

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI  
SOG'LIQNI SAQLASH VAZIRLIGI  
TOSHKENT FARMATSEVTIKA INSTITUTI  
SANOAT FARMATSIYASI FAKULTETI  
BIOTEXNOLOGIYA KAFEDRASI**

**“TASDIQLAYMAN”  
Toshkent farmatsevtika instituti  
O'quv va tarbiyaviy ishlari  
bo'yicha prorektori  
F.f.d., prof., Z.A.Yuldashev**

---

**2019 y ” \_\_\_ ” \_\_\_\_\_**

**“FARMATSEVTIK INJINIRING” FANIDAN**

5510600 –Sanoat farmatsiya (Turlari bo'yicha) 5310900– Metrologiya,  
standartlashtirish va mahsulot sifati menejmenti (Dori vositalari) 5320500-  
Biotexnologiya (Farmatsevtik biotexnologiya) yo'nalishlari 3–kurs talabalari uchun  
amaliy mashg'ulotlar bo'yicha uslubiy qo'llanma

**1-QISM**

**TOSHKENT – 2019**

**Tuzuvchilar.**

Toshkent farmatsevtika instituti tomonidan:

T.f.n. dotsent Maxmudov Ahror Abdullayevich

F.f.n., katta o'qituvchi To'xtayev Farhod Xakimovich

Assistent Sayliev Mirshod O'ktamovich

Assistent Qayumov Feruz Sobir o'gli

**Taqrizchilar.**

O'R FA Bioorganik kimyo instituti tomonidan:

Etakchi ilmiy xodimi t.f.d., Xudoyberdiev M.

Toshkent farmatsevtika instituti tomonidan:

Dori vositalari sanoat texnologiyasi kafedrasining

dotsenti f.f.n. Tadjieva O.Dj.

Toshkent farmatsevtika instituti sanoat farmatsiyasi yonalishlari va mutahassisliklari bo'yicha soha uslubiy kengashida 2019 yil \_\_\_\_ -sonli bayonnomasi bilan tasdiqlangan.

**Rais**

**V.R.Haydarov**

Toshkent farmatsevtika instituti Markaziy uslubiy kengashida 2019 yil \_\_\_\_ -sonli bayonnomasi bilan tasdiqlangan.

**Rais**

**Z.A.Yuldashev**

Toshkent farmatsevtika instituti kengashida 2019 yil \_\_\_\_ -sonli bayonnomasi bilan tasdiqlangan.

**Kotib**

**V.R.Haydarov**

“Farmatsevtik injiniring” fanidan tayorlangan uslubiy qo’llanma 56 soat amaliy mashg’ulotlariga mo’ljallangan bo’lib, unda gidromexanik jarayonlar, issiqlik almashinish jarayonlari va suyuqlik muhitlarida aralashtirish qonuniyatlari keltirilgan.

Ushbu uslubiy qo’llanmada amaliy mashg’ulotning qisqacha nazariy qismi, mustaqil tayyorlanish uchun vazifalar va savollar hamda pedagogik texnologiya usullaridan foydalanish keltirilgan.

Soatlar mavzularga quyidagicha taqsimlangan:

№	Amaliy mashg’ulotlar mavzusi:	soat	bet.
1.	Farmatsevtik injiniring fanida fizik kattaliklar va ularning o’lchovlari.	4	4
2.	Gidrostatikada tutash idishlarda suyuqlik sathini o’lchash.	4	9
3.	Suyuqlikning xarakat rejimida ekvivalent diametr va gidravlik radiusini aniqlash. Bernulli tenglamasini amaliyotda qo’llanilishi.	4	14
4.	Trubalarda suyuqlik harakatiga bosimning sarflanishi. Suyuqliklarning teshiklar orqali oqib chiqish vaqtini aniqlash.	4	22
5.	Trubalarning gidravlik qarshiliklari. Suyuqlik harakatida bosim yo’qotilishini aniqlash.	4	28
6.	Skрубber va issiqlik almashinuv apparatlarining gidravlik qarshiligi aniqlash.	4	30
7.	Mavxum qaynash qatlamining gidrodinamikasi. Qatlam hajmini va gidravlik qarshiligini aniqlash.	4	33
8.	Suyuqlik muxitlarida aralashtirish. Suyuqlik va gazlarni aralashtiradigan mashinalarning chidamliligini aniqlash.	4	38
9.	Suyuqlik va gazlarni uzatish. Nasos va ventilyatorlarni tanlash.	4	45
10.	Turli jinsli sistemalarni cho’ktirish. Cho’kish tezligini aniqlash.	4	49
11.	Turli jinsli sistemalarni filtrlash. Filtrlash tezligini aniqlash.	4	53
12.	Issiqlik almashinish jarayonlari. Issiqlik o’tkazuvchanlik usulida issiqlikni o’tishini hisoblash.	4	58
13.	Tekis va silindrsimon devor orqali issiqlikni o’tishini hisoblash.	4	64
14.	Konvektsiya usulida o’tgan issiqlik miqdorini hisoblash.	4	70

## 1-AMALIY MASHG'ULOT

### Mavzu: Farmatsevtik injinerining fanidan fizik kattaliklar va ularning o'lchovlari.

**Maqsad:** Farmatsevtik injinerining fanidan qurilmalarning sxemasini chizish, ularning hamma o'lcham va kattaliklarini qo'yish, oqimlarning harakat yo'nalishini belgilash va ularning ishlash prinsipini batafsil o'rganish.

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

**Zichlik.** Hajm  $V$  birligidagi bir jinsli jismning massasi  $m$  zichlik  $\rho$  deb yuritiladi:

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

bu yerda  $\rho$  – zichlik,  $\text{kg/m}^3$ ;  $m$  – massa,  $\text{kg}$ ;  $V$  – hajm,  $\text{m}^3$ .

Zichlik kattaligiga teskari bo'lgan kattalik *solishtirma hajm*  $v$  deb yuritiladi:

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

bu yerda  $v$  – solishtirma hajm,  $\text{m}^3/\text{kg}$ .

**Solishtirma og'irlik.** Hajm  $V$  birligidagi suyuqlikning og'irligi  $G$  *solishtirma og'irlik*  $\gamma$  deyiladi:

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

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

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

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

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

**Qovushqoqlik.** Dinamik qovushqoqlik koeffitsienti  $\mu$  ning suyuqlik zichligi  $\rho$  ga nisbati *kinematik qovushqoqlik*  $\nu$  deyiladi:

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

bu yerda  $\nu$  – kinematik qovushqoqlik,  $\text{m}^2/\text{s}$ ;  $\mu$  – dinamik qovushqoqlik,  $\text{Pa}\cdot\text{s}$ .

Har qanday jarayon va apparatlarni hisoblashda moddalarning fizik xususiyatlarini (zichlik va boshqalar) va modda holatining harakatini xarakterlovchi parametrlarni (tezlik, bosim, temperatura va boshqalar) bilish kerak.

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

<b>№</b>	<b>Kattalik nomi</b>	<b>Birliklar nomi</b>	<b>Birlik belgisi</b>
<b>Asosiy kattaliklar</b>			
1.	Uzunlik	metr	m
2.	Massa	kilogramm	kg
3.	Baqt	sekund	s
4.	Elektr toki kuchi	Amper	A
5.	Termodinamik temperatura	Kelvin	K
6.	Modda miqdori	Mol	mol
7.	Yorug`lik kuchi	kandela	kd
<b>Qo`shimcha kattaliklar</b>			
1.	Yassi burchak	radian	rad
2.	Fazoviy burchak	steradian	sr
<b>Hosilaviy birliklar</b>			
1.	Yuza	Metr kvadrat	m <sup>2</sup>
2.	Zichlik	Kilogram taqsim metr kub	kg/m <sup>3</sup>
3.	Kinematik qovushqoqlik	Metr kvadrat taqsim sekund	m <sup>2</sup> /s
4.	Dinamik qovushqoqlik	Paskal sekund	Pa·s.
5.	Quvvat	Vatt	Vt
6.	Hajm, sig`im	Metr kub	m <sup>3</sup>
7.	Tezlik	Metr taqsim sekund	m/s
8.	Tezlanish	Metr taqsim sekund kvadrat	m/s <sup>2</sup>
9.	Burchak tezlik	Radian taqsim sekund	rad/s
10.	Burchak tezlanish	Radian taqsim sekund kvadrat	rad/s <sup>2</sup>
11.	Kuch	Nyuton	N
12.	Bosim, mexanik kuchlanish	Paskal	Pa
13.	Ish, energiya, issiqlik miqdori	Joul	J
14.	Entropiya	Joul taqsim Kelvin	J/K
15.	Solishtirma issiqlik sig`imi	Joul taqsim kilogramm-Kelvin	J/kg·K
16.	Issiqlik uzatish koeffitsienti	Vatt taqsim metr kvadrat-Kelvin	Vt/(m <sup>2</sup> ·K)
17.	Issiqlik o`tkazuvchanlik	Vatt taqsim metr-Kelvin	Vt/(m·K)
18.	Sirt taranglik	Joul taqsim metr kvadrat	J/m <sup>2</sup>
19.	Diffuziya koeffitsienti	Metr kvadrat taqsim sekund	m <sup>2</sup> /s
20.	Entalpiya	Joul taqsim kilogramm	J/kg

## Birliklar orasidagi nisbatlar

№	Kattalik nomi	SI da birligi	SI birliklariga o`tkazish koeffitsientlari
1.	Uzunlik	m	$1\text{mkm} = 10^{-6}\text{ m}$ $1\text{A}^0 = 10^{-10}\text{ m}$
2.	Og`irlik kuchi	N	$1\text{kgk} = 9,81\text{ N}$ $1\text{din} = 10^{-5}\text{ N}$
3.	Dinamik qovushqoqlik	Pa s	$1\text{P (Puaz)} = 10^{-1}\text{ Pa}\cdot\text{s}$ $1\text{sP} = 10^{-3}\text{ Pa}\cdot\text{s}$ $1\frac{\text{kgk}\cdot\text{s}}{\text{m}^2} = 9,81\text{ Pa}\cdot\text{s}$
4.	Kinematik qovushqoqlik	$\text{m}^2/\text{s}$	$1\text{st (stoks)} = 10^{-4}\text{ m}^2/\text{s}$
5.	Bosim	Pa	$1\text{din}/\text{sm}^2 = 0,1\text{ Pa}$ $1\frac{\text{kgk}\cdot\text{s}}{\text{sm}^2} = 1\text{atm} = 9,81\cdot 10^4\text{ Pa} = 735\text{mm s.u.}$ $1\frac{\text{kgk}\cdot\text{s}}{\text{m}^2} = 9,81\text{ Pa}$ $1\text{atm.} = 1,033\text{kgk}/\text{m}^2 = 1,01\cdot 10^5\text{ Pa} = 10,33\text{m.s.u.}$ $1\text{bar.} = 10^5\text{ Pa}$
6.	Quvvat	Vt	$1\text{kgk}\cdot\text{m}/\text{s} = 9,81\text{ Vt}$ $1\text{erg}/\text{s} = 10^{-7}\text{ Vt}$ $1\text{kkal}/\text{soat} = 1,163\text{ Vt}$
7.	Zichlik	$\text{kg}/\text{m}^3$	$1\text{kgk}\cdot\text{s}^2/\text{m}^4 = 9,81\text{ kg}/\text{m}^3$ $1\text{t}/\text{m}^3 = 1\text{kg}/\text{dm}^3 = 1\text{g}/\text{sm}^3 = 10^3\text{ kg}/\text{m}^3$
8.	Ish, energiya, issiqlik miqdori	Joul	$1\text{kgk}\cdot\text{m} = 9,81\text{ J}$ $1\text{erg} = 10^{-7}\text{ J}$ $1\text{kVt}\cdot\text{soat} = 3,6\cdot 10^5\text{ J}$ $1\text{kkal} = 4187\text{ J} = 4.19\text{ kJ}$
9.	Issiqlik berish va o`tkazish koeffitsientlari	$\text{Vt}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ $\text{Vt}/(\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C})$	$1\text{kkal}/\text{m}^2\cdot\text{soat}\cdot^{\circ}\text{C} = 1.163\text{ Vt}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
10.	Solishtirma og`irlik	$\text{N}/\text{m}^3$	$1\text{kgk}/\text{m}^3 = 1,163\text{ N}/\text{m}^3$
11.	Solishtirma issiqlik sig`imi	$\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ $\text{Vt}/(\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C})$	$1\text{kkal}/\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C} = 4,19\text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ $1\text{erg}/\text{kg} = 10^{-4}\text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$
12.	Issiqlik o`tkazuvchanlik koeffitsienti	$\text{Vt}/(\text{m}\cdot\text{K})$ $\text{Vt}/(\text{m}\cdot^{\circ}\text{C})$	$1\text{kkal}/\text{m}\cdot\text{soat}\cdot^{\circ}\text{C} = 1.163\text{ Vt}/(\text{m}\cdot\text{K})$
13.	Solishtirma entalpiya	J/kg	$1\text{kkal}/\text{kg} = 1\text{kal}/\text{g} = 4,19\text{ kJ}/\text{kg}$

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

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

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

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

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

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

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

Yuqoridagi tenglamani  $\mu$  ga nisbatan yechib quyidagi o'lchov birligi kelib chiqadi:

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

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

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

bu yerda:  $\lambda$  – issiqlik o'tkazuvchanlik;  $\delta$  – devor qalinligi;  $F$  – issiqlik o'tayotgan yuza;  $\Delta t$  – temperaturalar farqi.

Bu tenglama  $\lambda$  ga nisbatan yechilsa:

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

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

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

(mPa – millipaskal)

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

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

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

### Mustaqil bajarish uchun vazifalar.

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

Javob: 32,47 Vt

2. 716 mm simob ustuni necha Paskalga teng?

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

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

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

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

5.  $26^\circ\text{C}$  temperatura va  $P = 390$  mm simob ustuni havoning zichligini hisoblang.

6. Havoning  $41^\circ\text{C}$  va 0,16 mPa bosimdagi zichlikni hisoblang.

**Amaliy mashg'ulotni chuqurroq o'rganishda aqliy hujum, klaster va elpig'ich usullaridan foydalaniladi.**

### Nazorat uchun savollar:

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

### Adabiyotlar:

1. Pharmaceutical process engineering. Anthony J.Hickey, David Garderton. – Second edition. P. (Drugs and pharmaceutical sciences)195
2. N.R. Yusupbekov, H.S. Nurmammedov, S.G. Zokirov “Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalar” 2003 yil.
3. Z. Salimov, I.S. To'ychiyev “Ximiyaviy texnologiya protsesslari va apparatlari” 1987 yil.
4. N.R. Yusupbekov, H.S. Nurmammedov, P.R. Ismatullayev, S.G. Zokirov, U.V. Mannonov “Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarining asosiy jarayon va qurilmalarining hisoblash va loyihalash” 2000 yil.



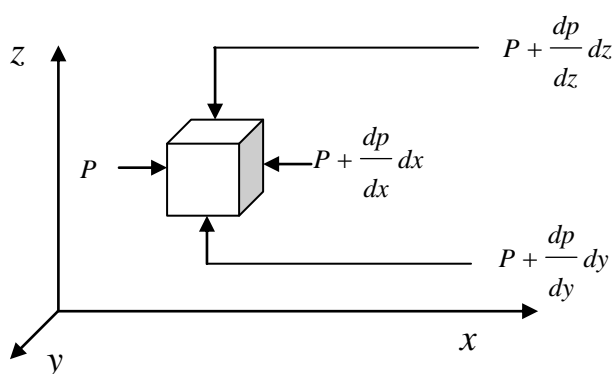
## 2-AMALIY MASHG`ULOT

### Mavzu: Hidrostatikada tutash idishlarda suyuqlik sathini o`lchash. Hidrostatikaning asosiy tenglamasi.

**Maqsad:** Nisbiy muvozanat holatdagi suyuqlikni tavsiflovchi qonunlarni ko`rib chiqish.

**Nazariy qism:** Hidrostatika nisbiy muvozanat holatdagi suyuqlikni ko`rib chiqadi. Bunday suyuqlikda ichki ishqalanish kuchlari yo`q deb hisoblanadi.

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



2.1-rasm

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

$$P = f(x, y, z) \quad (2.1)$$

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

Parallelepipedning muvozanat holatini tenglamalar quyidagi sistemasi ifodalaydi;

$$\left. \begin{aligned} \frac{dp}{dx} &= 0 \\ \frac{dp}{dy} &= 0 \\ -\rho g - \frac{dp}{dz} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (2.2)$$

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

$$z + \frac{P}{\rho g} = const \quad (2.3)$$

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

$$p = p_0 + \rho g z \quad (2.4)$$

$p_0$  – tinch turgan suyuqlik sirtiga ta'sir qilayotgan atmosfera bosimi.

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

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

$$P = \lim_{\nabla F \rightarrow 0} \frac{\nabla P}{\nabla F} \text{ Pa yoki N/m}^2 \quad (2.5)$$

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

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

$$P_{abs} = P_{man} + P_{atm} \quad (2.6)$$

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

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

$$P_{abs} = P_{atm} + P_{vak} \quad (2.7)$$

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

Suyuqlik harakatini tezlik, sarf, bosim kabi kattaliklar harakterlaydi. Vaqt birligi ichida oqib o'tayotgan suyuqlik miqdori  $m^3/soat$ ,  $l/soat$ ,  $l/s$ ,  $m^3/s$  birliklarida o'lchansa hajmiy sarf, agar  $kg/soat$ ,  $kg/s$  da o'lchansa massaviy sarf deyiladi.

Hajmiy sarf:  $V = \omega S$   
 Massaviy sarf:  $M = \rho \omega s$

$S$  – oqimning ko'ndalang kesimi;  
 $\rho$  – suyuqlikning zichligi.

Dumaloq kesimli trubaprovodlar uchun

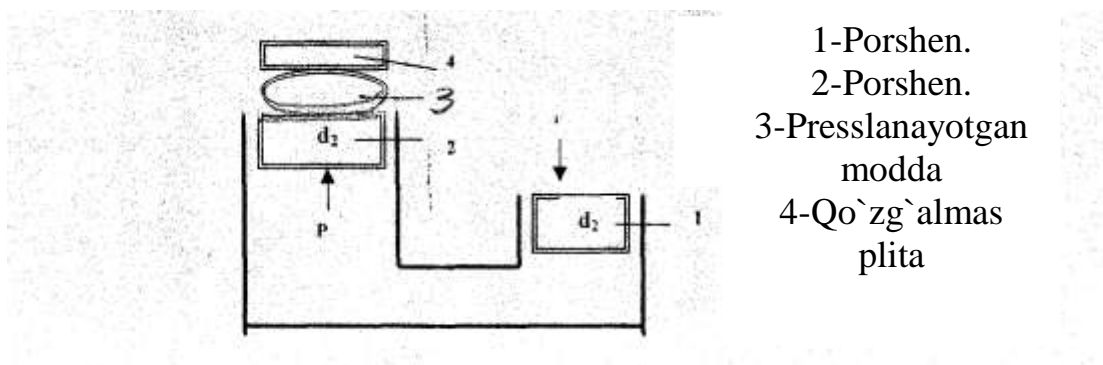
$$V = 0,785d^2 \omega \quad (2.8)$$

$d$  – trubaning ichki diametri.

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

$$\omega = \frac{V}{S} \quad m/s \quad (2.9)$$

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



2.2-rasm

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

$$P_1 = \rho \frac{\pi d_1^2}{4} \quad (2.10)$$

Ikkinchi porshenga to'g'ri kelgan bosim kuchi:

$$P_2 = \rho \frac{\pi d_2^2}{4} \quad (2.11)$$

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

Nisbiy zichlik  $\Delta$  deb, ma'lum bir moddaning zichligini suvning zichligiga nisbatiga aytiladi.

$$\Delta = \frac{\rho}{\rho_s} \quad (2.12)$$

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

Har qanday gazning zichligini temperatura  $T$ , bosim  $P$  bo`lganda Klayperon tenglamasi asosida aniqlash mumkin:

$$\rho = \rho_0 \frac{T_0 P}{P_0 T} = \frac{M}{22,4} \cdot \frac{273 \cdot P}{T \cdot P_0} \quad (2.13)$$

bu yerda  $\rho_0$  – normal sharoitda gazning zichligi,  $\text{kg/m}^3$ ;  
 $M$  – gazning mol massasi,  $\text{kg/mol}$ ;  $T$  – temperatura, K.

### Mustaqil bajarish uchun vazifa.

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

#### Aniqlang:

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

**Amaliy mashg`ulotni chuqurroq o`rganishda aqliy hujum, klaster va elpig`ich usullaridan foydalaniladi.**

### Nazorat uchun savollar.

1. Eylarning muvozanat holatining differensial tenglamasi.
2. Hidrostatikaning asosiy tenglamasi.
3. Paskal qonunini ifodalovchi tenglama.
4. Hidrostatik bosim haqida tushuncha.
5. Bosimning birligi.
6. Muvozanat holatining differensial tenglamasi.
7. Bosimni o`lchash uchun moslashgan apparatlar.
8. Absolyut bosim haqida tushuncha.

9. Vakuum sharoitida o`tib boradigan jarayonning absolyut bosimi.
10. Massaviy va hajmiy sarflar, ularning birligi.
11. O`rtacha tezlik.
12. Hidrostatik mashinalar.
13. Hidravlik pressning sxemasi.
14. Nisbiy zichlik.
15. Har qanday gazning zichligini hisoblash formulasi.

### **Adabiyotlar**

1. Pharmaceutical process engineering. Anthony J.Hickey, David Garderton. – Second edition. P. (Drugs and pharmaceutical sciences)195
2. N.R. Yusupbekov, H.S. Nurmammedov, S.G. Zokirov “Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalar” 2003 yil.
3. Z. Salimov, I.S. To`ychiyev “Ximiyaviy texnologiya protsesslari va apparatlari” 1987 yil.
4. N.R. Yusupbekov, H.S. Nurmammedov, P.R. Ismatullayev, S.G. Zokirov, U.V. Mannonov “Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarining asosiy jarayon va qurilmalarining hisoblash va loyihalash” 2000 yil.

### 3-AMALIY MASHG`ULOT

**Mavzu: Suyuqlikning xarakat rejimida ekvivalent diametr va gidravlik radiusini aniqlash. Bernulli tenglamasini amaliyotda qo'llanilishi.**

**Maqsad:** Ekvivalent diametr haqida tushunchaga hamda turli kesimli yuziga ega bo'lgan trubalarning diametrini hisoblash.

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

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

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

$$Re = \frac{\omega \cdot d \cdot \rho}{\mu} \quad (3.1)$$

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

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

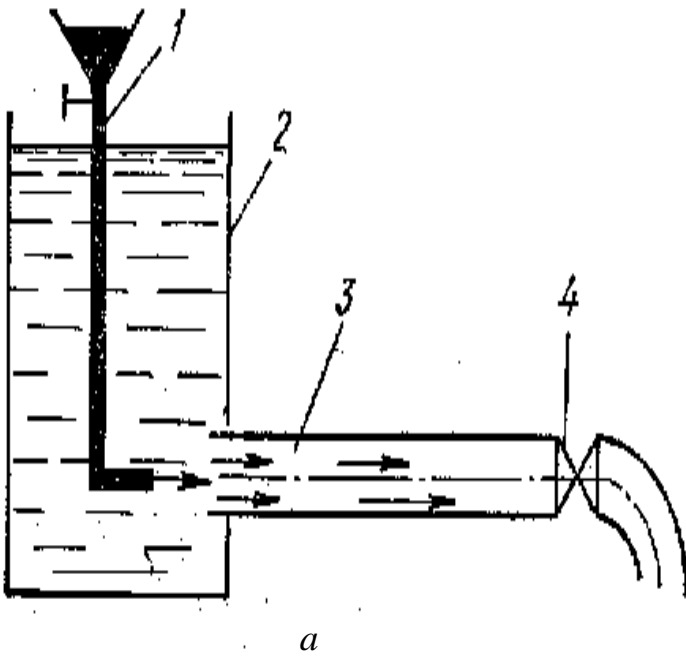
Suyuqliklarning harakatini dumaloq kesim yuzali trubalardan tashqari har xil kanallarda aniqlash uchun  $Re$  kriteriysidan diametr o'rniga ekvivalent diametr kattaligi ishlatiladi. U holda:

$$Re = \frac{\omega \cdot d_e \rho}{\mu} \quad (3.2)$$

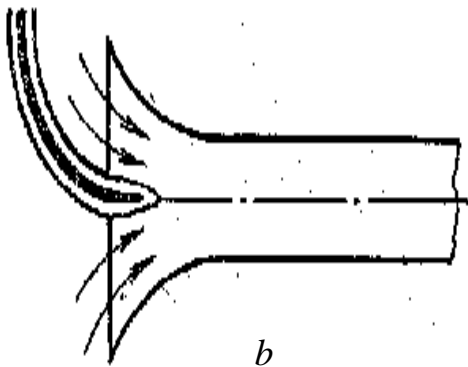
$$d_e = \frac{4S}{P} \quad (3.3)$$

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

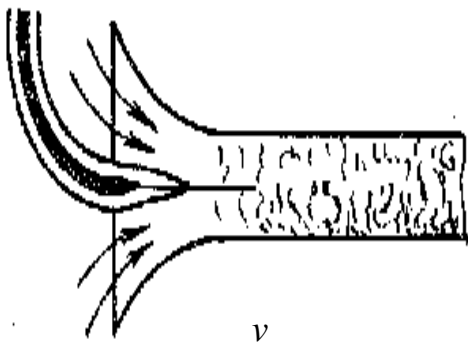
## Reynolds tajribasi



- 1 – naycha
- 2 – suyuqlik to'ldirilgan idish
- 3 – suyuqlik oqadigan truba
- 4 – suyuqlik harakatini rostlab turuvchi kran



Suyuqlikning laminar harakati



Suyuqlikning turbulent harakati

3.1-rasm

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

$$d_e = \frac{4S}{P} = \frac{4a \cdot b}{2a + 2b} = \frac{2ab}{a + b} \quad (3.4)$$

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

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

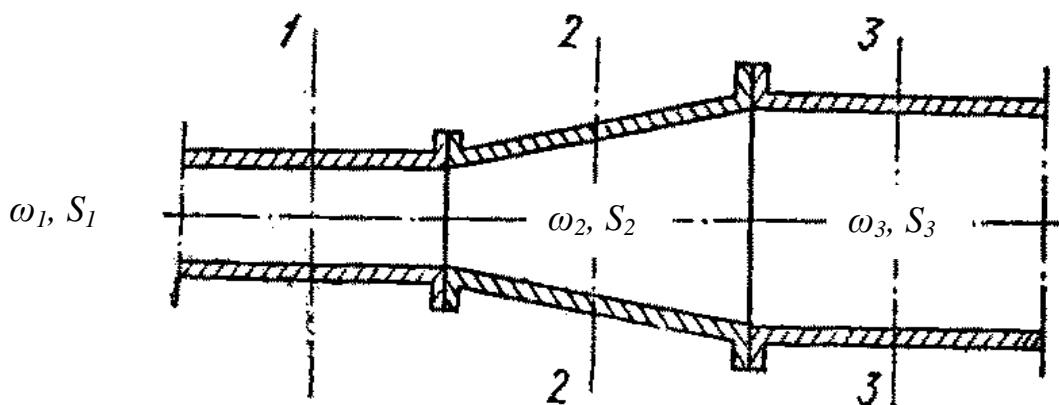
$$Fr = \frac{\omega}{g \cdot d} \quad (3.5)$$

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

$$Eu = \frac{\Delta p}{\rho \omega^2} \quad (3.6)$$

$\Delta p$  – gidravlik qarshilikni yengish uchun sarflangan bosimlar farqi.

Uzluksizlik tenglamasiga muvofiq, trubaning o'lchamidan qat'i nazar, vaqt birligida uning har qanday kesim yuzasidan oqayotgan suyuqlikning miqdori bir xil bo'ladi degan xulosaga kelish mumkin. Bu vaqtda kesim yuzalari  $S_1, S_2, S_3$  va oqimning tezligi  $\omega_1, \omega_2, \omega_3$  bo'ladi (3.2-rasm).



3.2-rasm



Sekundli sarf tenglamasiga muvofiq:

$$\omega_1 \cdot S_1 \cdot \rho_1 = \omega_2 \cdot S_2 \cdot \rho_2 = \omega_3 \cdot S_3 \cdot \rho_3 \quad (3.7)$$

yoki  $M_1 : M_2 : M_3$ .

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

$$\omega \cdot S = const$$

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

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{S_2}{S_1} \quad (3.8)$$

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

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

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

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

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

b) turbulent rejimda  $\omega/\omega_{max}$  nisbiy Reynolds kriteriysining miqdoriga bog'liq.

$$Re = \frac{\omega_{max} \cdot d\rho}{\mu} \quad (3.9)$$

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

Turbulentlikning intensivligi

$$I_T = \frac{\Delta\omega^2}{\omega} \quad (3.10)$$

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

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

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

$$\rho \frac{d\omega_x}{d\tau} = -\frac{\partial p}{\partial x} + \mu \nabla^2 \omega_x \quad (3.11)$$

$$\rho \frac{d\omega_y}{d\tau} = -\frac{\partial p}{\partial y} + \mu \nabla^2 \omega_y \quad (3.12)$$

$$\rho \frac{d\omega_z}{d\tau} = -\frac{\partial \rho}{\partial z} + \mu \nabla^2 \omega_z \quad (3.13)$$

### Bernulli tenglamasining amaliyotda qo'llanilishi.

Kimyo sanoatining barcha korxonalarida suyuqliklarning tezligi va sarfini o'lchash uchun drossel asboblari va pnevmometrik trubalar keng ishlatiladi.

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

$$h = \frac{\omega^2}{2g} \quad (3.14)$$

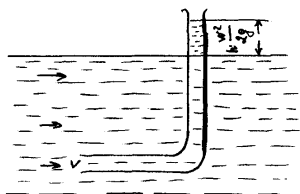
Bundan

$$\omega = \sqrt{2gh} \quad (3.15)$$

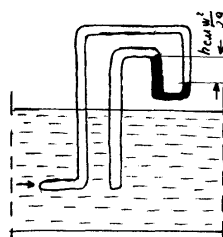
Amalda oqim yo'nalishida nayning bo'lishi tezlikning umumiy taqsimlanishiga ta'sir qiladi, shuning uchun formulaga tuzatish koeffitsienti kiritiladi.

$$\omega = \alpha \sqrt{2gh} \quad (3.16)$$

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



3.3-rasm. Pito naychasi



3.4-rasm. Suyuqlikning sarflanish miqdorini pnevmometr tuba vositasida aniqlash.

Yopiq trubalarda suyuqlik oqimining tezligini aniqlash uchun Pito naychasi (3.3-rasm) bilan birgalikda U-simon pyezometrik differensial manometrlar (trubalar) (3.4-rasm) ishlatiladi. Bunda U-simon tuba oqimdagi suyuqlikka, nisbatan zichligi kattaroq, o'zaro aralashmaydigan suyuqlik bilan to'ldiriladi. Trubadagi suyuqlik tezligi o'zgarganda U-simon manometrda suyuqlikning balandlikka ko'tarilishi dinamik bosimni ko'rsatadi. Dinamik bosim qiymatidan tezlikni aniqlash mumkin:

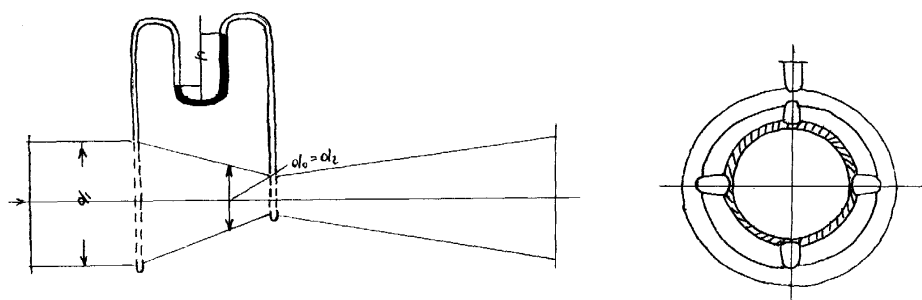
$$\omega = \sqrt{2gh} \quad (3.17)$$

Suyuqlikning miqdori esa sekundli sarf tenglamasi orqali aniqlanadi:

$$V = F \cdot \omega \quad (3.18)$$

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

Drossel asboblari sifatida o'lchovchi diafragma, soplo, Venturi trubalari (3.5-rasm) ishlatiladi. Venturi trubasida o'lchovchi diafragma va soploga nisbatan bosimning yo'qotilishi kam bo'ladi, chunki uning diametri asta-sekin torayib, so'ngra kengayib o'z holatiga qaytadi. Lekin, bu asbobning kamchiligi shundaki, uning uzunligi juda katta. Bu esa, uning sanoatda keng qo'llanilishini ma'lum miqdorda cheklaydi.



3.5-rasm. Venturi trubasi

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

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{\omega_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\omega_2^2}{2g} \quad (3.19)$$

Bundan

$$\frac{\omega_2^2}{2g} - \frac{\omega_1^2}{2g} = \frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho g} = h \quad (3.20)$$

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

Trubadagi suyuqlikning o'rtacha tezligi va sarfini aniqlash uchun uzluksizlik tenglamasidan foydalanib tezlikni  $\omega_1$  va trubaning diafragmadan keyingi tor qismidagi tezligini  $\omega_2$  bilan ifodalaymiz:

$$\omega_1 = \omega_2 \frac{F_2}{F_1} = \omega_2 \frac{d_2^2}{d_1^2} \quad (3.21)$$

$\omega$  ning qiymatini dinamik naporlar ayirmasini ifodalovchi tenglamaga qo'ysak:

$$\frac{\omega_2^2}{2g} - \frac{\omega_1^2}{2g} \left( \frac{d_2}{d_1} \right)^4 = h \quad (3.22)$$

Bundan

$$\omega_2 = \sqrt{\frac{2gh}{1 - \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^4}} \quad (3.23)$$

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

$$V_s = \frac{\alpha \cdot \pi}{4} d_0^2 \sqrt{\frac{2gh}{1 - \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^4}} \quad (3.24)$$

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

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

$$\alpha = f\left(Re, \frac{d_0}{d_1}\right) \quad (3.25)$$

bu yerda  $d_0$  va  $d_1$  – drossel asboblari va trubaning diametri.

Koeffitsient  $\alpha$  drossel asboblarning sarf koeffitsienti deb yuritiladi. Drossel qurilmalarining diametri truba diametridan 3-4 marta kichik bo'ladi, shuning uchun (3.24)

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

sarfini quyidagicha aniqlash mumkin:

$$V_s = \frac{\alpha \cdot \pi}{4} d_0^2 \sqrt{2gh} \quad (3.26)$$

### Mustaqil bajarish uchun vazifa.

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

**Amaliy mashg'ulotni chuqurroq o'rganishda aqliy hujum, klaster va elpig'ich usullaridan foydalaniladi.**

### Nazorat uchun savollar.

1. Suyuqlikning sarfi.
2.  $\rho\omega$  kattalik nimani bildiradi?
3. Gidravlik radius haqida tushuncha (ekvivalent diametr).
4. O'rnatilgan va o'rnatilmagan oqimlar.
5. Oqimning uzluksizlik tenglamasi.
6. Reynolds tajribasi.
7. Reynolds kriteriyasining fizikaviy ma'nosi.
8. Laminar va turbulent rejimlar.

9. Laminar rejimda suyuqlikning sarflanishi.
10. Turbulent rejimdagi oqimning xarakteristikasi. Fluktuatsiya haqida tushuncha.
11. Turbulentlikning intensivligi.
12. Izotropli turbulentlik.

### **Adabiyotlar**

1. Pharmaceutical process engineering. Anthony J.Hickey, David Garderton. – Second edition. P. (Drugs and pharmaceutical sciences)195
2. N.R. Yusupbekov, H.S. Nurmammedov, S.G. Zokirov “Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalar” 2003 yil.
3. Z. Salimov, I.S. To`ychiyev “Ximiyaviy texnologiya protsesslari va apparatlari” 1987 yil.
4. N.R. Yusupbekov, H.S. Nurmammedov, P.R. Ismatullayev, S.G. Zokirov, U.V. Mannonov “Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarining asosiy jarayon va qurilmalarining hisoblash va loyihalash” 2000 yil.

#### 4-AMALIY MASHG'ULOT.

**Mavzu:** Trubalarda suyuqlik harakatiga bosimning sarflanishi va suyuqliklarning teshiklar orqali oqib chiqish vaqtini aniqlash.

**Maqsad:** Suyuqliklarning tezligi va sarfini o'lchash asboblari bilan tanishish.

**Nazariy qism.** Kimyo sanoatining barcha korxonalarida suyuqliklarning tezligi va sarfini o'lchash uchun drossel asboblar va pnevmometrik trubalar keng ishlatiladi.

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

$$h = \frac{\omega^2}{2g} \quad (4.1)$$

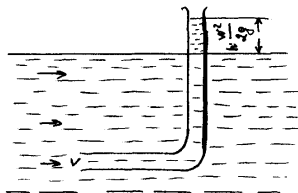
Bundan

$$\omega = \sqrt{2gh} \quad (4.2)$$

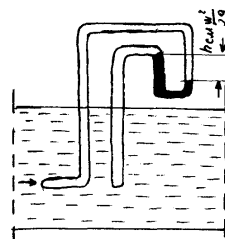
Amalda oqim yo'nalishida nayning bo'lishi tezlikning umumiy taqsimlanishiga ta'sir qiladi, shuning uchun formulaga tuzatish koeffitsienti kiritiladi.

$$\omega = \alpha\sqrt{2gh} \quad (4.3)$$

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



4.1-rasm. Pito naychasi



4.2-rasm. Suyuqlikning sarflanish miqdorini pnevmometr truba vositasida aniqlash.

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

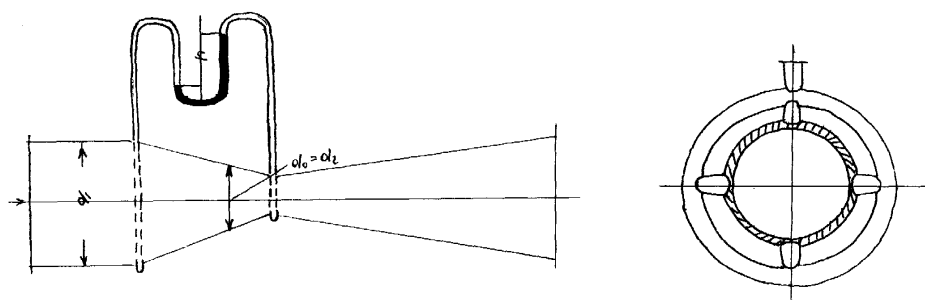
$$\omega = \sqrt{2gh} \quad (4.4)$$

Suyuqlikning miqdori esa sekundli sarf tenglamasi orqali aniqlanadi:

$$V = F \cdot \omega \quad (4.5)$$

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

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



4.3-rasm. Venturi trubasi

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

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{\omega_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\omega_2^2}{2g} \quad (4.6)$$

Bundan

$$\frac{\omega_2^2}{2g} - \frac{\omega_1^2}{2g} = \frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho g} = h \quad (4.7)$$

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

Trubadagi suyuqlikning o'rtacha tezligi va sarfini aniqlash uchun uzluksizlik tenglamasidan foydalanib tezlikni  $\omega_1$  va trubaning diaphragmadan keyingi tor qismidagi tezligini  $\omega_2$  bilan ifodalaymiz:

$$\omega_1 = \omega_2 \frac{F_2}{F_1} = \omega_2 \frac{d_2^2}{d_1^2} \quad (4.8)$$

$\omega$  ning qiymatini dinamik naporlar ayirmasini ifodalovchi tenglamaga qo'ysak:

$$\frac{\omega_2^2}{2g} - \frac{\omega_1^2}{2g} \left( \frac{d_2}{d_1} \right)^4 = h \quad (4.9)$$

Bundan

$$\omega_2 = \sqrt{\frac{2gh}{1 - \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^4}} \quad (4.10)$$

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

$$V_s = \frac{\alpha \cdot \pi}{4} d_0^2 \sqrt{\frac{2gh}{1 - \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^4}} \quad (4.11)$$

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

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

$$\alpha = f\left(Re, \frac{d_0}{d_1}\right) \quad (4.12)$$

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

Koeffitsient  $\alpha$  drossel asboblarining sarf koeffitsienti deb yuritiladi. Drossel qurilmalarining diametri truba diametridan 3-4 marta kichkina, shuning uchun (4.11)

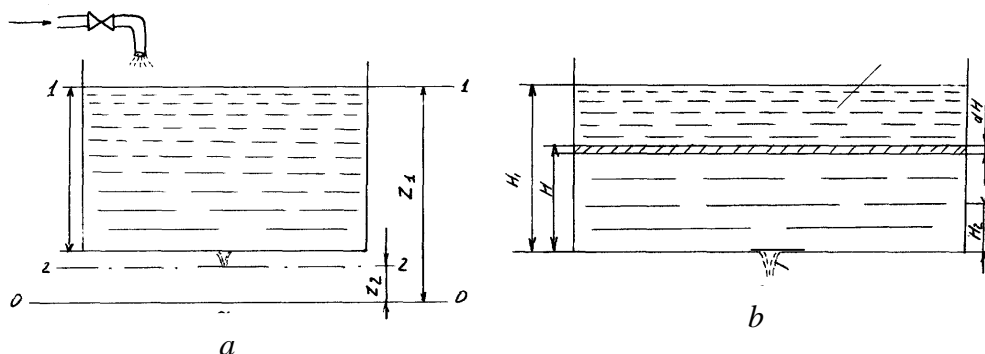
tenglamadagi  $\left(\frac{d_2}{d_1}\right)^4$  nisbatlar miqdori juda kichik bo'ladi, demak suyuqlikning

sarfini quyidagicha aniqlash mumkin:

$$V_s = \frac{\alpha \cdot \pi}{4} d_0^2 \sqrt{2gh} \quad (4.13)$$

### Suyuqliklarning teshiklar orqali oqib chiqishi.

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



4.4-rasm. Idishdan suyuqlikning oqib tushishi.



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

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\omega_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\omega_2^2}{2g} \quad (4.14)$$

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

$$\frac{\omega_2^2}{2g} = H \quad (4.15)$$

Bundan

$$\omega_2 = \sqrt{2ghH} \quad (4.16)$$

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

$$\omega_2 = \varphi \sqrt{2ghH} \quad (4.17)$$

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

$$\varepsilon = \frac{F_2}{F_0} \quad (4.18)$$

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

Tezlik va oqimning suyuqlik koeffitsientlarining ko`paytmasi *sarf koeffitsienti* deyiladi va  $\alpha$  bilan belgilanadi:

$$\alpha = \varepsilon\varphi \quad (4.19)$$

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

$$V = \alpha \cdot F_0 \sqrt{2gh} \quad (4.20)$$

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

Endi idish o`zgaruvchan balandlikka ega bo`lgan suyuqlikning pastki yupqa devordagi teshikdan oqib, batamom chiqib ketish vaqtini anqlaymiz. Vaqt birligida idishdagi suyuqlikning teshik orqali oqib chiqishida uning balandligi va tezligi kamayadi (4.4-rasm, b). Suyuqlikning oqish protsessi turg`unmas xarakterda bo`ladi.

Elementlar vaqt  $d\tau$  birligida suyuqlikning balandligi  $H_1$  va  $H_2$  ga o'zgarganda idish hajmdagi pastki teshikdan oqib o'tgan suyuqlik hajmi:

$$dV = V_s d\tau = \alpha F_0 \sqrt{2gh} d\tau \quad (4.21)$$

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

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

$$dV = -FdH \quad (4.22)$$

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

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

$$\alpha F_0 \sqrt{2gh} d\tau = -FdH \quad (4.23)$$

bundan,

$$d\tau = -\frac{FdH}{\alpha F_0 \sqrt{2gH}} \quad (4.24)$$

Suyuqlikning oqib tushish vaqtini aniqlash uchun bu ifodani integrallaymiz:

$$\int_0^\tau d\tau = -\int_{H_1}^{H_2} \frac{FdH}{\alpha F_0 \sqrt{2gH}} \quad (4.25)$$

$$\tau = \frac{F}{\alpha F_0 \sqrt{2g}} \int_{H_1}^{H_2} H^{-1/2} dH = \frac{2F}{\alpha F_0 \sqrt{2g}} (\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2}) \quad (4.26)$$

Demak,

$$\tau = \frac{2F\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2}}{\alpha \cdot F_0 \sqrt{2g}} \quad (4.27)$$

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

$$\tau = \frac{2F\sqrt{H_1}}{\alpha \cdot F_0 \sqrt{2g}} \quad (4.28)$$

### Mustaqil bajarish uchun vazifalar:

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

**Amaliy mashg`ulotni chuqurroq o`rganishda aqliy hujum, klaster va elpig'ich usullaridan foydalaniladi.**

**Nazorat uchun savollar:**

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

**Adabiyotlar:**

1. Pharmaceutical process engineering. Anthony J.Hickey, David Garderton. – Second edition. P. (Drugs and pharmaceutical sciences)195
2. N.R. Yusupbekov, H.S. Nurmuhammedov, S.G. Zokirov “Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalar” 2003 yil.
3. Z. Salimov, I.S. To`ychiyev “Ximiyaviy texnologiya protsesslari va apparatlari” 1987 yil.
4. N.R. Yusupbekov, H.S. Nurmuhammedov, P.R. Ismatullayev, S.G. Zokirov, U.V. Mannonov “Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarining asosiy jarayon va qurilmalarining hisoblash va loyihalash” 2000 yil.

## 5-AMALIY MASHG`ULOT

**Mavzu: Trubalarning gidravlik qarshiliklari va suyuqlik harakatida bosim yo`qotilishini aniqlash.**

**Maqsad:** Suyuqliklarni oqishi rejimini, gidravlik qarshiliklarni o`rganish.

**Nazariy qism.** Real suyuqliklar trubadan yoki kanallardan oqayotganda bosimning bir qismi ichki ishqalanish kuchini yengish uchun harakat yo`nalishini o`zgartirganda va oqim tezligi o`zgarganda yo`qoladi. Demak, bosimning yo`qolishi ichki ishqalanish qarshiligini va mahalliy qarshiliklarni yengish uchun sarf bo`ladi.

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

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

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

Turbulent oqimda ishqalanish koeffitsientlarining kattaligi rejimga hamda trubaning g`adir-budirlikiga bog`liq. Trubalarning g`adir-budirlik absolyut geometrik va nisbiy g`adir-budirlik bilan xarakterlanadi. Truba devorlaridagi g`adir-budirliklar o`rtacha balandliklarning truba uzunligi bo`yicha o`lchanishi *absolyut geometrik g`adir-budirlik* deyiladi.

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

$$\varepsilon = \frac{\Delta}{d_e}$$

### **Suyuqliklarning donasimon qatlamdan o`tishi.**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Tenglamadagi Reynolds kriteriysi quyidagicha topiladi:

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

bu yerda:  $\rho$  va  $\mu$  – suyuqlikning zichligi va dinamik qovushqoqlik, f-solishtirma yuza.

### **Mustaqil bajarish uchun vazifalar:**

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

**Javob:** 102 mm yoki 0,102 m.

**Amaliy mashg`ulotni chuqurroq o`rganishda aqliy hujum, klaster va elpig`ich usullaridan foydalaniladi.**

### **Nazorat uchun savollar.**

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

### **Adabiyotlar:**

1. N.R. Yusupbekov, H.S.Nurmuhammedov, S.G.Zokirov “Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalar” 2003 yil.
2. Z.Salimov, I.S. To`ychiev “Ximiyaviy texnologiya protsesslari va apparatlari” 1987 yil.
3. N.R. Yusupbekov, H.S.Nurmuhammedov, P.R.Ismatullaev, S.G.Zokirov, U.V.Mannonov “Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarining asosiy jarayon va qurilmalarining hisoblash va loyihalash” 2000 yil.

## 6-AMALIY MASHG'ULOT

### Mavzu: Skrubber va issiqlik almashinuv apparatlarining gidravlik qarshiligini aniqlash.

**Maqsad:** Turli chiqindi gazlarni tozalash usullari, qo'llaniladigan apparatlar turlari, ularning tuzilishi, ishlash prinsipi bilan tanishish va kamchilik va afzal tomonlarini tahlil qilish.

#### Nazariy qism:

##### 1. Trubalardagi gidravlik qarshiliklar.

Real suyuqliklar trubadan yoki kanallardan oqayotganda bosimning bir qismi ichki ishqalanish kuchini yengish uchun harakat yo'nalishini o'zgartirganda va oqim tezligi o'zgarganda yo'qoladi. Demak, bosimning yo'qolishi ichki ishqalanish qarshiligini va mahalliy qarshiliklarni yengish uchun sarf bo'ladi.

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

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

Suyuqlik oqimining harakat yo'nalishi va tezligi o'zgarganda u mahalliy qarshiliklarga duch keladi. Trubadagi ventillar, tirsak, jo'mrak, toraygan hamda kengaygan qismlar va har xil to'siqlar *mahalliy qarshiliklar* deyiladi. Truba va kanallarda ichki ishqalanish va mahalliy qarshiliklar uchun yo'qotilgan bosim Darsi-Veysbax tenglamasi orqali aniqlanadi:

$$h_y = \lambda \frac{l}{d_e} \cdot \frac{\omega^2}{2g} \quad (9.1)$$

bu yerda:  $\lambda$  – ichki ishqalanish koeffitsienti;  $l$  – truba uzunligi, m;  $\omega$  – oqim tezligi, m/s;  $d_e$  – trubaning ekvivalent diametri, m.

Ishqalanish koeffitsienti o'lchamsiz kattalik bo'lib, uning miqdori harakat rejimiga, trubaning g'adir-budurligiga bog'liq. To'g'ri va silliq trubalarda suyuqlik oqimi laminar harakatda bo'lsa, ishqalanish koeffitsienti trubaning g'adir-budurligiga bog'liq bo'lmaydi va quyidagi tenglik orqali aniqlanadi:

$$\lambda = \frac{A}{Re} \quad (9.2)$$

bu yerda  $A$  – truba shaklini hisobga oluvchi koeffitsient; dumaloq trubalar uchun  $A = 64$ ; kvadrat shakldagi kanallar uchun  $A = 57$ .

Turbulent oqimda ishqalanish koeffitsientlarining kattaligi rejimga hamda trubaning g'adir-budurligiga bog'liq. Trubalarning g'adir-budurligi absolyut geometrik va nisbiy g'adir-budurlik bilan xarakterlanadi. Truba devorlaridagi g'adir-budurliklar o'rtacha balandliklarning truba uzunligi bo'yicha o'lchanishi *absolyut geometrik g'adir-budurlik* deyiladi.

Truba devorlaridagi g'adir-budurliklar balandligining ( $\Delta$ ) trubaning ekvivalent diametriga ( $d_e$ ) nisbati *nisbiy g'adir-budurlik* deyiladi va  $\varepsilon$  bilan ifodalanadi:

$$\varepsilon = \frac{\Delta}{d_e} \quad (9.3)$$

Turbulent rejim uchun ishqalanish koeffitsienti  $\lambda$  ni topishda bir qator tenglamalar taklif etilgan. Turbulent rejimdagi harakatning hamma sohalari uchun quyidagi tenglamadan foydalanish mumkin:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \lg \left[ \frac{\varepsilon}{3,7} + \left( \frac{6,81}{Re} \right)^{0,9} \right] \quad (9.4)$$

Mahalliy qarshiliklardagi bosimning yo'qotilishi quyidagi tenglama orqali topiladi:

$$h_{m.q.} = \sum \xi_{m.q.} \frac{\omega^2}{2g} \quad (9.5)$$

bu yerda:  $\xi_{m.q.}$  - mahalliy qarshilik koeffitsienti, uning qiymati tajriba yo'li bilan aniqlanadi.

Ichki ishqalanish va mahalliy qarshiliklarni yengish uchun umumiy sarf bo'lgan bosim quyidagiga teng:

$$h_u = \left( \lambda \frac{l}{d_e} + \sum \xi_{m.q.} \right) \frac{\omega^2}{2g} \quad (9.6)$$

## 2. Skrubber va issiqlik almashinuv apparatlarining gidrodinamikasi.

Gazlarni tozalash uchun cho'ktirish kameralari, siklonlar, filtrlash apparatlari (skrubber va elektrofiltrlar) ishlatiladi. Toza gaz olish uchun changli gazlarni suv yoki boshqa suyuqliklar bilan yuvib, ularni chang zarrachalaridan tozalanadi. Bu usul ayniqsa sovigana gazlarni tozalash uchun qulay, chunki gazlar soviganda suv bug'lari kondensatsiyalanib, changlar namlanadi va ularning og'irligi ortib, chang zarrachalari gazdan oson ajraladi. Og'irlik kuchi (gazning apparatda to'g'ri chiziqli harakati ostida), inersiya kuchi (gaz oqimi yo'nalishining birdan o'zgarishi natijasida) va markazdan qochma kuch ta'sirida (gazning apparatgatangension yo'nalishi bilan kirishida) namli gazlarni tozalash qiyin, shuning uchun namli gazlarni tozalashda namlash apparatlari ishlatiladi. Bu protseslar bo'sh yoki nasadkali skrubberlarda olib boriladi. Skrubberlar silindrsimon va to'g'ri to'rtburchakli kolonkalar ko'rinishida bo'ladi. Skrubberlarda gaz aralashmasi 0,8...1,5 m/s tezlikda, apparatning pastki qismidan yuqoriga qarab harakat qiladi.

### Markazdan qochma skrubber:

- 1-silindrsimon korpus;
- 2-tangensial yo'nalishda gaz kiradigan shtutser;
- 3-suv taqsimlagich;
- 4-suv va shlam chiqaradigan apparatning pastki konus qismi;
- 5-tozalangan gaz chiqib ketuvchi shtutser.

Korpus devori yuzasidan soplo orqali berilgan suv doim yupqa plenka o'xshab oqib turadi. Gaz oqimidagi vintsimon aylanma harakat qiladigan qattiq zarrachalar markazdan qochma kuch ta'sirida skrubberning devorlariga urilib, plenka holida oqayotgan suv bilan yuvilib tushib ketadi. Markazdan qochma skrubberlarda oddiy va nasadkali skrubberlarga nisbatan gaz aralashmalarining tozalanish darajasi yuqori bo'lib, o'lchamlari 5-30 mkm zarrachalar uchun bu ko'satkich 95% gacha va zarrachalarning o'lchami 2-5 mkm bo'lganda 85 – 90% ga teng bo'ladi.

Hozirgi vaqtda kimyo va oziq-ovqat sanoatida gaz aralashmalarini tozalash uchun yuqori unumdorli qaynovchi qatlamli nasadkali skrubberlar keng ishlatilmoqda. Qaynovchi qatlamli nasadkali skrubberlarda ko'pincha past unumli val qimmatbaho shar shaklidagi nasadkalar ishlatiladi.

### Savollar

1. Gidravlik qarshiliklarni hisoblash qanday amaliy ahamiyatga ega?
2. Mahalliy qarshiliklardagi bosimning yo'qotilishi qanday tenglama bilan topiladi?
3. Nima uchun qaynovchi qatlamli nasadkali skrubberlar keng ishlatiladi?

**Amaliy mashg'ulotni chuqurroq o'rganishda aqliy hujum, klaster va elpig'ich usullaridan foydalaniladi**

### Adabiyotlar:

1. Pharmaceutical process engineering. Anthony J.Hickey, David Garderton. – Second edition. P. (Drugs and pharmaceutical sciences)195
2. N.R. Yusupbekov, H.S. Nurmammedov, S.G. Zokirov “Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalar” 2003 yil.
3. Z. Salimov, I.S. To'ychiyev “Ximiyaviy texnologiya protsesslari va apparatlari” 1987 yil.
4. N.R. Yusupbekov, H.S. Nurmammedov, P.R. Ismatullayev, S.G. Zokirov, U.V. Mannonov “Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarining asosiy jarayon va qurilmalarining hisoblash va loyihalash” 2000 yil.

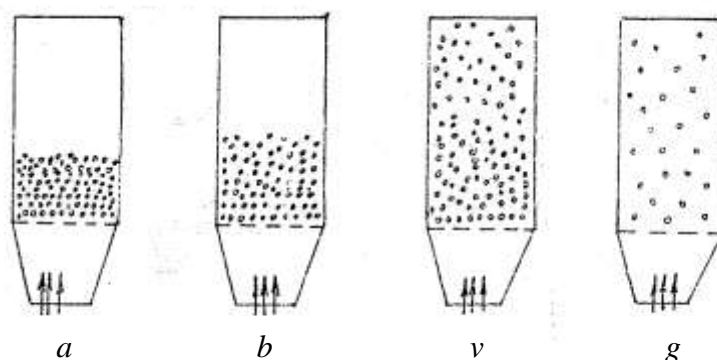


## 7-AMALIY MASHG'ULOT

**Mavzu: Mavxum qaynash qatlamining gidrodinamikasi. Qatlam hajmini va gidravlik qarshiligini aniqlash.**

**Maqsad:** Mavxum qaynash qatlami haqida tushunchaga ega bo'lish, uni qo'llaniladigan sohalarni, mohiyatini hamda jarayonga ta'sir qilinishini ko'rib chiqish va o'rganish.

**Nazariy qism.** Hozirgi vaqtda kimyo sanoatining barcha texnologik jarayonlarida mavxum qaynash usuli keng qo'llanilmoqda. Mavxum qaynash jarayonida fazalar o'rtasidagi kontakt yuzi katta bo'lishi tufayli jarayon bir necha marta tezlashadi, natijada apparatning unumdorligi oshadi. Mavxum qaynash qatlamining gidravlik qarshiligi nisbatan katta emas, donasimon zarrachalar qatlamini hosil qilish uchun ixtiyoriy shakldagi vertikal idishga donasimon qattiq material gaz tarqatuvchi to'r ustiga joylashtiriladi. Agar to'r orqali pastdan yuqoriga qaratib kichik tezlik bilan gaz yoki suyuqlik oqimi yuborilsa, material qatlami o'zgarmay qoladi. (5.1- rasm, a)



5.1-rasm

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

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

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

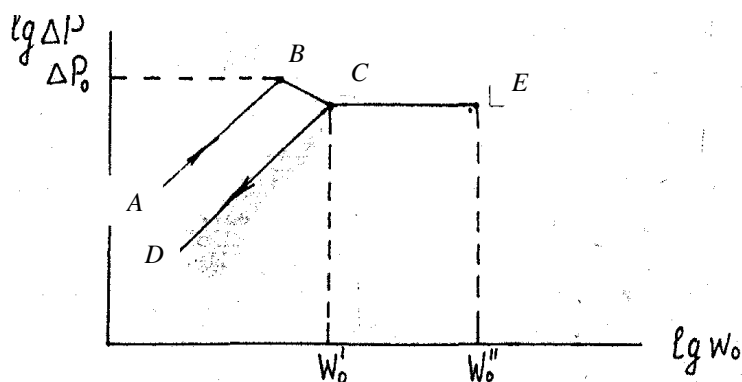
Mavhum qaynash ikki xil (bir jinsli va turli jinsli) ko`rinishda yuz beradi. Bir jinsli mavhum qaynashda birinchi va ikkinchi kritik tezliklar o`rtasida qattiq material zarrachalari butun qatlam balandligi bo`yicha bir xil tarqalgan bo`ladi. Amaliy jihatdan bunday mavhum qaynash jarayoni tomchili suyuqlik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

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

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

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

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



5.2-rasm

$AB$  chiziq o`zgarmas qatlam orqali o`tayotgan gaz harakatini tasvirlaydi.  $C$  nuqta o`zgarmas qatlamning mavhum qaynash holatiga o`tishini ko`rsatadi. Shu nuqtaga to`g`ri kelgan tezlik  $w_0'$  birinchi kritik tezlikni xarakterlaydi. Mavhum qaynash jarayonining boshlanishi bilan oqimning gidrodinamik bosim kuchlari qatlamidagi qattiq zarrachalar og`irligini muvozanatga solib turadi. Gaz oqimi tezligining ortishi bilan qattiq zarrachalar og`irligi o`zgarmaydi, zarrachalarni mavhum qaynash holatida ushlab turish uchun zarur bo`lgan energiya sarfi ham bir xil bo`ladi. Bu holat grafikda  $CE$  gorizontaal chiziq bilan belgilangan.  $E$  nuqtaga to`g`ri kelgan  $w_0''$  ikkinchi kritik tezlikni xarakterlaydi. Tezlik  $w_0' > w_0''$  bo`lgan

paytda zarrachalar oqim bilan birgalikda apparatdan chiqib ketadi. Bunday sharoitda qatlamdagi qattiq zarrachalar og'irligining kamayishi natijasida qattiq zarrachalarni mavhum qaynash holatiga keltirish uchun kerak bo'lgan energiya sarfi kamayadi. Shu sababli bosimlar farqi  $\Delta p$  nuqta  $C$  dan keyin kamayadi.

O'zgarmas qatlamdan mavhum qaynash holatiga o'tish uchun bosim cho'qqisi  $\Delta \pi_0$  xarakterlidir. Zarrachalar o'rtasidagi o'zaro tortishish kuchlarini yengish uchun qo'shimcha energiya sarflanishi sababli bosim cho'qqisi hosil bo'ladi. Bosim cho'qqisining kattaligi zarrachalar shakli va yuzasiga bog'liq. Agar gaz tezligi asta-sekin kamaytirilsa, egri chiziq  $A$  nuqtada kesishma pastroqda o'tib, cho'qqi hosil qolmaydi. Bu hodisa *gisteresis* deb ataladi. Mavhum qaynash hosil bo'lishining kritik tezligini topish uchun juda ko'p tenglamalar taklif etilgan. Sharsimon bir jinsli zarrachalar uchun birinchi kritik tezlikni topishda Todes tenglamasidan foydalanish mumkin:

$$Re_{kr} = \frac{Ar}{1400 + 5,22\sqrt{Ar}} \quad (5.1)$$

bu yerda:

$$Re_{kr} = \frac{\omega_0' \cdot d \cdot \rho}{\mu} \quad (5.2)$$

$$Ar = \frac{d^3 (\rho_{q.z.} - \rho_m) \rho g}{\mu^2} \quad (5.3)$$

$d$  – qattiq zarrachaning diametri, m;  
 $\rho_m$  – muhitning zichligi, kg/m<sup>3</sup>;  
 $\rho_{q.z.}$  – qattiq zarrachaning zichligi, kg/m<sup>3</sup>;  
 $\mu$  – muhitning qovushqoqligi, N·s/m;  
 $g$  – erkin tushish tezlanishi, m<sup>2</sup>/s.

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

$$H(1 - \varepsilon) = H_0(1 - \varepsilon_0) \quad (5.4)$$

$H$  – mavhum qaynash qatlamining balandligi, m;  
 $\varepsilon$  – mavhum qaynash qatlamdagi zarrachalar orasidagi bo'shliq (hajm);  
 $H_0$  – o'zgarmas qatlam balandligi, m;  
 $\varepsilon_0$  – o'zgarmas qatlamdagi zarrachalar orasidagi bo'shliq (hajm).

Mavhum qaynash jarayoni mavhum qaynash soni  $K_\omega$  bilan xarakterlanadi:

$$K_\omega = \frac{\omega_0}{\omega_0'} \quad (5.5)$$

bu yerda:  $\omega_0$  – apparatning to'la kesimiga nisbatan olingan oqimning ish tezligi, m/s;  
 $\omega_0'$  – mavhum qaynash qatlamining hosil bo'lish kritik tezligi, m/s.

Mavhum qaynash soni  $K_\omega$  zarrachalarning qatlamdagi aralashish intensivligini ko'rsatadi.  $K_\omega$  ikkiga teng bo'lsa, intensiv aralashish kuzatiladi.

Zarrachalarning qatlamda o'rtacha bo'lish vaqti:

$$\tau_0 = \frac{G_m}{Q_s} \quad (5.6)$$

bu yerda:  $G_m$  – qatlamda bo'lgan qattiq materialning massasi, kg;  $Q_s$  – qattiq material sarfi, kg/s.

Qattiq zarrachalarning gaz yoki suyuqlik oqimi bilan chiqib ketish tezligi Todes tenglamasi orqali topiladi:

$$Re = \frac{Ar}{18 + 0,62\sqrt{Ar}} \quad (5.7)$$

$$Re = \frac{\omega'_0 \cdot d \cdot \rho}{\mu} \quad (5.8)$$

Mavhum qaynash qatlamining gidravlik qarshiligi quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta P = H(\rho_{q.z.} - \rho_m)(1 - \varepsilon) \quad (5.9)$$

Asosiy tenglamalar.

1. Qattiq zarrachalarning qo'zg'almas qatlami uchun bo'shliq hajm

$$\varepsilon_0 = \frac{(V_{nas} - V)}{V_{nas}} \quad (5.9)$$

zarrachalar orasidagi muhitning zichligi inobatga olinmasa, unda:

$$\varepsilon_0 = 1 - \frac{\rho_{nas}}{\rho} \quad (5.10)$$

2. Mavhum qaynash qatlamining gidrodinamik xarakteristikasi bosimlar doimiyligi belgilaydi:

$$\Delta P_{qat} = \frac{G_{qat}}{S} = const \quad (5.11)$$

3. Mavhum qaynash qatlamidan o'tadigan oqim uchun bosimning farqi quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta P_{qat} = (\rho - \rho_m)g(1 - \varepsilon)h_1 = (\rho - \rho_m)g(1 - \varepsilon_0)h_0 \quad (5.12)$$

$h_1, h_2$  – mavhum qaynash va qo'zg'almas qatlamning balandligi, m.

Agar muhit gaz bo'lsa, unda  $\rho_m \ll \rho$  va

$$\Delta P_{qat} = \rho g(1 - \varepsilon)h_1 = \rho g(1 - \varepsilon_0)h_0 \quad (5.13)$$

### Mustaqil bajarish uchun vazifalar.

1. Donasimon qatlamning gidravlik qarshiligi va muhitning tezligi orasidagi bog'liqlik grafigini ko'rsating.

**Amaliy mashg'ulotni chuqurroq o'rganishda aqliy hujum, klaster va elpig'ich usullaridan foydalaniladi.**

### **Nazorat uchun savollar:**

1. Mavhum qaynash qatlami haqida tushuncha.
2. Mavhum qaynash qatlamining boshlang`ich tezligi.
3. Ikkinchi kritik tezlik haqida tushuncha.
4. Mavhum qaynashning hosil bo`lishi.
5. Qaynashni hosil qiluvchi sabablar.
6. Mavhum qaynash qatlamining holatlari.
7. Mavhum qaynash qatlamining turlari.
8. Donasimon qatlamning gidravlik qarshiligi va muhitning tezligi orasidagi bog`liqlik.

### **Adabiyotlar:**

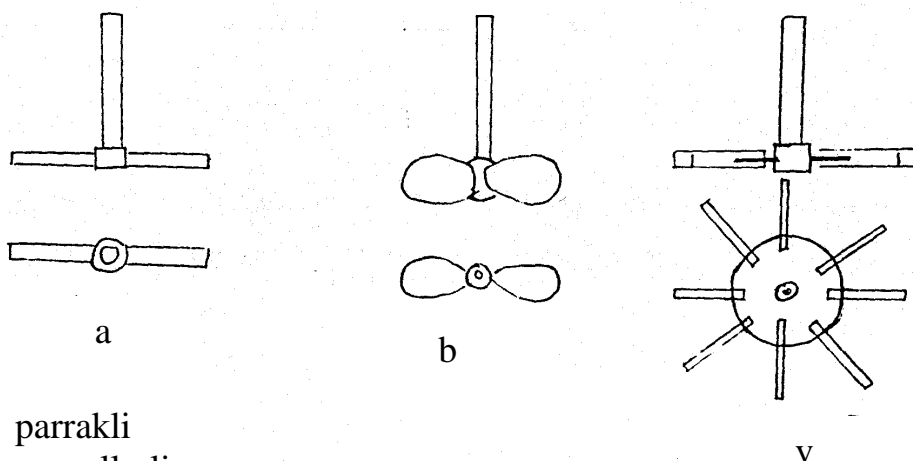
1. Pharmaceutical process engineering. Anthony J.Hickey, David Garderton. – Second edition. P. (Drugs and pharmaceutical sciences)195
2. N.R. Yusupbekov, H.S. Nurmammedov, S.G. Zokirov “Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalar” 2003 yil.
3. Z. Salimov, I.S. To`ychiyev “Ximiyaviy texnologiya protsesslari va apparatlari” 1987 yil.
4. N.R. Yusupbekov, H.S. Nurmammedov, P.R. Ismatullayev, S.G. Zokirov, U.V. Mannonov “Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarining asosiy jarayon va qurilmalarining hisoblash va loyihalash” 2000 yil.

## 8-AMALIY MASHG'ULOT

### Mavzu: Suyuqlik muhitida aralashtirish. Suyuqlik va gazlarni aralashtiradigan mashinalarning chidamliligini aniqlash.

**Maqsad:** Kimyoviy reaksiyalarni amalga oshirishda issiqlik va modda almashinish jarayonlarini tezlashtirish uchun aralashtiradigan mashinalarni tanlash, ishlash prinsipi bilan tanishish va ularning chidamliligini aniqlash.

**Nazariy qism.** Suyuq fazadagi aralashtirish ikki (mexanik va pnevmatik) usul bilan olib boriladi. Sanoat, ishlab chiqarishlarda ishlatiladigan aralashtirgichlar uch asosiy turga bo'linadi: parrakli, propellerli va turbinali (6.1-rasm).



- a) parrakli
- b) propellerli
- v) turbinali

6.1-rasm

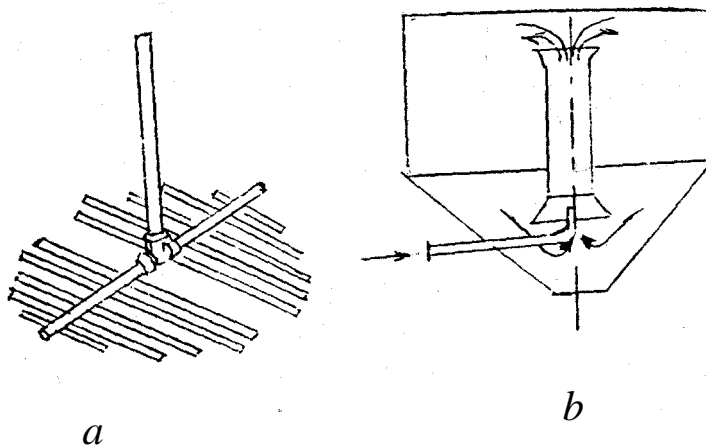
Parrakli aralashtirgichlar bir va bir nechta parrakdan iborat bo'ladi. Bir parrakli aralashtirgichlar qovushqoqligi ( $1\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$  gacha) kichik bo'lgan suyuqliklarni aralashtirish uchun ishlatiladi. Qovushqoqligi katta bo'lgan suyuqliklarni aralashtirish uchun ko'p parrakli aralashtirgichlardan foydalaniladi. Aylanishlar soni minutiga 15.....45 gacha.

Propellerli aralashtirgichlarning asosiy ish organi o'qqa o'rnatilgan propeller (yoki vint) dan iborat. O'q. gorizontaal, vertikal, yoki qiya o'rnatilgan bo'lishi mumkin. Vintlar ikki yoki uch qanotli bo'ladi. Propellerning diametri apparat diametrining 0,25....0,3 qismini tashkil qiladi. Aylanishlar soni esa minutiga 150....1000. Propellerli aralashtirgichlarni harakatchan va qovushqoqligi bir oz katta bo'lgan ( $6\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$  gacha) suyuqliklarni aralashtirish uchun ishlatiladi.

Turbinali aralashtirgichlarning asosiy ish organi turbina g'ildiragi bo'lib, u vertikal o'qda joylashtirilgan bo'ladi. G'ildirak minutiga 200.....2000 tagacha aylanma harakat qiladi. Turbina g'ildiragining ishlash prinsipi markazdan qochma kuchlarning ta'siriga asoslangan. Turbinali aralashtirgichlarning diametri apparat diametrining 0,17....0,33 qismini tashkil qiladi. Turbinali aralashtirgichlar qovushqoqligi kam va katta bo'lgan ( $1...700\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$  gacha) suyuqliklarni aralashtirish uchun ishlatiladi.

Qovushqoqligi uncha yuqori bo'lmagan ( $200\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$  gacha) suyuqliklarni aralashtirish uchun ayrim hollarda pnevmatik aralashtirgichlar ishlatiladi.

Aralashtirish uchun ko`pincha siqilgan havo ishlatiladi. Odatda, pnevmatik usul qo`llanilganda teshikchalari bo`lgan tarqatuvchi trubalar (barbater) orqali siqilgan havo yuboriladi. Sochiluvchi moddalarni siqilgan havo yordamida aralashtirish uchun erlift prinsipidan foydalaniladi. (6.2-rasm).



6.2-rasm

a) Pnevmatik aralashtirish      b) Erlift yordamida aralashtirish

Har qanday aralashtirish jarayoni ikki xil kattalik (energiya sarfi va aralashtirish samaradorligi) bilan xarakterlanadi. Har xil jarayonlarda aralashtirish samaradorligi turlicha belgilanadi. Masalan, agar qattiq moddaning suyuqlikdagi suspenziyasi tekshirilayotgan bo`lsa, aralashtirish samaradorligi qattiq modda zarrachalarining suyuqlikda bir xil tarqalish vaqti bilan belgilanadi. Agar aralashtirish issiqlik almashinishni tezlatish uchun ishlatilsa, u holda jarayon samaradorligi muhitdagi issiqlik berish koeffitsientlarini qanchaga ko`payishi bilan belgilanadi.

Og`irlik kuchlar ta'siri sharoitida suyuqlikni majburiy statsionar harakati kriterial tenglama bilan ifodalanadi:

$$Eu = f(Re, Fr, G_1, G_2, \dots) \quad (6.1)$$

bu yerda:  $G_1, G_2$  – geometrik o`xshashlik komplekslari.

Aralashtirish jarayonini ta'riflab berish uchun modifitsirlangan Eyler (Eu), Frud (Fr) va Reynolds (Re) kriteriyalari qo`llaniladi. Ushbu kriteriyalar ularning oddiy ko`rinishlarini o`zgarish bilan olish mumkin. Suyuqlikni chiziqli tezligi o`rniga modifitsirlangan kriteriyalarga aralashtirgichni doira tezligi proporsional bo`lgan  $nd$  kattalik qo`yiladi.

$$W_{doi} = \pi nd \quad (6.2)$$

$n$  – aralashtirgichning aylanmalar soni;

$d$  – aralashtirgichning diametri.

Kriteriyalarning ko`rinishi quyidagicha bo`ladi:

$$Re_m = \frac{nd \cdot d\rho}{\mu} = \frac{nd^2 \rho}{\mu} \quad Re = \frac{wd\rho}{\mu} \quad (6.3)$$

$$Fr_m = \frac{n^2 d^2}{gd} = \frac{n^2 d}{g} \quad Fr = \frac{W^2}{gl} \quad (6.4)$$

$$Eu_m = \frac{P}{\rho(nd)^2} \quad Eu = \frac{\Delta P}{\rho \cdot \omega^2} \quad (6.5)$$

Eyler kriteriysiga aralashtirgichni parraklarning oldidagi va orqa tomondagi tekisliklar orasidagi bosimlar farqi  $\Delta P$  kiradi. Bu bosimlar farqini aralashtirgich vali orqali  $P$  kuchi yordamida yengiladigan foydali quvvat bilan ifodalanadi.

$N \approx P(nd)$ , unda bosimlar farqi:

$$\Delta P = \frac{P}{S} \approx \frac{N}{(nd) \cdot S} \approx \frac{N}{nd^3} \quad \text{bu yerda:}$$

$S \approx d^2$  - kuch (P) tarqalgan yuza.

$\Delta P$  ifodasini  $Eu_m$  ga qo'yib:

$$Eu_m = \frac{N}{\rho n^3 d^5} = K_N \quad (6.6)$$

$Eu_m$  kriteriyning bunday ifodasi *quvvat kriteriysi* deyiladi va  $K_N$  bilan belgilanadi.

Quvvat kriteriysi grafiklar yordamida aralashtirgichlarning geometrik o'lchamlariga harakat rejimiga qarab aniqlanadi.

Mexanik aralashtirgichlar bilan aralashtirganda ikki xil rejim ajratiladi: laminar va turbulent. Laminar rejimda ( $Re < 30$ ) aralashtirish sekin o'tib boradi va asosan aralashtirgichga yaqin bo'lgan suyuqlik, qatlamlari aralashadi.

$Re_m > 10^2$  turbulent rejim o'rtacha bog'liq bo'ladi va  $K_N Re_m$  ga ancha bog'liq bo'lmaydi.  $Re_m > 10^5$  teng bo'lganda  $K_N Re_m$  ga umuman bog'liq bo'lmaydi. Bu soha avtomodel sohasi deyiladi. Energiyaning sarfi faqat inersiya kuchlari bilan aniqlanadi.

### Mustaqil bajarish uchun vazifalar:

1. Chizmaga qarab aralashtirgichlarning turini ayting.

**Amaliy mashg'ulotni chuqurroq o'rganishda aqliy hujum, klaster va elpig'ich usullaridan foydalaniladi.**

### Nazorat uchun savollar.

1. Suyuqlik muhitida aralashtirish usullari.
2. Aralashtirgichli mashinalar, ularning asosiy turlari.
3. Mexanik aralashtirish uchun moslashgan aralashtirgichlarning turlari.
4. Aralashtirish jarayonini xarakterlab beruvchi kriteriyalar.
5. Laminar rejimda aralashtirish.
6. Turbulent rejimda aralashtirish.



## Adabiyotlar

1. Pharmaceutical process engineering. Anthony J.Hickey, David Garderton. – Second edition. P. (Drugs and pharmaceutical sciences)195
2. N.R. Yusupbekov, H.S. Nurmammedov, S.G. Zokirov “Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalar” 2003 yil.
3. Z. Salimov, I.S. To`ychiyev “Ximiyaviy texnologiya protsesslari va apparatlari” 1987 yil.
4. N.R. Yusupbekov, H.S. Nurmammedov, P.R. Ismatullayev, S.G. Zokirov, U.V. Mannonov “Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarining asosiy jarayon va qurilmalarining hisoblash va loyihalash” 2000 yil.

## 9 - AMALIY MASHG`ULOT.

### **Mavzu: Suyuqlik va gazlarni uzatish. Nasoslar va ventilyatorlarni tanlash.**

**Maqsad:** Uzatish qurilmalari bilan tanishish, ularning asosiy parametrlarini aniqlash hamda asosiy hisobotlarni bajarish.

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

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

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

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

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

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

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

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

### Nasosning asosiy parametrlari.

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

1. Nasosning vaqt birligi ichida uzatib beradigan suyuqlik miqdori *ish unumdorligi* (yoki sarfi) deyiladi. ( $Q$ , m<sup>3</sup>/s).

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

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

$$N_f = \gamma QH = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \quad (10.1)$$

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

$$N_{o'q} = \frac{N_f}{\eta_N} = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{\eta_N} \quad (10.2)$$

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

$$\eta_N = \eta_v \cdot \eta_g \cdot \eta_m \quad (10.3)$$

bu yerda:  $\eta_v$  - hajmiy FIK;  $\eta_g$  - gidravlik FIK;  $\eta_m$  - mexanik FIK

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

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

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

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

$$N_{dv} = \frac{N_{o'q}}{\eta_u \cdot \eta_{dv}} = \frac{N_f}{\eta_N \cdot \eta_u \cdot \eta_{dv}} \quad (10.4)$$

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

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

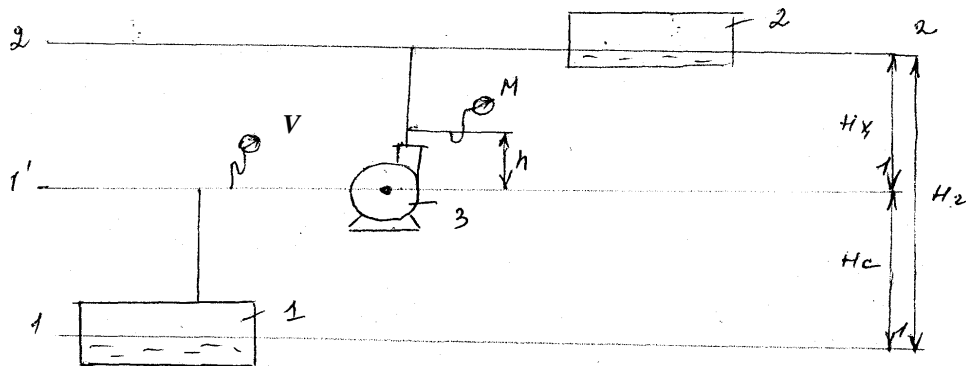
$$N_N = \beta \cdot N_{dv} \quad (10.5)$$

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

Nasoslarning umumiy nabori va so`rish balandligi.

Suyuqliklarni pastki idishdan (10.1-rasm) so`rish va haydash trubalari orqali haydash uchun dvigatel nasosga zarur energiya berishi, yani nasos bosimi (napor) hosil qilishi lozim.

Nasosning umumiy naporini 10.1-rasmdagi nasos qurilmasidan aniqlash uchun so`rish va haydash trubalari uchun Bernulli tenglamasining o`zgarishidan foydalanamiz. Buning uchun so`rish va haydash vaqtidagi parametrlarning o`zgarishini quyidagi tartibda aniqlaymiz:



10.1-rasm. Nasosning umumiy naporini aniqlash.

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

$p_i$  – suyuqlik so`rib olinayotgan idishdagi bosim;

$p$  – yuqorida joylashgan idishdagi bosim;

$p_s, p_x$  – suyuqlikning nasosga kirishdagi va chiqishdagi bosimi;

$H_s$  – so`rish balandligi;

$H_h$  – haydash balandligi;

$H_g$  – suyuqlikning geometrik ko`tarilish balandligi;

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

Nasosning naporini aniqlash uchun pastki idishdagi suyuqlik balandligining tekisligiga nisbatan so`rish vaqtidagi 1-1 va 1<sup>I</sup>-1<sup>I</sup> kesimlar uchun Bernulli tenglamasini yozamiz;

$$\frac{P_s}{\rho g} + \frac{\omega_1^2}{2g} = H_s + \frac{\omega_s^2}{2g} + \frac{P_1}{\rho g} + h_s \quad (10.6)$$

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

$$\frac{P_h}{\rho g} + \frac{\omega_h^2}{2g} = H_h + \frac{\omega_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\rho g} + h_h \quad (10.7)$$

Bu tenglamalarda  $\omega_1, \omega_2$  – pastki va yuqorigi idishlardagi suyuqlikning tezligi;

$\omega_s, \omega_h$  – so`rish va haydash trubalaridagi suyuqlik tezligi;

$H_s, H_h$  – so`rish va haydash trubalaridagi gidravlik qarshiliklarni yengish uchun ketgan napor miqdori.

So`rish va haydash trubalaridagi tezlikka nisbatan pastki va yuqoridagi idishlardagi suyuqlik tezligining o`zgarishi juda kichik bo`lib, u nolga teng. ( $\omega_1=0$ ;  $\omega_2=0$ )

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

$$H = \frac{P_s - P_h}{\rho g} \quad (10.8)$$

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

$$H = \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + \frac{W_s^2 - W_h^2}{2g} + H_s + H_h + h_s + h_h \quad (10.9)$$

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

$$H = H_g + \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + h_u \quad (10.10)$$

Demak, nasosning umumiy nabori suyuqlikning geometrik balandligi  $H_g$  ga ko`tarish uchun, pastki va yuqorigi idishlardagi bosimlar orasidagi farqni hamda so`rish va uzatish trubalaridagi gidravlik qarshiliklarni yengish uchun sarflanadi;

Agar pastki va yuqorigi idishlardagi bosim o`zaro teng bo`lsa, u holda nasosning umumiy nabori:

$$H = H_g + h_u \quad (10.11)$$

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

$$H = \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + h_u \quad (10.12)$$

Xuddi shuningdek, nasosning umumiy naborini manometr va vakuummetrning ko`rsatishi bo`yicha ham aniqlash mumkin;

$$H = \frac{P_m - P_v}{\rho g} + h \quad (10.13)$$

Shunday qilib, nasosning umumiy nabori manometr va vakuummetrlar ko`rsatishlarining yig`indisi bilan bu qurilmalar ulangan nuqtalar orasidagi vertikal masofaning ( $h$ ) yigindisiga teng.

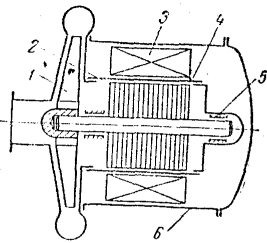
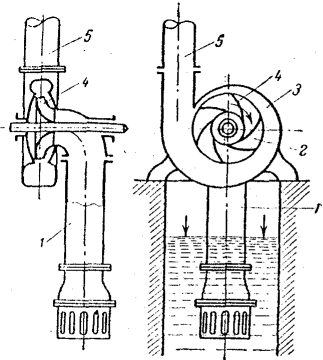
**So`rish balandligi.** Pastki idishdagi suyuqlikning erkin sirtiga (10.1-rasm) atmosfera bosimi  $p$  ta'sir etadi.

Suyuqlik so`rish trubasi orqali balandlikka ko`tarilib, nasosning ish kamerasini to`ldirish uchun bu kamerada vakuumni vujudga keltirish kerak. Bosimlar farqi  $p - p_s$

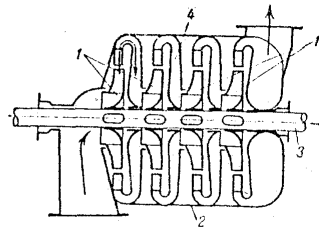
hosil bo`lganligi sababli suyuqlik ustunining metrlarda ifodalangan nabori  $\frac{p_0 - p_s}{\rho g}$

hosil bo`ladi. Bu bosimning bir qismi suyuqlikni so`rish trubasida  $H$  balandlikka ko`tarish uchun, qolgan qismi esa suyuqlikning trubada  $W$  tezlik bilan harakatlanishiga yoki tezlik naborini hosil qilish uchun va so`rilayotgan suyuqlik yo`lida uchraydigan barcha qarshiliklarni yengishga sarflanadi. U holda:

$$\frac{p_0}{\rho g} - \frac{p_s}{\rho g} = H_s + \frac{\omega^2}{2g} + h_s \quad (10.14)$$

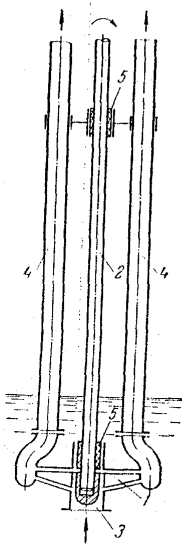


Gorizonttal plunjerli

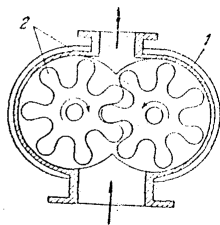


Ko`p tabaqali

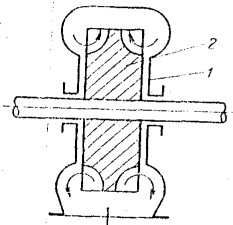
Markazdan qochma  
kuch ta`sirida  
ishlaydigan



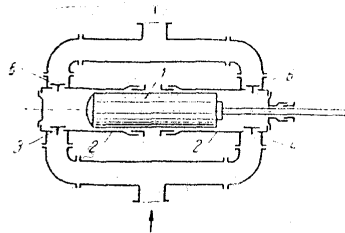
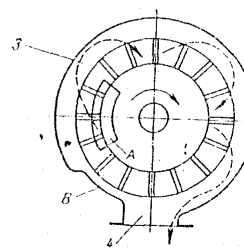
Cho`kuvchi



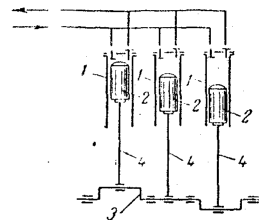
Shesternyali



Virxli



Plunjerli



10.2-rasm. Nasoslarning turlari

Uzatilayotgan suyuqlikning qaynab ketishini hisobga olgan holda (u doim so`rilishi uchun) so`rilish trubalaridagi bosim shu temperaturadagi suyuqlikning to`yingan bug` bosimi  $p_t$  dan yuqori bo`lishi kerak. Bunda nasosning normal ishlashi uchun tenglama quyidagicha yoziladi:

$$\frac{p_s}{\rho g} = \frac{p_0}{\rho g} - \left( H_s + \frac{\omega^2}{2g} + h_s \right) \geq \frac{p_t}{\rho g} \quad (10.15)$$

Bu yerdan:

$$H_s \leq \frac{p_0}{\rho g} - \left( \frac{p_t}{\rho g} + \frac{\omega^2}{2g} + h_s \right) \quad (10.16)$$

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

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

**Amaliy mashg`ulotni chuqurroq o`rganishda aqliy hujum, klaster va elpig'ich usullaridan foydalaniladi.**

### **Mustaqil bajarish uchun vazifalar**

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

### **Nazorat uchun savollar.**

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

14. Siqish darajasi haqida tushuncha
15. Ventilyatorlar haqida tushuncha.

### **Adabiyotlar:**

1. Pharmaceutical process engineering. Anthony J.Hickey, David Garderton. – Second edition. P. (Drugs and pharmaceutical sciences)195
2. N.R. Yusupbekov, H.S. Nurmammedov, S.G. Zokirov “Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalar” 2003 yil.
3. Z. Salimov, I.S. To`ychiyev “Ximiyaviy texnologiya protsesslari va apparatlari” 1987 yil.
4. N.R. Yusupbekov, H.S. Nurmammedov, P.R. Ismatullayev, S.G. Zokirov, U.V. Mannonov “Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarining asosiy jarayon va qurilmalarining hisoblash va loyihalash” 2000 yil.



## 10-AMALIY MASHG'ULOT

### **Mavzu: Turli jinsli sistemalarni cho'ktirish. Cho'kish tezligini aniqlash.**

**Maqsad:** Turli jinsli sistemalar haqida tushunchaga ega bo'lish va ularni ajratish usullarini ko'rib chiqish.

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

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

**Suspenziya** – suyuq va qattiq modda zarrachalaridan tashkil topgan aralashmalar.

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

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

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

**Tutunlar** – tarkibida o'lcham 0,3...5 mkm ga teng bo'lgan qattiq modda zarrachalarini tutgan sistemalar.

**Tumanlar** – suyuq va gaz fazalaridan tashkil topgan sistemalar.

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

Kimyoviy texnologiyada turli jinsli sistemalarni ajratish uchun quyidagi gidromexanik usullardan foydalaniladi:

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

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

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

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

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

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

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

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

$$P = G - A = \frac{\pi d^3}{6} g(\rho_z - \rho_m) \quad (7.1)$$

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

$$R = 3\pi d\mu \cdot \omega_{ch} \quad (7.2)$$

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

$$\frac{\pi d^3}{6} g(\rho_z - \rho_m) = 3\pi d\mu \cdot \omega_{ch} \quad (7.3)$$

bu yerdan:

$$\omega_{ch} = \frac{d^2 g(\rho_z - \rho_m)}{18\mu} \quad (7.4)$$

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

$$R = \xi F \frac{\rho_m \cdot \omega_{ch}}{2} \quad (7.5)$$

bu yerda:  $\xi$  – qarshilik koeffitsienti.

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

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

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

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

Turbulent rejim uchun quyidagi tenglamani yozish mumkin:

$$\frac{\pi d^3}{6} g(\rho_z - \rho_m) = \xi F \frac{\rho_z \cdot \omega_{ch}^2}{2} \quad (7.6)$$

bu yerdan:

$$\omega_{ch} = 5,45 \frac{d(\rho_z - \rho_m)}{\rho_m} \quad (7.7)$$

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

$$\omega = \omega_{\bar{n}\bar{d}} \cdot \varphi \quad (7.8)$$

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

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

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

$$Re = \frac{Ar \cdot E^{4,75}}{18 + 0,6\sqrt{Ar \cdot E^{4,75}}} \quad (7.9)$$

bu yerda:

$Ar$  – Arximed kriteriysi;

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

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

$$\omega = \omega_{ch} \cdot \varepsilon^2 \cdot 10^{1,82(1-\varepsilon)} \quad \text{agar } \varepsilon > 0,7. \quad (7.10)$$

$$\omega = \omega_{ch} \cdot \frac{0,123 \cdot \varepsilon^3}{1 - \varepsilon} \quad \text{agar } \varepsilon \leq 0,7. \quad (7.11)$$

### Mustaqil bajarish uchun vasifalar.

1. Masala. Stoks tenglamasidan foydalanish uchun 20<sup>0</sup>C suvda cho`kayotgan va zichligi  $\rho = 2650 \text{ kg/m}^3$  ga teng bo'lgan kvarts zarrachalarining eng katta diametrini aniqlang.

Javob: 60 mkm.

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

Javob: d=4,55mm.

**Amaliy mashg'ulotni chuqurroq o'rganishda aqliy hujum, klaster va elpig'ich usullaridan foydalaniladi.**

**Nazorat uchun savollar.**

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

**Adabiyotlar:**

1. Pharmaceutical process engineering. Anthony J.Hickey, David Garderton. – Second edition. P. (Drugs and pharmaceutical sciences)195
2. N.R. Yusupbekov, H.S. Nurmuhammedov, S.G. Zokirov “Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalar” 2003 yil.
3. Z. Salimov, I.S. To'ychiyev “Ximiyaviy texnologiya protsesslari va apparatlari” 1987 yil.
4. N.R. Yusupbekov, H.S. Nurmuhammedov, P.R. Ismatullayev, S.G. Zokirov, U.V. Mannonov “Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarining asosiy jarayon va qurilmalarining hisoblash va loyihalash” 2000 yil.

## 11-AMALIY MASHG`ULOT.

### **Mavzu: Turli jinsli sistemalarni filtrlash. Filtrlash tezligini aniqlash.**

**Maqsad:** Filtrlash yo`li bilan turli jinsli sistemalarni ajratish mexanizmini ko`rib chiqish.

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

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

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

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

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

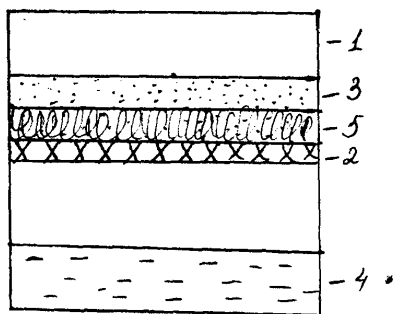
1. Cho`kmani yuvish.
2. Cho`kmani oddiy havo yordamida dudlash.
3. Cho`kmani issiq; havo yordamida quritish.

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

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

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

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



1. Filtr
2. Filtr to`siqlar
3. Suspenziya
4. Filtat
5. Cho`kma

1-rasm. Filtrlash jarayonining sxemasi

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

$$W = \frac{dV_f}{F \cdot d\tau_f} \quad (8.1)$$

$V_f$ - filtratning hajmi

$F_f$ - filtrning yuzasi

$\tau_f$ - filtrlash vaqti.

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

### Filtrlash tenglamasi.

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

$$W = \frac{dV_f}{F \cdot d\tau_f} = \frac{\Delta P}{\mu(R_{ch} + R_{f.t.})} \quad (8.2)$$

$\Delta P$  – bosimlar farqi;

$R_{ch}$  – cho`kma qatlamining qarshiligi;

$R_{f.t.}$  – filtr to`siqlarining qarshiligi.

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

maksimumgacha o'zgaradi. Shuning uchun tezlik cho'kmaning gidravlik qarshiligi va filtrat hajmiga bog'liq bo'ladi.

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

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

Cho'kmaning hajmi cho'kma qatlami balandligining ( $h_{ch}$ ) filtrat yuzasiga ( $F$ ) ko'paytmasiga teng. Natijada:

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

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

Cho'kma qatlamining qarshiligi quyidagicha aniqlanadi:

$$R_{ch} = r_0 h_{ch} = r_0 X_0 \frac{V_f}{F} \quad (8.3)$$

$r_0$  – cho'kmaning hajmi jihatidan olingan solishtirma qarshiligi,  $1/m^2$ .

$R_{ch}$  ning qiymatini (8.2) tenglamaga qo'yib:

$$W = \frac{\Delta P}{\mu \left( r_0 X_0 \frac{V_f}{F} + R_{f.t.} \right)} \quad (8.4)$$

Bu formula *filtrlash jarayonining asosiy tenglamasi* deyiladi.

Agar filtr to'siqlarining gidravlik qarshiligi hisobga olinmasa,  $R_{f.t.}=0$  va (8.4)

tenglamaga  $X_0 = \frac{h_{ch} \cdot F}{V_f}$  ning qiymatini qo'ysak, u holda quyidagi ifoda kelib

chiqadi:

$$r_0 = \frac{\Delta P}{\mu h_{ch} W} \quad (8.5)$$

Agar  $\mu = 1 \text{ N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$  va  $h_{ch} = 1 \text{ m}$ ;  $V = 1 \text{ m}/\text{s}$  bo'lsa, qovushqoqligi  $1 \text{ N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$  suspenziya  $1 \text{ m}$  qalinlikdagi cho'kma qatlamida filtrlanganda cho'kmaning hajmi jihatidan olingan solishtirma qarshiligining miqdori bosimlar farqiga teng bo'ladi.

### **Filtrlash rejimlari.**

Amalda filtrlash jarayoni uch xil rejimda olib boriladi.

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

2.  $W = \text{const}$ . Tezlik 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 orqali yuboriladi. Agar (8.5) tenglamadagi bosimlar farqi  $\Delta P = \text{const}$  bo'lsa, unda

$$V = F \sqrt{\frac{2 \Delta P \tau}{\mu r_0 X_0}} \quad (8.6)$$

bu yerda:

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

$\Delta P_0$  - cho'kmaning ikki tomonidan olingan bosimlar farqi, N/m<sup>2</sup>;

$\Delta P_f$  - filtr to'siqning ikki tomonidan olingan bosimlar farqi, N/m<sup>2</sup>.

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

$$K = \frac{2 \Delta P}{\mu \cdot r_0 \cdot X_0} \quad (8.7)$$

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

$$\tilde{N} = \frac{R_{f.t.}}{r_0 \cdot X_0} \quad (8.8)$$

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

$$V^2 + 2V \cdot C = K \cdot \tau \quad (8.9)$$

### Filtrlash apparatlari.

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

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

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

### Mustaqil bajarish uchun vazifalar.

**1. Masala.** 10 dm<sup>3</sup> suyuqlikni 1m<sup>2</sup> filtrdan o'tish vaqtini aniqlang, agar dastlabki sinovlardan aniqlanadiki, 1m<sup>2</sup> filtrdan jaranning boshlanishidan yig'ilgan filtratning miqdori: 2,25 min 1dm<sup>3</sup> va 14,5 min 3dm<sup>3</sup> ga teng.

Javob: 140 min.yoki 2soat 20min.



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

**Amaliy mashg'ulotni chuqurroq o'rganishda aqliy hujum, klaster va elpig'ich usullaridan foydalaniladi.**

### **Nazorat uchun savollar.**

1. Filtrlash jarayoni haqida tushuncha.
2. Filtrlash usulini qo'llash sohalari.
3. Filtrlash jarayonida hosil bo'luvchi cho'kmalarning xususiyati.
4. Filtrlash jarayonining sxemasi.
5. Filtrlash tezligi.
6. Filtrlash jarayonining asosiy tenglamasi.
7. Filtrlash rejimlari.
8. Filtrlash apparatlari.
9. Filtrat miqdorini hisoblash.
10. Filtrlash siklining umumiy vaqti.

### **Adabiyotlar**

1. Pharmaceutical process engineering. Anthony J.Hickey, David Garderton. – Second edition. P. (Drugs and pharmaceutical sciences)195
2. N.R. Yusupbekov, H.S. Nurmammedov, S.G. Zokirov “Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalar” 2003 yil.
3. Z. Salimov, I.S. To'ychiyev “Ximiyaviy texnologiya protsesslari va apparatlari” 1987 yil.
4. N.R. Yusupbekov, H.S. Nurmammedov, P.R. Ismatullayev, S.G. Zokirov, U.V. Mannonov “Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarining asosiy jarayon va qurilmalarining hisoblash va loyihalash” 2000 yil.

## 12-AMALIY MASHG'ULOT

### **Mavzu: Issiqlik almashinish jarayonlari. Issiqlik o'tkazuvchanlik usulida issiqlikni o'tishini hisoblash.**

**Maqsad:** Issiqlik o'tkazuvchanlik usulida Fur'e tenglamasi asosida issiqlikni o'tishini hisoblash.

#### **Nazariy qism:**

Harorati yuqori bo'lgan jismdan harorati past jismga issiqlikning o'z - o'zidan, qaytmas o'tish jarayoniga issiqlik almashinish deyiladi.

Jarayonni harakatga keltiruvchi kuchi, bu har xil haroratli bo'lgan jismlarning haroratlar farqidir. Termodinamikaning 2-qonuniga binoan, issiqlik har doim harorati yuqori jismdan harorati past jismga o'tadi.

Issiqlik (issiqlik miqdori) – bu issiqlik almashinish jarayonining energetik xarakteristikasi bo'lib, jarayon mobaynida uzatilgan yoki olingan energiya miqdori bilan belgilanadi.

Issiqlik almashinish jarayonida ishtirok etuvchi jismlar issiqlik tashuvchi eltkich yoki issiqlik eltkich deb nomlanadi.

Issiqlik o'tkazish – issiqlik energiyasining tarqalish jarayonlari to'g'risidagi fan.

Issiqlik almashinish jarayonlariga isitish, sovitish, kondensatsiyalash, bug'lanish va bug'latishlar kiradi. Ushbu jarayonlarni amalga oshirish uchun mo'ljallangan qurilmalar issiqlik almashinish qurilmalari deb ataladi.

Ma'lumki, issiqlik almashinish jarayonlarida kamida 2 ta turli haroratli muhitlar ishtirok etadi. O'z issiqlik energiyasini uzatuvchi, yuqori haroratli muhit - issiqlik eltkich deb atalsa, issiqlik energiyasini qabul qiluvchi past haroratli muhit esa-sovuqlik eltkich deb ataladi.

Issiqlik va sovuqlik eltkichlar kimyoviy bardoshli bo'lishi, qurilmalarini yemirmasligi va uning devorlarida qattiq, g'ovak, quyqa hosil qilmasligi kerak. Shuning uchun, issiqlik yoki sovuqlik eltkichlarni tanlashda jarayon harorati, narxi va ularni qo'llanish sohalari kabi ko'rsatgichlarga katta ahamiyat berish kerak.

Harorati turli bo'lgan muhitlar orasida issiqlik o'tkazish turg'un va noturg'un sharoitlarda amalga oshishi mumkin.

Turg'un jarayonlarda qurilmaning harorat maydoni vaqt o'tishi bilan o'zgarmaydi. Noturg'un jarayonlarda esa, vaqt o'tishi bilan harorat o'zgaradi. Uzluksiz ishlaydigan qurilmalarda jarayonlar turg'un boradi, uzlukli (davriy) ishlaydigan qurilmalarda esa – jarayonlar noturg'un bo'ladi. Undan tashqari, davriy ishlaydigan qurilmalarni yurgizish va to'xtatish, hamda ish rejimlari o'zgargan hollarda noturg'un jarayonlar sodir bo'ladi.

Issiqlik o'tkazish jarayonining asosiy kinetik xarakteristikalari bo'lib, o'rtacha haroratlar farqi, issiqlik o'tkazish koeffitsiyenti va uzatilayotgan issiqlik miqdorlari hisoblanadi.

Issiqlik almashinish qurilmalarini hisoblashda quyidagi parametrlar topiladi:

1. Issiqlik oqimi (qurilmaning issiqlik yuklamasi), ya'ni issiqlik miqdori  $Q$  hisoblanadi. Issiqlik oqimini aniqlash uchun issiqlik balansi tuziladi va u  $Q$  ga nisbatan yechib topiladi;

2. Berilgan vaqt ichida zarur issiqlik miqdorini uzatishni ta'minlovchi qurilma-ning issiqlik almashinish yuzasi aniqlanadi.

Buning uchun issiqlik o'tkazishning asosiy tenglamasidan foydalaniladi.

Issiqlik asosan 3 usulda uzatilishi mumkin. Issiqlik o'tkazuvchanlik, konveksiya va issiqlik nurlanishi.

### Harorat maydoni va gradiyenti

Muhitlarda issiqlik oqimi va haroratning taqsimlanishi o'rtasidagi bog'liqlikni aniqlash issiqlik almashinish nazariyasining asosiy vazifalaridan biridir.

Tekshirilayotgan muhitning hamma nuqtalari uchun istalgan biror vaqtdagi harorat qiymatlari majmuiga *harorat maydoni* deyiladi.

Eng umumiy holatda ma'lum bir nuqtadagi harorat  $t$  shu nuqtaning koordinatalari  $(x, y, z)$  bog'liq bo'ladi va vaqt o'tishi bilan o'zgaradi. Demak, harorat maydonini ushbu funksiya bilan ifodalash mumkin:

$$\tau = f(x, y, z, \tau) \quad (4.5)$$

Ushbu bog'liqlik turg'un harorat maydonini ifodalovchi tenglamadir.

Xususiy holatda (4.5) tenglama faqat fazoviy koordinatalar funksiyasi bo'ladi, ya'ni:

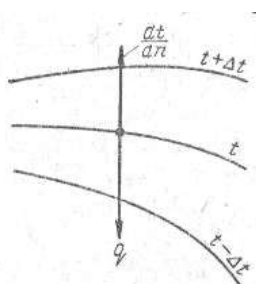
$$t = f(x, y, z) \quad (4.6)$$

va unga tegishli turg'un harorat maydonini ifodalaydi.

Agar, jismda biror tekislik o'tkazilsa va ushbu tekislikdagi bir xil haroratli nuqtalarni birlashtirsak, o'zgarmas haroratli chiziq (izoterma) ga ega bo'lamiz. Harorati bir xil nuqtalardan tashkil topgan jismning yuzasi izotermik yuza deb nomlanadi.

Ikkita bir-biriga yaqin joylashgan izotermik yuzalarning haroratlar farqi  $t$  bo'lsa, ular orasidagi eng qisqa masofa  $n$  bo'ladi (4.1-rasm). Agar, ikkala izotermik

yuzalar bir-biriga yaqinlashib borsa  $\frac{\Delta t}{\Delta n}$  nisbat ushbu chegaraga intiladi:



$$\lim_{\Delta n \rightarrow 0} \left( \frac{\Delta t}{\Delta n} \right) = \frac{\partial t}{\partial n} = \text{grad } t \quad (4.7)$$

4.1-rasm. Harorat gradiyentini aniqlashga oid.

Izotermik yuzaga normal bo'yicha yo'nalgan harorat hosilasi harorat gradiyenti deb nomlanadi.

Harorat gradiyenti vektor kattalikdir.

Harorat gradiyenti nolga teng bo'lmagan ( $gradt \neq 0$ ) sharoitdagina issiqlik oqimi hosil bo'lishi mumkin. Ma'lumki, issiqlik oqimi har doim harorat gradiyenti chizig'i bo'ylab harakat qiladi. Lekin, uning harakat yo'nalishi harorat gradiyentiga qarama-qarshi bo'ladi.

### Issiqlik o'tkazuvchanlik

**Fure qonuni.** Qattiq jismlarda issiqlik tarqalish jarayonini tajribaviy o'rganish natijasida Fure (1768-1830) issiqlik o'tkazuvchanlikning asosiy qonuni kashf etdi. Ushbu qonunga binoan, issiqlik o'tkazuvchanlik orqali uzatilgan issiqlik miqdori  $dQ$  harorat gradiyenti  $t/n$ , vaqt  $d$  ga va issiqlik oqimi yo'nalishiga perpendikulyar bo'lgan maydon yuzasi  $dF$  ga proporsional bo'ladi, ya'ni:

$$dQ = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n} dF \cdot d\tau \quad (4.8)$$

(4.8) formuladagi proporsionallik koeffitsiyenti issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti deb ataladi. Bu koeffitsiyent jismning issiqlik o'tkazish qobiliyatini xarakterlaydi va quyidagi o'lchov birligiga ega:

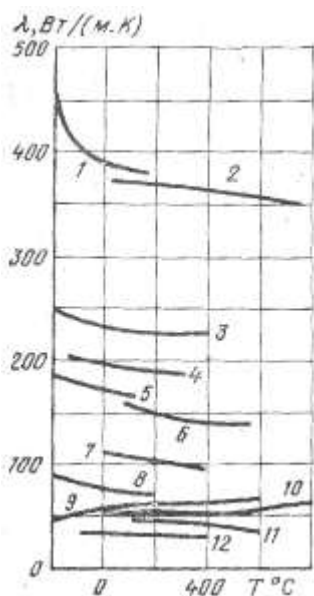
$$[\lambda] = \left[ \frac{dQ \partial n}{\partial t dF \cdot d\tau} \right] = \left[ \frac{K \cdot M}{K \cdot M^2 \cdot C} \right] = \left[ \frac{Bm}{M \cdot K} \right]$$

Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti issiqlik almashinish yuza birligidan ( $1 \text{ m}^2$ ) vaqt birligi davomida izotermik yuzaga normal bo'lgan  $1 \text{ m}$  uzunlikka to'g'ri kelgan haroratlarning  $1 \text{ K}$  ga pasayishi vaqtida uzatilgan issiqlik miqdorini ifodalaydi.

Jismlarning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti uning tarkibi, fizik-kimyoviy xossalari, harorat, bosim va boshqa kattaliklarga bog'liq. Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti turli materiallar uchun quyidagi oralikda bo'ladi:

- gazlar uchun  $0,005-0,5 \text{ Vt}/(\text{m}^2\text{K})$ ;
- suyuqliklar uchun  $0,08-0,7 \text{ Vt}/(\text{m}^2\text{K})$ ;
- issiqlik qoplama va qurilish materiallari uchun  $0,22-3,0 \text{ Vt}/(\text{m}^2\text{K})$ ;
- metallar uchun  $2,3-458,0 \text{ Vt}/(\text{m}^2\text{K})$ .

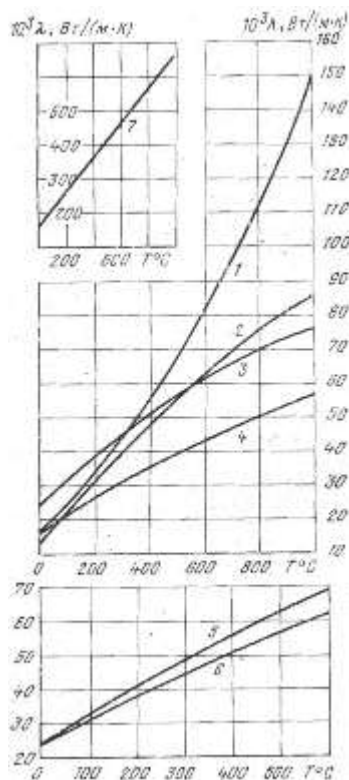
Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarida qo'llaniladigan ayrim metallar issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti quyidagi qiymatlarga ega: legirlangan po'lat – 14-23; qo'rg'oshin – 35; uglerodli po'lat – 45; nikel – 58; cho'yan – 63; alyuminiy - 204; mis – 384; kumush - 458  $\text{Vt}/(\text{m}^2\text{K})$ . Sanoatda eng ko'p qo'llaniladigan metallar va suyuqliklar issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyentlari 4.2 va 4.3 –rasmlarda keltirilgan.



**4.2- rasm. Ayrim metallarning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyentlari.**

**lari.**

1-toza mis; 2-mis 99,9%; 3- alyuminiy 99,7%; 4-alyumiiy 99,0%; 5-toza marganets; 6-marganets 99,6% ; 7- rux 99,8%; 8-toza platina; 9-nikel 99%; 10-nikel 99,2%; 11-temir 99,2%; 12-texnik toza qo'rg'oshin.



**4.3- rasm. Turli gazlarning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyentlari.**

1- suv bug'i; 2- uglekislota; 3- havo; 4- argon; 5- kislorod; 6- azot; 7- vodorod.

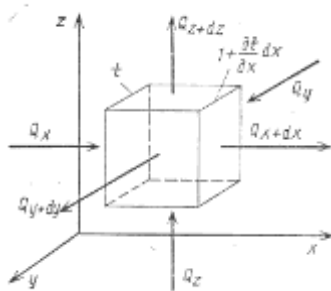
### Issiqlik o'tkazuvchanlikning differensial tenglamasi

Issiqlik o'tkazuvchanlik yo'li bilan issiqlikning tarqalishi matematik usulda differensial tenglama bilan ifodalanishi mumkin. Ushbu tenglama energiyaning saqlanish qonuni asosida keltirib chiqariladi va issiqlik tarqatayotgan jism yoki muhitning fizik xossalari (zichlik  $\rho$ , issiqlik sig'im  $s$ , issiqlik o'tkazuvchanlik  $\lambda$ ) hamma yo'nalishlarda va vaqt o'tishi bilan o'zgarmaydi deb qabul qilinadi. Issiqlik o'tkazuvchanlikning differensial tenglamasini keltirib chiqarish uchun qattiq jismdan qirralari  $dx$ ,  $dy$  va  $dz$  bo'lgan elementar parallelepiped ajratib olinadi (4.4-rasm).

Agar, parallelepipedning chap orqa va ostki tomonlaridan vaqt mobaynida  $Q_x$ ,  $Q_y$  va  $Q_z$  miqdorda issiqlik kirsas, qarama-qarshi - o'ng, old va ustki - tomonlaridan esa o'z navbatida  $Q_{x+dx}$ ,  $Q_{y+dy}$  va  $Q_{z+dz}$  miqdorda issiqlik chiqadi.

Biror vaqt ichida parallelepipedga kirgan va undan chiqqan issiqliklarning farqi ushbu ifodadan topiladi:

$$dQ = (Q_x - Q_{x+dx}) + (Q_y - Q_{y+dy}) + (Q_z - Q_{z+dz}) \quad (4.9)$$



**4.4-rasm. Furening issiqlik o'tkazuvchanlik tenglamasini keltirib chiqarishga oid.**

Fure qonuniga binoan (4.9) tenglamani quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$Q_x = -\lambda \frac{\partial t}{\partial x} dydzd\tau$$

$$Q_{x+dx} = -\lambda \frac{\partial \left( t + \frac{\partial t}{\partial x} dx \right)}{\partial x} dydzd\tau = -\lambda \frac{\partial t}{\partial x} dydzd\tau - \lambda \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} dx dydzd\tau$$

Demak,

$$Q_x - Q_{x+dx} = \lambda \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} dx dydzd\tau \quad (4.10)$$

Yuqoridagi usuldan foydalanib, qolgan qirralar orqali o'tgan issiqlik miqdorlari aniqlanadi:

$$Q_y - Q_{y+dy} = \lambda \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} dx dydzd\tau \quad (4.11)$$

$$Q_z - Q_{z+dz} = \lambda \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} dx dydzd\tau \quad (4.12)$$

(4.11) va (4.13) tenglamalarning chap va o'ng tomonlarini qo'shib, quyidagi ko'rinishga ega bo'lamiz:

$$dQ = \lambda \left( \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right) dx dydzd\tau \quad (4.13)$$

Energiya saqlanish qonuniga binoan,  $dQ$  issiqlik miqdorining farqi  $dQ$  vaqt ichida parallelepiped entalpiyasining o'zgarishiga sarflanayotgan issiqlik miqdoriga teng bo'ladi, ya'ni:

$$dQ = c\rho dx dydz \frac{\partial t}{\partial \tau} d\tau \quad (4.14)$$

bu yerda  $s$  – materialning solishtirma issiqlik sig'imi.

(4.13) va (4.14) ifodalarni solishtirish natijasida Furening issiqlik o'tkazuvchanlikning differensial tenglamasini olamiz:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = \frac{\lambda}{c\rho} \left( \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right) \quad (4.15)$$

(4.15) tenglamadagi  $\lambda/(c\rho)$  proporsionallik ko'paytmasi harorat o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti deb nomlanadi va u quyidagi o'lchov birligiga ega:

$$[a] = \left[ \frac{\lambda}{c\rho} \right] = \left[ \frac{\frac{Bm}{M \cdot K}}{\frac{\lambda K}{\kappa z \cdot K} \cdot \frac{\kappa z}{M^3}} \right] = \left[ \frac{\frac{\lambda K}{c \cdot M \cdot K}}{\frac{\lambda K}{\kappa z \cdot K} \cdot \frac{\kappa z}{M^3}} \right] = \left[ \frac{M^2}{c} \right]$$

Ushbu koeffitsiyent jismning issiqlik o'tkazish qobiliyatini xarakterlaydi.

Odatda, Furening issiqlik o'tkazuvchanlik differensial tenglamasini ushbu ko'rinishda yoziladi:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = \left( \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right) \quad \text{yoki} \quad \frac{\partial t}{\partial \tau} = a \cdot \nabla^2 \cdot t$$

Issiqlik almashinish qurilmalarining isitish yuzalari tekis, tsilindrik yoki sferik shaklda bo'lishi mumkin.

Shuning uchun, yuqorida qayd etilgan geometrik shaklli devorlarda issiqlikning tarqalishi muhim amaliy ahamiyatga ega.

**Amaliy mashg'ulotni chuqurroq o'rganishda aqliy hujum, klaster va elpig'ich usullaridan foydalaniladi**

### Savollar

1. Issiqlik almashinish qurilmalarining isitish yuzalari qanday shakllarda bo'lishi?
2. Issiqlik almashinish jarayonida ishtirok etuvchi jismlar qanday nomlanadi?
3. Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti nima?

### Adabiyotlar:

1. Pharmaceutical process engineering. Anthony J.Hickey, David Garderton. – Second edition. P. (Drugs and pharmaceutical sciences)195
2. N.R. Yusupbekov, H.S. Nurmammedov, S.G. Zokirov “Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalar” 2003 yil.
3. Z. Salimov, I.S. To'ychiyev “Ximiyaviy texnologiya protsesslari va apparatlari” 1987 yil.
4. N.R. Yusupbekov, H.S. Nurmammedov, P.R. Ismatullayev, S.G. Zokirov, U.V. Mannonov “Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarining asosiy jarayon va qurilmalarining hisoblash va loyihalash” 2000 yil.

### 13-AMALIY MASHG'ULOT

#### Mavzu: Tekis va silindrsimon devor orqali issiqlikni o'tishini hisoblash. Issiqlik jarayonlarining harakatlantiruvchi kuchlar.

**Maqsad:** Issiqlik almashinish jarayonlarida issiqlikning bir muhitdan ikkinchisiga o'tish nazariyasini o'rganish.

**Nazariy qism.** Issiqlik almashinish jarayonlarida issiqlik bir muhitdan ikkinchisiga o'tadi. Ko'pincha issiqlik tashuvchi agentlar bir-biridan devor orqali issiqlikning berilishi *issiqlikning o'tishi* deyiladi. Bunda berilgan issiqlikning miqdori  $Q$  issiqlik o'tkazishning asosiy tenglamasi orqali topiladi:

$$Q = K \cdot \Delta t \cdot F \cdot \tau \quad (11.1)$$

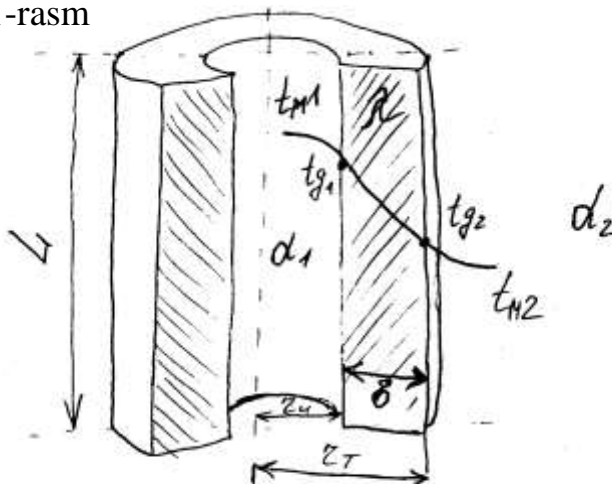
bu yerda  $K$  – issiqlik o'tkazish koeffitsienti,  $\Delta t$  – issiq va sovuq muhit haroratlarining o'rtacha farqi,  $F$  – muhitlarni ajratuvchi devor yuzasi,  $\tau$  – jarayonning davomiyligi

Uzluksiz ishlaydigan tur'gun jarayonlar uchun bu tenglamada  $\tau$  hisobga olinmaydi. U holda:

$$Q = K \cdot \Delta t \cdot F \quad (11.2)$$

Bu tenglamadagi  $K$  – birinchi muhit markazidan ajratuvchi devorga issiqlikning berilishi, ya'ni devor orqali issiqlik o'tkazuvchanlik va devor yuzasidan ikkinchi muhit markaziga issiqlik berish yo'llari orqali o'tish tezligini belgilovchi koeffitsient.  $K$  ning qiymatini topish uchun issiq muhitdan sovuq muhitga tekis devor orqali issiqlikning o'tish jarayonini ko'rib chiqamiz. (11.1-rasm).

11.1-rasm



Turg'un jarayon uchun birinchi muhit markazidan devorga berilgan, devordan o'tgan va devordan ikkinchi muhit markaziga berilgan issiqlikning miqdori o'zaro teng, ya'ni:

$$Q = \alpha_1 \cdot (t_{M1} - t_{D1}) \cdot F \quad (11.3)$$

3)



$$Q = \frac{\lambda}{\delta} \cdot (t_{D_1} - t_{D_2}) \cdot F$$

$$Q = \alpha_2 \cdot (t_{D_2} - t_{M_2}) \cdot F$$

Bu ifodalardan quyidagilarni olish mumkin:

$$(t_{M_1} - t_{D_1}) = \frac{Q}{\alpha_1 \cdot F}$$

$$(t_{D_1} - t_{D_2}) = \frac{Q \cdot \delta}{\lambda \cdot F} \quad (11.4)$$

$$(t_{D_2} - t_{M_2}) = \frac{Q}{\alpha_2 \cdot F}$$

Natijada tenglamaning chap va o'ng tomonini qo'shamiz:

$$(t_{M_1} - t_{D_1}) + (t_{D_1} - t_{D_2}) + (t_{D_2} - t_{M_2}) = Q \left( \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \right) \quad (11.5)$$

Yoki

$$Q = \frac{1}{\left( \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \right)} (t_{M_1} - t_{M_2}) \quad (11.6)$$

(11.5) va (11.6) tenglamani o'zaro solishtirish natijasida tekis devor uchun quyidagi ifodani olish mumkin:

$$K = \frac{1}{\left( \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \right)} \quad (11.7)$$

Yoki

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\left( \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \right)} \quad (11.8)$$

Issqlik o'tkazish koeffitsientiga teskari bo'lgan qiymat issqlik o'tishining termik qarshiligi deb yuritiladi.  $1/\alpha_1$  va  $1/\alpha_2$  qiymatlar issqlik berishning termik qarshiliklarini,  $\delta/\lambda$  esa devorning termik qarshiligini ifodalaydi.

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

$$K = \left( \frac{Q}{\Delta t \cdot F \cdot \tau} \right) = \left( \frac{J}{m^2 \cdot s \cdot K} \right) = \left( \frac{Vt}{m^2 \cdot K} \right) = \left( \frac{Vt}{m^2 \cdot ^\circ C} \right)$$

Shunday qilib, issqlik o'tkazish koeffitsienti  $K$  harorati yuqori bo'lgan muhitdan harorati past bo'lgan muhitga vaqt birligi ichida ajratuvchi devorning  $1 \text{ m}^2$  yuzasidan muhitlar haroratlari farqi  $1^\circ \text{C}$  bo'lganda o'tkazilgan issqlikning miqdorini bildiradi.

Ko'p qatlamli devordan issqlik o'tish jarayonida har bir qatlamning termik qarshiliklari hisobga olinadi. Bu holda  $K$  ning qiymati quyidagi tenglama bilan topiladi:

$$K = \frac{l}{\left( \frac{l}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{l}{\alpha_2} \right)} \quad (11.9)$$

Kimyoviy texnologiyada ko'pincha issiqlik truba yuzasi orqali o'tadi. Silindrsimon yuzadan issiqlik o'tishining prinsipial sxemasi 2-rasmida ko'rsatilgan. Truba ichidagi harorati  $t_1$  bo'lgan issiqlik muhiti bo'lib, undan issiqlik trubaning ichki yuzasiga beriladi. Truba tashqarisida harorati  $t_2$  bo'lgan sovuq muhit bor. Truba tashqi yuzasidan sovuq muhitga issiqlikning berilishi  $\alpha$  bilan ifodalanadi. Trubaning balandligi  $L$ , ichki radiusi  $r_i$ , tashqi radiusini esa  $r_t$  bilan belgilaymiz. Silindrsimon yuzadan o'tkazilgan issiqlik miqdori quyidagi tenglama bilan topiladi:

$$Q = K_R \cdot 2\pi \cdot \tau \cdot (t_1 - t_2) \quad (11.10)$$

$K_R$  ning qiymati esa quyidagi tenglama bilan topiladi:

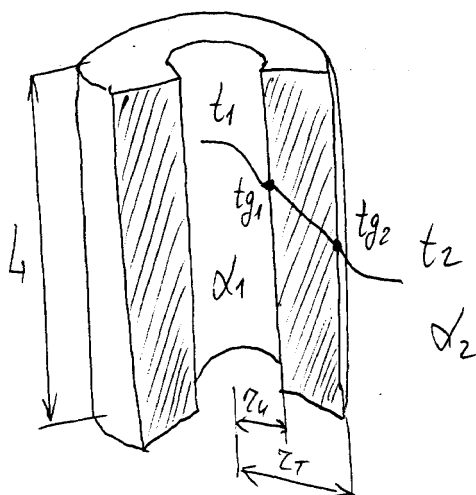
$$K_R = \frac{l}{\left( \frac{l}{\alpha_1 \cdot r_i} + \frac{l}{\lambda} 2,3 \lg \frac{r_t}{r_i} + \frac{l}{\alpha_2 \cdot r_t} \right)} \quad (11.11)$$

$K_R$  – issiqlik o'tkazishning chiziqli koeffitsienti.

Agar  $K$  ning qiymati truba uzunligining birligiga nisbatan olinsa,  $K_R$  ning qiymati truba uzunligining birligiga nisbatan olinadi. Shu sababli  $K_R = (Vt/(m \cdot K))$  yoki  $(Vt/(m \cdot ^\circ C))$  o'lchov birligiga ega.

### Silindrsimon devorning issiqlik o'tkazuvchanlik tenglamasi.

Uzunligi  $L$ , ichki radiusi  $r_i$  va tashqi radiusi  $r_t$  ga teng bo'lgan silindrsimon devorning issiqlik o'tkazuvchanligini ko'rib chiqamiz (11.2-rasm). Ichki va tashqi devordagi haroratlarni o'zgarmas, hamda ular  $t_{D_1}$  va  $t_{D_2}$  ga teng deb olinadi  $t_{D_1} > t_{D_2}$ .



11.2-rasm. Silindrsimon yuzaning issiqlik o'tkazuvchanlik tenglamasini aniqlash

Biror kesim uchun silindrsimon devorning yuzasi  $F=2\pi rL$ .  $F$  ning qiymatini Furrye tenglamasiga qo'yib, bir o'lchamli maydon uchun quyidagi ifodani olamiz:

*Furrye qonuni:* Bu qonunga ko'ra issiqlik o'tkazuvchanlik orqali o'tgan issiqlik miqdori  $dQ$  harorat gradientiga  $dt/dn$ , vaqtga  $\tau$  va issiqlik oqimi yo'nalishiga perpendikulyar bo'lgan maydon kesimiga  $dF$  proporsionaldir, ya'ni:

$$dQ = -\lambda \cdot \frac{dt}{dn} \cdot dF \cdot \tau$$

$$Q = -\lambda \cdot 2\pi \cdot L \cdot \tau \cdot \frac{dt}{d\delta} \quad (11.12)$$

Bu yerda  $\delta=r_t-r_i$ ;  $d\delta$  o`rniga  $dr$  ni qo`yish mumkin:

$$Q = -\lambda \cdot 2\pi r \cdot L \cdot \tau \cdot \frac{dt}{dr} \quad (11.13)$$

Yoki

$$\frac{dr}{r} = -\lambda \cdot \frac{2\pi L \tau}{Q} \cdot dt \quad (11.14)$$

Bu tenglamani  $r_i$  dan  $r_t$  gacha va  $t_{D_1}$  dan  $t_{D_2}$  gacha chegaralar bo`yicha integrallaymiz:

$$\int_{r_i}^{r_t} \frac{dr}{r} = -\lambda \cdot \frac{2\pi L \tau}{Q} \cdot \int_{t_{D_2}}^{t_{D_1}} dt \quad (11.15)$$

bundan,

$$\ln \frac{r_t}{r_i} = -\lambda \cdot \frac{2\pi L \tau}{Q} \cdot (t_{D_1} - t_{D_2}) \quad (11.16)$$

yoki  $r_t/r_i = d_t/d_i$  hisobga olinsa:

$$Q = \frac{2\pi L \tau}{\frac{1}{\lambda} \cdot 2,3 \lg \frac{d_t}{d_i}} \cdot (t_{D_1} - t_{D_2}) \quad (11.17)$$

bu yerda  $d_t/d_i$  - silindrsimon devorning ichki va tashqi diametrlarining nisbati.

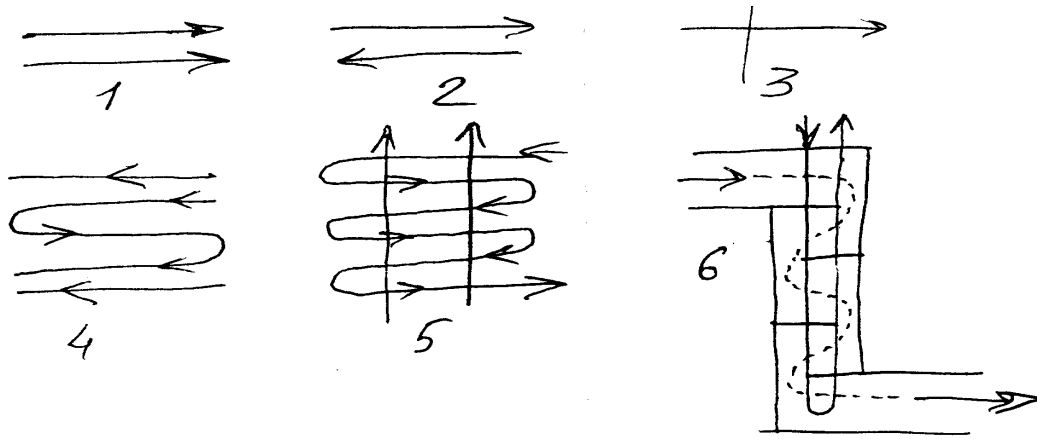
(11.17) tenglamadan ko`rinib turibdiki, silindrsimon devorning qalinligi bo`yicha harorat egri chiziq bo`yicha o`zgaradi, bu tenglama turg`un issiqlik rejimi uchun silindrsimon devorning issiqlik o`tkazuvchanlik tenglamasini ifodalaydi.

Bir necha qatlamdan iborat bo`lgan silindrsimon devordan issiqlik o`tkazuvchanlik yo`li bilan berilgan issiqlik miqdorini quyidagi tenglama orqali hisoblash mumkin.

$$Q = \frac{2\pi L \tau (t_{D_1} - t_{D_2})}{\sum_{i=1}^{i=n} \frac{1}{\lambda_i} \cdot 2,3 \lg \frac{d_{i+1}}{d_i}} \quad (11.18)$$

### **Issiqlik jarayonlarining harakatlantiruvchi kuchi.**

Muhitlar harorati o`rtasida biror farq bo`lganida issiqlik harorati yuqori bo`lgan muhitdan harorati past bo`lgan muhitga o`tadi. Bunday haroratlar farqi issiqlik almashinish yuzasi bo`ylab o`zgaradi, ya'ni ular bir xil qiymatga ega bo`lmaydilar. Shu sababli issiqlik almashinish jarayonlarini hisoblashda o`rtacha haroratlar farqi  $\Delta t$  degan tushuncha ishlatiladi. Muhitlarning o`rtacha haroratlar farqi *issiqlik almashinish jarayonlarining harakatlantiruvchi kuchi* deb yuritiladi.



11.3-rasm. Issiqlik almashinish apparatlarida issiqlik tashuvchi agentlarning yoʻnalishi:  
1 – bir xil; 2 – qarama-qarshi; 3 – har tomonlama; 4 – murakkab; 5,6 – koʻp pogʻonali har tomonlama.

Suyuqliklar haroratlarining issiqlik almashinish yuzasi boʻyicha oʻzgarishi muhitlarning oʻzaro yoʻnalishiga bogʻliq (11.3-rasm). Issiqlik almashinish apparatlarida issiq va sovuq suyuqliklar oʻzaro parallel, qarama qarshi yoki oʻzaro kesishgan boʻlishi mumkin.

Bulardan tashqari amalda issiqlik tashuvchi agentlarning ancha murakkab sxemalari ham uchraydi. Issiqlik tashuvchi agentlarning yoʻnalishi bir yoki qarama qarshi yoʻnalgan boʻlganda, oʻrtacha haroratlar farqi quyidagi tenglama bilan topiladi:

$$\Delta t_{o'rt} = \frac{\Delta t_{kat} - \Delta t_{kich}}{2,3 \lg \frac{\Delta t_{kat}}{\Delta t_{kich}}} \quad (11.19)$$

Bu yerda  $\Delta t_{kat}$  va  $\Delta t_{kich}$  – issiqlik almashinish apparatining chetlaridagi haroratlarning katta va kichik farqlari. Haroratlarning bu farqlari quyidagicha aniqlaniladi:

$$\begin{aligned} \Delta t_{kat} &= t_1' - t_2' & \Delta t_{kich} &= t_1'' - t_2'' \\ \text{yoki, } \Delta t_{kat} &= t_1 - t_2 & \Delta t_{kich} &= t_1 - t_2 \end{aligned} \quad (11.20)$$

Agar  $\Delta t_{kat}/\Delta t_{kich} < 2$  boʻlsa, oʻrtacha haroratlar farqi quyidagi tenglama bilan topiladi:

$$\Delta t_{o'rt} = \frac{\Delta t_{kat} + \Delta t_{kich}}{2} \quad (11.21)$$

Bunday hisoblashda xatolik 4 % dan oshmaydi.

Bu (11.21) tenglamadan koʻrinib turibdiki, agar  $t_{kat} = 0$  va  $t_{kich} = 0$  boʻlsa, unda  $\Delta t_{o'rt} = 0$  boʻladi.

Agar  $\Delta t_{kat} = \Delta t_{kich}$  boʻlsa,  $\Delta t_{o'rt} = \Delta t_{kat} = \Delta t_{kich}$  boʻladi.

Agarda issiqlik tashuvchi agentlardan birining harorati yuza bo'yicha o'zgarmasa (to'yingan bug'ning kondensatsiyalanishi, suyuqlikning qaynashi) bunday sharoitda  $\Delta t_{o'rt}$  ning qiymati (11.19) yoki (11.21) tenglamalar bo'yicha hisoblanadi.

Agar issiqlik tashuvchi agentlarning yo'nalishi o'zaro kesishsa, o'rtacha haroratlar farqi quyidagi tenglama bilan topiladi:

$$\Delta t_{o'rt} = \varepsilon_{\Delta t} \frac{\Delta t_{kat} - \Delta t_{kich}}{2,3 \lg \frac{\Delta t_{kat}}{\Delta t_{kich}}} \quad (11.22)$$

bu yerda  $\varepsilon_{\Delta t}$  – muhitlarning haroratlari nisbatiga bog'liq bo'lgan koeffitsient. Bu koeffitsient qiymatlari tegishli adabiyotlarda keltiriladi.

### **Mustaqil bajarish uchun vazifalar.**

1. Issiqlik o'tkazish koeffitsientining o'lchov birligini keltirib chiqaring.
2. Issiqlik jarayonlarining harakatlantiruvchi kuchini aniqlang.

**Amaliy mashg'ulotni chuqurroq o'rganishda aqliy hujum, klaster va elpig'ich usullaridan foydalaniladi.**

### **Nazorat uchun savollar:**

1. Furrye qonuni.
2. Issiqlik o'tishining termik qarshiligi.
3. Issiqlik jarayonlarining harakatlantiruvchi kuchi.
4. O'rtacha haroratlar farqi.

### **Adabiyotlar:**

1. Pharmaceutical process engineering. Anthony J.Hickey, David Garderton. – Second edition. P. (Drugs and pharmaceutical sciences)195
2. N.R. Yusupbekov, H.S. Nurmammedov, S.G. Zokirov “Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalar” 2003 yil.
3. Z. Salimov, I.S. To'ychiyev “Ximiyaviy texnologiya protsesslari va apparatlari” 1987 yil.
4. N.R. Yusupbekov, H.S. Nurmammedov, P.R. Ismatullayev, S.G. Zokirov, U.V. Mannonov “Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarining asosiy jarayon va qurilmalarining hisoblash va loyihalash” 2000 yil.

## 14-AMALIY MASHG'ULOT

### Mavzu: Konvektsiya usulida o'tgan issiqlik miqdorini hisoblash.

**Maqsad:** Issiqlik almashinish jarayoni haqida tushunchaga ega bo'lish va konvektiv issiqlik o'tkazish jarayonini o'rganish.

**Nazariy qism** Har xil temperaturaga ega bo'lgan jismlarda issiqlik energiyasining biridan ikkinchisiga o'tishi *issiqlik almashinish jarayoni* deyiladi. "Issiq va sovuq" jismlarning temperaturalarini o'rtasidagi farq issiqlik almashinishning harakatlanuvchi kuchi hisoblanadi. Temperaturalar farqi bo'lganda termodinamikaning ikkinchi qonuniga ko'ra issiqlik energiyasi temperaturasi yuqori bo'lgan jismdan temperaturasi past bo'lgan jismga o'z o'zidan o'tadi.

Issiqlik tarqalishining uchta printsiplari bor: Issiqlik o'tkazuvchanlik, konvektsiya va issiqlikning nurlanishi.

Bir-biriga tegib turgan kichik zarrachalarning tartibsiz harakati natijasida yuz beradigan issiqlikning o'tish jarayoni *issiqlik o'tkazuvchanlik* (yoki konduktsiya) deyiladi. Gaz va tomchili suyuqliklarda kristall panjaradagi atomlarning tebranishi ta'sirida yoxud metallarda erkin elektronlarning diffuziyasi oqibatida issiqlik o'tkazuvchanlik jarayoni sodir bo'ladi.

Gaz yoki suyuqliklarda makroskopik hajmlarning harakati va ularni aralashtirish natijasida yuz beradigan issiqlikning tarqalishi *konvektsiya* deyiladi. Konvektsiya ikki xil erkin va majburiy bo'ladi. Gaz yoki suyuqlik ayrim qismlardagi zichliklarning farqi natijasida hosil bo'ladigan issiqlikning almashinishi tabiiy yoki *erkin konvektsiya* deyiladi.

Tashqi kuchlar ta'sirida (nasoslar yordamida suyuqliklarni uzatish, yoki mexanik aralashtirish) *majburiy konvektsiya* paydo bo'ladi. Issiqlik energiyasining elektromagnit to'lqinlar yordamida tarqalishi *issiqlikning nurlanishi* deyiladi.

### Issiqlik o'tkazuvchanlik.

**Temperatura maydoni va gradienti.** Biror jism (yoki suyuqlik) ning ichida temperatura har xil bo'lganida issiqlik energiyasi issiqlik o'tkazuvchanlik orqali tarqaladi. Temperatura maydoni umumiy holda quyidagi funksional bog'liqlik bilan ifodalanadi:

$$t=f(x, y, z, \tau) \quad (12.1)$$

Agar temperatura vaqt davomida o'zgarmasa, temperatura maydoni turg'un bo'ladi. Agar temperatura vaqt o'zgarishi bilan o'zgarsa, bunday temperatura maydoni noturg'un deb hisoblanadi. Koordinatalar soniga ko'ra, temperatura maydoni bir o'lchamli, ikki o'lchamli va uch o'lchamli bo'lishi mumkin.

Bir xil temperaturaga ega bo'lgan nuqtalarning geometrik o'rni izotermik yuza deb yuritiladi. Temperatura bir izotermik yuzadan ikkinchi izotermik yuza yo'nalishiga qarab o'zgaradi. Temperaturalarining eng ko'p o'zgarishi izotermik yuzalarga o'tkazilgan normal chiziqlar bo'yicha yuz beradi. Temperaturalar farqi  $\Delta t$  ning izotermik yuzalar oralig'idagi normal bo'yicha olingan masofa ( $\Delta n$ ) ga nisbati temperatura gradiyenti deb ataladi:

$$\text{grad } t = \lim_{\Delta n \rightarrow 0} \left( \frac{\Delta t}{\Delta n} \right) = \frac{\partial t}{\partial n} \quad (12.2)$$

Temperatura gradiyenti nolga teng bo'lmagan taqdirda issiqlik oqimi yuzaga keladi. Bunda issiqlik oqimining yo'nalishi temperatura gradiyenti chizig'i bo'yicha boradi, ammo temperatura gradiyenti qarama-qarshi yo'nalgan bo'ladi:

$$q \approx \left( -\frac{\partial t}{\partial n} \right)$$

*Furye qonuni* bo'yicha issiqlik o'tkazuvchanlik orqali o'tgan issiqlik miqdori  $dQ$  temperatura gradiyentiga vaqtga  $dt$  va issiqlik oqimi yo'nalishiga perpendikulyar bo'lgan maydon kesimiga ( $df$ ) proporsionaldir, ya'ni:

$$dQ = -\lambda \frac{dt}{dn} dF d\tau \quad (12.3)$$

Agar  $q = \frac{Q}{F \cdot \tau}$ , unda

$$q = -\lambda \frac{dt}{dn} \quad (12.4)$$

bu yerda:  $q$  – issiqlik oqimining zichligi;  $\lambda$  – issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti.

Issiqlik o'tkazuvchanlikning birligi:

$$[\lambda] = \left[ \frac{dQ \cdot dn}{dt \cdot dF \cdot d\tau} \right] = \frac{J \cdot m}{\text{grad} \cdot m^2 \cdot ^\circ C} = \left[ \frac{Vt}{m \cdot ^\circ C} \right]$$

Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti issiqlik almashinish yuzasi birligidan (1m) vaqt birligi davomida ( $\tau$ ) izotermik yuzaga normal bo'lgan 1m uzunlikka to'g'ri kelgan temperaturaning  $1^\circ C$  ga pasayishi bilan berilgan issiqlik miqdorini belgilaydi.

Furyening qo'zg'almas muhit uchun issiqlik o'tkazuvchanlik differentsial tenglamasi:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \left( \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right) \quad (12.5)$$

yoki:

$$\frac{dt}{d\tau} = a \cdot \nabla^2 \cdot t \quad (12.6)$$

bu yerda  $\nabla^2 \cdot t$  – Laplas operatori.

### **Nyuton qonuni.**

Konvektiv issiqlik almashinishining asosiy qonuni bo'lib Nyutonning sovitish qonuni hisoblanadi. Bu qonunga ko'ra, issiqlik almashinish yuzadan atrof muhitda (yoki biror muhitdan qattiq jism yuzasiga) berilgan issiqlik devorining yuzasiga ( $df$ ) yuza va muhit temperaturalarining farqiga ( $t_w - t_f$ ) hamda jarayonning davomligiga ( $d\tau$ ) to'g'ri proporsionaldir:

$$dQ = \alpha (t_w - t_f) \cdot df \cdot d\tau \quad (12.7)$$

$\alpha$  – issiqlik berish koeffitsienti.

$$[\alpha] = \frac{dQ}{df \cdot d\tau(t_w - t_f)} = \left[ \frac{J}{m^2 \cdot ^\circ C \cdot grad} \right] = \frac{Vt}{m^2 \cdot K} = \frac{Vt}{m^2 \cdot s}$$

Uzluksiz issiqlik almashinish uchun issiqlik miqdori quyidagicha aniqlanadi:

$$Q = \alpha \cdot F(t_w - t_f) \quad (12.8)$$

Issiqlik berish koeffitsienti devorning  $1m^2$  yuzasidan suyuqlikka (yoki muhitdan  $1m^2$  yuzali devorga) 1s vaqt davomida, devor va suyuqlik temperaturalarining farqi 1s bo'lganda berilgan issiqlikning miqdorini bildiradi.

Furye-Kirxgoffning konvektiv issiqlik almashinish tenglamasi:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} + \frac{\partial t}{\partial x} w_x + \frac{\partial t}{\partial y} w_y + \frac{\partial t}{\partial z} w_z = a \left( \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right) \quad (12.9)$$

Bu tenglama harakatdagi muhitda issiqlikning bir vaqtning o'zida issiqlik o'tkazuvchanlik va konveksiya yo'llari bilan tarqalishining matematik ifodasidir.

Harakatlanuvchi muhitda joylashgan qattiq yuza ustida qalinligi  $\sigma$  ga teng bo'lgan chegara qatlam hosil bo'ladi. Bu qatlam orqali o'tgan issiqlik miqdori Furye qonuni orqali topiladi:

$$dQ = -\lambda \frac{dt}{dn} df \cdot d\tau \quad (12.10)$$

o'tgan issiqlikning miqdorini Nyuton qonuni yordamida ham aniqlash mumkin:

$$dQ = \alpha(t_w - t_f) \cdot df \cdot d\tau \quad \text{yoki} \quad -\lambda \frac{dt}{dn} = \alpha(t_w - t_f) \quad (12.11)$$

bu tenglama konvektiv issiqlik almashinishini to'la ifoda qiladi.

**Konvektiv issiqlik almashinishning kriterial tenglamasi.** Yuqorida ko'rib o'tilgan tenglamalar ko'pincha hisob-kitoblarda kam qo'llaniladi. Shuning uchun hisoblash ishlarida kriterial tenglamalar keng qo'llaniladi:

$$Nu = f(Re, Gr, Pr, Fo) \quad (12.12)$$

$Nu = \frac{\alpha L}{\lambda}$  – Nuselt kriteriysi asosiy bo'lib, devor va oqim chegarasidagi issiqlikning o'tish tezligini ifodalaydi.

$Re = \frac{\omega L \rho}{\mu} = \frac{\omega L}{\nu}$  – Reynolds kriteriysi oqimdagi inersiya va ishqalanish kuchlarining nisbatini aniqlaydi.

$$Gr = \frac{gL}{\nu^2} \beta \Delta t \quad \text{– Gragof kriteriysi};$$

$\beta$  – hajmiy kengayish koeffitsienti.

Erkin konveksiya paytida issiq va sovuq suyuqlik zichliklarining farqi ta'sirida hosil bo'lgan oqimning gidrodinamik rejimini ifodalaydi.

$Pr = \frac{c\mu}{\lambda} = \frac{\nu}{a}$  – Prandtl kriteriysi suyuqlikning qovushqoqlik va temperatura o'tkazuvchanlik xossalari nisbatini ifodalaydi.



$Fo = \frac{a \cdot \tau}{l}$  – Furrye kriteriyisi noturg'un issiqlik jarayonlarida temperatura

maydonining o'zgartirish tezligi, muhitning o'lchash va fizik kattalikasi o'rtasidagi bog'liqliklarni belgilaydi.

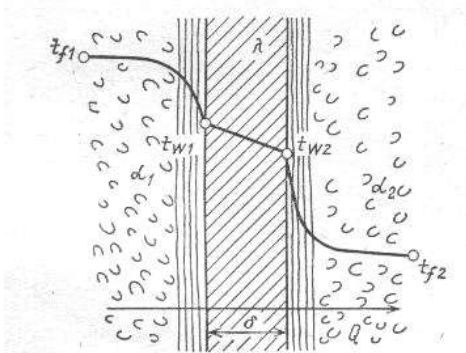
1. Turg'un jarayon uchun kriterial tenglama:  $Nu = f(Re, Gr, Pr,)$
2. Suyuqlik oqimi majburiy harakat qilgan paytda:  $Nu = f(Re, Pr,)$
3. Suyuqlikning erkin harakati paytida:  $Nu = f(Gr, Pr)$

**Tekis devorning issiqlik o'tkazishi.** 4.13-rasmda qalinligi va materialining issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti bo'lgan tekis devor tasvirlangan.

Devorning bir tomonidan harorati  $t_{f1}$  (oqim o'zagida) bo'lgan issiqlik eltkich, ikkinchi tomonidan esa – harorati  $t_{f2}$  bo'lgan sovuqlik eltkich oqib o'tmoqda.

Devor yuzalarining harorati  $t_{w1}$  va  $t_{w2}$ . Issiqlik berish koeffitsiyentlari  $\alpha_1$  va  $\alpha_2$ .

Turg'un jarayonda  $F$  yuza orqali birinchi issiqlik eltkich o'zagidan devorga uzatilayotgan issiqlik miqdori, devordan o'tgan va devordan ikkinchi issiqlik eltkich o'zagiga uzatilayotgan issiqlik miqdoriga teng bo'ladi.



**4.13-rasm. Tekis devor orqali issiqlik o'tkazish jarayonida haroratning o'zgarish xarakteri.**

Ushbu issiqlik miqdorini quyidagi tenglamalardan topish mumkin:

$$Q = \alpha_1 (t_{f1} - t_{w1}) \cdot F$$

$$Q = \frac{\lambda}{\delta} (t_{w1} - t_{w2}) \cdot F$$

$$Q = \alpha_2 (t_{w2} - t_{f2}) \cdot F$$

Yuqorida keltirilgan tenglamalardan quyidagi ifodalarni olish mumkin:

$$t_{f1} - t_{w1} = \frac{1}{\alpha_1} \cdot \frac{Q}{F}$$

$$t_{w1} - t_{w2} = \frac{\delta}{\lambda} \cdot \frac{Q}{F}$$

(4.93)

$$t_{w2} - t_{f2} = \frac{1}{\alpha_2} \cdot \frac{Q}{F}$$

Tenglamalar chap va o'ng tomonlarini qo'shish natijasida, ushbu ko'rinishga erishamiz:

$$t_{f1} - t_{f2} = \frac{Q}{F} \left( \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \right) \quad (4.94)$$

bundan:

$$Q = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \cdot (t_{f1} - t_{f2}) \cdot F \quad (4.95)$$

(4.92) va (4.95) tenglamalarni solishtirib, quyidagi formulaga erishamiz:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (4.96)$$

bu yerda  $K$  – issiqlik o'tkazish koeffitsiyenti,  $Vt/(m^2 \cdot K)$ .

Unda, tekis devorning issiqlik eltkichning o'zgarmas haroratlarida issiqlik o'tkazish tenglamasi ushbu ko'rinishni oladi:

$$Q = KF\tau \cdot (t_{f1} - t_{f2}) \quad (4.97)$$

uzluksiz jarayonlar uchun esa:

$$Q = KF(t_{f1} - t_{f2}) \quad (4.98)$$

(4.97) tenglamaga binoan issiqlik o'tkazish koeffitsiyentining o'lchov birligi:

$$K = \left[ \frac{Q}{F\tau(t_{f1} - t_{f2})} \right] = \left[ \frac{W}{m \cdot c \cdot K} \right] = \left[ \frac{Bm}{m^2 \cdot K} \right]$$

(4.96) tenglamadan

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \quad (4.99)$$

Shunday qilib issiqlik o'tkazish koeffitsiyenti  $K$  harorati yuqori bo'lgan, issiqlik eltkichdan harorati past eltkichga vaqt birligida ajratuvchi devorning  $1m^2$  yuzasidan eltkichlar harorati  $1K$  bo'lganda o'tkazilgan issiqlikning miqdorini bildiradi.

Issiqlik o'tkazish koeffitsiyentiga teskari bo'lgan kattalik **termik qarshilik** deb nomlanadi.  $1/\alpha_1$  va  $1/\alpha_2$  lar issiqlik berishning termik qarshiligi bo'lsa,  $\delta/\lambda$  - devorning termik qarshiligi. (4.99) tenglamadan ko'rinib turibdiki, issiqlik o'tkazishning termik qarshiligi issiqlik berish va devorning termik qarshiliklar yig'indisiga teng.

Devorning termik qarshiligini aniqlashda, unga o'tirib qolgan ifloslarning termik qarshiligini ham hisobga olish zarur (4-5 jadval).

$$r_{u\phi n} = \frac{\delta_{u\phi n}}{\lambda_{u\phi n}}$$

Ko'p qatlamli tekis devordan issiqlik o'tish jarayonida har bir qatlamning termik qarshiligi hisobga olinishi zarur. Bunday devorlar uchun  $K$  ni quyidagi tenglamadan aniqlash lozim:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (4.100)$$

bu yerda  $i$  - qatlamning tartib raqami;  $n$  - qatlamlar soni.

Shuni alohida ta'kidlash kerakki, har doim issiqlik o'tkazish koeffitsiyenti eng minimal issiqlik berish koeffitsiyenti qiymatidan kichik bo'ladi.

### Mustaqil bajarish uchun vazifalar

1. Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsientining birligini keltirib chiqarish;
2. Issiqlik berish koeffitsientining birligini keltirib chiqarish;

**Amaliy mashg'ulotni chuqurroq o'rganishda aqliy hujum, klaster va elpig'ich usullaridan foydalaniladi**

### Nazorat uchun savollar.

1. Issiqlik almashinish jarayoni haqida tushuncha.
2. Issiqlik almashinish jarayonining harakatlantiruvchi kuchlar.
3. Konveksiya haqida tushuncha: tabiiy va majburiy konveksiya.
4. Temperatura gradiyenti va maydoni.
5. Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti, o'lchov birligi.
6. Issiqlik o'tkazuvchanlikning differentsial tenglamasi.
7. Furiye qonuni.
8. Turli moddalarni issiqlik o'tkazuvchanligi.
9. Issiqlik miqdorini hisoblash.
10. Konvektiv issiqlik almashinishida temperaturaning o'zgarishi.
11. Nyuton qonuni.
12. Uzluksiz issiqlik almashinish uchun issiqlik miqdorini aniqlash.
13. Furiye-Kirxgoffning qonuni.
14. Konvektiv issiqlik almashinishning kriterial tenglamasi.
15. Issiqlikning miqdorini Nyuton qonuni yordamida aniqlash.

### Adabiyotlar:

1. Pharmaceutical process engineering. Anthony J.Hickey, David Garderton. – Second edition. P. (Drugs and pharmaceutical sciences)195
2. N.R. Yusupbekov, H.S. Nurmammedov, S.G. Zokirov “Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalar” 2003 yil.
3. Z. Salimov, I.S. To'ychiyev “Ximiyaviy texnologiya protsesslari va apparatlari” 1987 yil.
4. N.R. Yusupbekov, H.S. Nurmammedov, P.R. Ismatullayev, S.G. Zokirov, U.V. Mannonov “Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarining asosiy jarayon va qurilmalarining hisoblash va loyihalash” 2000 yil.

