havoning zichligi; m_{sb} - nam havoning berilgan

xajmdagi suv bug'lari massasi; $m_{q.h.}$ - nam havoning berilgan xajmdagi absolyut quruq havosining massasi.

Mendeleev-Klapeyron tenglamasidan foydalanib, quyidagi ko'rinishdagi ifodani olamiz:

$$x = \frac{P_{ab} \cdot R_b \cdot T}{R_b \cdot T \cdot P_g} = \frac{P_b \cdot P_g}{R_b \cdot P_g} \quad (13.4)$$

bu yerda: R_b - suv bug'i doimiysi; T - aralashmaning absolyut temperaturasi, K.

Absolyut quruq havoning partial bosimini $P_{k.k.}$ umumiy aralashmaning bosimi R ga almashtirsak va Dalton qonuniga asosan: qaysiki $P_{ab} = \varphi \cdot P_t$ bo'lsa,

$$P_g = P - P_{ab} = P - \varphi \cdot P_t \quad (13.5)$$

unda

$$x = \frac{R_b \cdot \varphi \cdot P_t}{R_b \cdot P - \varphi \cdot P_t} = \frac{29,27}{47,06} \cdot \frac{\varphi \cdot P_t}{P - \varphi \cdot P_t} \quad (13.6)$$

yoki

$$x = 0,622 \cdot \frac{\varphi \cdot P_t}{P - \varphi \cdot P_t}, \quad \text{agarda } x = d \quad (13.7)$$

agarda $x = d$

$$d = 0,622 \cdot \frac{\varphi \cdot P_t}{P - \varphi \cdot P_t}, \quad \frac{kg.suv.b.}{kg.qur.havo} \quad (13.8)$$

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:

$$I = c_{q.h.} \cdot t + x \cdot i_{o.b.} \quad (13.9)$$

bu yerda: $s_{k.k.}$ - quruq havoning solishtirma issiqlik sig'imi, J/kg·K; t - havo temperaturasi, °S; $t_{o.b.}$ - o'ta qizdirilgan bug'ning entalpiyasi, J/kg;

O'ta qizdirilgan bug'ning entalpiyasi $i_{o.b.}$ (J/kg) termodinamikada quyidagi tenglama bilan topiladi:

$$i_{o.b.} = r + c_{v.} \cdot t \quad (13.10)$$

bu yerda: r - 0°C dagi bug'ning entalpiyasi, $r = 2493 \cdot 10^3$, J/kg; $c_{v.}$ - bug'ning solishtirma issiqlik sig'imi; $c_{v.} = 1,97 \cdot 10^3$, 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 sovrishida ($x = \text{cost}$) suv bug'ining toyinishiga ($\varphi = 100\%$) aytiladi. Namlik temperaturasining keyingi pasayishi tuman hosil bo'lishiga olib keladi. Xo'l termometr temperaturasi (t_k) - aralashma temperaturasi sovrishida entalpiyasi o'zgarmagan xolda ($I = \text{const}$) suv bug'ining

toyinishiga aytiladi. Shu temperaturada gaz fazasidan suyuqlik fazasi yuzasiga o'tadigan issiqlik namlikning bug'lanishiga to'liq sarflanadi. Bu xolat nam jismining sovrish chegarasi deb xam yuritiladi.

Quritish potentsiali deb quruq gaz temperaturasi (t_q) bilan xo'l termometr temperaturasining ayirmasiga aytiladi:

$$\varepsilon = t_q - t_x \quad (13.13)$$

Quritish potentsiali gazning nam yutish xususiyatini xarakterlaydi. Quritish janyoni analitik va grafik usulda xisoblanishi mumkin. Grafik isoblash qulay bo'lgani uchun keng ko'llaniladi. Bu diagramma Ramzin tomonidan taklif qilingan va I - x diagramma deb yuritiladi. Uning tuzilishida bosim qiymati o'zgarmas deb olingan, ya'ni 745 mm simob ustuniga teng.

Diagrammaning asosiy o'qlari oralig'idagi burchak 135° . Asosiy o'qlarga nam havoning ikkita asosiy parametrlari - entalpiya I (J/kg quruq havo) va nam saqlash x (kg/kg quruq havo) joylashtirilgan. Nam saqlashning qiymatlari diagrammadan foydalanish qulay bo'lishi uchun yordamchi gorizontal o'qika joylashtirilgan. Bunda $I = \text{const}$ chiziqlar ordinata o'qiga nisbatan 135° burchak bilan ma'lum masshtabda joylashtirilgan. $x = \text{const}$ chiziqlari esa, yordamchi absissa o'qiga perpendikulyar qilib joylashtirilgan. I - x diagrammasiga asosiy chiziqlardan tashqari quyidagi chiziqlar joylashtirilgan. I - x diagrammasiga asosiy chiziqlari yoki izotermalar ($I = \text{const}$) nam joylashtirilgan: o'zgarmas temperatura chiziqlari yoki izotermalar ($I = \text{const}$) o'zgarmas nisbiy namlik chiziqlar ($\varphi = \text{const}$), suv bug'ining partial bosim chizii, $\varphi = 100\%$ chizig'i diagrammani ikki qismga bo'ladi. Bu chizig'ning yuqori qismi diagrammaning ish yuzasi deb aytiladi va u toyinmagan nam havoga to'g'ri keladi.

I - x diagrammasi yordamida nam havoning istalgan ikkita parametri boyicha nam havoning qolgan parametrlarini aniqlash mumkin. Suv bug'ining partial bosimi chizig'i diagrammaning pastki qismiga joylashtirilgan. Agar diagrammada nam havoning xolatini belgilovchi nuqta ma'lum bo'lsa, suv bug'ining partial bosimi qiymatini p , aniqlash mumkin.

Quritish qurilmalarida issiqlik miqdorini hisoblash uchun havoning sarf miqdori va issiqlik miqdorini bilish zarur.

Havoning sarfi (L , kg/soat) moddiy balans tenglamasidan aniqlanadi:

$$L \cdot x_2 = L \cdot x_0 + W \quad (13.14)$$

$$L = \frac{W}{x_2 - x_0} \quad (13.15)$$

bu yerda: W - bug'langan namlik miqdori, kg; x_0 , x_2 - quruq va quritgichdan chiqayotgan havoning nam saqlashi.

Havoning solishtirma sarf miqdori (1 kg bug'lanish uchun)

$$l = \frac{1}{x_2 - x_0}, \quad \frac{kg \text{ quruq havo}}{kg \text{ bug'}}$$

Quritishga ketgan issiqlik miqdori issiqlik balansidan aniqlanadi.

Issiqlikning kirishi: (kJ/soat)

1) havo bilan $L \cdot I_1 = L \cdot I_0 + Q_n$; bu yerda $L \cdot I_0$ - istitgichga kirgan havoning

issiqlikligi,

Q_n - isitkichda havoning bergan issiqligi;

2) Material bilan G_1, c_1, θ_1 ; bu yerda c_1 - nam materialning issiqlik sig'imi, θ_1 - materialning dastlabki temperaturasi;

3) Transport qurilmalari bilan G_n, c_n, θ_n ; bu yerda G_n - transport qurilmalarining massasi; c_n - transport qurilmalari materialining issiqlik sig'imi; θ_n - transport qurilmalarining dastlabki temperaturasi;

4) Quritish kamerasiga kiritilgan qo'shimcha issiqlik q_k .

Issiqlikning sarflanishi (kJ/soat)

1) Quritgichdan chiqayotgan havo bilan - Li_2

2) Quritilgan material bilan - $G_2 c_2 \theta_2$

3) Transport qurilmalari bilan - $G_n c_n \theta_n$

4) Issiqlikni atrof-muxitga yo'qotilishi - Q_k

Issiqlik balansini tuzamiz:

$$L \cdot I_1 + G_1 \cdot c_1 \cdot \theta_1 + G_n \cdot c_n \cdot \theta_n + q_k = L \cdot I_2 + G_2 \cdot c_2 \cdot \theta_2 + G_n \cdot c_n \cdot \theta_n + Q_k$$

bundan

$$L \cdot (I_2 - I_1) = G_1 \cdot c_1 \cdot \theta_1 + G_n \cdot c_n \cdot \theta_n + q_k - G_2 \cdot c_2 \cdot \theta_2 - G_n \cdot c_n \cdot \theta_n - Q_k$$

yoki

$$L \cdot (I_2 - I_1) = \sum Q$$

Oxirgi tenglamaning o'ng va chap tomonlarini W_{ga} bo'lib, quyidagi ifodani olamiz:

$$\frac{L \cdot (I_2 - I_1)}{W} = \frac{\sum Q}{W}$$

$$\frac{\sum Q}{W} = \Delta \quad \text{deb belgilaymiz,} \quad \frac{L}{W} = l \quad \text{bo'lgani uchun}$$

$$l \cdot (I_2 - I_1) = \Delta \quad \text{yoki} \quad I_2 = I_1 + \frac{\Delta}{l}$$

Tenglamaga kiritilgan Δ kattalik quritish kamerasi ichidagi kiritilgan va sarflangan issiqliklarning ayirmasining 1 kg bo'lgan namlikka nisbatini belgilaydi. Bu yerda asosiy kaloriferda isitilgan havo bilan kirgan va chiqqan issiqliklarning hisobga olinadi. Ko'pincha Δ quritish kamerasining ichki balans deb ataladi. (13.12) tenglamasidan ko'rinib turibdiki, Δ ning ishorasiga ko'ra I_2 ning qiymati I_1 ning qiymatidan katta yoki kichik bo'lishi mumkin. Agar $\Delta = 0$ bo'lsa, u holda $I_2 = I_1$, bu esa nazariy quritish deyiladi. Bunda quritish jarayonida qurituvchi agent entalpiyasi o'zgarmagan holda bo'ladi. Bu degan so'z materialni suvsizlantirish havoning sovub ketishiga bog'liqdir. Unda issiqlik miqdori havo bilan va quritilayotgan materialning namligi bilan qaytib ketadi. Agarda $\Delta > 0$ bo'lsa, quritish jarayonida entalpiyaning o'sishi kuzatiladi, ya'ni $I_2 > I_1$. Agarda $\Delta < 0$, bo'lsa $I_2 < I_1$ entalpiyaning kamayishidir. Issiqlik va havoning miqdorini quritish jarayonida aniqlash katta

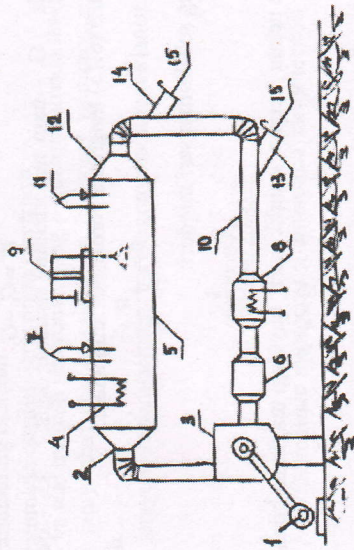
amaliyotga ega bo'lib, u texnologik xisoblashda qo'llaniladi. Bu xisoblash analitik yoki grafoanalitik usullarda olib boriladi va amaliyotda keng qo'llaniladi.

Grafoanalitik usuli $I - x$ diagrammaga asoslangan bo'lib, undan havoning nam saqlash va entalpiyasi aniqlanib, keyin esa quritish jarayoni diagrammasida qo'llaniladi (nazariy yoki real quritish jarayonlari).

Ishdan maqsad - materialni quritishda namlik miqdorini aniqlash, issiqlik va havoning solishtirma sarf miqdorlarini aniqlashdan iborat bo'lib, $I - x$ diagrammasida quritish jarayoni tasvirlanadi.

Ishni bajarish tartibi

13.1- rasmda laboratoriya qurilmasi tasvirlangan.



13.1- rasm. Laboratoriya qurilmasining sxemasi

1- elektroyuritgich; 2- diffuzor; 3- ventilyator; 4- quritgichning qobig'i (400x400); 6- H_2SO_4 b-n to'ldirilgan idish uchun trubaning kengaygan qismi; 7- quruq va xo'l termometrlar (quritishdan oldin); 8- elektr isitgich; 9- tarozi; 10- havo oqimi xarakatlanadigan tuba $D=200$ mm; 11- quruq va xo'l termometrlar (quritishdan keyin); 12- konfuzor; 13- havo beriladigan patrubka; 14- ishlatilgan havo chiqariladigan patrubka; 15- havo sarfini sozlovchi moslama.

Laboratoriya quritish qurilmasida ish quyidagi tartibda bajariladi:

1. Qurilmadagi quritgich, ventilyator, tarozi, isitgich, havoning miqdorini o'lchovchi shiber, termometrlarning holati tekshiriladi.

2. Quritish uchun 100 - 120 g miqdorda namlangan material tortib olinadi.

3. Namlangan material quritish uskunasiidagi kamera ichidagi tarozi pallasiga qoyib quritiladi.

4. Xo'l va quruq termometrlarning birinchi ko'rsatgichlari yozib olinadi.

5. "Assman" psixrometri yordamida quruq va xo'l termometrlar ko'rsatgichi o'lchanadi (Ramzin diagrammasida havoning boshlang'ich nuqtasini aniqlash u-n).

6. Quritish apparati tok manbaiga ulanadi.

7. Ma'lum vaqtdan so'ng (o'qituvchi ko'rsatmasidan so'ng) quruq va xo'l termometrlar ko'rsatkichi o'lanadi.

Tajriba natijalarini hisoblash

Olingan natijalarga asosan I - x diagrammada nazariy quritish jarayoni tasvirlanadi. I - x diagrammaga bir bo'lak kalka kog'oz qo'yib koordinatalar o'qi ko'chirib olinadi va kalka kog'ozda tajribada aniqlangan havoning quritishdan avvalgi, quritgichga 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 - quruq materialning massasi, kg/s;

Havo sarfi (6.15) tenglama yordamida aniqlanadi:

$$L = \frac{W}{x_2 - x_0} \quad (11.15)$$

Havoning solishtirma sarf miqdori:

$$l = \frac{1}{x_2 - x_0} \quad (11.16)$$

Quritish uchun ketgan issiqlik sarfi quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$Q = q \cdot W \quad (11.24)$$

bu 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 quritgichga kirishi va chiqishi vaqtidagi entalpiyasining qiymati, kJ/kg (I - x diagrammadan aniqlanadi).

Hisoblash jadvali

havo muxitining temperaturasi		havoning quritish kamerasigacha bo'lgan temperaturasi		havoning quritish kamerasidan keying temperaturasi		Nam materialning miqdori, kg	quritilgan materialning miqdori, kg
Xo'l termometr	Quruq termometr	xo'l termometr	quruq termometr	xo'l termometr	quruq termometr		

metr, t°C	t ₀ C	t ₀ °C	metr, t°C	metr, t, °C

Tekshirish uchun savollar

- Nam havoning asosiy parametrlari:
 - absolyut namlik, b) nisbiy namlik, v) nam saqlash, g) nam havoning entalpiyasi, d) partial bosim, e) shudring nuqtasi temperaturasi, j) xo'l termometr temperaturasi.
- I-x diagrammaning tuzilishi.
- I-x diagrammada quritish jarayonini tasvirlash.
- Nazariy va real quritish jarayonlarining I-x diagrammada tasvirlanishi.
- Quritish jarayonlari uchun issiqlik va havoning umumiy, solishtirma sarf miqdorlarini aniqlash.
- Quritish jarayoni variantlarining I-x diagrammada tasvirlanishi.

ADABIYOTLAR

- Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. - М.: Химия. 1973. - 727 с.
- Yusupbekov N.R., Nurmuxamedov X.S., Ismatullayev P.R. Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarining jarayon va qurilmalari fanidan xisoblar va misollar. - Toshkent, Nisim, 1999. - 351 b.
- Гельперин Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. - М.: Химия. 1981. - кн.1. - 410 с.
- Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. - Л.: Химия, 1981. - 575 с.
- Yusupbekov N.R., Nurmuxamedov X.S., Zokirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalar. - T.: Sharq, 2016. - 848 b.
- Charles E., Thomas. Process Technology Equipment and Systems., Fourth Edition, Cengage Learning, USA., 2015. - 526 p.

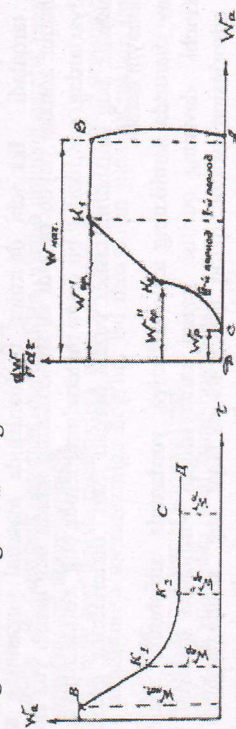
Internet saytlari

- www.technologiy.ru
- www.ziyounet.uz

joylashiriladi. Quritish jarayoni davomida materialning massasi (namligi) kamayib boradi. Olingan tajriba natijalari asosida quritish egri chizig'i quriladi. Quruq va xo'l termometrlar yordamida havoning nisbiy namligi aniqlanadi.

Material namligi W ning vaqt davomi τ da havo parametrlari o'zgarish bo'lganda ($x = \text{const}$, $\phi = \text{const}$, $t = \text{const}$) 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 bo'lgandan so'ng, quritish jarayoni to'g'ri chiziq bo'yicha ketadi. Bu davrda quritish jarayoni o'zgarish tezligiga ega bo'ladi. Bu davr K_1 nuqtada tugaydi va bu nuqtaga materialning kritik namligi w_{ur} to'g'ri keladi.



14.1 - rasm. Material namligining vaqt davomida o'zgarishi.

Birinchii davrda erkin bog'langan namlik ajralib chiqadi. K_1 nuqtadan so'ng quritishning ikkinchi davri boshlanadi. Bu davrda material tarkibidan bog'langan namlik ajralib chiqadi. Ikkinchi davrda quritish tezligi doimo kamayib boradi, materialning namligi esa, muvozanat namlikga yaqinlashadi. Quritish jarayoni muvozanat namlikga qadar davom etishi mumkin.

Shunday qilib, quritish egri chizig'i xosil qilinadi. Egri chiziqning istalgan nuqtasiga o'tkazilgan urinma og'ish burchagining tangensi quritish tezligi $dW/d\tau$ ni tashkil qiladi (14.2 - rasm). Gorizontal o'qqa material namligining qiymati ($\%$ isobida), vertikal o'qqa esa quritish tezligi $dW/d\tau$ ning qiymati ($\%/min$) qoyiladi. Hosil bo'lgan egri chiziq quritish tezligini tasvirlaydi.

Birinchii davrda quritish tezligi gorizontal to'g'ri chiziq bo'ladi, chunki bu davrda quritish tezligi o'zgarish qiymatiga ega. Ikkinchi davrda quritish tezligining chizig'i materialning turiga va namlikning turiga bog'lanish turiga qarab har xil ko'rinishga ega bo'ladi. Bu davrda quritish tezligi doimo kamayib boradi.

14.2 - rasmda nam materiallar uchun quritish tezligining egri chiziqlari keltirilgan. Xamma egri chiziqlar muvozanat namlikka to'g'ri kelgan nuqtada tugaydi. Quritish tezligi egri chiziqlarining ayrimlarida ikkinchi kritik nuqta K_2 mavjud bo'ladi. Ko'pincha bu nuqta adsorbsion namlik ajralib chiqishining boshlanishiga to'g'ri keladi.

Quritish va quritish tezligi egri chiziqlaridan shu narsa ko'rinib turibdiki, quritish jarayoni ikki davrga bo'linar ekan.

Birinechi davrda quritish tezligi asosan tashqi diffuziyaga bog'liq bo'ladi. Materialning ichida namlikning diffuziyanish tezligi katta qiymatga ega bo'ladi, biroq bu xolat namlikning material yuzasida berilish tezligini belgilaydi.

Ikkinchi davrda quritilayotgan material ichidagi bog'langan namlik ajrala boshlaydi. Quritish tezligi asosan material ichidagi namlikning tarqalish tezligiga bog'liq. Shu sababli ikkinchi davrda quritish tezligiga material tarkibi bilan bog'liq bo'lgan parametrlar ta'sir ko'rsatadi.

Ishni bajarish tartibi

1. Quritgich, ventilyator, elektr isitgich, quruq va xo'l termometrlarning xolati tekshiriladi.
2. 150 – 200 g nam material quritishga tayyorlanadi.
3. Nam material tortib olinib quritish kamerasiga joylashtiriladi.
4. Faqat laborant ishtirokida quritgich ishga tushiriladi.
5. Ma'lum vaqt ichida materialning og'irligini aniqlab, quritish jarayoni tekshiriladi.

6. Xar 5 min. (4 marta) ventilyator to'xtatilib materialning og'irligi aniqlanadi, 80'ng ventilyator yana ishga tushiriladi.

7. Materialning og'irligi xar 10 minutda 4 marta, so'ngra xar 15 minutda 4 marta tortilib og'irligi aniqlanadi.

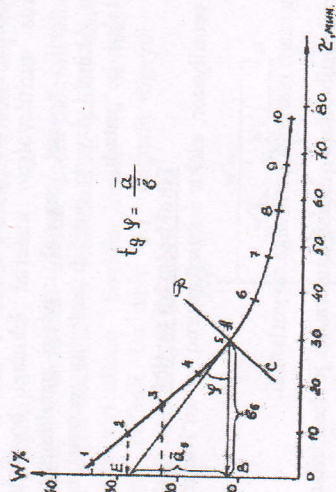
8. Material muvozanat namligiga etguncha quritish jarayoni davom ettiriladi va u tortilgan oxirgi materialning og'irligiga teng bo'ladi ($G = \text{const}$).

9. Tajriba natijalari 14-1 jadvalga quyidagi shaklda yoziladi.

Tajriba boshlanish vaqtining o'zgarishi τ , min	Nam materialning og'irligi G, kg	Nam material og'irligining kamayishi $G_1 - G_2$, kg	Vaqt birligi ichida material namligining o'zgarishi, W, kg	14-1 jadval
				Nam materialning quruq materialga nisbatan namligi isobida o'zgarishi,

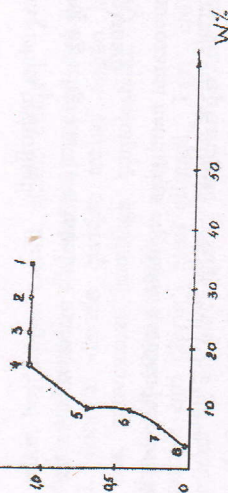
Tajriba natijalarini hisoblash

Quritish tezligining eg'ri chizig'ini ikki bosichda chiziladi.
1. $W-\tau$ oralaridagi bog'liqlik asosida quritishning egri chizig'ini chiziladi (14.3 - rasm).



14.3 - rasm. Quritish jarayonining egri chizig'i.

$$\frac{dW}{d\tau} = \frac{a_5}{b_5}$$



14.4 - rasm. Quritish tezligining egri chizig'i.

2. Quritish egri chizig'ini asosida quritish tezligi egri chizig'ini quriladi. Buning uchun har hil vaqt birligida material namligining o'zgarishini, quritish egri chizig'idagi differentsial grafik usulida aniqlanadi. Bu vaqtda quritishning egri chizig'ini 10-15 bo'lakga bo'linadi. Har bir nuqtaga urinma o'tkazib, og'ish burchagining tangensi aniqlanadi. Tangens burchagining qiymati shu vaqt ichida material namligining o'zgarish tezligiga teng bo'ladi. Aniqlangan xar bir bo'lak uchun og'ish burchaklarining qiymatlari asosida $tg\phi - W$ koordinatalarida quritish tezligi egri chizig'ini tasvirlanadi.

Tajribada vaqt birligi ichida olingan material namligining o'zgarishi qiymatlari 14.2 - hisoblash jadvalida berilgan.

14-2 hisoblash jadvali

Quritish egri chizig'idagi bo'laklardagi nuqtalar soni	Nuqtalardagi material namligining o'zgarishi, $W, \%$	Shu nuqtalar uchun $W-\tau$ grafigidan aniqlangan og'ish burchagi, $tg\phi = \frac{a_i}{b_i} F \cdot d\tau$
1.	W_1	$tg\phi_1 = \frac{a_1}{b_1}$
2.	W_2	$tg\phi_2 = \frac{a_2}{b_2}$
3.	W_3	$tg\phi_3 = \frac{a_3}{b_3}$
...	...	...
10.	W_{10}	$tg\phi_{10} = \frac{a_{10}}{b_{10}}$

Bu ikkita grafik asosida quritish jarayonining berilgan material uchun birinchi va ikkinchi quritish davrlari davomiyligi aniqlanadi.

Tekshirish uchun savollar

1. Quritish jarayonining xarakteristikasi.
2. Namlikning materialga bog'lanish usullari.
3. Quritish jarayonining mexanizmi.
4. Quritish jarayonining egri chizig'i.
5. Quritish tezligining egri chizig'i.
6. Quritish rejimining material sifatiga ta'siri.
7. Quritishlarning turlari.
8. Uzlaksiz ishlaydigan quritgichlarning asosiy konstruksiyalari.
9. Mavxum qaynash qatlamli quritgichlar.

ADABIYOTLAR

1. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. - М.: Химия. 1973. - 727 с.
2. Yusupbekov N.R., Nurmuxamedov X.S., Ismatullayev P.R. Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarining jarayon va qurilmalari fanidan hisoblar va misollar. - Toshkent, Jahon, 1999. - 351 b.
3. Лебедев П.Л. Расчет и проектирование сушильных установок. - М.: Химия. 1963 - 380 с.
4. Yusupbekov N.R., Nurmuxamedov X.S., Zokirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalar. - T.: Sharq, 2016. - 848 b.
5. Charles E., Thomas. Process Technology Equipment and Systems., Fourth Edition, Cengage Learning, USA., 2015. - 526 p.

Internet saytlari

1. www.texnologiy.ru
2. www.ziyouet.uz

AKTIVLANGAN KO-MIR XALQASIMON VA YARIM SFERA QATLAMLI ADSORBER GIDRODINAMIKA

Ishning nazariy asoslari

Gaz aralashmalari xamda eritmalaridagi bir va bir necha komponentlarning g'ovaksimon qattiq jismlar yuzasi boylab (adsorbentda) yutilish jarayoni adsorbtsiya deyiladi. Adsorbtsiya jarayoni gazlarni, eritmalarini tozalash va quritishda, eritmalaridan qimmatbaho moddalarni ajratib olishda, neft maxsulotlaridan xosil bo'lgan aralashmalarni tozalashda, xavo yoki boshka gazlar aralashgan (portlovchan) eritmalarini xamda gaz va bug' aralashmalarini ajratib olishda, neftni qayta ishlash natijasida xosil bo'lgan gaz aralashmalaridan vodorod va etilenni, benzin fraktsiyalaridan aromatik uglevodorodlarni ajratib olishda, yog'larni, vino mahsulotlarini, xar xil meva-sabzavot sharbatlarini tozalashda, kimyo va oziq-ovqat sanoatining barcha tarmoqlarida keng qo'llaniladi.

Sanoatda adsorbent sifatida aktivlangan ko'mir, qattiq g'ovaksimon silikagel, sellulyoza, seolitlar, tuprok jinslari, ion almashinuvchi sun'iy smolalar (ionitlar) ishlatiladi.

Ko'pchilik kimyoviy texnologik jarayonlarda suyuqlik va gazlar sochiluvchan donasimon materiallar qatlamidan o'tkaziladi. Ishlatiladigan donasimon materiallar xilma-xil bo'lib ularning shakli va o'lchamlari xam xil bo'ladi. Agar donasimon materiallarning diametri bir xil bo'lsa, bir o'lchamli, qatlam xar xil bo'lsa ko'p o'lchamli qatlam deyiladi. Bu jarayonlarda suyuqlik va gazlar donasimon materiallarning orasidan va kanallardan o'tadi.

Donador materiallarning qatlamidan o'tayotgan gaz oqimining rejimi juda ko'p faktorlarga bog'liq bo'ladi. Birinchi navbatda gaz oqimining donador materiallarning qatlamida taqsimlanishi gazning xususiyatiga, donador materiallarning fizik-geometrik xususiyatiga xamda qatlam tarkibiga bog'liq bo'ladi. Donasimon materiallarning qatlami gidravlik qarshilik Δp , solishtirma yuza S , zarrachalar orasidagi bo'sh ε xajm, materiallarning o'lchami va shu kabi kattaliklar bilan xarakterlanadi.

Adsorbentning fizik xususiyati zarrachalar ichida kapillyar kanallarning kattaligiga bog'liq bo'ladi. Kapillyar kanallar makro, oraliq, mikro g'ovakli bo'ladi.

Mikro g'ovakli adsorbentlarning solishtirma yuzasi kichik bo'lgani uchun bunday adsorbentning devorlarida juda kam miqdorda modda yutiladi. Makro g'ovakli adsorbentlarda yutilayotgan molekularlar faqat ularning kanallari orqali uzatiladi. Oraliq g'ovakli adsorbentlarning yuzasida adsorbtsiya jarayoni davomida yutilayotgan modda molekularining kattaligi g'ovak teshiklaridan kichik bo'lgani uchun yutiladigan modda qatlami hosil bo'ladi.

Mikro g'ovakli adsorbentlarda teshiklarning kattaligi yutilayotgan molekularlarning kattaligiga teng bo'lib, adsorbtsiya davomida mikrog'ovaklarning

hajmlari yutilayotgan molekularlar bilan to'ldi. Shuning uchun jarayon davomida mikrog'ovakli adsorbentlarning yuzasida moddaning yutilishida modda qatlaminin fizik jixatdan ahamiyati kam.

Adsorbentlarning muxim xarakteristikalaridan biri uning aktivligi yoki adsorbtsiyalanish qobiliyatidir. Uning aktivligi adsorbentning birlik massasi yoki xajmda modda yutilish miqdori bilan belgilanadi. Adsorbentlar o'z aktivligidan qat'iy nazar zichligi, ekvivalent diametri, mexanik mustaxkamligi, granulometrik tarkibi, yutish yuzasining birlik hajmi bilan xarakterlanadi.

Donador material zarrachalarining shakli xar xil bo'lib, 8-1 rasmda ularning shakllari tasvirlangan.



15.1- rasm.

1 – shar; 2 – silindr; 3 – kub; 4 – aylanasimon;
5 – noto'g'ri shakldagi zarrachalar.

Donasimon materiallar orasidagi bo'sh xajmining qatlam xajmiga nisbati bo'sh xajm deyiladi va ε bilan belgilanadi:

$$\varepsilon = \frac{V_1 - V_0}{V_1}; \quad (15.1)$$

ifodada V_1 – donasimon qatlam xajmi; V_0 – qatlamdagi zarrachalar egallagan xajm; $V_1 - V_0$ – qatlamin bo'sh xajmi.

Bo'sh xajmining kattaligi donasimon materiallarning xiliga va ularning katta-kichikligiga bog'liq bo'lib, u tajriba orqali topiladi. O'zgaras qatlamda bir xil diametrlil sharsimon zarrachalar uchun uning diametrining katta kichikligidan qat'iy nazar bo'sh xajmi $\varepsilon = 0,375$ ga teng bo'ladi. Donador material qatlamin asosiy xarakteristikasidan biri zarrachalarining solishtirma yuzasi bo'lib, zarrachalarining sirt yuzasini hajmga bo'lgan nisbatini ko'rsatadi:

$$S_0 = S_z / V \quad (15.2)$$

Aniq shakliga ega bo'lgan zarrachalarining kattalik miqdori ma'lum bo'lsa, ularning sirt yuzasini hisoblash oson bo'ladi. Solishtirma yuza S qatlamin xajm birligida joylashgan barcha zarrachalarining yuzasini ifodalaydi. Sferasimon shakldagi zarrachalar uchun:

$$S = S_0(1 - \varepsilon) \quad (15.3)$$

Yassi sirtli elementlardan (kubsimon, silindrsimon, plastinali) tashkil topgan zarrachalar qatlamda, o'mashganda ular bir-birlariga tegib, o'z solishtirma yuzalarining

bir qismini to'sib koyadilar. Shuning uchun bu xolda to'sish darajasini K_n ko'effitsient bilan xisobga olsak, zarrachalarning effektiv solishtirma yuzasi $S_{o,ef}$ quyidagicha aniqlanadi:

$$S_{o,ef} = K_n S_0 \quad (15.4)$$

Bu vaqtda gaz oqimi bilan yuvilayotgan xajm birligidagi qatlarning erkin yuzasi:

$$S = S_{o,ef} (1 - \varepsilon) = S_0 (1 - \varepsilon) K_n \quad (15.5)$$

Qatlam kanallaridan o'tayotgan gaz oqimining xaqiqiy tezligi qatlarning bo'sh xajmi orqali aniqlangani uchun uning qiymatini aniqlash qiyin. Shu sababli dastlab gaz oqimining mavhum tezligi w_0 quyidagicha topiladi:

$$w = w_0 / \varepsilon \quad (15.6)$$

ifodada $w_0 = V/F$ - mavxum tezlik, gaz oqimining xajmiy sarfini qatlarning ko'ndalang kesim yuzasiga bo'lgan nisbatiga teng.

Zarrachalar orasidagi bo'sh qatlarning o'zgaruvchan ko'ndalang kesimi va uzunligi boyicha kanallar hosil qilishi natijasida qatlamda ichki bo'sh hajm vujudga keladi. Kanallarning gidravlik radiusi aniqmas shaklli zarrachalar uchun quyidagicha aniqlanadi:

$$r = \varepsilon d / 6 (1 - \varepsilon) \quad (15.7)$$

Har qanday ko'ndalang kesim uchun kanallarning ekvivalent diametri quyidagicha aniqlanadi:

$$d_e = 4r = \varepsilon d / 6 (1 - \varepsilon) = 4\varepsilon / S_0 (1 - \varepsilon) K_n \quad (15.8)$$

Adsorbsiya qurilmasidagi qatlarning gidravlik qarshiligini engish uchun sarflangan quvvatning miqdori jarayonning oqim tezligini belgilab, tozalash jarayonini qisman bahosini oshiradi. Massa almashinish jarayonida bir fazadan ikkinchi fazaga o'tayotgan moddaning miqdori oqimning tuzilish tarkibiga bog'liq bo'ladi.

Zarrachalar qatlamida oqim 2 xil rejimda harakat qiladi. Muhit oqimining tezligi kichik bo'lganda uning zarrachalari bir-biriga aralashmasdan, parallel xolda tartibli harakat qiladi. Bunday harakat laminar rejim deyiladi. Turg'un rejimda muhit oqimining tezligi qatlamdan o'tayotgan gaz oqimining xar bir nuqtasida o'zgarmas bo'ladi, ya'ni $w = f(x, y, z)$. Muhit oqimining tezligi asta-sekin oshirilsa uning zarrachalari bir-biri bilan aralashib tartibsiz to'liqsimon harakat qiladi. Bunday oqim turbulent rejim deyiladi. Oqimning harakat rejimi muhit oqimining o'rtacha tezligiga, muhitning zichligiga va qovushqoligiga xamda kanallarning ekvivalent diametriga bog'liq bo'ladi.

Bu kattaliklar o'Ichamsiz kompleks Reynolds kriteriyasi orqali aniqlanadi:

$$Re = \frac{w d_e \rho}{\mu} \quad (15.9)$$

Donasimon qatlamdagi materiallarning qarshiligi quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$\Delta P = \lambda \frac{L}{d} \cdot \frac{\rho w^2}{2} \quad (15.10)$$

bu yerda L - qatlam uzunligi; λ - faqat ishqalanish qarshiligini xisobga olmay,

ikki muxit oqimi xarakati davomidagi maxalliy qarshiliklarni, ya'ni muxitning zarrachalar orasidan o'tayotgandagi qarshiliklarning hammasini hisobga oladi va umumiy qarshilik ko'effitsienti deyiladi.

Qarshilik qonuniga asosan umumiy qarshilik ko'effitsienti Reynolds kriteriyasi bilan quyidagi bog'lanishda bo'ladi:

$$\lambda = f(Re) \quad (15.11)$$

Adsorbentning erkin hajmi o'zgarmas bo'lganida, yoki g'ovakli moddalar qaysiki qatlam zarrachalari orasidagi bo'sh hajmda (zarrachalar ichidagi bo'sh hajmini hisobga olmay holda) (15.11) tenglama gazning qovushqoligini, zichligi, gaz oqimining tezligidan qat'iy nazar bosimlar farqini aniqlash uchun qo'llaniladi.

Gaz oqimi qatlamda laminar rejimda harakatlanishida gidravlik qarshilik umumlashgan kriterial tenglamalar bilan aniqlanadi:

$$La = A \cdot \Gamma \quad (15.12)$$

bu yerda $La = Re \cdot Eu$ Lagranj kriteriyasi bosim kuchlarining ichki ishqalanish kuchlariga bo'lgan nisbatini ko'rsatadi. $\Gamma = L/d_e$ - geometrik kompleks qatlarning uzunligini kanallarning ekvivalent diametriga bo'lgan nisbatini ko'rsatadi.

Turbulent harakat rejimida qatlamdagi yo'qotilgan bosimlarning miqdori quyidagicha aniqlanadi.

$$\Delta P = \lambda_m \frac{L}{\psi \cdot d_e} \cdot \frac{\rho w^2}{2} \cdot \frac{1 - \varepsilon}{\varepsilon^3} \quad (15.13)$$

bu yerda $\lambda_m = f(Re_m)$ - modifikatsiyalashtirilgan qarshilik ko'effitsienti $Re_m = w d_e \rho / \mu (1 - \varepsilon)$ - modifikatsiyalashtirilgan Reynolds kriteriyasi zarrachalarning shaklini, qatlamdagi bo'sh xajmini xisobga oladi. O'zgarmas qatlamdagi gidravlik qarshilik turbulent harakat rejimida quyidagicha aniqlanadi:

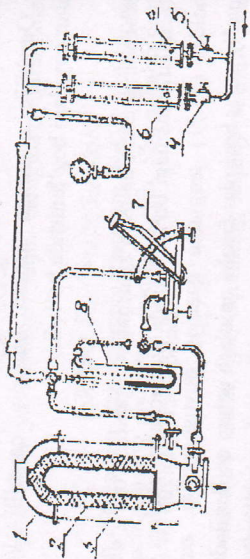
$$Eu = c \cdot Re_m^{-n} \cdot \Gamma \quad (15.14)$$

Gaz oqimining turg'un xarakati jarayonida (15.12) va (15.14) umumiy tenglamalar xisoblanadi, bu tenglamadagi A, c ko'effitsientlari va daraja ko'rsatkichi n tajriba orqali aniqlanadi. Bu miqdorlarning qiymati Reynolds kriteriyasiga bog'liq bo'lib, uning o'zgarishi bilan bu ko'effitsientlar mos ravishda o'zgarib, tajriba natijalariga asoslanib aniqlanadi.

Ish bajarishdan maqsad, o'zgarmas adsorbent katlamidagi gidravlik qarshilikni aniqlab, $Eu = f(Re)$ orasidagi bog'lanish grafigini qurish, tajriba natijalari asosida A, c ko'effitsientlari va daraja ko'rsatkichi n hisoblanadi.

Ishni bajarish tartibi

15.2 rasmda laboratoriya qurilmasining sxemasi ko'rsatilgan.



15.2 rasm. Adsorbent qatlamining gidravlik qarshiligini aniqlash laboratoriya qurilmasi:

1 – adsorber; 2 – tashqi to'ri; 3 – ichki to'ri; 4, 5 – ventillar; 6 – RS-7 rotametr; 7 – MMN-240 mikromanometr; 8 – difmanometr.

Laboratoriya qurilmasi o'zgaruvchan ko'ndalang kesimdagi adsorbentdan iborat bo'lib, uning ichiga tashqi va ichki to'ri o'rnatilgan. To'rlar orasi to'la va yarim sfera qatlamida aktivlangan ko'mir bilan to'ldiriladi. Qurilmaga havo yuqori bosimli ventilyator orqali yoki ballonga to'ldirilgan siqilgan havo beriladi.

Havoning sarfi rotametr ko'rsatkichi buyicha 4 va 5 kran orqali sozlanadi. Adsorbentdagi bosimlarning farqi mikromanometr MMN-240 va difmanometr bilan o'lchanadi. O'zgaruvchan ko'ndalang kesimli qatlamdagi aktivlangan ko'mirning gidravlik qarshiligi quyidagi tartibda o'lchanadi:

1. Tekshirilayotgan aktivlangan ko'mirning sochiluvchan zichligi aniqlanadi. Bu kattalikni o'lchash uchun ma'lum miqdordagi aktivlangan ko'mirni tarozida tortib silindrga solinadi va uning egallagan xajmini mikrometr bilan o'lchanadi. Katlamdagi bo'sh xajm (15.1) tenglama orqali aniqlanadi.

2. Gaz oqimi bilan yuvilayotgan xajm birligidagi qatlamning erkin yuzasi (15.1) tenglama yordamida, qatlamning erkin yuzasi (15.5) tenglama yordamida, xar qanday ko'ndalang kesim uchun kanallarning ekvivalent diametri (15.10) tenglama bilan xisoblanadi.

3. Havoning zichligi, qovushoqligi temperaturaga asosan ilovaning 2 jadvaldan aniqlanib, xar qanday rejim uchun Reynolds kriteriyasi hisoblanadi.

4. Adsorbentga aktivlangan ko'mir solmasdan ventilyator orqali berilayotgan havo oqimining sarflanish miqdorini RS-7 rotametri yordamida har xil o'zgartirib laboratoriya qurilmasining gidravlik qarshiligini mikromanometr va difmanometr bilan o'lchaymiz. So'ngra, adsorbentni aktivlangan ko'mir bilan to'ldirib ventilyator yordamida laboratoriya qurilmasiga havo beriladi. 4 yoki 5 kran asta-ochilib, rotametrning ko'rsatkichi boyicha havoning sarf miqdori aniqlanadi.

Tajriba davomida havoning sarf miqdorini rotametrning ko'rsatkichi boyicha oshirib, laboratoriya qurilmasining gidravlik qarshiligini quruq adsorberda va adsorber ko'mir bilan to'ldirilgan xolda 5-6 marta mikromanometr va difmanometr bilan o'lchaymiz. Tajriba natijalari hisoblash jadvaliga yoziladi.

Tajriba natijalarini hisoblash

1. Havoning sekundli sarfi miqdoriga asosan modifikatsiyalashtirilgan Reynolds kriterisini aniqlaymiz:

$$Re_m = \frac{w_x d_p \rho}{\mu(1-\Sigma)} \quad (15.15)$$

bu yerda $w_x = w / \varepsilon$ oqimning xaqiqiy tezligi (bo'sh kanallardagi tezlik); d_p – kanallarning ekvivalent diametri, m; ρ – kinematik qovushoqlik, m^2/s (uning qiymati ilovaning 2 jadvalidan aniqlanadi), μ – zarrachalarning shakli (silindrsimon shaklli zarrachalar uchun $\mu = 0,9$ teng); ε – qatlamning bo'sh hajmi, m^3/m^3 .

2. Geometrik o'xshashlik simpleksi Γ quyidagidicha aniqlanadi:

$$\Gamma = L/d_e \quad (15.16)$$

3. O'lchangan qatlamdagi bosimlar farqining miqdori buyicha Eyley kriteriyasi hisoblanadi:

$$Eu = \frac{\Delta P}{\rho w_x^2} \quad (15.17)$$

bu yerda ρ – xavoning zichligi, kg/m^3 (ilovadagi 1 jadvaldan olinadi).

4. Logarifm koordinatlarida tajriba natijalari asosida $Eu/T = f(Re)$ orasidagi bog'lanish grafigi tasvirlanadi.

5. $Eu/T = f(Re)$ grafigidan havo oqimining laminar va turbulent xarakati rejimida s koeffitsientining miqdori va daraja ko'rsatkichi n aniqlanadi.

6. (15.12) va (15.14) tenglama laminar va turbulent rejimlar uchun gidravlik qarshiliklar ΔP_{lam} va ΔP_{tur} xisoblanadi. Tajribadan olingan ΔP_{lam} va ΔP_{tur} qiymatlari xisoblanganlari bilan solishtiriladi va aniqligi % lar xisobida aniqlanadi.

15-1 jadval

Tajriba	w_x , m/s	ΔP , Pa	$Eu = \frac{\Delta P}{\rho w_x^2}$	$Re = \frac{w_x d_p \rho}{\mu(1-\Sigma)}$	$\lg \frac{Eu}{T}$	$\lg Re$
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						
7.						
8.						

Tekshirish uchun savollar

1. Kimyoviy texnologiya jarayonlarida gidromexanik jarayonlarning qo'llanilishi.
2. Gaz oqimining donador materiallar qatlamidagi xarakat rejimi. Donador zarracha qatlamining fizik geometrik xarakteristikalari.
3. Gaz oqimining donador material qatlamida laminar va turbulent harakat rejimidagi qarshilik qonunlari.
4. O'zgarmas donador material qatlamida gaz oqimining laminar va turbulent xarakat rejimida gidravlik qarshiliklarning umumiy hisoblanish xollari.

ADABIYOTLAR

1. Yusupbekov N.R., Nurmuxamedov X.S., Zokirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalar. – T.: Sharq, 2003. – 644 b.
2. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия. 1973. – 727 с.
3. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессы и аппараты химической технологии. – Л.: Химия, 1981. – 575 с.
4. Yusupbekov N.R., Nurmuxamedov X.S., Zokirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalar. – T.: Sharq, 2016. – 848 b.
5. Charles E., Thomas. Process Technology Equipment and Systems., Fourth Edition, Cengage Learning, USA., 2015. – 526 p.

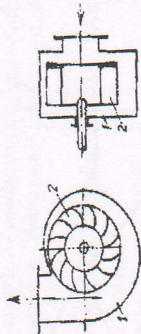
Internet saytlari

1. www.technology.ru
2. www.ziyounet.uz

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 – ventilyatordan keyin xamda undan oldingi bosimlar farqi 10^4 Pa ($0,1$ kgk/sm² yoki 100 mm suv ustuni) dan oshmaydi va odatda undan xam past bo'lishi mumkin. Ishlash printsipi boyicha ventilyatorlar markazdan qochma va o'qli bo'ladi. O'qliga markazdan qochma ventilyatorlarga nisbatan katta bosimlar farqini xosil qiladi.



16.1-rasm. Markazdan qochma ventilyatorning tuzilishi.

1 – qobiq; 2 – ishchi g'ildirak.

Markazdan qochma ventilyatorlarda ishchi g'ildirak 1 yuqori tezlikda aylanganda xosil bo'lgan markazdan qochma kuch ta'sirida gazlarni siqish va uzatish amalga oshadi. G'ildirakning parraklari egilgan bo'lib, gaz ularning orasidan o'tadi. Gaz ishchi g'ildirakning markazidan so'riladi va chekkasidan ventilyatorning spiralsimon korpusiga uzatiladi.

Doimiy aylanish chastotasida (xosil bo'lgan markazdan qochma kuchning doimiy qiymatida) markazdan qochma ventilyatorning ishi quyidagi kattaliklar bilan xarakterlanadi:

- 1) Uzatilayotgan gazning xajmiy sarfi, Q , m³/s;
- 2) Ventilyatordan oldin va so'ng xosil bo'lgan bosimlar farqi*, Δ , Pa;
- 3) Sarflanadigan quvvat N , W;
- 4) Gazni nazariy siqish** uchun sarflanadigan quvvat va xaqiqiy sarflanadigan quvvatlar nisbatini ifodalovchi foydali ish koeffitsienti, η

$$\eta = \frac{Q \cdot \Delta P}{N} \quad (16.1)$$

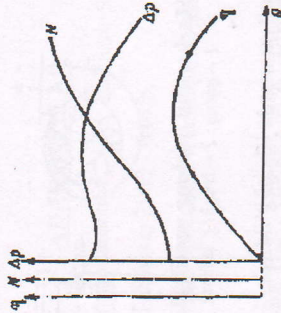
* - Bu bosimlar farqi ventilyatorning napori deyiladi.

** - Gazning bosimi ventilyatordan oldin va so'ng kam farqlanganligi tufayli uning xajmiy sarfi xuddi zichligi kabi, deyarli bir xil bo'ladi.

Markazdan qochma ventilyatorlarda Q , Δp , N va n bir-biri bilan bog'liq va birining o'zgarishi o'z tartibida qolganlarining o'zgarishiga olib keladi.
 $\Delta p = f_1(Q)$, $N = f_2(Q)$, $\eta = f_3(Q)$ grafikdagi bog'liqliklar ventilyatorning xarakteristikasi deyiladi.

Bu xarakteristikalarni nazariy hisobot asosida aniq tuzish mumkin emas. Shuning uchun amaliyotda sinov yo'li bilan olingan ventilyatorlarning xarakteristikalari qo'llaniladi. 16.2-rasmda doimiy aylanish chastotasida markazdan qochma ventilyatorning tipik xarakteristikalari ko'rsatilgan. Aylanish chastotasi o'zgarganda ventilyatorning xarakteristikalari xam o'zgaradi. Aylanish chastotasi n kichik interval o'zgarishida Δp va N larning o'zgarishi proporsionallik qonuni deb ataladigan taxminiy 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.

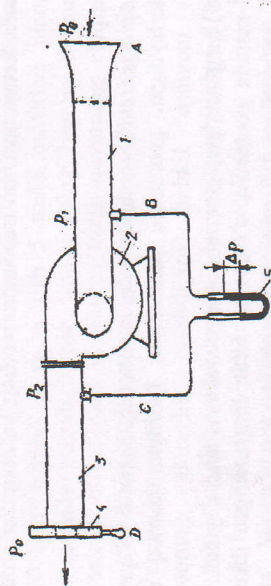
Ventilyatorning xarakteristikalari turli sharoitda ishlashini ko'rib chiqishda va ventilyatsion qurilmalarni loyihalashda katta ahamiyatga ega.

Ushbu laboratoriya ishinin birinchi qismida markazdan qochma ventilyatorning uchta xarakteristikasini $n = const$ bo'lganida eksperiment yo'li bilan aniqlanishi kerak. Buning uchun uzatish tarmog'ining chiqishida o'rnatilgan diafragmalari zatvor yordamida (16.3 - rasm) chiqishdagi diametrlari va ventilyator uzatayotgan xavo sarfini o'zgartirib tegishli nazorat - o'lchov asboblari yordamida Δp va N aniqlashda zarur bo'lgan xamma kattaliklar o'lchanadi.

Ventilyator xosil 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.

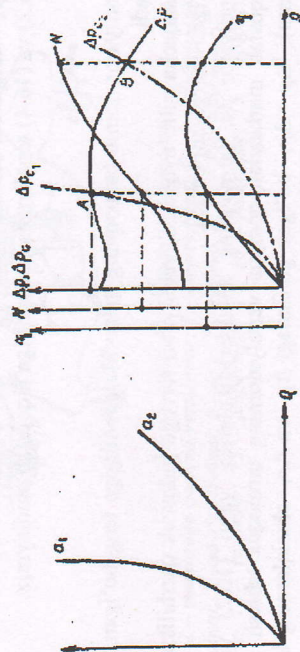


16.3-rasm. Ventilyator xosil qilgan bosimlar farqini o'lchash sxemasi.

1 - so'rish trubasi quvuri; 2 - markazdan qochma ventilyator;
 3 - uzatish trubasi quvuri; 4 - diafragmalari zatvor; 5 - difmanometr.

Ishning ikkinchi qismi tarmoqning xarakteristikasi hamda ventilyatorning tarmoqqa ishlash grafignini tuzishdan iboratdir.

Ventilyator ishlayotgan trubasi quvuri yoki kanal tarmoq deb ataladi. Berilgan qurilmada tarmoqni so'rib oluvchi va uzatuvchi trubasi quvurlari tashkil qiladi.



16.4-rasm. Tarmoqning xarakteristikasi

16.5-rasm. Markazdan qochma ventilyatorning tarmoqda ishlash grafigi.

Agar doimiy kesimga ega bo'lgan trubasi quvuridan gaz o'tsa unda chiqishdagi bosim kirishdagi bosimga nisbatan kam bo'ladi. Bu gazning energiyasi (bosimi) qisman trubasi quvurining gidravlik qarshiligini engish uchun sarflanadi. Trubasi quvurining gidravlik qarshiligi burilish, ventili va tirsak va xokazlarda xosil bo'lgan qarshiliklardan iborat. Demak, trubasi quvuri (tarmoqning) gidravlik qarshiligi uning

geometrik o'lovlariga, oqayotgan gazning sarfiga bog'liq. Truba quvuridan gaz - havo atmosferaga chiqib ketayotgan bo'lsa, unda bu bog'liqlik nazariy tenglama bilan ifodalanadi:

$$\Delta p = aQ^2 + b \quad (16.3)$$

bu yerda Δp - gidravlik qarshilik, ya'ni tarmoqdagi bosimni yo'qotilishi, Pa; a - tarmoqni xarakterlaydigan geometrik parametrlar (berilgan tarmoq uchun doimiy bo'ladi).

(16.3) tenglama grafiki tarmoqning xarakteristikasi deyiladi.

16.4-rasmda geometrik o'lovlar bilan farqlanadigan ikkita tarmoqning xarakteristikalari ko'rsatilgan. Bizning qurilmamizga a_2 tarmoq a_1 tarmoqdan diafragmalı zatvor kattaroq ochiqliqi bilan geometrik farqlanadi va shu tufayli havoning bir xil sarfida a_2 tarmoqning gidravlik qarshiligi kamroq.

Tarmoqning xarakteristikasini tuzish uchun havo sarfini diafragmalı zatvor bilan o'zgartirish mumkin emas, chunki bu o'z navbatida tarmoqning geometrik o'zgarishlariga olib keladi. Demak, tarmoqning xarakteristikasini boshqa yo'l bilan, ya'ni ventilyatorning 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.

Boshqacha qilib aytganda, ventilyator havoga gidravlik qarshilikni engish uchun zarur bo'lgan energiyani beradi.

Ventilyator va tarmoqning xarakteristikalarini, ya'ni (16.2) va (16.4) grafiklarni, taqqoslab markazdan qochma ventilyatorning tarmoqda ishlash grafikinı olamiz (16.5-rasm). $\Delta p = \Delta p_t$ bo'lgan grafikdagi Δp va Δp_t chiziqlarning kesishma nuqtalari ishchi nuqtalar deyiladi. Ishchi nuqtani joylashishi ventilyatorning tarmoqda ishlashini xarakterlaydigan hamma kattaliklarni: Q , Δp , N , η aniqlab beradi. 16.5-rasmdan ko'rinib turibdiki tarmoqning xarakteristikasiga bog'langan xolda bir xil aylanish chastotasida ventilyatorning ishchi parametrlari bir-biridan keskin farqlanishi mumkin - A va B ishchi nuqtalarga qarag.

Ishning maqsadi. Ventilyator va tarmoqning eksperimental xarakteristikalarini tuzish, hamda ishchi nuqtalarning parametrlarini aniqlash.

Qurilmaning tasnifi

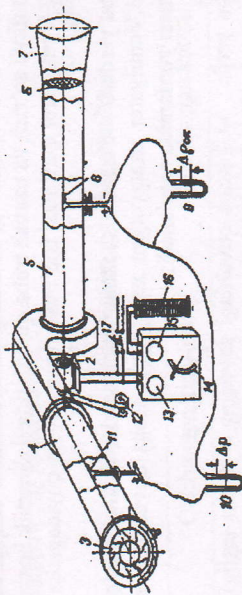
Qurilma o'zgarmas tok elektrodvigateli 2 bilan birga valga o'rnatilgan

markazdan qochma ventilyatordan iborat (16.6 rasm). Elektrodvigatel reostat yordamida aylanish chastotalarini o'zgartirish imkonini beradi. Ventilyatorga diametrlari bir xil bo'lgan ($d_{chki} = 220$ mm) uzatish 4 va so'rish 5 truba quvurlari ulangan. So'rish trubasining kirish qismida rastrub 7 bor, undan so'ng begona buyumlarni so'rib olinmasligi uchun to'r 6 o'rnatilgan. Uzatuvchi truba quvurning chiqishida chiqish yuzasini o'zgartiruvchi diafragmalı zatvor 3 o'rnatilgan (demak, uzatish quvurining qarshiligini xam o'zgartirish mumkin).

Tarmoqning gidravlik qarshiligini tashkil qiluvchi qismlarining axamiyatligi bu - to'r 6 va diafragmalı zatvor 3 larning qarshiliklari. Ularga nisbatan boshqalar (ishalanish, kirishdagi qarshilik) nixoyatda kichikdir.

14 va 16 reostatlar elektrodvigatelning ishga tushirish va aylanish chastotasini o'zgartirish uchun xizmat qiladi. Elektrodvigatel shitiida va truba quvurlarda quyidagi nazorat - o'lchov asboblari o'rnatilgan:

- a) taxometr 12 - ventilyatorning aylanish chastotasini aniqlash uchun;
- b) ampermetr 13 va voltmetr 15 - o'zgarmas elektr tok kuchi va kuchlanishini aniqlash uchun;
- v) differentsial manometrlar 9 va 10 bilan ulangan Pito naychalari 8, 11.



16.6 - rasm. Qurilmaning sxemasi

1 - markazdan qochma ventilyator; 2 - elektrodvigatel; 3 - diafragmalı 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.

Ishni bajarish tartibi

Ventilyatorning $Q-\Delta p$, $Q-N$ va $Q-\eta$ xarakteristikalarini olish uchun aylanish chastotasi n doimiy bo'lganda (1200 ay/min. ko'p bo'lmashligi kerak) birinchi sinovlarni (10 kuzatuv) o'tkazish lozim. Ventilyator uzatayotgan xavo sarfini diafragmalı zatvor 3 ni ochiqliqini o'zgartirib aniqlash mumkin.

Tarmoqning $Q-\Delta p$, xarakteristikasini olish uchun ikkinchi sinovlarni (5 kuzatuv), bu yerda zatvor 3 ning ochiqliqi doimiy bo'lib, ya'ni tarmoqning geometrik xarakteristikasi doimiy bo'ladi, xavoning sarfi ventilyatorning aylanish chastotalarini o'zgartirish orqali o'zgartirishi mumkin. Ventilyator va tarmoqning xarakteristikalarini

tuzish uchun zarur bo'lgan Q , ΔP , N , η qiymatlari nazorat-o'lchov uskunalarining ko'rsatkichlari yordamida aniqlanadi. Difmanometr 9*, difmanometr 10, ampermetr 13 va voltmetr 15 ning ko'rsatkichlari bir vaqt ichida «boshlandi» buyrug'idan keyin olinadi. Bu buyrug'ni 3 ma'lum aylanishlar chastotasi reostatlar yordamida o'rnatilgandan so'ng ventilyatorning aylanishlar chastotasini nazorat qiluvchi talaba beradi.

Ish bilan tanishib va Pito naychasi to'g'ri o'rnatilganligini, differensial manometrlardagi suyuqlik xolati tekshirilgandan so'ng, ventilyatorni ishga tushiruvchi 14 va sozlovchi 16 reostatlarni ishga solib rublinik 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 fari $\Delta p = p_2 - p_1$ differentsial manometr 10 yordamida (mm suv ust.) aniqlanadi. Difmanometr 10 Pito naychasiga shunday o'rnatilganki, u uzatish trubga quvuridagi (statik + dinamik) va so'rish trubga quvuridagi umumiy bosimlar farqini ko'rsatadi (16.6-rasm). Difmanometrga bu ko'rsatishi ventilyatordan oldin va so'ng xavoning statik bosimlar farqiga teng, chunki diametri bir xilligi tufayli so'rish va uzatish trubga quvuridagi dinamik bosimlar bir xil.
2. Ventilyator qurilmasi iste'mol qilgan quvvat quyidagicha aniqlanadi:

$$N = U \cdot I \quad (16.6)$$

bu yerda U – o'zgarmas tokning kuchlanishi, V ; I – tok kuchi, A .

3. Ventilyator uzatayotgan xavo sarfi trubga quvuridagi xavo oqimi uchun sarf tenglamasi yordamida aniqlanadi:

$$Q = w \cdot F \quad (16.7)$$

bu yerda w – trubga quvurdagi xavoning o'rta tezligi, m/s ; $F = 0,785d^2$ trubga quvurning ko'ndalang kesim yuzasi, m^2 (d – trubga quvurning ichki diametri, m).

4. Xavoning o'rta tezligi quyidagicha aniqlanadi.

So'rish trubga quvurning o'qiga o'rnatilgan Pito naychasi 8 ga ulangan differentsial manometr 9 tezlik (dinamik) bosimini (mm suv ust.) ΔP_{rez} ya'ni shu trubga quvurning markazida havoning hajm birligida mavjud bo'lgan kinetik energiyani ko'rsatadi:

$$\Delta P_{rez} = \frac{\rho \cdot w_{max}^2}{2} \quad (16.8)$$

bu yerda w_{max} – trubga quvur markazida oqayotgan elementar havo oqimining tezligi (o'qdagagi yoki maksimal tezlik), m/s ; ρ – xavoning zichligi, kg/m^3 .

Turbulent rejimda, $Re \geq 10000$ ga teng bo'lgan xolda:

$$\frac{w}{w_{max}} = 0,9 \quad (16.9)$$

* - Differentsial manometr 9 ga qiyalik burchaklari xil bo'lgan uchta parallel trubka ulangan. o'rta trubka 10 mm suv ust. dan kam bo'lgan bosimlar farqini o'lchash uchun moslangan;

topadagisi 10÷30 mm suv ust, pastdagi 30 mm suv ust. dan yuqori bo'lgan bosimlar farqini o'lchash uchun moslangan.

(16.7 – 16.9) tenglamalardan quyidagi tenglik kelib chiqadi:

$$Q = 0,785 \cdot 0,9d^2 \sqrt{2\Delta P_{rez}} / \rho = C \sqrt{\Delta P_{rez}} \quad (16.10)$$

Xavo zichligining qiymati ma'lumotnomalardan olinadi.

4. η – ventilyatorning f.i.k. (elektrodvigatel bilan birga) (16.1) tenglama yordamida xisoblanadi.

Truba quvurdagi rejimni tekshirish uchun eng kam havo sarfi bo'lgan tajriba boyicha Reynolds kriteriyasi xisoblanadi: $Re = \frac{w \cdot d \cdot \rho}{\mu}$. Havoning qovushqoqligi μ

(μ s) ham ma'lumotnomalardan olinadi.

Bajarilgan ish boyicha hisobot quyidagilarni o'z ichiga olishi shart:

- a) vazifa; b) spetsifikatsiyani o'z ichiga kiritgan qurilmaning sxemasi;
- v) hisobot jadvallari; g) biror bir sinovning Q , N , η qiymatlari xisobotlari (7-1 jadval); eng kam havo sarfi uchun Re kriteriyasining hisobi; d) ventilyatorni tarmoqda ishlash grafigi va ishchi nuqtalarining parametrlari.

16-1 jadval

Doimiy aylanish chastotasida ventilyatorning xarakteristikasi

($n = \dots$ ayl/min)

Sinov i №	Diafragmal i zativorming ochiqqligi, mm	O'Ichangan kattaliklar					Hisolangan kattali		
		Δp		Δp_{rez}		I, A	U, V	Q, m^3/s	η , %
		mm suv ust.	Pa	mm suv ust.	a				
1.									

16-2 jadval

Diafragmal zatvor doimiy ochiq bo'lganda tarmoqning xarakteristikasi

Sinov №	n, ayl/min	Δp		Δp_{rez}		Q, m^3/s
		mm suv ust.	Pa	mm suv ust.	Pa	

Tekshirish uchun savollar

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 xavo sarfini diafragmalari 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 difmanometrga nisbatan qiya shkalali difmanometrmning afzaligi.
6. Umumiy bosimning statik bosimdan farqi.
7. Sanoatda qanday ventilyatorlar qo'llaniladi?
8. Turli guruhga (markazdan qochma va o'qli; past, o'rta, va yuqori bosimli) kirgan ventilyatorlar qanday bosim hosil qilishadi (o'zgarish chegaralari).

ADABIYOTLAR

1. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. - М.: Химия. 1973. - 727 с.
2. Yusupbekov N.R., Nurmuxamedov X.S., Zokirov S.G. Kimeviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalari. - T.: Sharq, 2003. - 644 b.
3. Yusupbekov N.R., Nurmuxamedov X.S., Zokirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalari. - T.: Sharq, 2016. - 848 b.
4. Yusupbekov N.R., Nurmuxamedov X.S., Ismatullayev P.R. Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarning jarayon va qurilmalari fanidan xisoblar va misollar. - Toshkent, Nisim, 1999. - 351 b.
5. Коузов А. П. Основные анализы дисперсного состава промышленных пылей измельченных материалов. - Л.: Химия, 1987. - 264 с.
6. Charles E., Thomas. Process Technology Equipment and Systems., Fourth Edition, Cengage Learning, USA., 2015. - 526 p.

Internet saytlari

1. www.technology.ru
2. www.ziyounet.uz

ZARRACHALARNING UCHIB CHIQISH TEZLIGINI ANIQLASH

Ishning nazariy asoslari

Pastdan yuqoriga qarab harakat qilayotgan gaz yoki suyuqlik oqimida harakat qilayotgan qattiq modda zarrachasiga bir necha xil kuch ta'sir qiladi: og'irlik kuchi G - ng, sharsimon zarracha uchun

$$G = \rho V g = \frac{\pi d^3}{6} \rho_s g \quad (17.1)$$

ko'tarish kuchlari A - bu kuch zarrachaning hajmiga teng:

$$A = \frac{\pi d^3}{6} \rho_s g$$

suyuqlik oqimining dinamik bosimi:

$$P = \psi \cdot w^2 \cdot \rho \cdot d^2$$

qarshilik kuchi:

$$R = \xi F \frac{w^2 \rho}{2} = \xi \frac{\pi d^2}{6} \frac{w^2 \rho}{2}$$

bu yerda ρ_q, ρ_m - zarracha va muxitning zichliklari, kg/m^3 , w - oqimning tezligi, m/s ; ξ - qarshilik koeffitsienti; g - erkin tushish tezlanishi, m/s^2 .

Agar og'irlik kuchi G ko'tarish kuchidan A katta bo'lsa zarracha cho'kadi. Cho'kishning harakatlaniruvchi kuchi:

$$R = G - A \quad (17.2)$$

Jarayon boshlanishida tezlik $w = 0$ bo'lganda, qarshilik R ham 0 ga teng bo'ladi. Tezlik ortishi bilan qarshilik xam ortadi, tezlanish esa kamaydi va tezda $R = 0$ bo'lib qoladi. Bunda tezlanish nolga teng bo'lib qoladi va zarracha erkin o'zgarmas tezligi yoki erkin uchish tezligi deb yuritiladi.

Laminar rejimda $Re < 2$

Bu tenglama Stoks tenglamasi deb yuritiladi. Ya'ni, tezlikni aniqlash uchun harakat rejimi - Re ni bilish kerak, buning uchun xam tezlikni bilish kerak. Shuning uchun erkin cho'kish tezligini aniqlashda empirik tenglamalardan foydalaniladi.

Yakka sharsimon zarrachaning diametri d va muxitning xususiyatlariga bog'liq bo'lgan xolda uning uchib chiqish $w_{uch. sh.}$ tezligini xisoblash uchun bir qator empirik tenglamalar taklif etilgan. Ularning biridan foydalanamiz:

$$Re = \frac{w_{uch. sh.} d \rho_m}{\mu_m} = \frac{Ar}{(18 + 0.61 \sqrt{Ar})} \quad (17.4)$$

bu yerda $Re_{yw} = \frac{w_{yw} d \rho_m}{\mu_m}$ - Reynolds kriteriyasi; $Ar = \frac{d^3 \rho_m (\rho - \rho_m) g}{\mu_m^2}$ - Arximed

kriteriyasi; μ_m - muxitning dinamik qovushoqligi, $\text{Pa} \cdot \text{s}$.

Berilgan ishing sharoitida $0.61 \sqrt{Ar} \gg 18$ ga teng va (17.4) tenglamani

qisqartirish mumkin:

$$Re_{uch} = \frac{\sqrt{Ar}}{0,61} \quad (17.5)$$

Bundan tashqari ushbu ishda $\rho \gg \rho_s$ bo'lganligi uchun Arximed kriteriyisiga taalluqli bo'lgan ifoda quyidagicha qisqartiriladi:

$$Ar = \frac{d^3 \rho_m \rho g}{\mu_m^2}$$

Arximed va Reynolds kriteriyalarining qiymatlarini (17.5) tenglamaga qo'yib, quyidagiga erishamiz:

$$w_{uch} = \frac{1}{0,61} \sqrt{\frac{d \rho g}{\rho_m}} = 5,13 \sqrt{\frac{d \rho g}{\rho_m}} \quad (17.6)$$

Sharsimon shaklga ega bo'lgan zarrachaning uchib chiqish tezligi xuddi shunday xajmli sharsimon zarrachaning uchib chiqish tezligidan kam bo'ladi:

bu yerda $\varphi < 1$ – shaklni belgilovchi koeffitsient bo'lib, tajriba yo'li bilan aniqlanadi. 7.7)



17.1-rasm. Yuqoriga yo'nalgan oqimda qattiq zarrachaga ta'sir qilayotgan kuchlar.

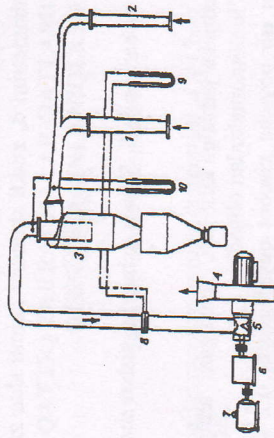
Ishning maqsadi – sharsimon va silindrik zarrachalarning xavo oqimida uchib chiqish tezligini eksperimental yo'l bilan aniqlash va (17.6) formula yordamida xisoblangan qiymat bilan taqqoslash.

Qurilmaning tasnifi

Qurilma (17.2-rasm) turli diametrlil shisha 1 va 2 trubkalaridan, siklon 3 va markazdan qochma ventilyator 4 dan iborat. Shisha trubkalar ko'nuqlik burchagiga ega. Xar birida qoyilgan belgining saxda kengroq trubaning ichki diametri 58,8 mm, ingichkaroq trubaniki esa 33,9 mm ga teng.

Trubalarning pastki qismida havo o'tadigan metallsimon to'r bor. Ingichka trubada sharsimon zarracha o'rnatilgan – diametri 5,5 mm po'lat shar ($\rho = 7870 \text{ kg/m}^3$), keng trubada esa diametri 5,5 mm va uzunligi 5,5 mm bo'lgan fluoroplastli silindr

($\rho = 2070 \text{ kg/m}^3$).



17.2-rasm. Qurilmaning sxemasi.

1,2 – shisha trubalari; 3 – siklon; 4 – markazdan qochma ventilyator; 5 – nazorat qiluvchi qurilma; 6 – reduktor; 7 – elektrodvigatel; 8 – diafragma; 9, 10 – U-simon difmanometrlar.

Havo ventilyator 4 bilan tuba 1 yoki 2 bilan so'rilib siklon 3 dan o'tadi va xonaga yuboriladi. Siklon xavo oqimi bilan kelgan mayda polidispers materiallarni ushlab qolish uchun xizmat qiladi. Siklonning silindrik qismining diametri 170 mm.

Havoning sarfi reduktor 6 orqali elektrodvigatel 7 bilan xarakatga keluvchi nazorat kiluvchi qurilma 5 yordamida o'zgartirilishi mumkin. Siklonning ventilyatorgacha havo difmanometr 9 ulangan diafragma 8 o'rnatilgan. Siklonning gidravlik qarshiligini aniqlash uchun difmanometr 10 qo'llaniladi.

Ishni bajarish tartibi

Differentsial manometr nol satxida ekanligini tekshirish, ya'ni suyuqlik bir xil saxda bo'lishi kerak. Shitdagi oq' tugmani bosib qurilma elektr tarmog'iga ulanadi. Shisha trubalarning birida tirqish olinadi. Ventilyator ishga tushiriladi. «Ko'p» yoki «kam» tugmalarning biriga qisqa vaqt bosib nazorat qiluvchi qurilmaning tirqishi ochiladi (yoki yopiladi), shu bilan zarracha shisha trubaning belgisi yonida parvoz qilmaguncha havo sarfi o'zgartirib turiladi.

Difmanometr 9 ning ko'rsatkichi xisobot jadvaliga yoziladi. Tirqish yopiladi. Tajriba 3-5 marotaba takrorlanadi. Nazorat qiluvchi qurilmaning tirqishi yopiladi va ventilyator to'xtatiladi. Yopilgan shisha trubka ochiladi, ishlayotgan esa yopiladi. Tajriba boshqa trubada takrorlanadi.

Tajriba natijalarini hisoblash

Har bitta zarracha uchun:

1. Δp ning o'rta qiymati boyicha havo sarfini difmanometr 9 ning graduirlangan grafigidan aniqlaymiz.
2. Sarf tenglamasidan havoning tezligini (uchib chiqish tezligi) aniqlaymiz:

$$w_{uch, etc} = \frac{V}{V} = \frac{0,785 D^2}{V} \quad (17.10)$$

bu yerda V – xavoning sarfi, m^3/s ; D – shisha trubkaning ichki diametri, m.

3. (17.6) tenglamadan uchib chiqish tezligining $w_{uch, xis}$ xisoblangan

qiymatini aniqlaymiz. Sharsimon shaklga ega bo'lmagan (silindr) zarrachaning geometrik ekvivalent diametrini d_e xuddi shunday hajmli shar zarrachaning diametriga teng deb olamiz:

$$d_e = \sqrt[3]{\frac{6V_{ch}}{\pi}} \quad (17.11)$$

4. $\frac{W_{uch,eks}}{W_{uch,his}}$ nisbat topiladi. Silindr uchun bu nisbat shakl koeffitsienti ϕ bilan tavsiflanadi.

Hamma natijalar jadvalga kiritiladi. Berilgan temperatura uchun havo zichligi ρ_h (kg/m^3) ma'lumotmalardan olinadi.

Bajarilgan ish boyicha xisobot quyidagilarni o'z tarkibiga qamrab olishi shart: a) vazifa, b) spetsifikatsiyasi bo'lgan qurilmaning sxemasi; v) hisobot jadvali; g) shar va silindrsimon zarrachalar uchun hisoblar.

Tajriba raqami	Difmanometr 9 ning Δp ko'rsatkichi	Δp ning o'rtacha qiymati		Havo sarfi V (grafik boyicha), m^3/s	Pa	s	$W_{uch,eks}$ (11.10 tenglama)	$W_{uch,his}$ (11.10 tenglama)	$\frac{W_{uch,eks}}{W_{uch,his}}$
		n	m suv ust.						
Po'lat zarracha I									
Ftoroplast zarracha I									

Tekshirish uchun savollar

1. Suyuq oqimda qattiq zarrachaga qanday quchlar ta'sir ko'rsatadi?
2. Uchib chiqish tezligi nima?
3. Uchib chiqish tezligi qanday parametrlarga bog'liq?
4. Qurilmada havo sarfi qanday o'lchanadi?
5. Difmanometr nima va nima uchun xizmat qiladi?
6. Zarrachaning uchib chiqish tezligi (tajribaviy) qanday aniqlanadi?
7. Diafragma nima va ishlash printsipi.
8. Shakl koeffitsienti nima?

ADABIYOTLAR

1. Yusupbekov N.R., Nurmuxamedov H.S., Zokirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalari. - T.: Sharq, 2003. - 644 b.
2. Yusupbekov N.R., Nurmuxamedov X.S., Zokirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalari. - T.: Sharq, 2016. - 848 b.
3. Charles E., Thomas. Process Technology Equipment and Systems, Fourth Edition, Cengage Learning, USA., 2015. - 526 p.
4. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. - Л.: Химия, 1981. - 575 с.

Internet saytlari

1. www.technology.ru
2. www.ziyounet.uz

QATTIQ ZARRACHALAR QATLAMINING DISPERSLIGINI ANIQLASH

Ishning nazariy asoslari

Sochiluvchan materiallar zarrachalarning diametrini d ga bog'liq bo'lgan holda ϕ ta guruhga bo'lish mumkin:

- 1) bo'lakli - 10 mm dan ortiq;
- 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 muhim xususiyatlaridan biri - disperslikdir. Disperslik sochiluvchan moddalarning texnologik xossalarni belgilaydi va zarrachalar donalarining katta-kichikligi buyicha taqsimlanish funksiyasi yoki zarrachalarning solishtirma yuzasi (solishtirma yuza deb - zarrachalarning yuzasini ularning xajmi yoki massasi bo'lgan nisbatga aylitadi) bilan ifodalanadi. Masalan sementning dispers tarkibi qotish jarayonida uning mustaxkamligini belgilaydi; zarrachalarning o'lchami lak va boyoqlarning qoplash xususiyatlarini belgilaydi va x.k.

Sochiluvchan moddalar zarrachalarining katta-kichikligini o'lchash, ayniqsa kukun va changsimon maxsulotlar ishtirokida boradigan sanoat jarayonlarida muxim ahamiyat kasb etadi. Sanoatda sochiluvchan moddalar tarkibiy qismi boyicha quyidagicha xarakterlanadi:

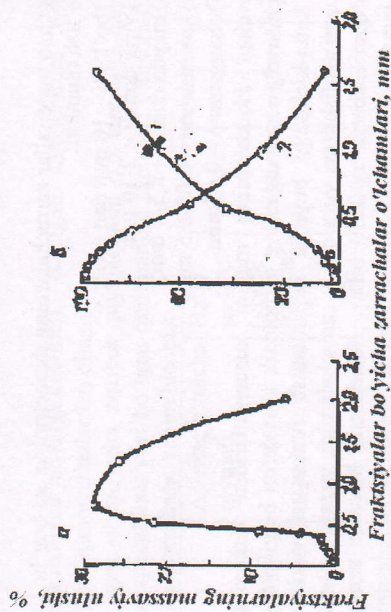
- 1) zarrachalarining o'lchamlari boyicha taqsimlanishi bilan;
- 2) zarrachalarining solishtirma yuzalasining o'rtacha qiymati bilan.

Elakli taxlil. Sochiluvchan materialning maydalangan namunasini to'rtli elaklar to'plamidan o'tkazib bir necha fraksiyalarga ajratish mumkin. Fraksiyalar soni 5 dan kam 20 dan ortiq bo'lmagligi kerak. Ajratilgan fraksiyalardagi zarrachalarning o'lchamlari elaklarning teshiklari bilan chegaralangan. Elakning o'lchami deb mato yoki to'r to'qilishi natijasida xosil bo'lgan kvadrat yacheykaning tomonlarining uzunligi tushuniladi. Davlat standartiga binoan elak yacheykalarning quyi chegarasi 40 mkm bo'ladi. Yaxshi elandigan (yopishib qolmaydigan) kukunlarni taxlil qilish uchun eng mayda teshikli elaklar qo'llaniladi. Elak yacheykasi o'lchamlarining keyingi mayda teshikli elak yacheykasining o'lchamlariga bo'lgan nisbati doimiy qiymat bo'lib **elaklar to'plami moduli** deyiladi.

Elak teshiklari yuzasi yig'indisining elakning umumiy yuzasiga bo'lgan nisbati o'zgarmas bo'lib hamma elaklar qatori uchun 36% ga teng bo'ladi.

Mashinalar yordamida elab disperslik darajasini aniqlash ushbu tartibda o'tkaziladi.

Taxlil qilinayotgan namuna yacheykasi eng katta o'lchamli bo'lgan elakdan o'tkaziladi. O'tgan material keyingi mayda teshikli elakka kelib tushadi va shu ketma-ketlikda eng mayda o'lchamli elakga borib tushadi. Odatda, saralash davrida elaklar ustma-ust qoyiladi va material bitta bosqichda fraksiyalarga ajratiladi.



18.1-rasm. Elakli taxlil natijalari.

a-taqsimlanishning differensial egri chizig'i;
b-taqsimlanishning integral egri chizig'i;
1-o'tish; 2-elak qoldig'i.

Elakli taxlil natijalari grafikda materialdagi ba'zi fraksiyalarning massaviy ulushini ko'rsatuvchi differensial taqsimlanish egri chizig'i tasvirda beriladi yoki berilgan o'lchovdan kichik (yoki katta) xamma fraksiyalarning yig'indisini massaviy ulushini tasvirlovchi integral (yoki kummulyativ) taqsimlanish egri chizig'ida tasvirlanadi (18.1-rasm).

Ikkita yonma-yon elakning bittasidan o'tib ikkinchisida ushlab qolgan o'rtacha arifmetik zarracha qiymati grafikda nuqta bilan belgilangan fraksiyaga to'g'ri keladi.

Zarrachalarning o'rtacha o'lchamini additivlik qoidasi bo'yicha topilgan o'rtacha diametr $d_{0,rt}$ orqali ifodalash tavsiya etiladi:

$$d_{0,rt} = m_1 d_1 + m_2 d_2 + \dots + m_n d_n = \sum m_i d_i \quad (18.1)$$

bu yerda $m_1, m_2, \dots, m_n$ – dispers material namunasidagi har bir fraksiyaning massaviy ulushi; i – fraksiya soni.

Dispers material tarkibining bir jinsliliğini quyidagi usul bilan aniqlanadigan chetlanish koeffitsienti R_0 xarakterlaydi.

Qoldiqlarning integral egri chizig'idagi 84% massaviy ulushiga javob beradigan d_{84} elak o'lchamlaridan yuqoridagi egri chiziqdagi 16% massaviy ulushiga to'g'ri kelgan d_{16} teshik o'lchamlari ayriladi; hosil bo'lgan qiymat ikki baravar ko'paytirilgan diametrga bo'linadi va 100 ga ko'paytiriladi, ya'ni:

$$R_0 = \frac{d_{84} - d_{16}}{2d_{50}} \cdot 100 \quad (18.2)$$

Shunday qilib taxlil qilinayotgan materialning umumiy massasidan 16% li eng katta va eng kichik fraksiya olib tashlanadi va sochiluvchan materialning faqat qolgan 2/3 kismi inobatga olinadi. R_0 qancha kam bo'lsa maxsulot shuncha bir jinsli xisoblanadi.

Materialning solishtirma yuzasini aniqlash. Ko'pchilik texnologik jarayonlar uchun disperslik faqat bitta kattalik bilan ifodalanganligi tufayli qulay xisoblanadi. Kukuning solishtirma yuzasini bilib S_{sol} zarrachalarning o'rtacha diametrini aniqlash mumkin:

$$S_{sol} = \frac{nS_z}{n\delta_z} = \frac{nmd_{ort}^2}{nm\delta_z^3 / 6} = \frac{6}{d_{ort}} \quad (18.3)$$

bu yerda n – namunadagi zarrachalar soni; S_z va δ_z – $d_{0,rt}$ teng bo'lgan zarrachalarning tashqi yuzasi va hajmi, shunda

$$\delta_z = \frac{M}{(\rho_z d_{ort})}$$

M – namunaning massasi; ρ_z – zarrachaning zichligi.

Zarrachalarning solishtirma yuzasini turli usullar bilan aniqlash mumkin. Eng soddasi filtratsion usul yoki atmosfera bosimiga yaqin bosimda havo o'tkazuvchanlik usulida S_{sol} ni aniqlashdir ($d_{max} \leq 5$ mm teng bo'lgan zarrachalarga taaluqli).

Ushbu usul havoning laminar xarakat qonuniyatlariga asoslangan. Ma'lum L (m) qatlamli sochiluvchan materialning gidravlik qarshiligini Δp (Pa) gaz yoki suyuqlik oqimining laminar harakatida quyidagi formula buyicha aniqlash mumkin:

$$\Delta p = \frac{32L\mu\omega}{d^2} \quad (18.4)$$

bu yerda μ va ω – oqimning dinamik qovushqoqligi (Pa·s) va tezligi (m/s); d_{ek} – zarrachalar orasidagi kanallarning ekvivalent diametri.

$$d_{ek} = 4r_g = \frac{4\epsilon^k}{[(1-\epsilon)S_{sol}]} \quad (18.5)$$

bu yerda r_g – gidravlik radius; ϵ – zarrachalar orasidagi bo'shliq; $k = 1,25$ zarrachalar xarakatsiz bo'lgan soxalarni inobatga oluvchi koeffitsient.

Sochiluvchan material qatlami (atmosfera bosimiga yaqin bosimda zarrachalar deformatsiyalanmaslik sharti bilan) turli darajada zichlanishi mumkin. Bunda S_{sol} o'zgarmas qoladi. Material qatlami o'tgan havoning harakati o'zgaruvchan kesimli va ilonsimon chiziqli kapillyarlar sistemasidagi harakatiga o'xshash deb hisoblanadi.

Birlik hajm qatlamida kapillyarlarning ichki yuzasi maydalangan materialning solishtirma yuzasiga teng deb olinadi (bu yerda zarrachalarning ichki g'ovakligi inobatga olinmay, «tashqi» yuza nazarda tutilmoqda).

Kapillyarlarning ko'ndalang kesimkari yuzasining yig'indisi ε bo'shliqqa, ya'ni dispers material bilan to'ldirilgan hajm ulushiga to'g'ri keladi. Kapillyarning uzunligi esa kukun qatlamining balandligiga yaqin deb qabul qilinadi. Havoning oqim tezligi harakatsiz sohalarini inobatga olgan holda hisoblanadi.

Gazlarni filtrlash yoki sochuluvchan material qatlamidan suyuqlikni o'tkazish jarayonlari uchun Puazeyl qonuni quyidagicha ifodalanadi:

$$\frac{\Delta P}{L} = A \frac{\mu \omega}{d_c^2} \cdot \frac{(1 - \Sigma)^2}{\Sigma^3} \quad (18.6)$$

bu yerda A – proporsionallik koeffitsienti.

(18.5) tenglamani inobatga olgan holda zarrachalarning solishtirma yuzasi S_{sol} uchun tenglama quyidagicha ifodalanadi:

$$S_{sol} = \frac{\varepsilon^2}{1 - \varepsilon} \sqrt{\frac{F \tau \bar{P}}{V_r P_r}} \cdot \frac{\Delta P}{L} \cdot \frac{1}{K_m \mu} \quad (18.7)$$

bu yerda F – qatlamning yuzasi, m^2 ; τ – havoni filtrlash vaqti, s ; $\bar{P} = \frac{P_1 - \Delta P}{2}$ dispers material qatlamidagi o'ttacha bosim, Pa ; V_h – filtrlangan havoning hajmi (qovushqoq oqim sharoitida), m^3 ; K_{sh} – tajriba natijalari bo'yicha 2,5 ga teng bo'lgan kapillyarning shakl koeffitsienti.

Zarracha o'lchamlari 100 mkm dan kam bo'lgan yuqori dispers materialning qatlamida xavo xarakatlanganida qatlam zarrachalariga nisbatan «sirpanish» effekti tufayli Puazeyl qonunidan chetlanish kuzatiladi.

Zarrachalar o'lchami kamaygan sari sirpanish oqimining ulushi ortib boradi va xavo oqimining 80% ni tashkil qilishi mumkin. Sirpanish oqimini inobatga olgan xolda (18.7) tenglama quyidagicha o'zgaradi:

$$S_e = \frac{8}{3} \varepsilon^{2.75} \frac{F \tau \Delta P}{1 - \varepsilon} \sqrt{\frac{2RT}{P_r V_r L}} \cdot \sqrt{\frac{\pi M}{K_m}} \quad (18.8)$$

bu yerda V_s – gazning sirpanishi bilan bog'liq bo'lgan oqimning xajmi, sm^3 ;

R – gaz doimiysi $\left[R = 8,315 \cdot 10^7 \frac{erg}{kmol} \right]$; T – absolyut temperatura, K ;

M – havoning molyar massasi, kg/mol .

Filtrlovchi oqimda sirpanishning paydo bo'lishini qatlam tuzilishini (boshliq, kanallarning qiyshiqchiligi va x.), hamda oqimning fizik xossalarni inobatga oluvchi R_i koeffitsientning qiymatidan bilish mumkin:

$$R_i = \frac{K_u \rho}{(\Sigma \cdot \mu)} \quad (18.9)$$

bu yerda $K_u = \rho_1 V_u W / (\Delta R F \tau)$ bo'lgan gazning filtrlash koeffitsienti (yoki qatlamning o'tkazuvchanligi); V_u – filtrlangan gazning umumiy hajmi, m^3 ; ρ – havoning zichligi, kg/m^3 ; μ – havoning dinamik qovushqoqligi, $Pa \cdot s$.

O'lchamsiz R_i koeffitsientning o'zgarishi 100 dan 0,1 gacha bo'lgan oralig'ida gaz oqimida qovushqoq oqim xam sirpanish oqimi xam kuzatiladi. $R_i > 100$ bo'lganda gazning faqat qovushqoq oqimi kuzatiladi.

Ishning maqsadi:

1. Dispers material zarrachalar o'lchamini taqsimlovchi differensial va integral egri chiziqlarini tuzish va o'rganish. Tuzilgan grafiklar asosida zarrachalarning o'ttacha o'lchami $d_{0,1}$ va chetlanish koeffitsientini R_{ch} aniqlash.
2. Filtratsion usul bilan dispersion materialning solishtirma yuzasini S_{sol} aniqlash.

Qurilmaning tasnifi

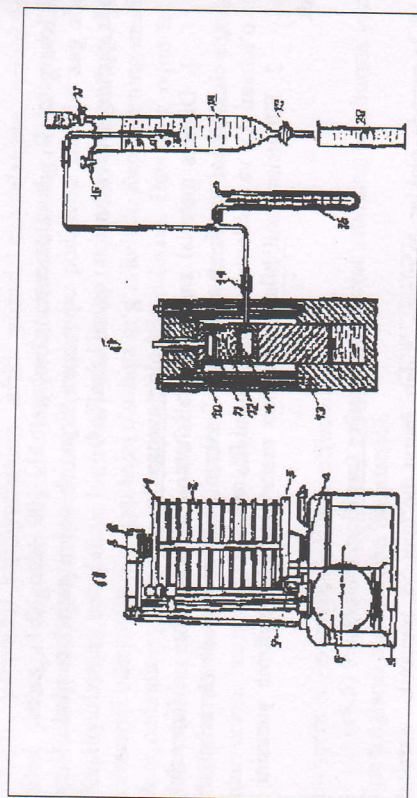
18.2a-rasmda elaklar to'plami 2 dan iborat bo'lgan va mexanik saralashga moslangan 028 M asbobning sxemasi ko'rsatilgan. Elaklar qopqoq 1 bilan yopiladi va vintlar 8 bilan maxkamlanadi. Stanina 5 da eksentrik val 4 ni xarakatga keltiruvchi elektrodvigatel 6 o'rnatilgan. Aylanma xarakatdan tashqari, kulisa 7 yordamida stolcha 4 aylana – ilgariylanma xarakat qiladi. Elaklarni vertikal yonalishda silkitish uchun qopqoq 1 ga vaqti bilan richag 9 urib to'radi.

18.2b-rasmda kukuning solishtirma yuzasini o'lchaydigan sxema keltirilgan. Qurilmaning asosiy qismi dispers qatlamning bo'shligi, balandligi 12 ni aniqlaydigan o'lchov gilza 11 xisoblanadi. Qatlamdagi bosimlar farqini aniqlashda suvli manometr 15, Mariotta idishi 18 va o'lchovli silindr 20 xizmat qiladi. O'lchov gilzasi laboratoriya gidravlik press 13 ga joylashtiriladi va plunjir 10 bilan yopiladi.

Ishni bajarish tartibi

Elakli saralash tahlili. Kukunsimon material namunasini (100-200g) yuqoridagi elakga joylashtiriladi, 1 qopqoq bilan yopiladi va mexanik saralash stolcha 3 da vintlar 8 bilan mahkamlanadi (18.2a-rasm). Elektrodvigatel 6 yoqiladi va 20-30 min davomida elash tugagandan so'ng tegishli elakdagi xar bir fraksiya texnikaviy tarozida 0,01 g aniqlikda tortiladi va hisobot jadvaliga kiritiladi. Xamma fraksiyaning yig'indisi taxli uchun olingan dastlabki namunaning massasidan 2% dan ko'p farq qilmasligi kerak.

Kukuning solishtirma yuzasini aniqlash. Aniqligi 0,01 g da tortilgan kukun namunasi gilza 11 ga joylashtiriladi. Dispers materialning namunasi 12 shunday tanlanishi kerakki (kukunsimon yoki changsimon) u gilzaning 1/3 - 1/2 xajmini to'ldirishi lozim.



18.2-rasm. Qurilma sxemasi

a) – mexanik elash uchun moslangan 028M qurilmaning sxemasi; b) – xavo o'tish usuli b-n zarrachalarning solishtirma yuzasini aniqlashga moslangan qurilmaning sxemasi; 1 – qopqoq; 2 – elaklar to'plami; 3 – stolcha; 4 – eksentrikli val; 5 – stanina; 6 – elektrodivigatel; 7 – kulisa; 8 – vint; 9 – richag; 10 – plunjir; 11 – gilza; 12 – dispers material; 13 – gidravlik press; 14 – shlang; 15 – suvli manometri; 16, 17, 19 – jo'mraklar; 18 – Mariotta idishi; 20 – o'lchovli silindr.

Dastlab gilza tubiga filtrlovchi qog'oz joylashtiriladi. Gilzaga solingan kukunning usti ikkinchi filtrlovchi qog'oz so'ngra plunjir 10 bilan yopiladi. Gilza gidravlik pressi 13 ga qoyilib 3-4 MPa bosimgacha presslanadi.

Presslangan materialning qatlami gilzaning shkalasi boyicha o'lchanadi. So'ngra gilza vakuum shlangi 14 bilan qurilmaning o'lchov qismiga ulanadi. Xamma o'lchovlar atrof muxit temperaturasi doimiy (20-25°C) bo'lganda bajariladi. O'lchovlar paytida temperatura 0,2°C dan yuqori ko'tarilishi mumkin emas. Mariotta idishi 18 xona temperaturasi teng bo'lgan distillangan suv bilan 16, 17 jo'mraklar yordamida to'ldiriladi. Idish to'ldirilgandan so'ng 16, 17 jo'mraklar yopiladi. Agar 19 jo'mrak yoki shishali tirsakda havo pufakchalari qolgan bo'lsa, unda 16 va 19 jo'mraklarni ochib suvni chiqarib yuborish kerak.

Qurilmaning o'lchov qismi tayyor bo'lganidan so'ng gilza 11 vakuum shlang 14 ga ulanganligi tekshiriladi va xavoning dispers material qatlamidan filtrlanish tezligi o'lchanadi.

Kran 19 ochiladi va sekundomer yordamida vaqt belgilanadi. Suv idish 18 dan silindr 20 ga sistema va atmosfera bosimlar farqi tufayli oqib tushadi. Atmosfera bosimi simob barometri yordamida o'lchanadi. Vaqt boyicha xavoning filtrlanish tezligi Mariotta idish 18 dan suvning ma'lum xajmi oqib chiqishidan aniqlanadi. Dispers

materiallar namunasi uchun o'lchovlar 2-3 marotaba takrorlanadi va xisobot jadvaliga kiritiladi.

Tajriba natijalarini hisoblash va hisobot tuzish

Elakli saralash tahlili.

Hisobot jadvali natijalari boyicha 18.1 a va b grafiklari tuziladi.

$\left(\frac{M_i}{M_n}\right) \cdot 100$ nisbatan fraktsiyadagi donalarning massaviy ulushi aniqlanadi, bu yerda M_i – elakdagi kukuning massasi, g; M_n – dastlabki kukun namunasining massasiga teng bo'lgan xamma fraksiyalarning umumiy massasi, g.

Zarrachalarning o'rtacha diametri $d_{0,1}$ (18.1), chetlanish ko'rsatkichi R_{ch} esa (18.2) formuladan topiladi.

Solishtirma yuzani aniqlash

O'lchovsiz o'tkazuvchanlik ko'rsatkichiga R_1 bog'liq bo'lgan xolda zarrachalar qatlamidan xavo oqimini qovushqoq oqish ma'lumotlaridan solishtirma yuza S_k (sm^2/sm^3) quyidagi formulalar yordamida aniqlanadi:

$$P_1 = 3 \div 100 \quad S_k = 8,73 \cdot 10^4 \frac{\varepsilon^2}{1 - \varepsilon} \sqrt{\frac{1}{K_y \Pi_1^{0,26}}} \quad (18.10)$$

$$P_1 = 0,1 \div 3 \quad S_k = 1,2 \cdot 10^5 \frac{\varepsilon^2}{1 - \varepsilon} \sqrt{\frac{1}{K_y \Pi_1^{0,83}}} \quad (18.11)$$

$$P_1 > 100 \quad S_k = 4,7 \cdot 10^4 \frac{\varepsilon^2}{1 - \varepsilon} \sqrt{\frac{1}{K_y}} \quad (18.12)$$

(18.10) – (18.12) tenglamalarda bo'shliq ε quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi:

$$\varepsilon = 1 - M_m / (\rho_m V_m)$$

bu yerda M_m – dispers materialning namunasi, g; ρ_m – materialning zichligi, g/ sm^3 ; V_m – gilza 11 da presslangandan so'ng materialning egallagan hajmi, sm^3 ; $V_m = F \cdot L$; F – gilzaning ko'ndalang kesim yuzasi (4,906 sm^2); L – presslangan kukun qatlamining balandligi, sm.

O'tkazuvchanlik (filtratsiyalash) ko'rsatkichi K_{fi} :

$$K_{fi} = p_1 V_{su} L / (\Delta P F \tau)$$

bu yerda p_1 – kukun qatlamlarning o'rtasidagi bosim, P_a ($p_1 = P_{atm} - \Delta p/2$;
 P_{atm} – atmosfera bosimi, Pa); V_{sav} – oqib o'tgan suvning xajmi, sm^3 ; Δp – manometr 15
dagi bosimlar farqi; τ – xajmi o'lchangan suvning oqib tushgan vaqti, s.

O'lchovsiz o'tkazuvchanlik ko'effitsienti R_1 :

$$R_1 = 6,585 \cdot 10^{-4} K_w / \epsilon$$

bu yerda 6,585 – 20°C da xavo uchun ρ/μ nisbati (ρ – kg/m^3 , μ – $Pa \cdot s$).

Hisobot o'z ichiga quyidagilarni olishi kerak:

- 1) vazifa;
- 2) spetsifikatsiyasi bo'lgan qurilmaning sxemasi; 3) xisobot jadvallari;
- 4) kerakli hisobotlar; 5) grafikli bog'liqliklar.

18-1 jadval

Elak raqami	Elakdagi teshiklar o'lchami, mm	Elakdagi donlarning o'rtacha o'lchamlari, mm	Fraktsiyalar boyicha zarrachalarin g taqsimlanishi	Integral xarakteristikalar		
				Elakdagi qoldiq	Elakdan o'tish	
2,5			g	%		
1,6						
1,0						
...						
Tub						
Jami						**
						100

Ishning ikkinchi qismida xisobot jadvaliga xisoblangan va o'lchangan qiymatlarni
kiritishi kerak: o'lchov raqamini, kukun namunasi (Mg, g), o'lchovdan oldin va
o'lchovdan so'nggi havoning temperaturasi (t , °C); o'lchash vaqti (τ , s), oqib tushgan
suvning xajmi (V_{sav} , sm^3); kukun qatlamlarning orasidagi bo'shliq (ϵ); kukun qatlamidagi
bosimlar farqi (Δp – $sm \cdot s \cdot u$ xisoblash va P_a ga aylantirish); qatlam oldidagi bosim (p ,
 $sm \cdot s \cdot u$, Pa); qatlamlarning tuzilish va oqimning fizikaviy xususiyatlarining (p_1)
ko'effitsienti; qatlamlarning o'tkazuvchanligi (K_w) yoki filtrlash ko'effitsienti; kukunning
solishtirma yuzasi (S_k va S_{sol} sm^2/sm^3).

* Elaklar raqami: 0,63; 0,4; 0,315; 0,2; 0,16; 0,1; 0,063; 0,05.

** Tajriba vaqtida bo'lgan yo'qotishlar ham kiritiladi.

Tekshirish uchun savollar

1. Maydalangan materialning dispersligini qanday kattaliklar bilan xarakterlash mumkin?
2. Elaklar o'lchovining past chegarasini aytng.
3. O'lchamlariga qarab material zarrachalarining taqsimlanishining differentsial va integral egri chiziqlari qanday tuziladi?
4. Zarrachalarning o'rtacha o'lchangan diametri $d_{0,1}$ qanday aniqlanadi?
5. Chetlanish ko'effitsienti R_{ch} qanday aniqlanadi?
6. Havo dispers qatlam orasida harakat qilayotganida qachon Puazeyl qonunidan chetlanish paydo bo'lgan?
7. Mayda dispers qatlam orasida havoning zarrachalar yuzasidan sirpanish effektining paydo bo'lishini qaysi ko'effitsient tufayli bilish mumkin?
8. GOST talablari boyicha elaklarning xususiyatlarini aytib bering.
9. Qanday usullar yordamida nokristall zarrachalarning (shu jumladan yopishqoq, loyqali va x.) o'lchovlarini aniqlash mumkin?

ADABIYOTLAR

1. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. - М.: Химия, 1973. - 727 с.
2. Yusupbekov N.R., Nurmuxamedov H.S., Zokirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalari. - T.: Sharq, 2003. - 644 b.
3. Yusupbekov N.R., Nurmuxamedov X.S., Zokirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalar. - T.: Sharq, 2016. - 848 b.
4. Yusupbekov N.R., Nurmuxamedov X.S., Ismatullayev P.R. Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarining jarayon va qurilmalari fanidan xisoblar va misollar. - Toshkent, Nisim, 1999. - 351 b.
5. Гельперин Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. - М.: Химия, 1981. - кн.1. - 410 с.
6. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. - Л.: Химия, 1981. - 575 с.
7. Коузов А. П. Основные анализы дисперсного состава промышленных пылей измельченных материалов. - Л.: Химия, 1987. - 264 с.
8. Charles E., Thomas. Process Technology Equipment and Systems., Fourth Edition, Cengage Learning, USA., 2015. - 526 p.

Internet saytlari

1. www.texnologiy.ru
2. www.ziyounet.uz

ERKIN KONVEKTSIYA JARAYONIDA HAVONING ISSIQLIK BERISH KOEFFITSIENTINI ANIQLASH

Ishning nazariy asoslari

Harakatda bo'lgan issiqlik eltich (gaz yoki suyuqlik), xamda qattiq jismining yuzasi orasida issiqlikning tarqalishi konvektiv issiqlik almashinish jarayoni deyiladi. Issiqlik o'tkazish yuzadan issiqlik eltichni harakatga keltiruvchi kuch ta'sirida, gaz va suyuqlik orasida, erkin va majburiy konveksiya usullarida issiqlik almashinish jarayonlari mavjud bo'lishi mumkin.

Majburiy konveksiyada issiqlik almashinish jarayoni issiqlik eltich nasos, ventilyator va boshqa moslamalar yordamida xarakati laminar yoki turbulent bo'lishi mumkin.

Real sharoitda issiqlik almashinish jarayoni 3 ta usullar – konveksiya, nurlanish va issiqlik o'tkazuvchanlik yordamida amalga oshadi. Ushbu ishda qizdirilgan metall tuba yuzasida chegaralanmagan xajmda xavoning issiqlik berish ko'effitsienti, faqat erkin konveksiya va nurlanish usullarida o'tgan issiqlik miqdori inobatga olgan xolda aniqlanadi.

Murakkab konvektiv issiqlik almashinish jarayonini matematik ta'riflash uchun odatda Nyuton tenglamasidan foydalanish mumkin:

$$\frac{dQ}{dt} = \alpha(t_d - t_s)F$$

yoki uzluksiz jarayon uchun:

$$\frac{Q}{F} = \alpha(t_d - t_s), \quad (19.1)$$

bu yerda Q – issiqlik oqimi, W; F – issiqlik almashinish yuzasi, m²;

α – proporsionallik yoki issiqlik berish ko'effitsienti, W/(m²·K);

t_d , t_s – devor va muhit (gaz yoki suyuqlik) ning temperaturasi.

Issiqlik berish ko'effitsienti α birlik (1 m²) yuzadan vaqt birligi (1s) davomida, temperaturalarining farqi 1°S ($t_d - t_s$) bo'lganda uzatilgan issiqlikning miqdorini bildiradi va devor yuzasi, xamda suyuqlik (yoki gaz) orasida issiqlik almashinish jarayonining intensivligini baxolash uchun qo'llaniladi. Bu kattalik issiqlik berish ko'effitsienti deyiladi va erkin konveksiya sharoitida jarayonning bir qator parametrlariga bog'liq.

Issiqlik berish ko'effitsienti α faqat tajriba yo'li bilan aniqlanadi va bitta tajribaning natijalari boshqa o'xshash sharoitlarga ham taaluqli bo'lishi mumkin.

Agar, atrof -muhit va qattiq jisim yuzasida suyuqlik yoki gazlarning zichliklari farqi tufayli issiqlik almashinish konveksiya orqali sodir bo'lsa, unda turg'un rejimda o'xshashlik kriteriyalari orasida quyidagi bog'liqlik bo'ladi:

$$Nu = f(Gr, Pr) \quad (19.2)$$

U esa odatda darajali bog'liqlikda approksimatsiyalanadi:

$$Nu = C(Gr \cdot Pr)^n \quad (19.3)$$

$Gr \cdot Pr$ ning nisbatan kam o'zgarish soxasida S va n kattaliklarni doimiy deb hisoblash mumkin va ularning son qiymatlari quyidagi jadvalda keltirilgan:

$Gr \cdot Pr$	S	n
$1 \cdot 10^{-3} - 5 \cdot 10^2$	1,18	0,125
$5 \cdot 10^2 - 2 \cdot 10^7$	0,54	0,250
$> 2 \cdot 10^7$	0,134	0,333

Gazlar uchun Prandtl kriteriyasi temperaturaga bog'lik bo'lmagan doimiy kattalik deb xisoblanadi va xavo uchun $Gr = 0,722$ ga teng.

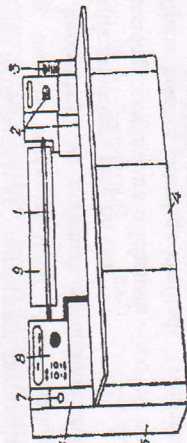
$$Pr = \frac{c \cdot \mu}{\lambda}$$

bu yerda c – gazning issiqlik sig'imi, J/(kg·K); μ – gazning dinamik qovushqoqligi, Pa·s; λ – gazning issiqlik o'tkazuvchanlik ko'effitsienti, W/(m·K). Gragsoff kriteriyasi:

$$Gr = Ga \cdot \beta \cdot \Delta t \quad \text{yoki} \quad Gr = \frac{gd^3}{\nu^2} \beta \Delta t$$

bu yerda $Ga = \frac{Re^2}{Fr}$ – Galiley kriteriyasi (Re va Fr – Reynolds va Frud kriteriyalari);

β – gazlarning xajmiy kengayish ko'effitsienti ($\beta = 1/T$; 1/K); Δt – muhit va modda orasidagi temperaturalar farqi; g – erkin tushish tezlanishi ($g = 9,81$ m/s²); d – jismining o'lchami, m; ν – kinematik qovushqoqlik ko'effitsienti, m²/s.



19.1-rasm. Qurilmaning sxemasi.

1-ishchi blok; 2-temperaturalar bloki; 3-mikrokalkulyator; 4-stol; 5-g'ilof; 6-avtomatik yondirg'ich; 7-signalni armatura; 8-quvvat bloki; 9-ekran.

Ma'lum sharoitlarda konvektiv issiqlik almashinishni tajriba yo'li bilan ko'rib chiqilishi va olingan natijalarni (19.3) tenglama yordamida xisoblanishi bir xil o'xshash sharoitlarda issiqlik almashinish qurilmalarini xisoblashda qo'llash imkonini yaratib beradi.

Ishning maqsadi – trubaning gorizontaal yuzasida xavoning erkin konvektsiya jarayonida tajriba yo'li bilan issiqlik berish ko'effitsienti α ni aniqlash va cheksiz issiqlik berish ko'effitsientini hisoblash uchun umumlashtirilgan bog'liqlikni olish.

Qurilmaning tasnifi

Tajriba qurilmasi (19.1-rasm) ikkita funksional sistemadan iborat: vazifa berish va isitkichga uzatilayotgan kuchlanishni hisoblash, hamda isitkich temperaturasi o'lchash sistemalari. Isitish uchun kuchlanish blok 8 dan avtotransformator orqali ko'rib chiqilayotgan gorizontaal joylashgan va uzunasi 874 mm, ichki diametri esa $d=20$ mm li yupqa devorli tuba 1 ning chetlariga uzatiladi. Avtotransformator blok quvvatiga o'rnatilgan raqamli qurilma bilan ta'minlangan. Nurlanish yo'li bilan issiqlik almashinishni kamaytirish uchun trubaning tashqi yuzasi sirlangan. Trubaning tashqi yuzasidagi temperaturalar ma'lum qadamda o'rnatilgan xromel – kopell termoparalar (6-7 dona) yordamida o'lchanadi. Termoparalar o'tkazuvchilar (pereklyuchatel) orqali temperatura bloki 2 da o'rnatilgan ko'p nuqtali potentsiometrga ulangan. Laborator stolida qurilmaning xamma elementlari o'rnatilgan: ishchi blok 1; temperaturalar bloki 2; quvvat bloki 8; signalli 7 va ximoylovchi 6 armatura, ko'rib chiqilayotgan trubka elementi tiniq ekran 9 bilan ximoylangan. Tajriba natijalarini xisoblash uchun qurilmada mikrokalkulyator 3 o'rnatilgan.

Tajriba o'tkazish uslubini

Sinalayotgan trubaga avtotransformator orqali kuchlanish yuboriladi. Tok kuchi va kuchlanishning miqdori aniqlanadi. Termopara ko'rsatishini kuzatib, zarur issiqlik rejimi belgilanadi (hamma termoparalar ko'rsatishi vaqt davomida o'zgarmaydi).

Temperaturaning turg'un taqsimlanishida elektr qizdirgich ajratgan issiqlik quvvatining qiymati, konvektsiya va nurlanish yo'li bilan trubaning yon yuzasidan tarqalgan umumiy issiqlik miqdoriga teng bo'ladi.

So'ng trubaga yuzasidagi temperatura o'lchanadi – xar bir nuqtadan 3 marotaba har 5 minutda olingan natijalar hisobot jadvaliga kiritiladi. Temperaturalar o'lchanayotgan daqiqada isitkichning quvvati va atrof-muxit temperaturasi belgilanadi.

Tajriba isitkich quvvatining ikkita qiymatida takrorlanadi (maksimal quvvat 0,2 kW dan ortik bo'lmaydigan).

Hisobot jadvaliga quyidagilar kiritiladi: tajribalar soni, jarayon davomiyligi τ (s), tok kuchi I (A), kuchlanish ΔU (V), quvvat N (Vt), potentsiometr ko'rsatishi buyicha temperaturalar $t_1, t_2, \dots, t_n$ ($^{\circ}\text{C}$), tuba yuzasining o'rta temperatura t_g ($^{\circ}\text{C}$), atrof-muxit temperatura t_{havo} ($^{\circ}\text{C}$).

Tajriba natijalarini hisoblash va hisobot tuzish

1. Umumiy o'rtacha issiqlik berish ko'effitsientini aniqlaymiz:

$$\alpha = \frac{Q}{[(t_g - t_{\text{havo}})F]}$$

bu yerda $Q=N$ – konvektsiya va nurlanish bilan tuba yuzasidan uzatilgan issiqlik oqimi, W (o'rnatilgan rejimda u elektr isitkich quvvatiga teng); $t_g = \sum_{i=1}^n t_i / n$ – qizdirilgan yuzaning o'rtacha temperaturasi, $^{\circ}\text{C}$; $F=\pi d l$ – issiqlik beruvchi yuzasi, m^2 .

2. Nurlanish jarayoni uchun o'rtacha issiqlik berish ko'effitsientini aniqlaymiz:

$$\alpha_n = \frac{Q_n}{[(t_g - t_{\text{havo}})F]}$$

bu yerda $Q_1 = \varepsilon_q S_0 F [(T_g/100)^4 - (T_{\text{ar}}/100)^4]$ – qizdirilayotgan yuzadan nurlanish usulida uzatilgan umumiy issiqlik oqimining qismi $\varepsilon_q = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_s} + \frac{F}{F_{\text{ar}}} \left(\frac{1}{\varepsilon_{\text{ar}}} - 1 \right)}$ – keltirilgan

qoralik darajasi; ε_s – tuba yuzasining qoralik darajasi (ma'lumotnomadan); ε_{ar} – atrof-dagi jismlarning qoralik darajasi; F – trubaning issiqlik berish yuzasi, m^2 ; F_{ar} – atrof-dagi jismlarning yuzasi, m^2 ($F_{\text{ar}} > F$ bo'lgani uchun $\varepsilon_q = \varepsilon_s$); $S_0 = 5,67$ – absolyut qora jismlarning nurlanish ko'effitsienti, $\text{Vt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$; T_{ar} – atrof-dagi jismlarning temperaturasi, K ($T_{\text{ar}} = T_{\text{havo}}$ deb qabul qilinadi).

3. Konvektsiyada o'rtacha issiqlik berish ko'effitsientini xisoblash $\alpha_k = \alpha - \alpha_q$

4. Birliksiz komplekslarni xisoblash:

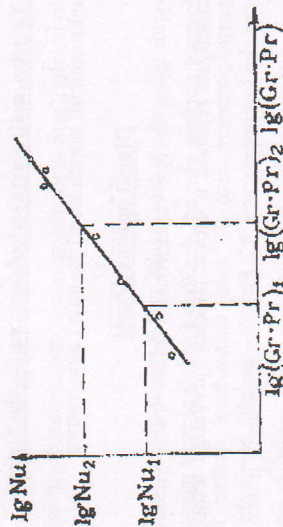
$$Nu = \frac{\alpha d}{\lambda} \quad \text{va} \quad (PrGr) = \frac{gd^3}{\nu^2} \cdot \rho \cdot \Delta t \cdot Pr$$

Olingan ma'lumotlar ikkinchi xisobot jadvaliga kiritiladi.

$Nu = C(Gr \cdot Pr)^n$ kriteriyalari orasidagi darajali bog'liqlikni aniqlash uchun doimiy kattaliklar C va n ni aniqlash lozim.

Darajali bog'liqlikdan logarifmik koordinatalarda grafikda ko'rsatilgan to'g'ri chizikni olish mumkin (19.2-rasm):

$$\lg Nu = \lg C + n \lg (Gr \cdot Pr) \quad (19.4)$$



19.2-rasm. C va n doimiy kattaliklarni grafik usulda aniqlash.

Doimiy kattalik n ning qiymati abssissa o'qiga to'g'ri chiziqlarning og'ish burchagi tangensi orqali aniqlanadi, ya'ni:

$$n = \frac{(\lg Nu_2 - \lg Nu_1)}{[\lg(Gr \cdot Pr)_2 - \lg(Gr \cdot Pr)_1]}$$

Doimiy kattalik C esa quyidagi nisbatdan aniqlanadi:

$$C = \frac{Nu}{(Gr \cdot Pr)^n}$$

Tajriba yo'li bilan topilgan darajali bog'liqlik birinchi xisobot jadvalining ko'rsatkichlari bilan taqqoslanadi.

Tekshirish uchun savollar

1. Issiqlik o'tkazish turlari.
2. Issiqlik berish jarayonida xarakatlanuvchi kuch nima?
3. Issiqlik o'txashlik kriteriyalarini ta'riflab bering.
4. Issiqlik berish koeffitsientining fizik ma'nosi.
5. Devor orqali tarqalgan issiqlik oqimi va devor bilan muxit orasidagi o'rtacha temperaturalar farqi orasida qanday bog'liqlik bor?
6. Temperaturalar farqi qanday xisoblanadi.
7. Gazning fizik – kimyoviy konstantalari tanlanganda kriterial tenglamaga kirgan qaysi bir temperatura asosiy deb xisoblanadi?
8. Qaysi issiqlik berish koeffitsienti bilan umumiy issiqlik uzatish koeffitsienti aniqlanadi?

ADABIYOTLAR

1. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. - М.: Химия, 1973. – 727 с.
2. Yusupbekov N.R., Nurmuxamedov X.S., Ismatullayev P.R. Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarning jarayon va qurilmalari fanidan xisoblar va misollar. - Toshkent, Nisim, 1999. – 351 b.
3. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. - Л.: Химия, 1981. – 575 с.
4. Yusupbekov N.R., Nurmuxamedov X.S., Zokirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalar. – T.: Sharq, 2016. – 848 b.
5. Charles E., Thomas. Process Technology Equipment and Systems., Fourth Edition, Cengage Learning, USA., 2015. – 526 p.
6. Sanford Klein, Gregory Nellis. Thermodynamics. Cambridge University Press, 2012. – 1072 p.

Internet saytlari

1. www.technology.ru
2. www.ziyounet.uz

I LOVLAR

Ilova - 1

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIV TA'LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI DENOV TADBIRKORLIK VA PEDAGOGIKA INSTITUTI "UMUMIY KIMYO VA KIMYOVIY TEXNOLOGIYALAR" KAFEDRASI

Laboratoriya ishi № _____ ishning bajarilgan vaqti _____
ishning nomi _____
Bajargan talabning guruh _____
Familiya va ismi _____

I. Ishning mohiyati _____
II. Aniqlanayotgan kattaliklarning fizik mohiyati _____
III. Qurilmaning sxemasi _____
IV. Sinov natijalari _____

Vaqt _____ Laborantning imzosi _____
V. Zaruriy kattaliklarning to'la hisobi
(hisoblar SI sistemasida bajariladi)
VI. Grafiklar _____
(grafiklar millimetr qog'ozida tasvirlanadi)
VII. O'qituvchining muloxazasi _____
VIII. Foydalanilgan adabiyotlar
(muallif, kitobning nomi, nashriyoti, chop etilgan vaqti)
1. _____
2. _____

Bajarilgan _____ Vaqt _____
Ishning bahosi _____
Ishni qabul qiluvchi o'qituvchi _____ Vaqt _____

Ilova - 2

Fizik kattaliklar	Savning fizik xususiyatlari				
	20	40	60	80	100
Zichlik, ρ , kg/m ³	998	992	983	972	958
qovushoqlik, $\mu \cdot 10^3$, N/s/m ²	1.005	0.656	0.468	0.356	0.284
Isshilik sig'imi, c , J/kg·K	4190	3960	3771	3566	3387
Isshilik o'tkazuvchanlik, λ , V/m·K	0.5931	0.639	0.6620	0.6745	-

Ilova - 3

Havoning fizik xususiyatlari

Zichlik, ρ , kg/m ³	Dinamik qovushoqlik, $\mu \cdot 10^3$, N/s/m ²	Kinematik qovushoqlik, ν , m ² /s	Isshilik sig'imi, c , J/kg·K	Isshilik o'tkazuvchanlik, λ , V/m·K
1,29	17,3·10 ⁻⁶	13,4·10 ⁻⁶	1,006	0,0261

Ilova - 4

Maxalliy qarshiliklar ko'rsatkichlari

Qarshiliklar turi	Maxalliy qarshilik ko'rsatkichlarining qiymatlari				
	O'tkir qirrali: $\zeta = 0,5$	Silliqlangan qirrali: $\zeta = 0,2$	(1.49) formula yordamida Δr xisoblangan [4.5], ushbu ζ	xisobga olinmaydi $\zeta = 1$	qarshilik qiymati
Trubaga kirish					
Trubadan chiqish					
To'g'ri trubada o'tkir qirrali diafragma					
d_o - diafragma teshigi, m; δ - diafragma qalinligi, m; w - oqimning teshikdagi o'tacha tezligi, m/s; w - oqimning trubadagi o'tacha tezligi, m/s $m = (d_o/D)^2$;					
D-trubaning diametri, m.	m	0,02	0,06	0,1	0,14
	ζ	7000	730	245	117
	m	0,24	0,2	0,34	0,5
	ζ	32,0	22,3	13,1	4,00
					0,97
					0,13
Dumaloq yoki to'rtburchak ko'ndalang kesimli tirsak					
	ϕ burchagi, gradus	20	45	90	130
	A	0,31	0,6	1,0	1,120
					1,40
d-trubaning ichki diametri, m; R_o - trubaning buklanish radiusi	R_o/d	1,0	2,0	4,0	6,0
	V	0,21	0,15	0,11	0,09
					0,06
					0,04
					0,03
90° li standart cho'yan tirsak	Shartli O'tish, mm	12,5	25	37	50
	ζ	2,2	2	1,6	1,1
Normal ventill					
	Ventil to'li ochiq bo'lganda qiymatlari:				
	D, mm	13	20	40	80
		10,8	0	4,9	4,1
					4,4
					4,7
					5,1
					5,5
To'g'ri yo'lli ventill					
	Re $\geq 3 \cdot 10^5$ bo'lganda ζ quyidagi jadvaldan aniqlanadi:				
	D, mm	25	50	76	150
	ζ	1,04	0,79	0,60	0,42
					0,32
	Re $< 3 \cdot 10^5$ bo'lganda, qarshilik ko'rsatkichi $\zeta = \zeta_1 \cdot K$				
	ζ qiymati Re $> 3 \cdot 10^5$ dagidek topiladi,				
	K qiymati esa ushbu jadvalda berilgan:				
	Re	5000	20000	100000	300000
	K	1,40	0,94	0,91	1
Kran					
	Shartli o'tish diametri, mm	13	19	25	32
					38
					50
					va yuqori
					2
					2
					2
					2

Po'latning temperaturasi 0°S dan 100°S ga o'zgariganda issiqlik o'tkazuvchanlik ko'effitsientining miqdori

Metall	Zichlik ρ , kg/m ³	Issiqlikning o'tkazuvchanlik ko'effitsienti λ , W/m·K
Po'lat	0 °C 100 °C	7850 7900
		46,5 17,5

Toyingan suv bug'i xossalari boshim bilan o'zaro bog'lanishi

Boshim, p	Temperatura		r - bug'lanish issiqligi	
	Kg/sm ²	K	°C	Kkal/kg
0,07848·10 ⁵	0,08	314,25	41,1	2400
0,09810·10 ⁵	0,10	316,55	45,4	2390
0,11772·10 ⁵	0,12	322,15	49,0	2382
0,14715·10 ⁵	0,15	326,45	53,6	2372
0,19620·10 ⁵	0,20	332,85	59,7	2358
0,29430·10 ⁵	0,30	341,85	68,7	2336
0,39240·10 ⁵	0,40	348,55	75,4	2320
0,49050·10 ⁵	0,50	354,05	80,9	2307
0,58860·10 ⁵	0,60	358,65	85,5	2296
0,68670·10 ⁵	0,70	362,45	89,3	2286
0,78480·10 ⁵	0,80	366,15	93,0	2276
0,88290·10 ⁵	0,90	369,35	96,2	2270
0,98100·10 ⁵	1,00	372,25	99,1	2264
1,17720·10 ⁵	1,20	377,35	104,2	2249
1,37340·10 ⁵	1,40	381,85	108,7	2237
1,56960·10 ⁵	1,60	385,85	112,7	2227
1,76580·10 ⁵	1,80	389,45	116,3	2217
1,96200·10 ⁵	2,00	392,75	119,6	2208

Atmosfera bosimida qaynaydigan ba'zi suvli eritmalar konsentratsiyasi, mass. %

Erigan modda	Qaynash temperaturasi, °C											
	101	102	103	104	105	107	110	115	120	120	120	120
CaCl ₂	5,66	10,31	14,16	17,36	20,00	24,24	29,33	35,68	40,83			
KON	4,49	8,51	11,97	14,82	17,01	20,88	25,65	31,97	36,51			
KCl	8,42	14,31	18,96	23,02	26,57	32,62	37,69	43,97	50,86			
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	93,07			
MgCl ₂	4,67	8,42	11,66	14,31	16,59	20,32	24,41	29,48	33,77			
MgSO ₄	14,31	22,78	28,81	32,23	35,32	42,66	49,87	56,21	62,94			
NaOH	4,12	7,40	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	29,87	34,94	40,83			
NaNO ₃	8,26	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	37,32	44,47	52,89	62,94	74,94	88,94			
Na ₂ CO ₃	9,42	17,22	23,72	29,18	33,86	40,83	49,87	60,94	74,94			
CuSO ₄	26,95	39,98	44,47	49,87	56,21	62,94	70,94	80,94	92,94			
ZnSO ₄	20,00	31,22	37,89	42,92	46,15	52,89	60,94	70,94	82,94			
(NH ₄) ₂ SO ₄	6,10	11,35	15,96	19,80	22,89	28,37	35,98	46,95	59,95			

Zadviyka	Sharti o'tish											
	Diametri, mm											
Trubaning bordan kengayishi	Re = $\frac{w_0 \cdot d_0}{\nu}$											
	0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6											
F ₀ - kichik ko'ndalang kesim yuzasi, m ² ; w - kichik ko'ndalang kesim yuzadagi oqim tezligi, m/s; F ₁ - katta ko'ndalang kesim yuzasi, m ²	10	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1
	100	1,70	1,40	1,20	1,10	1,00	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40
	1000	2,0	1,60	1,30	1,05	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30
	3500	1,00	0,70	0,60	0,40	0,30	0,25	0,20	0,16	0,12	0,10	0,08
	va undan yuqori	0,81	0,64	0,50	0,36	0,25	0,16	0,12	0,10	0,08	0,06	0,05
Trubaning bordan torayishi	10	5,0	5,0	5,0	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	0,50	0,40	0,30
	1000	0,64	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15
	3500	0,50	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10	0,08	0,06	0,05
	va undan yuqori	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10	0,08	0,06	0,05

Diafragma sarf ko'effitsientlarining qiymatlari

Re	m=0,05	m=0,1	m=0,2	m=0,3	m=0,4	m=0,5	m=0,7
5000	0,6032	0,6110	0,6341	-	-	-	-
10000	0,6026	0,6092	0,6261	0,6530	0,6890	0,7367	-
20000	0,5996	0,6050	0,6212	0,6454	0,6765	0,7186	0,8540
30000	0,5990	0,6038	0,6187	0,6403	0,6719	0,7124	0,8404
50000	0,5984	0,6032	0,6168	0,6384	0,6666	0,7047	0,8276
100000	0,5980	0,6026	0,6162	0,6359	0,6626	0,6992	0,8155
400000	0,5978	0,6020	0,6150	0,6340	0,6600	0,6950	0,8019

d - diafragma teshigining diametri, m; m = (d₀/d)².

Tuzatish ko'effitsientlarining qiymatlari

Truba diametri, m	m=0,1	m=0,2	m=0,3	m=0,4	m=0,5	m=0,6	m=0,7
0,05	1,0037	1,0063	1,0082	1,0118	1,0144	1,017	1,020
0,10	1,0024	1,0045	1,0064	1,0085	1,0108	1,013	1,014
0,20	1,0017	1,0023	1,0034	1,0040	1,0052	1,006	1,007
0,30	1,0005	1,0010	1,0010	1,0010	1,0010	1,001	1,001

O'ltov birliliklari o'rtasidagi nisbatlar

Kattaliklar nomi	SI binoan birligi	SI birliklariga o'tkazish koefitsientlari
Temperatura	K	$T = (t + 273,15) \text{ K}$
Og'irlik kuchi	G	$1 \text{ kgk} = 9,81 \text{ N}$ $1 \text{ dina} = 10^{-5} \text{ N}$
Dinamik qovushoqlik	Pa-s	$1 \text{ texnik kuch} = 9,81 \cdot 10^3 \text{ N}$ $1 \text{ Puaz} = 0,1 \text{ Pa-s}$ $1 \text{ sP} = 10^{-3} \text{ Pa-s}$
Kinematik qovushoqlik	m ² /c	$1 \text{ st (Stoks)} = 10^{-4} \text{ m}^2/\text{c}$
Bosim	Pa	$1 \text{ kgk/cm}^2 = 1 \text{ atm} = 9,81 \cdot 10^4 \text{ Pa} = 735 \text{ mm simob ustuni}$ $1 \text{ kgk/m}^2 = 9,81 \text{ Pa}$ $1 \text{ atm} = 1,033 \text{ kgk/m}^2 = 1,011 \cdot 10^4 \text{ Pa} = 760 \text{ mm sim ustuni}$ $10,33 \text{ m suv ustuni}$ $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$
Quvvat	Vt	$1 \text{ kgk-m/s} = 9,81 \text{ Vt}$ $1 \text{ erg/s} = 10^{-7} \text{ Vt}$ $1 \text{ kkal/soat} = 1,163 \text{ Vt}$
Hajm	m ³	$1 \text{ l} = 10^{-3} \text{ m}^3 = 1 \text{ dm}^3$
Zichlik	kg/m ³	$1 \text{ t/m}^3 = 1 \text{ kg/dm}^3 = 1 \text{ g/sm}^3 = 10^3 \text{ kg/m}^3$
Hajmiy sarf	m ³ /s	$1 \text{ l/min} = 16,67 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$
Solishtirma issiqlik sig'imi	J/kg-K	$1 \text{ kkal/kg}^\circ\text{S} = 4,19 \text{ kJ/kg}^\circ\text{K}$
Issiqlik berish, o'tkazish koefitsientlari	W/m ² -K	$1 \text{ kkal/m}^2\text{-soat}^\circ\text{S} = 1,163 \text{ Vt/m}^2\text{-K}$
Issiqlik o'tkazuvchanlik koefitsienti	W/m-K	$1 \text{ kkal/m-soat}^\circ\text{S} = 1,163 \text{ Vt/m-K}$
Solishtirma entalpiya	J/kg	$1 \text{ kkal/kg} = 1 \text{ kJ/kg}$
Solishtirma og'irlik	G/m ³	$1 \text{ kgk/m}^3 = 1,163 \text{ N/m}^3$

Old qo'shimchali birliliklar

Tera (T)	10 ¹²	Santi (s)	10 ⁻²
Giga (G)	10 ⁹	Milli (m)	10 ⁻⁴
Mega (M)	10 ⁶	Mikro (mk)	10 ⁻⁶
Kilo (K)	10 ³	Nano (n)	10 ⁻⁹
Detst (d)	10 ⁻¹	Piko (p)	10 ⁻¹²

