

O`ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIV VA O`RTA MAXSUS TA`LIM VAZIRLIGI
GULISTON DAVLAT UNIVERSITETI



«OZIQ-OVQAT TEXNOLOGIYALARI» kafedrası
«ASOSIY TEXNOLOGIK JARAYON VA QURILMALAR »
fanidan laboratoriya ishlarini bajarish uchun

O`QUV USLUBIY QO`LLANMA

GULISTON 2022

UDK 66.0(075.8)

T.J.Pirimov, D.I. G'anijonov,
J.Z Xazratqulov
“Asosiy texnologik jarayon va qurilmalar”
Guliston 2022

Ushbu uslubiy qo'llanmada “Asosiy texnologik jarayon va qurilmalar” fanidan laboratoriya ishlarini bajarishda 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 issiliq almashinish qurilmasida issiliq berish va o'tkazish koeffitsientlarini, eritmalarning temperatura depressiyasini aniqlash, quritish qurilmasidagi materialning quritish va quritish tezligining egri chiziqlarini tasvirlash, hamda nasadkali kolonnalarning gidrodinamikasini aniqlash bo'yicha laboratoriya ishlari bayon qilingan

Taqrizchi: t.f.n dots. Nigmadjanov S.K.

Guliston davlat universiteti o`quv-metodik kengashining 2022 yil _____ dagi _____sonli yig`ilish bayonnomasiga asosan nashrga tavsiya etilgan.

Guliston davlat universiteti
“Universitet nashriyoti” 2022 yil

1-LABORATORIYA ISHI: SUYUQLIKLARNING OQISH REJIMINI ANIQLASH.

Ishning nazariy asoslari

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

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

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

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

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

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

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

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

Gidravlikada nazariy tadqiqotlar natijalarini soddalashtirish maqsadida ideal suyuqlik modelidan foydalaniladi.

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

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

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

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

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

bu erda m – suyuqlik massasi, kg; v – suyuqlikning hajmi, m^3 ;

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

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

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

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

bu erda g – erkin tushish tezlanishi, m/s^2 .

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

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

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

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

$$P_{a\bar{o}} = P_{mon} + P_{amm} \quad (1.5)$$

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

$$P_{a\bar{o}} = P_{amm} - P_{\bar{a}ak} \quad (1.6)$$

bu erda P_{vak} . - vakuummetr bilan o'lchanadigan siyraklanish. Bosimni fizik va texnik atmosferada, mm.suv va mm.simob ustunida o'lchanadi.

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

1 texnik atmosfera (1 atm) = 736,6 mm simob ustuni = 10 mm suv ustuni = 1

$$\text{kg}\cdot\text{k}/\text{sm}^3 = 10000 \text{ kg}\cdot\text{k}/\text{m}^3 = 98100 \text{ N}/\text{m}^2.$$

QOVUSHOQLIK. Haqiqiy real suyuqliklar truba 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 qatlamning yuzasiga, so'rilish tezligi gradientiga va shu suyuqlikning qovushoqlik koeffitsientiga to'g'ri proporsional :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Vaqt birligi ichida oqib o'tgan suyuqlik miqdori " m^3/soat ", " l/soat ", " l/s ",

"m³/s" birliklarida o'lchansa hajmiy sarf, agar kg/soat, kg/s da o'lchansa massaviy sarf deyiladi.

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

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

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

bu erda V - hajmiy sarf miqdori, m³/s; S - trubaning ko'ndalang kesimi, m².

Yuqoridagi tenglikdan:

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

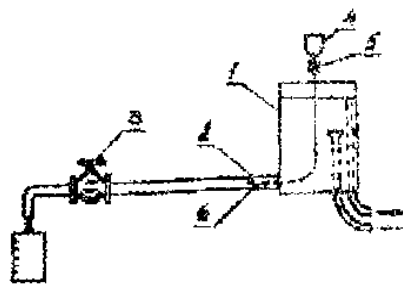
Bu tenglik sekundlik **sarf tenglamasi** deyiladi. Suyuqlikning massaviy sarfi quydagicha aniqlanadi:

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

bu erda $\rho \cdot w$ - suyuqlikning massaviy tezligi, kg/m²·s.

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

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



1.1 - rasm. Laboratoriya tajriba qurilmasi.

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

Suv oqimining tezligi kichik bo'lganda rangli suyuqlik suvga aralashmasdan to'g'ri chiziq bo'ylab gorizontaal ip shaklida harakat qiladi. Chunki, kichik tezlikda

suvning zarrachalari bir-biriga aralashmasdan, parallel rejim deb yuritiladi.

Trubadagi suv oqimi tezligi keskin ko'paytirilsa, rangli eritma truba bo'ylab to'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 kriteriysi** deyiladi. Reynolds kriteriysi o'lchovsiz ma'lum son qiymatga ega. Masalan, halqaro birliklar sistemasida uning son qiymati quydagiga teng:

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

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

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

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

bu erda S – suyuqlik oqimining kesim yuzasi, m^2 ; Π – ho'llangan perimetr.

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

$$h_{MKH} = \xi_{MKH} \cdot \frac{w^2}{2g} \quad (1.13)$$

Ishni bajarish tartibi

1. 1.1- rasmdagi laboratoriya tajriba qurilmasi tekshiriladi.

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

3. Trubada oqayotgan suvning temperaturasi o'lchanadi.

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

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

1-1 jadval

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

Suvning temperaturasi, °S								
Vizual ko'rinish								
Oqim rejimi								

Tekshirish uchun savollar

1. Suyuqliklarning asosiy fizik xossalari: zichlik, solishtirma og'irlik, bosim, qovushoqlik.
2. Suyuqlikning harakat tezligi va sarflanishi.
3. Hidravlik radius va ekvivalent diametr.
4. Suyuqlik oqimining harakat rejimlari.
5. Laminar va turbulent hajmdagi oqim harakatining o'rtacha tezligi.
6. Eylarning differensial tenglamasi.
7. Hidrostatikaning asosiy tenglamasi.

2-LABORATORIYA ISHI: TRUBALARDA MAHALIY VA ICHKI ISHQALANISH QARSHILIKLRINI ANIQLASH.

Ishning nazariy asoslari

Bernulli tenglamasi:

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

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

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

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

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

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

Z - geometrik bosim (h), shu nuqtadagi potentsial solishtirma energiyani xohlatini xarakterlaydi. $P/\rho g$ - statik bosim (h_{cm}), shu nuqtadagi solishtirma bosim, potentsial energiyani xarakterlaydi. $w^2/2g$ - dinamik bosim (h_o), shu nuqtadagi solishtirma kinetik energiyani xarakterlaydi.

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

Shunday qilib, Bernulli tenglamasiga binoan, ideal suyuqliklarning turg'un harakatida geometrik, statik va dinamik bosimlar yig'indisi o'zgarmas umumiy gidrodinamik bosimga teng bo'lib, unda oqim trubaning bir kesimidan

ikkinchisiga o'tganda o'zgarmaydi. Shu bilan birga ideal suyuqliklarning turg'un harakatida potentsial ($Z+P/\rho g$) va kinetik $w^2/2g$ energiyalarning yig'indisi har bir ko'ndalang kesim uchun o'zgarmasdir. Shunday qilib, Bernulli tenglamasi, energiyaning saqlanish qonunining xususiy ko'rinishi bo'lib, oqimning energetik balansini belgilaydi.

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

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

Bunday sharoitda Bernulli tenglamasi quyidagicha ifodalanadi:

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

yoki

$$h_g + h_{cm} + h_o + h_u = H \quad (2.4)$$

ifodada h_y ishqalanish kuchini engish 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:

$$\rho g Z_1 + p_1 + \frac{\rho w_1^2}{2} = \rho g Z_2 + P_2 + \frac{\rho w_2^2}{2} + \Delta P \quad (2.5)$$

bu erda ΔR - sarflangan bosim fari [Pa].

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Shuning uchun

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

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

Shunday qilib, (2.8) tenglamani quyidagicha ifodalash mumkin

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

yoki

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

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

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

$Re=4 \cdot 10^3 - 1 \cdot 10^6$ (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-budurlikiga 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'lchanishi absolyut geometrik g'adir-budurlik deyiladi.

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

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

G'adir-budurliklarning λ_r ta'siri truba devorlaridagi g'adir-budurliklar balandligi (Δ) va laminar qatlam qalinligining (δ) o'zaro munosabatidan

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

Mahalliy qarshiliklardagi bosimning yo'qotilishi, ishqalanish qarshiligidek, dinamik bosim orqali topiladi. Aynan bir mahalliy qarshilikdagi bosim yo'qotilishining dinamik bosimga h_o nisbatini – mahalliy qarshilik koeffitsienti deyiladi va u $\xi_{m.k.}$ deb belgilanadi.

Chunonchi, har xil mahalliy qarshiliklar uchun:

$$\begin{aligned} h_{mk1} &= \xi_{mk1} \cdot \frac{w^2}{2g} \\ h_{mk2} &= \xi_{mk2} \cdot \frac{w^2}{2g} \\ h_{mkn} &= \xi_{mkn} \cdot \frac{w^2}{2g} \end{aligned} \quad (2.15)$$

yoki hamma mahalliy qarshiliklar uchun:

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

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

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

Mahalliy qarshilik ko'ffisientining qiymati

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

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

Truba birdan kengayganda mahalliy qarshiliklarni engish uchun yo'qotilgan bosim $\Delta R_{\sigma\kappa}$ quyidagi tenglamadan topiladi:

$$\Delta P_{\sigma\kappa} = \xi_{\sigma\kappa} \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2} \quad (2.17)$$

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

2-2 jadval

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

Umumiy bosim yo'qolishini quyidagi tenglamadan

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

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

va to'la gidravlik qarshilikni

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

ushbu tenglamalar yordamida aniqlash mumkin.

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

Ishni bajarish tartibi.

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

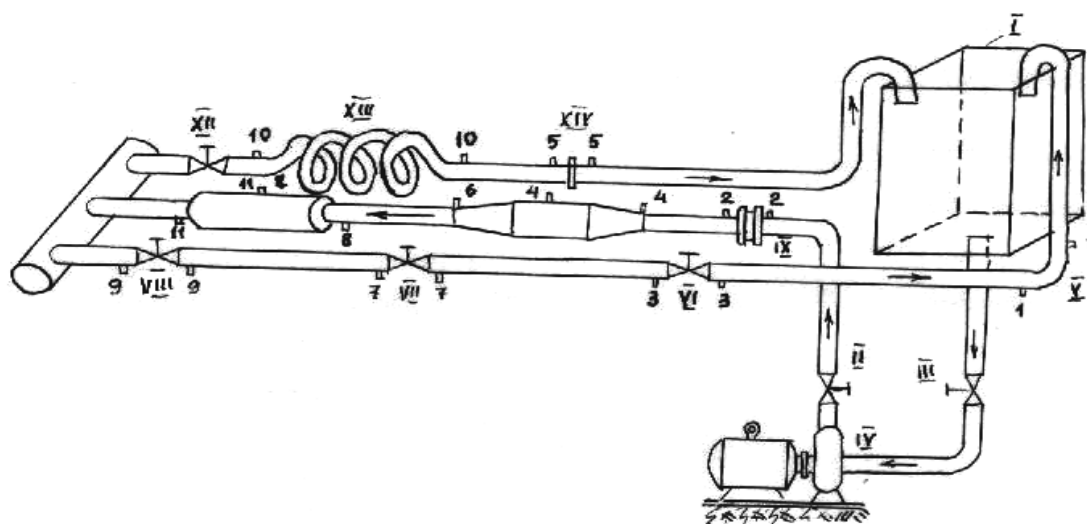
Tajriba qurilmasida 10 ta mahalliy qarshiliklar bor. Suyuqlikning tezligi xaydash yo'lidagi jo'mraklarning yopish yoki ochish orqali amalga oshiriladi. Suyuqlikning tezligi 0,5 dan 2,5 m/s gacha o'zgartirish mumkin qurilmadagi truba va jo'mraklarnig shartli diametri 50 mm.

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

Tajriba qurilmasi quyidagi qismlardan iborat:

1- o'zgarmas suyuliklik idish; 2- xaydash yo'lidagi jo'mrak; 3- so'rish yo'lidagi jo'mrak; 4- markazdan qochma nasos; 5- sinalayotgan tekis burchak ostidagi to'g'ri burilish ($l = 900\text{mm}$); 6- sinalayotgan jo'mrak ($l = 1750\text{mm}$); 7- sinalayotgan jo'mrak ($l = 375\text{mm}$); 8- tiqinli jo'mrak ($d_u = 50\text{mm}$); 9- o'lchovchi diafragma ($d_u = 50\text{mm}$, $d_0 = 37\text{mm}$); 10- asta-sekin kengayish va torayish $F_0/F_1 = 0,3$; 11- sinalayotgan birdan kengayish va torayish $d_{\sigma k} = 98\text{mm}$; $d_m = 50\text{mm}$ $F_0/F_1 = 0,5$; 13- sinalayotgan zmeevik ($D = 380\text{ mm}$ $d_{mp} = 50\text{mm}$); 14- manometr.

TAJRIBA QURILMASINING SXEMASI



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

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

Suyuqlikning sarfini quyidagicha topish mumkin:

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

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

2-3 hisobot jadvali

	O'lchov birligi	1-tajriba	2-tajriba	3-tajriba	4-tajriba
Suyuqlikning hajmiy sarfi V_c	m^3/c				
Manometrning ko'rsatkichi	$kg \cdot k/sm^2$				
Trubaning ko'ndalang kesim yuzasi, F	m^2				
Oqimning o'rtacha tezligi, w_{ur}	m/s				
Suvning temperaturasi, t	0S				
Suvning dinamik qovushoqligi μ	$N \cdot s/m^2$				
Reynolds soni Re	-				
Mahalliy qarshilikni engish uchun yo'qotilgan bosim, ΔR_{mk}	$kg \cdot k/sm^2$				
To'g'ri kanallarda ishqalanishni engish uchun					
Yo'qotilgan bosim ΔR_i	-				
Ishqalanish koeffitsienti, λ	-				
Mahalliy qarshilik koeff., ξ	-				
Ekvivalent g'adir- budurlik	mm				

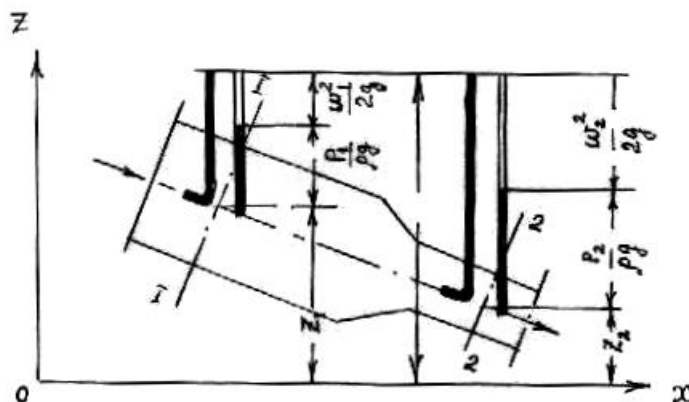
Tekshirish uchun savollar.

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

3-LABORATORIYA ISHI: SUYUQLIKLARNING TEZLIGI VA SARFINI PITO-PRANDTL NAYCHASI BILAN O'LCHASH.

Ishning nazariy asoslari

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



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

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

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

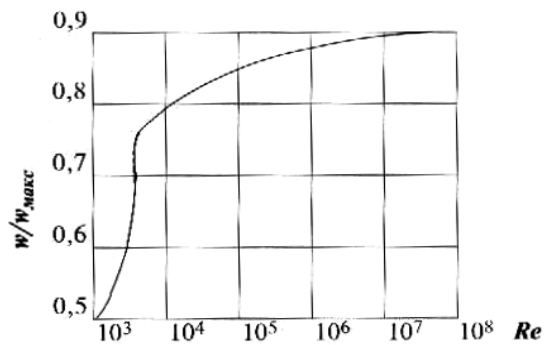
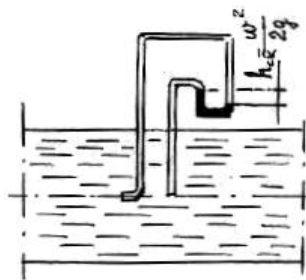
$$h_d = \frac{w_{max}^2}{2g}; \quad w_{max} = \sqrt{2g \cdot h_g} \quad (3.1)$$

3.1 - rasmdan ko'rinib 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:

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

Shunga asosan ikkinchi kesimida trubaning tor qismda ham umumiy bosim o'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 naychalaridagi suyuqlik trubadagi oqayotgan suyuqlik bilan bir hil bo'ladi. Pito-Prandtl naychasi U - simon manometrga ega bo'lib, bu manometr (3.2-rasm) trubadagi suyuqlikka nisbatan zichligi kattaroq, trubadagi suyuqlik bilan aralashmaydigan suyuqlik bilan to'ldiriladi.



3.2 - rasm.

3.3. rasm.

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

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

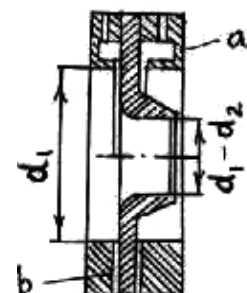
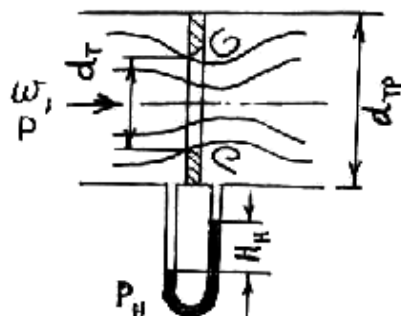
bu erda ρ - muhit zichligi, kg/m^3 ; h - manometrdagi suyuqlik balandligi, m; ρ_m - manometrdagi suyuqlik zichligi, kg/m^3 .

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

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

d - trubaning diametri, m; μ - muhitning dinamik qovushokligi, $\text{N}\cdot\text{s/m}^2$.

Maksimal tezlik orqali



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

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

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

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

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

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

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

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

bu erda n - o'lchamlar soni.

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

Suyuqlik miqdori esa sekundli sarf tenglamasi orqali aniqlanadi:

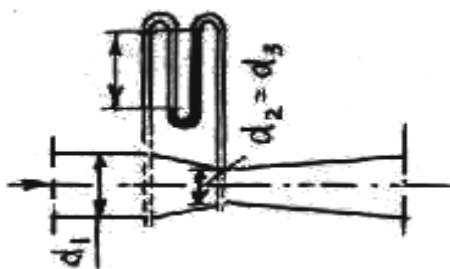
$$V = F \cdot w_{yp} \quad (3.8)$$

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

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

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

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



3.6.-rasm

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)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

bundan

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

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

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

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

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

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

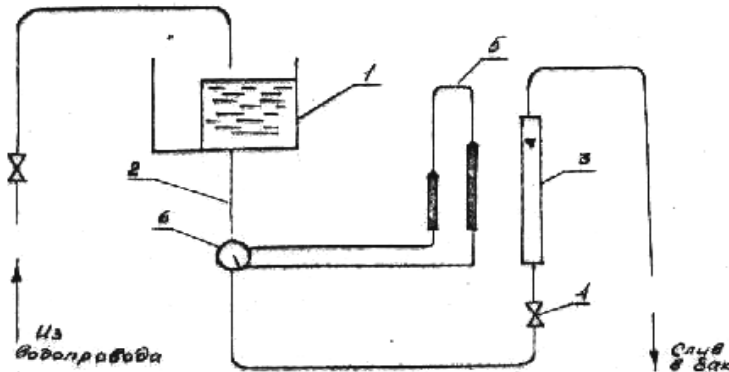
bu erda α - drossel asboblarning sarf koeffitsienti deb yuritiladi.

Drossel qurilmalarning diametri truba diametridan 3-4 marotaba kichik, shuning uchun (3.14) tenglamadagi $(d_2/d_1)^4$ kattalik ham kichik bo'ladi. Demak, suyuqlikning sarfini quyidagicha aniqlash mumkin

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

Ish bajarishdan maqsad:

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



Ishni bajarish tartibi.

3.7-rasmdagi laboratoriya qurilmasi tekshiriladi.

1-bosim xosil qiluvchi idish; 2-suyuqlik sarfi o'lchanayotgan truba $d=40\text{mm}$;

3-rotametr PS-5; 4-ventil; 5-U-simon difmanometr; 6-Pito-Prandtl naychasi.

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

3-1 jadval

O'lchanadigan miqdorlar				Hisoblanuvchi miqdorlar		
h_{din}, m	$P, \text{kgs/sm}^2, \text{s/m}^2$	$T, ^\circ\text{S}$	Rotametr ko'rsatishi	$w = \frac{V_c}{f}$ m/s	$\Delta P = (\rho_m - \rho_e)gh$ N/m ²	$\text{Re} = \frac{w \cdot d \cdot \rho}{\mu}$

Tajriba natijalarini isoblash.

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

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

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

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

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

Reynolds kriteriysiga qarab o'rtacha tezlik topiladi:

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

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

va nihoyat suyuqlikni sarfi aniqlanadi:

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

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

Tekshirish uchun savollar

1. Bernulli tenglamasining fizik ma'nosi.
2. Suyuqlikning tezligini va sarfini o'lchash.
3. Pnevmetrik trubaning ishlash prinsipi.
4. O'lchovchi diafragma;
5. O'lchovchi soplo;
6. Venturiy trubasi;
7. Sarf koeffitsienti.
- 9) Bernulli tenglamasining amalda qo'llanilishi.

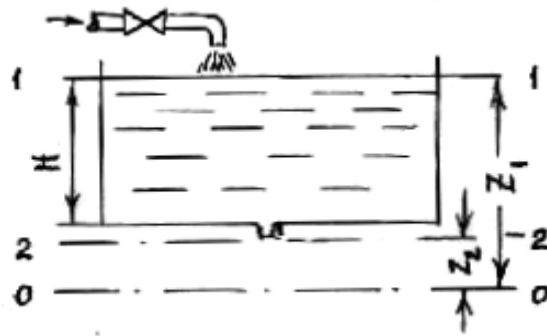
4-LABORATORIYA ISHI: SUYUQLIKLARNI NASADKA VA TESHIKLARDAN OQISHI.

Ishning nazariy asoslari

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

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

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



4.1- rasm.

Idishning ustki qismi ochiq bo'lgani uchun $P_1 = P_2$ va suyuqlikning balandligi o'zgarmagani 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

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

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

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

bu erda φ - tuzatuvchi koeffisient ($\varphi < 1$), ya'ni suyuqlik oqimi teshikdan oqib tushayotganda, bosimni yo'qhisobga oladi va tezlik koeffisienti deyiladi. Suyuqlik oqimi teshikdan oqib tushayotganda siqilishi natijasida, tezlik va bosim kamayadi, bunday xolat teshikdan chiqayotgan oqimning siqilishi koeffisienti orqali hisobga olinadi va ε bilan belgilanadi:

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

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

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

Tezlik va oqimning siqilish koeffisientlarining ko'paytmasi sarf koeffisienti deyiladi va α bilan belgilanadi.

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

bundan

$$\omega_0 = \alpha \cdot \sqrt{2g \cdot H} \quad (4.8)$$

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

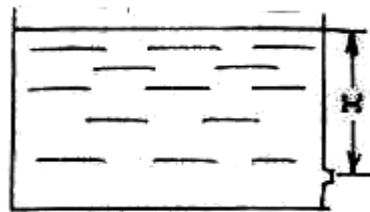
Suyuqliklar kalta patrubkalardan (nasadkalardan) oqib o'tayotganda kirish va chiqish qismida qo'shimcha tezlik va bosim yo'qotadi, bu esa φ qiymatini kamaytiradi. Shu bilan birga oqim patrubkaga kirish chog'ida, bir muncha to'ldirgan holda oqib chiqadi, ya'ni $\varepsilon = 1$ ga teng natijada, sarf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

Hajmiy sarf miqdori:

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

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

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



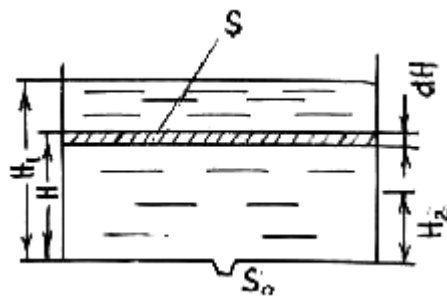
4.2 - rasm.

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

Bunday oqib chiqishda, suyuqlikning balandligi H vaqt birligida kamayib boradi va shu bilan birga uning tezligi ham kamayib, oqish jarayonini turg'unmas harakatda bo'ladi. Elementar vaqt $d\tau$ birligida suyuqlikning balandligi N_1 dan N_2 gacha o'zgarganda, idish hajmidagi pastki teshikdan oqib o'tayotgan suyuqlik hajmi:

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

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



4.3.- rasm.

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

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

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

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

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

bundan

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

suyuqlikni oqib tushish vaqtini aniqlash uchun bu ifodani integrallasak:

$$\tau = \frac{S}{\alpha \cdot S_0 \cdot \sqrt{2g}} \cdot \int_{H_1}^{H_2} H^{-1/2} dH = \frac{2 \cdot S}{\alpha \cdot S_0 \cdot \sqrt{2g}} \cdot (\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2}) \quad (4.15)$$

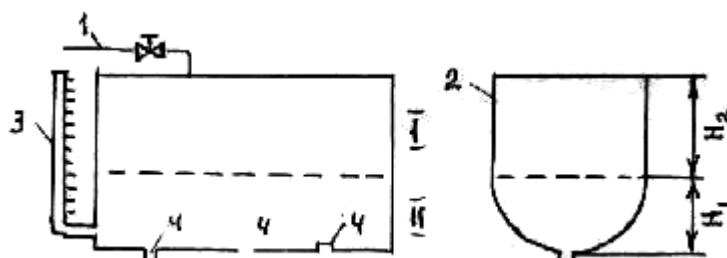
Demak,

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

4.16 tenglama orqali idishdagi suyuqlik balandlik ma'lum miqdorga kamayganda, ya'ni N_1 dan N_2 ga o'zgarganda suyuqlikning butunlay oqib chiqish vaqti quyidagicha aniqlanadi:

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

Ushbu ishni bajarishdan maqsad: tajriba yo'li bilan vaqt ichida suyuqlikni har hil shakldagi teshiklar orqali va shunda idishning ko'ndalang kesimi o'zgarmagan xolda suyuqlikni o'zgaruvchan balandlikda oqib chiqishini aniqlashdir.



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

Ishni bajarish tartibi

Vaqt birligi ichida idishning ko'ndalang kesimi o'zgarmagan xolda suyuqlikni oqib chiqishini aniqlash quyidagicha:

1. Jumrak (1) ni ochib idish suv bilan to'ldiriladi va bunda suv sathi, o'lchash nayining (3) yuqori qismigacha bo'lishi kerak.

2. Idish tubidagi biron-bir teshik (4) ni ochib shu vaqt (τ) ichida oqib chiqayotgan suvning hajmiymiqdorini, idish balandligining har 2 sm balandlik kamayganda aniqlanadi.

3. Suv o'lchagich balandligining o'zgarishi va vaqt ichida sarf miqdorini yozib turish kerak.

4. Suv o'lchagich balandligining o'zgarishida teshikdan oqib chiqqan suyuqlik vaqti 4.16 formuladan hisoblanadi.

Tajriba natijalarini hisoblash

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

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

4-1 jadval

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

Tekshirish uchun savollar

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

5-LABORATORIYA ISHI: MAVHUM QAYNASH QATLAMI GIDRODINAMIKASI. MAVHUM QAYNASH QATLAMIDA QAYNASH VA ZARRACHALARNING UCHIB CHIQISH TEZLIKLARINI ANIQLASH.

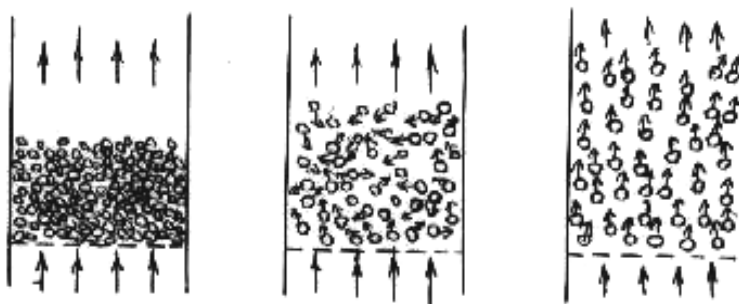
Ishning nazariy asoslari

Kimiyo va oziq-ovqat sanoatlarining texnologik jarayonlarida mavhum qaynash usuli keng qo'llanilmoqda. Issiqlik almashinish, quritish, Adsorbsiya, aralashtirish, uzatish, katalitik, kuydirish kabi jarayonlarda ishlatilishi yaxshi natijalar bermoda.

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

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

Gaz yoki suyulik tezligiga qarab donasimon qatlamning xolati xar xil bo'ladi. Agar to'r orqali pastdan yuqoriga qaratib kichik tezlik bilan havo oqimi yuborilsa, material qatlami o'zgarmay qoladi va uning xarakteristiklari (solishtirma yuza,



qatlamdagi zarrachalar orasidagi bo'shliq va xokazo) tezlik oshishi bilan o'zgarmaydi (6.1a-rasm).

Lekin, xavo oqimning tezligini asta-sekin oshirib borsak, tezlik ma'lum 6.1-rasm. Bir kritik qiymatga ega bo'lganda qatlam kengayadi, uning balandligi (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 xarakatining intensivligi ortadi va ular xar xil yo'nalishda intensiv xarakat qiladi. Bunday sharoitda qatlam mavhum qaynash xolatini egallaydi, ya'ni qatlam xuddi qaynayotgandek bo'lib ko'rinadi (6.1b-rasm).

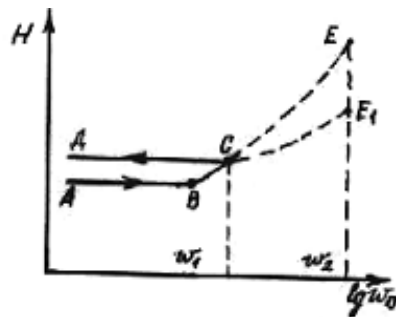
Qatlamning o'zgarmas xolatdan mavhum qaynash xolatga o'tishiga to'g'ri keladigan xavo yoki suyulikning tezligi mavhum qaynashning boshlanish tezligi yoki birinchi kritik tezlik deb ataladi.

Agar, oqim tezligini yana oshiraversak, qatlamdagi zarrachalarning orasida

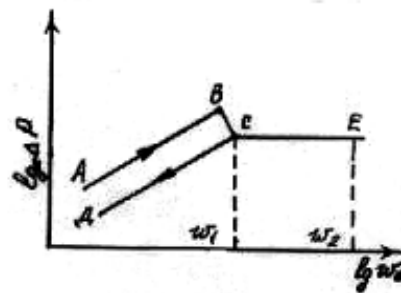
bo'shliq $\varepsilon = \frac{V_K - V_0}{V_K}$ ortadi va uning balandligi N yangi kritik tezligacha ortaveradi.

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

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



6.2-rasm.



6.3-rasm

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

6.2-rasmda qatlam balandligining oqim tezligiga bog'liligi tasvirlangan. Fiktiv tezligi deb oqim tezligini qurilmaning ko'ndalang kesim yuzasining nisbatiga aytiladi.

Fiktiv tezlik w_0 qandaydir w_0 tezlikkacha oshguncha, qatlamning balandligi o'zgarmaydi (AB kesma). AB chizig'i o'zgarmas qatlam oraliqotayotgan gaz xarakatini tasvirlaydi. Bu oraliqda tezligi oshishi bilan qatlamning gidravlik qarshiligi P ortib boradi. BS chiziq mavhum qaynash jarayonining boshlanishini xarakterlaydi.

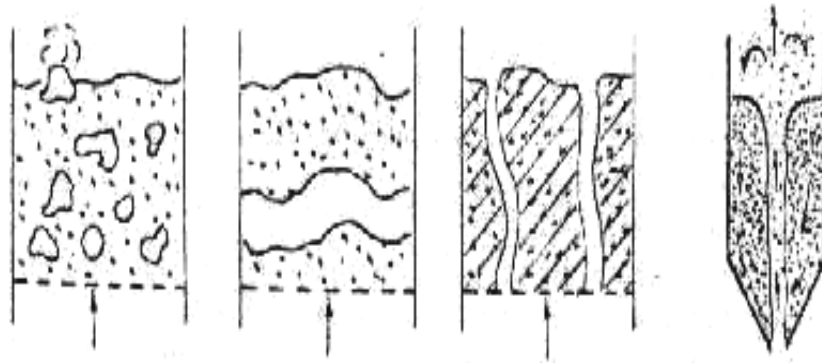
Ammo, mavhum qaynash boshlanishidan avvalgi gidravlik qarshilik S nuqtadagidan ko'prok bo'ladi (B nuqta). Bunga sabab, o'zgarmas qatlamdagi (AB chizi) zarrachalar orasidagi tortishish kuchlarining borligidir. Oqimning tezligi w_0 kattaligiga etganda, zarrachalar tortishish kuchini engadi va bosimlar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

orqali ifodalanadi. E nuqta to'g'ri kelgan tezlik w_2 ikkinchi kritik tezlikni xarakterlaydi.

6.4-rasm. Mavhum qaynash turlari:

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

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



6.4-rasm. Mavhum qaynash turlari

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

Mavhum qaynash jarayoni mavhum qaynash soni bilan xarakterlanadi:

$$K_{\omega} = \frac{w_{\omega}}{w_1} \quad (6.1)$$

bu erda w_u - qurilmaning to'la kesimiga nisbatan olingan oqimning ishchi tezligi.

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

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

qattiq zarrachalar og'irligi esa,

$$G_{\kappa} = F \cdot H \cdot (1 - \varepsilon) \cdot (\rho_{\kappa.3} - \rho_M) \cdot g \quad (6.3)$$

bu erda H - qatlamning balandligi, m; ε - qatlamdagi bo'sh xajm; $\rho_{\kappa.3}, \rho_M$ - qattiq zarracha va muhitning zichliklar kg/m.³

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

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

bu erda 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 erda 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:

$$Re_{\kappa p1} = \frac{Ar}{1400 + 5,22 \cdot \sqrt{Ar}} \quad (6.6)$$

bu erda

$$Re_{\kappa p1} = \frac{w_1 \cdot d\rho}{m} = \frac{w_1 \cdot d}{\nu} \quad (6.7)$$

$$w_1 = \frac{Re_{\kappa p1} \cdot \mu}{d\rho}; \quad Ar = \frac{g \cdot d^3 \cdot (\rho_{\kappa 3} - \rho_M)}{\mu^2} \quad (6.8)$$

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

$$Re_{\kappa p2} = \frac{Ar}{18 + 0,575 \cdot \sqrt{Ar}} \quad (6.9)$$

bu erda

$$Re_{\kappa p2} = \frac{w_2 \cdot d\rho}{\mu} = \frac{w_2 \cdot d}{\nu} \quad (6.10)$$

$$w = \frac{Re_{\kappa p2} \cdot \mu}{d\rho} \quad (6.11)$$

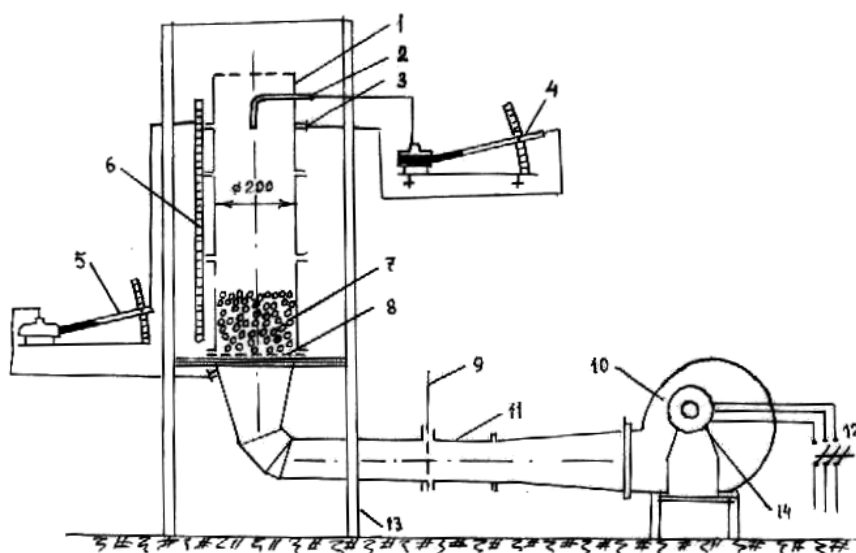
bu erda Ar - Arximed kriteriysi; ν - kinematik qovushoqlik, m²/s; d - qattiq zarracha diametri, m.

Ishni o'tkazishdan maqsad: Mavhum qaynash qatlamining gidravlik

qarshiligini, birinchi va ikkinchi kritik tezliklarini aniqlash, xamda ularni nazariy usulda hisoblangan kattaliklar bilan taqqoslash. $\Delta P = f(w)$ va $H = f(w)$ bog'likliklarni grafik usulda tasvirlash.

Ishni bajarish tartibi

6.5-rasmda tajriba o'tkazish qurilmasi tasvirlangan va u quyidagi qismlardan iborat: organik shishadan yasalgan kolonna (1), uning pastki qismida kesim yuzasi 20% bo'lgan to'r parda (8) o'rnatilgan. To'r parda ustiga o'lchami $10 \times 10 \times 10$ mm bo'lgan penoplastdan tayyorlangan kubsimon zarrachalar joylashtiriladi: To'r parda ostiga, gaz trubalar (11) orqali ventilyator yordamida rostlanadi. havoning sarfi shiber (9) yordamida rostlanadi. Mavhum qaynash qatlamining balandligi o'lchov chizig'i (6) bilan o'lchanadi. Gidravlik qarshilik miqdori mikromanometr (5) bilan aniqlanadi. havoning sarfi Pito-Prandtl trubkasi ulangan mikromanometrda h_d ni o'lchash yo'li bilan topiladi.



6.5-rasm.

Kolonna (1) to'r pardasi (8) ustiga donasimon zarrachalardan iborat qatlam qo'yiladi va tagidan ventilyator (10) yordamida havo berib boshlanadi. havoni sarfini ozginadan oshirib borib qatlamning mavhum qaynash boshlanishi aniqlanadi. So'ngra xavoning sarfi asta-sekin ko'paytiriladi. Mavhum qaynash boshlanadi. Tajribalar paytida qatlamning gidravlik qarshiligi va balandligi H o'lchanib boriladi. Materiallarni intensiv qaynash xolatiga olib borilib, ΔP va P ning qiyamtlari yozib olinadi. Keyin ventilyator va havo berish to'xtatiladi. har bir tajribaning son qiyamtlari jadvalga yozib qo'yiladi.

Tajriba ko'rsatkichlarini hisoblash

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

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

bu erda D-qurilma diametri, D=200 mm; α -tuzatish koeffitsienti, $\alpha=0,7$; g-erkin tushish tezlanishi, $g=9,81 \text{ m/s}^2$; ρ - spirtning zichligi, kg/m^3 ; x_1 - mikromanometrning ko'rsatkichi, mm.sim.ust.; K_1 - mikromanometrning burchak koeffitsienti; h_d - dinamik bosim, mm.suv.ust.

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

bu erda x_2 - manometrning ko'rsatkichi, mm.spirt.us. ρ_x -havoning zichligi, kg/m^3 .

2. Havoning fiktiv tezligi aniqlanadi;

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

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

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

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

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

6-1 jadval.

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

Tekshirish uchun savollar

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

MAVXUM QAYNASH QATLAMIDA ZARRACHALARNING QAYNASH VA UCHIB CHIQISH TEZLIKLARINI ANIQLASH.

Ishning nazariy asoslari

Pastdan yuqoriga qarab xarakat qilayotgan gaz yoki suyuqlik oqimida xarakat qilayotgan qattiq modda zarrachasiga bir necha xil kuch ta'sir qiladi: og'irlik kuchi $G=mg$, sharsimon zarracha uchun

$$G=\rho Vg=\frac{\pi d^3}{6}\rho_3g \quad (17.1)$$

ko'tarish kuchlari A-bu kuch zarrachaning hajmiga teng:

$$A=\frac{\pi d^3}{6}\rho_3g$$

suyuqlik oqimining dinamik bosimi:

$$P=\psi \cdot w^2 \cdot \rho \cdot d^2$$

qarshilik kuchi:

$$R=\xi F \frac{w^2}{2} \frac{\rho}{2} = \xi \frac{\pi d^2}{6} \frac{w^2 \rho}{2}$$

bu erda 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 xarakatlantiruvchi 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 $R=G$ bo'lib qoladi. Bunda tezlanish nolga teng bo'lib qoladi va zarracha erkin, o'zgarmas tezligi yoki erkin uchish tezligi deb yuritiladi.

Laminar rejimda $Re < 2$, (17.3)

Bu tenglama Stoks tenglamasi deb yuritiladi. Ya'ni, tezlikni aniqlash uchun xarakat rejimi, Re ni bilish kerak, buning uchun xam tezlikni bilish kerak. Shuning uchun erkin cho'kish tezligini aniqlashda empirik tenglamalar bilan 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 foydalanib olamiz:

$$Re = \frac{Ar}{(18 + 0,61\sqrt{Ar})} \quad (17.4)$$

bu erda $Re_{yq} = \frac{w_{yq.uch.} d \rho_M}{\mu_M}$ - Reynolds kriteriysi; $Ar = \frac{d^3 \rho_M (\rho - \rho_M) g}{\mu_M^2}$ - Arximed

kriteriysi; μ_m - muxitning dinamik qovushqoqligi, $\text{Pa}\cdot\text{s}$.

Berilgan ishning sharoitida $0,61\sqrt{Ar} \gg 18$ ga teng va (17.4) tenglamani qisqartirish mumkin:

$$Re_{yq} = \frac{\sqrt{Ar}}{0,61} \quad (17.5)$$

Bundan tashqari ushbu ishda $\rho \gg \rho_s$ bo'lganligi uchun Arximed kriteriysiga taalluqli bo'lgan ifoda kuyidagicha qisqartiriladi:

$$Ar = \frac{d^3 \rho_m \rho g}{\mu_m^2}$$

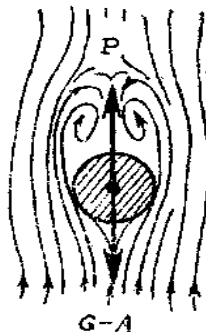
Arximed va Reynolds kriteriyalarining qqiymatlarini (17.5) tenglamaga quyib, quyidagiga erishamiz:

$$w_{yq.u.} = \frac{1}{0,61} \sqrt{\frac{d\rho g}{\rho_m}} = 5,13 \sqrt{\frac{d\rho}{\rho_m}} \quad (17.6)$$

Sharsimon shaklga ega bo'lmagan zarrachaning uchib chiqish tezligi xuddi shunday xajmli sharsimon zarrachaning uchib chiqish tezligidan kam bo'ladi:

$$W_{uch} = \varphi \cdot W_{uch.sh.} \quad (17.7)$$

bu erda $\varphi < 1$ – shaklni belgilovchi koeffitsient bo'lib, tajriba yo'li bilan aniqlanadi.
17.1-rasm. Yuqoriga yo'nalgan oqimda qattik zarrachaga ta'sir qilayotgan kuchlar.

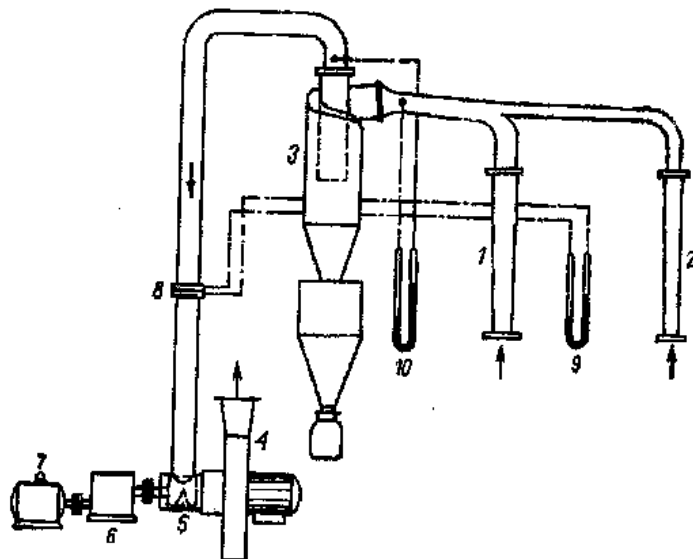


Ishning maqsadi – sharsimon va silindrik zarrachalarning xavo oqimida uchib chiqish tezligini eksperimental yo'l bilan aniqlash va (17.6) formula yordamida xisoblangan qiymat bilan taqqoslash.

Qurilmaning tasnifi

Qurilma (17.2-rasm) turli diametrli shisha 1 va 2 trubkalaridan, siklon 3 va markazdan qochma ventilyator 4 dan iborat. Shisha trubkalar konuslik burchagiga ega. Xar birida quyilgan belgining satxida kengroq trubaning ichki diametri 58,8 mm, ingichkarok trubaniki esa 33,9 mm 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 ftoroplastli 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 truba 1 yoki 2 bilan soʻrilib siklon 3 dan oʻtadi va xonaga yuboriladi. Stiklon xavo oqimi bilan kelgan mayda polidispers materiallarni ushlab qolish uchun xizmat qiladi. Stiklonning silindrik qismining diametri 170 mm.

Havoning sarfini reduktor 6 orqali elektrodvigatel 7 bilan xarakatga keluvchi nazorat qiluvchi qurilma 5 yordamida oʻzgartirish mumkin. Stiklondan ventilyatorgacha havo difmanometr 9 ulangan diafragma 8 oʻrnatilgan. Stiklonning gidravlik qarshiligini aniqlash uchun difmanometr 10 qoʻllaniladi.

Ishni bajarish tartibi

Differensial manometr nol satxida ekanligini tekshirish, yaʼni suyuqlik bir xil sathda boʻlishi kerak. Shchitdagi oq tugmani bosib qurilma elektr tarmoqqa ulanadi. Shisha trubalarning birida tirkach olinadi. Ventilyator ishga tushuriladi. «Koʻp» yoki «kam» tugmalarni biriga qisqa vaqt bosib nazorat qiluvchi qurilmaning tirkashi ochiladi (yoki yopiladi), shu bilan zarracha shisha trubkaning belgisini yonida parvoz qilmaguncha havo sarfi oʻzgartirib turiladi.

Difmanometr 9 ning koʻrsatkichi xisobot jadvaliga yoziladi. Tirkach yopiladi. Tajriba 3-5 marotaba takrorlanadi. Nazorat qiluvchi qurilmaning tirkachi yopiladi va ventilyator toʻxtatiladi. Yopilgan shisha trubka ochiladi, ishlaetgan esa yopiladi. Tajriba boshqa trubada takrorlanadi.

Tajriba natijalarini xisoblash

Xar bitta zarracha uchun

1. ΔR ning urtacha qiymati boʻyicha havo sarfini difmanometr 9 ning graduirlangan grafigidan aniqlaymiz.

2. Sarf tenglamasidan havoning tezligini (uchib chiqish tezligi):

$$w_{y\text{h.}\Delta KC} = \frac{V}{0,785D^2} \quad (17.10)$$

bu erda V – xavoning sarfi, m³/s; D – shisha trubkaning ichki diametri, m.

3. (17.6) tenglamadan uchib ketish tezligining $w_{uch.xis}$ xisoblangan qiymatini aniqlaymiz. Sharsimon shakliga ega bo'lmagan (stilindr) zarrachaning geometrik ekvivalent diametrini d_e xuddi shunday hajmli shar zarrachaning diametriga teng deb olamiz:

$$d_e = \sqrt[3]{\frac{6v_q}{\pi}} \quad (17.11)$$

Tajriba rakami	Difmanometr 9 ning ΔP ko'rsatkichi	ΔP ning o'rtacha qiymati		Havo sarfi V (grafik bo'yicha), m^3/s	$w_{uch.eks.}$ (11.10 tenglama) m/s	$w_{uch.xis.}$ (11.10 tenglama) m/s	$\frac{w_{yq.eks.}}{w_{yq.xis.}}$
		mm suv ust.	Pa				
Po'lat zarracha							
1							
2							
3							
Ftoroplast zarracha							
1							
2							
3							

Tekshirish uchun savollar

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

6-LABORATORIYA ISHI: MARKAZDAN QOCHMA NASOSLARNING XARAKTERISTIKALARI.

Ishning nazariy asoslari

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

Nasoslar ishlash prinsipiga qarab quyidagi turlarga bo'linadi: parrakli yoki markazdan qochma, xajmiy, uyurmaviy va o'qli bo'ladi. Parrakli yoki markazdan qochma nasoslarda markazdan qochma kuch, ishchi g'ildiragi aylanishida parraklarning suyuqlikka ta'sirida xosil bo'ladi. har qanday nasosning asosiy parametrlari, uning ish unumdorligi (m^3/s), napor H (m) va quvvati N (kVt) hisoblanadi. Nasosning massa birligiga ega bo'lgan suyuqlikka bergan solishtrma

energiyasi napor H deb yuritiladi. Nasosning napori oqimning unga kirish va chiqishdagi solishtirma energiyalari ayirmasiga teng. Nasosning umumiy napori 1 kg suyuqlikni balandlikka ko'tarish uchun nasos xosil qiladigan energiya miqdori bilan o'lchanadi. Shuning uchun nasosning umumiy napori uzatilayotgan suyuqlikning zichligiga va solishtirma og'irligiga bog'liq bo'lmaydi.

Nasosning xosil qilgan umumiy napori quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

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

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

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

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

bu yerda P va P_1 - uzatilayotgan va so'rib olinayotgan suyuqlik yuzasidagi bosimlar, N/m^2 ; N_g - suyuqlikning geometrik ko'tarilish balandligi, m; y - so'rish va xaydash trubalaridagi gidravlik qarshiliklar engish uchun sarflangan napor miqdori, m; P_c - suyuqlikning so'rish trubasidagi nasosga kirishidagi bosimi, N/m^2 ; P_x - suyuqlikning uzatish yoki haydash trubasidagi nasosdan chiqishdagi bosim, N/m^2 ; - suyuqlik bosimini ko'rsatuvchi manometr va vakuummetrga ulangan nuqtalar orasidagi vertikal masofa, m; w_x - haydash trubasidagi suyuqlikning tezligi, m/s; w_c - so'rish trubasidagi suyuqlikning tezligi.

Shunday qilib nasosning umumiy napori manometr va vakuummetrlar ko'rsatkichlarining yig'indisi bilan bu asboblardan ulangan nuqtalar ulangan vertikal masofaning (h) yig'indisiga teng.

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

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

nasos o'qidagi quvvat

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

Dvigatel iste'mol qiladigan quvvat:

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

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

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

bu erda β - quvvatning zaxira koeffitsienti bo'lib, qiymati dvigatelning nominal quvvatiga nisbatan topiladi; η_n - nasosning to'la foydali ish koeffitsienti.

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

bu erda $\eta_v = Q_x/Q$ - 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 ishalanishni engishga sarflanadigan quvvatning yo'qtilishini ko'rsatadi.

So'rish balandligi. Suyuqlik so'rib olinayotgan idishdagi bosim R_0 bilan yuqoriga uzatilayotgan idishdagi bosim R_s orasidagi farqi hosil bo'lganligi sababli suyuqlik ustunining metrlarda ifodalangan napori $P_0 - P_s / \rho g$ xosil bo'ladi. Bu bosimning bir qismi suyuqlikni so'rish trubasida N balandlikka ko'tarish uchun, qolgan qismi esa suyuqlikni w tezlik bilan harakatlanishiga yoki tezlik naporini hosil qilish uchun va so'rilayotgan suyuqlik yo'lida uchraydigan barcha qarshiliklar engishga sarflanadi.

Nasosning so'rish balandligi quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

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

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

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

Shunday qilib nasosning so'rish balandligi so'rib olinayotgan idishdagi bosimning ortishi bilan kuchayib, uzatilayotgan idishdagi bosimning, xaydash trubasidagi suyuqlikning tezligi, xamda gidravlik qarshiliklarni yengish uchun ketgan napor miqdorlarini oqishi bilan kamayadi.

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

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

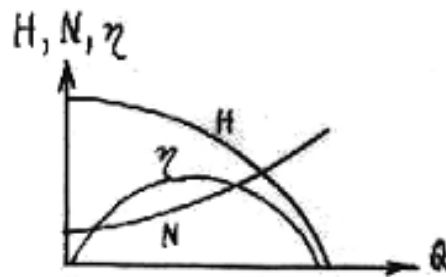
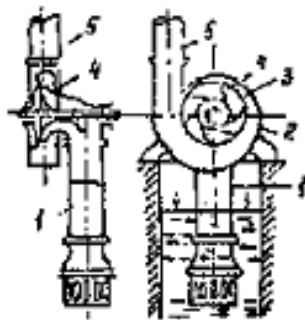
$$h_k = 0,019 \cdot \frac{(Q \cdot n^2)^{2/3}}{H} \quad (5.11)$$

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

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

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

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



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

5.2-rasm. Markazdan qochma nasos ning xarakteristika.

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

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

Ishchi g'ildirakning aylanish chastotasi n o'zgarmas bo'lganda, nasos ish

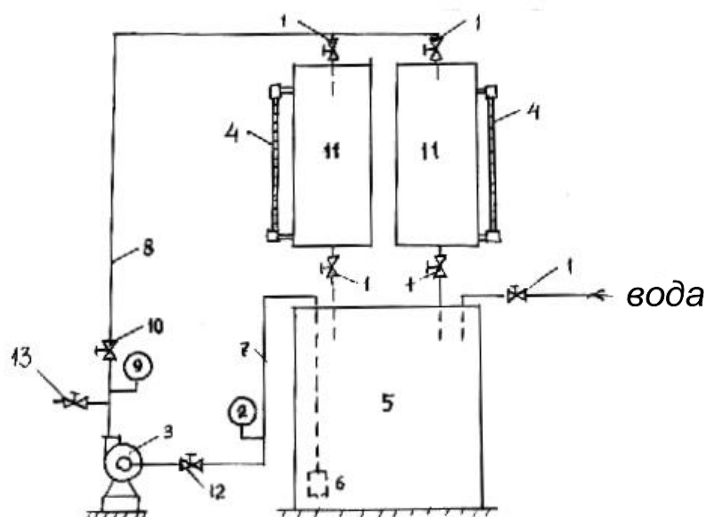
unumdorligi Q , napori N , quvvati N va foydali ish koeffitsient η_n bilan o'zaro grafik usuldagi bogliqligi nasoslarning xarakteristikasi deb yuritiladi (5.2 – rasm).

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

Ishni bajarish tartibi

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

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



5.3-rasm. Laboratoriya nasos qurilmasining sxemasi.

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

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

aniqlanadi:

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

bu erda P_m , P_{vak} - manometr va vakuummetrning metr suv ustunidagi ko'rsatkichi; w_s , w_x - so'rish va xaydash trubalaridagi suyuqlikning tezligi, m/s; h - vakuummetr va manometr oraliqlaridagi masofa, m.

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

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

Tajriba natijalarini hisoblash

Nasosning ish unumdorligi (m^3/c)

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

bu erda Q_1 - suvning shisha naychasi bo'yicha o'lchangan miqdori, l; τ - vaqt birligi, s.

Nasosning iste'mol qiladigan quvvati, (kVt)

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

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

Nasosning foydali ish koeffitsient ushbu tenglamadan aniqlanadi:

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

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

5-1 jadval

Aylanish soni, n, ayl/min	Vaqt birligi, τ , s	Suvning miqdori, dm^3	Manometr ko'rsatgan bosim, P_m		Vakuum ko'rsatgan siyraklanish		Umumiy napor, N, m	Quvvat, N, kVt	Foydalanish koef. η , %
			kg/sm ² yoki mm.silustun	Mm.silustunida, N_m	kg·k/s m ² R_v	m. suv ustuni N_s			

Bir hil vaqt birligida uzatilayotgan suyuqlikning miqdori 3 marta o'lchanadi. 3

marta o'Ichangan suyuqlikning o'rtacha miqdori hisoblash jadvaliga yoziladi.

Nazorat savollari

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

7-LABORATORIYA ISHI: FILTRLASH DOIMIYSINI ANIQLASH.

Ishning nazariy asoslari

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

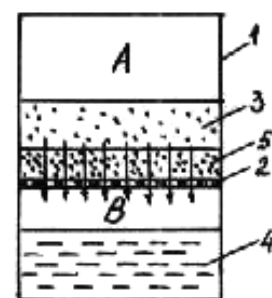
Filtr to'siqlar qattiq zarrachalarni ushlab olib suyuqlik yoki gazni o'tkazib yuborish qobiliyatiga ega.

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

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

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

Filtrlash jarayonida gidrodinamikaning aralashgan ikki sharti bajariladi, ya'ni avval filtr to'qimalarida qattiq zarrachalarni cho'kma hosil bo'lishida gidrodinamikaning tashqi vazifasi, suyuqlikning hosil bo'lgan cho'kma holdagi qattiq zarrachalarning qatlami, hamda cho'kma orasidagi kapillyarlaridan va filtr to'qimalaridan o'tishida gidrodinamikaning ichki vazifasi namoyon bo'ladi. Suspenziya A bo'lakdagi hajmdan B hajmga o'tishida, ya'ni filtratning hosil bo'lishida, tozalanayotgan suyuqlik bir qator gidravlik qarshiliklarga duch keladi, ya'ni dispers fazaning suyuqlik xarakatiga asosiy



7.1. rasm. Filtr qurilmasi. 1 - filtr; 2 – filtr to'siqlar; 3 – cho'kma; 4 - suspenziya; 5 - filtrat.

to'sqinlik qiluvchi hosil bo'lgan cho'kmaning, hamda filtr to'siqlarining qarshiliklarini engib o'tadi.

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

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

bu erda P_1 -A bo'lak xajmdagi suyuqlik ustidagi absolyut bosim, N/m^2 ; P_2 - B bo'lak xajmdagi 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'zgaras ko'ndalang kesim filtr qurilmasi, ya'ni filtr to'qimasidagi cho'kmaning xajmini belgilaydi. Cho'kmaning ortib borishi natijasida suspenziya asosan cho'kma qatlamidan o'tib, filtr to'qimalar esa, filtr vazifasini bajarmay qo'yadi. Bu vaqtda filtrlash jarayonida asosiy gidravlik qarshilik cho'kmaning qarshiligi bilan belgilanadi.

Filtr $\Delta P > P_4$ bo'lganda normal ishlaydi. qatlamning ortib borishida cho'kmaning gidravlik qarshiligi ΔP_4 ko'payib, vaqt o'tishi davomida A va V bo'lak xajmlari orasidagi bosimlar farqi ΔP cho'kma xajmining gidravlik qarshiligiga ΔP teng bo'lib qoladi.

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

Bu vaqtda filtrlash prostessi to'xtatilib, filtr to'qimalari yuzasidagi cho'kma tozalab olinadi. Filtr to'qima kapillyarlaridagi olgan cho'kmalar tozalab olish uchun suv bilan yuviladi yoki havo bilan puflanadi va filtr qurilmasida qaytadan ishlatiladi.

Shunday qilib filtrlash jarayonining asosiy xarakteristikasi quyidagilardan iborat:

1. Jarayonning xarakatlantiruvchi kuchi

$$\Delta P = P_1 - P_2$$

2. Suspenziyaning filtrlash tezligi

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

bu erda V - olingan filtratning hajmiy miqdori, m^3 ; τ -jarayonning davomiyligi, s; S - filtr to'qimalarining ko'ndalang kesimi, m^2

3. Jarayonning gidravlik qarshiligi ΔP_q .

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

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

yoki

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

bu erda 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; $R_{\text{f.t.}}$ - filtr to’qimalarining qarshiligi. Filtrda xosil bo’lgan cho’kmaning miqdori filtrat xajmi va uning tarkibidagi qattiq moddalarning konsentratsiya miqdori x_0 bilan aniqlanadi. Bu vaqtda cho’kmaning hajmi quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

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

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

Cho’kma qatlamining qarshiligi quyidagicha aniqlanadi:

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

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

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

Bu tenglik filtrlash jarayonining asosiy tenglamasi deyiladi.

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

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

yoki

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

Kimiyo va oziq-ovqat sanoatida 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 mumkin. Xuddi shuningdek, filtrlash vaqtini xar qanday rejim uchun topish mumkin. Bu tenglamadan ko'rinib turibdiki, bosimlar farqi o'zgarmas bo'lganda, filtrlash vaqti ancha ko'p bo'lsa, shuncha ko'p filtrat olinadi.

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

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

Filtrlash doimiyliги bosimlar farqi, cho'kmaning fizik tarkibi va suspenziyaning qovushoqligini hisobga olinadi.

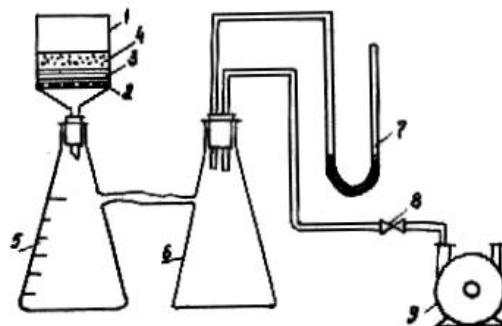
Xuddi shuningdek filtr to'siqlarining gidravlik qarshiligini, xam filtrlash doimiyliги S bilan belgilash mumkin:

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

Filtr to'siq va filtrlash doimiylarining qqiymatlarini (7.8) tenglamaga qo'ysak, quyidagi ko'rinishga keladi:

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

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



7.2-rasm. Laboratoriya urilmasi.

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

Ishni bajarish tartibi

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

Tajriba ko'rsatkichlarini xisoblash

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

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

Ifodada V - filtrning unumdorliги τ vaqt ichida oqib o'tgan filtratning xajm miqdori, m³; τ - filtrlash vaqti, s; ΔR - filtrlashdagi bosimlarning farqi, N/m²; S - filtrning umumiy yuzasi, m²; μ - suyuqlikning qovushoqligi, N·s/m²; $x_0 = V_2/V$ cho'kma hajmining V₄ filtrat xajmiga V_{ga} nisbati; r₀ - cho'kmaning solishtirma qarshiligi.

Agar S = 1m² 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 $\Delta P = \text{const}$ da K' ning miqdori:

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

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

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

(7.12) integrallab quyidagi ifodani olinadi:

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

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

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

hosil bo'lgan ifodadan filtrlash doimiyligini aniqlash uchun quyidagicha yozish mumkin:

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

Hisoblashni qqulaylashtirish uchun (7.21) ifodani quyidagicha tasvirlash mumkin:

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

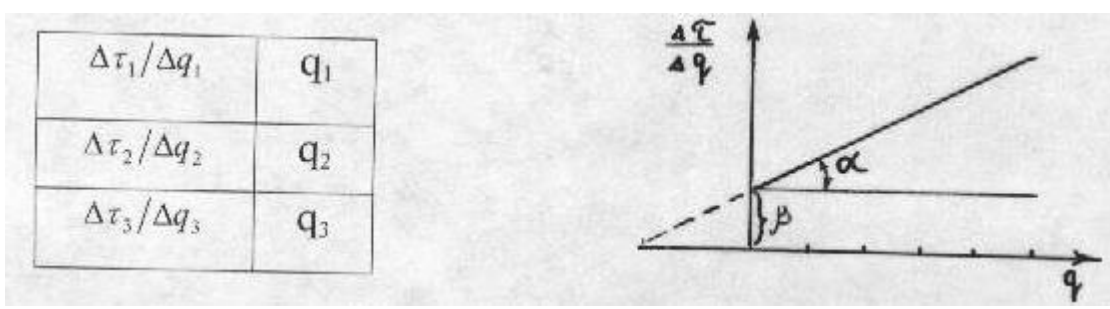
ifodada $q = V/S$ - filtrning solishtirma unumdorligi, m^3/m^2 ; $\Delta\tau/\Delta q = f(q)$ filtrlash tezligining teskari qiymatiga to'g'ri kelgan miqdor: (7.22) tenglamani koordinat o'qlarida $\Delta\tau/\Delta q - q$ bog'lanish orqali ifodalanganda, grafikda to'g'ri chiziq hosil bo'lib, uning og'ma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

7-1 jadval

Filtratning umumiy hajm midori V, m^3	O'lchov vaqtlar orasidagi farq τ, s	Filtratxajm miqdori ning vaqt birligida ortishi $\Delta V, m^3$	Filtrat hajm midorining filtrat yuzasiga nisbati	$\Delta\tau/\Delta q$ ni nisbati s/m	Filtr yuzasi- S, m^2	Umumiy filtrat hajm miqdori V, m^3
--	--	--	--	---	---------------------------	---

			$\Delta q = \frac{\Delta V}{S}$			
			$\text{sm}^3/\text{sm}^2 =$			
			sm			
Olingan kattaliklarning SI sistemada ifodalanishi						
m^3	s	m^3	m	s/m	m^2	m^3

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



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

NAZORAT SAVOLLARI

1. Filtrlash jarayonning fizik mohiyati.
2. Filtrlash jarayonining qarshiligi va xarakatlantiruvchi kuchi.
3. $P=\text{sonst}$ bo'lgan xolatda filtrastiya tenglamasi.
4. Filtrlar konstrukstiyalari, ishlash prinsipi, solishtirish xarakteristikalari.
5. Suspenziyalarni markazdan qochma kuch ta'sirida ajratish.
6. Gaz aralashmalarini filtrlar vositasida tozalash.

8-LABORATORIYA ISHI: "TRUBA ICHIDA TRUBA TIPIDAGI" ISITGICHDAGI ISSIQLIK BERISH KOEFFITSENTINI ANIQLASH.

Ishning nazariy asoslari

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

Issiqlik jarayonlari - temperaturalar farqi mavjud bo'lganda, temperaturasi yuqori

bir jismdan temperaturasi past ikkinchi jismga issiqlikning o'tishidir.

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

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

1. Issiqlik o'tkazuvchanlik (kondukstiya);
2. 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 Fure qonuniga binoan topiladi:

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

Gaz yoki suyuqliklarda makroskopik hajmlarning harakati va ularni 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:

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

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

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

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

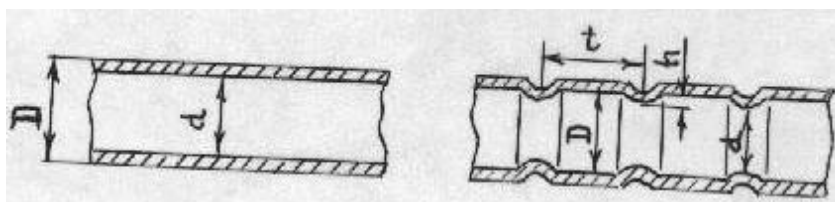
Bug'larni kondensatsiyalash jarayonida esa, kondensat yupqa qatlamni turbulizator yoki qirralar yordamida buzish, maxsus qurilma orqali tomchi-simon kondensatsiya hosil qilish, oqimga yoki issiqlik almashinish yuzasiga aylanma xarakat berish usullari yordamida issiqlik jarayonini tezlatish mumkin.

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

Yuqorida aytib o'tilgan ko'rsatkichlar, tezlatish usulini tanlash ko'lamini kamaytiradi, chunki texnologik qqulaylik, mustahkamlik va qurilmalarning foydalanish paytidagi qqulayliklar asosiy mezonlardir.

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

Bu usullardan qqulay va samaraligi 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 bo'ylama kesimlari tasvirlangan.

Issiqlik berish koeffitsienti α devorning 1 m^2 yuzasidan suyuqlikka 1s vaqtichida, devor va suyuqliklar farqi 1^0S bo'lganda, berilgan issiqlik miqdorini bildiradi va u quyidagi o'lchov birligiga ega.

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

Proporstionallik koeffitsienti α devor yuzasidan atrof muhitga yoki aksincha atrof muhitdan devorga issiqlik o'tishi intensivligini xarakterlaydi. Issiqlik berish koeffitsienti ko'pchilik faktorlarga: oqimning tezligiga w va zichligiga ρ , uning qovushoqligi μ , muhit issiqlik va fizik xossalariga, issiqlik sigrimi c , issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti λ , suyuqlikning hajmiy kengayish koeffitsienti β , devorning shakli, o'lchami va uning g'adir-budurlikiga ε bog'lik, ya'ni:

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

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

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

Nu - Nusselt kriteriyisi devor va oqim chegarasida issiqlikning o'tish tezligini xarakterlaydi; l – aniqlovchi geometrik o'lcham (trubalar uchun uning diametri), m; λ - muhitning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti, $W/(mK)$.

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

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

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

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

bu erda $\Psi = t_d/t_s$ - temperatura faktori; h/D - dumalatib zichlashning o'lchovsiz chuqurligi; d/D - dumalatib zichlashning o'lchovsiz diametri; t/D - dumalatib zichlashning o'lchovsiz qadami.

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

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

bu erda $\varepsilon = (G_x/G_b)$ - xavo bug aralashmasidagi havoning miqdori, %; G_x - havoning sarfi, kg/s ; G_b – bug'ning sarfi, kg/s ; P - qurilmadagi bosim, Pa; Re_{pl} - kondensat yupqa qatlami oqimining Reynolds soni. Pe - Pekle kriteriyisi, jarayonning gidrodinamik sharoiti va muhitning hossalari belgilaydi.

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

bu erda a - temperatura o'tkazuvchanlik koeffitsienti, m^2/s ; Pr - Prandtl kriteriyisi suyuqlikning qovushqoqlik va temperatura o'tkazuvchanlik xossalari nisbatini ifoda qiladi.

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

Reynolds kriteriyisi oqimdagi inersiya va ishalanish kuchlarning nisbatini aniqlaydi.

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

Fure kriteriyisi noturg'un issiqlik jarayonlarida temperatura maydonining o'zgarish tezligi – muhitning o'lchami vaqt va fizik kattalikasi - o'rtasidagi bog'lilqarni belgilaydi

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

Grasgof kriteriysi 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 erda β - hajmiy kengayish koeffitsienti, 1/K; Δt - devor va atrof muhit orasidagi temperaturalar farqi.

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

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

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

Laminar rejimda:

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

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

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

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

bunda

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

bu erda Nu_{sl} - silliq truba uchun ushbu formuladan topiladi:

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

(8.16) formuladan va $Re \geq 10^4$ bo'lgan oraliqda foydalanish mumkin. Isituvchi agentlar uchun issiqlik berish koeffitsientining oraliqda issiqlik berish koeffitsientining qiymati quyidagicha o'zgarishi mumkin:

Isitib yoki sovutilayotganda α , $Vt/m^2 \cdot K$

1.Havo uchun	1,16 - 58
2.Yog'lar uchun	58,0 - 1740
3.Suv uchun	232 - 11600
4.O'ta qizdirilgan suv bug'i uchun	23,2 - 116
5.Qaynayotgan suv uchun	2580 - 52200
6.Plyonkasimon kondensastiyalanayotgan bug' uchun	4640 - 17400
7.Organik moddalar bug'ining	580 - 2320
8.Plyonkasimon kondensastiyalanayotgan ekstrakstion benzin-havo bug'ining	

kondensastiyalanishi uchun 500 - 2000

Kondensastiyalanayotgan bug'ning issiqlik berish koeffitsienti kondensastiyalanish kriteriysi orqali xisobga olinadi:

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

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

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

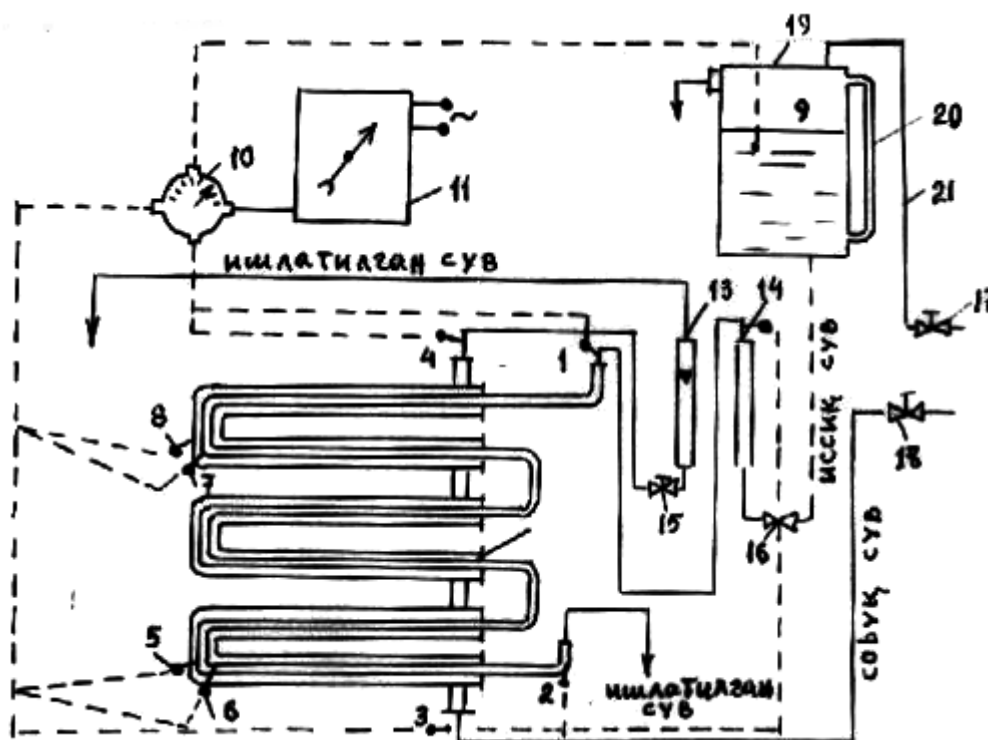
Ish o'tkazishdan maqsad - isituvchi agentdan trubaning devoriga yoki trubaning devoriga yoki trubaning devoridan sovituvchi agentga issiqlik o'tganda issiqlik berish koeffitsientlarini aniqlash.

Ishning bajarish tartibi

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

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

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



8.2 - rasm. Labratoriya qurilmasining sxemasi.

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

8.1-jadval.

Termoparalar nomeri	O'lchanayotgan temperatura	Belgilanishi
1	Issiq suv qurilmaga kirishdan oldin	t_1
2	Issik suv qurilmaga kirishdan oldin	t_2
3	Sovuk suv qurilmaga kirishdan oldin	t_3
4	Sovuk suv qurilmaga kirishdan oldin	t_4
5	Ichki devor atrofidagi suvning temperaturasi	t_5
6	Kichik trubaning ichki devorning temperaturasi	t_6
7	Kichik trubaning tashqi devorining temperaturasi	t_7
8	Katta trubaning ichki devori atrofida suyuqlikning temperaturasi	t_8
9	Bakdagi suvning temperaturasi	t_9

Quyidagi ishda issiqlik berish koeffitsientini aniqlash quyidagi tartibda olib boriladi;

1. Naporli bak 19 suv bilan to'ldiriladi va termopara 9 yordamida uning temperaturasi aniqlanadi. Buning uchun termoparalarni potensiometrغا qulaydigan qurilmani 0 (nol) holatiga qo'yiladi.

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

3. So'ng issiq suv berib, uning sarfi, rotametr 14 yordamida o'lchanadi.

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

5. Besh minut vat o'tgandan keyin qaytadan hamma termoparalar ko'rsatkichi aniqlanadi va yozib olinadi.

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

Tajriba ko'rsatkichlarini hisoblash

Isituvchi agentdan devorga berilayotgan issiqlik miqdori quyidagi tenglamadan aniqlanadi:

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

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

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

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

bu erda Q_1 - truba devorning yuzasi, $Q_1=0,193m^2$

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

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

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

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

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

bu erda G_2 - ichki trubaning yuzasi, $G_1=0,139m^2$

Issiqlik berish koeffitsienti qiymatini kriterial tenglamadan aniqlanadi:

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

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

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

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

bu erda V_c – suyuqlikning hajmiy sarfi miqdori, m^3/s ; S - trubaning ko'ndalang kesim, $F = \pi \cdot d^2/4$. Trubalar ko'ndalang kesim uchun $F = \pi \cdot d_s^2/4$ ($d=0,021m$, $d_e=0,028m$). Ilovadagi 2-jadvaldan olinadi.

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

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

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

bu erda β - hajmiy kengaysh koeffitsientining qiymati ilovadagi ilovadagi 1-jadvaldan aniqlanadi; Δt - devor va atrof muhit orasidagi temperaturalar farqi; d_s - truba diametri; ν - suyuqlikning kinematik qovushqoqligi (ilovaning 2 - jadvalidan olinadi).

$$Pr_c / Pr_o \approx 0,25 \div 1,1$$

bu erda Pr_o - kriteriyini hisoblash uchun suyuqlikning fizik-kimyoviy kattaliklari devorning temperaturasi bo'yicha olinadi.

Issqlik o'xshashlik kriteriyalarining qqiymatlarini bilgandagina, Nusselt kriteriyisini aniqlash mumkin. So'ngra, Nusselt kriteriyisidan issqlik berish koeffistienti α topiladi:

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

bu erda λ - issqlik o'tkazuvchanlik koeffistienti (ilovaning 2-jadvalidan olinadi). Keyin, tajribaviy va hisobiy α larning qqiymatlari taqqoslab tajribaning hatosi % larda aniqlanadi.

8 – 2 xisobot jadvali

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

NAZORAT SAVOLLARI

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

9-LABORATORIYA ISHI: “TRUBA ICHIDA TRUBA TIPIDAGI” ISITGICHNING ISSIQLIK O'TKAZISH KOEFFITSENTINI ANIQLASH.

Ishning nazariy asoslari

Issqlik o'tkazish - issqlik energiyasi tarqalish qonunlarini o'rganuvchi fandır. Issqlik o'tkazish qonunlari isitish, sovitish, kondensastiyalanish, bug'latish kabi issqlik jarayonlarning asosi bo'lib, issqlik 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 issqlikning berilishi issqlik o'tishi deb ataladi. Bunda berilgan issqlikning miqdori issqlik o'tkazishning asosiy tenglamasi orqali topiladi:

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

Bu tenglama binoan, temperaturasi yuqori bo'lgan muhitdan temperaturasi past bo'lgan muhitga o'tayotgan issiqlik miqdori, ajratuvchi devorning yuzasiga F , o'rtacha temperaturalar farqiga $\Delta t_{o'r}$ va vaqt τ ga to'g'ri proporsionaldir. Uzluksiz ishlaydigan turg'un jarayonlar uchun (9.1) tenglamagi τ hisobga olinmaydi. U holda:

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

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

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

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

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

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

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

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_u \cdot r_u} + \frac{1}{\lambda} 2,31g \frac{r_m}{r_u} + \frac{1}{\alpha_u \cdot r_m}} \quad (9.4)$$

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

Isitish yuzasi issiqlik o'tkazishning umumiy tenglamasidan topiladi:

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

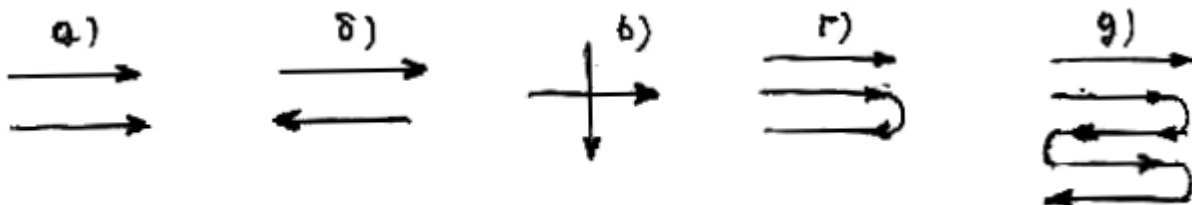
bu erda Q – suyuqlikni isitish uchun ketgan issiqlik miqdori, Vt ; G – suyuqlik sarfi, kg/s ; Δt_{yp} - o'rtacha temperaturalar farqi, issiqlik jarayonlarini xarakatlantiruvchi kuchi va u quyidagi tenglama bilan topiladi:

$$\Delta t_{yp} = \frac{\Delta t_{ka} - \Delta t_{ku}}{2,31 \cdot g \frac{\Delta t_{ka}}{\Delta t_{ku}}} \quad (9.6)$$

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

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

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



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

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

Issiqlik almashinish qurilmalari ikkiga bo'linadi:

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

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

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

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

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

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

Dumalatib zichlanish orqali olingan trubali isitkichlar quyidagi afzalliklarga ega:

ixcham, metall kam sarf bo'ladi, issiqlik almashinish yuzasi katta, trubalarning ichini tozalash vaqtining oralig'i 3-5 marta ko'proq, chunki truba devori atrofidagi oqimning qatlami turbulizastiya qilinadi.

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

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

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

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

Shuni alohida ta'kidlash kerakki, dumalatib zichlangan trubalar issiqlik almashinish qurilmalarida ishlab chiqarish texnologiyasi o'zgartirmaydi. Bundan tashqari, bularni kondensastiyalashda, dumalatib zichlangan trubali kondensatorlarda sovuq suvning sarfi silliq trubali kondensatornikidan 30- 35% kam.

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

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

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

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

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

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

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

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

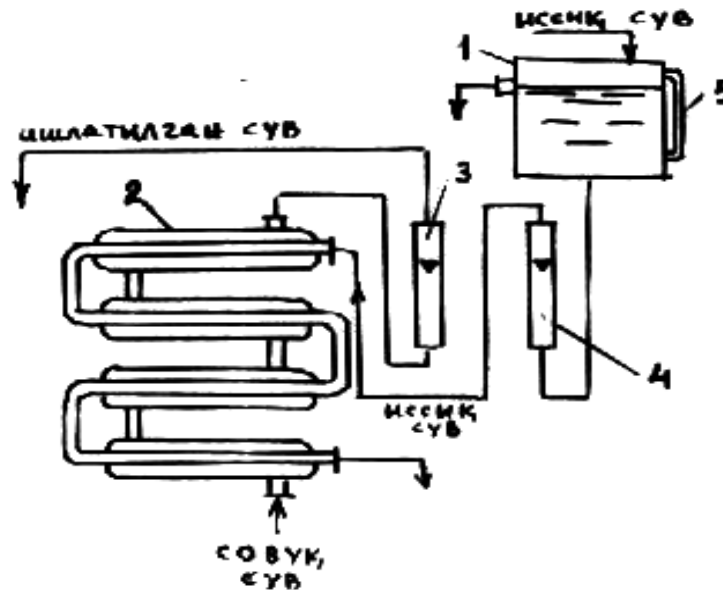
Plastinali issiqlik almashinish qurilmalarning afzalliklari: ixcham, gidravlik qarshiliklari katta emas, shuning uchun ikkala agentlarning tezligini katta qilish

mumkin, natijada issiqlik o'tkazish ko'ffistientini oshirish mumkin.

Kamchiliklari: katta bosimlarga bardosh bera olmaydi, isitkichlar tuzatilgandan keyin (qistirmalarning soni ko'p bo'lgani uchun) tegishli zichlikni xosil qilish qiyin. G'iloqli issiqlik almashinish qurilmalari konstruktiv jixatdan sodda, kuzatish va tuzatish qulay.

Ish o'tkazishdan maqsad - "truba ichida truba" tipidagi issiqlik almashinish qurilmasida isituvchi agentdan sovutuvchi agentga issiqlik o'tkazish ko'ffistientini 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 ($60-80^{\circ}\text{S}$) ishlatiladi va u isitkichning ichki trubasiga yo'naltiriladi. Sovutuvchi agent sifatida sovuq suv ($11-15^{\circ}\text{S}$) ishlatiladi va u isitkichning trubalararo bo'shlig'iga yuboriladi.

9.2-rasm. Laboratoriya qurilmasini sxemasi.

Issiqlik o'tkazish ko'ffistienti tajriba qurilmasida quyidagi tartibda aniqlanadi:

Naporli bak 1 issiq suv bilan to'ldiriladi va uning temperaturasi (t_1) o'lchanadi. So'ngra issiq suv almashinish jarayoniga yuborilib, rotametr yordamida sarfi (V_1) aniqlanadi. Krandan kelayotgan sovuq suvning temperaturasi (t_1') aniqlanadi va isitkichga yuborilib, uning sarfi (V_2) rotametr yordamida topiladi. 30 minutdan keyin issiq (t_2) va sovuq (t_2') agentlarning temperaturasi, isitkichdan chiqish paytida o'lchanadi.

Tajriba natijalarini hisoblash

Issiqlik o'tkazish ko'ffistientlarining tajribadan olingan qqiymatlari issiqlik

o'tkazishning asosiy tenglamasi orqali topiladi

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

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

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

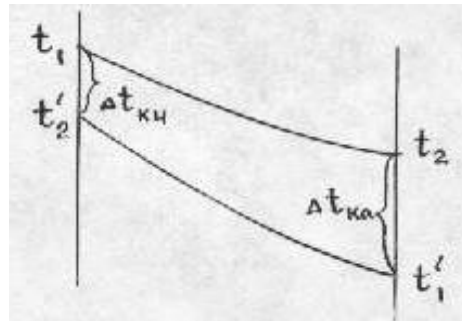
$$Q_2 = G_2 \cdot c_2 \cdot (t'_2 - t'_1)$$

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

$$\Delta t_{yp} = \frac{\Delta t_{ka} - \Delta t_{ku}}{2,31g \frac{\Delta t_{ka}}{\Delta t_{ku}}}$$

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

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



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

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

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

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

9-1 jadval

Issiq suv sarfi		Sovuq suv sarfi		Issiq suvning isitkichga kirish paytidagi temperaturasi	Issiq suvning isitkichdan chiqish paytidagi temperaturasi	Sovuqsuvning isitkichga kirish paytidagi temperaturasi	Sovuqsuvning isitkichdan chiqish paytidagi temperaturasi	Issiqlik o'tkazish koeffitsienti
	$\frac{M^3}{c}$		$\frac{M^3}{c}$	$t_1, ^\circ C$	$t_2, ^\circ C$	$t'_1, ^\circ C$	$t'_2, ^\circ C$	$K, \frac{Bm}{m^2 \cdot K}$

Tekshirish uchun savollar.

1. Issiqlik o'tkazish jarayonining fizikasosi.
2. Issiqlik o'tkazishning asosiy qonuni, uning fizik ma'nosi.
3. Issiqlik o'tkazish koeffitsienti va uning fizik ma'nosi.
4. Issiqlik tashuvchi agentlarning xarakter yo'nalishi va issiqlik almashinish

jarayonini xarakatga keltiruvchi kuchini aniqlash.

5. Issiqlik almashinish qurilmalarning ishlash prinsipi va konstrukstiyasi (kobiq trubali, zmeevikli, plastinali va b.).

6. Issiqlik almashinish qurilmalarining solishtirma xarakteristikasi.

7. Issiqlik almashinish qurilmalarini xisoblash.

10-LABORATORIYA ISHI: ERKIN KONVEKSIYA DAVRIDA HAVONING ISSIQLIK BERISH KOEFFISIENTINI ANIQLASH.

Ishning nazariy asoslari

Harakatda bo'lgan issiqlik eltkich (gaz yoki suyuqlik), xamda qattiq jismning yuzasi orasida issiqlikni tarqalishi konvektiv issiqlik almashinish jarayoni deyiladi. Issiqlik o'tkazish yuzadan issiqlik eltkichni 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 eltkich 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 truba yuzasida chegaralanmagan xajmda xavoning issiqlik berish koeffistienti, 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:

$$\frac{dQ}{d\tau} = \alpha(t_d - t_c)F$$

yoki uzluksiz jarayon uchun:

$$\frac{Q}{F} = \alpha(t_d - t), \quad (19.1)$$

bu erda Q – issiqlik oqimi, Vt; F – issiqlik almashinish yuzasi, m²; α – proporstonallik yoki issiqlik berish koeffistienti, Vt/(m²·K); t_d, t – devor va muhit (gaz yoki suyuqlik) ning temperaturasi.

Issiqlik berish koeffistienti α birlik (1 m²) yuzadan vaqt birligi (1 s) davomida, temperaturalarning 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 ko'llaniladi. Bu kattalik **issiqlik berish koeffistienti** deyiladi va erkin konveksiya sharoitida jarayonning bir qator parametrlariga bog'liq.

Issiqlik berish koeffistienti α faqat tajriba yo'li bilan aniqlanadi va bitta tajribaning natijalari boshqa o'xshash sharoitlarga ham talluqli bo'lishi mumkin.

Agar, atrof muxit va qattiq jism yuzasida suyuqlik yoki gazlarning zichliklarini 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 sohasida S va n kattaliklarni doimiy deb hisoblash mumkin va ularning son qqiymatlari quyidagi jadvalda keltirilgan

$Gr \cdot Pr$	S	n
$1 \cdot 10^{-3} \div 5 \cdot 10^2$	1,18	0,125
$5 \cdot 10^2 \div 2 \cdot 10^7$	0,54	0,250
$> 2 \cdot 10^7$	0,134	0,333

Gazlar uchun Prandtl kriteriysi temperaturaga bog'lik bo'lmagan doimiy kattalik deb xisoblanadi va xavo uchun $Gr = 0,722$ ga teng.

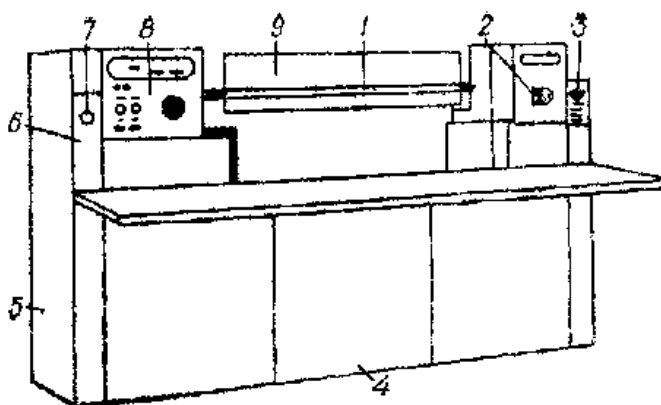
$$Pr = \frac{c\mu}{\lambda}$$

bu erda s – gazning issiqlik sig'imi, J/(kg·K); μ – gazning dinamik qovushqoqligi, Pa·s; λ – gazning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffistienti, W/(m·K).

Grasgoff kriteriysi:

$$Gr = Ga\beta\Delta t \quad \text{yoki} \quad Gr = \frac{gd^3}{\nu^2} \beta\Delta t$$

bu erda $Ga = \frac{Re^2}{Fr}$ - Galiley kriteriysi; Re va Fr – Reynolds va Frud kriteriyalari; β – gazlarning xajmiy kengayish koeffistienti; ($\beta=1/T$; 1/K); Δt – muhit va modda orasidagi temperaturalar farqi; g – erkin tushish tezlanishi ($g= 9,81 \text{ m}^2/\text{s}$); d – jismning o'lchami, m; ν – kinematik qovushoqlik koeffistienti, m^2/s .



19.1- rasm. Qurilmaning sxemasi.

1–ishchi blok; 2–temperaturalar bloki; 3–mikrokalkulyator; 4–stol; 5–g'ilof; 6 – avtomatik yondirg'ich; 7 – signalli armatura; 8 – quvvat bloki; 9 – ekran.

Ma'lum sharoitlarda konvektiv issiqlik almashinishni tajriba yo'li bilan kurib chiqilishi va olingan natijalarni (19.3) tenglama yordamida xisoblanishi bir xil, o'xshash sharoitlarda issiqlik almashinish qurilmalarni xisoblashda kullash imkonini yaratib beradi.

Ishning maqsadi – trubaning gorizontal yuzasida xavoning erkin konveksiya jarayonida tajriba yuli bilan issiqlik berish koeffistienti α ni aniqlash va cheksiz issiqlik berish koeffistientini xisoblash uchun umumlashtirilgan bog'liqlikni olish.

Qurilmaning tasnifi

Tajriba qurilmasi (19.1-rasm) ikkita funkstional sistemadan iborat: vazifa berish va isitkichga uzatilaetgan kuchlanishni hisoblash, hamda isitkich temperaturasini o'lchash sistemalari. Isitish uchun kuchlanish blok 8 dan avtotransformator orqali ko'rib chiqilaetgan gorizontal joylashgan va uzunasi 874 mm, ichki diametri esa $d=20$ mm li yupka devorli truka 1 ning chetlariga uzatiladi. Avtotransformator blok quvvatiga o'rnatilgan raqamli qurilma bilan ta'minlangan. Nurlanish yuli bilan issiqlik almashinishni kamaytirish uchun trubaning tashqi yuzasi sirlangan. Trubaning tashqi sirlangan. Trubaning tashqi yuzasidagi temperaturalar ma'lum qadamda o'rnatilgan xromel – kopelli termoparalar (6-7 dona) yordamida o'lchanadi. Termoparalar o'tkazuvchilar (pereklyuchatel) orkali temperatura bloki 2 da o'rnatilgan kup nuqtali potensiometruga ulangan. Laborator stolida qurilmaning xamma elementlari o'rnatilgan: ishchi blok 1; temperaturalar bloki 2; quvvat bloki 8; signalli 7 va ximoyalovchi 6 armatura ko'rib chiqilaetgan trubka elementi tinik ekran 9 bilan ximoyalangan. Tajriba natijalarini xisoblash uchun qurilmada mikrokalkulyator 3 o'rnatilgan.

Tajriba o'tkazish uslubi

Sinalaetgan trubaga avtotransformator orqali kuchlanishi yuboriladi. Tok kuchi va kuchlanishning miqdori aniqlanadi. Termopara ko'rsatishini kuzatib, zarur issiqlik rejim belgilanadi (hamma termoparalar ko'rsatishi vaqt davomida o'zgarmaydi).

Temperaturani turg'un taqsimlanishida, elektr qizdirgich ajratgan issiqlik quvvatining qiymati, konveksiya va nurlanish yo'li bilan trubaning yon yuzasidan tarqalgan umumiy issiqlik miqdoriga teng bo'ladi.

So'ng truba yuzasidan temperatura o'lchanadi – xar bir nuqtasidan 3 marotaba har 5 minutda olingan natijalar hisobot jadvaliga kiritiladi. Temperaturalar o'lchanaetgan daqiqada isitkichning quvvati va atrof-muxit temperaturasi belgilanadi.

Tajriba isitkich quvvatining ikkita qiymatida takrorlanadi (maksimal quvvat 0,2 kVt dan ortik bo'lmasligi lozim).

Hisobot jadvaliga quyidagilar kiritiladi: tajribalar soni, jarayon davomiyligi τ (s), tok kuchi I (A), kuchlanish ΔU (V), quvvat W (Vt), potensiometr ko'rsatish bo'yicha temperaturalar t_1, t_2, \dots, t_n ($^{\circ}S$), truba yuzasining o'rtacha temperaturasi t_g ($^{\circ}S$), atrof – muxit temperautrasi – t_{xavo} ($^{\circ}S$).

Tajriba natijalarini hisoblash va hisobot tuzish

1. Umumiy o'rtacha issiqlik berish koeffistientini aniqlaymiz:

$$\alpha = \frac{Q}{[(t_g - t_{xavo})F]}$$

bu erda $Q=W$ – konveksiya va nurlanish bilan truba yuzasidan chetlanilgan issiqlik oqimi, Vt (o'rnatilgan rejimda u elektr isitkich quvvatiga teng); $\bar{t}_o = \sum_{i=1}^n t_i / n$ – qizdirilgan yuzaning o'rtacha temperaturasi, °S; $F=\pi dl$ – issiqlik beruvchi yuza, m².

2. Nurlanish jarayoni uchun o'rtacha issiqlik berish koeffitsientini aniqlaymiz.

$$\alpha_n = \frac{Q_n}{[(t_g - t_{xavo})F]}$$

bu erda $Q_1 = \epsilon_k S_o F [(T_g/100)^4 - (T_{atr}/100)^4]$ – qizdirilayotgan yuzadan nurlanish usulida uzatilgan umumiy issiqlik oqimining qismi $\epsilon_k = \frac{1}{\left[\frac{1}{\epsilon_c} + \frac{F}{F_{amp}} \left(\frac{1}{\epsilon_{amp}} - 1 \right) \right]}$ – keltirilgan

qoralik darajasi; ϵ_s – truba yuzasining qoralik darajasi (ma'lumotnomadan); ϵ_{atr} – atrofdagi jismlarning qoralik darajasi; F – trubaning issiqlik berish yuzasi, m²; F_{atr} – atrofdagi jismlarning yuzasi, m² ($F_{atr} \gg F$ bulgani uchun $\epsilon_k = \epsilon_s$); $S_o = 5,67$ – absolyut qora jismning nurlanish koeffitsienti, $Vt/(m^2 \cdot K^4)$; T_{atr} – atrofdagi jismlarning temperaturasi, K ($T_{atr} - T_{xavo}$ deb qabul qilinadi).

3. Konveksiyada o'rtacha issiqlik berish koeffitsientini xisoblash

$$\alpha_k = \alpha - \alpha_1$$

4. Birliksiz komplekslarni xisoblash:

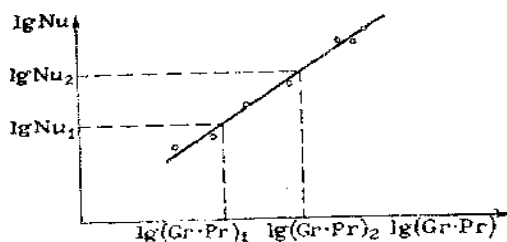
$$Nu = \frac{\alpha d}{\lambda} \quad \text{va} \quad (Pr Gr) = \frac{gd^3}{\nu^2} \cdot \rho \Delta t \cdot Pr$$

Olingan ma'lumotlar ikkinchi xisobot jadvaliga kiritiladi.

$Nu = C(Gr \cdot Pr)^n$ kriteriyalari orasidagi darajali bog'liqlikni aniqlash uchun doyimiy kattaliklar C va n ni aniqlash lozim.

Darajali bog'liqlikni logarifmik koordinatalarda grafikda ko'rsatilgan tugri chizikni olish mumkin (19.2- rasm):

$$\lg Nu = \lg C + n \lg (Gr \cdot Pr) \quad (19.4)$$



19.2 – rasm. S va n doimiy kattaliklarni (19.4) tenglamadan grafik usulda aniqlash.

Doimiy kattalik n ning qiymati absissa o'qiga to'g'ri chiziqning og'ish burchagi tangensi orqali aniqlanadi, ya'ni:

$$n = \frac{(\lg Nu_2 - \lg Nu_1)}{[\lg(Gr \cdot Pr)_2 (Gr \cdot Pr)_1]}$$

Doyimiy kattalik S esa quyidagi nisbatdan aniqlanadi:

$$C = \frac{Nu}{(Gr \cdot Pr)^n}$$

Tajriba yuli bilan topilgan darajali bog'liqlik birinchi xisobot jadvalining ko'rsatkichlari bilan taqqoslanadi.

Nazorat savollari

1. Issiqlik o'tkazish turlari.
2. Issiqlik berish jarayonida xarakatlantiruvchi kuch nima?
3. Issiqlik o'xshashlik 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?

11-LABORATORIYA ISHI: ERITMALARNING TEMPERATURA DEPRESSIYASINI ANIQLASH.

Ishning nazariy asoslari

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

Bug'latish jarayoni bug'latuvchi qurilmada olib boriladi.

Kimyo sanoatida ishqor, tuz va bosha moddalarning suvli eritmatlari, ayrim mineral va organik kislotalar, ko'p atomli spirtlar, hamda shu kabi bir qator suyuqeritmalar bug'latiladi. Ayrim vaqtda bug'latish yordamida toza erituvchilar ham olinadi. Ba'zi sharoitlarda quyuvlashtirilgan eritma kristallanish jarayonini amalga oshirish uchun maxsus bug'latish qurilmalariga yuboriladi. Bug'latish jarayonlarida isituvchi agent sifatida asosan suv bug'i ishlatiladi, bunday bug' birlamchi bug' deb yuritiladi. Qaynayotgan eritmani bug'latish paytida xosil bo'lgan bu ikkilamchi bug' deb ataladi. Bug'latish jarayoni vakuum ostida, atmosfera va yuqori bosimlarda olib borilishi mumkin. Eritmalarning xossalari va ikkilamchi bug'ning issiqligidan foydalanish zaruratiga ko'ra har hil bosimlar ishlatiladi. Vakuum ostida bug'latish bir qator afzalliklarga ega: jarayonni past temperaturalarda olib borish mumkin; vakuum ta'sirida isituvchi agent va eritma temperaturasi o'rtasidagi foydali farq ko'payadi va natijada qurilmaning isitish

yuzasi kamayadi, vakuum bilan bug'latish uchun nisbatan past parametrli (temperatura va bosim) isituvchi agentlardan foydalanish mumkin. Vakuum ishlatilganda ikkilamchi bug'dan qaytadan birlamchi bug' sifatida foydalanish imkoni tug'iladi.

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

Ko'p korpusli bug'latish qurilmasining umumiy temperaturalar farqi Δt_y birinchi korpusni isituvchi birlamchi bug'ning temperaturasi T_1 va kondensatorga tushgan ikkilamchi bug'ning to'yinish temperaturasi T_{kond} o'rtasidagi farqqa teng:

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

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

Ko'p korpusli bug'latish qurilmasidagi temperaturalarining umumiy foydali farqi Δt_ϕ ni aniqlashga hamma qurilmalarda temperaturalar yo'qotilishining yig'indisi xisobga olinadi:

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

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

bu erda $\Sigma \Delta$ - 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 konstantasi va bosimiga bog'liq.

Suyultirilgan eritmalar uchun har hil bosimlarda temperatura depressiyasining qiymati I.A.Tishenko tenglamasi orqali aniqlanadi:

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

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

Δ'' - gidrostatik depressiya, gidrostatik bosim ta'sirida bug'latish qurilmalarning

isitish trubalari ichidagi eritmaning pastki va ustki qatlamlaridagi qaynash temperaturalarining farqi. Isitish trubalarning pastki qatlamida eritma, suyuqlik ustunining ta'sirida, ustki qatlamga nisbatan yuqori temperaturada qaynaydi. Hidrostatik depressiyaning qiymati aniqlash qiyin, chunki Δ'' isitish trubalarning deyarli katta qismini egallagan bug'-suyuqlik emulsiyaning sterkulyastiya tezligiga va uning o'zgaruvchan zichligiga, xamda isitish trubasining uzunligiga bog'liq. Eritma sterkulyastiya qilinadigan vertikal qurilmalar uchun Δ'' qiymatini 1-3⁰S atrofida olish mumkin.

Δ''' - gidravlik depressiya, ikkilamchi bug'separator qurilmalari va truba orqali harakatlanganida o'z yo'lida gidravlik ishqalanish va mahalliy qarshiliklarni engish uchun ketgan vaqtidagi, ikkilamchi bug' bosimining kamayishini hisobga oladi. Bitta qurilma uchun Δ''' qiymati 1⁰S teng deb olish mumkin.

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

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

bu erda T' - ikkilamchi bug'ning temperaturasi.

Bug'latish jarayonining yaxshi ketishi uchun har bir qurilmada temperaturalarning foydali farqi (isituvchi bu va qaynayotgan eritma temperaturalarning farqi) ma'lum qiymatga ega bo'lishi shart. Bu farqi tabiiy sterkulyastiya bilan ishlaydigan qurilmalar uchun kamida 5-7⁰C va majburiy sterkulyastiya bilan ishlaydigan qurilmalar uchun kamida 3⁰C bo'lishi kerak.

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

Masalan:

$$\Delta t_{\phi} = T_1 - T'_{\kappa\text{on}\text{d}} - \Delta = 160 - 60 - 25 = 75^0 C$$

ikki qurilmali qurilma uchun

$$\Sigma \Delta t_{\phi} = 160 - 60 - 2 \cdot 25 = 50^0 C$$

xar bir korpus uchun

$$\Delta t_{\phi} = \frac{\Sigma \Delta t_{\phi}}{2} = \frac{50}{2} = 25^0 C$$

Uch korpusli bug'latish qurilmasining har bir korpusi uchun

$$\Sigma \Delta t_{\phi} = 160 - 60 - 3 \cdot 25 = 75^0 C$$

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

$$\Delta t_{\phi} = \frac{25}{3} = 8,3^0 C$$

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

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

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

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



10.1 - rasm. Qurilmaning optimal sonini aniqlash.

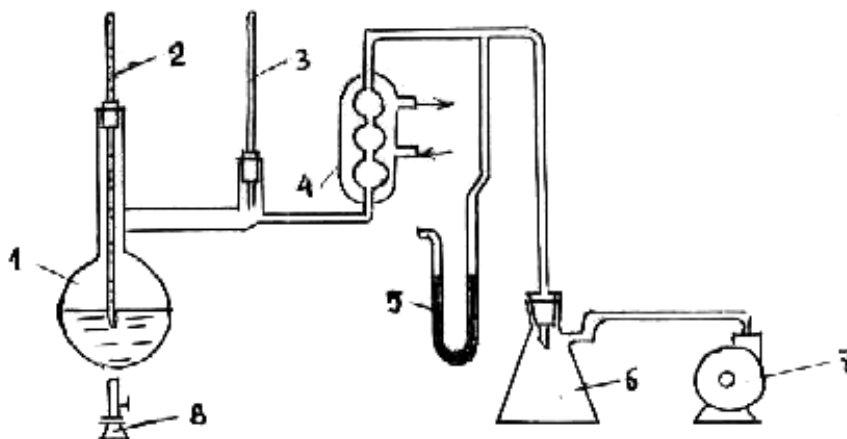
- 1 - Isituvchi bug'ning sarfi.
- 2 - Amortizatstiya sarflari.
- 3 - Umumiy sarf.

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

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

Ishni bajarish tartibi

Laboratoriya tajriba qurilmasining sxemasi 10.2 - rasmda ko'rsatilgan.



10.2 - rasm. Laboratoriya tajriba qurilmasi

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

Vakuu nasos va Bunzen kolbasi vositasida suyultirilgan eritma qo'yilgan kolbada vakuum xosil qilinadi. vakuumning miqdori U-simon manometrning ko'rsatkichi bo'yicha o'lchanadi. Eritmaning qaynash va ikkilamchi bug'ning temperaturasi termometrlar vositasida o'lchanadi.

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

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

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

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

Δ_{atm} - eritmaning konstentrastiyasi bo'yicha ilovadagi 9-jadvaldan aniqlanadi. Tajriba olingan Δ'_r qiymatini, A.I.Tishenko tenglamasi bilan hisoblangan Δ' qiymati bilan taqqoslab tajribaning xatosi % miqdorida aniqlanadi.

Hisoblash jadvali

	Eritma va uning konsent-ratsiyasi			Atmosfera bosimidagi tempera-tura depressiyasi $\Delta'amm$		
	Absolyut bosim $P_{abs}=P_{at}-P_{vak}$	Eritmaning qaynash temperatura si $t, ^\circ C$	To'yin-gan bug'ning temperat urasi $\theta, ^\circ S$	Eritma-ning tempera-tura depressiya-si $\Delta'_T, ^\circ C$	Eritma-ning hisoblan-gan tempera-tura depressiya-si $\Delta'_T, ^\circ C$	Tajribanin g xatosi $\frac{\Delta' - \Delta'_T}{\Delta'} \cdot 100\%$
1						
2						
3						
4						
5						
6						

Tekshirish uchun savollar

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

12-LABORATORIYA ISHI: QURITISH QURILMASIDA QURISH JARAYONINI O'RGANISH. QURITISH JARAYONING KINETIKASI.

Ishning nazariy asoslari

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

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

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

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

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

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

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

Nisbiy namlik - havo absolyut namligining to'yinish paytidagi absolyut namlik nisbatiga aytiladi. Havoning nisbiy namligi (to'yinish darajasi) foiz xisobida quyidagi ifoda bo'yicha topiladi:

$$\varphi = \frac{\rho_{c\delta}}{\rho_t} = \frac{P_{c\delta}}{P_t} \quad (13.1)$$

bu erda: P_{sb} - tekshirilayotgan nam havodagi suv bug'larining parstial bosimi, Pa; P_t - berilgan temperatura va umumiy barometrik bosimda to'yingan suv bug'larining bosimi, Pa.

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

$$x = \frac{\rho_{c\delta} \cdot m_{c\delta}}{\rho_{kx} \cdot m_{kx}}; \quad \frac{\text{кг.буг}}{\text{кг.абс.кыр.хаво}} \quad (13.2)$$

$$\alpha = 1000 \cdot \frac{\rho_{c.\delta.}}{\rho_{k.x.}} \quad (13.3)$$

bu erda: $\rho_{k..x.}$ - absolyut quruq havoning zichligi; $m_{s.b.}$ - nam havoning berilgan xajmdagi suv bug'lari massasi; $m_{k.x.}$ - nam havoning berilgan xajmdagi absolyut quruq havosining massasi.

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

$$x = \frac{\rho_{c\delta}}{R_{\delta} \cdot T} \cdot \frac{R_{\delta} \cdot T}{\rho_t} = \frac{P_{\delta} \cdot P_t}{R_{\delta} \cdot R_t} \quad (13.4)$$

bu erda: R_b - suv bug'i doimiysi; T - aralashmaning absolyut temperaturasi, K. Absolyut quruq havoning parsial bosimini $P_{k.x.}$ umumiy aralashmaning bosimi P ga almashtirsak va Dalton qonuniga asosan: qaysiki $P_{c\delta} = \varphi \cdot P_t$ bo'lsa,

$$P_t = P - P_{c\delta} = P - \varphi \cdot P_t \quad (13.5)$$

unda

$$x = \frac{R_r}{R_{\phi}} \cdot \frac{\varphi \cdot P_r}{P - \varphi \cdot P_r} = \frac{29,27}{47,06} \cdot \frac{\varphi \cdot P_r}{P - \varphi \cdot P_r} \quad (13.6)$$

yoki

$$x = 0,622 \cdot \frac{\varphi \cdot P_r}{P - \varphi \cdot P_r}, \quad (13.7)$$

yoki agarda $x = d$

$$d = 0,622 \cdot \frac{\varphi \cdot P_r}{P - \varphi \cdot P_r}, \quad \frac{\text{кг.сув.буги.}}{\text{кг.кыр.хаво.}} \quad (13.8)$$

Oxirgi ikki ifoda suv bug'i bilan havo aralashmasi bo'lgani kabi tutun gazi va suv bug'iga xam taluqlidir. Nam havoning entalpiyasi I (J/kg quruq havo) quruq havo entalpiyasi bilan shu nam havoda bo'lgan suv bug'i entalpiyasining yig'indisiga teng.

$$I = c_{k.x.} \cdot t + x \cdot i_{y.\phi.} \quad (13.9)$$

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

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

$$i_{y.\phi.} = r + c_{\phi.} \cdot t \quad (13.10)$$

bu erda: r - 0°C dagi bug'ning entalpiyasi, $r = 2493 \cdot 10^3$, J/kg; s_b - bug'ning solishtirma issiqlik sig'imi; $s_b = 1,97 \cdot 10^3$, J/kg·K

Agar quruq havoning solishtirma issiqlik sig'imi 1000 J/kg·K deb olinsa, (13.10) tenglamani quyidagicha yozish mumkin:

$$I = (1005 + 1,97 \cdot 10^3 \cdot x) \cdot t + 2493 \cdot 10^3 \cdot x \quad (13.12)$$

Shudring nuqtasi, bu aralashmaning temperaturasi sovishda ($x = \text{const}$) suv bug'ining to'yinishiga ($\varphi = 100\%$) aytiladi. Namlik temperaturasining keyingi pasayishi tuman hosil bo'lishiga olib keladi. Xo'l termometr temperaturasi (t_x) - aralashma temperaturasi sovushida, entalpiyasi o'zgarmagan xolda ($I = \text{const}$) suv bug'ining to'yinishiga aytiladi. Shu temperaturada, gaz fazasidan suqyulik fazasi yuzasiga o'tadigan issiqlik namlikning bug'-lanishiga to'liq sarflanadi, bu xolatni nam jismning sovish chegarasi deb xam yuritiladi.

Quritish potnstiali deb, quruq gaz temperaturasi (t_k) bilan xo'l termometr temperaturasining ayirmasiga aytiladi.

$$\varepsilon = t_k - t_x \quad (13.13)$$

Quritish potensiali gazning nam yutish xususiyatini xarakterlaydi. Quritish jarayoni analitik va grafik usulidan xisoblanishi mumkin. Grafik hisoblash qqulay bo'lgani uchun keng qo'llanqiladi. 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 uru havo) va nam saqlash x

(kg/kg uru xhavo) joylashtirilgan. Nam saqlashning qiymatlari diagrammadan foydalanish qulay bo'lishi uchun yordamchi gorizonta o'ika joylashtirilgan. Bunda $I=const$ chiziqlar ordinata o'qiga nisbatan $135^{\circ}S$ burchak bilan ma'lum masshtabda joylashtirilgan. $x=const$ chiziqlar esa, yordamchi abssissa o'qiga perpendikulyar qilib joylashtirilgan. $I - x$ diagrammasiga asosiy chiziqlardan tashqari quyidagi chiziqlar xam joylashtirilgan: o'zgarmas temperatura chiziqlari yoki izotermalar ($t=const$) o'zgarmas nisbiy namlik chiziqlar $\varphi = const$, suv bug'ining parstial bosim chizii, $\varphi = 100\%$ chizig'i diagrammani ikki qismga bo'ladi. Bu chizig'ning yuqori qismi diagrammaning ish yuzasi deb aytiladi va u to'yinmagan nam havoga to'g'ri keladi. $I - x$ diagrammasi yordamida nam havoning istalgan ikkita parametri bo'yicha nam havoning olgan parametrlari aniqlash mumkin. Suv bug'ining parstial bosimi chizig'i diagrammaning pastki qismiga joylashtirilgan. Agar diagrammada nam havoning xolatini belgilovchi nuqta ma'lum bo'lsa, suv bug'ining parsial bosimi qiymatining R_p aniqlash mumkin.

Quritish qurilmalarida issiqlik miqdorini hisoblash uchun havoning sarf miqdori va issiqlik miqdorini bilish zarur.

Havoning sarfi (L , kg/soat) moddiy balans tenglamasidan aniqlanadi

$$L \cdot x_2 = L \cdot x_0 + W \quad (13.14)$$

$$L = \frac{W}{x_2 - x_0} \quad (13.15)$$

bu erda: W – bug'langan namlik miqdori, kg; x_0, x_2 – quruq va quritkichdan chiqayotgan havoning nam saqlashi.

Havoning solishtirma sarf miqdori (1 kg bug'lanish uchun)

$$l = \frac{1}{x_2 - x_0}, \quad \frac{\text{кг кырык хаво}}{\text{кг буг}} \quad (13.16)$$

Quritishga ketgan issiqlik miqdori issiqlik balansidan aniqlanadi.

Issiqlikning kirishi: (kJ/soat)

1) havo bilan $L \cdot I_1 = L \cdot I_0 + Q_n$ bu erda $L \cdot I_0$ - isitkichgacha kirgan havoning issiqlikligi, Q_n - isitkichda havoning bergan issiqlikligi;

2) Material bilan G_1, c_1, θ_1 bu erda s_1 - nam materialning issiqlik sig'imi, θ_1 - materialning dastlabki temperaturasi;

3) Transport qurilmalari bilan $G_{mp}; c_{mp}; \theta_{mp}$ bu erda G_{mp} - transport qurilmalarining massasi; c_{mp} - transport qurilmalari materialining issiqlik sig'imi; θ_{mp} - transport qurilmalarining dastlabki temperaturasi;

4) Quritish kamerasiga kiritilgan qo'shimcha issiqlik Q_k .

Issiqlikni sarflanishi (kJ/soat)

1) Quritkichdan chiqayotgan havo bilan $- Li_2$

2) Quritilgan material bilan $- G_2 c_2 \theta_2$

3) Transport qurilmalari bilan $-G_{mp} c_{mp} \theta_{mp}$

4) Issiqlikni atrof-muxitga yo'qolishi - Q_y

Issiqlik balansini tuzamiz:

$$L \cdot I_1 + G_1 \cdot c_1 \cdot \theta_1 + G_{mp} \cdot c_{mp} \cdot \theta'_{mp} + q_k = L \cdot I_2 + G_2 \cdot c_2 \cdot \theta_2 + G_{mp} \cdot c_{mp} \theta''_{mp} + Q_{\dot{u}}$$

bundan

$$L \cdot (I_2 - I_1) = G_1 \cdot c_1 \cdot \theta_1 + G_{mp} \cdot c_{mp} \cdot \theta'_{mp} + q_k - G_2 \cdot c_2 \cdot \theta_2 - G_{mp} \cdot c_{mp} \theta''_{mp} - Q_{\dot{u}}$$

yoki

$$L \cdot (I_2 - I_1) = \sum Q$$

Oxirgi tenglamaning o'ng va chap tomonlarini W_{ga} bo'lib, quyidagi ifodani olamiz:

$$\frac{L}{W} \cdot (I_2 - I_1) = \frac{\sum Q}{W}$$

$\frac{\sum Q}{W} = \Delta$ deb belgilaymiz, $\frac{L}{W} = l$ bo'lgani uchun

$$l \cdot (I_2 - I_1) = \Delta \text{ yoki } I_2 = I_1 + \frac{\Delta}{l}$$

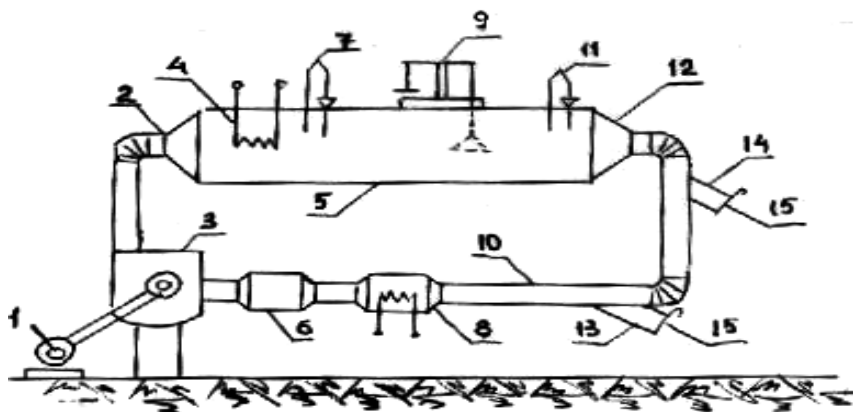
Tenglamaga kiritilgan Δ kattalik quritish kamerasi ichidagi kiritilgan va sarflangan issiqliklar ayirmasining 1 kg bo'langan namlikka nisbatini belgilaydi. Bu erda asosiy kaloriferda isitilgan havo bilan kirgan va chiqqan issiqliklar hisobga olinadi. Ko'pincha Δ quritish kamerasining ichki balansi deb ataladi. (13.12) tenglamasidan ko'rinib turibdiki, Δ ning ishorasiga ko'ra I_2 ning qiymati I_1 ning qiymatidan katta yoki kichik bo'lishi mumkin. Agar $\Delta = 0$ bulsa, u xolda $I_2 = I_1$ bu esa nazariy quritish deyiladi. Bunda quritish jarayonida qurituvchi agent entalpiyasi o'zgarmagan xolda bo'ladi. Bu degan so'z materialni suvsizlantirish havoning sovub ketishiga bog'liqdir. Unda issiqlik miqdori havo bilan kelayotgan quritilayotgan materialning namligi bilan qaytib ketadi. Agarda $\Delta > 0$ bo'lsa, ko'rish jarayonida entalpiyaning o'sishi kuzatiladi, ya'ni $I_2 > I_1$ Agarda $\Delta < 0$, bo'lsa $I_2 < I_1$ entalpiyaning kamayishidir. Issiqlik va havoning miqdorini quritish jarayonida aniqlash katta ahamiyatga ega bo'lib, u texnologiyani xisoblashda qo'llaniladi. Bu xisoblash analitik yoki grafoanalitik usullarda olib boriladi va amaliyotda keng qo'llaniladi.

Grafoanalitik usuli $I - x$ diagrammaga asoslangan bo'lib, undan havoning nam saqlash va entalpiyasi aniqlanib, keyin esa quritish jarayoni diagrammada ko'llaniladi (nazariy yoki real quritish jarayonlari).

Ishdan maqsad - materialni quritishda namlik miqdorini aniqlash, issiqlikni va havoni solishtirma sarf miqdorlarini aniqlashdan iborat bo'lib, $I - x$ diagrammasida ko'rish jarayoni tasvirlanadi.

Ishni bajarish tartibi

13.1- rasmda laboratoriya qurilmasi tasvirlangan.



13.1-rasm. Laboratoriya qurilmasining sxemasi

1-elektroyuritkich; 2-diffuzor; 3-ventilyator; 4-quritkichning qobig'i (400x400); 6- N_2SO_4 b-n to'ldirilgan idish uchun trubaning kengaygan qismi; 7-quruq va xo'l termometrlar (quritishdan oldin); 8-elektr isitkich; 9-tarozi; 10- avo oqimi xarakatlanadigan truba $D = 200$ mm; 11-quruq va xo'l termometrlar (quritishdan keyin); 12- konfuzor; 13- havo beriladigan patrubka; 14-ishlatilgan havo chiqaradigan patrubka; 15-havo sarfini sozlovchi moslama.

Laboratoriya quritish qurilmasida ish quyidagi tartibda bajariladi.

1. Qurilmadagi quritgich, ventilyator, tarozi, isitkich havoning miqdorini o'lchovchi shiber, termometrlarning holati tekshiriladi.
2. Quritish uchun 100 – 120 g miqdorda namlangan material tortib olinadi.
3. Namlangan material quritish uskunasiidagi kamera ichidagi tarozi pallasiga qo'yib quritiladi.
4. Xo'l va quruq termometrlarning birinchi ko'rsat-kichlari yozib olinadi.
5. "Assman" psixrometri yordamida quruq va xo'l termometrlar ko'rsatkichi o'lchanadi (Ramzin diagrammasida havoning boshlang'ich nuqtasini anilash u-n).
6. Quritish apparati tok manbaiga ulanadi.
7. Ma'lum vaqtdan so'ng (o'qituvchi ko'rsatmasidan so'ng) quruq va xo'l termometrlar ko'rsatkichi o'lchanadi.

Tajriba natijalarini xisoblash

Olingan natijalarga asosan $I - x$ diagrammada nazariy quritish jarayoni tasvirlanadi. $I - x$ diagrammaga bir bo'lak kalka kog'ozi qo'yib koordinatalar o'qi ko'chirib olinadi va kalka kog'ozida tajribada aniqlangan havoning quritishdan avvalgi, quritkichga kirish va chiqish xolati A, V, S , nuqtalar bilan tasvirlanadi.

Bug'langan namlikning miqdori W aniqlanadi

$$W = G_1 - G_2 \quad (11.23)$$

bu erda G_1 - nam materialning massasi, kg/s; G_2 - quruq materialning massasi, kg/s;

Havo sarfi (6.15) tenglamasi yordamida aniqlanadi:

$$L = \frac{W}{x_2 - x_0} \quad (11.15)$$

Havoning solishtirma sarf miqdori:

$$l = \frac{1}{x_2 - x_0} \quad (11.16)$$

Quritish uchun ketgan issiqlik sarfi quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$Q = q \cdot W \quad (11.24)$$

bu erda – solishtirma issiqlik sarfi

$$q = \frac{I_2 - I_1}{x_2 - x_0} \quad (11.25)$$

bu erda I_1, I_2 - havoning quritkichga kirishi va chiqishi vaqtidagi entalpiyasining iymati, kJ/kg $I - x$ diagrammadan aniqlanadi.

Xisoblash jadvali

havo muxitining temperaturasi		havoning quritish kamerasigacha bo'lgan temperaturasi		havoning quritish kamersining keyining temperaturasi		Nam materialning miqdori, kg	quritilgan materialning miqdori, kg
Xo'l termometr, t, °S	Quruq termometr, t, °S	xo'l termometr, t, °S	quruq termometr, t, °S	xo'l termometr, t, °S	quruq termometr, t, °S		

Tekshirish uchun savollar

- Nam havoning asosiy parametrlari:
 - absolyut namlik, b) nisbiy namlik, v) nam saqlash, g) nam havoning entalpiyasi, d) parstial bosim, e) shudring nuqtasi temperaturasi, j) xo'l termometr temperaturasi.
- I-x diagrammaning tuzilishi.
- I-x diagrammada quritish jarayonini tasvirlang.
- Nazariy va real quritkich jarayonlarining I-x diagrammada tasvirlanishi.
- Quritish jarayonlari uchun issiqlik va havoning umumiy, solishtirma sarf miqdorlarini aniqlash.
- Ko'rish jarayonlarini variantlarini I-x diagrammada tasvirlanishi.

QURITISH JARAYONINING KINETIKASI

Ishning nazariy asoslari

Materiallarni quritish jarayonida namligini yo'qotish murakkab masalalardan hisoblanadi. Avval namlik materialning ichki qisimlaridan uning yuzasiga taraladi, so'ngra material yuzasidan tashqariga chiqib ketadi. Material tarkibidan namlikning

bulg'atib chiqarish intensivligi U material yuzasi birligi F dan, vaqt birligi ichida bo'langan namlikning miqdori bilan o'lchanadi

$$U = \frac{W}{F \cdot \tau} \quad (14.1)$$

bu erda W - quritish paytida materialdan ajralib chiqqan namlik massasi; τ - quritish jarayonining umumiy vaqti.

Namlikning bug'lanish intensivligi, nam material va atrof-muxit orasidagi issiqlik va massa almashinish mexanizmiga bog'liq. Bu mexanizm juda murakkab bo'lib, ikki bosqichdan iborat

- a) namlikning material ichida siljishi;
- b) material yuzasidan namlikning bug'lanishi.

Namlikning material yuzasidan bug'lanishi

Bu jarayon asosan bug'ning qattiq material yuzasidan havoning chegara qatlami orqali tashqi diffuziya yo'li bilan o'tishidan iborat. Tashqi diffuziya yordamida namlikning taxminan 90% yo'qotiladi. Material yuzasidan atrof muxitga namlik bug' xolatida o'tadi. Tashqi diffuziyaning harakatlantiruvchi kuchi material yuzasi va atrof-muxitdagi konstantriya yoki parstial bosimlar ayirmasi $P_m - P_x$ bilan ifodalanadi.

Diffuziya oqimidan tashqari, namlik termodiffuziya yo'li bilan ham tarqaladi. Termodiffuziya xodisasi, chegara qatlamida temperaturalar farqining ta'siri natijasida yuz beradi. Konvektiv quritish jarayoni nisbatan past temperaturalarda olib borilsa, termodiffuziya orqali tarqalgan namlikning miqdori juda kichik bo'ladi.

Quritish tezligi o'zgarmas bo'lgan davrda materialning namligi gigroskopik namlikdan katta bo'ladi, material yuzasidagi bug'esa, to'yingan bo'ladi ($P_m = P_t$). Bu davrda namlik materialning yuzasiga uning ichki qisimlaridan katta tezlik bilan siljiydi. Material yuzasidan namlikning berilishi quyidagi tenglama orqali topiladi:

$$m = \beta \cdot (P_m - P_x) \cdot 760/B \quad (14.2)$$

bu erda β - namlik berish koeffisienti; P_t - material yuzasidagi to'yingan bug'ning parstial bosimi; P_x - bug'ning havodagi parstial bosimi; V - barometrik bosim.

P_t , P_x va V kattaliklar Pa (Paskal) yoki mm. simob ustuni hisobida o'lchash. Namlik berish koeffisienti β havoning tezligiga, issiqlik tashuvchi agentning material yuzasini aylanib o'tish sharoiti, materialning shakli va uning o'lchami, quritish temperaturasi va boshqa parametrlarga bog'liq.

Namlikning material ichida siljishi

Materialning tashqi yuzasidan namlikning bug'lanishi natijasida material ichida namlik gradienti paydo bo'ladi. Bu gradient ta'sirida materialning ichki qatlamlaridan uning yuzasiga qarab harakatlanadi. Namlikning bunday harakati ichki diffuziya deb ataladi. Quritishning birinchi davrida (quritish tezligi o'zgarmas

bo'lganda) material ichidagi namlikning o'zgarishi katta bo'ladi, bunda quritish tezligiga asosan material yuzasidan namlikning bug'lanish tezligi (ya'ni tashqi diffuziya) ta'sir qiladi. Biroq, material yuzasidagi namlik kamayib borib gigroskopik namlikka etganda, ya'ni quritishning ikkinchi davrida jarayonning tezligiga asosan ichki diffuziya ta'sir qiladi. Quritishning ikkinchi davrida jarayonning tezligi doimo kamayib boradi.

Quritish jarayonining birinchi davrida material ichidagi namlik suyuqlik ko'rinishida tarqaladi. Ikkinchi davrning boshlanishida material yuzasining ayrim joylarida chuqur zonalar paydo bo'ladi va materialning ichida bug'lanish yuz beradi. Bunda kapillyarlardagi namlikning bir qismi materialning ichida bu xolda siljiydi.

Keyinchalik bug'lanishning tashqi yuzasi borgan sari materialning geometrik yuzasidan kamayib ketadi.

Bunday sharoitda namlikning ichki diffuziya yordamida siljishining ahamiyati ortadi. Ikkinchi davrning quritish tezligi kamayadigan bosichda material bilan bog'langan adsorbtsion namlik qattiq fazalar ichida faqat bug' xolida tarqaladi. Bu xodisa namlik o'tkazuvchanlik deb ataladi. Namlik o'tkazuvchanlikning intensivligi yoki namlik oqimining zichligi, namlik konstantriyasi gradientiga proporsionaldir:

$$m = -D_m \cdot \frac{\partial c}{\partial n} \quad (14.3)$$

bu erda D_m - namlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti.

Bu ifodaning o'ng tomonidagi minus ishora namlikning konstantriyasi katta bo'lgan qatlamdan, konstantriyasi kichik bo'lgan qatlamga qarab siljishini ko'rsatadi.

Namlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti D_m ning (m^2/s) fizik ma'nosi namlikning materialdagi ichki diffuziya koeffitsientining ma'nosi namlikning materialdagi ichki diffuziya koeffitsientini ifodalaydi. Namlik o'tkazuvchanlik koeffitsientining qiymati namlikning material bilan birikish turi, quritish temperaturasi va materialning namligiga bog'liq bo'lib, tajriba yo'li bilan aniqlanadi.

Quritish tezligi va davrlari

Quritgichlarni xisoblash va loyixalash uchun quritish tezligini bilish zarur. Quritish tezligi U cheksiz qisqa vaqt $d\tau$ davomida material namligining kamayishi dW orqali aniqlanadi:

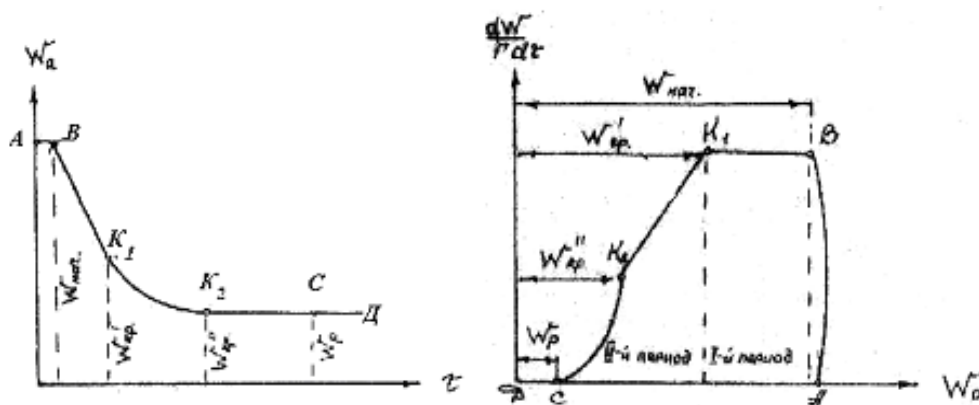
$$U = \frac{dW}{d\tau} \quad (14.4)$$

Quritish tezligi tajriba yo'li bilan laboratoriya qurilmalarida topiladi (11.1-rasm). Bu qurilma ventilyator, elektr isitkich, quritish kamerasi va tarozidan tashkil topgan. Elektr isitkichda qizdirilgan havo ventilyator yordamida quritish kamerasiga uzatiladi. Kameraning eshikchasi orqali nam material tarozining bir pallasiga joylashtiriladi. Quritish jarayoni davomida materialning massasi (namligi) kamayib

boradi. Olingan tajriba natijalari asosida quritish egri chizig'i quriladi. Quruq va xo'l termometrlar yordamida havoning nisbiy namligi aniqlanadi.

Material namligi W ning vaqt davomi τ da havo parametrlari o'zgarmas bo'lganda ($x = const, \varphi = const, t = const$) olingan grafik bog'liqligi quritish egri chizii deb yuritiladi (14.1 - rasm).

Quritish jarayonining boshlanishida namlik ajralib chiqishi bilan birga material qiziydi. Bu davr qisqa vaqtni tashkil etadi. Materialning qizishi tamom bo'lganidan so'ng, quritish jarayoni to'g'ri chizig'i bo'yicha ketadi. Bu davrda quritish jarayoni o'zgarmas tezlikka ega bo'ladi. Bu davr K_I nuqtada tugaydi va bu nuqtaga materialning kritik namligi w_{ur} to'g'ri keladi.



14.1 - rasm. Material namligining vaqt davomida o'zgarishi.

14.2- rasmi. Quritish tezligining egri chizig'i.

Birinchi davrda erkin bog'langan namlik ajralib chiqadi. K_1 nuqtadan so'ng quritishning ikkinchi davri boshlanadi. Bu davrda material tarkibidan bog'langan namlik ajralib chiqadi. Ikkinchi davrda quritish tezligi doimo kamayib boradi, materialning namligi esa, muvozanat namlikka yaqinlashadi. quritish jarayoni muvozanat namlikka qadar davom etishi mumkin.

Shunday qilib, quritish egri chizig'i xosil qilinadi. Egri chiziqning istilgan nuqtasiga o'tkazilgan urinma og'ish burchagining tangensi quritish tezligi $dw/d\tau$ ni tashkil qiladi (14.2 - rasm). Gorizont o'qqa material namligining qiymati (% xisobida), vertikal o'qqa esa quritish tezligi $dw/d\tau$ ning qiymati (% / min) qo'yiladi. Hosil bo'lgan egri chizig'i quritish tezligini tasvirlaydi.

Birinchi davrda quritish tezligi gorizont to'g'ri chizig'i bo'ladi, chunki bu davrda quritish tezligi o'zgarmas qiymatga ega. Ikkinchi davrda quritish tezligining chizig'i materialning turiga va namlikning material bilan bog'lanish turiga qarab har xil ko'rinishga ega bo'ladi. Bu davrda quritish tezligi doimo kamayib boradi.

14.2- rasmda turli materiallar uchun quritish tezligining egri chiziqlari

keltirilgan. Xamma egri chiziqlar muvozanat namlikka to'g'ri kelgan nuqtaga kelganda tugaydi. Quritish tezligi egri chiziqlarining ayrimlarida ikkinchi kritik nuqta K_2 mavjud bo'ladi. Ko'pincha bu nuta adsorbstion namlik ajralib chiqishining boshlanishiga to'g'ri keladi.

Quritish va quritish tezligi egri chiziqlaridan shu narsa ko'rinib turibdiki, quritish jarayoni ikki davrga bo'linar ekan.

Birinchi davrda quritish tezligi asosan tashqi diffuziyaga bog'liq bo'ladi. Materialning ichida namlikning diffuziyalanish tezligi katta qiymatga ega bo'ladi, biroq bu xolat namlikning material yuzasida berilish tezligini belgilaydi.

Ikkinchi davrda quritilayotgan material ichidagi bog'langan namlik ajrala boshlaydi. Quritish tezligi asosan material ichidagi namlikning tarqalish tezligiga bog'liq. Shu sababli ikkinchi davrda quritish tezligiga, material tarkibi bilan bog'liq bo'lgan parametrlar ta'sir ko'rsatadi.

Ishni bajarish tartibi

1. Quritgich, ventillyator, elektr isitkich, quqru va xo'l termometrlarning xolati tekshiriladi.
2. 150 – 200 g nam material quritishga tayyorlanadi.
3. Nam material tortib, olinib, quritish kamerasiga joylashtiriladi.
4. Faqat laborant ishtirokida quritgich ishga tushiriladi.
5. Ma'lum vaqt ichida materialning og'irligini aniqlab, quritish jarayoni tekshiriladi.
6. Xar 5 min. (4 marta) ventilyator to'xtatilib materialni og'irligi aniqlanadi, so'ng ventilyator yana ishga tushiriladi.
7. Materialning og'irligi xar 10 minutda to'rt marta, so'ngra xar 15 minutda to'rt marta tortilib, og'irligi aniqlanadi.
8. Material muvozanat namligiga etguncha quritish jarayoni davom ettiriladi va tortilgan oxirgi materialning og'irligiga teng bo'ladi (demak, $G = \text{const}$)
9. Tajriba natijalari 14-1 jadvalga quyidagi shaklda yoziladi.

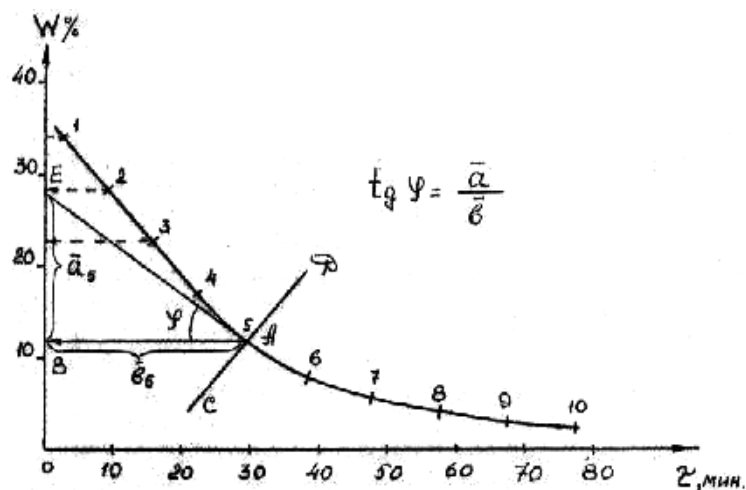
14-1 jadval

Tajriba boshlanish vaqtining o'zgarishi τ , min	Nam materialning og'irligi G , kg	Nam material og'irligining kamayishi $G_1 - G_2$, kg	Vaqt birligil ichida material namlagini o'zgarishi, W , kg	Nam materialning quruq materialga nisbatan namlagi isobida o'zgarishi, $\frac{G_1 - G_n}{G_n} = W\%$

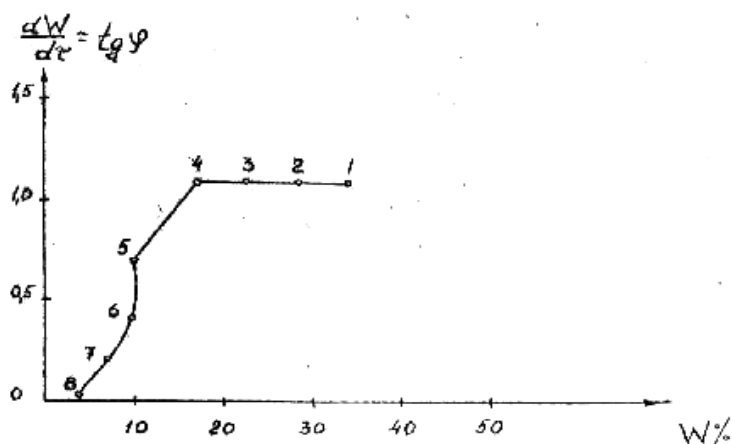
Tajriba natijalarini xisoblash

Quritish tezligining egri chizig'i ikki bosichda chiziladi.

1. $W - \tau$ oralaridagi bog'lanish asosida quritishning egri chizig'i chiziladi (14.3 - rasm).



14.3 - rasm. Quritish jarayonining egri chizig'i.



14.4 - rasm. Quritish tezligining egri chizig'i.

2. Quritish egri chizig'i asosida quritish tezligi egri chizig'i quriladi. Buning uchun har hil vaqt birligida, material namligining o'zgarishini, quritish egri chizig'idan differensial grafik usulida aniqlanadi. Bu vaqtda quritishning egri chizig'i 10-15 bo'lakka bo'linadi. Xar bir nuqtaga urinma o'tkazib, og'ish burchagining tangensi aniqlanadi. Tangens burchagining qiymati, shu vaqt ichida, material namligining o'zgarishining tezligiga teng bo'ladi. Aniqlangan xar bir bo'lak uchun og'ish burchaklarining qqiymatlari asosida $tg\varphi - W$ koordinatalarida quritish tezligi egri chizig'i tasvirlanadi.

Tajribada olingan vaqt birligi ichidagi material namligining o'zgarishi qqiymatlari 14.2 -hisoblash jadvalida berilgan.

14-2 hisoblash jadvali

Quritish egri chizig'idagi bo'laklardagi nuqtalar soni	Nuqtalardagi material namligini o'zgarishi, $W, \%$	Shu nuqtalar uchun $W-\tau$ grafigidan aniqlangan og'ish burchagi, $tg\varphi$ qiymati, $tg\varphi = dw/F \cdot d\tau$

1.	W_1	$tg\varphi_1 = \bar{a}_1/\bar{b}_1$
2.	W_2	$tg\varphi_2 = \bar{a}_2/\bar{b}_2$
3.	W_3	$tg\varphi_3 = \bar{a}_3/\bar{b}_3$
...
10.	W_{10}	$tg\varphi_{10} = \bar{a}_{10}/\bar{b}_{10}$

Bu ikkita grafik asosida quritish jarayonining berilgan material uchun birinchi va ikkinchi quritish davrlarining davomiyligi aniqlanadi.

Tekshirish uchun savollar.

1. Quritish jarayonining xarakteristikasi.
2. Namlikning materialga bog'lanish usullari.
3. Quritish jarayonining mexanizmi.
4. Quritish jarayonining egri chizig'i.
5. Quritish tezligining egri chizig'i.
6. Quritish rejimining material sifatiga ta'siri.
7. Quritkichlarning turlari.
8. Uzluksiz ishlaydigan quritkichlarning asosiy konstruktsiyalari.
9. Mavxum qaynash qatlamli quritkichlar.

13-LABORATORIYA ISHI: HARAKATCHAN NASADKALI KOLONNALARDA MASSA BERISH VA O'TKAZISH KOEFFITSENTINI ANIQLASH.

Ishninig nazariy asoslar

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

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

Bu, gaz yoki tutunli gazlarning, hamda bug'-gaz aralashmalaridagi bir va bir necha komponentlarning suyuqlikda yutilish jarayoni absorbstiya deb ataladi. Absorbstiya jarayoni gaz-suyuqlik sistemasida olib boriladi. Yutilayotgan gaz absorbtiv, yutuvchi suyuqlik absorbent deyiladi. Teskari jarayon, ya'ni yutilgan komponentlarni suyuqlikdan ajratib chiqishi desorbstiya deb ataladi. Sanoatda absorbstiya jarayoni turli maqsadlarda qo'llaniladi: gaz aralashmalardan qimmatbaho komponentlarni ajratib olishda, komponentlarni har hil zararli moddalardan tozalashda uchun (mineral o'g'itlarni olishda hosil bo'lgan gaz aralashmalarini ftor birikmalaridan), tayyor masulotlar, masalan SO_3 va azot oksidlar, HCl ning suvda yutilishi natijasida sulfat, azot, xlorid kislotalar va hakazolar olishda. Adsorbsiya,

quritish ekstraksiya kabi modda almashinish jarayonlari qattiq-jism, suyuqlik, qattiq-jism bu (gaz) fazalar sistemasida olib boriladi.

Gaz, bu yoki suyuqlik aralashmalaridan bir yoki bir necha komponentlarning g'ovaksimon qattiq moddaga yutilish jarayoni Adsorbsiya deyiladi. Faol yuzaga ega bo'lgan qattiq materiallar adsorbentlar deb ataladi. Yutiluvchi modda adsorbent yoki adsorbentiv deyiladi. Teskari jarayon, ya'ni qattiq Adsorbsiyadan keyin olib boriladi, va ko'pincha yutilgan komponentni adsorbentdan ajratib olish uchun (yoki adsorbentni regeneratstiya ilish uchun) xizmat qiladi. Ion almashinish jarayoni Adsorbsiyaning bir turi bo'lib, ayrim qattiq moddalar (ionitlar) o'zlarining xarakatchan ionlarini elektrolit eritmalardagi ionlarga almashtirish qobiliyatiga asoslangan. har bir adsorbent murakkab aralashmalarda ma'lum komponentlarni yutib, aralashmaning boshqa komponentlariga ta'sir qilmaydi. Demak, adsorbentlar tanlovchanlik qobiliyatiga ega.

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

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

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

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

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 kimyo sanoatida, mineral kislotalar ishlab chiqarish va oziq-ovqat sanoatlarida keng qo'llaniladi.

Ekstraksiya jarayonida «qattiq-jism suyuqlik» sistemasida olib borilganda - qattiq fazaning suyuqlikka (erituvchiga) o'tishi eritish jarayoni deb ataladi. Bunday jarayonlarda qattiq, g'ovaksimon materiallar tarkibidan bir yoki bir necha

komponentlar erituvchilar yordamida ajratib olinadi. Agar eritish jarayonida qattiq faza to'la suyuq fazaga o'tsa, ekstraksiyalash paytida esa, qattiq faza amaliy jihatdan o'zgarmay oladi, faqat uning tarkibidagi tegishli komponent suyuq fazaga o'tadi.

Qattiq moddalarni ekstraksiyalash jarayoni sanoatning turli tarmoqlarida ishlatiladi. Kimyo sanoatida ishqor, kislota va tuzlarni, oziq-ovqat sanoatida qand, o'simlik moylari, sharbatlar vitaminlar, kimyo-farmastevtika 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 farqqancha katta bo'lsa, bunda oddiy haydash usulidan foydalaniladi. Oddiy haydash paytida suyuqlikning bir marta qisman bug'lanish yuz beradi. Odatda bu usul suyuq aralashmalarni keraksiz qo'shimchalardan tozalash uchun ishlatiladi.

Suyuq aralashmalarni komponentlarga to'la ajratish uchun rektifikatsiya usulidan foydalaniladi. Rektifikatsiya jarayoni aralashmani bug'latishda ajralgan bug' va bug'ning kondensastiyalanishi natijasida hosil bo'lgan suyuqlik o'rtasida ko'p marotabalik kontakt paytidagi modda almashinishiga asoslangan.

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

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

Kimyo texnologiya sanoatida kristallanish jarayoni toza moddalar olish uchun keng qo'llaniladi. Oziq-ovqat sanoatida kristallanish jarayoni qand-shakar ishlab chiqarishda, glyukoza olishda, konditer sanoatida va boshqa sohalarda ishlatiladi. Membrana usuli bilan ajratish modda almashinishning yangi yo'nalishidir. Membrana yordamida ajratish quyidagi usullar bilan amalga oshiriladi: teskari osmos, ultrabin, ultrafiltrlash, mikrofiltrlash, membrana orqali bug'lanish, dializ, elektrodializ, gazlarni diffuziya bilan ajratish. Yarim o'tkazuvchi membranalar yordamida uglevodorodlarni, yuqori va quyi molekulari birikmalar aralashmalarini ajratish, tabiiy gazlardan geliy va vodorodni, havodan kislorodni ajratib olish, sut mahsulotlarini, meva, sabzavot sharbatlarini va boshqa eritmalarini quyultirish, pivoni pasterizatsiya qilish, yuqori sifatli qand va shu kabi bir qator muhim vazifalarni bajarish mumkin.

Demak, sanoatdagi olib boriladigan turli xil texnologik jarayon moddalarining fizik-mexanik xossalari bilan bir-biridan keskin farqli bo'lganda, modda o'tkazish

jarayoni orqali amalga oshiriladi. Modda o'tkazish jarayonlari uchun ikki fazaning bo'lishi xarakterli bo'lib, modda bir fazadan ikkinchisiga, fazalar orasidagi chegaraviy qatlam orqali o'tadi. Har bir fazada ikkita zona bor: fazaning yadrosi (yoki fazaning asosiy massasi) va fazaning chegarasida yupqa chegara qatlam.

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

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

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

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

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

Modda berish jarayoni qaytar jarayondir, ya'ni modda ikkinchi fazadan ajratuvchi yuzaga o'tishi mumkin. Moddaning o'tish jarayoni fazalar orasidagi muvozanat holat vujudga kelguncha davom etadi. Muvozanat paytida x ning ma'lum konstantrasiyasi qiymatiga boshqa fazadagi tegishli aniq bir qiymatli muvozanat konstantrasiyasi \bar{y}^* to'g'ri keladi. Xuddi shuningdek \bar{y} ning ma'lum konstantrasiya qiymatiga tegishli muvozanat konstantrasiyasi \bar{x}^* to'g'ri keladi. Muvozanat paytida fazalardagi taqsimlanayotgan modda konstantrasiyalari o'rtasidagi umumiy bog'lilik quyidagicha aniqlanadi:

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

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

Modda o'tishida sistemadagi muvozanat holatining o'zgarishi jarayonining harakatlantiruvchi kuchi hisoblanadi. Sistemaning muvozanat holati o'zgarganda, taqsimlanayotgan komponent konstantrasiyasi yuqori bo'lgan fazadan, konstantrasiyasi past bulgan fazaga muvozanat holat davom etguncha o'tadi.

Modda o'tkazish jarayoni tezligi, sistema muvozanat holati o'zgarishining darajasiga va fazalardagi modda almashinishning mexanizmiga bog'liq bo'ladi.

Moddalarning bir faza ichida tarqalishi va bir fazadan ikkinchi fazaga o'tishi molekulyar diffuziya yo'li bilan boradi. qo'zalmas muhitda ko'pincha modda molekulyar diffuziya yordamida, harakatdagi muhitda esa, modda konvektiv diffuziya yordamida tarqaladi. Turbulent oqimda modda turbulent diffuziya orqali tarqaladi, bu holda molekulyar diffuziyaning ahamiyati juda kam bo'lib, chegaraviy qatlamda esa, moddaning tarqalishi molekulyar diffuziyaga bog'liq bo'ladi. Molekula atom, ion va kolloid zarrachalarning tartibsiz harakati ta'sirida moddaning tarqalishi molekulyar diffuziya deb ataladi.

Molekulyar diffuziya FIK ning birinchi qonuni bilan ifodalanib, quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$M = -D \cdot F \cdot \frac{dc}{dn} \cdot \tau \quad (11.3)$$

bu erda M - bir fazadan ikkinchi fazaga o'tayotgan moddaning miqdori, kg/s; D - proporsionallik koeffitsienti, molekulyar diffuziya koeffitsienti, m^2/s ; F - fazalarning to'qnashuv yuzasi, m^2 ; τ - moddaning o'tish vaqti, s; $\frac{dc}{dn}$ - konstentrastiya gradienti, kg/m; n - qatlamning qalinligi, m.

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

Molekulyar diffuziya koeffitsienti fizik o'zgarmas kattalik bo'lib, moddaning diffuziya yo'li bilan qo'zalmas 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 $D \approx 0,1 \div 1,0$ sm^2/s , gazning suyuqlikka o'tish diffuziya koeffitsienti $D = 10^5$ marta kam bo'lib, taminan 1 sm^2/s utkaga teng. Demak, molekulyar diffuziya juda sekinlik bilan boradigan (ayniqsa suyuqliklarda) jarayondir.

Turbulent pulsastiya 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:

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

bu erda ε_D -turbulent diffuziya koeffitsienti. 11.4-tenglamadan ε_D ni aniqlanadi;

$$\varepsilon_D = \frac{dM \cdot dn}{d\tau \cdot dF \cdot dc} = \frac{\kappa_2 \cdot M}{c \cdot M^2 \cdot \kappa_2 / M^3} = \frac{M^2}{c}$$

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

Fazalarni ajratuvchi yuzadan moddaning suyuq yoki gazzimon fazaning markaziga berilishi yoki aksincha, fazaning yadrodan ajratuvchi yuzaga moddaning berilishi konvektiv diffuziya yoki modda berish jarayoni deb atalib, xuddi issiqlik

almashinish jarayoniga o'xshab, bu jarayon quyidagi differensial tenglama orqali ifodalanish mumkin:

$$\frac{dc}{d\tau} + \frac{\partial c}{\partial x} w_x + \frac{\partial c}{\partial y} w_y + \frac{\partial c}{\partial z} w_z = D \left(\frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 c}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 c}{\partial z^2} \right) \quad (11.5)$$

Tenglamadagi $dc/d\tau$ ifoda vat birligi ichida konstantrasiyasining o'zgarishini ko'rsatadi. Bu tenglama noturg'un modda almashinish jarayonlari uchun xarakterlidir.

Qo'zalmas muhitdagi modda almashinish jarayonida $w_x = w_y = w_z = 0$ bo'lgani uchun:

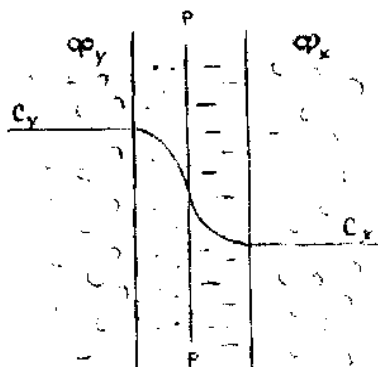
$$\frac{\partial c}{\partial x} w_x + \frac{\partial c}{\partial y} w_y + \frac{\partial c}{\partial z} w_z = 0 \quad (11.6)$$

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

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

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

Modda o'tkazish murakkab jarayon bo'lib, fazalarni ajratuvchi yuzaning ikki tomonida yuz berayotgan modda berish jarayonlaridan tashkil topgan bo'ladi. 11.1 rasmda modda o'tkazish jarayonini tushuntiruvchi sxema ko'rsatilgan.



11.1-rasm. Massa o'tkazish jarayonida fazalarda konstantrasiyaning taqsimlanishi.

Fazalar bir-biriga nisbatan ma'lum tezlikda, ya'ni turbulent rejimda harakat qiladi va qo'zaluvchan ajratuvchi yuzaga ega. Tarqaluvchi modda F_x fazadan F_u fazasiga ajratuvchi yuz orqali modda berish jarayon orqali o'tadi. Modda o'tkazish jarayoni xar bir fazadagi turbulent oqimning strukturasi bog'lik. Gidrodinamikadan ma'lumki, turbulent oqimda qattiq yuz ustida chegaraviy qatlam xosil bo'ladi. Har bir

faza yadrogga (yoki fazaning asosiy massasi) va fazaning chegaraviy yupqa qatlarga ega bo'ladi. Fazaning yadrosida modda asosan turbulent *pulstaiyalar* yordamida tarqaladi va tarqaluvchining konstantriyasi (s_{ou} va s_{ox}) amaliy jihatdan o'zgarmas qiymatga ega bo'ladi. Chegaraviy qatlamda turbulent rejim asta-sekin so'nib boradi, natijada ajratuvchi yuzaga yaqinlashgan sari konstantriyasi o'zgarib boradi. Ajratuvchi yuzaning o'zida moddaning tarqalishi juda sekinlashadi, chunki moddaning o'tishi faqat molekulyar diffuziyaning tezligiga bog'liq bo'lib oladi. Fazalar o'rtasidagi ishqalanish va suyuq faza chegarasidagi sirt taranglik kuchlari ta'sirida ajratuvchi yuzga yaqinida konstantriya keskin, taxminan to'g'ri chiziq bo'yicha o'zgaradi.

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

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

gaz fazasi uchun, F_u

$$M = \beta_y \cdot F \cdot (y - y_q) \quad (11.8)$$

cuyuqlik fazasi uchun, F_x

$$M = \beta_x \cdot F \cdot (x_q - x) \quad (11.9)$$

bu erda M - vaqt birligi ichida berilgan moddaning miqdori; β_u, β_x - gaz va suyuqlik fazalaridagi modda berish koeffitsientlari; $(u - u_{ch})$ - modda berishning F_u fazadagi harakatlantiruvchi kuchi; $(x_{ch} - x)$ - modda berishning F_x fazadagi harakatlantiruvchi kuchi; u_{ch} va x_{ch} har bir fazaning yadrosidagi o'rtacha konstantriyasi; u_{ch}, x_{ch} - tegishli fazalar chegarasidagi konstantriyalar; F - fazalarni ajratuvchi yuz.

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

$$\beta_y = \frac{M}{(y - y_q) \cdot F} = \frac{\kappa z / c}{\kappa z / M^3 \cdot M^2} = \frac{M}{c} \quad (11.10)$$

Modda berish koeffitsientlari (β_x, β_y) vat birligi ichida jarayonning harakatlantiruvchi kuchi birga teng bo'lganda yuz birligidan fazalarni ajratuvchi yuzadan fazaning yadrosiga (yoki teskari yo'nalishda - fazaning yadrosidan ajratuvchi yuzaga tomon) o'tgan moddaning massasini bildiradi.

Modda berish koeffitsienti fizik o'zgarmas kattalik emas, u fazaning fizik xossalari (zichlik, qovushoqlik va boshqalar), muhitning gidrodinamik rejimlariga, (laminar yoki turbulent oqim) modda almashinish qurilmasining konstruktiv tuzilishiga va uning o'lchamlariga bog'liq bo'lgan kinetik kattalikdir, ya'ni:

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

Shunday qilib, modda berish koeffitsienti β ning bir qator o'zgaruvchan faktorlarga bog'liqligi sababli, ular orasidagi bog'lanishini aniqlash uchun hamda modda berish koeffitsientining qiymatini hisoblash uchun o'xshashlik nazariyasidan foydalaniladi. O'xshashlik 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 erda β - modda berish koeffitsienti; D – molekulyar diffuziya koeffitsienti; L – sistemaning aniqlovchi o'lchami. O'xshash sistemalarning o'xshash nuqtalarida Nu' kriteriyasi bir xil qiymatga ega bo'ladi. Bu o'xshashlik kriteriy fazalar yadrosining va diffuzion chegara qatlamidagi modda o'tkazish intensivligini ifodalab va ular orasidagi nisbatni ko'rsatadi.

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

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

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

bu erda τ - jarayonning davomiyligi.

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

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

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

bu erda w - oqimning tezligi. Ko'p xollarda Re' kriteriyasi o'rniga Prandtl diffuziya kriteriyasi ishlatiladi:

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

Prandtl kriteriyasi o'xshash oqimlarning o'xshash nuqtalarida suyuqlik (gaz) ning fizik xossalari nisbatining o'zgarmasligini ifodalaydi. Gazlar uchun Re' ning qiymati birga yaqin suyuqliklar uchun esa $Re' = 10^3$, chunki suyuqliklarda diffuziya koeffitsienti juda kichkina qiymatga ($D = 10^{-9} \div 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$) ega.

Nusselt diffuziya kriteriysi asosiy aniqlanishi lozim bo'lgan kriteriy bo'lib, uning boshqa kriteriyalar va komplekslar bilan bog'liqligi quyidagi umumiy ko'rinishga ega.

$$Nu=f(Re, Pr', Fo', Pe', G_1, G_2) \quad (11.15)$$

bu erda G_1, G_2 - geometrik o'xshashlik komplekslar.

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

$$F_u \text{-faza uchun} \quad M = K_y \cdot F \cdot (y - y^*) \quad (11.16)$$

$$F_x \text{-faza uchun} \quad M = K_x \cdot F \cdot (x^* - x) \quad (11.17)$$

bu erda M - bir fazadan ikkinchi fazaga vaqt birligi ichida o'tgan moddaning miqdori; K_u, K_x - gaz va suyuqlik fazalari uchun modda o'tkazish koeffisienti; $(u - u^*)$, $(x^* - x)$ - gaz va suyuqlik fazalaridagi harakatlantiruvchi kuch; u, x - fazalardagi ishchi konstantriyasiyalar; u^*, x^* - berilgan fazadagi muvozanat konstantriyasiyalar.

Modda o'tkazish koeffisienti quyidagi bog'lanish orqali aniqlanadi.

Gaz fazasi uchun:

$$\frac{1}{K_y} = \frac{1}{\beta_y} + \frac{m}{\beta_x} \quad (11.18)$$

$$\frac{1}{K_x} = \frac{1}{\beta_x} + \frac{1}{m \cdot \beta_y} \quad (11.19)$$

bu erda m - muvozanat chizig'i qiyaligi burchagining tangensi. Bu tenglamalarning chap tomonlari moddaning bir fazadan ikkinchi fazaga o'tishi uchun umumiy qarshilikni, o'ng tomonlari esa fazalardagi modda berish jarayonlari qarshiliklarning yig'indisini bildiradi. (11.18), (11.19) ifodalar fazoviy diffuziya qarshiliklarning additivlik tenglamalari deb yuritiladi.

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

$$K = \frac{M}{(y - y^*) \cdot F} = \frac{\kappa_2}{\kappa_2 / M^3 \cdot M^2 \cdot c} = \frac{M}{c} \quad (11.20)$$

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

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

Fazalar ajratuvchi yuza bo'lib xarakat qilganda, ularning konstantriyasiyalari o'zgaradi, natijada jarayonning harakatlantiruvchi kuchi xam o'zgaradi. Shu sababli modda o'tkazishning asosiy tenglamasiga o'rtacha harakatlantiruvchi kuch tushunchasi ($\Delta u_u', \Delta x_u'$) kiritiladi.

$$M = K_u \cdot F \cdot \Delta u_{ur} \quad (11.21)$$

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

Gaz fazaning konstantratsiyasi bo'yicha, modda o'tkazishning o'rtacha harakatlantiruvchi kuchi quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta y_{yp} = \frac{(y_{\delta} - y_{\delta}^*) - (y_o - y_o^*)}{2,31g \frac{y_{\delta} - y_{\delta}^*}{y_o - y_o^*}} = \frac{\Delta y_{ka} - \Delta y_{ku}}{2,31g \frac{\Delta y_{ka}}{\Delta y_{ku}}} \quad (11.23)$$

bu erda u_b , u_o - moddaning boshlang'ich va jarayon oxiridagi konstantratsiyasi; Δu_{ka} - qurilmaning birinchi (yoki ikkinchi) chekkasidagi konstantratsiyalarning katta farqi; Δu_{ki} - qurilmaning ikkinchi (yoki birinchi) chekkasidagi konstantratsiyalarning kichik farqi.

Xuddi shuningdek, suyuq fazaning konstantratsiyasi bo'yicha:

$$\Delta x_{yp} = \frac{(x_o^* - x_o) - (x_{\delta}^* - x_{\delta})}{2,31g \frac{x_o^* - x_o}{x_{\delta}^* - x_{\delta}}} = \frac{\Delta x_{ka} - \Delta x_{ku}}{2,31g \frac{\Delta x_{ka}}{\Delta x_{ku}}} \quad (11.24)$$

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

$$n_{oy} = \frac{y_{\delta} - y_o}{\Delta y_{yp}} \quad (11.25)$$

$$n_{ox} = \frac{x_o - x_{\delta}}{\Delta x_{yp}} \quad (11.26)$$

o'tkazish birligi soni harakatlantiruvchi kuch birligiga mos kelgan faza ishchi konstantratsiyasining o'zgarishini belgilaydi. Ushbu ishda modda berish koeffitsientini aniqovchi qatlamli nasadkali kolonnada aniqlanadi. Nasadka sifatida Rashig halqalari, keramik buyumlar, koks, maydalangan kvarst, polimer halqalar, sharlar, egarsimon elementlar ishlatiladi. Nasadkali kolonnalarda gaz va suyuqlik nasadka qatlami orqali qarama-qarshi yo'nalishda harakatlanadi. Berilayotgan suyuqlikning miqdori (namlash zichligi) va gaz harakati tezligiga qarab, kolonna har xil rejimda ishlashi mumkin. Kolonnadagi bu rejimlar qo'llangan nasadkaning gidravlik qarshiligi ΔR_n bilan gaz tezligining w o'zaro bog'lanish grafigi orqali ifodalanadi.

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

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

bu erda $F = 20\%$ - kolonna yuzasini egallagan tarelkaning ozod kesimi, m^2 ; N_n - 200 mm – nasadka qatlamining balandligi; Z - namlash zichligi, m^3/m^2 soat; w - gazning mavhum tezligi, m/s.

Quruq xoldagi nasadkaning gidravlik qarshiligi quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

$$\Delta P_K = \lambda \cdot \frac{H_o}{d_s} \cdot \frac{w_x \cdot \rho_r}{2} \quad (11.28)$$

bu erda λ - gidravlik qarshilik koeffitsienti; $d_e = 4\varepsilon/a$ – nasadkaning ekvivalent diametri, m; $w_x = w_o/\varepsilon$ - gazning xaqiqiy tezligi, m/s; a - nasadkaning solishtirma yuzasi, m²/m³; ρ_g - gazning zichligi, kg/m³; w_o - gazning mavhum tezligi, m/s.

Gidravlik qarshilik koeffitsienti oqimning rejimiga bog'lik bo'ladi. Nasadka qatlamidan suyuqlik oqib o'tayotganda, uning gidravlik qarshilik koeffitsienti gaz oqimining har qanday rejimi uchun quyidagi umumiy tenglama bilan aniqlanadi:

$$\lambda = 133/\text{Re}_r + 2634 \quad (11.29)$$

bu erda

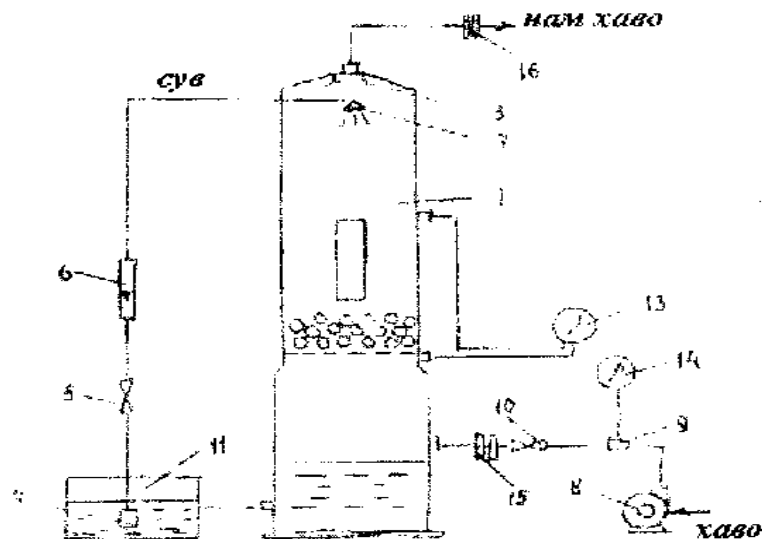
$$\text{Re}_r = \frac{w_r \cdot d_s \cdot \rho_r}{\mu_r} = \frac{4 \cdot w_r \cdot \rho_r}{\mu_r \cdot a} \quad (11.30)$$

Ushbu ishni qilishdan maqsad: mavhum qaynovchi qatlamli nasadkali kolonnalarda, modda berish koeffitsienti, quruq va ho'llangan nasadkaning gidravlik qarshiliklarini aniqlashdir.

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

Ishning bajarish tartibi

Qurilma vertikal kolonna bo'lib, uning ichki qismiga ag'darilma tarelka o'rnatilgan. Tarelka elaksimon bo'lib, teshiklarining diametri $d=0,016$ m, kolonna yuzasini egallagan tarelkaning ozod qismi $F = 20\%$ ga teng. Nasadka sifatida tarelkaga diametri $d=37$ mm bo'lgan sharlar solingan. Sharlar qatlamining g'ovakliligi $\varepsilon = 0,4$ ga teng, sharlarning soni $n = 90$ ta. Nasadka qatlamining balandligi $N_n = 200$ mm. Kolonna ishlash holatining balandligi $N_i = 1200$ mm ga teng. Markazdan qochma nasos (4) orqali purkagich (7) ga suv beriladi. Suvning sarfi rotometr (6) orqali o'lchanib, sarfi kran (5) bilan rostlanadi. Havo diametri $d = 110$ mm bo'lgan truba orqali ventilyator vositasida beriladi. Havoning sarfi maxsus moslama bilan o'zgartiriladi, uning sarflanish miqdori mikromanometr (14) ulangan Pito-Prandtl (8) trubkasi



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

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

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

Qurilmaning holati tekshirilib, laborant ishtirokida markazdan qochma nasos ishga tushirilib, suvni temperaturasi o'zgarmas holatga kelguncha sterkulstiya qilinadi. Rotametrning ko'rsatkichi bo'yicha suvning sarfi miqdori o'zgarmas (o'qituvchi ko'rsatmasiga asosan) qilib olinadi. Havoning sarf miqdorini 4 marta rostlovchi moslama (10) yordamida o'zgartirib, ventilyator (8) orqali havo beriladi, hamda mikromanometr (14) ko'rsatkichi va psixrometr (15), (16) kolonnadan oldingi va keyingi ko'rsatkichlarini hisoblash jadvaliga yoziladi.

Ikkinchi usulda havoning sarf miqdorini o'zgarmas holatda suvning sarfi 4 marta rotametrning ko'rsatkichi bo'yicha o'zgartirilib, psixrometrlarning ko'rsatkichi hisoblash jadvaliga yoziladi.

Tajriba o'tkazilgandan so'ng modda berish koeffitsienti (11.31) tenglama bilan, havoning tezligi (11.36) va namlash zichligi Z (11.37) tenglamalar bilan xisoblanadi. Tajriba natijalari asosida $Z = \text{const}$ bo'lganda $\beta_u - w_o$ orasidagi va $W = \text{const}$ bo'lganda $\beta_u - Z$ orasida o'zaro bog'lanish grafiklari millimetrlig kog'ozda tasvirlanadi.

11-1 hisoblash jadvali

O'lchanadigan miqdorlar	1	2	3	4
Havo sarfi $V_c, m^3/s$				
Suvning sarfi $V, m^3/soat$				
Kolonnaga kirayotgan havoning temperaturasi, °S				
quruqhavoning temperaturasi - $t_k, °S$				
ho'l termometrning temperaturasi - $t_x, °S$				
Kolonnaga kirayotgan havoning nam saqlashi- $x_b,$ kg/kg				
Kolonnadan chiqayotgan havoning temperaturasi - $t_{ch},$ °S				
quruqhavoning temperaturasi - $t_k, °S$				
Kolonnadan chiqayotgan havoning nam saqlashi- $x,$ kg/kg				

Tajriba kursatkichlarini xisoblash

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

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

bu erda M - suvdan havoga o'tgan namlik miqdori, kg/s; $F = 0,031 m^2$ - tarelkaning ish yuzasi, m^2 ; Δy_r - jarayonning harakatlantiruvchi kuchi, kg/kg.

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

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

bu erda G_x - havoning massaviy sarfi, kg/s; x_b, x_o - havoning dastlabki va kolonnadan chiqishdagi nam saqlashi, quruq va xo'l termometrning temperaturasiga asosan I- x diagrammadan aniqlanadi.

3. Havoning massaviy sarfi quyidagicha aniqlanadi:

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

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

4. Havoning hajmiy sarfi pnevmometrik Pito-Prandtl naychasi ko'rsatkichi

bo'yicha, olingan dinamik naporning qiymati orqali aniqlanadi: $h_o = w^2 / 2g$

bu erdan $w = \sqrt{2g \cdot h_o}$

Havoning hajmiy sarfi esa:

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

bu erda $d=110 mm$ - havo berilayotgan trubaning diametri, m; $\varphi = 0,97$ - sarflanish koeffitsienti; h_d - dinamik napor, havo ustunida.

5. Jarayonning harakatlantiruvchi kuchi Δx_{ur} quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta x_{yp} = \frac{(x_m - x_o) - (x_m - x_o)}{2,31g \frac{x_m - x_o}{x_m - x_o}} \quad (11.35)$$

bu erda x_m -havoning muvozanat holatdagi nam saqlashi, temperaturaga I-x diagrammadan aniqlanadi.

6. Havoning mavhum tezligi sekundi sarf tenglamasidan aniqlanadi:

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

bu erda $F = 0,0314 \text{ m}^2$ - kolonnaning ko'ndalang kesim yuzasi. Suvning sarf miqdori bo'yicha namlash zichligi quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

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

bu erda Z -namlash zichligi; G - suvning sarf miqdori, rotametrling ko'rsatkichi bo'yicha grafikdan aniqlanadi.

Quruq va xo'llangan nasadkaning gidravlik qarshiligini aniqlash.

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

11-2 jadval

	1	2	3	4
14- mikromanometrning kursatkichi bo'yicha xavoning sarfi, m^3/soat				
13 mikromanometrning kursatkichi bo'yicha Rotametrling ko'rsatkichi bo'yicha				
Suvning sarfi, m^3/s				
13 mikromanometrning ko'rsatkichi bo'yicha				

11-2 Hisoblash jadvalidagi tajriba natijalariga asosan havoning tezligi (11.36), namlash tezligi esa (11.37) tenglamalar yordamida xisoblanadi. Quruq va ho'llangan nasadkalarining gidravlik qarshiligining o'lchov birligi Pa da ifodalab tezlik bilan o'zaro bog'lanishlari, ya'ni ΔP_{k-w_o} va ΔP_{x-w_o} grafiklari millimetrli qog'ozda tasvirlanadi.

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

Tekshirish uchun savollar

1. Modda o'tkazish jarayoni va uning mohiyati
2. Modda o'tkazish jarayoning turlari.
3. Fazoviy muvozanat. Muvozanat chizig'i.
4. Moddiy balans.
5. Molekulyar va turbulent diffuziya.
8. Modda berish va o'tkazish koeffitsientlarining fizik ma'nosi.
9. O'xshashlik diffuzion kriteriyalar va ularning fizik ma'nosi.
10. Jarayonning o'rtacha harakatlantiruvchi kuchi va uni aniqlash.
11. Fazalarning additiv qarshiligi.

14-LABORATORIYA ISHI: YARIM SFERIK AKTIV KO'MIR QATLAMLI ADSORBER GIDRODINAMIKASINI O'RGANISH.

Ishning nazariy asoslari

Gaz aralashmalari xamda eritmalaridagi bir va bir necha komponentlarning g'ovaksimon kattik jismlar yuzasi bo'ylab (adsorbentda) yutilish jarayoni Adsorbsiya deyiladi. Adsorbsiya jarayoni gazlarni, eritmalarini tozalash va quritishda, eritmalaridan qimmatbaho moddalarni ajratib olishda, neft maxsulotlaridan xosil bo'lgan aralashmalarni tozalashda, xavo yoki boshqa gazlar aralashgan (portlovchan) eritmalarini xamda gaz va bug' aralashmalarini ajratib olishda, neftni qayta ishlash natijasida xosil bulgan gaz aralashmalaridan vodorod va etilenni, benzin fraktsiyalaridan aromatik uglevodorodlarni ajratib olishda, yog'larni, vino mahsulotlarini, xar xil meva-sabzavot sharbatlarini tozalashda, kimyo va ozik-ovkat sanoatining barcha tarmoqlarida keng qo'llaniladi.

Sanoatda adsorbent sifatida aktivlangan ko'mir, qattiqg'ovaksimon silikagel, stellyuloza, seolitlar, tuprok jinslari, ion almashinuvchi sun'iy smolalar (ionitlar) ishlatiladi.

Ko'pchilik kimyoviy texnologik jarayonlarda suyuqlik va gazlar sochiluvchan donasimon materiallar qatlamidan o'tkaziladi. Ishlatiladigan donasimon materiallar xilma-xil bulib ularning shakli va o'lchamlari xam xar xil bo'ladi. Agar donasimon materiallarning diametri bir xil bo'lsa, bir o'lchamli, qatlam xar xil bo'lsa ko'p o'lchamli qatlam deyiladi. Bu jarayonlarda suyuqlik va gazlar donasimon materiallarning orasidan va kanallardan o'tadi.

Donador materiallarning qatlamidan o'tayotgan gaz oqimining rejimi juda ko'p faktorlarga bog'lik bo'ladi. Birinchi navbatda gaz oqimining donador materiallarning qatlamida taqsimlanishi gazning xususiyatiga, donador materiallarning fizik-geometrik xususiyatga xamda qatlam tarkibiga bog'lik bo'ladi. Donasimon materiallarning qatlami gidravlik qarshilik ΔR , solishtirma yuza S , zarrachalar orasidagi bo'sh ε xajmi, materiallarning o'lchami va shu kabi kattaliklar bilan xarakterlanadi.

Adsorbentning fizik xususiyati zarrachalar ichida kapillyar kanallarning kattaligiga bog'liq bo'ladi. Kapillyar kanallar makro, oralik, mikro g'ovakli bo'ladi.

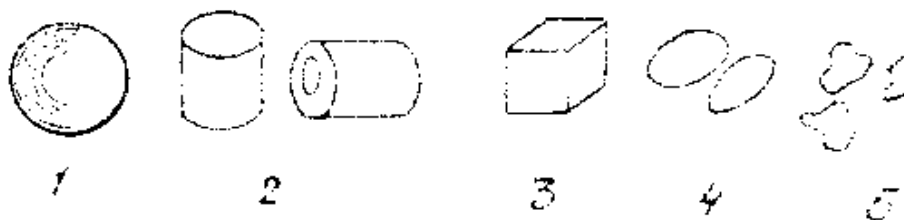
Mikrog'ovakli adsorbentlarning solishtirma yuzasi kichik bo'lgani uchun bunday adsorbentning devorlarida juda kam mikdorda modda yutiladi.

Makrog'ovakli adsorbentlarda yutilayotgan molekularlar faqat ularning kanallari orqali uzatiladi. Oraliqg'ovakli adsorbentlarning yuzasida Adsorbsiya jarayoni davomida yutilayotgan modda molekularining kattaligi g'ovak teshiklaridan kichik bo'lgan uchun, yutiladigan modda qatlami hosil bo'ladi.

Mikrog'ovakli adsorbentlarda teshiklarning kattaligi yutilayotgan molekularning kattaligiga teng bo'lib, Adsorbsiya davomida mikrog'ovaklarning xajmlari yutilayotgan molekular bilan to'ladi. Shuning uchun jarayon davomida mikrog'ovakli adsorbentlarning yuzasida moddaning yutilishida modda qatlamining fizik jixatdan ahamiyati kam.

Adsorbentlarning muxim xarakteristikalaridan biri uning aktivligi yoki adsorbsiyalanish qobiliyatidir. Uning aktivligi adsorbentning birlik massasi yoki xajmda modda yutilish miqdori bilan belgilanadi. Adsorbentlar o'z aktivligidan qat'iy nazar zichligi, ekvivalent diametri, mexanik mustaxkamligi, granulometrik tarkibi, yutish yuzasining birlik hajmi bilan xarakterlanadi.

Donador material zarrachalarining shakli xar xil bulib, 8-1 rasmda ularning xillari tasvirlangan.



15.1- rasm.

1 – shar; 2 – stilindr; 3 – kub; 4 – aylanasimon;
5 – noto'g'ri shakldagi zarrachalar.

Donasimon materiallar orasidagi bo'sh xajmining qatlam xajmiga nisbati bo'sh xajm deyiladi va ε bilan belgilanadi:

$$\varepsilon = \frac{V_1 - V_0}{V_1}; \quad (15.1)$$

ifodada V_1 – donasimon qatlam xajmi; V_0 – katlamdagi zarrachalar egallagan xajm; $V_1 - V_0$ – katlamning bo'sh xajmi.

Bo'sh xajmning kattaligi donasimon materiallarning xiliga va ularning kattakichikligiga bog'liq bo'lib, u tajriba orqali topiladi. O'zgarmas qatlamda bir xil diametrli sharsimon zarrachalar uchun uning diametrining katta kichikligidan qat'iy nazar bo'sh xajmi $\varepsilon = 0,375$ teng bo'ladi. Donador material katlamining asosiy xarakteristikasidan biri zarrachalarning solishtirma yuzasi bo'lib, zarrachalarning sirt yuzasini hajmga bo'lgan nisbatini ko'rsatadi, ya'ni:

$$S_0 = S_T / V \quad (15.2)$$

Aniq shaklga ega bo'lgan zarrachalarning kattalik miqdori ma'lum bo'lsa, ularning sirt yuzasini hisoblash oson bo'ladi. Solishtirma yuza $S_{qatlamning}$ xajm birligida joylashgan barcha zarrachalarning yuzasini ifodalaydi. Sferasimon shakldagi zarrachalar uchun:

$$S = S_0(1-\varepsilon) \quad (15.3)$$

Yassi sirtli elementlardan (kubsimon, stilindrsimon, plastinali) tashkil topgan zarrachalar qatlamda, o'rnashganda ular bir-birlariga tegib, o'z solishtirma yuzalarining bir qismini to'sib ko'yadilar. Shuning uchun bu xolda to'sish darajasini K_n koefitsient bilan xisobga olsak, zarrachalarning effektiv solishtirma yuzasi $S_{o.ef}$ quyidagicha aniqlanadi:

$$S_{o.ef} = K_n S_0 \quad (15.4)$$

Bu vaqtda gaz oqimi bilan yuvilayotgan xajm birligidagi katlamning erkin yuzasi:

$$S = S_{o.ef}(1-\varepsilon) = S_0(1-\varepsilon)K_n \quad (15.5)$$

Qatlam kanallaridan o'tayotgan gaz oqimining xaqiqiy tezligi qatlamning bo'sh xajmi orqali aniqlangani uchun, uni qiymatini aniqlash qiyin. Shu sababli dastlab gaz oqimining mavhum tezligi w_0 quyidagicha topiladi:

$$w = w_0 / \varepsilon \quad (15.6)$$

ifodada $w_0 = V/F$ - mavxum tezlik, gaz oqimining xajmiy sarfini qatlamning ko'ndalang kesim yuzasiga bo'lgan nisbatiga teng.

Zarrachalar orasidagi bo'sh, qatlamning o'zgaruvchan ko'ndalang kesimi va uzunligi bo'yicha, kanallar hosil qilishi natijasida, qatlamda esa, ichki bo'sh hajm vujudga keladi. Kanallarning gidravlik radiusi aniqmas shaklli zarrachalar uchun quyidagicha aniqlanadi:

$$r = \varepsilon d / 6 (1-\varepsilon) \quad (15.7)$$

Har kandy ko'ndalang kesim uchun kanallarning ekvivalent diametri quyidagicha aniqlanadi:

$$d_e = 4r = \varepsilon d / 6 (1-\varepsilon) = 4\varepsilon / S = 4\varepsilon / S_0 (1-\varepsilon)K_n \quad (15.8)$$

Adsorbsiya qurilmasidagi katlamning gidravlik qarshiligini engish uchun sarflangan kuvvatning mikdori jarayonning oqim tezligini belgilab, tozalash jarayonini qisman bahosini oshiradi. Massa almashinish jarayonida bir fazadan ikkinchi fazaga o'tayotgan moddaning mikdori oqimning tuzilish tarkibiga bog'liq bo'ladi.

Zarrachalar qatlamida okim 2 xil rejimda harakat qiladi. Muhit oqimning tezligi kichik bo'lganda uning zarrachalri bir-biriga aralashmasdan, parallel xolda tartibli xarakat qiladi. Bunday harakat laminar rejim deyiladi. Turg'un rejimda muhit okimining tezligi katlamdan 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 zarrachalri bir-biri bilan aralashib tartibsiz tulqinsimon xarakat qiladi. Bunday okim turbulent rejim deyiladi. Oqimning xarakat rejimi muhit okimining o'rtacha tezligiga, muxitning zichligiga, va qovushokligiga xamda kanallarning ekvivalent diametriga bog'liq bo'ladi.

Bu kattaliklar o'lchamsiz kompleks Reynolds kriteriyasi orqali aniqlanadi:

$$Re = \frac{w d_e \rho}{\mu} \quad (15.9)$$

Donasimon katlamdagi materiallarning qarshiligi quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$\Delta P = \lambda \frac{L}{d} \cdot \frac{\rho w^2}{2} \quad (15.10)$$

bu erda L – qatlam uzunligi; λ – faqat ishqalanish qarshiligini xisobga olmay, balki muxit oqimi xarakati davomidagi maxalliy qarshiliklarni, ya’ni muxitning zarrachalar orasidan o’tayotgandagi qarshiliklarni hammasini hisobga oladi va umumiy qarshilik koeffitsienti deyiladi.

Qarshilik qonuniga asosan umumiy qarshilik koeffitsienti Reynolds kriteriyasi bilan quyidagi bog’lanishda bo’ladi:

$$\lambda = f(Re) \quad (15.11)$$

Adsorbent erkin hajmi o’zgarmas bo’lganda, yoki g’ovakli moddalar qaysiki katlam zarrachalar orasidagi bo’sh hajmda (zarrachalar ichidagi bo’sh hajmni hisobga olmagan holda) (15.11) tenglama gazning qovushqoqligi, zichligi, gaz oqimining tezligidan qat’iy nazar bosimlar farqini aniqlash uchun qo’llaniladi.

Gaz oqimi qatlamda laminar rejimda harakatlanishda gidravlik qarshilik umumlashgan kriterial tenglamalar bilan aniqlanadi:

$$La = AG \quad (15.12)$$

bu erda $La = Re \cdot Eu$ Lagranj kriteriyasi bosim kuchlarining ichki ishqalanish kuchlariga bulgan nisbatini kursatadi. $G = L/d_e$ – geometrik simpleks qatlamning uzunligini kanallarning ekvivalent diametriga bo’lgan nisbatini ko’rsatadi.

Turbulent harakat rejimida qatlamdagi yo’qotilgan bosimlarning miqdori quyidagicha aniqlanadi.

$$\Delta P = \lambda_m \frac{L}{\psi \cdot d_s} \cdot \frac{\rho w^2}{2} \cdot \frac{1 - \varepsilon}{\varepsilon^3} \quad (15.13)$$

bu erda $\lambda_m = f(Re_m)$ – modifikastiyalashtirilgan qarshilik koeffitsienti $Re_m = wd_e \psi \rho / \mu (1 - \varepsilon)$ – modifikastiyalashtirilgan Reynolds kriteriyasi zarrachalarning shaklini, qatlamdagi bo’sh xajmni xisobga oladi. O’zgarmas qatlamdagi gidravlik qarshilik turbulent harakat rejimida quyidagicha aniqlanadi:

$$Eu = c \cdot Re_m^{-n} \cdot \Gamma \quad (15.14)$$

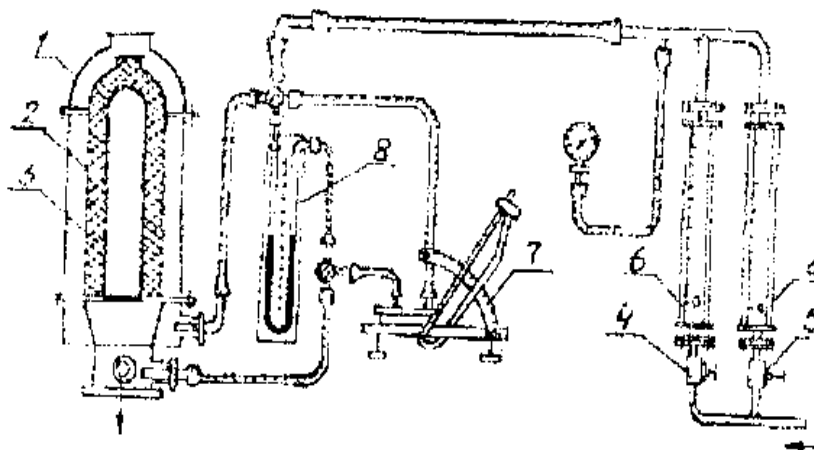
Gaz oqimining turg’un xarakati jarayonida (15.12) va (15.14) umumiy tenglamalar xisoblanadi, bu tenglamadagi A , s koeffitsientlari va daraja ko’rsatkichi n tajriba orqali aniqlanadi. Bu mikdorlarning qiymati Reynolds kriteriyasiga bog’liq bo’lib, uning o’zgarishi bilan bu koeffitsientlar mos ravishda o’zgarib, tajriba natijalariga asoslanib aniqlanadi.

Ishni bajarishdan maqsad: o’zgarmas adsorbent qatlamidagi gidravlik qarshilikni aniqlab, $Eu = f(Re)$ orasidagi bog’lanish grafigini qurish, tajriba natijalari asosida A , s koeffitsientlari va daraja ko’rsatkichi n hisoblanadi.

Ishni bajarish tartibi

15.2 rasmda laboratoriya qurilmasining sxemasi ko’rsatilgan.

15.2 rasm. Adsorbent qatlamining gidravlik qarshiligini



aniqlash laboratoriya qurilmasi:

1 – adsorber; 2 – tashqi to‘r; 3 – ichki to‘r; 4, 5 – ventillar; 6 – RS-7 rotametr; 7 – MMN-240 mikromonometr; 8 – difmanometr.

Laboratoriya qurilmasi o‘zgaruvchan ko‘ndalang kesimdagi adsorberdan iborat bo‘lib, uning ichiga tashki va ichki to‘r o‘rnatilgan. To‘rlar orasi tula va yarim sfera qatlamida aktivlangan ko‘mir bilan to‘ldiriladi. Qurilmaga havo yuqori bosimli ventilyator orqali yoki ballonga to‘ldirilgan siqilgan havo beriladi.

Havoning sarfi rotametr ko‘rsatkichi bo‘yicha 4 va 5 kran orqali sozlanadi. Adsorberdagi bosimlarning farqi mikromonometr MMN-240 va difmanometr bilan o‘lchanadi. O‘zgaruvchan ko‘ndalang kesimli qatlamdagi aktivlangan ko‘mirning gidravlik qarshiligi quyidagi tartibda o‘lchanadi:

1. Tekshirilayotgan aktivlangan ko‘mirning sochiluvchan zichligi aniklanadi. Bu kattalikni o‘lchash uchun ma‘lum mikdordagi aktivlangan ko‘mirni tarozida tortib stilindrga solinadi va uning egallagan xajmini mikrometr bilan o‘lchanadi. Katlamdagi bo‘sh xajm (15.1) tenglama orqali aniqlanadi.

2. Gaz oqimi bilan yuvilayotgan xajm birligidagi qatlamning erkin yuzasi (15.1) – tenglama yordamidagi qatlamning erkin yuzasi (15.5) tenglama yordamida xar qanday ko‘ndalang kesim uchun kanallarning ekvivalent diametri (15.10) tenglama bilan xisoblanadi.

3. Xavoning zichligi, qovushqoqligi temperaturaga asosan ilovaning 2 jadvalidan aniqlanib, xar qanday rejim uchun Reynolds kriteriyasi hisoblanadi.

4. Adsorberga aktivlangan ko‘mir solmasdan ventilyator orqali berilayotgan havo oqimining sarflanish miqdorini RS-7 rotametri yordamida har xil o‘zgartirib laboratoriya qurilmasining gidravlik qarshiligini mikromanometr va difmanometr bilan o‘lchaymiz. So‘ngra, adsorberni aktivlangan ko‘mir bilan to‘ldirib, ventilyator yordamida laboratoriya qurilmasiga havo beriladi. 4 yoki 5 kran asta-ochilib, rotametrning ko‘rsatkichi bo‘yicha havoning sarflanish miqdori aniqlanadi.

Tajriba davomida havoning sarflanish miqdorini rotametrning ko‘rsatkichi bo‘yicha oshirib, laboratoriya 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 xisoblash

1. Havoning sekundli sarfi miqdoriga asosan modifikatsiyalashtirilgan Reynolds kriterisini aniqlaymiz.

$$Re_m = \frac{w_x d_3 \psi}{\nu(1 - \Sigma)} \quad (15.15)$$

bu erda $w_x = w / \varepsilon$ oqimning xakikiy tezligi (bush kanallardagi tezlik); d_e – kanallarning ekvivalent diametri, m; ν – kinematik qovushqoqlik, m^2/s uning qiymati ilovaning 2 jadvalidan aniqlanadi, ψ – zarrachalarning shakli, silindrsimon shaklli zarrachalar uchun $\psi = 0,9$ teng; ε – qatlamning bo'sh xajmi, m^3/m^3 .

2. Geometrik o'xshashlik simpleksi G quyidagicha aniqlanadi:

$$G = L/d_e \quad (15.16)$$

3. O'lchangan qatlamdagi bosimlar farqining miqdori bo'yicha Eyley kriteriyasi hisoblanadi:

$$Eu = \frac{\Delta P}{\rho w_x^2} \quad (15.17)$$

bu erda ρ – xavoning zichligi, kg/m^3 (ilovadagi 1 jadvaldan olinadi).

4. Logarifm kordinatlarida tajriba natijalari asosida $Eu/G = f(Re)$ orasidagi bog'lanish grafigi tasvirlanadi.

5. $Eu/G = f(Re)$ grafigidan havo oqimining laminar va turbulent xarakati rejimida s koeffitsientining miqdori va daraja ko'rsatkichi n aniqlanadi.

6. (15.12) va (15.14) tenglama laminar va turbulent rejimlar uchun gidravlik qarshiliklar $\Delta R_{lam.}$ va $\Delta R_{tur.}$ xisoblanadi. Tajribadan olingan $\Delta R_{lam.}$ va $\Delta R_{tur.}$ qqiymatlari xisoblanganlari bilan solishtiriladi va aniqligi % lar xisobida aniqlanadi.

15-1 jadval

Tajriba	w_x , m/s	ΔR , Pa	$Eu = \frac{\Delta H}{\rho w_x^2}$	$Re = \frac{w_x d_3 \psi}{\nu(1 - \Sigma)}$	$\lg \frac{Eu}{G}$	$\lg Re$
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						
7.						
8.						

Tekshirish uchun savollar

1. Kimyoviy texnologiya jarayonlarida gidromexanik jarayonlarning qo'llanilishi.

2. Gaz oqimining donador materiallar katlamidagi xarakat rejimi. Donador zarracha katlamining fizik geometrik xarakteristikalar.

3. Gaz oqimining donador material qatlamida laminar va turbulent harakat rejimidagi karshilik konunlari.

4. O'zgarmas donador material qatlamida gaz oqimining laminar va turbulent xarakat rejimida gidravlik karshiliklarni umumiy hisoblanish xollari.

15-LABORATORIYA ISHI: SOCHILUVCHAN MATERIALLARNI SOLISHTIRMA YUZASINI ANIQLASH VA ELAKLARDA FRAKSIYALARGA AJRATISH.

Ishning nazariy asoslari

Sochiluvchan materiallarni zarrachalarning diametri d ga bog'liq bo'lgan holda 5 ta guruhga bo'lish mumkin:

- 1) bo'lakli - 10mm 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 muxim xususiyatlaridan biri-bu dispersligi (1/d). Disperslik sochiluvchan moddalarning texnologik xossalarini belgilaydi va zarrachalarning donalarini katta-kichikligi bo'yicha taqsimlanish funksiyasi yoki zarrachalarning solishtirma yuzasi (solishtirma yuza deb – zarrachalarning yuzasini ularning xajmi yoki massasiga bo'lgan nisbatga aytiladi) bilan ifodalanadi. Masalan sementning dispers tarkibi kotish jarayonida uning mustaxkamligini belgilaydi; zarrachalarning o'lchami lak va bo'yoqlarning qoplash xususiyatlarni belgilaydi va x.

Sochiluvchan moddalarning zarrachalarini katta-kichikligini o'lchash, ayniqsa kukun va changsimon maxsulotlar ishtirokida boradigan sanoat jarayonlarida, muxim usullardan biridir. Sanoatda sochiluvchan moddalarni tarkibiy qismi bo'yicha quyidagicha xarakterlanadi:

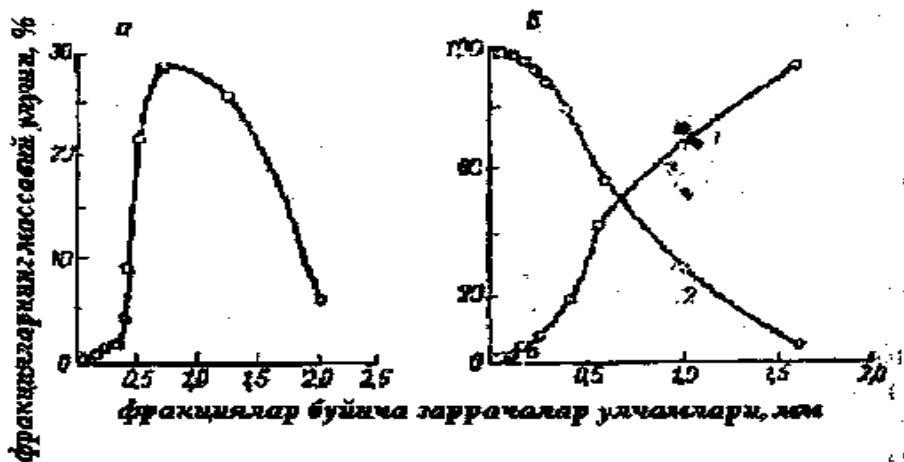
- 1) zarrachalarning o'o'lchamlari bo'yicha taqsimlanishi bilan;
- 2) zarrachalarning solishtirma yuzalarining o'rtacha qiymati bilan.

Elakli taxlil. Sochiluvchan materialning maydalangan namunasini to'rli elaklar to'plamidan o'tkazib bir necha frakstiyalarga ajratish mumkin. Frakstiyalar soni 5 dan kam, 20 dan ortik bo'lmasligi kerak. Ajratilgan frakstiyalardagi 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 yacheykalarining kuyi chegarasi 40mkm bo'ladi. Yaxshi elanadigan (yopishib qolmaydigan) kukunlarni taxlil qilish uchun eng mayda teshikli elaklar qullaniladi. 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 yuzasining yig'indisi, 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 elakgacha borib tushadi. Odatda, saralash davrida elaklar ustma-ust qo'yiladi va material bitta bosqichda frakstiyalarga ajratiladi.



18.1-rasm. Elakli saralash taxlili natijalari.
a-taqsimlanishning differensial tenglamasi;
b-taqsimlanishning integral egri chizig'i;
1-o'tish; 2-elak qoldig'i.

Elakli saralash taxlili natijalari grafikda materialdagi ba'zi fraksiyalarning massaviy ulushini ko'rsatuvchi differensial taqsimlanish egri chizig'i tasvirida beriladi yoki berilgan o'lchovdan kichik (yoki katta) xamma frakstiyalarning yig'indisini massaviy ulushini tasvirlovchi integral (yoki kumulyativ) taqsimlanish egri chizig'ida tasvirlangan (18.1-rasm).

Ikkita yonma-yon elak teshiklarining o'lchamlarini bittasidan o'tib ikkinchisidan ushlanib qolgan o'rtacha arifmetik qiymati grafikda nuqta bilan belgilangan frakstiyaga to'g'ri keladi.

Zarrachalarning o'rtacha o'lchamini additivlik qoidasi bo'yicha topilgan o'rtacha diametr d_{urt} orqali ifodalash tavsiya etiladi:

$$d_{urt} = m_1 d_1 + m_2 d_2 + \dots + m_n d_n = \sum m_i d_i \quad (18.1)$$

bu erda m_1, m_2, \dots, m_n – dispers material namunasidagi har bir frakstiyaning massaviy ulushi; i – frakstiyalar soni.

Dispers material tarkibining bir jinsliligini quyidagi usuli bilan aniqlanadigan **chetlanish koeffisienti 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 ya'ni:

ko'paytiriladi,

$$R_o = \frac{d_{84} - d_{16}}{2d_{50}} \cdot 100 \quad (18.2)$$

Shunday qilib taxlil qilinayotgan materialning umumiy massasidan 16% li eng katta va eng kichik fraksiya olib tashlanadi va sochiluvchan materialning faqat qolgan 2/3 kismi inobatga olinadi. R_o kancha kam bo'lsa shuncha maxsulot tekis xisoblanadi.

Materialni solishtirma yuzasini aniqlash. Ko'pchilik texnologik jarayonlar uchun disperslikning xarakteristikasi faqat bitta kattalik bilan ifodalanganligi tufayli qulay xisoblanadi. Kukunning solishtirma yuzasini bilib S_{sol} zarrachalarning o'rtacha diametrini aniqlash mumkin:

$$S_{col} = \frac{nS_z}{n\delta_z} = \frac{n\pi d_{ypm}^2}{n\pi d_{ypm}^3 / 6} = \frac{6}{d_{ypm}} \quad (18.3)$$

bu erda n – namunadagi zarrachalar soni; S_z va δ_z - d_{urt} teng bo'lgan zarrachalarning tashki yuzasi va hajmi, shunda $\delta_z = \frac{M}{(\rho_z d_{ypm})}$ teng; M –

namunaning massasi; ρ_z – zarrachaning zichligi.

Zarrachalarning solishtirma yuzasini turli usullar bilan aniqlash mumkin. Eng soddasi, filtrastion usul yoki atmosfera bosimiga yaqin bosimda, havo o'tkazuvchanlik usulida S_{sol} ni aniqlash ($d_{max} \leq 5$ mm teng bo'lgan zarrachalarga taalluqli).

Ushbu usul havoni laminar xarakat qonuniyatlariga asoslangan. Ma'lum L (m) qatlamli sochiluvchan materialning gidravlik qarshiligini ΔR (Pa) gaz yoki suyuqlik oqimining laminar harakatida quyidagi formula bo'yicha aniqlash mumkin:

$$\Delta P = \frac{32L\mu\omega}{d_{\text{эк}}^2} \quad (18.4)$$

bu erda μ va ω – oqimning dinamik qovushqoqligi (Pa·s) va tezligi (m/s); d_{ek} – zarrachalar orasidagi kanallarning ekvivalent diametri.

$$d_{\text{эк}} = 4r_2 = \frac{4\varepsilon^k}{[(1-\varepsilon)S_{col}]} \quad (18.5)$$

bu erda r_2 – gidravlik radius; ε – zarrachalar orasidagi bo'shliq; $k=1,25$ zarrachalar xarakatsiz bo'lgan soxalarni inobatga oluvchi koeffistient.

Sochiluvchan material qatlami (atmosfera bosimiga yaqin bosimda zarrachalar deformatsiyalanmaslik sharti bilan) terli darajada zichlanishi mumkin, lekin bunda S_{sol} o'zgarmas qoladi. Bunda material qatlamidan o'tgan havoning harakati o'zgaruvchan kesimli va ilonsimon chiziqli kapillyarlar sistemasidan harakatiga o'xshash deb hisoblanadi. Birlik hajm qatlamida kapillyarlarning ichki yuzasi, maydalangan materialning solishtirma yuzasiga teng deb olinadi (bu erda zarrachalarning ichki g'ovakliligi inobatga olinmay, «tashqi» yuza nazarda tutilmoqda).

Kapillyarlarning ko'ndalang kesimlari yuzasining yig'indasi ε bo'shliqqa, ya'ni dispers material bilan to'ldirilmagan hajm ulushiga to'g'ri keladi.

Kapillyarlarning uzunligi kukun qatlamining balandligiga yaqin deb qabul qilinadi. Havoning oqim tezligi esa, harakatsiz sohalarni inobatga olgan holda hisoblanadi.

Gazlarni filtrlash yoki sochiluvchan material qatlamidan suyuqlikni o'tkazish jarayonlari uchun Puazeyl qonuni quyidagicha ifodalanadi:

$$\frac{\Delta P}{L} = A \frac{\mu \omega}{d_9^2} \cdot \frac{(1-\Sigma)^2}{\Sigma^3} \quad (18.6)$$

bu erda A – proporsionallik koeffitsienti. (18.5) tenglamani inobatga olgan holda zarrachalarning solishtirma yuzasi S_{sol} uchun tenglama quyidagicha ifodalanadi:

$$S_{con} = \frac{\varepsilon^2}{1-\varepsilon} \sqrt{\frac{F \tau \bar{P}}{V_x P_1} \cdot \frac{\Delta P}{L} \cdot \frac{1}{K_{sh} \mu}} \quad (18.7)$$

bu erda F – qatlamning yuzasi, m^2 ; τ – havoni filtrlash vaqti, s; $\bar{P} = \frac{P_1 - \Delta P}{2}$ - dispers material qatlamidagi o'rtacha bosim, Pa; V_x – filtrlangan havoning hajmi (qovushqoq oqim sharoitida), m^3 ; K_{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 xarakatlanganda qatlam zarrachalariga nisbatan «sirpanish» effekti tufayli Puazeyl qonunidan chetlanish kuzatiladi.

Zarrachalar o'lchami kamaygan sari sirpanish oqimining ulushi ortib boradi va butun xavo oqimining 80% ni tashkil qilishi mumkin. Sirpanish oqimini inobatga olgan xolda (18.7) tenglama quyidagicha o'zgaradi:

$$S_c = \frac{8}{3} \cdot \frac{\varepsilon^{2,75}}{1-\varepsilon} \cdot \frac{F \tau \Delta P}{P_1 V_c L} \cdot \sqrt{\frac{2RT}{\pi M}} \quad (18.8)$$

bu erda V_s – gazning sirpanishi bilan bog'liq bo'lgan oqimning xajmi, sm^3 ;

R – gaz doymiligi $\left[R = 8,315 \cdot 10^7 \frac{\text{э}p^2}{\text{к} \cdot \text{моль}} \right]$; T – absolyut temperatura, K; M –

havoning molyar massasi, kg/mol.

Filtrlovchi oqimda sirpanishni paydo bo'lishini qatlam tuzilishini (boshliq, kanallarning qiyshiqligi va x.), hamda oqimning fizik xossalarini inobatga oluvchi R_1 koeffitsientning qiymatidan bilish mumkin:

$$P_1 = \frac{K_y \rho}{(\Sigma \cdot \mu)} \quad (18.9)$$

bu erda $K_u = \rho_1 V_u W / (\Delta R F \tau)$ teng bo'lgan gazning filtrlash koeffitsienti (yoki qatlamning o'tkazuvchanligi); V_u – filtrlangan gazning umumiy hajmi, m^3 ; ρ – havoning zichligi, kg/m^3 ; μ – havoning dinamik qovushqoqligi, Pa·s.

- Gaz oqimining tezligi chegara qatlamidagi tezlik gradientiga proporsionalik deb hisoblanadi

O'lchamsiz P_1 koeffitsientning o'zgarish 100 dan 0,1 gacha bo'lgan oraliq'ida gaz oqimida qovushqoq oqim xam sirpanish oqimi xam kuzatiladi. $P_1 > 100$ bo'lganda gazning faqat qovushqoq oqimi kuzatiladi.

Ishning maqsadi:

1. Dispers materialning zarrachalar o'lchamini taqsimlovchi differensial va integral egri chiziqlarini tuzish va o'rganish. Tuzilgan grafiklar asosida zarrachalarning o'rtacha o'lchami d_{urt} va chetlanish koeffitsientini R_{ch} aniqlash.

2. Filtratsion usul bilan dispersion materialning solishtirma yuzasini S_{sol} aniqlash.

Qurilmaning tasnifi.

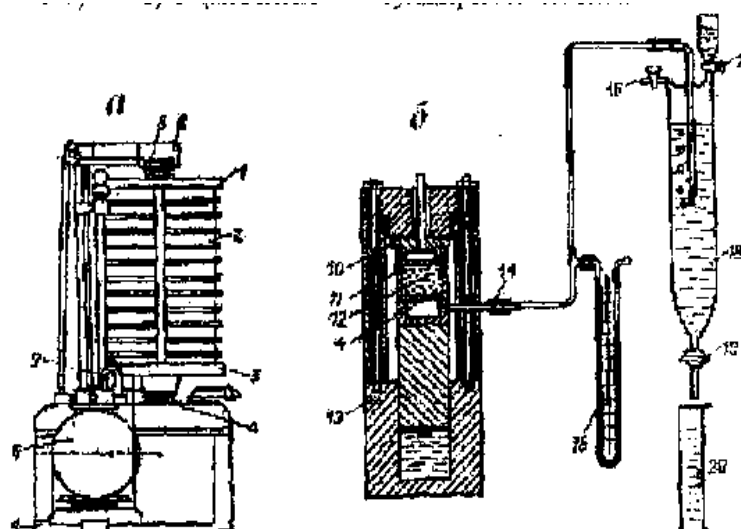
18.2 a-rasmda elaklar to'plami 2 dan iborat bo'lgan va mexanik saralashga moslangan 028 M asbobning sxemasi ko'rsatilgan. Elaklar qopqoq 1 bilan yopiladi va vintlar 8 bilan mustahkamlanadi. Stanina 5 da eksentrik val 4 ni xarakatga keltiruvchi elektrodvigatel 6 o'rnatilgan. Aylanma xarakatdan tashqari kulisa 7 yordamida stolcha 4 aylanma – ilgari xarakat qiladi elaklarni vertikal yonalishda silkish uchun qopqoq 1 ga vaqti -vaqti bilan richag 9 urib turadi.

18.2 b-rasmda kukunning solishtirma yuzasini o'lchaydigan sxema keltirilgan. Qurilmaning asosiy kismi dispers qatlamning bo'shligi, balandligi 12 ni aniqlaydigan o'lchov gilza 11 xisoblanadi. Qatlamdagi bosimlar farqini aniqlashda suvli manometr 15, Mariotta idishi 18 va o'lchovli silindr 20 xizmat qiladi. O'lchov gilzasi laboratoriya gidravlik press 13 ga joylashtiriladi va plunjer 10 bilan yopiladi.

Ishni bajarish tartibi

Elakli saralash tahlili. Kukunsimon materialning namunasini (100-200g) yuqoridagi elakga joylashtiriladi, 1 qopqoq bilan yopiladi va mexanik saralash stolcha 3 da vintlar 8 bilan mustahkamlanadi (18.2a-rasm). Elektrodvigatel 6 yokiladi va 20-30 min davomida elash tugagandan so'ng tegishli elakdagi xar bir fraktsiya texnikaviy tarozida 0,01 g aniqlikgacha tortiladi va hisobot jadvaliga kiritiladi. Xamma fraktsiyaning yig'indisi taxlil uchun olingan dastlabki namunaning massasidan 2% dan ko'p fark kilmasligi kerak.

Kukunning solishtirma yuzasini aniqlash. Aniqligi 0,01 g gacha tortilgan kukuning namunasi gilza 11 ga joylashtiriladi. Dispers materialning namunasi 12 shunday tanlanishi kerakki (kukunsimon yoki changsimon) u gilzaning 1/3 - 1/2 xajmini to'ldirishi lozim.



18.2-rasm. Qurilmaning sxemasi

a) – mexanik elash uchun moslangan 0,28 M 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 – eksstentrikli val; 5 – stanina; 6 – elektrodvigatel; 7 – kulisa; 8 – vint; 9 – richag; 10 – plunjer; 11 – gilza; 12 – dispers material; 13 – gidravlik press; 14 – shlang; 15 – suvli manometr; 16, 17, 19 – jo'mraklar; 18 – Mariotta idishi; 20 – o'lchovli stilindr.

Dastlab gilza tubiga filtrlovchi kogoz joylashtiriladi. Gilzaga solingan kukunning ustiga ikkinchi filtrlovchi kog'oz, so'ngra plunjer 10 bilan yopiladi. Gilza qo'l gidravlik pressi 13 ga qo'yilib 3-4 MPa bosimgacha presslanadi.

Presslangan materialning qatlami gilzaning shkalasi bo'yicha o'lchanadi. So'ngra gilza vakuum shlangi 14 bilan qurilmaning o'lchov kismiga ulanadi. Xamma o'lchovlar atrof muxitning temperato'rasi doimiy (20-25°S) bo'lganda bajariladi. O'lchovlar paytida temperato'ra 0,2°C dan yuqori ko'tarilishi mumkin emas. Mariotta idishi 18 xona temperato'rasiga teng bo'lgan distillangan suv bilan 16,17 jo'mraklar yordamida to'ldiriladi. Idish to'ldirilgandan so'ng 16, 17 jo'mraklar yopiladi. Agar 19 jo'mrak yoki shishali otvodda havo pufakchalari qolgan bo'lsa, unda 16 va 19 jo'mraklarni ochib suvni tushirib chiqarib yuborish kerak.

Qurilmaning o'lchov kismi tayyor bo'lganidan so'ng gilza 11 vakuum shlang 14 ga ulanganligi tekshiriladi va xavoni dispers material qatlamidan filtrlash tezligi o'lchanadi.

Kran 19 ochiladi va sekundomer yordamida vaqt belgilanadi. Suv idish 18 dan stilindr 20 ga sistema va atmosfera bosimlar farqi tufayli oqib tushadi. Atmosfera bosimi simob barometri yordamida o'lchanadi. Vaqt bo'yicha xavoni filtrlash tezligi Mariotta idish 18 dan suvning ma'lum xajmi okib chiqqanidan aniqlanadi. To'rli dispers materiallar namunasi uchun o'lchovlar 2-3 marotaba takrorlanadi va xisobot jadvaliga kiritiladi.

Tajriba natijalarini xisoblash va xisobot tuzish

Elakli saralash taxlili.

Hisobot jadvali natijalari bo'yicha 18.1 a va b grafiklari tuziladi.

$\left(\frac{M_i}{M_y}\right) \cdot 100$ nisbatan frakstiyadagi donalarning massaviy ulushi aniqlanadi. bu erda

M_i – elakdagi kukunning massasi, g; M_y – dastlabki kukun namunasining massasiga teng bo'lgan xamma fraksiyalarning umumiy massasi, g.

Zarrachalarning o'rtacha diametri d_{urt} (18.1), chetlanish koeffistienti R_{ch} esa (18.2) formuladan topiladi.

Solishtirma yuzani aniqlash.

O'lchovsiz o'tkazuvchanlik ko'effitsientiga R_1 bog'liq bo'lgan xolda zarrachalar qatlamidan xavo oqimini qovushqoq oqish ma'lumotlaridan solishtirma yuza S_k (sm^2/sm^3) quyidagi formulalar yordamida aniqlanadi:

$$P_1=3\div 100 \quad S_k = 8,73 \cdot 10^4 \frac{\varepsilon^2}{1-\varepsilon} \sqrt{\frac{1}{K_y \Pi_1^{0,26}}} \quad (18.10)$$

$$P_1=0,1\div 3 \quad S_k = 1,2 \cdot 10^5 \frac{\varepsilon^2}{1-\varepsilon} \sqrt{\frac{1}{K_y \Pi_1^{0,83}}} \quad (18.11)$$

$$P_1>100 \quad S_k = 4,7 \cdot 10^4 \frac{\varepsilon^2}{1-\varepsilon} \sqrt{\frac{1}{K_y}} \quad (18.12)$$

(18.10) – (18.12) tenglamalarda bo'shliq ε quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi:

$$\varepsilon = 1 - M_m / (\rho_m V_m)$$

bu erda M_m – dispers materialning namunasi, g; ρ_m – materialning zichligi, g/sm^3 ; V_m – gilza 11 da presslagandan so'ng materialning egallagan hajmi, sm^3 ; $V_m = F \cdot L$; F – gilzaning ko'ndalang kesim yuzasi ($4,906 \text{ sm}^2$); L – presslangan kukun qatlamining balandligi, sm. O'tkazuvchanlik (filtratsiyalash) ko'effitsienti K_u :

$$K_u = P_1 V_{\text{suv}} L / (\Delta P F \tau)$$

bu erda P_1 – kukun qatlamining o'rtasidagi bosim, Pa ($P_1 = P_{\text{atm}} - \Delta P / 2$; P_{atm} – atmosfera bosimi, Pa); V_{suv} – oqib o'tgan suvning xajmi, sm^3 ; ΔP – manometr 15 dagi bosimlar farki; τ – xajmi o'lchangan suvning oqib tushgan vaqti, s.

O'lchovsiz o'tkazuvchanlik ko'effitsienti R_1 :

$$P_1 = 6,585 \cdot 10^{-4} K_u / \varepsilon$$

bu erda $6,585$ – 20°S da xavo uchun ρ/μ nisbati; ρ – kg/m^3 , μ – $\text{Pa}\cdot\text{s}$.

Hisobot o'z ichiga quyidagilarni kiritish kerak: 1) vazifa; 2) spetifikatsiyasi bo'lgan qurilmaning sxemasi; 3) xisobot jadvallari; 4) kerakli hisobotlar; 5) grafik bog'liqlar.

18-1 jadvali

Elak raqami	Elakdagi teshiklar o'lchami, mm	Elakdagi donlarning o'rtacha o'lchamlari, mm	Frakstiyalar bo'yicha zarrachalarning taqsimlanishi		Integral xarakteristikalar			
					Elakdagi qoldiq		Elakdan o'tish	
			g	%	g	%	g	%
2,5								
1,6								
1,0								
...*								
Tub					**			
Jami					100			

Ishning ikkinchi qismida xisobot jadvali xisoblangan va o'lchalgan qiymatlarni kiritishi kerak: o'lchov raqamini, kukun namunasini (Mg, g), o'lchovdan oldin va o'lchovdan so'nggi xavoning temperaturasi ($t, ^\circ S$); o'lchov vaqti (τ, s), oqib tushgan suvning xajmi (V_{suv}, sm^3); kukun qatlamining orasidagi bo'shliq (ϵ); kukun qatlamidagi bosimlar farqi ($\Delta P - mm.sim.ust$ xisoblash va Pa aylantirish); qatlam oldidagi bosim ($P, mm.sim.ust Pa$); qatlamning tuzilish va oqimning fizikaviy xususiyatlarining (P_1) koeffitsienti, qatlamning o'tkazuvchanligi (K_u) yoki filtrlash koeffitsienti; kukunning solishtirma yuzasi (S_k va $S_{sol} sm^2/sm^3$).

Nazorat savollari

1. Maydalangan materialning dispersligini kandy kattaliklar bilan xarakterlash mumkin?

2. Elaklar o'lchovini past chegarasini ayting.

* Elaklar rakami: 0,63; 0,4; 0,315; 0,2; 0,16; 0,1; 0,063; 0,05.

** Tajriba vaqtida bo'lgan yokotishlar xam kiritiladi.

3. O'lchamlariga qarab materialning zarrachalarini taxsimlanish differensial va integral egri chiziqlari kandy tuziladi?

4. Zarrachalarning o'rta o'lchalgan diametri d_{urt} qandy aniqlanadi?

5. Chetlanish koeffitsienti R_{ch} kandy aniqlanadi?

6. Havo dispers qatlam orasida xarakat qilaetganda qachon Puazeyl qonunidan chetlanish paydo bo'lgan?

7. Mayda dispers qatlam orasida xavoni zarrachalar yuzasidan sirpanish effektining paydo bo'lishini qaysi koeffitsient tufayli bilish mumkin?

8. GOST talablari bo'yicha elaklarning xususiyatlarini aytib bering.

9. Qandy usullar yordamida nokristallik zarrachalarning (shu jumladan yopishqoq, loyqali va x.) o'lchovlarini aniqlash mumkin?

ILOVALAR

Suvning fizik xususiyatlari

Fizik kattaliklar	Temperatura, °S					
	20	40	60	80	100	120
Zichlik, ρ , kg/m ³	998	992	983	972	958	943
qovushoqlik, $\mu \cdot 10^3$, N·s/m ²	1,005	0,656	0,468	0,356	0,284	0,180
Issiqlik sig'imi, s, J/kg·K	4190	3960	3771	3566	3387	2933
Issiqlik o'tkazuvchanlik, λ , Wt/m·K	05931	0,639	0,6620	0,6745	-	-

ILOVA - 2

Havoning fizik xususiyatlari

Zichlik, ρ , kg/m ³	Dinamik qovushoqlik, $\mu \cdot 10^3$, N·s/m ²	Kinematik qovushoqlik, ν , m ² /s	Issiqlik sig'imi, s, J/kg·K	Issilik o'tkazuvchanlik, λ , Wt/m·K
1,29	17,3·10 ⁻⁶	13,4·10 ⁻⁶	1,006	0,0261

ILOVA - 3

Maxalliy qarshiliklar koeffitsientlari

Qarshiliklar turi	Maxalliy qarshilik koeffitsientlarining qqiymatlari																												
Trubaga kirish	O'tkir qirrali: $\zeta = 0,5$ Silliqlangan qirrali: $\zeta = 0,2$																												
Trubadan chiqish	(1.49) formula yordamida Δr xisoblansa [4,5], ushbu ζ qarshilik qiymati xisobga olinmaydi $\zeta = 1$																												
To'g'ri trubada o'tkir qirrali diafragma d _o - diafragma teshigi, m; δ - diafragma qalinligi, m; w –oqimning teshikdagi O'rtacha tezligi, m/s; w-oqimning trubadagi O'rtacha tezligi, m/s $m = (d_o/D)^2$; D–trubaning diametri, m.	$\frac{\sigma}{d_o} = 0 - 0,015$ bo'lganda, bosimning yo'qotilishi $\Delta p = \zeta \cdot \frac{\rho w^2}{2}$ ga teng b'ladi. ζ ning qiymati ushbu jadvaldan ζ topiladi.																												
	<table> <tbody> <tr> <td>m</td> <td>0,02</td> <td>0,06</td> <td>0,1</td> <td>0,14</td> <td>0,18</td> <td>0,22</td> </tr> <tr> <td>ζ</td> <td>7000</td> <td>730</td> <td>245</td> <td>117</td> <td>65,5</td> <td>40,0</td> </tr> <tr> <td>m</td> <td>0,24</td> <td>0,2</td> <td>0,34</td> <td>0,5</td> <td>0,7</td> <td>0,9</td> </tr> <tr> <td>ζ</td> <td>32,0</td> <td>22,3</td> <td>13,1</td> <td>4,00</td> <td>0,97</td> <td>0,13</td> </tr> </tbody> </table>	m	0,02	0,06	0,1	0,14	0,18	0,22	ζ	7000	730	245	117	65,5	40,0	m	0,24	0,2	0,34	0,5	0,7	0,9	ζ	32,0	22,3	13,1	4,00	0,97	0,13
m	0,02	0,06	0,1	0,14	0,18	0,22																							
ζ	7000	730	245	117	65,5	40,0																							
m	0,24	0,2	0,34	0,5	0,7	0,9																							
ζ	32,0	22,3	13,1	4,00	0,97	0,13																							
Dumaloq yoki to'rtburchak ko'ndalang kesimli tirsak	Qarshilik koeffitsienti quyidagi jadvaldan topiladi $\zeta = AV$																												

	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
F_0 - kichik k'ndalang kesim yuzasi, m^2 ; w – kichik kndalang kesimli yuzada oqim tezligi, m/s ; F_1 –katta ko'ndalang kesim yuzasi, m .	10	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
	100	1,30	1,20	1,10	1,00	0,90
	1000	0,64	1,60	1,44	1,35	0,30
	3000	0,50	0,40	0,35	0,30	0,25
	3500	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25
	va undan yuqori					

ILOVA – 4

Diafragma sarf koeffitsientlarining qqiymatlari

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 ; $m = (d_0/d)^2$.

d – trubaning ichki diametri, m .

ILOVA – 5

Tuzatish koeffitsientlar qqiymatlari

$m=(d_0/d)^2$.

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	1,0065	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

ILOVA – 6

Po'latning temperaturasi $0^\circ S$ dan $100^\circ S$ ga o'zgarganda issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsientining miqdori

Metall	Zichlik ρ, kg/m^3	Issiqlikning o'tkazuvchanlik koeffitsienti λ, $Vt/m \cdot K$
Po'lat		
0 °S	7850	46,5
100 °S	7900	17,5

To'yingan suv bug'i xossalari bilan o'zaro bog'lanishi

Bosim, R		Temperatura		R – bug'lanish issiqligi	
Pa	Kg/sm ²	K	°S	Kj/kg	Kkal/kg
0,07848·10 ⁵	0,08	314,25	41,1	2400	572,70
0,09810·10 ⁵	0,10	316,55	45,4	2390	570,40
0,11772·10 ⁵	0,12	322,15	49,0	2382	566,49
0,14715·10 ⁵	0,15	326,45	53,6	2372	566,11
0,19620·10 ⁵	0,20	332,85	59,7	2358	562,76
0,29430·10 ⁵	0,30	341,85	68,7	2336	557,52
0,39240·10 ⁵	0,40	348,55	75,4	2320	553,70
0,49050·10 ⁵	0,50	354,05	80,9	2307	550,59
0,58860·10 ⁵	0,60	358,65	85,5	2296	547,97
0,68670·10 ⁵	0,70	362,45	89,3	2286	545,58
0,78480·10 ⁵	0,80	366,15	93,0	2276	543,67
0,88290·10 ⁵	0,90	369,35	96,2	2270	541,76
0,98100·10 ⁵	1,00	372,25	99,1	2264	540,33
1,17720·10 ⁵	1,20	377,35	104,2	2249	536,75
1,37340·10 ⁵	1,40	381,85	108,7	2237	533,89
1,56960·10 ⁵	1,60	385,85	112,7	2227	531,50
1,76580·10 ⁵	1,80	389,45	116,3	2217	529,11
1,96200·10 ⁵	2,00	392,75	119,6	2208	526,97

Atmosfera bosimida qaynaydigan
ba'zi suvli eritmalar konsentrativasi, mass. %

Ergan modda	qaynash temperaturasi, °S								
	101	102	103	104	105	107	110	115	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	24,82	17,01	20,88	25,65	31,97	36,51
KCl	8,42	14,31	18,96	23,02	26,57	32,62	-	-	-
K ₂ CO ₃	10,31	18,37	24,24	28,57	32,24	37,69	43,97	50,86	56,04
KNO ₃	13,19	23,66	32,23	39,20	45,10	54,65	65,34	79,53	-
MgCl ₂	4,67	8,42	11,66	14,31	16,59	20,32	24,41	29,48	33,07
MgSO ₄	14,31	22,78	28,81	32,23	35,32	42,66	-	-	-
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	-	-	-
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	-	-	-	-	-	-
Na ₂ CO ₃	9,42	17,22	23,72	29,18	33,86	-	-	-	-
CuSO ₄	26,95	39,98	40,88	44,47	-	-	-	-	-
ZnSO ₄	20,00	31,22	37,89	42,92	46,15	-	-	-	-
(NH ₄) ₂ SO ₄	6,10	11,35	15,96	19,80	22,89	28,37	35,98	46,95	-

O'lchov birliklari .o'rtasidagi nisbatlar

Kattaliklar nomi	SI ga binoan birligi	SI birliklariga o'tkazish koeffitsientlari
Temperatura	K	T = (t + 273,15) K
Ogirlik kuchi	N	1kgk = 9,81 N

		1 dina = 10^{-5} N
Dinamik qovushoqlik	Pa·s	1 texnik kuch = $9,81 \cdot 10^3$ N 1 Puaz = 0,1 Pa·s 1 sP = 10^{-3} Pa·s
Kinematik qovusholik	m ² /c	1 st (Stoks) = 10^{-4} m ² /c
Bosim	Pa	1 kgk/cm ² = 1 atm = $9,81 \cdot 10^4$ Pa = = 735 mm simob ustuni 1 kgk/m ² = 9,81 Pa 1 atm = $1,033$ kgk/m ² = $1,011 \cdot 10^4$ Pa = = 760 mm sim ustuni = 10,33 m suv ustuni 1 bar = 10^5 Pa
Quvvat	Vt	1 kgk·m/s = 9,81 Vt 1 erg/s = 10^{-7} Vt 1 kkal/soat = 1,163 Vt
Xajm	m ³	1 l = 10^{-3} m ³ = 1 dm ³
Zichlik	kg/m ³	1 t/m ³ = 1 kg/dm ³ = 1 g/sm ³ = 10^3 kg/m ³
Xajmiy sarf	m ³ /c	1 l/min = $16,67 \cdot 10^{-6}$ m ³ /s
Solishtirma issiqlik sig'imi	J/kg·K	1 kkal/kg·°S = 4,19 kJ/kg·K
Issiqlik berish, o'tkazish Koeffisientlari	Vt/m ² ·K	1 kkal/m ² ·soat·°S = 1,163 Vt/m ² ·K
Issiqlik o'tkazuvchanlik Koeffisienti	Vt/m·K	1 kkal/m·soat·°S = 1,163 Vt/m·K
Solishtirma entalpiya	J/kg	1 kkal/kg = 1 kal/g = 4,19 kJ/kg
Solishtirma og'irlik	N/m ³	1 kgk/m ³ = 1,163 N/m ³

ILOVA – 10

Old qo'shimchali birliklar

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}
Detsi (d)	10^{-1}	Piko (p)	10^{-12}

MUNDARIJA

1 ish.	Suyuqlikning oqish rejimini aniqlash	3
2 ish.	Trubalarning mahalliy va ichki ishqalanish qarshiliklarini aniqlash	9
3 ish.	Suyuqliklarning tezligi va sarfini Pito-Prandtl naychasi bilan o'lchash	17
4 ish.	Suyuqlikni nasadka va teshiklardan oqishi.....	22
5 ish.	Mavhum qaynash qatlamining gidrodinamikamikasi. Mavhum qaynash qatlamida qaynash va zarrachalarning uchib chiqish tezliklarini aniqlash.....	27
6 ish.	Markazdan qochma nasoslarning xarakteristikalarini	36
7 ish.	Filtrlash doimiysini aniqlash	42
8 ish.	“Truba ichida truba” tipidagi issiqlik almashinish qurilmasining issiqlik berish koeffitsientini aniqlash	48
9 ish.	“Truba ichida truba” tipidagi issiqlik almashinish qurilmaning issiqlik o'tkazish koeffitsientini aniqlash	56
10 ish.	Erkin konveksiya davrida xavoning issiqlik berish koeffitsientini aniqlash.....	62
11 ish.	Eritmalarning temperatura depressiyasini aniqlash.....	66
12 ish.	Quritish qurilmasida qurish jarayonini o'rganish. Quritish jarayonining kinetikasi.....	71
13 ish.	Xarakatchan nasadkali kolonnalarda massa berish va o'tkazish koeffitsientini aniqlash.....	83
14 ish.	Yarim sferik aktiv ko'mir katlamli adsorber gidrodinamikasini o'rganish.....	97
15 ish.	Sochiluvchan materiallarni solishtirma yuzasini aniqlash va elaklarda fraksiyalarga ajratish.....	103
	ILOVALAR	111
	ADABIYOTLAR.....	118

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Charles E. Thomas Process technology equipment and systems, 4th edition, Cengage Learning Stamford USA, 2015.
2. N.R. Yusufbekov. H.S. Nurmuxammedov. S.G. Zokirov. Kimyoviy texnologiya asosiy texnologik jarayonlari. –T. “SHarq” 2015. 838 b.
3. Anshteyn V.G. Protssesi i apparati ximicheskoy texnologii uchebnik v 2-xkn Spb: EBS Lan 2019, -916s
4. Ponikarov I.I. Ponikarov S.I. Rachkovskiy S.V, Raschet mashin I apparatov ximicheskoy proizvodstov I nefti pererabotki. Uchebnoye posobiye 4 –ye izd. Ster SPB: EBS Lan. 2020-216s.
5. Smirnov N.N. Albom tipovoy ximicheskoy apparaturi (prinsipialniye sxemi apparatov). Uchebnoye posobiye. SPb.: EBS Lan, 2019. 68 s
6. Yusufbekov N.R, Nurmuxammedov X.S, Ismatullayev P.R., Zokirov S.G., Mannonov U.V, Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarining asosiy jaryon va qurilmalarini hisoblash va loyihalash. – Uslubiy qo’llanma. T. Jaxon, 2000.-231 b.
7. Kasatkin. A.G Osnovnyye protsessy i apparaty ximicheskoy texnologii. - M.: Ximiya 1973. – 727 s.
8. Salimov. Z, To’ychiev I. Ximiyaviy texnologiya protsesslari va apparatlari. – Toshkent, o’ituvchi, 1987. - 406 b.
9. Yusufbekov N.R., Nurmuxammedov X.S., Ismatullaev P.R. Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarning jarayon va qurilmalari fanidan xisoblar va misollar. - Toshkent, Nisim, 1999. – 351 b.
10. Gelperin.N.I. Osnovnyye protsessy i apparaty ximicheskoy texnologii. - M.: Ximiya, 1981. – kn.1. - 410 s.
11. Pavlov. K.F, Romankov. P.G, Noskov. A.A. Primery i zadachi po kursu protsessov i apparatov ximicheskoy texnologii. - L.: Ximiya, 1981. – 575 s.

Internet saytlari

www.texnology.ru
www.ziyonet.uz
www.bilimdon.uz
www.ref.uz
www.omgtu.ru
www.dpo-msu.ru
www.ximik.ru

Pirimov T.J, G'anijonov D.I

ASOSIY TEXNOLOGIK JARAYON VA QURILMALAR

Fanidan laboratoriya mashg'ulotlarini bajarish uchun

U S L U B I Y Q O' L L A N M A

Texnik muxarir

To'xtamishova G.Q

Kompyuterda terilgan nusxa asosida bosildi. Bosishga ruxsat berildi 22.01.2022-yil. Qog'oz bichimi 60x84/16. Garniturası Times Nev Roman, xajmi 134 bet. Adadi 100 nusxa. Universitet bosmaxonasida chop etildi.

Manzil: 120100 Guliston shahar 4-mavze, Guliston davlat universiteti

