

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI  
SOG'LIQNI SAQLASH VAZIRLIGI  
OLIY VA O'RTA TIBBIY TA'LIM BO'YICHA  
O'QUV – USLUB IDORASI  
TOSHKENT FARMATSEVTIKA INSTITUTI  
SANOAT FARMATSIYASI FAKULTETI**

**“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

**2-qism**

**TOSHKENT – 2019**

Tuzuvchilar.

Toshkent farmatsevtika instituti tomonidan:

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

Assistent Alimdjanova Lola Iskandarovna

Assistent Muratova Shaxnoza Xakimbayevna

Taqrizchilar.

O'R FA Bioorganik kimyo instituti tomonidan:

Etakchi ilmiy hodimi, t.f.d., prof. Xudoyberdiev M.

Toshkent farmatsevtika instituti tomonidan:

Fizika matematika va axborot

texnologiyalari kafedrası

dotsenti t.f.n. Ilxomov X.Sh.

Toshkent farmatsevtika instituti sanoat farmatsiyasi yonalishlari va mutahassisliklari boyicha 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:

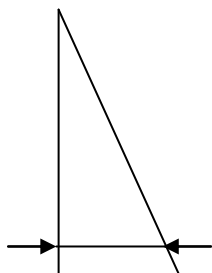
№	Amaliy mashg’ulotlar mavzusi:	soat	bet.
1.	Agregat holatini o’zgarishi bilan issiqlik berish	4	4
2.	Davriy ishlovchi issiqlik almashinish (zmeevikli, g’ilofli, aralashtirgichli) apparatlarining issiqlik xisobi	4	7
3.	Eritmalarning turli xil bosim va temperaturada ayrim teplofizik konstantalarni aniqlash	4	11
4.	Davriy bug’latish jarayoni xisobi. Bug’latilgan modda miqdorini aniqlash.	4	17
5.	Uzluksiz xarakatdagi bug’latish apparatining issiqlik hisobi.	4	23
6.	Modda almashinish jarayonlarida diffuziya koeffitsientini aniqlash.	4	31
7.	Absorbsiya jarayoni, absorberlarni balandligini aniqlash.	4	42
8.	Xaydash va rektifikatsiyada flegmadagi moddalarning kontsentratsiyalarini aniqlash.	4	51
9.	Oddiy haydashda issiqlik sarfi aniqlash.	4	57
10.	Ekstraktsiyalash jarayoni hisobi. Samarali diffuziya vaqtini aniqlash.	4	64
11.	Ramzin diagrammasi bo’yicha nam havoning parametrlarini hisoblash	4	69
12.	Quritish apparatining hisobi	4	74
13.	Quritishning turli xil variantida havo va issiqlikning sarf bo’lishi.	4	79
14.	Kristallizatsiya jarayoni hisobi.	4	82

## 1-AMALIY MASHG'ULOT

### Mavzu: Agregat holatini o'zgarishi bilan boradigan issiqlik berish. Issiqlik berish koeffitsientini hisoblash.

**Maqsad:** Agregat holat o'zgaranda issiqlik berish jarayonining o'tib borishi, ko'rib chiqish, hamda jarayonning harakatlantiruvchi kuchlarini aniqlash.

**Nazariy qism:** Ayrim issiqlik almashinish jarayonlarida isitilayotgan yoki sovutilayotgan materiallar o'zining agregat holatini o'zgartiradi, ya'ni bug'latish, kondensatsiyalash, suyuqlanish yoki kristallanish jarayonlari sodir bo'ladi. Bu jarayonlar alohida xususiyatga ega: materialga issiqlikning kelishi yoki undan olib ketilishi o'zgarimas temperaturada boradi, issiq bir fazada emas, balki ikki fazada tarqaladi. Agregat holatning o'zgarishi bilan boradigan jarayonlarni hisoblash uchun konvektiv issiqlik berish keng ishlatiladi. Kimyoviy apparatlarda bug' orqali issiqlik berishda bug' yupqa qatlam holida kondensatsiyalanadi. Bug'ning kondensatsiyalanishi vaqtida asosiy termik qarshilik kondensatning yupqa qatlamida yuz beradi. Yupqa qatlamning devor tomondagi temperaturasini devorning temperaturasi  $t_d$  ga, bug' tomondagi temperaturasini esa to'yinish temperaturasi  $t_t$  ga teng deb olinadi. Yupqa qatlamning termik qarshiligiga nisbatan bug' fazasining termik qarshiligi juda kichik.



Kondensat yupqa qatlamining rejimi Reynolds soniga bog'liq: bug'ning kondensatsiyalanishida issiqlik berish tezligiga, kondensatning fizik xossalari devorning g'adir-budurligi ta'sir ko'rsatadi. Devor yuzasidan g'adir-budurlikning ko'payishi va vertikal devor balandligining ortishi bilan kondensat qatlami pastga qarab qalinlashib boradi. Bug'ning kondensatsiyalanishida gorizontalar trubalar o'ramning tashqi yuzalarida kondensatsiyalangan bug' pastki trubalarga tushgan sari kondensat qatlamining qalinligi kattalashib boradi. Shu sababli pastki trubalar uchun issiqlik berish koeffitsienti kamayib ketadi. Trubalar o'rami uchun o'rtacha issiqlik berish koeffitsienti quyidagicha topiladi.

$$\alpha_{o,r} = \varepsilon \alpha \quad (13.1)$$

$\varepsilon$  – trubalarning o'ramda joylashuviga va ularning soniga bog'liq bo'lgan koeffitsient.

### Suyuqlikning qaynashi.

Suyuqlikning qaynashi paytida devor yaqinidagi chegara qatlam buziladi, natijada bug' pufakchalari hosil bo'ladi. Bu pufakchalarning shakli va ularning soni berilayotgan issiqlik miqdoriga, isitish yuzasining tozaligiga va g'adir-budur-ligiga, suyuqlikning isitish yuzasini namlash qobiliyatiga bog'liq. Bug' pufakchalari ma'lum o'lchamga ega bo'lganidan so'ng qaynayotgan suyuqlikning yuzasiga chiqadi. Pufakchalar ko'tarilayotgan paytda uning ichidagi suyuqlik bug'lanadi, natijada pufakchalarning hajmi kattalashib boradi. Shunday qilib, suyuqlikning qaynashi paytidagi issiqlikning berilishi ikki qismdan iborat bo'ladi: issiqlikning devor orqali

suyuqlikka berilishi, pufaklarning ichki yuzasidan bug'lanish issiqligi orqali issiqlikning tarqalishi.

Suyuqlikning qaytishi ikki xil rejimda borishi mumkin (pufakli qay-nash, yupqa qatlam bilan qaynash). Pufakli qaynashda issiqlik berish tezligi ancha yuqori bo'ladi. Temperaturalar farqi  $\Delta t = t_g - t_k$ ; ortib borgan sari markazlari shunday ko'payib ketadiki, oqibatda pufakchalarning o'zaro qo'shilib ketishi natijasida isitish yuzasining usti qizdirilgan bug'ning yupqa qatlami bilan qoplanadi. Bu qatlam issiqlikni yomon o'tkazganligi sababli  $d$  ning qiymati kamayib ketadi. Bunday holat *yupqa qatlam bilan qaynash* deb yuritiladi.

Issiqlik berish koeffitsienti quyidagi umumiy tenglama yordamida aniqlanadi:

$$Nu = f(Ga, Pr, K) \quad \text{bu yerda:}$$

$$K = \frac{r}{c \cdot \Delta t} \quad \text{– kondensatsiyalanish kriteriysi.}$$

$$Ga = \frac{gl^3 \rho^2}{\mu^2} \quad \text{– Galiley kriteriysi, oqimdagi og'irlik kuchi va ishqalanish}$$

kuchlarining nisbatini bildiradi.

Kondensatsiyalanish kriteriysi esa agregat holatning o'zgarishini ifodalaydi.

Tekis yoki silindrsimon yuzada kondensat yupqa qatlamining laminar harakati uchun quyidagi tenglama berilgan:

$$\alpha = 1,154 \sqrt[4]{\frac{\lambda^3 \cdot \rho^2 \cdot r \cdot g}{\mu \cdot \Delta t \cdot H}} \quad (13.2)$$

$\Delta t$  – temperaturalar farqi.

$H$  – vertikal yuzaning balandligi.

Bitta gorizontaal trubaning tashqi yuzasida bug'ning kondensatsiyalanishi uchun quyidagi tenglamadan foydalanish mumkin:

$$\alpha = 0,724 \sqrt[4]{\frac{\lambda^3 \cdot \rho^2 \cdot r \cdot g}{\mu \cdot \Delta t \cdot d}} \quad (13.3)$$

Odatda devorni o'ta isitishdan saqlash va qaynash jarayonini pufakli rejimda olib borish uchun apparatlarni kritik qiymatdan kam issiqlik sarfi  $q$  bilan ishlatish maqsadga muvofiqdir.

Katta hajmda erkin konveksiya bilan pufakli qaynash rejimi uchun isitish yuzasini namlovchi suyuqliklarda  $d$  ning qiymati quyidagi tenglamalardan topiladi:

$$\alpha = A \cdot q^{0,7}$$

$$\alpha = A^{3,33} \cdot \Delta t^{2,33}$$

$$\text{Suv uchun: } \alpha = 0,56 q^{0,7} \cdot p^{0,15}$$

$$\text{yoki } D = 0,145 \Delta t^{2,33} p^{0,5}$$

$P$ -bosim.

## **Mustaqil bajarish uchun vazifalar:**

Konvektiv issiqlik almashinishining kriterial tenglamasini keltirib chiqaring

**Amaliy mashg`ulotni chuqurlashtirish maqsadida aqliy hujum, klaster, elpig'ish usullari va 3x3 texnologiyalaridan foydalaniladi.**

### **Nazorat uchun savollar**

1. Erkin konveksiya haqida tushuncha.
2. Kondensatning qatlamida temperaturaning taqsimlanishi.
3. Bug'ning kondensatsiyalanishida issiqlik berish koeffitsientini aniqlovchi formula.
4. Bug' kondensatining issiqlik berish tezligiga ta'sir qiluvchi omillar.
5. Galiley kriteriysi, ta'rifi, formulasi.
6. Kondensatsiyalanish kriteriysi, formulasi
7. Kondensat qatlamining laminar harakati uchun belgilangan ifoda.
8. Kondensatning yupqa qatlamini o'rtacha temperaturasi.
9. Suyuqlikning qaynash rejimlari.
10. Pufakli qaynashda issiqlik berish tezligi.
11. Konvektiv issiqlik almashinishining kriterial tenglamasi.
12. Bug' qatlamining qalinligiga ta'sir qiluvchi omillar.
13. Agregat holatning o'zgarish issiqlik berish jarayonining kamchiligi.
14. Yupqa qatlam bilan qaynash.
15. Solishtirma issiqlik sarfi 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.

## 2-AMALIY MASHG`ULOT

### Mavzu: Davriy ishlovchi issiqlik almashinish apparatlarining issiqlik hisobi.

**Maqsad:** Davriy ishlovchi issiqlik almashinish apparatlarining turlari bilan tanishib chiqishi hamda issiqlik tashuvchi agentlarning sarfi, ularning dastlabki va oxirgi temperaturalarini bilgan holda zarur bo'lgan issiqlik almashinish yuzasi  $F$  ni aniqlashdir.

**Nazariy qism.** Issiqlik almashinish apparatlarini loyihalashda ular uchun avval turli hisoblash ishlari bajariladi. Hisoblash uch qismdan iborat:

- a) Issiqlik hisobi;
- b) Konstruktiv hisoblash;
- c) Gidravlik hisoblash;

Bunday issiqlik hisobi natijasida quyidagilar aniqlanadi: 1) o'rtacha temperaturalar farqi va ish muhitining o'rtacha temperaturalari; 2) issiqlik miqdori va ish jismlarining sarfi; 3) issiqlik o'tkazish koeffitsienti; 4) isitish yuzasi.

Issiqlik almashinish apparatining issiqlik hisobini ko'rib chiqamiz. Berilgan boshlang'ich ma'lumotlar:

- 1) isitilayotgan eritmaning miqdori  $G$ , kg/s;
- 2) eritmaning konsentratsiyasi  $C$ , %;
- 3) eritmaning boshlang'ich va oxirgi temperaturalari  $t_b$ ,  $t_0$ ;
- 4) isitkichning turi – vertikal, gorizonta trubalar, yo'llar soni;
- 5) isituvchi bug'ning bosimi  $P$  yoki temperaturasi  $t$ ;
- 6) po'lat trubalarning ichki va tashqi diametri  $d_i$  va  $d_t$ ;
- 7) trubalarning uzunligi  $l$ , m;
- 8) eritmaning hrakat tezligi  $w$ , m/s;
- 9) isitish yuzasidan foydalanish koeffitsienti  $\varphi$ .

Hisoblash quyidagi tartibda olib boriladi:

### Asosiy ko'rsatkichlar va formulalar.

#### I. Isitkichning temperatura shartlarini aniqlash.

To'yingan bug' bosimi  $P$  ga ko'ra uning to'yinish temperaturasi  $t_s$  maxsus qo'llanmalardan topiladi. Isitishning boshlanishida temperaturalarining maksimal farqi:

$$\Delta t_{max} = t_s - t_b = \Delta t_{ka}$$

Isitishning oxiridagi muhit temperaturalarining minimal farqi:

$$\Delta t_{min} = t_s - t_0 = \Delta t_{ki}$$

$\Delta t_{max}$  va  $\Delta t_{min}$  temperaturalar farqining qiymati 1-rasmdan aniqlanadi. Agar

$$\frac{\Delta t_{max}}{\Delta t_{min}} > 2 \text{ bo'lsa,}$$

$$\Delta t_{ur} = \frac{\Delta t_{max} - \Delta t_{min}}{2.3 \lg \frac{\Delta t_{max}}{\Delta t_{min}}}$$

Agar  $\frac{\Delta t_{max}}{\Delta t_{min}} < 2$  bo'lsa,  $\Delta t_{ur} = \frac{\Delta t_{max} + \Delta t_{min}}{2}$

Isitilayotgan muhitning o'rtacha temperaturasi:

$$t = t_s - \Delta t_{ur}$$

## II. Isitilayotgan eritmaning fizik kattaliklarini topish.

O'rtacha temperatura  $t$  va  $c$  bo'yicha maxsus qo'llanmadagi jadvallardan foydalanib berilgan issiqlik tashuvchi agentlarning fizik miqdorlari topiladi:

- 1) qovushqoqlik  $\mu$ , N·s/m<sup>2</sup> yoki v m<sup>2</sup>/s;
- 2) zichlik  $\rho$ , kg/m<sup>3</sup>;
- 3) issiqlik sig'imi  $c$ , J/kg·K;
- 4) issiqlik o'tkazuvchanlik  $\lambda$ , Wt/m·K;
- 5) temperatura o'tkazuvchanlik  $\alpha$ , m<sup>2</sup>/s;
- 6) Prandtl soni aniqlanadi.

## III. Issiqlik miqdori, bug' va suv sarflarini aniqlash.

Suyuqlikni isitish uchun ketgan issiqlik miqdori quyidagi tenglamadan topiladi:

$$Q = H \cdot G \cdot c(t_0 - t_b), \text{ Vt.}$$

bunda  $H = 1,02 \dots 1,05$  – issiqlikning yo'qotilishini hisobga oluvchi koeffitsient;  $G$  – suyuqlik sarfi, kg/s;  $c$  – issiqlik sig'imi, J/kg·K;  $t_0$  – suyuqlikni oxirgi temperaturasi, °C;  $t_b$  – suyuqlikni boshlang'ich temperaturasi, °C.

Agar gaz yoki suyuqlik sovitilayotgan bo'lsa, sovituvchi moddaning miqdori quyidagicha aniqlanadi:

$$G' = \frac{G \cdot c(t_0 - t_b)}{c'(t_0' - t_b')}, \text{ kg/s.}$$

bu yerda  $c'$  – sovituvchi moddaning issiqlik sig'imi;  $t_0'$  – sovituvchi moddaning oxirgi temperaturasi;  $t_b'$  – sovituvchi moddaning boshlang'ich temperaturasi.

Bug' sarfi quyidagicha topiladi:

$$D = \frac{Q}{i - \theta}, \text{ kg/s.}$$

$i$  – isituvchi bug'ning entalpiyasi;  $\theta$  – kondensatning entalpiyasi, J/kg.

$$\theta = t_s - (2 \dots 3^\circ \text{C}).$$

$i$  – maxsus qo'llanmalarda berilgan bug' bosimi  $P$  bo'yicha olinadi.

## IV. Issiqlik o'tkazish koeffitsientini aniqlash.

Bir va ko'p qavatli yaxlit devorlardan hamda trubaning ichki diametri  $d_i$  ni uning tashqi diametri  $d_t$  ga nisbati  $d_i/d_t > 0,5$  bo'lgan sharoitda trubalardan issiqlik o'tgan paytda issiqlik o'tkazish koeffitsientini quyidagi tenglama bilan topish mumkin:



$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \sum r_3 + \frac{1}{\alpha_2}}, \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{K}.$$

Trubalar (silindrsimon yuzalar) uchun issiqlik o'tkazishning chiziqli koeffitsienti 1 m truba uzunligiga nisbatan olinadi va quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

$$K_k = \frac{3,14}{\frac{1}{\alpha_1 d_i} + \sum \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_t}{d_i} + \frac{1}{\alpha_2 d_t} \sum \frac{r}{d_3}}, \text{ Vt/m} \cdot \text{K}.$$

bu yerda  $\alpha_1$  – issiq muhitdan (isituvchi bug'dan) devorga issiqlik berish koeffitsienti,  $\text{Vt/m}^2 \cdot \text{K}$ ;  $\alpha_2$  – devordan isitilayotgan muhitga issiqlik berish koeffitsienti;  $\delta$  – devor qatlamining qalinligi, m;  $\lambda$  – alohida olingan devor qatlamining issiqlik o'tkazuvchanligi,  $\text{Vt/m} \cdot \text{K}$ ;  $\sum \frac{\delta}{\lambda}$  – devor qatlamining umumiy termik qarshiligi;  $\sum r_3$  – iflosliklarning termik qarshiligi;  $d_3$  – trubaning iflosliklar bilan qoplangan diametri.

Issiqlik berish koeffitsientlari  $\alpha_1$  va  $\alpha_2$  kriterial tenglamalar yordamida topiladi. Masalan, bug'dan devorga berilayotgan issiqlik berish koeffitsienti  $\alpha_1$  quyidagi bilan aniqlanadi:

$$\alpha = 1,154 \sqrt{\frac{\lambda^3 \rho^2 r \cdot g}{\mu \Delta t H}}$$

Kondensatning fizik-kimyoviy kattalıkları  $\lambda$ ,  $\mu$ ,  $\rho$  yupqa qatlam (plenka) ning o'rtacha temperaturasi  $t_{pl} = \frac{t_t + t_d}{2}$  bo'yicha topiladi.

Kondensatsiyalanish issiqligi  $r$  to'yinish temperaturasi  $t_t$  ga qarab aniqlanadi. Temperaturalar farqi quyidagi qyirmaga teng:

$$\Delta t = t_t - t_d$$

bu yerda  $t_d$  – devorning temperaturasi;  $H$  – vertikal yuzaning balandligi.

Agar isitish trubalari gorizontall bo'lsa, bunda bug'ning truba devorlariga issiqlik berish koeffitsienti quyidagicha aniqlanadi:

$$\alpha = 0,724 \sqrt{\frac{\lambda^3 \rho^2 r g}{\mu \Delta t d}}$$

bu yerda  $d$  – trubaning diametri.

Devorlardan isitilayotgan muhitga issiqlik berish koeffitsienti harakat rejimiga ko'ra har xil kriterial tenglamalar yordamida topiladi. Hisoblash tenglamasini topish uchun avval Reynolds kriteriysi  $Re$  aniqlanadi. Agar  $Re > 10000$  bo'lsa, trubalardagi majburiy konveksiya vaqtidagi issiqlik berish koeffitsienti  $\alpha_2$  quyidagiga teng bo'ladi:

$$Nu = 0,023 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,4}$$

Agar  $2300 > Re > 10000$  bo'lsa:

$$Nu = 0,008 \cdot Re^{0,9} \cdot Pr^{0,43}$$

Agar laminar rejimda  $Re < 2300$  bo'lsa:

$$Nu = 0,17 \cdot Re^{0,33} \cdot Pr^{0,43} \cdot Gr^{0,1}$$

So'ngra  $\alpha$  ning qiymati Nusselt kriteriyasi orqali topiladi:

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

### V. Isitish yuzasini topish.

Isitkichning isitish yuzasi issiqlik o'tkazishning umumiy tenglamasidan topiladi:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t}, \text{ m}^2$$

Bu yuza uchun qabul qilingan isitkichning sxemasi trubalarning diametri va uzunligiga ko'ra joylashtiriladi. Isitish yuzasini joylashtirish isitkichning konstruktiv hisobini tashkil etadi.

### Nazorat uchun savollar.

1. Devorlardan isitilayotgan muhitga issiqlik berish koeffitsienti qanday kriterial tenglamalar?
2. Davriy ishlovchi issiqlik almashinish apparatlarining turlarini keltiring/
3. Trubalar (silindrsimon yuzalar) uchun issiqlik o'tkazishning qanday tenglama orqali aniqlanadi?

**Amaliy mashg'ulotni chuqurlashtirish maqsadida aqliy hujum, klaster, elpig'ish usullari va 3x3 texnologiyalaridan 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.

### 3 – AMALIY MASHG`ULOT

#### Mavzu: Eritmalarni turli xil bosim va temperaturada ayrim teplofizik konstantalarini aniqlash

(Bug'latish jarayonida asosiy ko'rsatkichlarning hisobi: boshlang'ich va oxirgi eritmalarning massaviy sarfi, bug'latish uchun sarflangan issiqlik, eritmaning issiqlik sig'imi, turli bosimlarda eritmalarni qaynash temperaturasi, eritmaning o'rtacha qaynash temperaturasi va umumiy hamda foydali temperaturalar farqi).

**Maqsad:** Bug'latish jarayonida asosiy ko'rsatkichlar haqida tushunchaga ega bo'lish hamda ularning hisobini bilish.

**Nazariy qism.**

**I. Bug'latish jarayonining moddiy balans tenglamasi:**

$$G_{bosh} = G_{ox} + W,$$
$$G_{bosh} X_{bosh} + G_{ox} X_{ox}$$

bu yerda:  $G_{bosh}$ ,  $G_{ox}$  – eritmaning boshlang'ich (dastlabki) va oxirgi (bug'latilgan) moddiy sarfi, kg/s;

$X_{bosh}$ ,  $X_{ox}$  – eritmaning boshlang'ich va oxirgi eritilgan moddadagi moddiy ulushlari;

$W$  – bug'latilayotgan suvning moddiy sarfi, kg/s.

$$W = G_{bosh} \left( 1 - \frac{X_{bosh}}{X_{ox}} \right)$$

**II. Bug'latish qurilmasining issiqlik balans tenglamasi:**

$$Q = G_{bosh} c_{bosh} t_{bosh} + G_{ox} c_{ox} t_{ox} + W_{ik.k} + Q_{yo'q} + Q_{deg}$$

bu yerda:

$Q$  – bug'latishga sarflangan issiqlik miqdori, Vt;

$c_{bosh}$ ,  $c_{ox}$  – boshlang'ich (dastlabki) va oxirgi (bug'latilgan) eritmalarning solishtirma issiqlik sig'imi, J/kg;

$t_{bosh}$ ,  $t_{ox}$  – boshlang'ich eritmaning qurilmaga kirishidagi va oxirgi eritmaning qurilmadan chiqishidagi haroratlari,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$i_{ik.k}$  – ikkilamchi bug'ning qurilmadan chiqayotgandagi solishtirma entalpiyasi, J/kg;

$Q_{yo'q}$  – atrof muhitga yo'qotilgan issiqlik miqdorining qiymati, Vt;

$Q_{deg}$  – degidratatsiya issiqligi, Vt. (quyuqlashtirish uchun sarflangan issiqlik miqdori).

**III. Bug'latishga sarflangan issiqlik miqdorini aniqlash:**

$$Q = G_{bosh} c_{bosh} (t_{ox} - t_{bosh}) + W (i_{ik.k} - c_c t_{ox}) + Q_{yo'q}$$

bu yerda:

$c_c - t_{ox}$  ga mos kelgan suvning solishtirma issiqlik sig'imi, J/kg·K.

Agar eritma bug'latish eritmasiga qizdirilgan holatda, ya'ni  $t_{bosh} > t_{ox}$  bo'lsa, u holda  $Q = G_{bosh} c_{bosh} (t_{ox} - t_{bosh})$  bo'lib manfiy ishoraga ega bo'ladi va bu yerda

ma'lum qism suv eritmani sovishi tufayli bug'lanadi.  $G_{bosh} c_{bosh} (t_{ox} - t_{bosh})$  qiymat o'z – o'zini bug'latish qiymati deb nomlanadi.

Atrof muhitga yo'qotilgan issiqlik miqdorini hisoblash uchun bug'latish qurilmasining  $Q_{isit} + Q_{bug'}$  yig'indisining 3 – 5 % ni olish mumkin.  $Q_{yo'q}$  ni quyidagicha aniqlash mumkin:

$$Q_{yo'q} + \alpha \cdot F_{izol} (t_{izol} - t_h)$$

bu yerda:

$\alpha = \alpha_{nur} + \alpha_{konv}$  – nurlanish va konveksiya issiqlik berish koeffitsiyentlarining yig'indisi,  $Vt/m^2K$ ;

$F$  – qurilmaning qoplama (izolyatsiya) qilingan yuzasi, m;

$t$  – qoplama tashqi yuzasining temperaturasi,  $^{\circ}C$  yoki  $K$ ;

$t_h$  – havo temperaturasi  $^{\circ}C$  yoki  $K$ .

#### IV. Bug'latish qurilmasidagi isituvchi bug' sarfi $G_{i.b}$ .

$$G_{i.b} = \frac{Q}{(i'' - i')x} = \frac{q}{r_{i.b}}$$

bu yerda:

$i''$  – to'yingan quruq bug'ning solishtirma entalpiyasi,  $J/kg$ ;

$i'$  – kondensatsiyalanish temperaturadagi kondensatning solishtirma entalpiyasi,  $J/kg$ ;

$x$  – qizdirish bug'ining namlik darajasi (quruqlik darajasi);

$r_{i.b}$  – qizdirish bug'i solishtirma kondensatsiyalanish issiqligi,  $J/kg$ .

Isituvchi bug'sarfi  $G_{i.b}$  ningbug'lanayotgansuv sarfi  $w$  nisbatiga bug'latish uchun ketgan bug'ning solishtirma sarfi deyiladi:

$$d = \frac{G_{i.b}}{W}$$

#### V. Eritmaning issiqlik sig'imi:

Eritmaning solishtirma issiqlik sig'imi quyidagi tenglamadan aniqlanadi:

$$c = c_1x_1 + c_2x_2 + c_3x_3 + \dots$$

$c_1, c_2, c_3$  – tashkil etuvchi komponentlarning solishtirma issiqlik sig'imi;

$x_1, x_2, x_3$  – tashkil etuvchi komponentlarning miqdoriy ulushi.

Ikki komponentli suyultirilgan suvli eritmalar (suv + eritilgan modda) ning solishtirma issiqlik sig'imini hisoblash uchun quyidagi taxminiy tenglamadan foydalaniladi ( $x < 0,2$ ):

$$c = 4190(1 - x)$$

bu yerda:

$4190 J/kg K$  – suvning solishtirma issiqlik sig'imi;

$x$  – eritilgan moddaning konsentratsiyasi, massaviy ulushi.

Quyushtirilgan ikki komponentli suvli eritma uchun ( $x > 0,2$ ) hisoblash quyidagi tenglama yordamida olib boriladi:

$$c = 4190(1 - x) + c_1x$$

$c_1$  – suvsiz eritilgan moddaning solishtirma issiqlik sig'imi,  $J/kg K$ .

Agar tajriba ma'lumotlari yo'q bo'lib, kimyoviy birikmaning solishtirma issiqlik sig'imini aniqlash kerak bo'lsa, quyidagi tenglamadan taxminiy qiymatini topish mumkin:

$$M \cdot c = n_1 c_1 + n_2 c_2 + n_3 c_3 + \dots$$

bu yerda:

$M$  – kimyoviy birikmaning molyar massasi;

$c$  – kimyoviy birikmaning massaviy solishtirma issiqlik sig'imi (J/kg·K);

$n_1, n_2, n_3 \dots$  - birikmadagi elementar atom soni;

$c_1, c_2, c_3 \dots$  - atom issiqlik sig'imi, J/kg·K.

Yuqoridagi keltirilgan tenglama yordamida birikmalarning solishtirma issiqlik sig'imini hisoblash uchun 1-jadvalda keltirilgan atom issiqlik sig'implaridan foydalanish kerak.

1-jadval

Element	Atomning issiqlik sig'imi, J/kg·K		Element	Atomning issiqlik sig'imi, J/kg·K	
	qattiq holda	suyuq holda		qattiq holda	suyuq holda
C	7,5	11,7	F	20,95	29,9
H	9,6	18,0	P	22,6	31,0
B	11,8	19,7	S	22,6	31,0
Si	15,9	24,3	qolgani	26,0	33,6
O	16,8	25,1			

## VI. Eritmalarning qaynash temperaturasini hisoblash ( $P \geq P_{atm}$ ).

**1 usul.** Agar eritmaning ma'lum bosimda 2 ta qaynash temperaturasi ma'lum bo'lsa quyidagi tenglamadan

$$\frac{\lg P_{A1} - \lg P_{A2}}{\lg P_{B1} - \lg P_{B2}} = c$$

yoki 1 nomogrammadan foydalanish mumkin. Bu yerda:

$P_{A1}$  va  $P_{B1}$  – bir xil  $t_1$  temperaturadagi 2 suyuqlikning to'yingan bug'larining bosimi;

$P_{A2}$  va  $P_{B2}$  – bir xil  $t_2$  temperaturadagi 2 suyuqlikning to'yingan bug'larining;

$c$  – o'zgarmas konstanta.

**2 usul.** Agarda, eritmaning faqat ma'lum bir bosimda bitta qaynash temperaturasi aniq bo'lsa, boshqa bosimdagi qaynash temperaturasini Babo qoidasidan foydalanib topish mumkin:

$$\left(\frac{P}{P_0}\right)_t = const,$$

bu yerda:

$P$  – eritma bug'ining bosimi;

$P_0$  – o'sha temperaturada toza erituvchining to'yingan bug' bosimi.

Konsentratsiyalangan suvli eritmalar uchun  $\left(\frac{P}{P_0}\right)_t = const$  tenglamani 2-jadvalda keltirilgan koeffitsiyentlarni inobatga olgan holda hisoblash kerak.

$P/P_0$							Tuzatish koeffitsiyenti $\pm \Delta t, K$
0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	
Bosim $P$ , mm. s. ust.							
100	200	400	450	500	550	650	0,9
-	50	200	350	450	500	550	1,8
-	-	100	275	300	350	400	2,6
-	-	-	150	200	250	300	3,6

Agarda, erish issiqligi musbat bo'lsa (eritish paytida issiqlik ajralib chiqsa), tuzatish koeffitsiyenti qo'shiladi, manfiy bo'lsa ayiriladi.

### VII. $t_{qayn}$ – bu truba ichida eritmaning o'rtacha qaynash temperaturasi

$$t_{qay} = t_{kon} + t_{g.ef}$$

bu yerda:

$t_{g.ef}$  – gidrostatik depressiya yoki gidrostatik bosim hisobiga eritmaning qaynash temperaturasini ortishi (gidrostatik effekti).

Bug'latish qurilma trubalarining balandligi bo'yicha eritmaning qaynash temperaturasi o'zgaradi. Shuning uchun, gidrostatik bosimni hisobga olgan holda eritmaning truba balandligi bo'yicha o'rtacha qaynash temperaturasi aniqlanadi.

Bug'latilayotgan eritmaning o'rta qatlamidagi bosim ushbu tenglama yordamida topiladi:

$$P_{o'rt} = P_1 + 0.5 \rho_e g H_{satx} - P_1 + \Delta P_{g.ef}$$

Gidrostatik depressiya  $\Delta t_{g.ef}$  bevosita  $\Delta P_{g.ef}$  bilan bog'liqdir va  $H_{satx}$  eritma balandligi satxi, zichligiga bog'liq. Optimal balandlik satxi, quyidagi tenglama bilan hisoblab topiladi:

$$H_{opt} = [0.26 + 0.0014(\rho_e + \rho_s)] H_{satx}$$

Agar  $t_{qay}$  bo'yicha ma'lumotlar bo'lmasa,

$$(\rho_e + \rho_s)_{t_{qay}} \approx (\rho_e + \rho_s)_{t=20^\circ C}$$

deb olsa bo'ladi. Bu yerda:

$\rho_e$  – oxirgi konsentratsiyali eritma zichligi

$\rho_s$  – suvning zichligi

Gidrostatik depressiya  $\Delta t_{g.ef}$  quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

$$\Delta t_{g.ef} = \Delta t_{ur} - \Delta t_1$$

bu yerda

$\Delta t_{ur} - \Delta P_{ur}$  bosimda suvning qaynash temperaturasi.

Eritmaning o'rtacha qaynash temperaturasi quyidagi tenglama orqali hisoblanadi:

$$t_{qay} = t_{ox} + \Delta t_{g.ef} = t_o + \Delta t_{g.s} + \Delta t_{g.ef} = t_o + \sum \Delta t_{yo'q}$$

### VIII. Umumiy va foydali temperaturalar farqi

Isituvchi bug' kondensatsiyalanish temperaturasi  $t_{i,b}$  va ikkilamchi bug' kondensatsiyalanish temperaturalarini  $t_0$  orasidagi farqi **umumiy temperaturalar farqi** deyiladi.

$$\Delta t_{um} = t_{i,b} - t_0$$

Isituvchi bug' kondensatsiyalanish temperaturasi  $\Delta t_{i,b}$  va eritma qaynash temperaturasi  $t_{qay}$  orasidagi farqi **foydali temperaturalar farqi** deyiladi.

$$\Delta t_{foy} = t_{i,b} - t_{qay} = \Delta t_{um} \cdot \sum \Delta t_{yo'q}$$

Bug'latish qurilmasining issiqlik o'tkazish yuzasi ushbu tenglama yordamida aniqlanadi:

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

### Amaliy qism Masalalar yechish namunasi

#### Masala №1

Natriy gidroksidning boshlang'ich eritmasida 79 g/l suv bor. 30°C da bug'latilgan eritmaning zichligi 1.555 g/sm<sup>3</sup>. Bu esa 840 g/l konsentratsiyali eritmaga to'g'ri keladi. 1 t boshlang'ich eritmadan bug'latilgan suv miqdorini aniqlang.

#### Yechish.

Boshlang'ich eritmada eritilgan moddaning massaviy ulushi:

$$x_{bosh} = \frac{79}{1000 + 79} = 0,0733$$

Oxirgi eritmada eritilgan moddaning massaviy ulushi:

$$x_{ox} = \frac{840}{1,555} = 0,54$$

1 t boshlang'ich eritmada bug'latilgan suvning miqdori:

$$W = G \left( 1 - \frac{x_{bosh}}{x_{ox}} \right) = 1000 \left( 1 - \frac{0,0733}{0,54} \right) = 865 \text{ kg}$$

#### Masala №2

Natriy salitsilatning 25 % suvli eritmasini issiqlik sig'imini aniqlang.

#### Yechish.

Eritmaning konsentratsiyasi 20 % dan ko'p bo'lgani uchun issiqlik sig'imini ikki komponentli suvli eritmalar uchun belgilangan tenglama yordamida aniqlaymiz:

$$c = 4190(1 - x) + c_1 x$$

bu yerda:

$c_1$  – suvsiz eritilgan moddaning issiqlik sig'imi, J/kg·K

$x > 0,2$

Dastlab silitsil kislotaning quruq natriyli tuzining issiqlik sig'imini quyida keltirilgan tenglama yordamida aniqlaymiz:

$$M \cdot c = n_1 c_1 + n_2 c_2 + n_3 c_3 + \dots$$

bu yerda:  $M$  – kimyoviy birikmaning molekulyar massasi;

$c$  – uning massaviy issiqlik sig'imi, J/kg·K;

$n_1, n_2, n_3$  – birikmaga kirgan elementlarning atomlar soni;

$c_1, c_2, c_3$  – atomlarning issiqlik sig'imi, J/kg·K.

Tuzning kimyoviy formulasi:

$$C_6H_4(OH)COONa, \quad M = 160$$
$$\tilde{n}_1 = \frac{(7,5 \cdot 7 + 9,6 \cdot 5 + 16,8 \cdot 3 + 26,0)}{160} = 1,11 \text{ kDj/kg} \cdot K$$

25 % eritmaning issiqlik sig'imi:

$$c = 4190(1 - x) + c_1 x = 4190 \cdot 0,75 + 1110 \cdot 0,25 = 3420 \text{ J/kg} \cdot K$$

### Nazorat uchun savollar va masalalar

1. Bug'latish jarayoni haqida tushuncha.
2. Bug'latish jarayonining asosiy ko'rsatkichlari.
3. Eritmaning massaviy sarfi. Uni hisoblash tenglamalari.
4. Bug'latish uchun sarflangan issiqlik. Uni aniqlovchi ifoda.
5. O'rtacha qaynash temperatura.
6. Umumiy temperaturalar farqi. Asosiy tenglamalar.
7. Foydali temperaturalar farqi. Asosiy tenglama.
8. Hidrostatik effekti haqida tushuncha, uni aniqlovchi ifoda.
9. Bug'latish qurilmasining issiqlik o'tkazish yuzasini hisoblash.
10. Bug'latilgan suv miqdorini hisoblash.
11. Eritmalarni qaynash temperaturasini hisoblash: 2 ta qaynash temperaturasi ma'lum bo'lsa.
12. Eritmalarni qaynash temperaturasini hisoblash: 1 ta qaynash temperaturasi ma'lum bo'lsa.
13. Yo'qotilgan issiqlik miqdorini hisoblash.
14. Isituvchi bug' sarfi va uni hisoblash.
15. Eritmaning issiqlik sig'imi haqida tushuncha va uni hisoblash.

**Amaliy mashg'ulotni chuqurlashtirish maqsadida aqliy hujum, klaster, elpig'ish usullari va 3x3 texnologiyalaridan 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. 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.



## 4 – AMALIY MASHG`ULOT

### **Mavzu: Davriy bug'latish jarayonining hisobi. Bug'latilgan modda miqdorini aniqlash.**

**Maqsad:** Uzluksiz va davriy bug'latish jarayonlarini taqqoslash. Bir korpusli bug'latish qurilmasidan iborat bo'lgan bug'latish jarayonini hisoblash.

#### **Nazariy qism.**

Uchuvchan bo'lamagan moddalar eritmalarini ularning tarkibidagi erituvchini qaynatish paytida chiqarib yuborish yo'li bilan quyushtirish jarayoni *bug'latish* deb yuritiladi. Agar bug'latish jarayoni qaynash temperaturasidan past temperaturalarda suyuqlikning yuzasidan ro'y bersa, bug'latish jarayonida bug' eritmaning butun hajmidan ajralib chiqadi.

Bug'latish jarayonida isituvchi reagent sifatida asosan suv bug'i ishlatiladi. Bunday bug' *birlamchi bug'* deb yuritiladi. Qaynayotgan eritmani bug'latish paytida hosil bo'lgan bug' *ikkilamchi bug'* deb ataladi. Eritmani bug'latish uchun zarur bo'lgan issiqlik miqdori devor orqali beriladi. Faqat ayrim hollardagina, eritmalarini quyultirish uchun kerak bo'lgan issiqlik tutun gazlari yoki boshqa gazsimon issiqlik tashuvchi agentlarning suyuqlik bilan o'zaro kontakti orqali beriladi.

Bug'latish jarayoni vakuum ostida, atmosfera va yuqori bosimlarda olib borilishi mumkin. Eritmalarining xossalari va ikkilamchi bug'ning issiqligidan foydalanish zaruratiga ko'ra har xil bosimlar ishlatiladi.

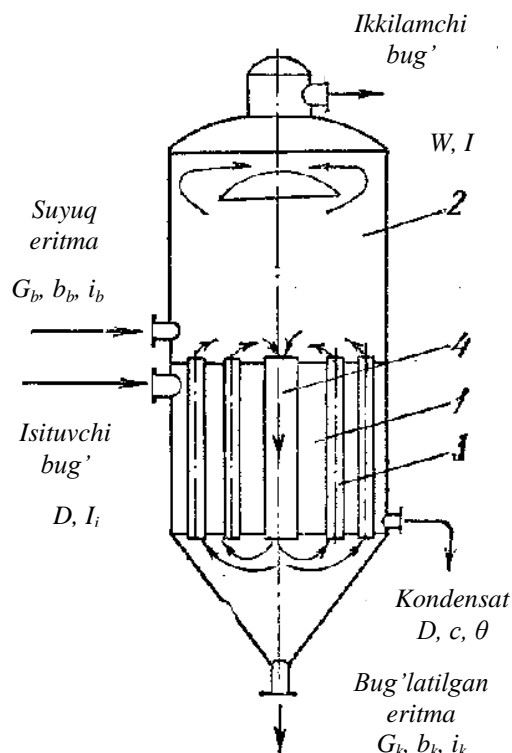
Vakuum ostida bug'latish bir qator afzalliklarga ega: jarayonni ancha past temperaturalarda olib borish mumkin, bu hol ayniqsa yuqori temperaturada parchalanib ketishi mumkin bo'lgan moddalar eritmalarini quyushtirishda juda qo'l keladi. Bundan tashqari, vakuum ta'sirida isituvchi agent va eritma temperaturasi o'rtasidagi foydali farq ko'payadi, bu esa apparatning isitish yuzasini kamayishiga olib keladi, vakuum bilan bug'latish uchun nisbatan past parametrli isituvchi reagentdan foydalanish mumkin. Vakuum ishlatilganda ikkilamchi bug'dan qaytadan birlamchi bug' sifatida foydalanish imkoni tug'iladi.

Vakuum ostida bug'latish jarayonining kamchiliklari: vakuum ishlatish bug'latish qurilmasining narxini oshiradi, vakuum hosil qilish uchun kondensatorlar, tomchi ushlagichlar, vakuum nasoslar kerak bo'ladi, bundan tashqari, qurilmani ishlatish uchun zarur bo'lgan sarf ham ko'payadi.

Atmosfera bosimidan yuqori bo'lgan bosimda bug'latishda hosil bo'lgan ikkilamchi bug'dan qaytadan bug'latish jarayonida hamda bug'latish bilan bog'liq bo'lmagan boshqa maqsadlarda foydalanish mumkin. Boshqa maqsadlar uchun ajratilgan bug' *ekstra bug'* deb ataladi. Yuqori bosim bilan bug'latish jarayonida ekstra bug'ni ajratib olib ishlatish vakuum yordamida bug'latishga nisbatan issiqlikdan to'laroq foydalanish imkoniyatini beradi. Yuqori bosim bilan bug'latish eritmaning qaynash temperaturasining ortishiga olib keladi. Bundan tashqari, yuqori bosim bilan bug'latishni amalga oshirish uchun yuqori temperaturali isituvchi reagent kerak bo'ladi. Shu sababli bu usul yuqori temperaturaga chidamli moddalarning eritmalarini quyultirishda ishlatiladi.

Atmosfera bosimi bilan bug'latishda ikkilamchi bug' ishlatilmaydi, u atmosferaga chiqarib yuboriladi. Bunday usul oddiy, lekin eng tejamsiz hisoblanadi.

Ishlash rejimiga ko'ra bug'latish apparatlari davriy va uzluksiz bo'ladi. Kichik masshtabdagi ishlab chiqarishlarda va ayrim vaqtda eritmaları yuqori konsentratsiyalargacha bug'latishda davriy ishlaydigan bug'latish apparatlari ishlatiladi.



**1-rasm.** Markaziy sirkulyatsiya trubasi bo'lgan bug'latish apparati:  
1 – isitish kamerasi; 2 – separator; 3 – isitish trubalar; 4 – sirkulyatsiya trubasi.

**Moddiy balans.** Bitta apparatli bug'latish qurilmasining moddiy balansi:

$$G_b = G_{ox} + \omega$$

$G_b$  – eritmaning boshlang'ich miqdori;

$G_{ox}$  – eritmaning oxirgi miqdori;

$\omega$  – erituvchining (ikkilamchi bug'ning) miqdori.

Eritma tarkibida bo'lgan quruq moddaga nisbatan moddiy balans quyidagicha yoziladi:

$$\frac{G_b X_b}{100} = \frac{G_{ox} X_{ox}}{100}$$

$X_b, X_{ox}$  – eritmaning boshlang'ich va oxirgi konsentratsiyalari.

Bunda yuqorida berilgan tenglamalar yordamida apparatning shu unumi topiladi.

Quyuvlashtirilgan eritma bo'yicha:

$$G_k = \frac{G_b X_b}{X_{ox}}$$

Bug'latilayotgan suv bo'yicha:

$$\omega = G_b - G_{ox} = G_b \left( 1 - \frac{X_b}{X_{ox}} \right)$$

**Issiqlik balansi.** Issiqlik balansini hisoblash uchun quyidagi belgilarni qabul qilamiz:

$D$  – isituvchi bug'ning sarfi;

$I_i$  – isituvchi bug'ning entalpiyasi;

$I$  – ikkilamchi bug'ning entalpiyasi;

$i_b = C_b t_b$  – dastlabki eritmaning entalpiyasi;

$i_k = C_k t_k$  – quyuqlashtirilgan eritmaning entalpiyasi;

$i' = C' \theta$  – isituvchi bug' kondensatining entalpiyasi;

$C_b, C_k, C'$  – dastlabki va quyuqlashgan eritma hamda kondensatning o'rtacha solishtirma issiqlik sig'implari;

$t_b, t_k, \theta$  – dastlabki quyuqlashgan eritma va isituvchi bug'ning to'yinish temperaturalari.

Issiqlikning kirishi (dastlabki eritma bilan)

$G_b, i_b;$

isituvchi bug' bilan

$DI_i;$

Issiqlikning sarflanishi (quyuqlashgan eritma bilan)

$G_q, i_q;$

Ikkilamchi bug' bilan

$\omega I;$

Isituvchi bug'ning kondensati bilan

$D \cdot i;$

Quyuqlashtirish issiqligi

$Q_{kons};$

Atrof – muhitga yo'qotilgan issiqlik

$Q_y;$

Issiqlik balasi quyidagicha ifodalanadi:

$$G_b i_b + DI_i = G_q i_q + \omega \cdot I + Di' + Q_{kons} + Q_y$$

Dastlabki eritma quyuqlashgan eritma va bug'latilishi lozim bo'lgan suv aralashmasidan iborat hamda dastlabki eritmaning issiqlik sig'imi temperaturasi  $t_b$  bilan  $t_q$  intervalda o'zgarmay qoladi deb olamiz. Bunda issiqlik balansi quyidagicha:

$$G_b C_b t_b = G_k C_k t_k + \omega C'' t_q$$

bu yerda  $C''$  – temperature  $0^{\circ}\text{C}$  dan  $t_k$  gacha o'zgargan paytdagi suvning o'rtacha issiqlik sig'imi.

$t_b, i_b, i'$  va  $G_k C_k$  larning qiymatlarini asosiy tenglamaga qo'yib quyidagi ifodani olamiz:

$$G_b C_b t_b + DI_i = G_b C_b t_k - \omega C'' t_k + \omega I + DC' \theta + Q_{kons} + Q_y$$

Bu tenglamadan bug'latish apparatiga vaqt birligi ichida isituvchi bug' bilan kiritilgan issiqlik miqdorini aniqlaymiz:

$$Q = D(I_i - C' \theta) = G_b C_b (t_k - t_b) + \omega (I - C'' t_k) + Q_{kons} + Q_y$$

Bu tenglamaning o'ng tomonidagi birinchi qismi dastlabki eritmani qaynash temperaturasiigacha isitish uchun sarf bo'lgan issiqlik miqdorini, ikkinchi qismi esa eritmadan suvning bug'lanishi uchun sarf bo'lgan issiqlik miqdorini belgilaydi.

Eritmani quyushtirish paytidagi issiqlik effekti  $Q_{kons}$  bilan ifodalanadi. Quyushtirish jarayonida issiqlikning yutilishi yoki chiqishi sodir bo'ladi. Agar  $Q_{kons}$  ning miqdori ancha katta bo'lsa, u hisobga olinadi, kam bo'lsa hisobga olinmaydi.

Isituvchi bug'ning sarfi:

$$D = \frac{G_b t_b (t_k - t_b) + \omega(I - C'' t_k) + Q_{kons} + Q_y}{I_i - C' \theta}$$

Agar eritma avval qaynash temperaturasiigacha isitilib, so'ngra bug'latish apparatiga berilsa,  $t_b = t_k$  bo'ladi.  $Q_{kons}$  va  $Q_y$  ning miqdori hisobga olinmasa, unda 1 kg suvning bug'latish uchun kerak bo'lgan isituvchi bug'ning nazariy sarfini topish mumkin:

$$D = \frac{\omega(I - C'' t_k)}{I_g - C' \theta} = \frac{\omega_r}{r'} = \omega$$

bu yerda:

$I_g - C' \theta = r'$  – isituvchi bug'ning kondensatsiyalanish issiqligi,

$I - C'' t_k = r$  – qaynab turgan eritmalaridan suvning bug'lanish issiqligi (taxminan  $r = r'$  deb olinishi mumkin).

**Isitish yuzasi.** Uzluksiz ishlaydigan bug'latish apparatining isitish yuzasi issiqlik o'tkazishning asosiy tenglamasi orqali topiladi:

$$F = \frac{Q}{K \Delta t}$$

bu yerda:

$Q$  – issiqlik sarfi;

$K$  – issiqlik o'tkazish koeffitsienti;

$\Delta t$  – temperaturalarning foydali farqi.

**Temperaturaning yo'qotilishi.** Bug'latish apparatlarida temperaturaning yo'qotilishi natijasida isituvchi bug' va bug'latilayotgan eritma temperaturalari o'rtasidagi farq kamayadi. Temperaturalarning yo'qotilishi  $\Delta$  temperatura depressiyasi  $\Delta'$ , gidrostatik depressiya  $\Delta''$  va gidravlik depressiya  $\Delta'''$  lardan tashkil topgan bo'ladi:

$$\Delta = \Delta' + \Delta'' + \Delta'''$$

*Temperatura depressiyasi* deb bir xil bosimda olingan eritma qaynash temperaturasi bilan toza erituvchi qaynash temperaturasi o'rtasidagi farqqa aytiladi.  $\Delta'$  odatda atmosfera bosimida topilgan bo'ladi. Boshqa bosimlardagi suyultirilgan eritmalar uchun  $\Delta'$  ning qiymatini I.A.Tishenko tenglamasi orqali topish mumkin:

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

bu yerda:

$\Delta'_{atm}$  – atmosfera bosimidagi temperatura depressiyasi,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$T$  – toza erituvchining berilgan bosimdagi qaynash temperaturasi,  $\text{K}$ ;

$r$  – toza erituvchining berilgan bosimdagi bug'lanish issiqligi, kJ/kg.

Gidrostatik effekt ta'sirida eritma qaynash temperaturasining ortish jarayoni *gidrostatik depressiya* deb ataladi.

Gidravlik qarshiliklar ta'sirida eritma temperaturasining ortish jarayoni *gidravlik depressiya* deb yuritiladi.

Temperatura va gidrostatik depressiyalarni hisobga olgan holda eritmaning qaynash temperaturasini quyidagicha aniqlash mumkin:

$$t_q = T' + \Delta' + \Delta''$$

bu yerda:  $T'$  – ikkilamchi bug' temperaturasi.

### Masala

Davriy ishlaydigan, isitish yuzasi  $49 \text{ m}^2$  ga teng bo'lgan vakuum bug'latgich apparati 20 tonna kuchsiz eritma bilan to'ldiriladi. Eritmaning boshlang'ich konsentratsiyasi  $X_b = 5 \%$ , boshlang'ich temperaturasi esa  $T_b = 20 \text{ }^\circ\text{C}$  eritmaning oxirgi konsentratsiyasi  $X_{ox} = 50 \%$ . 1-jadvaldagi eritmaning qaynash temperaturasi va apparatdagi issiqlik berish koeffitsienti konsentratsiyaga bog'liqligi keltirilgan.

1-jadval

Konsentratsiya X,	5	10	20	30	40	50
Qaynash temperaturasi, $^\circ\text{C}$ ( $t_{qay} = t_{to'y} + \Delta t_g$ )	55	56	60	67	76	95
Qaynash temperaturasida issiqlik koef-ti K, $\text{Vt/m}^2\text{K}$	2150	1740	1130	740	490	280

Apparatdagi absolyut bosim  $0,15 \text{ kgk/sm}^2$ , bunga esa  $t_{to'y} = 53,6^\circ\text{C}$  to'g'ri keladi. Kuchsiz eritmani qizdirish va qaynatish davriga to'g'ri kelgan issiqlik o'tkazish koeffitsienti  $K = 350 \text{ Vt/m}^2\text{K}$  ga teng. To'yingan bug'ning temperaturasi  $120^\circ\text{C}$ . Isituvchi bug'ning namligi  $5\%$  ga teng bo'lgan deb hisoblab uning sarfini hamda bug'latish jarayonining muddatini aniqlang.

### Nazorat uchun savollar

1. Davriy bug'latish jarayoni haqida tushuncha.
2. Birlamchi va ikkilamchi bug' haqida tushuncha.
3. Vakuum ostida bug'latish jarayonini olib boorish.
4. Barqaror bo'lmagan eritmalarni konsentratsiyalash usullari.
5. Vakuum ostida bug'latish jarayonining kamchiligi.
6. Atmosfera bosimida bug'latish jarayoni.

7. Bir korpusli bug'latish qurilmasining tuzilishi.
8. Bir korpusli bug'latish qurilmasini moddiy balansi.
9. Bir korpusli bug'latish qurilmasini issiqlik balansi.
10. Bir korpusli bug'latish qurilmasini ish unumdorligi.
11. Bir korpusli bug'latish qurilmasining isitish yuzasini aniqlash.
12. Bir korpusli bug'latish qurilmasinida temperatura yo'qotilishini aniqlash.
13. Temperatura depressiyasi haqida tushuncha. N.Markaziy sirkulyatsion trubasi bo'lgan bug'latish apparatini ishlash prinsipi.
14. Sirkulyatsion trubasi bo'lmagan bug'latish apparatini ishlash prinsipi.

**Amaliy mashg'ulotni chuqurlashtirish maqsadida aqliy hujum, klaster, elpig'ish usullari va 3x3 texnologiyalaridan 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. 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: Uzluksiz harakatdagi bug'latish apparatining issiqlik hisobi

**Maqsad:** Uzluksiz harakatdagi bug'latish apparatining asosiy ko'rsatkichlarini hisoblash.

**Nazariy qism.**

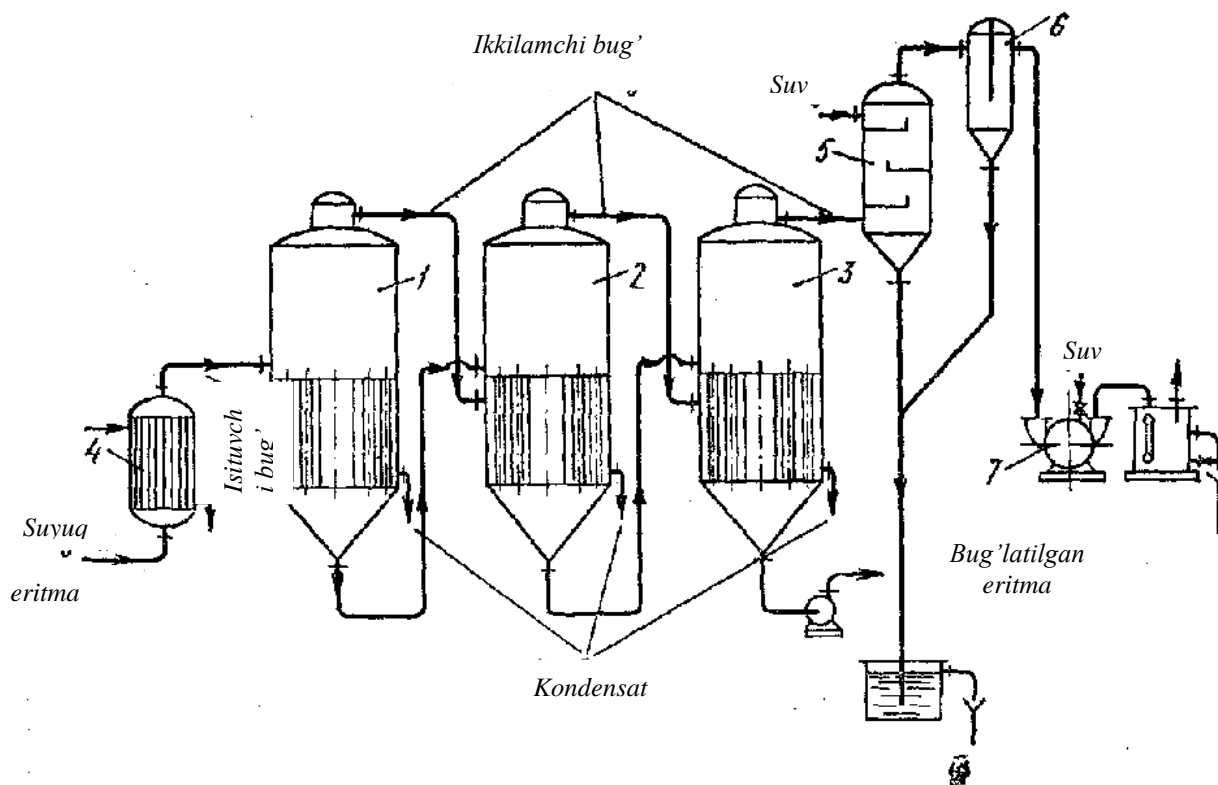
**Uch korpusli bug'latish qurilmasini hisoblash namunasi.**

NaNO<sub>3</sub> ning 12 % li suvli eritmasini 5 t/soat sarfda konsentratsiyalash uchun uch korpusli tabiiy sirkulyatsiya qurilmasi hisoblab chiqiladi.

Eritmaning oxirgi konsentratsiyasi 40 % (mass). Bug'latish qurilmasiga eritma bug'latish temperaturasigacha isitilgan holatda yuboriladi.

To'yingan isituvchi suv bug'ining absolyut bosimi 4 kg k/sm<sup>2</sup>, isituvchi trubalar uzunligi 4 m.

Barometrik kondensatordagi vakuum 0,2 kg k/sm<sup>2</sup> ga tengdir.



**1-rasm.** Uch korpusli bug'latish qurilmasining sxemasi

**Yechish.**

**1.** Uchala qurilmalarda bug'lanayotgan erituvchining umumiy miqdori:

$$W = G \left( 1 - \frac{X_{bosh}}{X_{ox}} \right) = \frac{5000}{3600} \left( 1 - \frac{12}{40} \right) = 3500 \text{ kg/s} = 0,97 \text{ kg/sek}$$

**2.** Har bir korpusga yuklamaning taqsimlanishi.

Nazariy taxlil va sanoatdagi ko'p yillik natijalar asosida, har bir korpusdagi ikkilamchi bug'ning miqdori quyidagicha ekanligi aniqlangan:

$$W_1 : W_2 : W_3 = 1,0 : 1,1 : 1,2$$

Har bir korpusda hosil bo'lgan ikkilamchi bug' miqdorini hisoblaymiz:

**1 korpusda** 
$$W_1 = \frac{3500 \cdot 1}{3600 \cdot 3,3} = 0,295 \text{ kg / sek}$$

**2 korpusda** 
$$W_2 = \frac{3500 \cdot 1,1}{3600 \cdot 3,3} = 0,324 \text{ kg / sek}$$

**3 korpusda** 
$$W_3 = \frac{3500 \cdot 1,2}{3600 \cdot 3,3} = 0,351 \text{ kg / sek}$$

**Jami** **0,97 kg/sek**

3. Korpuslar bo'yicha eritmaning konsentratsiyasi  $X_1$  ni hisoblash. Buning uchun birinchi korpusdan ikkinchisiga kirayotgan eritmaning miqdori.

$$G_1 = G_{bosh} - W_1 = \frac{5000}{3600} - 0,295 = 1,09 \text{ kg / sek}$$

konsentratsiyasi esa

$$X_1 = \frac{G_{bosh} \cdot X_{bosh}}{G_{ox} - W_1} = \frac{1,39 \cdot 12}{1,39 - 0,295} = 15,2\%$$

I korpusdagi eritmani oxirgi konsentratsiyasi va II korpusdagi boshlang'ich konsentratsiyalar teng, ya'ni 15,2 %.

II korpusdan III ga kirayotgan eritmaning miqdori:

$$G_2 = G_{bosh} - W_1 - W_2 = 1,39 - 0,295 - 0,324 = 0,77 \text{ kg / sek}$$

konsentratsiyasi esa

$$X_2 = 1,39 \frac{12}{0,77} = 21,6\%$$

III korpusda chiqqan eritmaning miqdori:

$$G_{ox} = G_{bosh} - W = 1,39 - 0,97 = 0,42 \text{ kg / sek}$$

konsentratsiyasi esa



$$X_{ox} = 1,39 \frac{12}{0,42} = 40\%$$

4. Korpuslar bo'yicha isituvchi bug' bosimini taqsimlanishi.

I korpus va barometrik kondensatorlardagi isituvchi bug' bosimlarining farqi:

$$\Delta P = 4,0 - 0,2 = 3,8 \text{ kgk/sm}^2$$

Dastlab, ushbu bosimlar farqini korpuslar o'rtasida barobar taqsimlaymiz, ya'ni

$$\Delta P = \frac{3,8}{3} = 1,27 \text{ kgk/sm}^2$$

Bunda, korpuslardagi absolyut bosim quyidagicha taqsimlanadi:

**III korpusda**                      **P = 0,2 kgk/sm<sup>2</sup>** (berilgan)

**II korpusda**                      **P = 0,2 + 1,27 = 1,47 kgk/sm<sup>2</sup>**

**I korpusda**                      **P = 1,47 + 1,27 = 2,47 kgk/sm<sup>2</sup>**

Isituvchi bug' bosimi:

$$P = 2,74 + 1,27 = 4,0 \text{ kgk/sm}^2$$

Bug' jadvallaridan korpuslarda qabul qilingan bosimlar uchun suvning to'yingan bug'i temperaturalarini va solishtirma bug' hosil qilish issiqliklarini topamiz:

Korpuslar	To'yingan bug' temperaturasi, °C	Solishtirma bug' hosil qilish issiqligi, (g) kJ/kg
I	129,4	2179
II	110,1	2234
III	59,7	2357
Isituvchi bug'	143	2241

Ushbu temperaturalar, korpuslar bo'yicha ikkilamchi bug'lar kondensatsiyalanish temperaturalarini bo'ladi.

5. Korpuslar bo'yicha temperaturaning pasayishini hisoblash.

a) temperatura depressiyasidan.

Jadvallardan atmosfera bosimida eritmalarni qaynash temperaturalarini aniqlanadi:

Korpuslar	NaNO <sub>3</sub> ning konsentratsiyalari, %	Qaynash temperaturasi, °C	Depressiya, °C yoki K
I	15,2	102	2,0
II	21,6	103	3,0
III	40	107	7,0

Uch korpus bo'yicha depressiya:

$$\Delta t_{gen} = 2 + 3 + 7 = 12^{\circ}C$$

b) gidrostatik effekt depressiyasidan.

20°C NaNO<sub>3</sub> ning zichligi konsentratsiyalar bo'yicha tanlanadi:

NaNO <sub>3</sub> ning konsentratsiyasi, %	15,2	21,6	40
Zichlik, kg/m <sup>3</sup>	1098	1156	1567

Trubalardagi eritmalarning optimal sathda qaynashini hisoblaymiz:

$$H_{opt} = [0,026 + 0,0014(\rho_{er} - \rho_s)] \cdot H_{tr} = [0,026 + 0,0014(1098 - 1000)] \cdot 4 = 1,589m$$

$$P_{o'rt} = P + 0,5\rho_{er} \cdot g \cdot H_{tr} = 2,74 + \frac{0,5 \cdot 1098 \cdot 9,81 \cdot 1,589}{9,81 \cdot 10^4} = 2,827 \text{ kgk/sm}^2$$

$$P_1 = 2,14 \text{ kgk/sm}^2 \text{ da } t_{qay} = 129,3^{\circ}C$$

$$P_{o'rt} = 2,827 \text{ kgk/sm}^2 \text{ da } t_{qay} = 130,6^{\circ}C$$

$$\Delta t_{g.ef} = 130,6 - 129,4 = 1,2^{\circ}C$$

II korpusda

$$H_{opt} = [0,026 + 0,0014(1156 - 1000)] \cdot 4 = 1,91m$$

$$P_{o'rt} 1,47 + \frac{0,5 \cdot 1156 \cdot 9,81 \cdot 1,91}{9,81 \cdot 10^4} = 1,580 \text{ kgk/sm}^2$$

$$P_1 = 0,2 \text{ kgk/sm}^2 \text{ da } t_{qay} = 59,7^{\circ}C$$

$$P_{o'rt} = 1,580 \text{ kgk/sm}^2 \text{ da } t_{qay} = 112,3^{\circ}C$$

$$\Delta t_{g.ef} = 112,3 - 110,1 = 2,2^{\circ}C$$

**Jami**  $\sum \Delta t_{g.ef} = 1,2 + 2,2 + 14,7 = 18,1^{\circ}C$

c) gidravlik qarshilik depressiyasi.

Har bir korpus oralig'ida temperaturalar pasayishini 1°C deb qabul qilamiz. Oraliqlar hammasi bo'lib I – II, II – III, III – kondensator, ya'ni

$$\Delta t_{g.k} = 1 \cdot 3 = 3^{\circ}C$$

Butun qurilma uchun temperaturalar yo'qotilishining yig'indisi:

$$\sum \Delta t_{yo'q} = 1 + 18,1 + 3 = 33,1^{\circ}C$$

**6. Temperaturalarning foydali farqi.**

Temperaturalarning umumiy farqi:

$$\Delta t_{um} = 143 - 59,7 = 83,3^{\circ}C$$

Temperaturalarning foydali farqi:

$$\Delta t_{\text{foy}} = 83,3 - 33,1 = 50,2^{\circ}C$$

7. Korpuslarda qaynash temperaturalarini aniqlaymiz:

**III korpusda**  $t_2 = 59,7 + 1 + 7 + 14,7 = 82,4^{\circ}C$

**II korpusda**  $t_2 = 110,1 + 1 + 3 + 2,2 = 116,3^{\circ}C$

**I korpusda**  $t_1 = 129,4 + 1 + 2 + 1,2 = 133,6^{\circ}C$

8. Har bir korpus uchun issiqlik o'tkazish koeffitsientini aniqlaymiz.

Qurilmadagi eritmalarning qaynash temperaturasi va konsentratsiyalariga qarab ma'lumotnomalardan eritmaning fizik xossalari ( $\rho, \mu, \lambda, c \dots$ ) aniqlanadi, isitish trubalarining turiga qarab diametr qabul qilinadi. So'ngra kondensatsiyalanayotgan bug' va qaynayotgan eritma uchun tegishli kriterial tenglamalar yordamida issiqlik berish koeffitsientlaridan issiqlik o'tkazish koeffitsienti topiladi.

Hisoblash paytida trubalar qaynash natijasida hosil bo'lgan qoplama qalinligi ( $\delta = 0,5 \text{ mm}$ ) inobatga olinadi.

Dastlab hisoblar natijasida quyidagi qiymatlar qabul qilinadi:

**I korpusda**  $K_1 = 1700 \text{ Vt/m}^2\text{K}$

**II korpusda**  $K_2 = 990 \text{ Vt/m}^2\text{K}$

**III korpusda**  $K_3 = 580 \text{ Vt/m}^2\text{K}$

Tuzning suvli eritmalarini bug'latish jarayonida korpuslar bo'yicha issiqlik o'tkazish koeffitsientlarining taxminiy nisbatlari quyidagicha:

$$K_1 : K_2 : K_3 = 1 : 0,58 : 0,34$$

9. Korpuslar bo'yicha issiqlik balanslarini tuzamiz. Taxminiy hisoblarni solishtirish maqsadida issiqlik balanslarini issiqlik yo'qotilishini hisobga olmagan holda tuzamiz va bir korpusdan ikkinchisiga eritma o'rtacha qaynash temperaturasida o'tadi deb qabul qilamiz.

Shartga binoan I korpusga bug'latish uchun eritmani qaynash temperaturasigacha qizdirilgan holda uzatiladi.

I – korpusda issiqlik sarfining miqdori:

$$Q_1 = W_1 r_1 = 0,295 \cdot 2179 \cdot 10^3 = 643000 \text{ Vt}$$

II – korpusga eritma o'ta qizdirilgan holda beriladi va unda issiqlik sarfining miqdori:

$$Q_2 = W_2 \cdot r_2 - G_1 c_1 (t_1 - t_2) =$$

$$0,324 \cdot 2234 \cdot 10^3 - 1,09 \cdot 4190 \cdot 0,848 (133,6 - 116,3) = 657000 \text{ Vt}$$

I korpusdan chiqayotgan ikkilamchi bug' beradigan issiqlik miqdori. Issiqlik kirishi va sarf bo'lishining farqi 1 %.

III – korpusdagi issiqlik miqdorining sarfi:

$$Q_3 = W_3 \cdot r_3 - G_3 c_3 (t_2 - t_3) = 0,351 \cdot 2357 \cdot 10^3 - 0,77 \cdot 4190 \cdot 0,784 (116,3 - 82,7) = 743000 \text{ Vt}$$

10. I korpusda isituvchi bug' sarfi:

$$G_{ib} = \frac{643000}{2141 \cdot 10^3} = 0,3 \text{ kg / sek}$$

bug'ning solishtirma sarfi:

$$d = \frac{G_{ib}}{W} = \frac{0,3}{0,97} = 0,31 \text{ kg / sek}$$

11. Foydali temperaturalar farqining korpuslar bo'yicha taqsimlanishi.

Buni ikki usul yordamida qilish mumkin: Hamma qurilmalarning isitish yuzasi engkam bo'lgan sharoitlarda topish mumkin, ya'ni  $Q/K$  va  $\sqrt{Q/K}$  ga proporsionallik shartidan.

Proporsionallik faktorlarini topamiz:

nisbat	$\frac{Q}{K}$	$\sqrt{\frac{Q}{K}} 10^3$
<b>I korpusda</b>	$\frac{643000}{17000} = 378$	<b>615</b>
<b>II korpusda</b>	$\frac{657000}{990} = 664$	<b>815</b>
<b>III korpusda</b>	$\frac{743000}{580} = 1280$	<b>1131</b>

$$\sum \frac{Q}{K} = 2322$$

$$\sum \sqrt{\frac{Q}{K}} 10^3 = 2561$$

Foydali temperaturalar farqi korpuslar bo'yicha quyidagicha aniqlanadi:

Korpusning isitish yuzasi bir xil variantli bo'lganda

Umumiy isitish yuzasi eng kam variantli bo'lganda

$$\Delta t_1 = \frac{(Q_1 / K_1) \Delta t}{\sum(Q / K)} = \frac{50,21 \cdot 378}{2322} = 8,174$$

$$\Delta t_1 = \frac{\sum \sqrt{(Q_1 / K_1) \Delta t}}{\sum \sqrt{(Q / K)}} = \frac{50,21 \cdot 615}{2561} = 12,05$$

$$\Delta t_2 = \frac{50,21 \cdot 664}{2322} = 14,358$$

$$\Delta t_2 = \frac{50,21 \cdot 815}{2561} = 15,97$$

$$\Delta t_3 = \frac{50,21 \cdot 1280}{2322} = 27,682$$

$$\Delta t_3 = \frac{50,21 \cdot 1131}{2561} = 22,174$$

**12.** Har bir korpusning isituvchi yuzasi topiladi.

Korpuslarning isitish yuzasi  
bir xil variantli bo'lganda

Korpuslarning isitish yuzasi  
eng kam variantli bo'lganda

$$F_1 = \frac{Q_1}{K_1 \cdot \Delta t_1} = \frac{643000}{1700 \cdot 8,174} = 46,27$$

$$F_1 = \frac{Q_1}{K_1 \cdot \Delta t_1} = \frac{643000}{1700 \cdot 12,05} = 31,38$$

$$F_2 = \frac{657000}{990 \cdot 14,358} = 46,22$$

$$F_2 = \frac{657000}{990 \cdot 15,978} = 41,58$$

$$F_3 = \frac{743000}{580 \cdot 27,682} = 16,28$$

$$F_3 = \frac{743000}{580 \cdot 22,174} = 57,77$$

$$\sum F = 138,8 m^2$$

$$\sum F = 130,7 m^2$$

Demak, korpuslarning bir xil issiqlik almashinish yuzalari bo'lganda, umumiy isitish yuzasi 6 % ga ko'pdir. Shuning uchun, korpuslarning isitish yuzasi uchun bir xil variant qabul qilinadi, chunki bu variant qurilmalarning bir xilligini ta'minlaydi.

Korpuslar bo'yicha bosim va ikkilamchi bug' temperaturasini tekshiramiz:

Korpus	Qaynash temperaturasi, $\Delta t_{qay} = t_{ib} - \Delta t_{yo'q}$	Ikkilamchi bug' kondensatning temperaturasi, °C $t_0 = t_{qay} - \Delta t_{yo'q}$	Bosim, $P_{abs}$ kgk/sm <sup>2</sup>
I	143,0 – 10,1 = 132,9	132,9 – 3,59 = 129,3	2,7
II	129,3 – 17,6 = 111,7	111,7 – 4,96 = 106,7	1,31
III	106,7 – 33,4 = 73,3	73,3 – 13,32 = 59,98	0,2

Shundan so'ng, atrof muhitga issiqlik yo'qotilishini va temperatura, bosimlarning korpuslar bo'yicha taqsimlanishini birmuncha o'zgarganini hisobga

olib, korpuslarning isitish yuzalari topilgani tufayli qurilmaning aniq hisobi o'tkaziladi.

### **Nazorat uchun savollar**

1. Bug'latish jarayoni haqida tushuncha.
2. Bug'latish jarayonining asosiy ko'rsatkichlari.
3. Eritmaning massaviy sarfi. Hisoblash formulalari.
4. Bug'latish uchun sarflangan issiqlik. Uni aniqlovchi ifoda.
5. O'rtacha qaynash temperaturasi.
6. Umumiy temperaturalar sharti. Asosiy formula.
7. Foydali temperaturalar farqi. Asosiy formula.
8. Hidrostatik effekt haqida tushuncha, uni aniqlovchi ifoda.
9. Bug'latish qurilmasining issiqlik o'tkazish yuzasini hisoblash.
10. Bug'latilgan suv miqdorini hisoblash.
11. Eritmalarni qaynash temperaturasini hisoblash. 2 ta qaynash temperaturasi ma'lum bo'lsa.
12. Eritmalarni qaynash temperaturasini hisoblash. 1 ta qaynash temperaturasi ma'lum bo'lsa.
13. Yo'qotilgan issiqlik miqdorini hisoblash.
14. Isituvchi bug' sarfi va uni hisoblash.
15. Eritmaning issiqlik sig'imi haqida tushuncha va uni hisoblash.

**Amaliy mashg'ulotni chuqurlashtirish maqsadida aqliy hujum, klaster, elpig'ish usullari va 3x3 texnologiyalaridan 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.

## 6 – AMALIY MASHG`ULOT

### Mavzu: Massa almashinish jarayonlarida diffuziya koeffitsientini aniqlash.

**Maqsad:** Massa (modda) almashinish jarayonlari haqida tushuncha hosil qilish va diffuziya koeffitsientini aniqlash.

#### Nazariy qism.

#### Massa almashinish asoslari

Bir yoki bir necha komponentlarni binary yoki murakkab aralashmalarda bir fazadan ikkinchi fazaga o'tishida ro'y bergan jarayonlari *massa almashinish jarayoni* deb ataladi (Masalan, gazdan gazga, suyuqlikdan gazga, qattiq jismdan suyuqlik yoki gazga). Odatda, komponentlarning bir fazadan ikkinchisiga o'tishi molekulyar yoki turbulent diffuziya orqali sodir bo'ladi. Shuning uchun, bu jarayonlar *diffuzion jarayonlar* deb ataladi.

Massa almashinish jarayonlari faol komponent va inert tashuvchi fazalar bilan xarakterlanadi. Faol komponent – bu fazadan fazaga o'tuvchi massa, inert tashuvchilarning miqdori esa, jarayon davomida o'zgarmaydi.

Massa almashinish jarayonini harakatga keltiruvchi kuch – konsentratsiyalar farqi.

#### Umumiy tushunchalar

Sanoat texnologiyalarida ishlatiladigan absorbsiya, haydash, rektifikatsiya, ekstraktsiya (“suyuqlik – suyuqlik”, “qattiq jism – suyuqlik” sistemalarida), adsorbsiya, quritish, kristallanishlarda massa almashinish jarayonlari sodir bo'ladi.

**Absorbsiya** – bu gaz aralashmasidan biror moddaning suyuq fazaga selektiv ravishda yutilish jarayonidir. Ya'ni, bu jarayonda modda bug' yoki gaz fazadan suyuq fazaga o'tishini kuzatishimiz mumkin.

Moddani o'ziga yutuvchi faza *absorbent* deb nomlanadi. Absorbsiya 2 xil bo'ladi: *fizik absorbsiya* – bu gazning suyuqlikda oddiy yutilishi; *xemosorbsiya* – bu gazning suyuqlikda yutilishi davrida kimyoviy birikma hosil bo'lishi.

Absorbsiyaga teskari jarayon, ya'ni yutilgan komponentlarni suyuqlikdan ajratib olish **desorbsiya** deb ataladi.

**Suyuqliklarni haydash va rektifikatsiya** – bu suyuq va bug' fazalar orasida komponentlar o'zaro modda almashinish yo'li bilan suyuq aralashmalarni komponentlarga ajratish jarayonidir. Ushbu jarayon issiqlik ta'sirida olib borilib, komponentlarning qaynash temperaturasi har xil bo'lishiga asoslanadi. Bu jarayon 2 xil bo'ladi: oddiy haydash (distillash) va murakkab haydash (rektifikatsiya). Shuni alohida ta'kidlash kerakki, bunda modda suyuq fazadan bug'ga va bug'dan suyuq fazaga o'tadi.

**Ekstraksiya** – bu eritma yoki qattiq jismdan erituvchi yordamida bir yoki bir necha komponent ajratib olish jarayonidir. “Suyuqlik - suyuqlik” sistemasida faol komponent bir suyuq fazadan ikkinchisiga o'tadi. “Qattiq jism - suyuqlik” sistemasida modda qattiq jismdan suyuq fazaga o'tadi. Bunday sistemada komponentning suyuq fazaga o'tishi *eritish jarayoni* deb nomlanadi.

**Adsorbsiya** – bu gaz, bug' yoki suyuq aralashmalardan bir yoki bir necha komponentlarni qattiq, g'ovakli jism bilan yutilish jarayonidir. Juda katta faol yuzaga ega qattiq jismlar *adsorbentlar* deb ataladi. Ushbu jarayon sanoatning turli sohalarida ishlatiladi va gaz, bug' yoki suyuq aralashmalardan u yoki bu komponentni ajratib olish uchun xizmat qiladi.

Adsorbsiya jarayonida suyuq yoki gaz fazadagi komponent qattiq jismga o'tadi.

**Quritish** – bu qattiq materiallar tarkibidagi nimlikni bug' shaklida ajratib olish jarayonidir. Ushbu jarayonda faol komponent – namlik qattiq fazadan gaz yoki bu fazasiga o'tadi.

**Kristallanish** – bu suyuq eritmalar tarkibidagi qattiq fazani kristall shaklida ajratib olish jarayonidir. Ushbu jarayonda suyuq fazadan moddaning qattiq fazaga o'tishi ro'y beradi.

Yuqorida keltirilgan jarayonlardan ko'rinib turibdiki, ularning hammasi uchun bir fazadan ikkinchisiga massa o'tishi yoki massa o'tkazish xos.

Moddaning bir fazadan ikkinchisiga, ajratib turuvchi yuza orqali o'tishi **massa o'tkazish jarayoni** deb ataladi.

Bir faza ichida, fazadan ajratib turuvchi yuza yoki ajratib turuvchi yuzidan fazaga moddaning o'tishiga **massa berish jarayoni** deyiladi.

### Massa o'tkazish kinetikasi

Muvozanat holatiga erishish yo'nalishida moddaning bir fazadan ikkinchisiga o'tish jarayoniga **massa o'tkazish** deyiladi.

Massa almashinish jarayonida eng kamida 3 ta modda ishtirok etadi: 1) birinchi fazani tashkil etuvchi modda; 2) ikkinchi fazani tashkil etuvchi modda; 3) bir fazadan ikkinchisiga o'tgan tarqaluvchi modda.

Massa almashinish jarayonida muvozanat holatlarini aniqlashda **fazalar qoidasidan** foydalaniladi:

$$\Phi + C = K + 2 \quad (1)$$

bu yerda  $\Phi$  – fazalar soni;  $C$  – erkinlik darajasi soni;  $K$  – sistemadagi komponentlar soni.

Bu qoidaga binoan, muvozanat holatlarini hisoblashda parametrlarining (bosim, temperatura, konsentratsiya) nechtasini o'zgartirish imkoniyati borligini aniqlash mumkin.

Birinchi fazani –  $G$ , ikkinchisini –  $L$  va tarqaluvchi massani –  $M$  bilan belgilab olamiz. Hamma massa almashinish jarayonlari qaytar, shuning uchun modda  $G$  fazadan  $L$  ga va teskari yo'nalishda o'tishi mumkin.

Dastavval, tarqaluvchi modda faqat  $G$  fazada va  $y$  konsentratsiyali bo'lsin. Boshlang'ich davrda  $L$  fazada tarqaluvchi modda yo'q bo'lsa, unda fazadagi konsentratsiyasi  $x = 0$ .

Agar, fazalarni aralashtirib yuboradigan bo'lsak, unda tarqaluvchi modda  $G$  fazadan  $L$  fazaga o'tadi.  $L$  fazada tarqaluvchi modda  $M$  bo'lishi bilan teskari o'tish boshlanadi, ya'ni  $L$  fazadan  $G$  fazaga. Ma'lum vaqtgacha,  $G$  fazadan  $L$  ga o'tayotgan

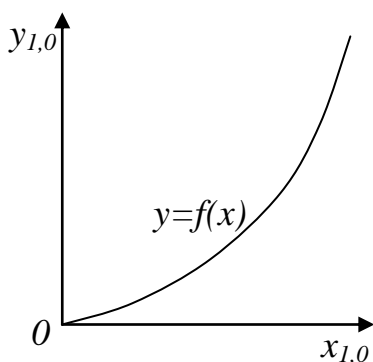


tarqaluchi modda zarrachalarining soni  $M$ ,  $L$  fazadan  $G$  fazaga o'tayotgannikidan ko'proq bo'ladi.

Lekin, ya'ni biror fursatdan so'ng,  $M$  moddaning to'g'ri va teskari o'tish tezliklari tenglashadi. Sistemaning bunday holati fazaviy muvozanat deyiladi. Muvozanat paytida  $x$  ning ma'lum qiymatiga boshqa fazadagi tegishli aniq bir qiymatli muvozanat konsentratsiyasi  $y_M$  to'g'ri keladi. Xuddi shunday,  $y$  ning ma'lum qiymatiga tegishli muvozanat konsentratsiyasi  $x_M$  mos keladi. Muvozanat paytida fazalardagi tarqaluvchi komponent konsentratsiyalari o'rtasida umumiy bog'liqlik quyidagi ko'rinishga ega:

$$\bar{y}_p = f_1(\bar{x}); \quad \bar{x}_p = f_2(\bar{y}) \quad (2)$$

Ushbu tenglamalar grafikda muvozanat chizig'i bilan ifodalanadi va massa almashinish jarayonining turiga qarab to'g'ri yoki egri chiziq ko'rinishda bo'ladi.



**8.1-rasm.**  $p = const$  va  $t = const$  bo'lgandagi muvozanat diagramma.

8.1-rasmda gaz fazasidagi muvozanat konsentratsiyasining suyuq fazadagi konsentratsiya bilan bog'liqligi berilgan.

Muvozanat paytidagi fazalar konsentratsiyalarining nisbati **tarqalish koeffitsienti  $m$**  deb nomlanadi:

$$m = \frac{y_M}{x}$$

Odatda, ko'pchilik eritmalar uchun muvozanat chizig'i to'g'ri chiziq shaklida bo'ladi. Tarqalish koeffitsientining qiymati ko'pincha o'zgarmas bo'li, muvozanat chizig'ining qiyalik burchagi tangensiga tengdir.

Turli – tuman massa almashinish jarayonlariga oid qonunlarining aniq turlari tegishli boblarda ko'rib chiqiladi.

Muvozanat bog'liqliklar jarayon yo'nalishi bilan birga, bir fazadan ikkinchisiga tarqaluvchi modda o'tish tezligini ham aniqlash imkonini beradi.

Muvozanat va haqiqiy konsentratsiyalar orasidagi farq massa almashinish jarayonlarini harakatga keltiruvchi kuchi deb hisoblanadi.

Massa almashinish jarayonlarining tezlik koeffitsienti va harakatga keltiruvchi kuchini hisoblash massa o'tkazish kinetikasining asosiy masalasidir.

**Massa o'tkazishning asosiy tenglamasi** kinetikaning umumiy tenglamasidan keltirib chiqarilishi mumkin.

Ushbu tenglamaga binoan, massa almashinish jarayonlarining tezligi harakatga keltiruvchi kuchga to'g'ri va jarayon diffuzion qarshiligiga teskari proporsionaldir.

Agar, diffuzion qarshilik teskari kattalikni  $K = I/R$  (bu yerda  $R$  – diffuzion qarshilik) deb belgilasak, ushbu tenglamaga ega bo'lamiz:

$$\frac{dM}{F \cdot d\tau} = k\Delta \quad (3)$$

bu yerda,  $M$  – bir fazadan ikkinchisiga o'tgan massa miqdori, kg;  $F$  – massa o'tkazish yuzasi,  $m^2$ ;  $\tau$  – jarayon davomiyligi, c;  $k$  – massa o'tkazish koeffitsienti. Ko'rinib turibdiki,  $dM/Fdt$  ajratib turuvchi yuza borligiga to'g'ori keladigan massa o'tkazish tezligidir.

Demak, agar  $k = const$  bo'lsa, butun massa almashinish yuzasi uchun

$$M = k \cdot \Delta \cdot F \tau$$

$$M = K_y F \Delta y_{ur} \cdot \tau \text{ yoki } M = K_x F \Delta x_{ur} \cdot \tau \quad (4)$$

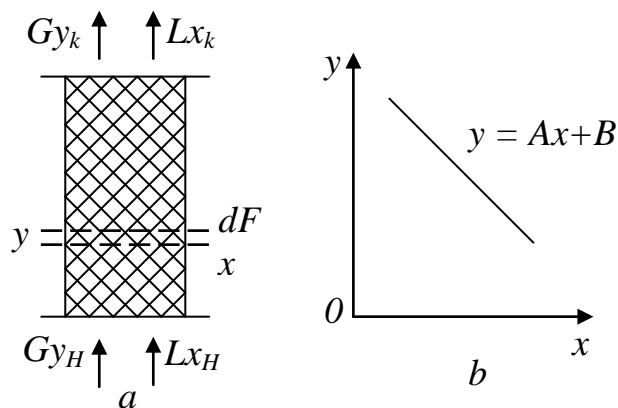
(4) massa o'tkazish jarayonining asosiy tenglamasi deb nomlanadi. Ushbu tenglamaga binoan, bir faza yadrosidan ikkinchi faza yadrosiga uzatilgan massa miqdori fazalar yadrosidagi konsentratsiyalar farqi, ajratib turuvchi yuza va jarayon davomiyligiga to'g'ri proporsionaldir.

**Massa o'tkazish koeffitsienti**, vaqt birligi ichida harakatga keltiruvchi kuch birga teng bo'lganda, ularni ajratib turuvchi yuza birligidan o'tgan massa miqdorini xarakterlaydi.

(4) tenglamani tashkil etuvchi parametrlar birlilariga qarab, massa o'tkazish koeffitsienti quyidagi o'lchov borligiga ega bo'ladi: m/s; kg/(h.k.k b.  $m^2s$ ); kmol/(h.k.k  $m^2s$ ).

### Massa almashinish jarayonining moddiy balansi

Bir xil yo'nalishli fazalar o'rtasida massa almashinish ro'y berayotgan elementar massa almashinish qurilmasining sxemasini ko'rib chiqamiz. Fazalarni ajratib turuvchi yuzaga nisbatan massaviy tezliklarini  $G$  va  $L$  (kg/soat), tarqaluvchi modda konsentratsiyalarini esa  $y$  va  $x$  (kg/kg) deb belgilab olamiz (8.2-rasm).



**8.2-rasm.** Jarayonning moddiy balansini tuzishga va ishchi chiziq tenglamasini keltirib chiqarishga oid.

$a$  – qurilmadagi oqimlar sxemasi;

$b$  –  $y$ - $x$  koordinatalarida ishchi chiziqni tasvirlash.

Agar,  $y > y_M$  deb faraz qilsak, tarqaluvchi modda  $G$  fazadan  $L$  fazaga o'tadi, ammo  $G$  fazada konsentratsiya

$\bar{y}_b$  dan  $\bar{y}_{ox}$  gacha kamayadi.

$L$  fazada esa, mos ravishda konsentratsiya  $\bar{x}_b$  dan  $\bar{x}_{ox}$  gacha ortadi

Qurilmaning cheksiz kichik  $dF$  yuzasi uchun:

$$dM = G(-d\bar{y}) = Ld\bar{x} \quad (5)$$

Qurilmada tarqaluvchi modda konsentratsiyalari o'zgarishi chegarasida (5) tenglikni integrallab, quyidagi tenglamani olamiz:

$$M = -G(\bar{y}_{ox} - \bar{y}_b) = G(\bar{y}_b - \bar{y}_{ox}) = L(\bar{x}_{ox} - \bar{x}_b) \quad (6)$$

Bundan, fazalarning massaviy sarfini aniqlaymiz:

$$G = L \frac{\bar{x}_{ox} - \bar{x}_b}{\bar{y}_b - \bar{y}_{ox}}; \quad L = G \frac{\bar{y}_b - \bar{y}_{ox}}{\bar{x}_b - \bar{x}_{ox}} \quad (7)$$

(5) tenglamani boshlang'ich va oxirgi konsentratsiyalar oralig'ida integrallab quyidagi ifodani olamiz:

$$G(\bar{y}_b - \bar{y}) = L(\bar{x} - \bar{x}_b)$$

Bundan, joriy konsentratsiyalar orasidagi bog'liqlik topiladi:

$$\bar{y} = \frac{L}{G} \bar{x} + \frac{G \bar{y}_b - L \bar{x}_{ox}}{G} \quad (8)$$

yoki

$$\bar{y} = Ax + B \quad (9)$$

bu yerda  $A = L/G$ ;  $B = (G \bar{y}_b - L \bar{x}_{ox})/G$ .

(8) va (9) lar ishchi chiziq tenglamasini xarakterlaydi. Ulardan, massa almashinish qurilmalarini hisoblashda foydalaniladi.

Shunday qilib, muvozanat va ishchi chiziq tenglamaridan jarayonning yo'nalishini ham aniqlash mumkin.

Haqiqiy (ishchi) konsentratsiyalar orasidagi bog'liqlikni ifodalovchi to'g'ri chiziq tenglamasi (9) **jarayonning ishchi chizig'i** deb nomlaandi.

### Massa o'tkazishning asosiy qonunlari

Massa o'tkazish jarayonlari bir necha massa almashinish yo'li bilan amalgam oshirilishi mumkin: gaz (yoki bug') va suyuqlik oqimlari orasida; ssuyuqlik oqimlari orasida; suyuqlik oqimi va qattiq faza orasida; gaz (yoki bug') oqimi va qattiq faza orasida.

Massa o'tkazishning asosiy qonunlari bo'lib molekulyar diffuziya (Fikning I – qonuni), massa berish (Nyuton – Shukarev qonuni) va massa o'tkazuvchanlik qonunlari hisoblanadi.

**Molekulyar diffuziya qonuni (Fikning I - qonuni).** Molekula, atom, ion va kolloid zarrachalarning xaotik harakati natijasida moddalarning tarqalishi **molekulyar diffuziya** deb nomlanadi. Ma'lumki, moddalar har doim konsentratsiyasi yuqori zonadan konsentratsiyasi past zonaga qarab tarqaladi. Ushbu qonunga binoan, diffuziya yo'li bilan tarqalgan modda miqdori konsentratsiyalar gradiyenti, diffusion oqim yo'nalishidagi perpendikulyar ajratuvchi yuza va jarayon davomiyligiga to'g'ri proporsionaldir:

$$dM = -D \frac{\partial c}{\partial t} F d\tau \quad \text{yoki} \quad M = -D \frac{dc}{dn} F \tau \quad (10)$$

bu yerda  $dM$  – diffuziya yo’li bilan tarqalgan massa miqdori;  $D$  – diffuziya koeffitsienti;  $\partial n / \partial t$  - konsentratsiyalar gradiyenti;  $F$  – diffuziya o’tayotgan yuza;  $dt$  – diffuziya davomiyligi.

Diffuziya koeffitsienti,  $1 \text{ m}^2$  ajratuvchi yuza orqali 1 soat davomida 1 m oraliqdagi konsentratsiyalar farqi 1 ga teng bo’lganda tarqalgan modda miqdorini xarakterlaydi.

Tenglamadagi “minus” ishora molekulyar diffuziya jarayonida konsentratsiya kamayib borishini ifodalaydi.

(10) tenglamadagi diffuziya koeffitsientining o’lchov birligini aniqlaymiz:

$$[D] = \left[ \frac{M \cdot dn}{dc \cdot F \cdot \tau} \right] = \left[ \frac{\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}} \right] = \left[ \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right]$$

Molekulyar diffuziya koeffitsienti o’zgarmas fizik kattalik bo’lib, moddaning diffuziya yo’li bilan qo’zg’almas muhitga kirish qobiliyatini xarakterlaydi. Ushbu koeffitsient jarayonning gidrodinamikasiga bog’liq emas. Lekin, u tarqaluvchi modda va muhitning issiqlik – diffusion xossalari, temperatura va bosimga bog’liqdir. Ya’ni temperatura olishi va bosim pasayishi bilan uning qiymati ortadi.

Odatda, diffuziya koeffitsientining qiymatlari adabiyotlardan yoki quyidagi formulalardan aniqlanadi:

$$D = 4,35 \cdot 10^{-2} \frac{T^2}{P(V_A^{0,33} + V_B^{0,33})} \sqrt{\frac{1}{M_A} + \frac{1}{M_B}} \quad (11)$$

suyuqliklar uchun

$$D = \frac{8,2 \cdot 10^{-12} T}{\mu \cdot V_a^{0,33}} \left[ 1 + \left( \frac{3V_B}{V_A} \right)^{0,66} \right] \quad (12)$$

bu yerda  $T$  – temperatura, K;  $P$  – bosim, Pa;  $V_A$  va  $V_B$  – jarayonda ishtirok etuvchi moddalar mol hajmi,  $\text{sm}^3/\text{mol}$ ;  $M_A$  va  $M_B$  – moddalarning molekulyar massasi,  $\text{kg}/\text{mol}$ ;  $\mu$  – dinamik qovushqoqlik,  $\text{mPa} \cdot \text{s}$ ;  $A$  va  $B$  – moddaning tabiatiga bog’liq tajribaviy konstanta.

Diffuziya koeffitsienti sistemaning agregat holatiga bog’liq. Gazlar uchun  $D$  ning qiymatlari  $(0,1 \dots 1,0) \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ . Suyuqliklarning diffuziya koeffitsienti to’rt darajaga past bo’ladi. Ma’lumki, temperatura ortishi bilan  $D$  ortadi, bosim oshishi bilan esa – kamayadi.

Gazlardagi diffuziya koeffitsienti konsentratsiyaga umuman bog’liq emas. Lekin, suyuqliklarda esa, diffuziya koeffitsienti konsentratsiyaga bog’liqligi bor. Paxta yog’ining normal sharoitda ekstraksiyon benzindagi diffuziya koeffitsienti  $D = 0,71 \cdot 10^{-5}$ ; gazning boshqa bir gazdagi tarqalish diffuziya koeffitsienti  $\sim 0,1 \dots 1,0 \text{ sm}^2/\text{s}$ ; gazning suyuqliklardagi diffuziya koeffitsienti  $10^4 \dots 10^5$  marotaba kam bo’lib, tahminan  $1 \text{ sm}^2/\text{s}$ utkaga teng.

Xulosa qilib aytganda, molekulyar diffuziya juda sekin o'tadigan jarayondir.

**Turbulent diffuziya.** Turbulent tebranish ta'sirida oqimning harakatida bir fazadan ikkinchisiga moddaning tarqalishi **turbulent diffuziya** deb nomlanadi.

Turbulent diffuziya tezligi oqimning turbulentlik darajasiga, jarayonning gidrodinamik rejimiga bog'liqdir. Istalgan fazada turbulent diffuziya yo'li bilan tarqalgan moddaning miqdori ushbu tenglamadan topiladi:

$$M = -\varepsilon_{\bar{A}} \frac{\partial c}{\partial n} F \cdot \tau \quad (13)$$

bu yerda  $\varepsilon_{\bar{A}}$  – turbulent diffuziya koeffitsienti.

(13) tenglamadan  $\varepsilon_{\bar{A}}$  – aniqlaymiz:

$$[\varepsilon_{\bar{A}}] = \left[ \frac{M \cdot dn}{dc \cdot F \cdot \tau} \right] = \left[ \frac{kg \cdot m \cdot m^2}{s \cdot m^2 \cdot kg} \right] = \left[ \frac{m^2}{s} \right]$$

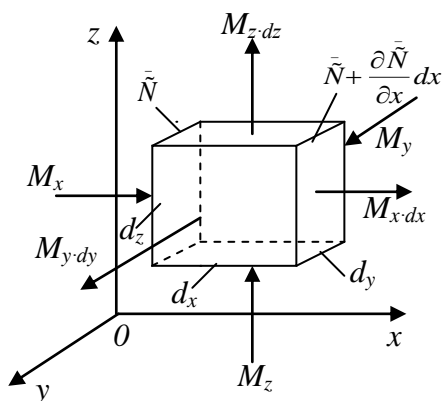
Turbulent diffuziya koeffitsienti vaqt birligi ichida konsentratsiya gradiyenti birga teng bo'lganda ajratuvchi yuza birligidan turbulent diffuziya yo'li bilan tarqalgan moddaning niqdorini bildiradi. Uning qiymati jarayonning gidronamik rejimiga bog'liq. Bu yerda gidrodinamik rejim deganda oqimning tezligi va turbulentlik masshtabi nazarda tutiladi.

### Molekulyar diffuziyaning differensial tenglamasi (Fikning II – qonuni).

Biror fazaning oqimida ajratib olingan elementar parallelepiped uchun tarqaluvchi moddaning moddiy balansi ko'rib chiqiladi va undan konvektiv diffuziya yoki massa berish jarayonining tenglamasini keltirib chiqarish mumkin (8.3-rasm).

Elementar kichik parallelepiped orqali molekulyar diffuziya yo'li bilan modda tarqalayotgan bo'lsin.

Agar,  $dydz$ ,  $dx dy$  va  $dx dz$  tomonlari orqali  $M_x$ ,  $M_z$  va  $M_y$  miqdorda moddalar o'tayotgan bo'lsa, qarama – qarshi tomonlardan esa  $M_{x+dx}$ ,  $M_{z+dz}$  va  $M_{y+dy}$  miqdorda moddalar chiqadi. Ya'ni, parallelepipedning elementar hajmi  $dM = (M_x - M_{x+dx}) + (M_y - M_{y+dy}) + M_{x+dx}$  miqdorda tarqalgan modda yutib oladi. Bunda, moddaning konsentratsiyasi  $(\partial C / \partial \tau) \partial \tau$  miqdorga ortadi. Fikning 1 – qonuniga binoan:



**8.3-rasm.** Molekulyar diffuziyaning differensial tenglamasini keltirib chiqarishga oid.

$$M_x = -D \frac{\partial C}{\partial x} dydz d\tau$$

$$M_{x+dx} = -D \frac{\partial \left( C + \frac{\partial \bar{C}}{\partial x} dx \right)}{\partial x} dydzd\tau = -D \frac{\partial \bar{C}}{\partial x} dydzd\tau - D \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial x^2} dx dydzd\tau$$

demak:

$$M_x - M_{x+dx} = D \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial x^2} dx dydzd\tau$$

Xuddi shunday qilib parallelepipedning qolgan tomonlari uchun ham o'tgan moddalar farqini aniqlab olamiz.

Parallelepiped bilan yutilgan umumiy modda miqdori:

$$dM = D \left( \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial z^2} \right) dx dydzd\tau \quad (14)$$

Ushbu modda miqdorini parallelepiped hajmini tarqalayotgan modda konsentratsiyasining  $\partial\tau$  vaqt ichida o'zgarishiga ko'paytirib ham topsa bo'ladi:

$$dM = dx dydz \frac{\partial \bar{C}}{\partial \tau} d\tau \quad (15)$$

(14) va (15) larni tenglashtirib, ushbu ko'rinishdagi molekulyar diffuziyaning differensial tenglamasini olamiz:

$$\frac{\partial \bar{N}}{\partial \tau} = D \left( \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial z^2} \right) \quad (16)$$

(16) tenglama Fikning 2 – qonuni deb yuritiladi.  $\partial \bar{N} / \partial \tau$  - fazoda olingan istalgan nuqtadagi konsentratsiyaning vaqt bo'yicha o'zgarish tezligini xarakterlaydi.

**Massa berishning asosiy qonuni.** Ushbu qonun qattiq jismlar erishini o'rganish paytida rus olimi Shukarev tomonidan aniqlangan. Bu qonunga binoan, fazalarni Ajratib turuvchi yuzadan biror faza yodrasiga yoki teskari yo'nalishda massa berish yo'li bilan o'tgan modda miqdori fazalar konsentratsiyasi farqiga fazaga va jarayon davomiyligiga to'g'ri proporsionaldir.

Diffuzion chegaraviy qatlam nazariyasiga asosan tarqaluvchi modda suyuqlik oqimi yadrosidan fazalarni ajratuvchi yuzaga suyuqlik konvektiv oqimlari va molekulyar diffuziya yo'li bilan o'tadi. Ko'rilayotgan sistemada oqim yadrosi va chegaraviy diffuzion qatlamlar bor (8.4-rasm). Faza yadrosida moddaning tarqalishi asosan suyuqlik yoki gaz oqimi bilan amalga oshiriladi. Oqimlarning turbulent harakati davrida tarqaluvchi modda konsentratsiyasi o'zgarmas bo'ladi. Chegaraviy

diffuzion qatlamga yaqinlashgan sari moddaning turbulent tarqalishi kamayadi va molekulyar diffuziya hisobiga massa berish ulushi ortadi.

Bunda, tarqaluvchi moddaning konsentratsiya gradiyenti hosil bo'ladi va fazalarni ajratuvchi chegaraga yaqinlashib borgan sari, uning qiymati oshib boradi. Shunday qilib, chegaraviy diffuzion qatlam atrofi – bu konsentratsiya gradiyenti hosil bo'lishi va o'sishi sohasidir. Undan tashqari bu yer – umumiy massa o'tkazishga molekulyar diffuziya tezligining ta'siri ko'payadigan sohadir.

$G$  fazadan  $L$  fazaga tarqalayotgan modda miqdori  $M$  bo'lsin. Agar, fazalar yadrosidagi moddalar konsentratsiyasini  $y_f$  va  $x_f$  deb, fazalarni Ajratib turuvchi yuzadagi konsentratsiyalarni esa  $y_u$  va  $x_u$  deb belgilasak, unda massa berish jarayonida o'tgan modda miqdorlarini quyidagi tenglamalardan aniqlash mumkin:

$$dM = \beta_y (y_f - y_u) \cdot F d\tau; \quad dM = \beta_x (x_u - x_f) \cdot F d\tau \quad (17)$$

bu yerda,  $\beta_y, \beta_x$  – konvektiv va molekulyar oqimlar bilan modda uzatilishini xarakterlovchi massa berish koeffitsientlari:  $y_u = y_M$  va  $x_u = x_M$  deb qabul qilinadi.

Massa berish koeffitsientining o'lchov birligi quyidagicha:

$$[\beta] = \left[ \frac{M}{(y_f - y_u) \cdot F \cdot \tau} \right] = \left[ \frac{kg \cdot m^3}{kg \cdot m^2 \cdot soat} \right] = \left( \frac{m}{soat} \right)$$

Massa berish koeffitsienti vaqt birligida jarayonni harakatga keltiruvchi kuchi birga teng bo'lganda, yuza birligidan fazalarni ajratuvchi yuzadan fazaning yadrosiga yoki teskari yo'nalishda o'tgan modda miqdorini xarakterlaydi.

Massa berish koeffitsienti fazalarning zichligi, qovushqoqligi va boshqa xossalarga, suyuqlik harakat rejimiga, qurilmaning tuzilishiva o'lchamlariga bog'liqdir. Shuning uchun ham uning qiymatini tajriba yoki hisoblash yo'li bilan aniqlash qiyin. Lekin, har bir aniq sharoit va suyuqliklar uchun  $\beta$  ning qiymatini tajriba yo'li bilan topish mumkin.

Shuni alohida ta'kidlash kerakki, massa berish koeffitsienti fizik ma'nosi bo'yicha massa o'tkazish koeffitsientidan farq qilsa ham, lekin bir xil o'lchov birligiga ega.

### **Qattiq jism ishtirokida massa almashinish**

Bunday jarayonlarga adsorbsiya, desorbsiya, kristallanish, quritish, eritish, qattiq materiallardan ekstraksiyalash kabilar kiradi. Albatta, bu noturg'un jarayonlarning o'ziga xos alohida xususiyatlari bor. “Qattiq jism – suyuqlik” sistemada massa almashinish juda murakkab jarayon deb hisoblanadi.

G'ovaksimon qattiq jismdan fazalarni ajratib turuvchi Chegara orqali gaz (yoki bug') suyuqlik muhitga yoki gaz (yoki bug') muhitdan qattiq jismga moddaning tarqalishi, o'tkazish potentsiali gradiyenti mavjud bo'lgandagina ro'y beradi. Boshqacha qilib aytganda, “qattiq jism – suyuqlik” sistemada massa o'tkazish jarayoni ichki va tashqi diffuziyalardan tashkil topgan bo'ladi. Bu sistemada massa

almashinish jarayoniga qattiq jismning tuzilishi katta ta'sir ko'rsatadi. Ma'lumki, qattiq jism murakkab, geometrik sistema bo'lib, g'ovaklilik, polidisperslik, kapillyarlik shakli va kovakchalarni o'lchami bo'yicha taqsimlanishi bilan ajralib turadi.

Kapillyar kovakli tuzilishga qarab qattiq jismlar quyidagi sinflarga ajratiladi: yirik kovakli ( $d_{kr} \leq 100 \text{ nm}$ ); o'rtacha kovakli va ultramikrovakli materiallar bo'ladi.

“Qattiq jism – suyuqlik” sistemasida massa berish jarayoni bilan **massa o'tkazuvchanlik** (qattiq jismda moddaning tarqalishi) bir vaqtda o'tadi.

Bu sistemada kechadigan jarayonlarning tezligi vaqt o'tishi bilan molekulyar diffuziya tezligiga qaraganda kamayib boorish xosdir. Shuning uchun ushbu jarayonlarni ifodalashda “siqiq diffuziya” degan atamadan foydalaniladi.

Eritmaning “siqiq diffuziya”si uchun Kadi va Vilyamslar tominidan ushbu formula taklif etilgan:

$$D_{SI} = D \frac{1}{1 + a \left( \frac{r}{R} \right)}$$

(18)

bu yerda:  $D_{SI}$  – “siqiq diffuziya” koeffitsienti;  $D$  – molekulyar diffuziya koeffitsienti;  $r$  – tarqalayotgan molekula o'lchami;  $R$  – qattiq jism kovakchalarining ko'ndalang o'lchami.

“Siiq diffuziya” o'rniga jarayonni har tomonlama to'liq ifodalovchi umumiy kinetic xarakteristika – massa o'tkazuvchanlikni aniqlash maqsadga muvofiqdir. Unda, qattiq jismda tarqalgan moddaning uzatilishini ifodalovchi qonun sifatida qabul qilinish mumkin: qattiq jismda massa o'tkazuvchanlik hisobiga tarqalgan massamiqdori konsentratsiyalar gradiyenti, oqim yo'nalishiga perpendikulyar yuza va jarayon davomiyligiga to'g'ri proporsionladir, ya'ni

$$dM = -k \frac{\partial \bar{C}}{\partial x} dF d\tau \quad (19)$$

bu yerda:  $k$  – massa o'tkazuvchanlik koeffitsienti,  $\text{m}^2/\text{s}$ .

Ushbu koeffitsient temperatura va qattiq jismda tarqalgan modda konsentratsiyalariga bog'liqdir.

**8.5-rasmda** g'ovaksimon qattiq jismlarning tipik tuzilishlari keltirilgan. Ko'rinib turibdiki, bunday tuzilishli jismlarda jarayonning kinetikasi turlicha bo'lishi tabiiydir.

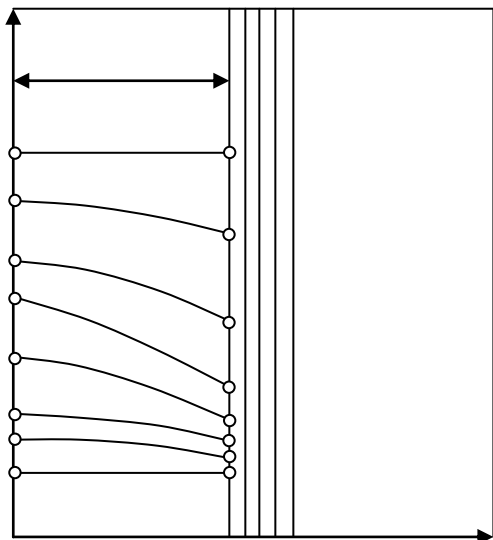
Qattiq jismdan namlikni desorbsiyai misolida massa almashinish jarayonni ko'rib chiqamiz (**8.6-rasm**).

Boshlang'ich vaqt  $\tau = \tau_0$  da plastinaning butun hajmida konsen-tratsiya o'zgarmas bo'ladi ( $c = \text{const}$ ). Qattiq jism bilan massa almashinuvchi suyuqlik



fazada tarqaluvchi moddaning konsentratsiyasi o'zgarmas va  $y_f$  ga tengdir. Dastlabki davrda, tarqalayotgan modda qattiq jismdan suyuqlikka qarab harakat qiladi.

Qattiq materialdan erkin bog'langan namlikning chiqib ketishi bilan jismning temperaturasi o'zgarmaydi va u ho'l termometr temperaturasiga teng bo'ladi. Material ustiga bug' bosimi esa, suyuqlikning to'yingan bug'lari bosimiga barobardir. Shu davrda materialdan namlikning bug' holatida chiqib ketishi o'zgarmas tezlikda sodir bo'ladi.



Vaqt o'tishi bilan jismning konsentratsiyasi uzluksiz ravishda pasayib boradi.

Biror kritik konsentratsiya  $x_{kr}$  dan boshlab, bug'lanish zonasi jismning ichiga suriladi. Bu hol, albatta o'tkazish potentsiali gradiyentining kamayishiga va jarayonning sekinlashuviga olib keladi. Namlikni bug'lanishi nafaqat o'zgaruvchan koordinatali yuzalarda bo'libgina qolmasdan, balki jismning "avvalgi" qatlamlarida ham boradi. Lekin, jismning tashqi yuzasiga yaqinlashgan sari, jarayon intensivligi kamayadi. Bunday hol namlikni material bilan turli usullarda bog'langanligidan dalolat beradi.

Jarayon tezligi pasayishi davrida massa almashinish jarayonining tezligi massa o'tkazuvchanlik tezligi bilan belgilanadi. O'z navbatida, Massa o'tkazuvchanlik tezligi massa almashinish mexanizmiga bog'liqdir.

### **Nazorat uchun savollar**

**Amaliy mashg'ulotni chuqurlashtirish maqsadida aqliy hujum, klaster, elpig'ish usullari va 3x3 texnologiyalaridan 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. Nurmhammedov, 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. Nurmhammedov, 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: Absorbsiya jarayoni, absorberlarni balandligini aniqlash.

**Maqsad:** Absorbsiya jarayonini o'rganish. Absorbsiya jarayonini olib borish usullarini o'rganish.

**Nazariy qism.**

**Umumiy tushunchalar.**

Gaz yoki bug'larni gaz yoki bug'li aralashmalardagi komponentlarining suyuqlikda yutilish jarayoni *absorbsiya* deb nomlanadi. Yutilayotgan gaz yoki bug' *absorbktiv*, yutuvchi suyuqlik esa *absorbent* deb ataladi. Ushbu jarayon selektiv va qaytar jarayon bo'lib, gaz yoki bug' aralashmalarini ajratish uchun xizmat qiladi.

Absorbktiv va absorbentlarning o'zaro ta'siriga qarab, absorbsiya jarayoni ikkiga bo'linadi: fizik absorbsiya, kimyoviy absorbsiya (yoki xemosorbsiya).

*Fizik absorbsiya* jarayonida gazning suyuqlik bilan yutilishi paytida kimyoviy reaksiya yuz bermaydi, ya'ni kimyoviy birikma hosil bo'lmaydi. Agar, suyuqlik bilan yutilayotgan gaz kimyoviy reaksiyaga kirishsa, bunday jarayon *xemosorbsiya* deyiladi.

Ma'lumki, fizik absorbsiya ko'pincha qaytar jarayon bo'lgani sababli, ya'ni suyuqlikka yutilgan gazni ajratib olish imkoni bo'ladi. Bunday jarayon *desorbsiya* deb nomlanadi. Absorbsiya va desorbsiya jarayonlarini uzluksiz ravishda tashkil etish yutilgan gazni sof holda ajratib olish va absorbentni ko'p marta ishlatish imkonini beradi.

Absorbsiya jarayoni sanoat korxonalarida uglevodorodli gazlarni ajratish, sulfat, azot, xlorid kislotalar va ammiakli suvlarni olishda gaz aralashmalaridan qimmatbaho komponentlarni ajratish va boshqa hollarda keng maqsadda ishlatiladi.

Absorbsiya jarayoni ishtirok etadigan texnologiyalarni qurilmalar bilan jihozlash murakkab emas. Shuning uchun, kimyo, oziq-ovqat va boshqa sanoatlarda absorberlar ko'p qo'llaniladi.

### Absorbsiya jarayonining fizik asoslari

Gaz faza suyuqlik bilan o'zaro ta'siri natijasida ikkita faza ( $\Phi=2$ ) va uchta komponent, ya'ni tarqaluvchi modda va ikkita modda tashuvchi ( $K=3$ ) lardan iborat sistema hosil bo'ladi.

Fazalar qoidasiga binoan, bunday sistema 3 ta erkinlik darajasiga ega:

$$\tilde{N} = \hat{E} + 2 - \hat{O} = 3 + 2 - 2 = 3$$

Sistemadagi fazaviy muvozanatni belgilovchi asosiy uchta parametrlar quyidagilardir: bosim, temperatura va konsentratsiya. Demak, "gaz-suyuqlik" sistemada ikkala fazaning bosimi  $p$ , temperaturasi  $t$  va konsentratsiyasi  $x$  o'zgarishi mumkin. Absorbsiya jarayoni o'zgarimas bosim va temperaturada borayotgan bo'lsa, bir fazada tarqalayotgan moddaning har bir konsentratsiyasiga ikkinchi fazadagi aniq konsentratsiya to'g'ri keladi.

O'zgarmas temperatura ( $t = const$ ) va umumiy bosimli sharoitda muvozanat konsentratsiyalari orasidagi bog'liqlik Genri qonuni bilan ifodalanadi. Bu qonunga binoan, biror temperaturada eritmadagi eritma ustidagi gaz parsial bosimi, uning mol ulushiga to'g'ri proporsionaldir:

$$\delta = A \tilde{\delta}$$

$$\tilde{\delta} = \frac{\delta}{A} \quad (9.1)$$

bu yerda:  $p$  muvozanat holatidagi eritmada  $x$  konsentratsiyali yutilayotgan gazning parsial bosimi;  $E$  – Genri konstantasi.

Genri konstantasi absorbtiv va absorbentlarning xossalariga, hamda temperaturaga bog'liq bo'ladi:

$$\ln E = \frac{q}{RT} + C \quad (9.2)$$

bu yerda  $q$  – gazning erish issiqligi, kJ/kmol;  $R$  – 8,325 kJ/(kmol·K) – universal gaz doimiysi;  $T$  – absolyut temperatura, K;  $C$  – yutayotgan suyuqlik va gazlarning tabiatiga bog'liq bo'lgan o'zgarmas kattalik.

(2) tenglamadan ko'rinib turibdiki, temperatura ortishi bilan gazning suyuqlikda erishi kamayadi.

Dalton qonuniga binoan, gaz aralashmasidagi komponentning parsial bosimi, ushbu komponent mol ulushining umumiy bosimga ko'paytirilganiga tengdir, ya'ni:

$$\delta = D \cdot \acute{o} \quad \text{va} \quad \acute{o} = \frac{\delta}{D} \quad (9.3)$$

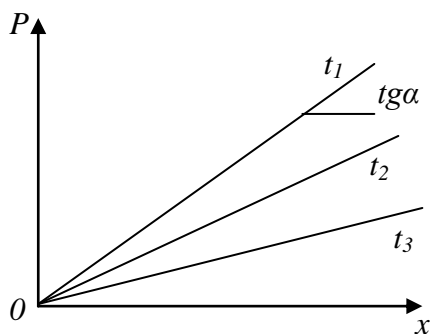
bu yerda:  $P$  – gaz aralashmasining umumiy bosimi;  $y$  – tarqalayotgan moddaning aralashmadagi konsentratsiyasi; mol ulushi.

(1) va (3) tenglamalarni taqqoslab, quyidagi ifodaga kelamiz:

$$\acute{o} = \frac{\delta}{D} = \frac{A}{D} \tilde{\delta}$$

yoki fazaviy muvozanat konstantasi  $E/P$  ni  $m$  orqali belgilab, quyidagi ifodani olamiz:

$$\acute{o} = mx \quad (9.4)$$



**9.1 – rasm.** Turli temperaturalarda ( $t_1 > t_2 > t_3$ ) gazning suyuqlikda erishi

suyuqlikda eruvchanligi ortadi ( $m$  esa kamayadi).

Suyuqlik bilan gazlar aralashmasi muvozanat holatida bo'lganida, aralashma gaz komponentining har biri Genri qonuniga bo'ysunadi.

Absorbsiya jarayoni nisbiy mol konsentratsiyalarda ham hisoblanishi mumkin. Bunda, gaz fazasining suyuqlikdagi kichik konsentratsiyalari  $x$  da Genri qonuni ushbu ko'rinishda yoziladi:

$$O = \delta \tilde{O}$$

Shuni alhoqida ta'kidlash kerakki, o'ta suyultirilgan eritmalar, hamda suyuqlikning o'zaro muvozanat holati Genri qonuniga bo'ysunmaydi, chunki fazalarning muvozanat konsentratsiyalari orasidagi bog'liqlik egri chiziq bilan ifodalanadi.

### Absorbsiyaning moddiy balansi va kinetik qonuniyatlari

Absorbsiya jarayonining moddiy balansi quyidagi ko'rinishdagi umumiy tenglama bilan ifodalanadi:

$$G(dy) = L \cdot dx$$

Oxirgi tenglamani boshlang'ich va oxirgi konsentratsiyalar oralig'ida integrallagandan so'ng, undan absorbent sarfini (kmol/s) aniqlash mumkin:

$$L = G \frac{y_b - y_{ox}}{x_{ox} - x_b} \quad (9.5)$$

1 kmol inert gaz uchun zarur solishtirma sarf:

$$l = \frac{L}{G} \cdot \frac{y_b - y_{ox}}{x_{ox} - x_b} \quad (9.6)$$

Jarayon ishchi chizig'i  $y - x$  koordinatalarida to'g'ri chiziq ko'rinishida bo'ladi. Uning qiyalik burchagi tangensi  $l = L/G$ .

Absorbent solishtirma sarfining absorber o'lchamiga va suyuq fazada tarqalayotgan moddaning oxirgi konsentratsiyasiga ta'sirini ko'rib chiqamiz.

Absorberda fazalar yo'nalishi parallel deb qabul qilamiz.

$y - x$  koordinatalarning  $B$  nuqtasida aniqlanayotgan suyuq fazada tarqalayotgan moddaning boshlang'ich konsentratsiyasi  $x_b$ , gaz fazasidagi boshlang'ich konsentratsiya  $y_b$ , oxirgisi esa  $y_{ox}$  (9.2-rasm).

Fazalar muvozanat holati  $y_M = f(x)$  tenglamaga binoan, turli qiyalik burchagi ostida bir nechta ishchi chiziqlar o'tkazamiz. Rasmdagi  $A_1, A_2, A_3$  nuqtalar gaz faza va absorbentdagi boshlang'ich va oxirgi konsentratsiyalarni xarakterlaydi. Jarayonni harakatga keltiruvchi kuchi ishchi va muvozanat chiziqlar o'rtasidagi farq bilan aniqlanadi, ya'ni  $\Delta y = y - y_M$ . Butun qurilma uchun o'rtacha harakatga keltiruvchi kuch

o'rtacha logarifmik qiymat sifatida topiladi. Agar, ishchi chiziq  $BA$  vertikal chiziq bilan ustma – ust tushsa, harakatga keltiruvchi kuch eng katta qiymatga ega bo'ladi. Agar, (6) tenglamaga  $x_{ox} - x_b$  qo'yilsa, absorbentning sarfi cheksiz bo'ladi.

Boshqa holatda esa, ya'ni ishchi chiziq  $BA_3$  muvozanat chizig'i bilan tutashsa, absorbentning sarfi minimal va tutashish nuqtasida harakatga keltiruvchi kuch nolga teng bo'ladi, chunki  $y_b = y_M$ .

Birinchi holatda absorberning o'lchamlari minimal bo'ladi, chunki absorberning cheksiz sarfida  $\Delta y_{o'r}$  maksimal qiymatga egadir. Ikkinchi holatda esa, absorbentning sarfi minimal bo'lganda absorbentning o'lchamlari cheksiz bo'ladi.

Massa almashinish, shu jumladan, absorbsiya jarayonida ham muvozanatga erishib bo'lmaydi, chunki har doim ( $x_{ox} < x_M$ ). Demak, absorbentning sarfi har doim minimal qiymatdan katta bo'lishi kerak. Absorbentning minimal sarfini quyidagi tenglamadan topish mumkin:

$$l_{min} = \left( \frac{L}{G} \right)_{min} - \frac{y_b - y_{ox}}{x_{kr} - x_b} \quad (9.7)$$

Absorbentning optimal sarfi texnik – iqtisodiy hisoblashlar asosida aniqlanadi,

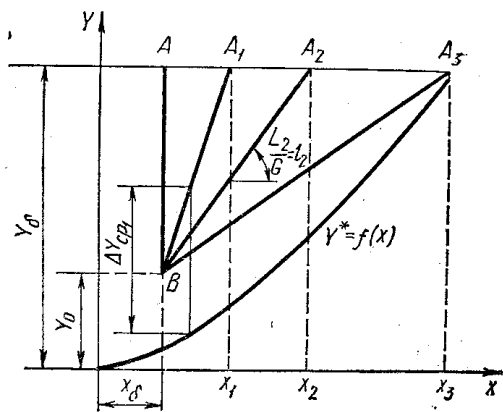
1 kmol gazni yutish uchun zarur sarflar gaz va ekspluatatsiya narxi  $S_1$ , amortizasiya va ta'mirlash uchun sarflar, energiya narxi  $S_2$ , gazni uzatish va desorbsiya  $S_3$  ga ketadigan harajatlar yig'indisiga teng:

$$S = S_1 + S_2 + S_3$$

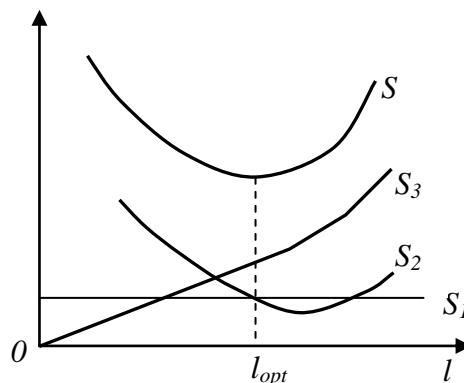
Ma'lumki,  $S_1$  kattalik absorbentning solishtirma sarfiga bog'liq emas. Agar,  $l$  ortsa, absorberning ishchi balandligi va uning gidravlik qarshiligi kamayadi. Lekin, bunda qurilmaning diametri kattalashadi.

Shunday qilib,  $S_2 = f(l)$  funksiya minimumga ega bo'lishi mumkin.

Absorberning solishtirma safri  $l$  oshishi bilan gazni uzatish va desorbsiyasiga ketadigan sarflar  $S_3$  ko'payadi. 9.3–rasmda yuqorida keltirilgan bog'liqliklar xarakteristikalari tasvirlangan. Hamma egri chiziqlar ordinatalarini qo'shsak, 1 kmol gazni absorbsiya qilish uchun zarur sarflar yig'indisi egri chizig'ini olamiz. Ushbu egri chiziqning minimumi, absorbent optimal solishtirma sarfiga to'g'ri keladi.



9.2 – rasm. Absorbentning solishtirma sarfini aniqlash.



9.3 – rasm. Absorbentning optimal solishtirma sarfini aniqlash.

Absorbsiya jarayonining asosiy tenglamasi absorbsiya jarayoni ikki fazali sistemalarning massa o'tkazish tenglamasi bilan ifodalanishi mumkin:

$$M = K_y F \Delta y_{o'r} \cdot \tau$$

yoki

$$M = K_x F \Delta x_{o'r} \cdot \tau$$

Ko'pincha absorbsiya jarayonining massa o'tkazish tenglamasida harakatga keltiruvchi kuch  $p - p_m$  bosimlar farqi bilan ifodalanadi:

$$M = K_m (p - p_m) F \cdot \tau$$

yoki

$$M = K_m \Delta p_{o'r} F \cdot \tau \quad (9.8)$$

bu yerda  $p$  – gaz aralashmasida tarqalayotgan gazning ishchi parsial bosimi;  $p_m$  – absorbent ustidagi gazning muvozanat bosimi;  $K_m$  – massa o'tkazish koeffitsienti;  $M$  – gaz fazasidan suyuq fazaga o'tgan massa miqdori;  $\Delta p_{o'r}$  – jarayonning o'rtacha harakatga keltiruvchi kuchi.

Agar muvozanat chizig'i to'g'ri bo'lsa, jarayonning o'rtacha harakatga keltiruvchi kuchi ushbu formuladan topiladi:

$$\Delta p_{o'rt} = \frac{\Delta p_{kat} - \Delta p_{kich}}{2,3 \lg \frac{\Delta p_{kat}}{\Delta p_{kich}}}$$

bu yerda  $\Delta \delta_{ka} = \delta_b - p_{ox}^*$  va  $\Delta p_{ki} = p_{ox} - p_b^*$  absorberning oxirgi qismlaridagi harakatga keltiruvchi kuchlar;  $p_b$  va  $p_{ox}$  - absorberga kirayotgan va chiqayotgan gazning parsial bosimi;  $p_{ox}^*$ ,  $p_b^*$  - absorberga kirayotgan va chiqayotgan gazning muvozanat parsial bosimi.

Absorbsiya jarayonida massa almashinish mexanizmi quyidagicha: har bir faza asosiy massa va chegaraviy yupqa qatlamdan iborat bo'ladi. Asosiy massa yutiluvchi komponent konvektiv diffuziya yo'li bilan o'tadi.

Ikkala chegaraviy yupqa qatlamda esa, yutiluvchi komponentning o'tishi molekulyar diffuziya usulida boradi. Shuning uchun, absorbsiya jarayonida massa o'tkazishga bo'lgan qarshilik chegaraviy yupqa qatlamlar yig'indisidan iborat bo'ladi. Suyuq, yupqa qatlamdagi massa o'tkazishga bo'lgan qarshilik  $1/\beta_y$ , gazdagi esa –  $m/\beta_x$  bo'lsa, massa o'tkazish koeffitsienti ushbu tenglamadan hisoblanadi.

$$K_y = \frac{1}{\frac{1}{\beta_x} + \frac{m}{\beta_y}} \quad (9.9)$$

$$K_x = \frac{1}{\frac{1}{\beta_x} + \frac{1}{\beta_y m}} \quad (9.10)$$

bu yerda  $\beta_y$  – gaz oqimidan fazalarni ajratuvchi yuzasiga massa berish koeffitsienti;  $\beta_x$  – fazalarni ajratuvchi yuzadan suyuqlik oqimiga massa berish koeffitsienti;  $m$  –

proporsionallik koeffitsienti, absorbtiv va absorbent xossalriga va temperaturaga bog'liq.

Koeffitsient  $m$  ning kattaligi massa o'tkazish tenglamasining tuzilishiga ham ta'sir etadi. Yaxshi eriydigan gazlar uchun  $m$  ning qiymati juda kichik bo'ladi. Shuning uchun, suyuqlik fazasidagi diffuzion qarshilik ham kichikdir.  $1/\beta_y \gg m/\beta_x$  bo'lgani uchun, (9) tenglama quyidagicha yoziladi:

$$K_y = \beta_y$$

Qiyin eriydigan gazlar uchun proporsionallik koeffitsient  $m$  ning qiymati juda kattadir. Shuning uchun, gaz fazasidagi diffuzion qarshilikni nisbatga olmasa ham bo'ladi.  $1/\beta_x \gg 1/\beta_y m$  bo'lgani uchun, (10) tenglama quyidagicha yoziladi:

$$K_x = \beta_x$$

ya'ni, hamma diffuzion qarshilik suyuq fazada mujassamlangan bo'ladi.

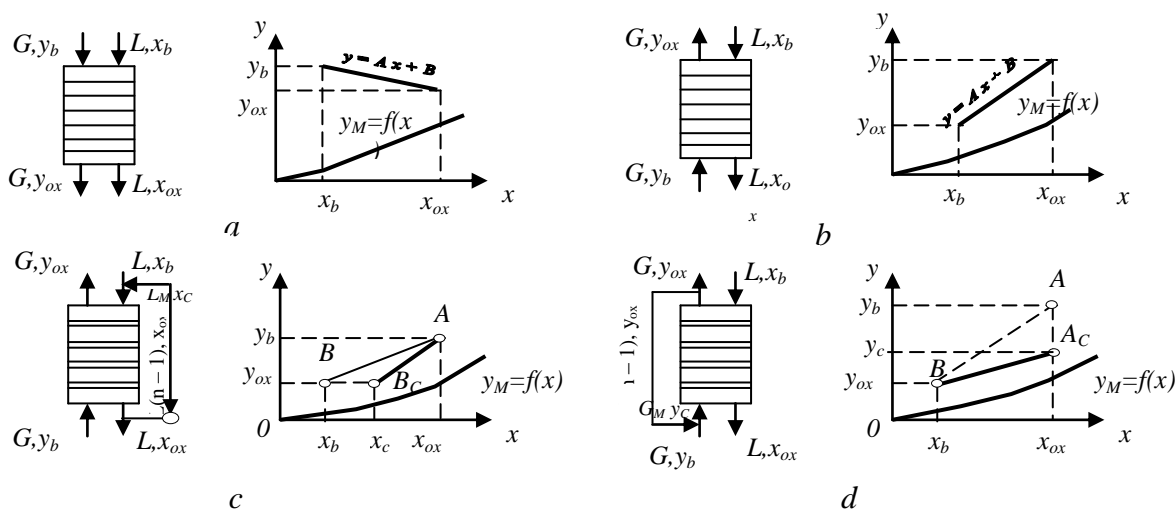
### Absorbsiya jarayonini olib borish usullari

Xalq xo'jaligining turli tarmoqlarida absorbsiya jarayonini tashkil etishda quyidagi prinsiplial sxemalar qo'llaniladi:

- parallel yo'nalishli;
- qarama – qarshi yo'nalishli;
- bir pog'onali, qisman resirkulyatsiyali;
- ko'p pog'onali, qisman resirkulyatsiyali;

**Parallel yo'nalishli** sxema 9.4a – rasmda ko'rsatilgan. Bunda gaz oqim va absorbent parallel (bir xil) yo'nalishli harakatlanadi. Absorberga kirishda, absorbtiv konsentratsiyasi katta bo'lgan gaz faza, absorbtiv konsentratsiyasi past bo'lgan suyuq faza bilan to'qnashuvda bo'lsa, qurilmadan chiqishda esa – absorbtiv konsentratsiyasi kichik bo'lgan gaz faza, absorbtiv konsentratsiyasi yuqori bo'lgan suyuqlik bilan o'zaro ta'sirda bo'ladi.

**Qarama – qarshi yo'nalishli** sxema 9.4b – rasmda ko'rsatilgan.



**9.4-rasm. Absorbsiya sxemalari va jarayonni y-x koordinatlarda tasvirlash.**

$a$  – parallel;  $b$  – qarama-qarshi;  $c$  – absorbent resirkulyatsiyasi bilan;  $d$  – absorbtiv resirkulyatsiyasi bilan.

Ushbu sxemali absorberlarning bir uchida absorbtiv konsentratsiyasi yuqori gaz va suyuqlik to'qnashuvda bo'lsa, ikkinchi uchida esa – konsentratsiyalari past fazalar o'zaro ta'sirda bo'ladi.

Qarama-qarshi yo'nalishli sxemalarda parallel yo'nalishliga qaraganda, absorbentdagi absorbtiv eng yuqori qiymatiga erishsa bo'ladi. Lekin, jarayonning o'rtacha harakatga keltiruvchi kuchi parallel yo'nalishliga nisbatan kam bo'lgani uchun, qarama-qarshi yo'nalishli absorberning gabarit o'lchamlari katta bo'ladi.

**Absorbent yoki gaz fazaning resirkulyatsiyali sxemalari** (9.4c,d-rasm). Bunday sxemalarda absorbent ko'p marta o'tadi.

9.4c-rasmda absorbent bo'yicha resirkulyatsiyali sxema keltirilgan. Bunda, gaz faza absorberning tepa qismidan kirib, past qismidan chiqib ketsa suyuq faza esa qurilmadan bir necha marta qaytarib o'tkaziladi. Absorbent qurilmaning tepa qismiga uzatiladi va gaz fazasiga qarama-qarshi yo'nalishda harakatlanadi. Yangi,  $x_b$  konsentratsiyali absorbent absorberdan chiqayotgan suyuq faza bilan aralashishi natijasida uning konsentratsiyasi  $x_c$  ga ko'tariladi. Jarayonning ishchi chizig'i  $y$ - $x$  diagrammada  $AB$  to'g'ri chizig'i bilan ifodalanadi. Absorbtivning aralashtirishdan keyingi konsentratsiyasi  $x_c$  ni moddiy balans tenglamasidan topish mumkin.

Agar absorberga kirishdagi absorbent miqdorini yangi absorbent miqdoriga nisbatini  $n$  deb belgilasak, moddiy balans tenglamasi ushbu ko'rinishda yoziladi:

$$G \cdot (y_b - y_{ox}) = L \cdot (x_{ox} - x_b) = Ln \cdot (x_{ox} + x_c)$$

bundan

$$x_c = \frac{x_{ox}(n-1) + x_b}{n} \quad (9.11)$$

Gaz fazasi resirkulyatsiyali absorbsiya sxemasi 9.4d-rasmda keltirilgan. Ishchi chiziq holati  $A_c (y_c, x_{ox})$  va  $B (y_{ox}, x_b)$  nuqtalari bilan belgilanadi.  $y_c$  konsentratsiya moddiy balans tenglamasidan aniqlanadi:

$$y_c = \frac{y_{ox}(n-1) + y_b}{n} \quad (9.12)$$

Absorbent harakat tezligi ortishi bilan massa berish koeffitsienti ko'payadi, bu esa o'z navbatida massa o'tkazish koeffitsientining o'sishiga olib keladi.

Qiyin eruvchan gazlarni absorbsiya qilish paytida absorbentni resirkulyatsiya qilish usulini qo'llash maqsadga muvofiqdir. Agar, absorbtiv resirkulyatsiya qilsa, gaz fazasida massa berish koeffitsienti ko'payadi. Bu usul yaxshi eriydigan gazlarni absorbsiya qilishda yuqori samara beradi.

### **Absorberlar konstruksiyalari.**

Absorbsiya jarayoni fazalarni ajratuvchi yuzada sodir bo'ladi. Shuning uchun ham, suyuqlik va gaz fazalar to'qnashuvda bo'ladigan absorberlar yuzasi iloji boricha katta bo'lishi kerak. Massa almashinish yuzalarini tashkil etish va loyihalash bo'yicha absorberlar 4 guruhga bo'linadi.



**Sirti absorberlarda** harakatlanayotgan suyuqlik ustiga gaz uzatiladi. Bunday qurilmalarda suyuqlik tezligi juda kichik va to'qnashuv yuzasi kam bo'lgani uchun bir nechta qurilma ketma – ket qilib o'rnatiladi.

Suyuqlik va gaz qarama – qarshi yo'nalishda harakatlantiriladi. Gorizontaldan tashkil topgan yuvilib turuvchi absorberlarda trubalar ichida – suyuqlik oqib o'tsa, unga teskari yo'nalishda gaz harakat qiladi. Trubalar ichidagi suyuqlik sathi ostona yordamida bir xil balandlikda ushlab turiladi.

**Yupqa qatlamli absorberlar** ixcham va yuqori samaralidir. Bu absorberlarda fazalarning to'qnashish yuzasi oqib tushayotgan suyuqlik yupqa qatlami yordamida hosil bo'ladi. Yupqa qatlamli qurilmalar guruhiga trubali, list – nasadkali, ko'tariladigan qatlamli absorberlar kiradi.

Trubali absorberlarda suyuqlik vertikal trubalarning tashqi yuzasidan pastga qarab oqib tushsa, gaz faza esa qarama – qarshi yo'nalishda yuqoriga qarab harakatlanadi. Qolgan turdagi absorberlarda ham fazalarning harakat yo'nalishi trubali absorberlarnikiga o'xshashdir.

Trubali absorberlar tuzilishiga qarab qobiq – trubali issiqlik almashinish qurilmasiga o'xshaydi. Qurilmadan hosil bo'lgan issiqlikni ajratib olish uchun trubalar ichiga suv yoki boshqa sovuqlik eltich yuboriladi.

**Nasadkali absorberlar.** Turli shaklli qattiq nasadkalar bilan to'ldirilgan vertikal silindrsimon kolonalarining tuzilishi soda, ixcham va yuqori samarador bo'lgani uchun sanoatda ko'p ishlatiladi. Odatda, nasadkalar qatlami teshikli panjaralarga joylashtiriladi. Gaz faza teshikli panjara ostiga yuboriladi va undan o'tib, qatlam orqali yuqoriga qarab harakatlanadi.

Suyuqlik faza absorberning yuqori qismidan taqsimlash moslamasi yordamida purkaladi va nasadka qatlamida gaz fazasi bilan o'zaro ta'sir etadi. Qurilma samarali ishlashi uchun suyuq faza bir tekisda purkalishi va taqsimlanishi zarur. Bu turdagi absorberlarda nasadkalar ham suyuqlikni bir me'yorda taqsimlashga salmoqli hissa qo'shadi. Nasadkalar quyidagi talablarga javob berishi kerak: katta solishtirma yuziga ega bo'lishi; gaz oqimiga ko'rsatadigan gidravlik qarshiligi kichik bo'lishi; ishchi suyuqlik bilan yaxshi ho'llanishi; absorber ko'ndalang kesim yuzasi bo'ylab suyuqlikni bir tekisda taqsimlashi; ikkala faza ta'siri ostida yemirilmaydigan bo'lishi; yengil va arzon bo'lishi kerak.

**Gidrodinamik rejimlar.** Absorbsiya jarayonining samaradorligi gidrodinamik rejimlarga bog'liq. Bu rejimlar uzatilayotgan suyuqlik miqdori (namlash zichligi) va gaz oqimining tezligi bilan belgilanadi. Qurilmada ro'y beradigan rejimlar nasadka gidravlik qarshiligini gaz oqimining soxta tezligiga bog'liqlik funksiyasi sifatida tasvirlanadi (9.5-rasm).

1-rejim – **yupqa qatlamli rejim** – gaz oqimining tezligi kichik va uzatilayotgan suyuqlik miqdori kam bo'lganda ro'y beradi. Suyuqlik nasadka bo'ylab yupqa qatlam ko'rinishida oqib tushadi. Yupqa qatlamli rejim birinchi o'tish nuqtasi (A nuqta, 9.5-rasm) da tamom bo'ladi va u **osilib turish nuqtasi** deb nomlanadi. Bu rejimda fazalararo to'qnashish yuzasi kichik va jarayon samaradorligi kamroq bo'ladi.

2-rejim – **osilib turish rejimi**. Bunda fazalar qarama-qarshi yo'nalishli harakati tufayli gaz va suyuqlik orasidagi ishqalanish kuchlari ortadi. Bu hol suyuqlikni nasadkadan oqib tushish tezligini sekinlashtiradi, yupqa qatlam qalinligi va undagi suyuqlik miqdori ortadi. Shu bilan birga fazalar orasidagi to'qnashish yuzasi ko'payadi, jarayonning samaradorligi birmuncha kattaroq bo'ladi. Bu rejim ikkinchi o'tish nuqtasi (*B*) da tamom bo'ladi.

Shuni ta'kidlash kerakki, osilib turish rejimida qatlamning sekin oqishi buziladi; uyurma va tomchilar hosil bo'ladi, ya'ni barbotaj holatiga o'tish sharoitlar tug'iladi.

3-rejim – **emulgatsion rejim** – nasadkaning bo'sh hajmida suyuqlik yig'ilishi natijasida paydo bo'ladi. Suyuqlik yig'ilishi ko'tarilayotgan gaz va oqib tushayotgan suyuqlik orasidagi ishqalanish kuchi teng bo'lgunga qadar davom etadi. Natijada "gaz – suyuqlik" dispers sistemasi va tashqi ko'rinishi bo'yicha barbotajli (ko'pikli) qatlam yoki gaz suyuqlikli emulsiya hosil bo'ladi.

Shuning uchun, yuqori bosimda ishlaydigan absorberlarda gidravlik qarshilikning ta'siri sust yoki bo'lmagani uchun absorbsiya jarayoni emulgatsion rejimda olib boriladi.

Emulgatsion rejim samarali rejim deb hisoblanadi. Bu rejimda fazalar to'qnashish yuzasi katta bo'lgani uchun jarayon juda intensive kechadi.

4-rejim – **uchib chiqish rejimida** suyuq faza kolonnadan gaz oqimi bilan tashqariga chiqa boshlaydi. Ushbu rejim sanoatda ishlatiladigan qurilmalarda qo'llanilmaydi.

### **Nazorat uchun savollar**

1. Absorbsiya nima?
2. Xemosorbsiya qanday jarayon?
3. Desorbsiya nima?
4. Absorbsiyaning moddiy balansi.
5. Absorbsiya jarayonini olib boorish usullari.
6. Absorberlar konstruksiyalari.

**Amaliy mashg'ulotni chuqurlashtirish maqsadida aqliy hujum, klaster, elpig'ish usullari va 3x3 texnologiyalaridan 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.

## 8 – AMALIY MASHG`ULOT

### Mavzu: Haydash va rektifikatsiyada flegmadagi moddalarning kontsentratsiyalarini aniqlash.

**Maqsad:** Haydash va rektifikatsiya jarayonini o'rganish. Rektifikatsiya jarayonining moddiy va issiqlik balanslarini hisoblashni o'rganish.

#### Umumiy tushunchalar

Ikki va undan ortiq uchuvchan komponentlardan tarkib topgan bir jinsli suyuqlik aralashmalarini ajratish uchun qo'llaniladigan usullardan eng keng tarqalgani haydash va rektifikatsiyadir.

Haydash va rektifikatsiya jarayonlari kimyo, oziq-ovqat va boshqa sanoatlarda juda keng ko'lamda ishlatiladi. Masalan, texnik va oziq-ovqat etil spirtlarini, aromatik moddalar ishlab chiqarishda, hamda aralashmalarni dag'al ajratish uchun qo'llaniladi. Juda to'la ajratish uchun rektifikatsiya jarayonidan foydalaniladi.

Haydash va rektifikatsiya jarayonlari bir xil temperaturada aralashma komponentlarining turli uchuvchanligiga asoslangandir. Yuqori uchuvchanlikka ega komponent **yengil uchuvchan**, past uchuvchanlikka ega komponent **qiyin uchuvchan** deb nomlanadi. Demak, yengil uchuvchan komponent qiyin uchuvchanga qaraganda pastroq temperaturada qiynaydi. Shuning uchun ham, ular past va yuqori temperaturada *qaynaydigan komponentlar* deb ataladi.

Haydash va rektifikatsiya jarayonida boshlang'ich aralashma yengil uchuvchan komponenti bilan boyitilgan **distillyat** va qiyin uchuvchan komponent bilan boyitilgan **kub qoldig'iga** ajraladi. Haydash jarayonida hosil bo'lgan bug' kondensator – deflegmatorga kondensatsiyalash natijasida distillyat olinadi. Qurilma kubida esa – kub qoldig'i qoladi.

#### Haydash va rektifikatsiya jarayonining nazariy asoslari.

Eng oddiy aralashma 2 ta komponentdan tarkib topgan bo'ladi va u binary aralashma deb ataladi. Binar aralashmaning erkinlik daraja soni quyidagiga teng:

$$C = K + 2 - \Phi = 2 + 2 - 2 = 2$$

bu yerda  $K$  – komponentlar soni,  $\Phi$  – fazalar soni.

Sistema holatini uchta bir-biriga bog'liq bo'lmagan parametr belgilaydi: bosim  $p$ , temperatura  $t$  va konsentratsiya  $x$ . Agar, istalgan ikkita parametr tanlansa, uchinchisini aniqlash qiyin emas. Demak, muvozanat chizig'ini istalgan ikkita o'zgaruvchi parametr orqali ifodalash mumkin, ya'ni  $p$  va  $x$ ,  $t$  va  $x$ ,  $p$  va  $t$ ,  $x$  va  $y$ .

Ma'lumki, suyuqlik aralashmalari o'zlarining fizik-kimyoviy xarakteristikalari bo'yicha katta farq qiladi.

Komponentlarning o'zaro erishiga qarab, binary aralashmalarni 3 guruhga bo'lish mumkin:

- komponentlari cheksiz eruvchan aralashmalar;
- komponentlari o'zaro erimaydigan aralashmalar;
- komponentlari qisman eruvchan aralashmalar.

Komponentlari cheksiz eruvchan aralashmalar o'z navbatida ideal va haqiqiy eritmalarga bo'linadi.

Ideal aralashmalar deb, eritma tarkibidagi component olinishi natijasida issiqlik ajrab chiqmaydigan va hajmi o'zgaraydigan aralashmalarga aytiladi.

Yengil uchuvchan  $A$  va qiyin uchuvchan  $B$  komponentli binar, suyuq aralashmani ko'rib chiqamiz.  $A$  va  $B$  toza komponentlar to'yingan bug'larining bosimini  $P_A$  va  $P_B$  deb belgilaymiz.

Ma'lumki, ideal aralashmalar Raul qonuniga bo'ysunadi. Ushbu qonunga binoan, suyuqlik ustidagi toza komponentning bug' bosimi uning suyuqlikdagi mol ulushiga proporsionaldir:

$$p_A = P_A \cdot x; \quad p_B = P_B(1-x) \quad (10.1)$$

bu yerda  $p_A$ ,  $p_B$  –  $A$  va  $B$  komponentlarning parsial bosimi;  $x$ ,  $(1-x)$  – suyuq aralashmadagi  $A$  va  $B$  komponentlarning mol ulushlari.

**Dalton qonuniga** binoan, sistemadagi umumiy bosim, parsial bosimlar yig'indisiga teng:

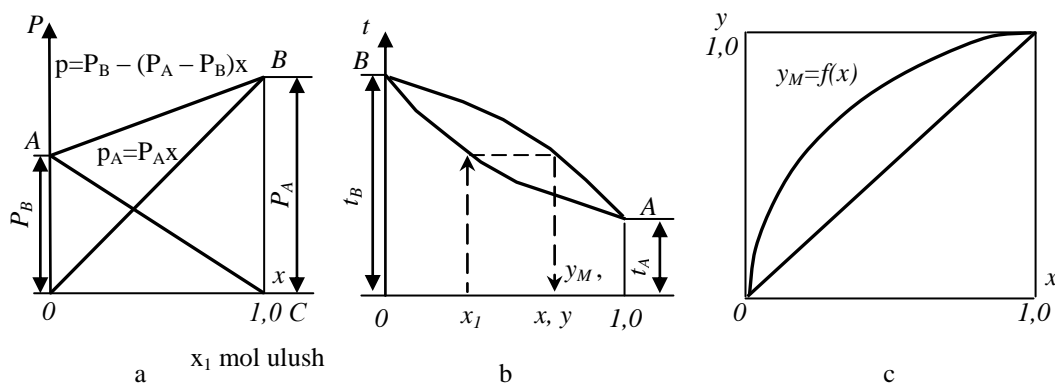
$$P = P_A \cdot x + P_B(1-x) = P_B + (P_A - P_B) \cdot x \quad (10.2)$$

bundan

$$x = \frac{P - P_B}{P_A - P_B}$$

(10.1) va (10.2) tenglamalardan ko'rinib turibdiki, bir xil o'zgarish temperaturada suyuqlik aralashmasi ustidagi komponentlar parsial va bug'larning umumiy bosimi yengil uchuvchan komponentning mol ulushi  $x$  bilan to'g'ri chiziqli bog'liqlikda bo'ladi.

10.1a-rasmda komponentlar parsial bosimi va umumiy bosim izotermalari tasvirlangan.



**10.1-rasm. Ideal aralashmalar uchun suyuqlik – bug' muvozanat diagrammasi.**

*a* – aralashma ustidagi komponent parsial bosimi va umumiy bosim izotermalari; *b* –  $t$ - $x$ ,  $y$  diagrammalari; *c* –  $y$ - $x$  diagramma.

$OB$  va  $CA$  to'g'ri chiziqlar komponentlar parsial bosimi ( $p_A$  va  $p_B$ ) ni,  $AB$  esa – suyuqlik ustidagi umumiy bosim o'zgarishini ifodalaydi.  $OA$  va  $CB$  vertikal kesmalar toza komponentlar to'yingan bug'i bosimi ( $P_A$  va  $P_B$ ) ni ko'rsatadi.

Dalton qonuniga ko'ra, bug'dagi komponentning parsial bosimi, undagi shu komponent mol ulushiga proporsionaldir:

$$p_A = P \cdot y; \quad p_B = P(1 - y) \quad (10.3)$$

bu yerda  $P$  – sistema umumiy bosimi;  $y$ ,  $(1 - y)$  – bug' aralashmasidagi A va B komponentlarning mol ulushlari.

Muvozanat sharoiti uchun:

$$P_A \cdot x = P_A \cdot y; \quad P_B(1 - x) = P(1 - y) \quad (10.4)$$

bundan

$$y = \left( \frac{P_A}{P} \right) x \quad \text{yoki} \quad 1 - y = \left( \frac{P_B}{P} \right) \cdot (1 - x) \quad (10.5)$$

Odatda, haydash va rektifikatsiya jarayonlari izobarik jarayonda o'tkaziladi. Shuning uchun,  $P = const$  bo'lgan holatdagi binary aralashmani ko'rib chiqamiz.

Bunda muvozanat chizig'ini  $t-x, y$  yoki  $y-x$  koordinatlarda tasvirlash mumkin. Agar, temperature ma'lum bo'lsa, va  $x$ ,  $y$  kattaliklari hisoblab topilsa, sistemadagi muvozanatni ifodalovchi diagrammani qurish mumkin. Diagrammadagi pastki chiziq (10.1b-rasm) suyuq aralashmaning qaynash temperaturasi, yuqori chiziq esa – bug' aralashmani kondensatsiyalash temperaturasi ifodalaydi.  $x = 0$  va  $x = 1,0$  da ordinata o'qlaridagi kesmalar, qiyin va yengil uchuvchan komponentlar qaynash temperaturasi ko'rsatadi.

Suyuqlikning ma'lum tarkibi  $x_1$  bo'yicha bug' tarkibini aniqlash uchun suyuqlik konsentratsiyasiga tegishli absissa o'qidagi nuqtadan qaynash chizig'i bilan kesishguncha vertikal chiziq o'tkaziladi. So'ng esa, kesilish nuqtasidan bug' kondensatsiyalanish chizig'i bilan kesishguncha gorizontal chiziq o'tkaziladi. Kesilish nuqtasining absissa o'qidagi qiymati bug'ning muvozanat tarkibi  $y_{P_1}$  ni beradi.

10.1b-rasmdan ko'rinib turibdiki, bir xil qaynash temperaturasida bug'dagi yengil uchuvchan component konsentratsiyasi uning suyuqlik bug'lari muvozanat konsentratsiyasidan katta bo'ladi. "Suyuqlik – bug'" sistemaning bu xossasi **Konovalovning birinchi qonuniga** bo'ysunadi, ya'ni eritma bilan muvozanatda bo'lgan bug' doim o'zida shunday komponentni ortiqcha ushlaydi, bunda eritmaga shu komponentdan qo'shilganda uning qaynash temperaturasi kamayadi. Masalan, etil spirtiga suv qo'shilsa, sistemaning qaynash temperaturasi pasayadi. Konovalovning 1 – qonuniga binoan, eritmaning qaynashi davrida suv bug'i fazasining spirt bug'lari bilan boyishi sodir bo'ladi.

Rektifikatsiya jarayonini hisoblash uchun  $y-x$  diagrammadan foydalanish qulaydir (10.1v-rasm).

$y_m = f(x)$  funksiya quyidagi tenglamaga mos keladi:

$$y = \frac{P_A \cdot x}{P} = \frac{P_A \cdot x}{P_B + (P_A - P_B) \cdot x} \quad (10.6)$$

hamda suyuq va bug' fazalar muvozanat tarkiblari orasidagi bog'liqlikni ifodalaydi.

Komponentlar nisbiy uchuvchanligi:

$$\alpha = \frac{P_A}{P_B}$$

ma'lum bo'lsa, ideal aralashmalar muvozanat chizig'ini hisoblash va qurish mumkin.

$$y = \frac{\alpha \cdot x}{1 + (\alpha - 1) \cdot x} \quad (10.7)$$

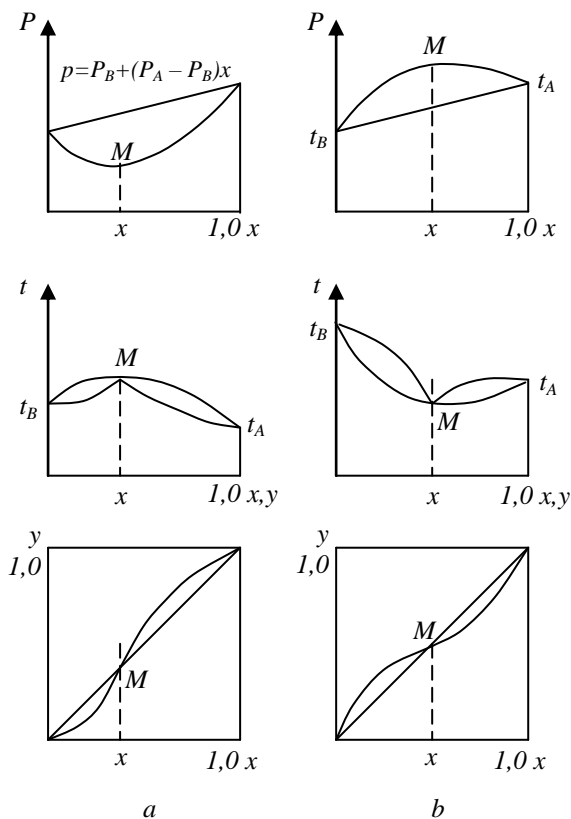
Faqat yengil uchuvchan komponentlardan tarkib topgan suyuqlik bilan shu komponentdan tarkib topgan bug' muvozanat holatida bo'ladi. Muvozanat chizig'ining eng chetki nuqtalari kvadratning qarama-qarshi burchaklarida joylashgan. Kvadrat diagonalini va muvozanat egri chizig'i suyuq va bug' fazalarning mavjud bo'lish sohalarini chegaralaydi.

**Haqiqiy suyuqlik aralashmalari.** Bunday aralashmalardan komponentlar ajratib olinganda issiqlik ajrab chiqadi, hajmi o'zgaradi va ko'pchilik hollarda Raul qonuniga bo'ysunmaydi.

Undan tashqari, bu aralashmalar bug' fazasining molekulari o'zaro tortishish kuchlarini, ularning hajmlarini va boshqalarni hisobga olish zarur.

Raul qonuniga nisbatan og'ish manfiy yoki musbat bo'lishi mumkin. Agar, og'ish musbat bo'lsa, eritma ustidagi umumiy bosim Raul qonuni bo'yicha ideal eritma uchun hisoblangandan katta, manfiy og'ishda esa – kichik bo'ladi.

Musbat og'ishda umumiy bosim chizig'i ideal eritmanikidan yuqori, manfiy og'ishda – pastroqdan o'tadi.



10.2 – rasm. Haqiqiy eritmalarining fazaviy diagrammalari.  
a – manfiy og'ish;  
b – musbat og'ish.

Parsial bosimlarning konsentratsiyaga bog'liqligi botiq yoki bo'rtiq chiziqlar orqali tasvirlanadi (10.2-rasm). Haqiqiy eritmalar uchun fazaviy muvozanat diagrammalari tajribaviy ma'lumotlar asosida quriladi. Muvozanat chizig'idan og'ishning son qiymatlari Raul qonunidan juda katta farq qilishi va bir qator eritmalar uchun ma'lum bir konsentratsiyada qaynash temperaturasi o'zgarmas kattalikka ega bo'lishi mumkin.

**Konovalovning ikkinchi qonuniga** binoan, suyuq eritma ustidagi muvozanat holatidagi bug'ning tarkibi suyuq eritma tarkibiga tengdir, ya'ni  $y_m = x$  (10.2-rasmdagi M nuqta). Bunday aralashmalar **azeotrop** eritmalar deb nomlanadi. Azeotrop eritmalar maksimal va minimal qaynash temperaturali bo'lishi mumkin.

Azeotrop eritmalar tarkibi bosim (temperatura) ga bog'liq bo'ladi.

Biror sistemada bosim o'zgarishi bilan uning muvozanat holati o'zgaradi. Bu esa, o'z navbatida bug' fazasi tarkibining o'zgarishiga olib keladi

Ushbu o'zgarishlar mexanizmini bilish uchun **M.S. Vrevskiy** tomonidan quyidagi qonunlar yaratilgan:

a) ikki komponentli eritmaning qaynash temperaturasi (yoki bosimi) ortganda, bug'lar tarkibida bug'lanishi uchun katta energiya talab etuvchi komponentning nisbiy miqdori oshadi;

b) bug' uchuvchanligi maksimumga ega bo'lgan eritmalarining temperaturasi (yoki bosimi) oshirilganda, azeotrop eritmalarda bug'lanishi uchun katta energiya talab etuvchi komponentning nisbiy qiymati ortadi. Bug'ning uchuvchanligi minimum bo'lganda, eritmaning qaynash temperaturasi oshirilganda azeotrop eritmada bug'lanishi uchun kam energiya talab qiluvchi komponentning nisbiy miqdori ko'payadi.

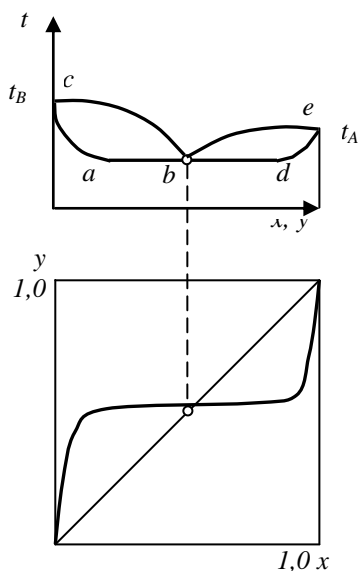
Vrevskiy qonuniga binoan, azeotrop eritmalarini ajratish uchun bosimni o'zgartirib haydash yoki rektifikatsiya qilish jarayonlaridan foydalanish mumkin.

**Bir-birida erimaydigan yoki qisman eriydigan suyuqlik aralashmalari.**

Agar, *A* va *B* komponentlar bir-birida to'liq erisa, komponentlar molekularining o'zaro tortishish kuchlari 0 ga teng bo'ladi. Bunda, har bir komponent o'zini mustaqil tutadi va quyidagi bosimda qaynaydi:

$$P = P_A + P_B$$

Agar, aralashma komponentlari bir-birida erimasa, istalgan komponent parsial bosimi, uning o'sha temperaturada to'yingan bug' bosimiga teng.



10.3–rasm. Qisman eriydigan aralashmalarning faza-viy diagrammalari.

Aralashmaning qaynash temperaturasi  $t_{ar}$  suyuq aralashmaning tarkibiga bog'liq emas (10.3-rasm *abd* chiziq).

Aralashmaning qaynash temperaturasi har doim toza komponentlar qaynash temperaturalaridan past bo'ladi.

Tabiatda bir-birida absolyut erimaydigan moddalar kimdan-kam uchraydi. Agar, qisman eriydigan suyuqlik aralashmalarida qaynash temperaturasi *ac* yoki *dc* chizig'i bo'ylab eritmaning asosiy komponentining qaynash temperaturasi-gacha o'zgaradi.

Bug'ning kondensatsiyalanish temperaturasi *cb* va *eb* chiziq-lari bo'ylab o'zgaradi. Diagrammadagi *b* nuqtada  $y_0 = P_a/P = const$  tarkibli bug' kondensatsiyalanadi.

## **Nazorat uchun savollar**

1. Haydash nima?
2. Konovalov qonuni qanday ta'riflanadi?
3. Rektifikatsiya nima?
4. Haydash va rektifikatsiya qaerda ishlatiladi

**Amaliy mashg'ulotni chuqurlashtirish maqsadida aqliy hujum, klaster, elpig'ish usullari va 3x3 texnologiyalaridan 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.



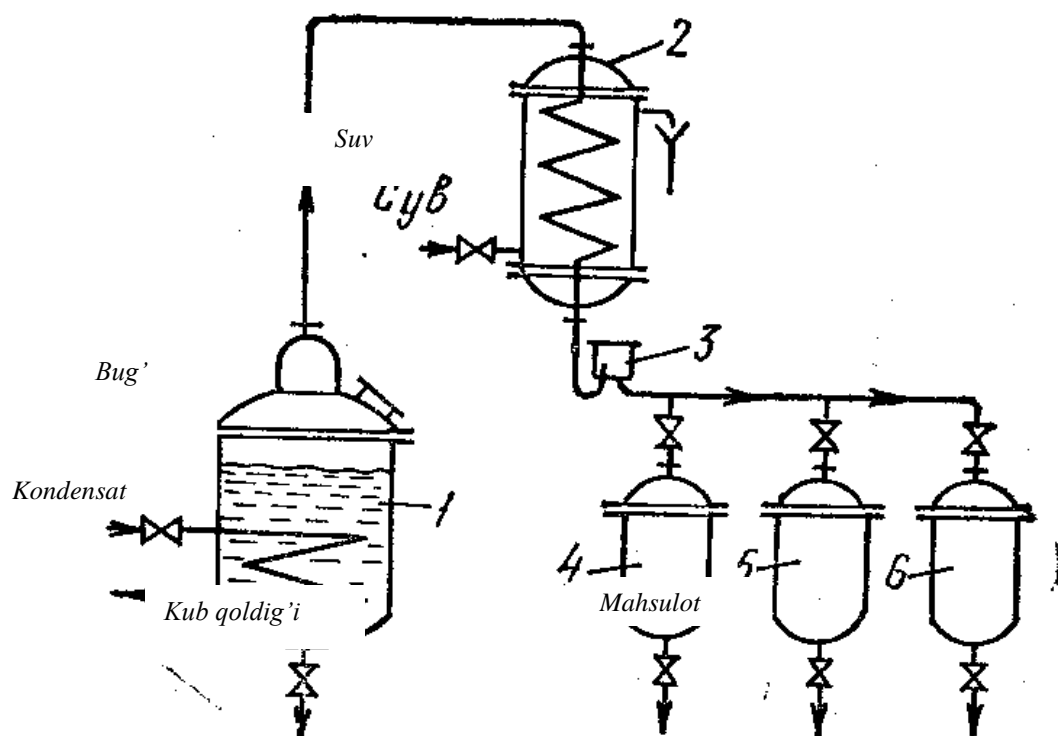
## 9- AMALIY MASHGULOT.

### Mavzu: Oddiy haydashda issiqlik sarfini aniqlash.

Suyuqlik aralashmalarini bir marotaba qisman bug'latish yo'li bilan ajratish jarayoni **oddiy haydash** deb nomlanadi. Oddiy haydash jarayonini eritma komponentlari uchuvchanligi orasidagi farq katta bo'lgan hollardagina qo'llash maqsadga muvofiq va yuqori samara beradi.

Oddiy haydash quyidagi usullarda amalga oshiriladi: fraksiyali haydash; deflegmatsiya bilan haydash; suv bug'i bilan haydash; molekulyar haydash.

**Fraksiyali haydash.** bu usul haydash kubidagi eritmani asta-sekin bug'latish yo'li bilan olib boriladigan ajratish jarayonidir (10.4-rasm).



10.4-rasm. Oddiy haydash qurilmasi.

1 – kub; 2 – kondensator; 3 – sovutkich; 4,5,6 – distillyat yig'gichlar.

Jarayon davomida hosil bo'layotgan bug' kondensatorga uzatiladi va u yerda kondensatsiyalanib, distillyat holatida yig'gichga yuboriladi. Jarayon tugagandan so'ng, kubdagi kub qoldig'i chiqarib tashlanadi. Kub to'yingan suv bug'i yoki tutun gazlari bilan qizdiriladi.

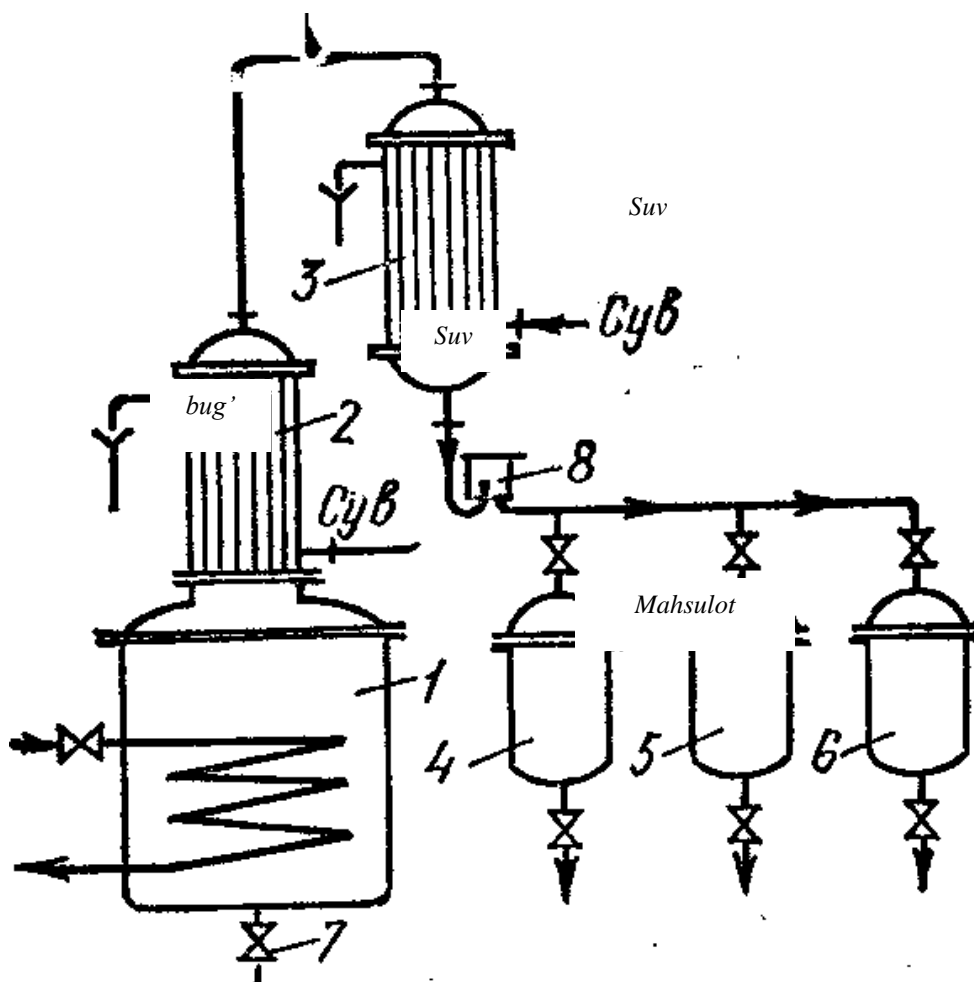
Eritmani haydash jarayonida kub qoldig'ida yengil uchuvchan komponent miqdori va distillyat tarkibidagi miqdori maksimal qiymatdan minimalgacha kamayadi. Shuning uchun har xil tarkibli distillyat fraksiyalari turli yig'gichlarga ajratib olinadi. Har xil tarkibli mahsulot olishga mo'ljallangan eritmalarni ajratib olish usuli **fraksiyali haydash** deb nomlanadi.

Bu usulda haydash atmosfera yoki vakuum ostida olib boriladi. Vakuum ostida haydash usuli issiqlikka chidamsiz eritmalarni ajratish imkoniyatini yaratadi, chunki bu usulda qaynash temperaturasi pasayadi. Shuning uchun ham bu usulda haydash davrida past temperaturali suv bug'laridan foydalanadi.

**Deflegmatsiya bilan haydash.** Bu usul eritmalarni ajratish darajasini ko'tarish uchun qo'llaniladi (10.5-rasm).

Bu usulda, kubda hosil bo'lgan bug'lar deflegmatorga uzatiladi va u yerda qisman kondensatsiyalanadi. Qisman kondensatsiyalanish davrida qiyin uchuvchan component miqdoriko'p bo'lgan flegma hosil bo'ladi va qaytadan kubga tushiriladi. Kubga tushish vaqtida ko'tarilayotgan bug'lar bilan o'zaro ta'sirida bo'ladi.

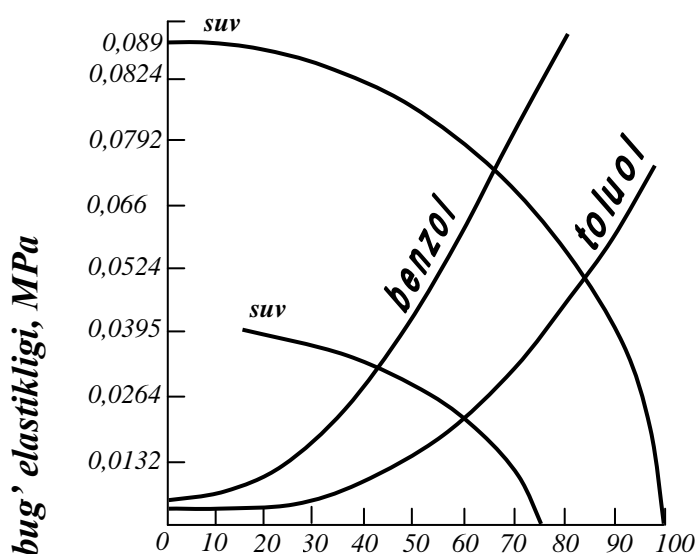
Yengil uchuvchan component miqdori yuqori bo'lgan bug'lar kondensatorga yo'naltiriladi. Kondensatdiyalanish natijasida hosil bo'lgan distillyat yig'gichga tushadi. Kub qoldig'ining konsentratsiyasi o'rnatilgan  $x_{\omega}$  qiymatiga yetgandan so'ng, kubdan chiqarib yuboriladi.



**10. 5 – rasm. Deflegmatsiyali oddiy haydash qurilmasi.**

1 – kub; 2 – deflegmator; 3 – kondensator; 4,5,6 – yig'gichlar.

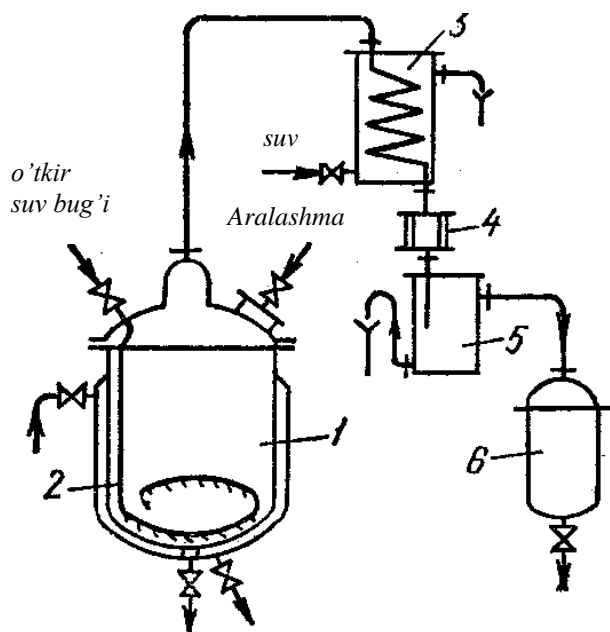
## Suv bug'i bilan haydash.



10.6-rasm. Suv bug'i bilan haydash paytida qaynash temperaturasi aniqlash diagrammasi.

Eritmalar qaynash temperaturasi pasaytirish uchun jarayonni vakuum ostida tashkil etish usuli oldindan ma'lum edi. Lekin, eritmalar suv bug'i bilan haydash usulida ham qaynash temperaturasi pasaytirish mumkin. Ayniqsa, bu usul qaynash temperaturasi 100°C dan ortiq bo'lgan va komponentlari suvda erimaydigan eritmalar uchun juda qo'l keladi. Shuning uchun, eritma komponentlari suvda erimasa, unda haydash kubiga qo'shimcha komponent sifatida suv bug'i yuboriladi.

10.6-rasmda suv bug'i bilan oddiy haydash davrida qaynash temperaturasi aniqlash diagrammasi keltirilgan. Bu diagrammada qaynash temperaturasi suv bug'ining elastiklik egri chizig'i bilan turli suyuqliklar elastiklik egri chiziqlari kesishgan nuqtasi to'g'ri keladi. Grafikdan ko'rinib turibdiki, atmosfera bosimida benzolni suv bilan haydash paytida jarayon temperaturasi 69,5°C, bosim  $p = 0,0395$  MPa da 46°C atrofida, bosim  $p = 0,1$  MPa da toluol uchun esa - 85°C.



10.7-rasm. Suv bug'i bilan oddiy haydash qurilmasi.

10.7-rasmda aralashmalarni suv bug'i bilan haydash qurilmasining sxemasi keltirilgan.

Boshlang'ich eritma kubga yuklanadi va uning g'ilofiga suv bug'i bilan yuboriladi. So'ng, kub ichidagi eritmaga barbotyor orqali kuchli suv bug'i haydalanadi. Eritmaning qaynash paytida hosil bo'lgan bug'lar kondensatorga uzatiladi va undan keyin separatorida kondensat ajratiladi. Separatoridan suv chiqariladi. Suvda erimaydigan yengil uchuvchan komponent esa maxsus idishga yig'iladi. Odatda bu usul muvozanat bo'lmagan sharoitlarda amalga oshiriladi.

**Molekulyar haydash.** Bu usul yuqori temperaturada qaynaydigan va issiqlikka chidamsiz eritmalarni ajratish uchun qo'llaniladi.

Ushbu jarayon o'ta past vakuumda, ya'ni bosim 1,31...0,13 Pa bo'lgan oraliqda olib boriladi.

Molekulyar haydash eritmani tashqi yuzasidan bug'latish orqali amalga oshiriladi. Jarayon bir – biriga yaqin o'rnatilgan bug'latish va kondensatsiyalanish yuzalarida ro'y beradi. Shuni alohida ta'kidlash kerakki, ular orasidagi masofa odatda 20...30 mm, ya'ni molekulalarning erkin harakati uzunligidan kam bo'lishi kerak. Bunday holatda issiq yuzadan ko'tarilayotgan yengil uchuvchan komponent molekulalari sovuq yuzaga urulishi bilan kondensatsiyalanadi. Bug'lanish va kondensatsiyalanish yuzalari o'rtasidagi temperaturalar farqi 100°C atrofida.

### **Rektifikatsiya.**

Suyuqlik aralashmalarini tashkil etuvchi komponentlarga bir necha marta qisman bug'latish va bug'larni kondensatsiyalash natijasida ajratishga **rektifikatsiya** deyiladi.

Odatda, eritmalarni to'la ajratishni faqat rektifikatsiya usuli ta'minlaydi. Bu jarayon nasadkali yoki tarelkali kolonnalarda o'tkaziladi. Kolonnada bug' va eritma qarama – qarshi yo'nalishda harakatlantiriladi va har bir to'qnashish moslamasida bug' kondensatsiyalansa, eritma esa bug'ning kondensatsiyalanish issiqligi hisobiga qisman bug'lanadi.

Shunday qilib, bug' yengil uchuvchan komponent bilan, kolonnadan pastga oqib tushayotgan suyuqlik esa – qiyin uchuvchan komponent bilan boyitiladi. Bug' va eritmaning ko'p marta to'qnashishi hisobiga distillyat butunlay yengil uchuvchan, kub qoldig'i esa – qiyin uchuvchan komponentdan tarkib topgan bo'ladi.

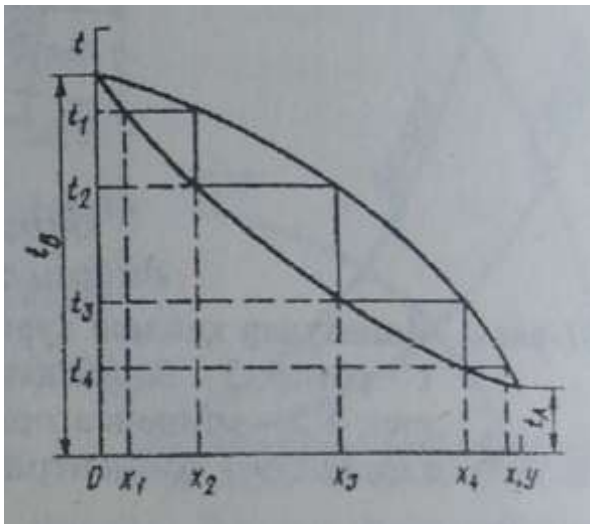
Rektifikatsiya jarayonini hisoblashda quyidagi tahminlar qabul qilinadi:

a) 1 kmol bug' kondensatsiyalanish davrida 1 kmol suyuqlik bug'lanadi. Demak, rektifikatsion kolonnaning istalgan ko'ndalang kesimida harakatlanayotgan bug'ning miqdori bir xildir;

b) deflegmatorda kondensatsiyalanayotgan bug'ning tarkibi o'zgarmaydi. Demak, rektifikatsion kolonnadan chaqib ketayotgan bug'ning tarkibi distillyatnikiga teng ( $y_d = x_d$ );

c) eritma bug'lanishi davrida uning tarkibi o'zgarmaydi. Demak, bug'lanish davrida hosil bo'lgan bug'ning tarkibi kub qoldig'inikiga tenglashadi, ya'ni ( $y_w = x_w$ ).

Ko'pincha rektifikatsiya jarayoni  $t - x, y$  diagramma yordamida tasvirlanadi (10.8 – rasm).



10.8 – rasm.  $t - x, y$  – diagramma.

Konsentratsiyasi  $x_1$  bo'lgan boshlang'ich eritma qaynash temperaturasi  $t_1$  gacha qizdirilganda, suyuqlik bilan muvozanatdagi bug' olinadi va u kondensatsiyalanganda yengil uchuvchan komponentga boyitilgan  $x$  tarkibli suyuqlik hosil bo'ladi. Ushbu suyuqlik yana qizdirilsa va uning temperaturasi  $t_2$  gacha yetkazilsa, hosil bo'lgan bug'ning kondensatsiyalanishi natijasida  $x_3$  tarkibli suyuqlikni olamiz. Shunday qilib, bug'lanish va kondensatsiyalash jarayoni ko'p marta qaytarilsa, boshlang'ich eritmani toza, yengil va qiyin uchuvchan komponentlarga ajratish mumkin.

### Rektifikatsiya jarayonining moddiy va issiqlik balanslari

Jarayonning prinsipial sxemasi asosida rektifikatsiyaning moddiy va issiqlik balanslari tuziladi (10.9-rasm). rektifikatsion kolonnaga uzatilgan boshlang'ich eritma distillyat va kub qoldig'iga ajratiladi.

Kolonnadan chiqayitgan bug'lar deflegmator 4 da kondensatsiyalanadi va ajratuvchi idish 3 ga tushadi. Bu yerda suyuqlik ikki qismga, ya'ni flegma  $\Phi$  va distillyatga ajratiladi. Flegma kolonnada purkatilish uchun yo'naltiriladi.

Jarayon moddiy balansi ushbu ko'rinishga ega:

$$G_f = G_d + G_w \quad (10.8)$$

Kolonnadan chiqayotgan bug'lar deflegmator 4 da kondensatsiyalanadi va ajratuvchi idish 3 ga tushadi. Bu yerda suyuqlik ikki qismga, ya'ni flegma  $\Phi$  va distillyatga ajratiladi. Flegma kolonnada purkatilish uchun yo'naltiriladi.

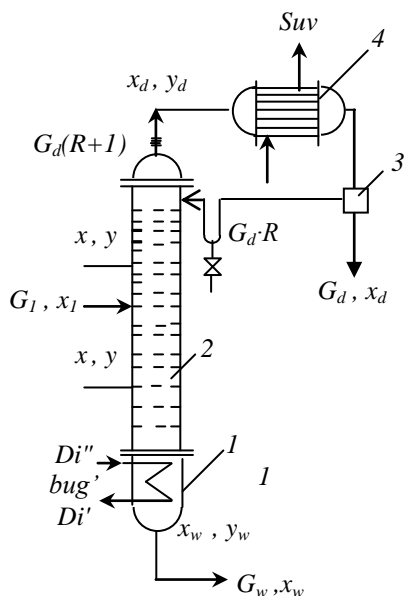
Jarayon moddiy balansi ushbu ko'rinishga ega:

$$G_f = G_d + G_w \quad (10.9)$$

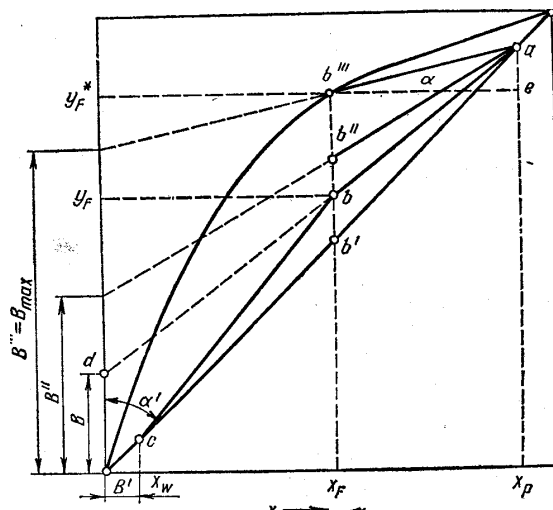
Yengil uchuvchan komponent bo'yicha esa:

$$G_f \cdot x_f = G_d \cdot x_d + G_w \cdot x_w \quad (10.10)$$

bu yerda  $G_f, G_d, G_w$  – boshlang'ich eritma, distillyat va kub qoldig'I massalari, kmol;  $x_f, x_d, x_w$  – boshlang'ich eritma, distillyat va kub qoldiqlaridagi yengil uchuvchan komponentning konsentratsiyalari, mol ulushlar.



10.9-rasm. Rektifikatsiya jarayo-ning moddiy va is-siqlik balanslarini tu-zish.



10.10-rasm. Rektifikatsiya jarayoni ishchi chizig'ining tas-viri.

(10.9) va (10.10) tenglamalardan distillyat va kub qoldig'ining massalari aniqlanadi:

$$G_d = G_f \frac{x_f - x_w}{x_d - x_w} \quad (10.11)$$

$$G_w = G_f \frac{x_d - x_f}{x_d - x_w} \quad (10.12)$$

Boshlang'ich eritma, kub qoldig'i va flegmalarning 1 kmol distillyatga nisbatlarini quyidagicha belgilab olamiz:

$$\frac{G_f}{G_d} = F; \quad \frac{G_w}{G_d} = W; \quad \frac{\hat{O}}{G_d} = R$$

Flegma miqdorining distillyat miqdoriga nisbati flegma soni deb nomlanadi.

Rektifikatsion kolonnaning ta'minlash tarelkasi uni 2 ga ajratadi: yuqori va pastgi qismlarga.

Umumiy tenglama asosida kolonnaning yuqori va pastki qismlari uchun moddiy balans tenglamalarini tuzamiz:

$$G \cdot dy = L \cdot (-dx) \quad (10.13)$$

bu yerda  $L = R \cdot G_d$  – kolonna yuqori qismida oqib tushayotgan suyuqlik miqdori.

Kolonna bo'ylab yuqoriga ko'tarilayotgan bug' miqdori:

$$G = G_d + \hat{O} = G_d + R G_d = G_d (1 + R) \quad (10.14)$$

Kolonnaning yuqori qismi uchun:

$$(R + I) \cdot dy = R \cdot (-dx) \quad (10.15)$$

Pastki qismi uchun:

$$(R + I) \cdot dy = (F + R) \cdot (-dx) \quad (10.16)$$

Konsentratsiyalari  $x, y$  bo'lgan kolonna yuqori qismining istalgan ko'ndalang kesimi va konsentratsiyalari  $x_d, y_d$  bo'lgan kolonnaning yuqori qismi uchun (10.15) tenglamani yozamiz: ( $x_d = y_d$  deb qabul qilingan holda).

$$(R + I) \cdot (y_d - y) = (R + I) \cdot (x_d - y) = R \cdot (x_d - x)$$

Bundan

$$y = \frac{R}{R + I} x + \frac{x_d}{R + I} \quad (10.17)$$

Konsentratsiyasi  $x, y$  bo'lgan kolonnaning pastki qismi va konsentratsiyalari  $x_w, y_w$  bo'lgan kubning istalgan ko'ndalang kesimi uchun,  $x_w = y_w$  ni hisobga olib (10.16) tenglamani yozamiz:

$$(R + I) \cdot (y - y_w) = (R + I) \cdot (y - x_w) = (F + R) \cdot (x - x_w)$$

yoki

$$y = \frac{R + F}{R + I} x - \frac{F - I}{R + I} x_w \quad (10.18)$$

Ko'rinib turibdiki, (10.17) va (10.18) tenglamalar to'g'ri chiziqni ifodalaydi. (10.17) tenglamadagi  $R/(R+I) = \operatorname{tg} \alpha$  – ishchi chiziqning absissa o'qiga og'ish burchagi tangensi  $x_d/(R+I) = B$  chiziq  $y - x$  diagramma ordinata o'qida ajratgan kesmasi (10.10-rasm).

### Nazorat uchun savollar

1. Haydash va rektifikatsiya nima?
2. Haydash va rektifikatsiya jarayonining nazariy asoslari.
3. Oddiy haydash nima?
4. Fraksiyali haydash.
5. Deflegmatsiya bilan haydash.
6. Suv bug'i bilan haydash.
7. Molekulyar haydash.
8. Rektifikatsiya jarayonining moddiy va issiqlik balanslari.

**Amaliy mashg'ulotni chuqurlashtirish maqsadida aqliy hujum, klaster, elpig'ish usullari va 3x3 texnologiyalaridan 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.

## 10 – AMALIY MASHG`ULOT

### Mavzu: Ekstraksiyalash jarayoni hisobi. Samarali diffuziya vaqtini aniqlash.

**Maqsad:** Ekstraktorlar, ularning turlari, tuzilishini o'rganish va ekstraksiyalash jarayoni hisobini o'rganish.

#### Nazariy qism.

Ekstraksiya jarayoni turli xil konstruksiyali qurilmalarda – ekstraktorlarda o'tkaziladi.

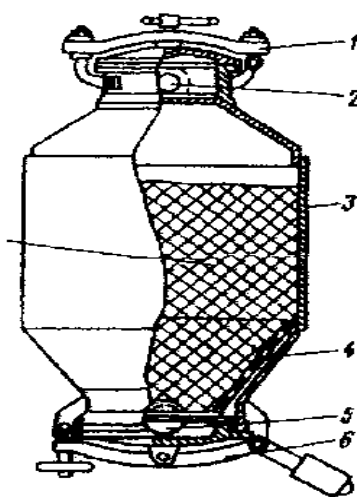
Jarayon tashkil etilishiga qarab ekstraktorlar davriy va uzluksiz ishlaydigan bo'ladi. Jarayonda qatnashayotgan fazalar to'qnashuviga qarab ekstraktorlar 3 guruhga bo'linadi: aralastirib-tindiruvchi; differensial kontaktli va pog'onali yoki sektsiyali.

Ekstartorlarni tanlashda qattiq faza fizik-mexanik xossalari va ajrab chiqadigan ekstrakt konsentratsiyasi yoki tayyor mahsulot chiqishi hisobga olinadi.

Ma'lumki, davriy ishlaydigan qurilmalar ish unumdorligi kam bo'ladi. Shuning uchun, ular kichik hajmli korxonalarda qo'llaniladi. Lekin, sanoat miqyosida ko'pincha uzluksiz ishlaydigan qurilmalar ishlatiladi. Ekstraktor va eritkich bir-biridan katta farqlanmaydi. Agar, qurilma qattiq, g'ovaksimon jismni ekstraksiyalash uchun qo'llanilsa **ekstraktor** deb nomlanadi. Agar qurilma qattiq, g'ovaksimon materialni eritish uchun ishlatilsa, unda u **eritkich** deb ataladi.

Ekstraktor va eritkichlarga qo'yiladigan talablar quyidagilardan iborat:

- qurilma hajmi birligiga to'g'ri kelgan ekstraktning miqdori, ya'ni solishtirma ish unumdorligi katta bo'lishi zarur;
- hosil bo'layotgan eritma konsentratsiyasi iloji boricha yuqori bo'lishi kerak;
- energiya sarfi kam bo'lishi zarur.



12.1-rasm. Perkolyator.

1 - qopqoq; 2,5-erituvchi uchun shtutserlar; 3-qobiq; 4-teshikli panjara; 6-ko'tarma lyuk; 7-material.

**Perkolyator** – bu davriy ishlaydigan, qo'zg'almas qatlamli ekstraktor (12.1-rasm). U konussimon tubli va yassi qopqoqli silindrik qurilma bo'lib, tubida teshikli panjara o'rnatilgan. Ushbu panjaraga tepa lyukdan maydalangan qattiq material qatlami yuklanadi.

Ishqorlab ajratish jarayoni tugagandan so'ng, material pastki ko'tarma lyukdan chiqarib yuboriladi. Perkolyatorlar ketma-ket ulanib batareyalar hosil qilinadi. Batareyaga ulanadigan perkolyatorlar soni 4 ta dan 15 ta gacha bulishi mumkin. Erituvchi perkolyatorning past qismidan yuqoriga nasos yordamida haydaladi. Batareyalarda oqimlar yo'nalishi har doim qarama-qarshi bo'ladi. Istalgan perkolyatorda ajratish darajasi belgilangan darajaga etishi bilan ishlatib bo'lingan materialni to'kish uchun batareya o'chiriladi va yangi xom-ashyo yuklanadi. Odatda, qurilmadan material bosim ostida to'kiladi.

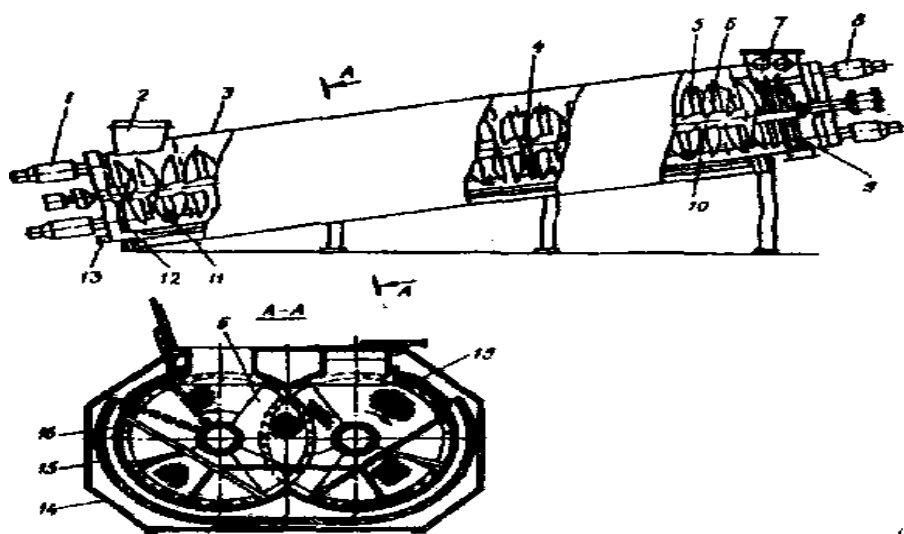
**Uzluksiz ishlaydigan diffuzion qurilmalar** kimyo, tog'kon, oziq-ovqat va boshqa sanoatlarda juda ko'p ishlatiladi. Ayniqsa, qand lavlagidan shakar olishda va uning turpini



chiqarib tashlashda bu turdagi qurilmalar juda samarali qo'llanilmoqda.

**Ikki shnekli, og'ma diffuzion qurilma** odatda  $8...11^0$  burchak ostida ishlatiladi. Qurilmaning tepa qismida qand lavlagi qirindilarini yuklash uchun bunker va hosil bo'layotgan turpini (jomni) chiqarish uchun shneklar o'rnatilgan (12.2-rasm).

Qurilma ichida qand lavlagi qirindisi ikkita shnek yordamida pastdan tepaga qarab uzatiladi. Vint chizig'i bo'ylab joylangan parraklar tizimi shneklarni hosil qiladi. Birinchi shnekning parraklari, ikkinchi shnekning parraklararo bo'shlig'iga kirib turadi. Shneklarning bunday joylashishi qirindini bir tekisda uzatish va qirindini parrak bilan birga aylanishiga to'sqinlik qiladi. Buning uchun qurilmaga kontrparraklar va qopqoqning pastki qismida to'siqlar o'rnatilgan.



**12.2-rasm, Ikki shnekli, og'ma diffuzion qurilma.**

1,8- elektr yuritkichlar;  
2-yuklovchi bunker; 3-qopqoq; 4-tayanch; 5-to'siq; 6,9-parraklar; 7-to'kish shneki; 10-shnek; 11-isituvchi kamera; 12-elak; 13-diffuzion sharbatni chiqarish shtutseri; 14-qoburg'a;

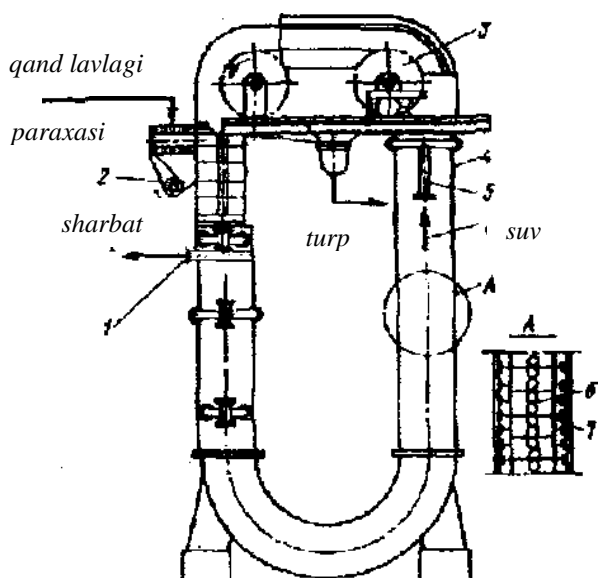
15-qoplama; 16-kontrparrak.

Lavlagi turpi qurilmaning tepa qismidagi shneklar yordamida chiqariladi. Turpni samarali to'kish uchun parraklar ham yordam beradi. To'kish shneklari uzatish shneklariga nisbatan to'g'ri burchak ostida o'rnatilgan va ularga qarama-qarshi yo'nalishda aylanadi. Ekstraksiyalanayotgan materialni isitish uchun qurilmaning ostki qismida isituvchi kamera o'rnatilgan.

Ikki pog'onali diffuzion qurilma U - simon, to'g'ri to'rtburchak ko'ndalang kesimli qobiqdan iborat bo'ladi. Ushbu qobiq maxsus tayanchlari bilan og'ir poydevorga o'rnatiladi.

Qurilma qobig'i ayrim sargalardan tarkib topgan bo'lib, qattiqlik qoburg'alari bilan mustahkamlanadi. Ekstraktorda material uzatuvchi romchalar o'natilgan plastmassa zanjirlar yordamida uzatiladi. Ushbu zanjir elektr yuritkichga ulangan uzatma yordamida harakatga keltiriladi. Romchalarni vertikal holatda materialdan to'liq tozalash uchun zarba tipidagi tozalagich o'rnatilgan.

Xom - ashyo qurilmaga panjarasimon konveyer va rotatsion uloqtirgich yordamida yuklanadi. Isitilgan sharbat qurilmaga soplolar yordamida purkaladi. Qurilmadan diffuzion sharbat kamerada o'rnatilgan konussimon teshikli elak va patrubkalar orqali chiqariladi. Barometrik suv qurilmaning tepa qismida joylashgan presslangan turp suyuqligi esa, pastki soplolar orqali qurilmaga kiritiladi.



12.3-rasm. Ikki kollonnali diffuzion qurilma. 1,5-shtutserlar; 2-rotatsion uloqtirgich; 3-baraban; 4-qobiq; 5-zanjir; 6-romcha.

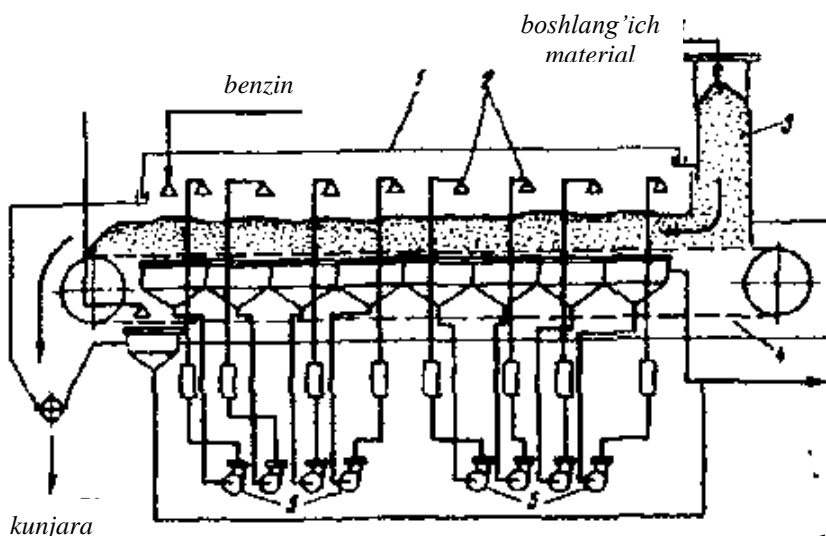
Qand lavlagi paraxasi romchali zanjir yordamida qurilma bo`ylab uzatiladi va oxirida to`kish shtutseriga olib kelinadi. Barometrik va presslangan turp suvlari, qand lavlagi qirindisiga qarama - qarshi yunalishda, kolonnaning tepa qismiga yuboriladi. Jarayon yakunida hosil bo`lgan diffuzion sharbat keyingi texnologik jarayonga uzatilsa, turp esa -presslashga yoki omborga yuboriladi. Ayrim qurilmalarda qattiq material kovshlar yordamida uzatiladi.

Lekin, materialni uzatish uchun romcha yoki kovsh zanjirli moslamalarni qo`llash, qattiq jismlarning zichlanishiga sababchi bo`ladi. Ma'lumki, zichlangan materialni ekstraksiyalash ancha qiyin.

Parrakli va kontrparrakli diffuzion qurilmalarda qirindi ancha maydalanadi, bu esa diffuzion sharbatning filtrlanishini qiyinlashtiradi. Natijada, ekstraksiyalash jarayonining tezligi

ham kamayadi.

**Lentali ekstraktorlar** ko`pincha tarkibida yog` bor materiatlardan (pista, chigit va h...) yog`ni ekstraksiyalash uchun qo`llaniladi (12.3-rasm).



12.4-rasm. Lentali ekstraktor. 1-qobiq; 2-soplolar; 3-yuklovchi shaxta; 4-uzatuvchi transport moslamasi; 5-nasoslar.

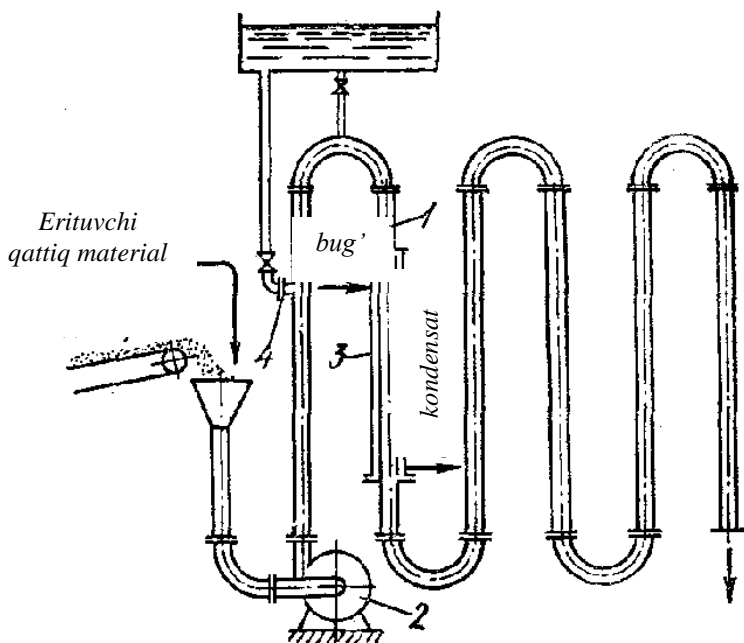
Maydalangan qattiq faza (pista) lentada yupqa qatlam holda uzatilsa, ekstragent benzin yoki geksan esa nasoslar yordamida lentadagi xom-ashyoga purkaladi. Qattiq material va ekstragentlarning o`zaro harakati

kombinatsiyalangan, murakkab bo`lib, ya'ni har bir bo`limda uzaro kesishgan

va ekstraktorning butun uzunligi bo`ylab qarama-qarshi yo`nalishda harakatlanadi.

Ekstraktor konstruksiyasi qattiq material va

ekstragentning o`zaro yaxshi to`qnashuvini ta`minlay olmaydi. Shuning uchun, ekstraksiyalash jarayoni juda kichik tezlikda kechadi. Demak, xom-ashyodan yog`ni to`la ajratib olish uchun ekstraksiya jarayoni bir necha pog`onali qurilmada olib borish kerak.



**12.5-rasm. Trubali ekstraktor.**

- 1,5-shtutserlar;
- 2-rotatsion uloqtirgich;
- 3-baraban;
- 4-qobiq;
- 5-zanjir;
- 6-romcha.

**Mavhum qaynash qatlamli ekstraktorlar.** Bu turdagi qurilmalarda qattiq material zarrachalar yuzasi butun jarayon mobaynida turbulent oqim bilan yuvilib turadi, ya'ni to'qnashuvda bo'ladi. Natijada, ekstraksiyalash va eritish jarayonlari intensivlashadi.

**Trubali ekstraktor** (12.5-rasm) ketma-ket ulangan truba 1 lardan iborat bo'lib, ulardan qattiq, mayda zarrachali suyuqlik nasosi 2 yordamida haydaladi. Ma'lumki, temperatura ortishi bilan jarayon tezlashadi. Shuning uchun, trubalar bug` qobig`i 3 bilan o`ralgan. Nasos to`satdan to`xtab qolgan hollarda, truba ichidagi qattiq quyqalarni devorga o`tirib qolmasligi uchun yuvib yuboriladi. Buning uchun tepada joylashgan idishdan trubalarga suv yuboriladi.

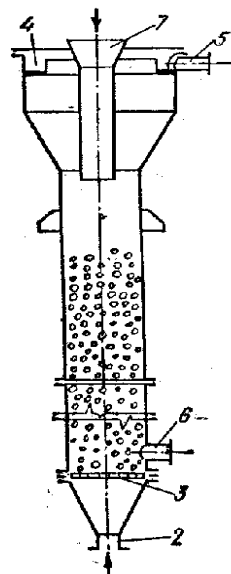
Ushbu qurilmalarda ekstraksiyalash jarayonining intensivligi, unda ideal siqib chiqarish rejimiga yaqin sharoit yaratilishi bilan bog`liqdir. Qurilmada fazalar qarama- qarshi harakat yo`nalishini qo`llab bo`lmasligiga sabab, qattiq jismning mayda zarrachalari suyuqlik bilan chiqib ketishidir.

**Mavhum qaynash qatlamli ekstraktorlar.** (12.6-rasm)

Silindrsimon kolonna 1 ga pastki shtutser 2 orqali eritma uzluksiz ravishda uzatiladi. Shtutser 2 orqali kiritilgan eritma belgilangan tezlikda taqsimlovichi panjara 3 teshiklaridan o`tadi va maydalangan qattiq material qatlamini mavhum qaynash holatiga keltiradi.

### 12.6-rasm. Mavhum qaynash qatlamli ekstraktor.

- 1-kalonna;
- 2-eritma kirish shtutseri;
- 3-taqsimlovchi teshikli panjara;
- 4-halqasimon tarnov;
- 5-konsentrlangan eritma chiqadigan shtutser;
- 6-qattiq qoldiqni to'kish shtutseri;
- 7-qattiq materialni yuklash trubasi.



Boshlang'ich material qurilmaning yuklash trubasi 7 orqali mavhum qaynash qatlamiga uzatiladi. Odatda, mavhum qaynash qatlami bir necha metr bo'ladi. Qurilmadan chiqishda yuqori konsentratsiyali eritma olish mumkin. Konsentrlangan eritma halqasimon tarnovga tushadi va shtutser 5 orqali tashqariga chiqariladi. Hosil bo'layotgan qattiq qoldiq taqsimlovchi panjara 3 dan ozgina yuqorida joylashgan shtutser 6 orqali uzluksiz ravishda chiqarib turiladi.

Bunday ekstraktorlar tuzilishi sodda va kam metall sarflanadi. Undan tashqari, jarayon intensivligi katta va qattiq jismdan kerakli komponentni ajratish darajasi yuqori.

### Nazorat uchun savollar

1. Ekstraksiyalash jarayoni.
2. Ekstraksiyalash jarayonining prinsipial sxemasi.
3. Perkolyatorning ishlash prinsipi.
4. Ikki pog'onali diffuzion qurilmaning ishlash prinsipi.
4. Trubali ekstraktorning ishlash prinsipi.
5. Mavhum qaynash qatlamli ekstraktorning ishlash prinsipi.

**Amaliy mashg'ulotni chuqurlashtirish maqsadida aqliy hujum, klaster, elpig'ish usullari va 3x3 texnologiyalaridan 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.

## 11- AMALIY MASHG`ULOT

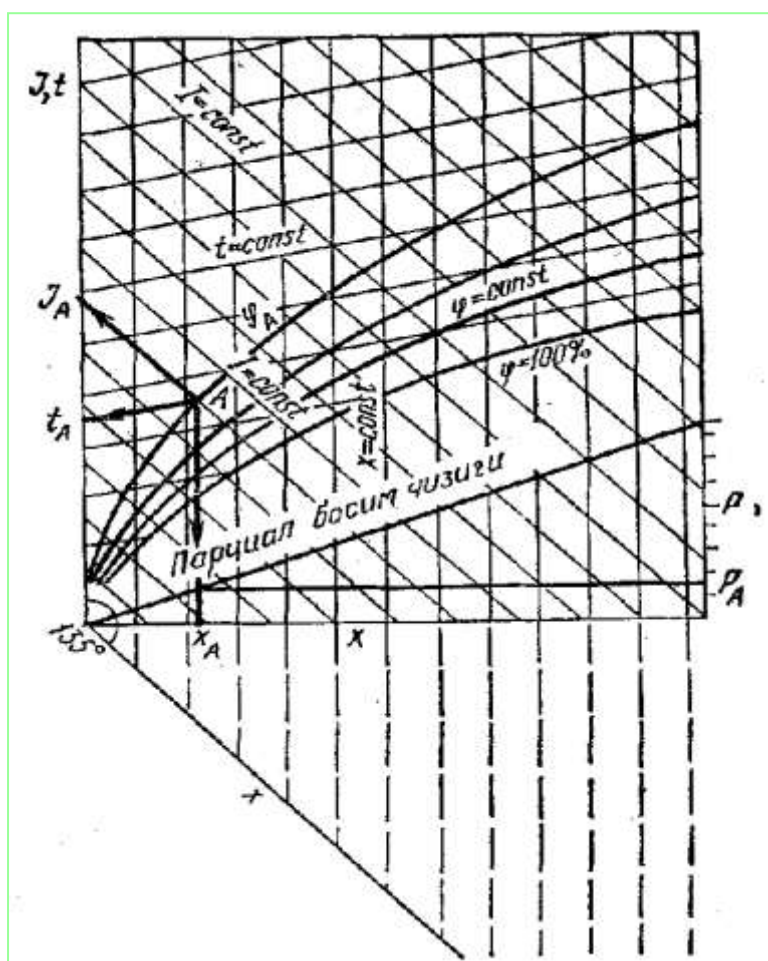
### Mavzu: Ramzin diagrammasi bo'ycha nam havoning parametrlarini hisoblash

**Maqsad:** Ramzin diagrammasi haqida tushuncha, nam havo holatini diagrammada tavsiflash va asosiy parametrlarni diagramma yordamida hisoblab olish.

#### Nazariy qism.

Nam havoning asosiy xossalari texnik hisoblashlar uchun zarur bo'lgan aniqlik bilan  $I - x$  diagrammasi yordamida topilishi mumkin. Bu diagramma L.K.Ramzin tomonidan taklif qilingan.  $I - x$  diagrammasini tuzishda bosimning qiymatini o'zgarimas deb olinga, ya'ni  $P = 745 \text{ mm}$  simob ustuni (99 kPa ga yaqin).

Diagrammaning asosiy o'qlari oralig'idagi burchak  $135^\circ$ ga teng. (6.1-rasm).



6.1-rasm.  $I - x$  diagrammasi

Asosiy o'qlarga nam havoning ikkita asosiy parametrlari – entalpiya  $I$  va nam saqlash  $x$  joylashtirilgan. Nam saqlashning qiymatlari diagrammadan foydalanish qulay bo'lishi uchun yordamchi gorizontaal o'qqa joylahtirilgan. Bunda  $I = const$  chiziqlar ordinata o'qiga nisbatan  $135^\circ$  burchak bilan ma'lum masshtabda joylashtirilgan.  $x = const$  chiziqlar esa yordamchi absissa o'qiga perpendikulyar qilib joylashtirilgan.

$I - x$  diagrammasiga asosiy chiziqlardan tashqari quyidagi chiziqlar ham joylashtirilgan; o'zgarmas temperatura chiziqlari yoki izotermalar ( $t = const$ ), o'zgarmas nisbiy namlik chiziqlari  $\varphi = const$  suv bug'ining parsial bosimi chizig'i.

$\varphi = 100\%$  chizig'i diagrammani ikki qismga bo'ladi. Bu chiziqning tepa qismi diagrammaning ish yuzasi deb ataladi va u to'yinmagan nam havoga to'g'ri keladi. To'yinmagan nam havo qurituvchi agent sifatida ishlatiladi.  $\varphi = 100\%$  chizig'ining pastki qismida joylashgan yuza suv bug'i bilan to'yingan havoga to'g'ri keladi va quritkichlarni hisoblashda ishlatilmaydi.

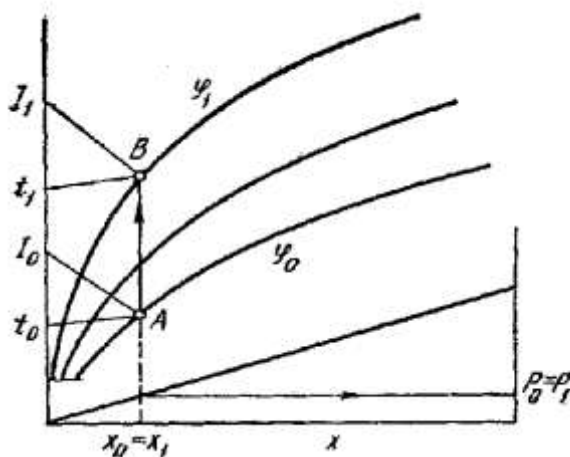
Temperatura  $99,4^\circ\text{C}$  ga yetganda to'yingan bug'ning bosimi o'zgarmas barometrik bosim qiymati ( $P = 745$  mm simob ustuni) ga teng bo'lib qoladi, natijada nisbiy namlik  $\varphi$  temperaturaga bog'liq bo'lmaydi. Bunday sharoitda  $\varphi$  namlik saqlash  $x$  kabi amaliy jihatdan o'zgarmas qiymatni egallaydi. Shu sababli  $t = 99,4^\circ\text{C}$  bo'lganda  $\varphi = const$  chizig'i keskin buriladi va yuqoriga vertikal bo'ylab yo'naladi.

$I - x$  diagrammasi yordamida nam havoning istalgan ikkita parametri bo'yicha uning holatini belgilovchi nuqta (masalan, A) topiladi, so'ngra bu nuqta yordamida nam havoning qolgan parametrlarini aniqlash mumkin.

Suv bug'ining parsial bosimi chizig'i diagrammaning pastki qismiga joylashtirilgan. Agar diagrammada nam havoning holatini belgilovchi nuqta ma'lum bo'lsa, suv bug'ining parsial bosimi qiymati  $p_a$  ni aniqlash mumkin.

### Nam havoni isitish.

Nam havoni sirtiy issiqlik almashinish apparatlarida (kaloriferda) isitish paytida havoning namlik saqlashi o'zgarmaydi, shu sababli havoni isitish prosessi  $x = const$  chizig'i bilan ifodalanadi (6.2-rasm). Havoning dastlabki holati A nuqta bilan belgilanadi, uning temperaturasi  $t_0$ , entalpiyasi  $I_0$  va nisbiy namligi  $\varphi_0$ . Isitish prosessi AB chiziq bilan ifodalanadi. Isitilgan havoning temperaturasi  $t_1$ , nisbiy namligi  $\varphi_1$ , entalpiyasi esa  $I_1$  ga teng.



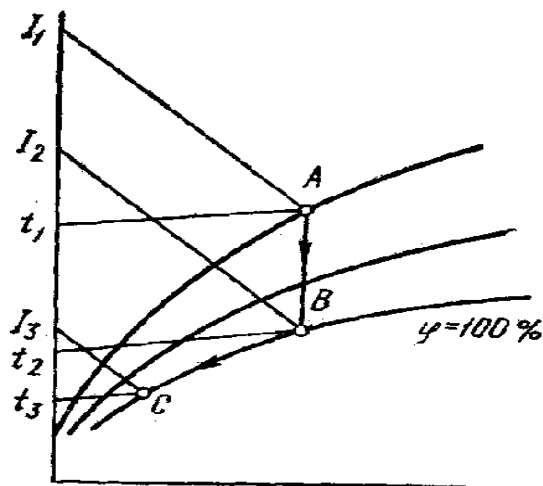
6.2-rasm. Havoning

isitishini  $I - x$  diagrammada ifodalash

Isitish paytida havoning o'ziga qabul qilgan issiqlik miqdori diagramma yordamida topilishi mumkin:  $I_1 - I_0 = \Delta I$  (J – kg quruq havo)

### Nam havoni sovitish.

Agar havoning dastlabki holati  $A$  nuqta bilan belgilansa, uni sirtiy issiqlik almashinish apparatida (sovitkichda) sovitish prosessi ham  $x = const$  chiziq bilan ifodalanadi (6.3-rasm). Diagrammada havoni sovitish prosessi  $AC$  chiziq bilan belgilangan. Sovitish paytida havoning nisbiy namligi ortib boradi.  $C$  nuqtada havoning nisbiy  $\varphi = 100\%$  bo'ladi. Havoni sovitish natijasida ajralish mumkin bo'lgan issiqlik  $I_1 - I_2$  ga teng ( $J - kg$  quruq havo).

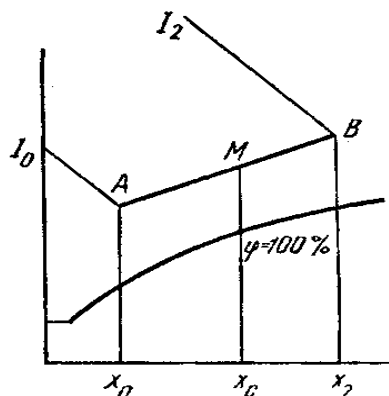


6.3-rasm. Havoning sovishini  $I - x$  diagrammada tasvirlash

Sovitish prosessi yana davom ettirilsa, suv bug'larining kondensatsiyalanishi boshlanadi.  $B$  nuqtaga to'g'ri kelgan temperatura shudring nuqtasining temperaturasi  $t_2$  deb ataladi. Havoning o'ta sovutilishi paytida undan ortiqcha namlik ajralib chiqadi, biroq nisbiy namlik o'zgarmaydi ( $\varphi = 100\%$ ). Havoning o'ta sovutilish prosessi  $BC$  chiziq bo'yicha boradi.  $C$  nuqtaga to'g'ri kelgan temperatura  $t_3$  va entalpiya  $I_3$  diagramma bo'yicha topilishi mumkin.

### Turli parametrlri havoni aralashtirish

Holati  $A$  nuqta bilan belgilanadigan havoni holati  $B$  nuqta to'g'ri kelgan havo bilan aralashtirish prosessini ko'rib chiqamiz (6.4-rasm).



6.4-rasm. Turli parametrlarga ega bo'lgan havoning aralashishini diagrammada tasvirlash

A nuqtaga to'g'ri kelgan nam havoning tarkibida 1 kg absolyut quruq havo bor deb olamiz. Holati  $B$  nuqta bilan belgilanadigan nam havoning tarkibida esa  $n$  kg absolyut quruq havo bor deb hisoblanadi. Bunda aralashmaning entalpiyasi:

$$I_{ar} = \frac{I_0 + n \cdot I_2}{1 + n} I_{ar} - I_0 = n(I_2 - I_{ar})$$

Aralashmaning nam saqlashi:

$$x_{ar} = \frac{x_0 + nx_2}{1 + n}; \quad x_{ar} - x_0 = n(x_2 - x_{ar})$$

bu yerdan

$$n = \frac{x_{ar} - x_0}{x_2 - x_{ar}}$$

$$\frac{I_{ar} - I_0}{x_{ar} - x_0} = \frac{I_2 - I_{ar}}{x_2 - x_{ar}}$$

Bu tenglama 6.4-rasmdagi  $A$  va  $B$  nuqtalardan o'tgan to'g'ri chiziq tenglamasini ifodalaydi. Aralashmaning holati  $M$  nuqta bilan ifodalanadi, bu nuqta  $AB$  to'g'ri chiziqni ikki qismga quyidagi nisbatda bo'ladi:

$$\frac{MA}{MB} = \frac{x_{ar} - x_0}{x_2 - x_{ar}} = \frac{n}{1}$$

$MA$  va  $MB$  kesmalarning qiymati  $A$  va  $B$  holatlarga to'g'ri kelgan nam havolar tarkibidagi quruq havolar massalariga teskari proporsionaldir.

6.4 – rasmda ko'rsatilgan aralashmaning holati (ya'ni  $M$  nuqta)  $\varphi = 100\%$  chiziqning tepasida joylashgan. Bunday sharoitda havo tarkibidagi suv bug'lari kondensatsiyalanmaydi. Ayrim sharoitlarda  $M$  nuqta to'yinish chizig'ining pastki qismida joylanishi mumkin, bunda turli parametrlil havolarning aralashishi natijasida suv bug'lari kondensatsiyalanadi va shudring ajralishi ro'y beradi.

Adiabatik quritish jarayonida modda tarkibidagi namlik faqat havo bilan berilgan issiqlik tufayli bug'latiladi.

Agar quritilayotgan moddaning temperaturasi (uning tarkibidagi namlik ham) o'zgarmasa va  $0^\circ\text{C}$  ga teng bo'lsa unda havoning entalpiyalari quritilgandan keyingi  $I_2$  va quritishdan oldinga  $I_1$  teng bo'ladi, chunki namlikni bug'latish uchun havo bilan berilgan issiqlik moddadan chaqib ketgan bug'lar bilan havoga yana qaytariladi. Bunday jarayon nazariy quritish jarayoni deyiladi ( $I_2 = I_1 = I = \text{const}$ ).

Nam havo va bug'lanayotgan namlik o'rtasida muvozanat o'rnatilgandan so'ng nam havoning temperaturasi doimiy qiymatni egallaydi va bunday holat ho'l termometrning temperaturasi  $t_x$  deyiladi.

Havo temperaturasi  $t_x$  va ho'l termometrning temperaturasi  $t_x$  orasidagi farq quritish potentsiali  $\varepsilon$  deyiladi va bu ko'rsatkich havoning moddadan namlikni yutib olish qobiliyatini bildiradi:

$$\varepsilon = (t_x - t_x')$$

Quritish potentsiali jarayonining tezligini xarakterlaydi.



## Nazorat uchun savollar

1. Nam havo uchun Ramzin ( $I - x$ ) diagrammasi haqida tushuncha.
2. Doimiy temperaturalar chizig'i.
3. Doimiy nisbiy namlik chizig'i.
4. Suv bug'ining porsial bosimi chizig'i.
5. Nam havoni isitishni Ramzin diagrammasida tasvirlash.
6. Nam havoni sovitishni tasvirlash.
7. Turli parametrlarga ega bo'lgan havoning aralashishini diagrammada tasvirlash.
8. Aralashmani entalpiyasini aniqlash.
9. Aralashmaning namlik saqlashini aniqlash.
10. Shudring nuqtasi.
11. Adiabatik quritish jarayoni.
12. Ho'l termometr haqida tushuncha.
13. Quritish potentsiali haqida tushuncha.

**Amaliy mashg'ulotni chuqurlashtirish maqsadida aqliy hujum, klaster, elpig'ish usullari va 3x3 texnologiyalaridan 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. 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.

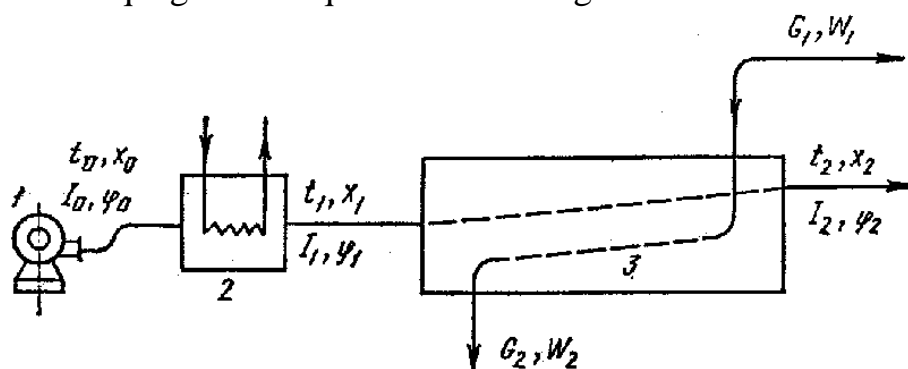
## 12 – AMALIY MASHG`ULOT

### Mavzu: Quritish apparatining hisobi.

**Maqsad:** Quritish apparati haqida tushuncha, apparatning hisobini o'rganib chiqish.

#### Nazariy qism. Quritish apparatining hisobi.

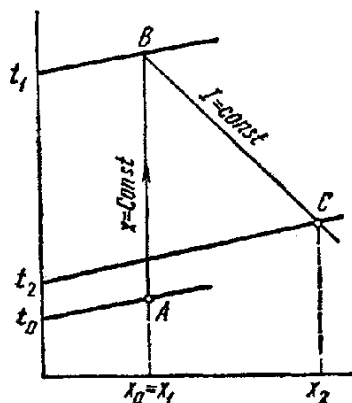
**Quritgichlarning nazariy hisobi.** 7.1-rasmda quritish qurilmasining sxemasi ko'rsatilgan. Bu qurilma ventilyator, isitkich (kalorifer) va quritish kamerasidan iborat. Isitkichga kirayotgan havoning parametrlarini  $I_0, t_0, \varphi_0, x_0$  bilan belgilaymiz. Isitkichda havo  $t_1$  temperaturagacha qizdiriladi, bunda uning namlik saqlashi o'zgarmaydi ( $x_0 = x_1$ ), nisbiy namligi kamayadi ( $\varphi_1$ ), entalpiyasi ortadi ( $I_0$ ). Shu parametrlar bilan qizigan havo quritish kamerasiga kiradi.



7.1-rasm. Quritish qurilmasi.

Quritish kamerasida havoga qo'shimcha issiqlik berilmaydi va havo o'zidagi issiqlikni yo'qotmaydi deb qabul qilamiz. Bu protsess *nazariy quritish* deb ataladi. Havo orqali materialga berilgan issiqlik miqdori namlikning materialdan bug'lanishi uchun sarflanadi va hosil bo'lgan suv bug'i orqali materialdan qaytadi deb qabul qilinadi. Nazariy quritishda havoning entalpiyasi o'zgarmay qoladi ( $I = const$ ).

Quritgichdan chiqayotgan havoning parametrlari  $t_2, \varphi_2, I_2, x_2$ , biroq  $I_2 = I_1; x_2 = x_1; t_2 < t_1; \varphi_2 > \varphi_1$ . Sxemadan ko'rinib turibdiki, nam materialning massasi  $G_1$  (kg/soat), uning namligi  $W_1$  (%), qurigan materialning massasi  $G_2$  (kg/soat) va uning namligi  $W_2$  (%).



7.2-rasmda quritish protsessi  $I - x$  diag-rammasida tasvirlangan. Isitkichdagi havoning  $t_0$  temperaturadan  $t_1$  temperaturagacha qizdirish protsessi  $AB$  chiziq bilan ifodalangan.  $BC$  chiziq esa quritish kamerasida sodir bo'ladigan protsessni ko'rsatadi. Quritish kamerasidan chiqayotgan havoning holati  $C$  nuqta bilan belgilanadi.

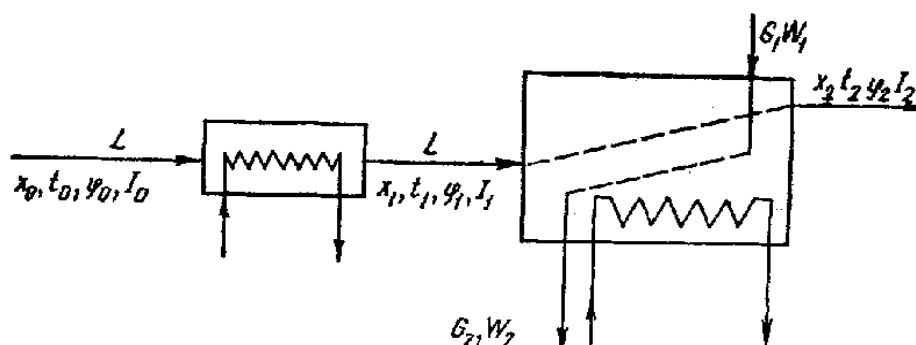
**7.2-rasm.** Quritish protsessi-  
issiqlik

ning  $I - x$  diagrammada ifo-

Diagramma yordamida (7.2-rasm) namlikni bug'latish uchun zarur bo'lgan havo sarfi  $l$  (kg) va sarfi  $q$  (kJ) ni aniqlash mumkin:

dalanishi.

$$l = \frac{I}{x_2 - x_1} = \frac{I}{x_2 - x_0} \quad (1)$$



7.3-rasm. Quritish kamerasida havoni qo'shimcha qizdirish usuli bilan materiallarni quritish.

$$q = l(I_1 - I_0) = \frac{I_1 - I_2}{x_2 - x_1} \quad (2)$$

**Real quritgichning moddiy va issiqlik balanslari.** Real quritkichlardagi protsess nazariy quritishdagi protsessdan shu bilan farq qiladiki, bunda  $I_2 \neq I_1$  bo'ladi. Bunga sabab shuki, real quritkichlarda issiqlikning bir qismi atrof-muhitga yo'qoladi. Ayrim paytlarda quritish kamerasiga qo'shimcha issiqlik kiritiladi (7.3-rasm).

Uzluksiz ishlaydigan quritkichning moddiy balansini tuzish uchun quyidagi belgilarni qabul qilamiz:  $G_1$  – nam materialning massasi, kg/soat;  $W_1$  – uning namligi, %;  $G_2$  – quruq materialning massasi, kg/soat;  $W_2$  – uning namligi, %;  $W$  – bug'langan namlik miqdori, kg/soat;  $L$  – havoning sarfi (quruq havo hisobida), kg/soat.

*Moddaning kirishi* (kg/soat): 1) havo  $L$ ; 2) havo tarkibidagi namlik  $Lx_0$ ; 3) nam material  $G_1$ .

*Moddaning chiqishi* (kg/soat): 1) havo  $L$ ; 2) havo tarkibidagi namlik  $Lx_2$ ; 3) qurigan material  $G_2$ .

Moddiy balans tenglamasini tuzamiz:

$$L + Lx_0 + G_1 = L + Lx_2 + G_2$$

Bundan  $G_1 - G_2 = Lx_2 - Lx_0 = L(x_2 - x_0)$ ;

yoki  $W = L(x_2 - x_0)$ .

Bu yerda

$$L = \frac{W}{x_2 - x_0} = \frac{G_2(100 - W_2)}{100} \quad (3)$$

Quritish protsessi uchun quruq moddalar bo'yicha ushbu balans tenglamasini tuzish mumkin:

$$\frac{G_1(100 - W_1)}{100} = \frac{G_2(100 - W_2)}{100}$$

Bu so'nggi ifodadan quritish oxiridagi materialning massasini aniqlaymiz:

$$G_2 = G_1 \left( \frac{100 - W_1}{100 - W_2} \right)$$

Bug'langan namlikning (yoki materialdan chiqarilgan suvning) miqdorini quyidagi tenglama orqali ham topish mumkin:

$$W = G_1 - G_2 = G_1 - G_1 \left( \frac{100 - W_1}{100 - W_2} \right)$$

yoki

$$W = G_1 \left[ 1 - \frac{100 - W_1}{100 - W_2} \right] = G_1 \left( \frac{W_1 - W_2}{100 - W_2} \right)$$

Moddiy balans asosida real quritkichning issiqlik balansini tuzamiz.

*Issiqlikning kirishi* (kJ/soat); 1) havo bilan  $LI_1 = LI_0 + Q_n$  (bu yerda:  $LI_0$  – isitkichga kirgan havoning issiqligi,  $Q_n$  – isitkichda havoning bergan issiqligi); 2) material bilan  $G_1 c_1 \theta_1$  (bu yerda:  $c_1$  – nam materialning issiqlik sig'imi,  $\theta_1$  – materialning dastlabki temperaturasi); 3) transport qurilmalari bilan  $G_{tr} c_{tr} \theta'_{tr}$  (bu yerda:  $G_{tr}$  – transport qurilmalarining massasi,  $c_{tr}$  – transport qurilmalari materialining issiqlik sig'imi,  $\theta'_{tr}$  – transport qurilmalarining dastlabki temperaturasi); 4) quritish kamerasiga kiritilgan qo'shimcha issiqlik  $q_k$ .

*Issiqlikning sarflanishi* (kJ/soat): 1) quritkich chiqayotgan havo bilan  $LI_2$ ; 2) quritilgan material bilan  $G_2 c_2 \theta_2$ ; 3) transport qurilmalari bilan  $G_{tr} c_{tr} \theta''_{tr}$ ; 4) issiqlikning atrof-muhitga yo'qolishi  $Q_y$ .

Issiqlik balansini tuzamiz:

$$LI_1 + G_1 c_1 \theta_1 + G_{tr} c_{tr} \theta'_{tr} + q_k = LI_2 + G_2 c_2 \theta_2 + G_{tr} c_{tr} \theta''_{tr} + Q_y \quad (4)$$

bundan

$$L(I_2 - I_1) = G_1 c_1 \theta_1 + G_{tr} c_{tr} \theta'_{tr} + q_k - G_2 c_2 \theta_2 - G_{tr} c_{tr} \theta''_{tr} - Q_y \quad (5)$$

yoki  $L(I_2 - I_1) = \sum Q$ .

Oxirgi tenglamaning o'ng va chap tomonlarini  $W$  ga bo'lib, quyidagi ifodani olamiz:

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

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

$$l(I_2 - I_1) = \Delta \quad (6)$$

yoki

$$I_2 = I_1 + \frac{\Delta}{l} \quad (7)$$

Tenglamaga kiritilgan  $\Delta$  kattalik quritish kamerasi ichidagi kiritilgan va sarflangan issiqliklar ayirmasining 1 kg bug'langan namlikka nisbatini belgilaydi. Bu yerda asosiy kaloriferda isitilgan havo bilan kirgan va chiqqan issiqliklar hisobga olinmaydi. Ko'pincha  $\Delta$  quritish kamerasining ichki balansi deb ataladi.

(6) tenglamadan ko'rinib turibdiki,  $\Delta$  ning ishorasiga ko'ra  $I_2$  ning qiymati  $I_1$  ning qiymatidan katta yoki kichik bo'lishi mumkin. Agar  $\Delta = 0$  bo'lsa, u holda  $I_2 = I_1$ .

### Real quritkichdagi protsessni diagrammada tasvirlash.

Nazariy quritishlarda  $\Delta = 0$  bo'lsa, real quritkichlarda esa  $\Delta \neq 0$ . Ikki xil sharoit bo'lishi mumkin: a)  $\Delta > 0$ ; b)  $\Delta < 0$ . Avval  $\Delta > 0$  bo'lgan sharoit uchun  $I - x$  diagrammada quritish chizig'ining shaklini ko'ramiz.

Berilgan shartlar bo'yicha dastlab nazariy quritishning chizig'i  $CB$  ni tuzamiz. Quritish kamerasiga qo'shimcha issiqlik kiritilganda ( $\Delta > 0$ ), real quritkichning chizig'i  $B$  nuqtadan boshlanib,  $I_1 = const$  chizig'ining yuqorisidan o'tadi (7.4-rasm). Real protsessning oxirgi nuqtasi  $C_1$  nazariy protsessga tegishli bo'lgan  $\varphi = const$  chiziqda yotadi.  $BC_1$  chiziqni tuzish uchun (1) va (6) tenglamalarini o'zaro solishtirib, quyidagi ifodani olamiz:

$$\Delta = \frac{I_2 - I_1}{x_2 - x_1} \quad (8)$$

Bu ifoda, agar  $\Delta$  ning qiymati ma'lum bo'lsa,  $BC_1$  chiziqning o'rnini topishga yordam beradi. Buning uchun  $BC$  chiziqning ustida ixtiyoriy olingan  $e$  nuqtadan  $eF$  gorizontal va  $eE$  vertikal chizig'ini o'tkazamiz.  $C$  nuqtadan  $G_1G$  vertikal chiziqni to  $BC$  chiziqning davomi bilan  $G$  nuqtada kezish-guncha davom ettiramiz.  $BEE$  va  $BC_1G$ ;  $FBe$  va  $DBG$  uchburchaklarning o'xshashligidan quyidagi ifoda kelib chiqadi:

$$\frac{C_1G}{Ee} = \frac{DG}{eF},$$

biroq  $C_1G = (I_2 - I_1)M_l$  va  $DG = (x_2 - x_1)M_x$ ;

bu yerda  $M_l$  va  $M_x$  – entalpiya va namlik saqlashning masshtablari. Bu tenglamalardan quyidagi ifodani yozish mumkin:

$$\frac{(I_2 - I_1)M_l}{Ee} = \frac{(x_2 - x_1)M_x}{eF}$$

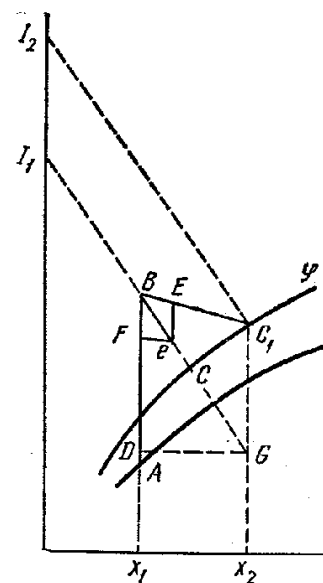
yoki

$$Ee = \frac{(I_2 - I_1)M_l}{(x_2 - x_1)M_x} eF = \frac{I_2 - I_1}{x_2 - x_1} eFn,$$

bu yerda  $n = \frac{M_l}{M_x}$ ; biroq  $\frac{I_2 - I_1}{x_2 - x_1} = \Delta$ , natijada  $Ee = \Delta n F e$ . (9)

Shunday qilib,  $\Delta > 0$  bo'lgan sharoitda  $BC_1$  chiziqni hosil qilishni ko'rib chiqamiz. Quritishning berilgan shartlari bo'yicha avval nazariy quritish chizig'ini tuzamiz.  $BC$  chiziqda olingan  $e$  nuqtadan  $eF$  kesmasini o'tkazamiz.  $eF$  kesmaning uzunligini (mm hisobida) o'lchaymiz va (9) formula bo'yicha  $eF$  kesmaning uzunligini (mm hisobida) aniqlaymiz.  $eE$  kesmaning qiymatini diagrammaga joylashtiramiz, so'ngra  $B$  va  $eE$  nuqtalar orqali real quritkich chizig'ini o'tkazamiz.

Agar  $\Delta < 0$  bo'lsa, ya'ni quritkichda issiqlikning yo'qolishi mavjud bo'lsa, real quritkichning chizig'ini tuzish oldinga misoldan (ya'ni  $\Delta > 0$  bo'lgandagidan) farq



7.4–rasm. Nazariy qurit-kichni grafik usulda hisoblash ( $\Delta > 0$ ).

qolmaydi. Faqat  $eE$  kesma nuqtadan pastga qarab chiziladi.  $\Delta < 0$  bo'lgan sharoit uchun real quritkichda protsessni o'tkazish 7.5-rasmda ko'rsatilgan.

Havo va issiqlikning solishtirma sarflarini topishda (1) va (2) tenglamalardan foydalaniladi.

### Nazorat uchun savollar

1. Quritish haqida tushuncha.
2. Quritish apparatlari haqida tushuncha.
3. Quritkichlarning nazariy hisobi.
4. Real quritkichlarning moddiy balansi.
5. Real quritkichlarning issiqlik balansi.
6. Real quritkichdagi diagrammada tasvirlash.
7. Issiqlik sarfi va havo sarfini aniqlash formulalari.

**Amaliy mashg'ulotni chuqurlashtirish maqsadida aqliy hujum, klaster, elpig'ish usullari va 3x3 texnologiyalaridan 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. 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.

### 3 – AMALIY MASHG`ULOT

**Mavzu: Quritishning turli xil variantida havo va issiqlikning sarf bo'lishi.**

**Maqsad:** Quritishning turli xil variantlari bilan tanishish va har bir variantda havo va issiqlikning sarf bo'lishini hisoblash.

**Nazariy qism.**

Qattiq va pastasimon materiallarni qurituvchi agent yordamida suvsizlantirish jarayoni *quritish* deb ataladi. Bu jarayonda namlik qattiq faza tarkibidan gaz (yoki bug') fazasiga o'tadi.

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

Materialni uch xil usulda: mexanik, fizik-kimyoviy va issiqlik yordamida suvsizlantirish mumkin.

Mexanik usulda suvsizlantirish tarkibida ko'p miqdorda suv tutgan materiallarni quritish uchun ishlatiladi. Bu usul bilan suvsizlantirishda namlik siqish yoki sentrifugalarda markazdan qochma kuch yordamida ajratib olinadi. Odatda, mexanik yo'l bilan namlikni ajratish – materiallarni suvsizlantirishda birinchi bosqich hisoblanadi. Mexanik suvsizlantirishdan so'ng materilda yana bir qism namlik qoladi, bu qolgan namlikni issiqlik yordamida, ya'ni quritish yo'li bilan ajratib chiqariladi.

Fizik-kimyoviy usul bilan materiallarni suvsizlantirish laboratoriya sharoitlarida ishlatiladi. Bu usul suvni o'ziga tortuvchi moddalar (masalan,  $H_2SO_2$ ,  $CaCl_2$ ) dan foydalanishga asoslangan. Yopiq idish ichida suvni tortuvchi modda ustiga nam material joylashtirish yo'li bilan uni suvsizlantirish mumkin.

Issiqlik ta'sirida suvsizlantirish (quritish) kimyo sanoatida keng ishlatiladi. Quritish ko'pchilik ishlab chiqarishlarning oxirgi, ya'ni tayyor mahsulot olishdan oldingi jarayon hisoblanadi.

Quritish ikki xil (tabiiy va sun'iy) yo'l bilan olib boriladi. Materialni ochiq havoda suvsizlantirish *tabiiy quritish* deyiladi, bu jarayon uzoq davom etadi.

Kimyo va farmatsevtika sanoatlarida materiallarni suvsizlantirish uchun *sun'iy quritish* usuli ishlatiladi, bu jarayon quritkich qurilmalarida olib boriladi.

Issiqlik tashuvchi reagentning quritilayotgan material bilan o'zaro ta'sirlashuv usuliga ko'ra quritish quyidagi turlarga bo'linadi:

1) **konvektiv quritish** – nam material bilan qurituvchi reagent to'g'ridan-to'g'ri o'zaro aralashadi;

2) **kontaktli quritish** – issiqlik tashuvchi reagent va nam material o'rtasida ularni ajratib turuvchi devor bo'ladi;

3) **radiatsiyali quritish** – issiqlik infraqizil nurlar orqali tarqaladi;

4) **dielektrik quritish** – material yuqori chastotali tok maydonida qizdiriladi;

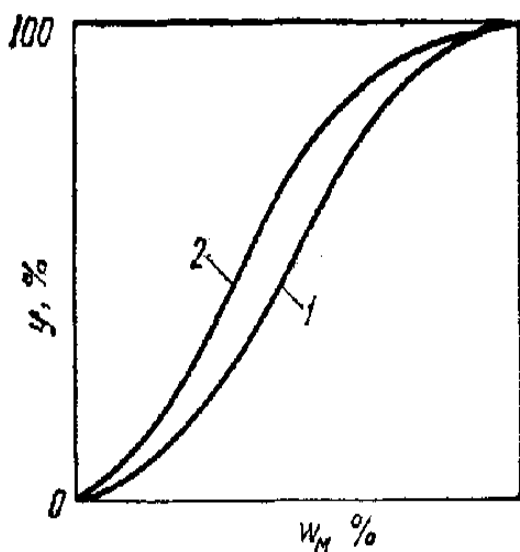
5) **sublimatsion quritish** – material muzlagan holda, yuqori vakuum ostida suvsizlantiriladi.

Radiatsiyali, dielektrik, sublimatsion quritish – maxsus quritish usullariga kiradi.

Qattiq material va nam havo o'zaro ta'sir ettirilganda asosan ikki xil jarayon sodir bo'ladi: 1) quritish (materialdan namlikning desorbsiyalanishi, agar  $P_m > P_h$ ); 2) namlanish (namlikning material tomonidan sorbsiyalanishi, agar  $P_m < P_h$ ; bu yerda  $P_m$  – bug'ning material yuzasidagi parsial bosimi;  $P_h$  – bug'ning havo yoki gazdagi parsial bosimi).

Quritish paytida  $P_m$  ning qiymati kamayadi va  $P_m = P_h$  chegarasiga yaqinlashib boradi. Bunday holat dinamik *muvozanat holati* deb ataladi, materialning bu muvozanat holatiga to'g'ri kelgan namligi *muvozanat namligi* deyiladi.

Materialning muvozanat namligi  $W_m$  suv bug'ining material ustidagi parsial bosimiga yoki unga proporsional bo'lgan havoning nisbiy namligiga bog'liq va u tajriba yo'li bilan topiladi.  $W_m = f(\varphi)$  funksiya o'zgarmas temperatura sharoitida aniqlanadi, shu sababli u izotermni tashkil qiladi.



1-rasm. Quritish jarayonining muvozanati.

1 – desorbsiya izotermasi;  
2 – sorbsiya izotermasi

1-rasmdagi 1 egri chiziq nam materialni quritish jarayoni uchun hosil qilingan va u **desorbsiyalanish izotermasi** deyiladi.

2 egri chiziq esa quruq materialni namlash uchun hosil qilingan, u **sorbsiyalanish izotermasi** deyiladi.

Sorbsiyalanish izotermasi desorbsiyalanish izotermasi ustida joylashgan bo'ladi. 1 va 2 egri chiziqlarning bir-biridan farqi **gisterezis** deb ataladi.

Gisterezis hodisasidan shu xulosa kelib chiqadiki, bir xil qiymatga ega bo'lgan muvozanat namlikka erishish uchun havoning nisbiy namligi materialni namlash jarayonida uni quritishdagiga nisbatan katta bo'lishi zarur.

Gisterezisning hosil bo'lishiga asosiy sabab, quritilgan materialning kapillyarlariga havo kirib, bu havoning kapillyarlar devorlarida sorbsiyalanishidir. Natijada material qaytadan namlanganda uning namlik bilan ho'llanish darajasi kamayadi va havoni kapillyarlardan siqib chiqarish uchun suv bug'ining katta parsial bosimi (yoki katta nisbiy namlik  $\varphi$ ) kerak bo'ladi.

Quritish jarayonining mexanizmi ma'lum darajada namlikning material bilan bog'lanish turiga bog'liq. Namlikning material bilan ta'sirining uch turi taklif qilingan:

1) Kimyoviy usulda material namlik bilan ta'sirlanishida juda mustahkam va ma'lum nisbatlarda birikma hosil bo'ladi. Bu namlikni materialdan ajratish uchun



yuqori temperaturalar ta'sirida qizdirish yoki kimyoviy reaksiya yo'li bilan ta'sir qilish kerak. Quritish jarayonida bunday namlikni materialdan chiqarish mumkin emas.

2) Mexanik usulda birikkan namlik materialdan juda tez chaqib ketadi. Bunday namlik moddaning kapillyarlarida va uning yuzasidan joylashgan bo'ladi. Mexanik usulda birikkan namlik o'z navbatida ikki xil bo'ladi: makrokapillyarlarning va mikrokapillyarlarning namligi modda yuzasidagi joylashgan namlik *ho'llanish namligi* deb yuritiladi. Mexanik birikkan namlik *erkin namlik* deb ataladi va bunday namlikni materialdan mexanik usullar yordamida ajratish mumkin.

3) Fizik-kimyoviy yo'l bilan birikkan namlik ikki turga bo'linadi: adsorbsion va osmotik. Adsorbsion namlik materialning yuzasidan va uning g'ovaklarida, molekulalarning kuch maydoni ta'sirida mustahkam birikkan bo'ladi. Osmotik birikkan namlik *bo'kish namligi* deb ataladi; bu namlik materiallarning to'qimalarida osmotik kuchlar ta'sirida bog'langan bo'ladi. Material tarkibida fizik-kimyoviy yo'l bilan ushlab turilgan namlik *bog'langan namlik* deb yuritiladi.

### **Nazorat uchun savollar**

1. Quritish jarayoni haqida tushuncha.
2. Quritishning turli usullari.
3. Quritishning turlari. Konvektiv, kontaktli quritish.
4. Quritishning maxsus turlari.
5. Quritish va namlanish orasidagi farq.
6. Dinamik mavozevat va muvozevat namlik haqida tushuncha.
7. Gisterezis haqida tushuncha.
8. Quritish jarayonining mexanizmi.
9. Desorbsiyalanish izotermasi.
10. Sorbsiyalanish izotermasi.
11. Materialning muvozevat namligi.
12. Nisbiy va muvozevat namlikning o'zaro bog'liqligi.
13. Kimyoviy usulda birikkan namlik.
14. Mexanik usulda birikkan namlik.
15. Fizik-kimyoviy usulda birikkan namlik.

**Amaliy mashg'ulotni chuqurlashtirish maqsadida aqliy hujum, klaster, elpig'ish usullari va 3x3 texnologiyalaridan 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. 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.

## 14 – AMALIY MASHG`ULOT

### **Mavzu: Kristallizatsiya jarayoni. Kristallizatorlar.**

**Maqsad:** Kristallanish statikasi va kinetikasi, kristallanish usullari bilan tanishish.

#### **Nazariy qism.**

#### **Kristallanish. Umumiy tushunchalar.**

Eritmalardan erigan qattiq komponentlarni kristall holda ajratib olish **kristallanish** jarayoni deb nomlanadi.

Kristallanishga teskari jarayon **eritish** jarayoni deb nomlanadi.

Kristall deganda har xil shakldagi, tekis qirralar bilan cheklangan bir jinsli qattiq moddalar tushuniladi.

Kristallanish qattiq moddalarni toza holda olishning asosiy usuli, chunki kristallanish jarayonida har doim shunday sharoit yaratish mumkinki, keraksiz moddalar eritmada qolib, faqat toza modda kristallanadi.

Kristallanish jarayoni kimyo, neft kimyosi, metallurgiya, meditsina, farmasevtika, oziq – ovqat va boshqa sanoatlarda keng miqyosda qo'llaniladi. Kristallanish jarayonini o'tkazishdan maqsad: eritmalardan kristallik fazani ajratish, bir va ko'p bosqichli kristallash usullarida aralashmalarni ajratish; moddalarni aralashmalardan o'ta tozalash; monokristallar yetishtirish.

Kristallanish jarayonida turli o'lchamli kristallar, ya'ni sochiluvchan mahsulot olinadi.

Har doim modda kristallarining o'ziga xos geometrik shakllari bor. Hammasi bo'lib 32 xil kristallar simmetriya o'qlar soni mavjud va ular 7 ta kristallografik guruhga ajratilgan: kubik, trigonal, tetragonal, geksagonal, rombik, monoklin, triklin.

Bir kimyoviy modda bir necha xil kristallar hosil qilishi **polimorfizm** deb yuritiladi.

O'z tarkibida suv molekulalarini turgan kristall **kristallogidratlar** deyiladi.

Kristallanish jarayoni ro'y berishi uchun boshlang'ich eritma o'ta to'yingan holatda bo'lishi kerak. Agar, eritmada erigan modda konsentratsiyasi uning eruvchanligidan yuqori bo'lsa, bunday eritmalar **o'ta to'yingan** deb nomlanadi. Lekin, o'ta to'yingan eritmalar noturg'un sistema bo'lgani uchun, undan erigan moddaning ortiqcha miqdori ajralib chiqadi, ya'ni kristallanish jarayoni sodir bo'ladi. Kristallar ajralib chiqishi to'xtagandan keyin to'yingan eritma qoladi

Sanoat texnologik jarayoni 3 bosqichdan iborat: 1) kristallanish; 2) kristallarni eritmalardan ajratish; 3) kristallarni yuvish va quritish.

### **Kristallanish statikasi va kinetikasi**

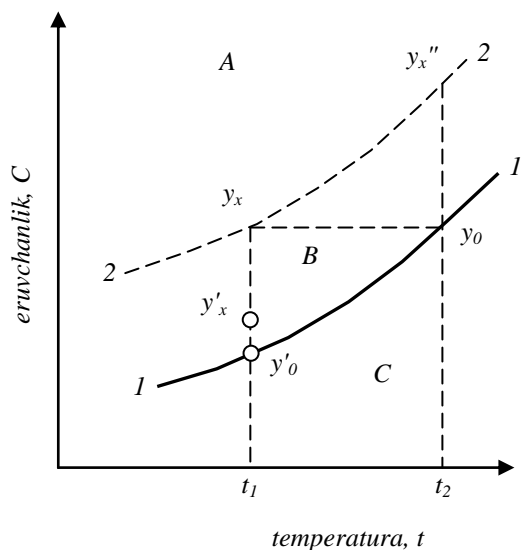
**Jarayon statikasi.** Temperatura ortishi bilan qattiq moddalar eruvchanligi o'zgarishiga qarab "musbat" yoki "manfiy" eruvchanlikka ega bo'lishi mumkin.

Agar, temperatura o'sishi bilan moddalar eruvchanligi ortsa, unda "musbat", Aksincha bo'lsa "manfiy" eruvchanlikli bo'ladi.

Ma'lum temperaturada qattiq faza bilan muvozanatda bo'lgan eritma **to'yingan eritma** deb nomlanadi. Bunday eritmalarda qattiq modda va eritma o'rtasida dinamik muvozanat holati mavjuddir.

Erigan modda konsentratsiyasi uning eruvchanligidan katta bo'lgan aralashmalarga **o'ta to'yingan eritmalar** deb nomlanadi. O'ta to'yingan eritmalar noturg'un bo'ladi va to'yingan holatga oson o'tadi. Bunday o'tish davrida o'ta to'yingan eritmalardan kristallar ajralib chiqadi.

Temperatura o'zgarishi bilan eritmalarda yuz beradigan o'zgarishlarni holat diagrammasi xarakterlaydi (13.1 – rasm).



13.1–rasm. Eritmalar holat diagrammasi.

- 1-1 – eruvchanlik egri chizig'i;
- 2-2 – metastabil soha chegarasi;
- A–labil (o'zgaruvchan) eritmalar zonasi;
- B–metastabil eritmalar zonasi; C– barqaror eritmalar zonasi.

Konsentratsiyasi lobil (o'zgaruvchan) zonaga to'g'ri keladigan eritmalar juda tez kristallanadi. Metastabil zonaga oid konsentratsiyali eritmalar esa – nisbatan sekin kristallanadi, chunki jarayon tezligi eritma temperaturasi, issiqlikni ajratib olish yoki erituvchini bug'lanish tezligi, aralashtirish va boshqa omillarga bog'liq.

Agar, temperatura  $t_2$  dan  $t_1$  gacha o'zgarsa, eritmadan juda kam miqdorda kristallar ajralib chiqadi va u eritma konsentratsiyasi  $y_2 - y_0$  o'zgari-shiga to'g'ri proporsionaldir.

O'zgarma  $t_2$  temperaturada erituvchining bir qismi yo'qotilgan taqdirda, o'ta to'yingan eritma olishiga erishish mumkin. Bunda, konsentratsiyalar farqi  $y_x'' - y_0$  ga proporsional miqdorda kristallar hosil bo'ladi.

Demak, bunday eritmalar kristallanishi eritma temperaturasini pasaytirish yoki erituvchining bir qismini yo'qotish yo'li bilan o'tkazish mumkin.

Eritma eruvchanligining temperaturaga bog'liqligi juda katta bo'lsa, temperaturani kamaytirib kristallash optimal usulga to'g'ri keladi.

Agar, temperatura ortishi bilan moddalar eruvchanligi o'zgarmasa, unda erituvchining bir qismini yo'qotish usulida kristallash mumkin.

**Jarayon kinetikasi.** Eritmadan moddani qattiq fazaga o'tishi, erigan moddalarning chegaraviy qatlam orqali diffuziya usulida amalga oshadi. Kristallanish jarayonining tezligi chegaraviy qatlam orqali erigan modda diffuziyasi yoki kristall bilan modda qo'shilish tezligi yoki bir vaqtning o'zida ikkala omil bilan aniqlanishi mumkin.

Saxarozaning kristallanish jarayonini ko'rib chiqamiz. kristallar o'lchami o'sishi jarayonida ular  $\delta$  qalinlikdagi o'ta to'yingan, metastabil eritma chegaraviy

qatlami bilan o'ralgan bo'ladi. Ushbu o'ta to'yingan eritmadan ortiqcha saxaroza molekulalari tezda ajralib chiqadi va kristall yuzasiga yopishadi. Natijada, eritma  $y_n$  konsentratsiyali holatiga o'tadi.

Lekin kristallarni ma'lum bir masofada o'rab turgan eritmada konsentratsiyasi  $y_p$  bo'lgan o'ta to'yingan saxaroza saqlanib turadi.

Konsentratsiyalar farqi  $y_p - y_n$  bo'lgani uchun eritmaning chegaraviy qatlami orqali saxaroza diffuziya qiladi. Kristall qirralariga yaqinlashgach, saxaroza molekulalari kristallik panjaraga o'tadi, ya'ni fazaviy o'tish sodir bo'ladi. Shunday qilib, kristallar o'tish tezligi saxarozaning diffuziya va fazalarni ajratuvchi chegarada fazaviy o'tish tezliklari bilan belgilanadi. Agar, fazaviy o'tish tezligi saxarozaning diffuziya tezligidan yuqori bo'lsa, unda saxarozaning kristallanish jarayonini cheklovchi bosqichi bo'lib uning diffuziyasi hisoblanadi.

Saxaroza kristallarining o'tish tezligini ushbu tenglama yordamida ifodalash mumkin:

$$\frac{dM}{d\tau} = \frac{D \cdot F (y_p - y_n)}{\delta} \quad (13.1)$$

bu yerda  $dM$  – vaqt birligida kristallangan modda miqdori;  $D$  – diffuziya koeffitsienti;  $F$  – kristallanish yuzasi;  $y_p$  – o'ta to'yingan eritma hajmidagi modda konsentratsiyasi;  $y_n$  – kristall sirti atrofidagi modda konsentratsiyasi (odatda eritma konsentratsiyasiga teng deb qabul qilinadi);  $\delta$  – konsentratsiyasi  $y_p$  dan  $y_n$  gacha o'zgaradigan eritma chegaraviy qatlamining qalinligi.

(13.1) tenglamani integrallasak, ushbu ko'rinishga ega bo'lamiz:

$$M = \frac{D \cdot (y_p - y_n) F \tau}{\delta}$$

Kristallanish tezligi esa:

$$\frac{M}{F \tau} = \frac{D \cdot (y_p - y_n)}{\delta} \quad (13.2)$$

Kristallar laminar rejimda o'ta to'yingan eritma bilan yuvilib turishini hisobga olsak, chegaraviy qatlam qalinligi ushbu ifodadan aniqlanadi:

$$\delta \approx \left( \frac{\mu}{\nu} \right)^{0.5} \quad (13.3)$$

bu yerda  $\mu$  – to'yingan eritmaning dinamik qovushqoqligi;  $\nu$  – kristallarning eritmadagi harakat tezligi. Stoks qonuniga binoan  $\nu = l/\mu$ .

Eynshteyn nazariyasiga binoan diffuziya koeffitsientining absolyut temperatura  $T$  va qovushqoqlik  $\mu$  ga bog'liqligi quyidagi funksiya bilan ifodalanadi:

$$D = \frac{kT}{\mu} \quad (13.4)$$

bu yerda  $k$  – diffuziyalanayotgan modda tabiatiga bog'liq o'zgarmas kattalik.

(13.3) va (13.4) tenglamalarni (13.2) ga qo'ysak, ushbu ko'rinishga erishamiz:

$$\frac{M}{F\tau} = \frac{kT(y_p - y_n)}{\mu^2} \quad (13.5)$$

$\mu^2 = 1$  bo'lganda, koeffitsient  $k = 2318$ . Unda, (13.5) tenglama ushbu ko'rinish-ni oladi.

$$\frac{M}{F\tau} = \frac{2318 \cdot (y_p - y_n)}{\mu^2} \quad (13.6)$$

bu yerda  $M/(F\tau)$  – saxarozaning kristallanish tezligi,  $\text{mg}/(\text{m}^2\text{min})$ ;  $y_p - y_n$  – konsentratsiyalar farqi, gram 100 g eritmaga;  $\mu$  – to'yingan eritmaning dinamik qovushqoqligi,  $\text{mPa}\cdot\text{s}$ .

Kristallanish tezligini belgilovchi asosiy omillar: eritmaning o'ta to'yinish darajasi; temperatura; kristallanish markazlarining hosil bo'lishi; aralash intensivligi; eritmada qo'shimcha moddalar borligi va h.k.

Kristallanish jarayoni 2 bosqichdn iborat: kristallanish markazlarini hosil bo'lishi va kristallarning o'sishi.

**Kristallanish markazlarining hosil bo'lishi.** O'ta to'yingan yoki sovutilgan eritmalarda kristallanish markazlarini sun'iy ravishda hosil qilish mumkin. Masalan, eritmaga mayin dispers zarrachalar yoki "tomizg'i" qo'shish yo'li bilan yoki erkin, o'z – o'zidan hosil bo'ladi.

O'z – o'zidan kristallanish markazlarining hosil bo'lishiga induksion davr sababchi, chunki bu davrda kristallanish yuz bermaydi. Ushbu davrda kristallik asoslari eritma bilan harakatchan muvozanatda bo'ladi. Kristallik asoslar va eritma orasidagi harakatchan muvozanat buzilishi bilan yoppasiga kristallanish boshlanadi. Eritmani silkitish yoki aralashtirish va temperatura ortishi bilan kristall asoslari hosil bo'lish tezligi ko'payadi.

**Kristallarning o'sishi.** Eritmada erigan modda zarrachalarining hosil bo'lgan kristall asoslarda adsorbsiyasi hisobiga bo'ladi.

Kristallanish jarayonida kristall hamma qirralari bo'ylab bir vaqtda o'sadi, lekin o'sish tezligi har xil bo'ladi. Bu hol kristallar o'lchami va shaklining o'zgarishiga olib keladi.

Kristallarning shakli asosan kristallanayotgan modda tabiatiga bog'liq. Agar, kristallik asoslar erkin va bir tekisda yuvilib tursa, to'g'ri shaklli, yaxshi qirra va tomonli kristallar hosil bo'ladi. Agar qurilma devori va aralashtirish moslamasiga

kristallar ishqalansa yoki urilsa, uning qirralari silliqanishi hisobiga kristall shakli buziladi, ya'ni mahsulot sifati yomonlashadi.

Odatda, olinayotgan kristallar har xil bo'lishi, eritmani yomon aralashtirilishi bilan bog'liqdir. Lekin, eritma intensiv aralashtirilishi bir tomondan kristallanish tezligini oshirsa, ikkinchi tomondan – mayda kristallar hosil bo'lishiga sababchi bo'ladi.

Olingan mahsulot granulometrik tarkibini yaxshilash maqsadida klassifikatsiya qilinadi.

Kristallar tozaligi kristallanish jarayonini o'tkazish sharoitlariga, hamda kristallarni filtrlash va yuvishga bog'liq.

### **Kristallanish usullari**

Kristallanish jarayonini davriy va uzluksiz tashkil etish mumkin. Davriy kristallanish jarayoni kam tonnajli, uzluksiz esa – ko'p tonnajli ishlab chiqarishda qo'llaniladi.

Sanoat miqyosida quyidagi kristallanish usullaridan foydalaniladi: eritmalardagi erituvchining bir qismini bug'latish; eritma temperaturasini o'zgartirib kristallash; kombinatsiyalangan usullardan foydalanib kristallash.

**Eritmadagi erituvchining bir qismini bug'latib kristallash.** Erituvchining bir qismini yo'qotish uchun bug'lanish yoki muzlatish usulidan foydalanish mumkin. Eritma tarkibidagi suvni haydash uchun bug'lanish keng ko'lamda ishlatiladi. Odatda bu jarayon bug'latish qurilmalarida amalga oshiriladi. Kerakli darajadagi o'ta to'yingan eritma hosil bo'lgandan keyin, u shu qurilmada kristallanadi. Ushbu usul **izotermik kristallanish** deb ataladi.

Bu usulning kamchiliklari: hosil bo'layotgan kristallar issiqlik almashinish yuzalariga yopishib qoladi; boshlang'ich eritmalar tarkibidagi aralashmalar ham quyusqlashadi.

Qurilma ichida qattiq moddalar yopishib yoki cho'kib qolmasligi uchun eritmaning sirkulyatsiya tezligi ko'paytiriladi.

Kristallarni ajratish va yuvish filtr yoki sentrifugalarda o'tkaziladi.

Eritma temperaturasini o'zgartirib kristallash. Bunday usul izogidrik kristallash deb nomlanadi, chunki bu jarayon eritmada erituvchi miqdori o'zgarmas bo'lgan holatda olib boriladi.

Kimyo sanoatida musbat eruvchanlikka ega tuzlarni kristallash juda keng tarqalgan. Bunday eritmalarning o'ta to'yinishiga uni sovitish yo'li bilan erishiladi. Jarayon davriy yoki uzluksiz, pog'onali joylashgan bir yoki ko'p korpusli qurilmalarda olib boriladi. Sovituvchi eltkich sifatida suv ishlatiladi. Havo yordamida sovitilganda jarayon nisbatan sekin boradi, lekin yirik va bir jinsli kristallar hosil bo'ladi. Manfiy eruvchanlikka ega eritmalarni kristallash uchun eritmani qizdirish zarur.

**Kombinatsiyalangan usullarga** vakuum ostida, erituvchining bir qismini issiqlik eltkich yordamida bug'latib kristallash va fraksiyali kristallashlar kiradi.

**Vakuum ostida kristallash.** Bu usulda erituvchi devor orqali issiqlik uzatish yo'li bilan bug'latilmasdan, balki eritmaning o'z fizik issiqligini berish hisobiga ro'y

beradi. Ushbu issiqlikning bir qismi erituvchini (taxminan 10% mass) bug'latish uchun sarflanadi. Hosil bo'layotgan bug'lar vakuum – nasos yordamida so'rib olinadi. Uzatilayotgan issiq to'yingan eritma temperaturasi qurilmadagi bosimga tegishli eritmaning qaynash temperaturasigacha pasayadi va jarayon adiabatik kechadi. Eritmaning o'ta to'yinish holatiga uni sovitish yo'li bilan erishiladi, chunki konsentratsiya bunda sezilar – sezilmas o'zgaradi. Erituvchi eritmaning fizik issiqligi hisobiga, hamda kristallanish jarayonida ajralib chiqayotgan issiqlik hisobiga bug'lanishi mumkin. Eritmaning sovitish va kristallanishi bilan birga bug'lanishi uning butun hajmida sodir bo'ladi. Bunday holat qurilma devorlarida kristallar yopishib qolishini kamaytiradi, hamda uni tozalash bilan bog'liq sarflar qisqaradi.

**Erituvchining bir qismini issiqlik eltkich yordamida bug'latib kristallash.**

Bu usulda erituvchining bir qismi eritma ustida harakatlanayotgan havo yordamida bug'lanadi va eritma sovutiladi.

**Fraksiyali kristallash.** Agar eritma tarkibida ajratiladigan moddalar bir nechta bo'lsa, uni fraksiyali kristallash usulida qayta ishlanadi. Bu usulda eritma temperatura va konsentratsiyasini o'zgartirish yo'li bilan kristallar ketma – ket cho'ktiriladi va ajratib olinadi.

### **Kristallizatorlar konstruksiyalari**

Ishlash prinsipiga qarab kristallizatorlar davriy va uzluksiz qurilmalarga bo'linadi. Uzluksiz ishlaydigan qurilmalar o'z navbatida erituvchining bir qismini bug'latuvchi va eritmani sovituvchi kristallizatorlarga ajraladi. Undan tashqari, mavhum qaynash qatlamli kristallizatorlar ham bo'ladi.

**Tabiiy sirkulyatsiyali, davriy ishlaydigan, osma isituvchi kamerali vakuum – kristallizator.**

Isituvchi kamera konussimon teshikli panjara va trubalar o'ramidan tarkib topgan. Trubalar ushbu panjaraga razvalsovka usulida mahkamlangan.

Isituvchi kameraning o'qi bo'ylab sirkulyatsion truba joylashtirilgan. Qurilma qobig'i va isituvchi kamera orasida halqasimon bo'shliq bo'lib, unda utfel sirkulyatsiya qilinadi. Qurilmada temperaturalar farqi tufayli chiziqli uzayishlar paydo bo'ladi. Shu sababli, bug'ni uzatish uchun temperature deformatsiyalarini kompensatsiya qiluvchi maxsus moslama o'rnatilgan.

Ushbu moslama isituvchi kamera bilan qattiq birlashtirilgan bo'lsa, qurilma qobig'i bilan esa – temperatura ta'sirida hosil bo'ladigan uzayishlarni bartaraf qiluvchi membrane yordamida birlashtirilgan. Utfel sirkulyatsiyasini yaxshilash maqsadida kamera ostiga bug' yordamida puflash qo'llaniladi.

Vakuum – kristallizatorlarda qo'llaniladigan isituvchi kamera konstruksiyalari turli bo'lishi mumkin. Hozirgi kunda eng keng tarqalgan isituvchi kamera konstruksiyasi – bu osma kameralardir. Ularning teshikli panjarasi konussimon, sferik va boshqa murakkab shaklli bo'lishi mumkin. Isituvchi bug' kameraning trubalararo bo'shlig'iga, bug'latilayotgan eritma esa – truba ichiga yuboriladi.

**Uzluksiz ishlaydigan kristallizatorlar** quyuqlashtirgich, kristall generatori va kristall o'stirish kamerasidan iborat. Qurilma konstruksiyasi kristallarni devorlarga cho'kib qolmasligini ta'minlovchi, intensiv sirkulyatsiyali bo'lishi kerak. Undan

tashqari, uning issiqlik almashinishi yuqori va bir xil kattalikdagi kristallar olishni ta'minlashi kerak.

Qand ishlab chiqarish sanoatida qo'llaniladigan uzluksiz ishlaydigan kristallizatorlarda quyushtirgich va kristall generatorlari halqasimon segment ko'rinishida yasalgan bo'lib, isitish yuzalari zarur o'lchamdagi trubalardan hosil qilingan. Qurilmaning boshqa qismlaridan quyushtirgich ajratilgan va yaxshi zichlangan. Shuning uchun ham, uning ichida boshqa qismlariga bog'liq bo'lmagan holda ortiqcha bosim hosil qilish imkoni bor. Kristall generatorining yuqori, ochiq qismi kristall o'stirish kamerasi utfel usti bo'shlig'i bilan bog'langan. Odatda, kristall o'stirish kamerasi silindrik ko'rinishda bo'lib, silindrik va radial to'siqlar yordamida 4 ta bo'limga ajratilgan bo'ladi.

Qurilma ishlashi avtomatik ravishda boshqariladi.

**Davriy ishlaydigan kristallizatorlar** mexanik aralashtirgichli va zmeevikli vertikal, silindrik qurilmalardir. Bunday qurilmalarda kristallash jarayoni va eritmani sovitish bir vaqtda olib boriladi.

**Lenta aralashtirgichli tog'orasimon tipdagi kristallizatorlar.** Ayrim hollarda lentali aralashtirgich o'rniga uzluksiz vint shaklidagi shnekli aralashtirgich o'rnatilishi mumkin.

Bu turdagi kristallizatorlarda olingan kristallar o'lchami 0,5...6 mm dan oshmaydi. Tog'orasimon kristallizatorlar tuzilishi soda, ekspluatatsiya qilish qulay va ishonchliligi yuqori.

**Barabanli kristallizatorlar** tarkibida suv yoki havoli sovitish moslamali bo'ladi. Havo yordamida sovitilganda, eritmadan havoga issiqlik berish koeffitsienti kichik bo'ladi.

Shuning uchun yirik, katta o'lchamli kristallar hosil bo'ladi. Lekin, kristallizator ish unumdorligi, suv bilan sovitish usuliga qaraganda, kamroq bo'ladi.

Barabanli kristallizator aylanuvchi, silindrik barabandan tashkil topgan. Odatda, baraban eritma harakat yo'nakliligi bo'ylab, ufq chizig'iga nisbatan ma'lum qiyalik burchagida o'rnatiladi.

Eritma barabanning tepa qismiga beriladi. va hosil bo'lgan kristallar uning pastki uchidan to'kiladi. Baraban aylanishi paytida uning devorlari eritma bilan ho'llanadi va natijada suvning bug'lanish yuzasi ortadi.

Baraban qobiq ichiga joylashtirilgan bo'lib, ular orasidagi halqasimon bo'shliqqa sovuqlik, ya'ni suv yoki havo yuboriladi. Eritma va sovuqlik eltkich qarama – qarshi yo'nalishda harakatlanadi. 1 m<sup>3</sup> eritmani sovitish uchun taxminan 5 m<sup>3</sup> suv sarflanadi. Qurilma devorlarida kristallar cho'kib yoki yopishib qolish oldini olish maqsadida barabanning pastki qismi qizdirib turiladi. Buning uchun qobiq va baraban orasidagi bo'shliqqa zmeevik o'rnatiladi.

Mavhum qaynash qatlamli kristallizatorlar kristallash jarayonini intensiv rejimlarda o'tkazish imkoniyatini beradi.

Kristallanish jarayoni erituvchining bir qismini bug'latib yo'qotish yoki eritmani sovitish usullarida tashkil etilishi mumkin.

Mavhum qaynash qatlamida kristallash jarayonida boshqa usullarga nisbatan yaxshi granulometrik tarkibli kristallar olinadi.



**Ko'p korpusli vakuum – kristallash qurilmasi.** Odatda bunday qurilmalar tarkibida 3...4 ta aralashtirgichli vakuum kristallizator bo'ladi.

Ko'p korpusli vakuum – kristallizatorlar tuzilishi soda, iqtisodiy jihatdan samarador va yirik, ko'p tonnajli korxonalarda ishlatiladi.

### Kristallizatorlarni hisoblash

#### Moddiy balans.

**Eritmadagi erituvchining bir qismini bug'latib kristallash.** Jarayonda qatnashayotgan moddalar va oqimlar parametrlarini belgilab olamiz:

–  $G_b$ ,  $G_{kr}$ ,  $G_m$  – boshlang'ich eritma, olingan kristallar va kristallardan ajratilgan suyuqlik qoldiqlarining massasi, kg;

–  $W$  – bug'latilgan erituvchi massasi, kg;

–  $x_b$ ,  $x_m$  – boshlang'ich eritma va kristallari ajratib olingan suyuqlik qoldig'i tarkibidagi erigan modda konsentratsiyalari, massaviy ulushlar;

–  $a = M/M_{kr}$  – erigan absolyut quruq modda molekulyar massasining kristallogidratning molekulyar massasiga nisbati, suv molekulalarini qo'shmasdan kristallash uchun  $M = M_{kr}a = 1$ ;

–  $L$  – quruq gaz sarfi, kg;

–  $x_1$ ,  $x_2$  – gazning boshlang'ich va jarayon oxiridagi nam saqlashi.

Kristallanish jarayonining umumiy moddiy balansi ushbu formula bilan ifodalanadi:

$$G_b = G_{kr} + G_m + W \quad (13.7)$$

Erigan absolyut quruq modda bo'yicha moddiy balans ushbu ko'rinishda bo'ladi:

$$G_b x_b = G_{kr} a + G_m x_m \quad (13.8)$$

Agar  $a = 1$  bo'lsa, bug'latilgan erituvchining massasi ushbu formuladan topiladi:

$$W = \frac{G_{kr}}{G_b \left( 1 - \frac{x_b}{x_m} \right)} \quad (13.9)$$

(13.7) va (13.8) formulalardan foydalanib hosil bo'lgan kristallar massasini aniqlash mumkin:

$$G_{kr} = \frac{G_b (x_m - x_b) - W \cdot x_m}{x_m - a} \quad (13.10)$$

**Eritmadagi erituvchini bug'latmasdan kristallashda**  $W = 0$  bo'ladi. Bu usulda olingan kristallar miqdori:

$$G_{kr} = \frac{G_b (x_b - x_m)}{a - x_m} \quad (13.11)$$

Agar  $a = 1$  bo'lsa,

$$G_{kr} = \frac{G_b (x_b - x_m)}{1 - x_m} \quad (13.12)$$

Erituvchini bug' holatiga o'tkazish uchun sarflangan gaz miqdori ushbu tenglamadan hisoblanadi:

$$L = \frac{W}{x_2 - x_1} \quad (13.13)$$

### **Nazorat uchun savollar**

1. Kristallanish jarayoni.
2. Kristallanish statikasi.
3. Kristallanish kinetikasi.
4. Kristallanish usullari.
4. Kristallizatorlar konstruksiyalari.
5. Kristallizatorlarni hisoblash.

**Amaliy mashg'ulotni chuqurlashtirish maqsadida aqliy hujum, klaster, elpig'ish usullari va 3x3 texnologiyalaridan 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.



