

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA MAXSUS
TA'LIM VAZIRLIGI**

QARSHI MUHANDISLIK IQTISODIYOT INSTITUTI

«KIMYOVIY TEXNOLOGIYA» KAFEDRASI

**Neft va gaz fakultetining «Texnologik jarayonlarni avtomatlashtirish va
boshqarish» ta'lim yunalishi 3-kurs talabalari uchun**

« Kimyoviy texnologiyaning jarayonlari va qurilmalari » fanidan



MA'RUZA MATNI

QARSHI – 2016

Tuzuvchi:

katta o'qit.Farmanov B.I.

Taqrizchi:

dots. Lutfullayev S.SH.

Ushbu uslubiy ko'rsatma «Kimyoviy texnologiya» kafedrasi (Bayon №__ __ 2016y.), Texnologiya fakulteti uslubiy komissiyasi (Bayon №__ __ 2016y.) yigilishlarida ko'rib chiqilgan hamda o'quv jarayonida foydalanishga tavsiya etilgan.

Kafedra mudiri:

dots. Panjiyev O.X.

Fakultet uslubiy
komissiyasi raisi:

dots. M.Hakimova

KIRISH

O'zbekiston mustaqil milliy demokratik davlat sifatida rivojlanish yo'lida muhim qadamlaridan biri "Ta'lim to'g'risida" gi yangi Qonun, hamda "Kadrlar tayyorlash Milliy dasturi" ning qabul qilinishi katta ahamiyatga ega.

Prezidentimiz I.A.KARIMOV "... ta'lim darslikdan boshlanadi, ... " va "darsliklarda millat fikrining tafakkuri va millat mafkurasining eng ilg'or namunalari aks etishi kerak" deb ta'kidladilar.

Vatanimiz xalq xo'jaligi uchun malakali mutaxassislar tayyorlashda "Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalari" fanining alohida o'rni bor.

Bu fan talabalarga ixtisoslik fanlarini chuqur o'zlashtirishga, qay yo'l bilan ishlab chiqarish intensivligini oshirish va texnologik qurilmalardan unumli foydalanish mumkinligini o'rgatadi.

Darslikda keltirilgan jarayonlar nazariy asoslari, ularni hisoblash usullari va samarador qurilmalar bilan jihozlash printsiplari ushbu fan asosini tashkil etadi.

Oxirgi o'n yil ichida kimyoviy texnologiya, oziq-ovqat va boshqa sanoatlarda keskin o'zgarishlar ro'y berib, yangi texnologiyalar amalda qo'llanib, rivojlanish boshlandi. Bunday o'zgarishlar jarayon va qurilmalar fanini yanada yuqori darajaga ko'tarilishiga sababchi bo'ldi. Ushbu fanning bunday yuqori saviyaga ko'tarilishiga hisoblash texnikasining gurg'urab rivojlanishi ham o'z xissasini qo'shdi, chunki u jarayon va qurilmalarni o'rganish, modellashtirish va hisoblash ishlarini misli ko'rilmagan imkoniyatlarini yaratdi.

Har bir jarayonni o'rganishda uning statikasi va kinetikasiga, ya'ni o'rganilayotgan sistemaning muvozanat nisbatlari va jarayon mexanizmiga alohida e'tibor berish zarur.

Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalarini hisoblash empirik tenglamalari, qurilma qismlari va detallari to'g'risidagi to'liq ma'lumotlar quyidagi o'quv qo'llanmalarda batafsil keltirilgan:

- Yusupbekov N.R., Nurmuhamedov H.S., Ismatullaev P.R. «Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarning jarayonlari va qurilmalari fanidan hisoblar va misollar». – Toshkent, Nisim, 1999. – 351 b;

- Yusupbekov N.R., Nurmuhamedov H.S., Ismatullaev P.R., Zokirov S.G., Mannanov U.V. «Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarining asosiy jarayon va qurilmalarini hisoblash va loyihalash». – Toshkent, Jahon, 2000. – 266 b.

1.«Jarayon va qurilmalar» faninig mazmuni va mohiyati

«Jarayon va qurilmalar» fani bakalavrlarni tayyorlashda umummuxandislik bo'lim fanlaridan, maxsus fanlarni o'rganishga o'tishda eng muhim vazifani bajaruvchi zarur fandir.

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

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

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

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

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

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

Zamonaviy sanoat ishlab chiqarish jarayonlarini loyihalashda «Jarayon va qurilmalar» fanining ahamiyati katta. Bu fan asosida turli xil jarayonlarning hisoblash va tahlil qilish, ularning optimal parametrlarini aniqlash, zarur qurilmalarni hisoblash va loyihalash mumkin. Undan tashqari, ushbu kursda laboratoriya sharoitidagi jarayon va qurilmalardan sanoat jarayon va qurilmalariga **masshtab** usulida o'tish qonuniyatlari ham

o`rganiladi. Bu qonuniyatlarni bilish, ko`p tonnalik sanoat jarayon va qurilmalarini loyihalashga yordam beradi va zarur.

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

Modellash «jarayon va qurilmalar» fanining muhim vazifalaridan biri va ajralmas qismi deb hisoblanadi. «Kimyoviy texnologiya va biotexnologiya», «Oziq-ovqat mahsulotlari texnologiyasi», «Don va don mahsulotlarini qayta ishlash texnologiyasi», «Neft va neft mahsulotlarini qayta ishlash texnologiyasi», «Atrof muhit muxofazasi», «Kasbiy ta`lim» yo`nalishlaridagi bakalavrlar keng muxandislik dunyoqarashga ega mutaxassislar bo`lishi kerak.

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

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

2. «Jarayon va qurilmalar» fanining kelib chiqishi va rivojlanishi

«Jarayon va qurilmalar» fanining kelib chiqishi kimyo sanoatining rivojlanishi bilan bog`liq bo`lib, XVIII asr oxiri va XIX asrning boshlariga to`g`ri keladi va juda qisqa vaqt ichida ko`pchilik mamlakatlar xalq xo`jaligining muhim tarmoqlaridan biriga aylandi. Kimyo sanoatining rivojlanishi bilan turli sanoatdagi jarayonlarni umumlashtiruvchi, mashina va qurilmalarning hisobini rastional hal etuvchi fanga ehtiyoj kuchaydi.

Ushbu fanni kelib chiqishida Rossiya, AQSh olim va muxandislarining xissalari katta. Birinchi bo`lib, 1828 yilda kimyo sanoatining turli sohalarida qo`llaniladigan asosiy jarayon va qurilmalarning umumiy qatori to`g`risidagi g`oyani prof. F.A.Denisov bildirdi. So`ng esa, D.I.Mendelev kimyoviy texnologiya asosiy jarayonlarining klassifikatsiyasini tuzib chiqdi. XIX asrning oxirida Sankt-Peterburg texnologiya institutining professori A.K.Krupskiy «Asosiy jarayonlar va qurilmalarni hisoblash va loyihalash» fani bo`yicha ma`ruza o`qiy boshladi.

Undan keyin, Moskva oliy texnika universitetida prof.I.A.Tishenko ushbu fan bo`yicha ma`ruza o`qiydi. Shuning uchun, professorlar A.K.Krupskiy va I.A Tishenkolar «Jarayonlar va qurilmalar» fanining asoschilari hisoblanadi.

1923 yili AQSh olimlari Uoker, Lyuis va Mak-Adamslarning «Jarayon va qurilmalarning prinsiplari» nomli kitobi chop etiladi.

«Jarayon va qurilmalar» to`g`risidagi fanning ayrim bo`limlarini ishlab chiqishda prof.I.A.Tishenko (bug`latish qurilmalarini hisoblash nazariyasi), prof.D.P.Konovalov (cuyuq aralashmalarni haydashning nazariy asoslari), prof.L.F.Fokin va prof.K.F Pavlov (original va chuqur mazmunli monografiyalari) katta xissa qo`shishdi. 1935 yilda prof.A.G. Kasatkin tomonidan «Kimyoviy texnologiyaning asosiy jarayonlari va qurilmalari» darsligining chop etilishi, uni fan sifatida tan olinishida va rivojlanishida muhim ahamiyatga ega bo`ldi.

Prof.D.P.Konovalov kimyoviy texnologiya fanining asosiy vazifasini quyidagicha «Kimyoviy texnologiyaning eng asosiy vazifasi shundakim, u jarayonlar o`tishi uchun eng qulay shart-sharoitlarni topish va ularga mos sanoat asboblari va mexanik uskunalarni loyihalashtirish» - deb belgilagan.

Rossiyada jarayon va qurilmalar fani D.I.Mendelev nomli kimyo-texnologiya institutida alohida rivoj topdi. Bu institutdagi ilmiy maktablarga A.G. Kasatkin, V.V Kafarovlar rahbarlik qilishgan; MIXMda - A.N. Planovskiy; M.V.Lomonosov nomli MITXTda - N.I. Gelperin.

Ilmiy maktablar Lensovet nomli LTI da (P.G.Romankov), KTIPP da (V.N.Stabnikov, V.M.Lisyanskiy) ham tashkil etilgan.

«Jarayon va qurilmalar» fani O`zbekistonda o`tgan asrda ilk bor rivoj topa boshladi. 1950-60 yillarda Abu Rayxon Beruni nomidagi Toshkent politexnika instituti (ToshPI)ning Kime-texnologiya fakultetida «jarayonlar va qurilmalar» faniga alohida e`tibor berildi.

ToshPIning etuk olimlari M.I.Niyozov, N.U.Rizaev, I.P.Levsh, O.B.Erofeeva va X.T.Toshpo`latovlar fanning turli bo`limlari bo`yicha ilmiy maktablar tashkil etishdi.

O`tgan asrning 70-80 yillarida shu darslik mualliflaridan tashqari Z.Salimov, O.K.Ubaydullaev, V.I.Levsh va boshqalar jarayon va qurilmalar fani bo`yicha yangi yo`nalishlarga ilmiy rahbarlik qilishdi, katta yutuqlarga erishishdi, o`z ilmiy maktablarini tashkil etishdi va shu kungacha faol ishlab kelishmoqda.

90-yillarda M.M.Yusipov (ion almashinish jarayonining nazariy asoslari), B.E.Muxamedov (paxta chigiti shrotidan erituvchini ajratish), Sh.N.Nuritdinov (qattiq faza ishtirokidagi massa almashinish jarayonlarini modellash), U.V.Mannanov (murakkab reakstion-ajratish jarayonlarida issiqlik va massa almashinish) lar doktorlik dissertastiyalarini yoqlashdi va shu kungacha o'z izlanishlari bilan jarayon va qurilmalar fanining rivojlanishiga o'z xissalarini qo'shib kelishmoqda.

3. Asosiy texnologik jarayonlar klassifikastiyasi

Jarayon va qurilmalar fanining rivojlanishi texnologik jarayonlarning ilmiy asoslangan klassifikastiyasi va tushunchalar sistemasini yaratish imkonini berdi.

Shuning uchun sanoat jarayoni, texnologiya va texnologik qurilma, mashina kabi asosiy tushunchalarni ko'rib chiqamiz.

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

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

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

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

5 – bob. MASSA ALMASHINISH JARAYONLARI

○ Massa almashinish asoslari

Bir yoki bir necha komponentlarni binar yoki murakkab aralashmalarda bir fazadan ikkinchi fazaga o'tishida ro'y bergan jarayonlar **massa almashinish** jarayoni deb yuritiladi (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 – konstantestiyalar farqi.

5.1. Umumiy tushunchalar

Sanoat texnologiyalarida ishlatiladigan adsorbtsiya, ekstraktsiya («suyuqlik - suyuqlik», «qattiq texnologiya jism – suyuqlik sistemalarida»), adsorbtsiya, quritish, kristallanishlarda massa almashinish jarayonlari sodir bo'ladi.

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

Moddani o'ziga yutuvchi faza absorbent deb nomlanadi. Absorbtsiya 2 xil bo'ladi: fizik absorbtsiya – bu gazning suyuqlikda oddiy yutilishi; xemosorbtsiya - bu gazning suyuqlikda yutilishi davrida kimyoviy birikma hosil bo'lishi.

Absorbtsiyaga teskari jarayon, ya'ni yutilgan komponentlarni suyuqlikdan ajratib olish **desorbtsiya** 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). Shu alohida ta'kidlash kerakli, bunda modda suyuq fazadan bug`ga va bug`dan suyuq fazaga o'tadi

Ekstraktsiya – 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.

Adsorbtsiya – 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.

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

Quritish – bu qattiq materiallar tarkibidagi namlikni bug` shaklida ajratib olish jarayonidir. Ushbu jarayonda faol komponent - namlik qattiq fazadan gaz yoki bug` 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 ikkinchiga, ajratib turuvchi yuz orqali o'tishi **massa o'tkazish jarayoni** deb nomlanadi.

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

5.2. 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 ishtiroq 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:

$$\Phi + C = K + 2 \quad (5.1)$$

bu erda F – fazalar soni; S – erkinlik darajasi soni; K – sistemadagi komponentlar soni.

Bu qoidaga binoan, muvozanat holatlarini hisoblashda parametrlarining (bosim, temperatura, konstantrastriya) nechταςini 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.

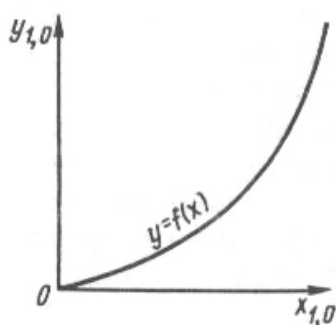
Dastavval, tarqaluvchi modda faqat G fazada va Y konstantrastriyali bo'lsin. Boshlang'ich davrda L fazada tarqaluvchi modda yo'q bo'lsa, unda fazadagi konstantrastriyasi $x = 0$.

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 tarqaluvchi 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 konstantrastriyasi y_M to'g'ri keladi. Xuddi shunday, u ning ma'lum qiymatiga tegishli muvozanat konstantrastriyasi x_M mos keladi. Muvozanat paytida fazalardagi tarqaluvchi komponent konstantrastriyalari o'rtasida umumiy bog'liqlik quyidagi ko'rinishga ega:

$$\bar{y}_p = f_1(\bar{x}); \quad \bar{x}_p = f_2(\bar{y}) \quad (5.2)$$

Ushbu tenglamalar grafikda muvozanat chizig'i bilan ifodalanadi va massa almashinish jarayonining turiga qarab to'g'ri yoki egri chiziqli ko'rinishda bo'ladi. 5.1-rasmda gaz fazasidagi muvozanat konstantrastriyasining suyuq fazadagi konstantrastriya bilan bog'liqligi berilgan.



5.1-rasm. $P=\text{const}$ va $t=\text{const}$ bo'lgandagi muvozanat diagramma.

Muvozanat paytidagi fazalar konstantrastriyalarining nisbati **tarqalish koeffitsienti** m deb nomlanadi.

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

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

Turli - tuman massa almashinish jarayonlariga oid qonunlarning 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 konstantrastriyalar orasidagi farq massa almashinish jarayonlarini harakatga keltiruvchi kuchi deb hisoblanadi.

Massa almashinish jarayonlarining tezlik koeffitsienti va harakatga keltiruvchi kuchini hisolash 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 $K = 1/R$ (bu erda R – diffuzion qarshilik) deb belgilasak, ushbu tenglamaga ega bo'lamiz:

$$\frac{dM}{F \cdot d\tau} = k\Delta \quad (5.3)$$

bu erda, M – bir fazadan ikkinchisiga o'tgan modda miqdora, kg; F – massa o'tkazish yuzasi, m^2 ; τ - jarayon davomligi, s; k – massa o'tkazish koeffitsienti. Ko'rinib turibdiki, $dM/Fd\tau$ ajratib turuvchi yuza birligiga to'g'ri keladigan massa o'tkazish tezligidir.

Demak, agar $k=\text{const}$ bo'lsa, butun massa almashinish yuzasi uchun

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

$$M = K_y F \Delta y_{yp} \cdot \tau \quad \text{yoki} \quad M = K_x F \Delta x_{yp} \cdot \tau \quad (5.4)$$

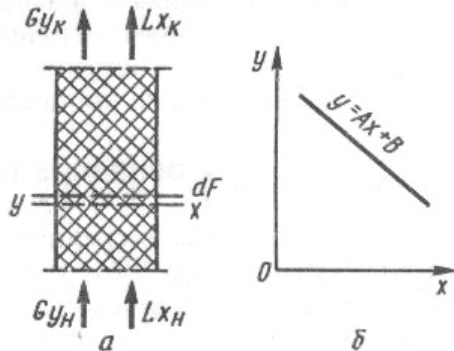
(5.4) massa o'tkazish jarayonining asosiy tenglamasi deb nomlanadi. Ushbu tenglamaga binoan, bir faza yadrosidan ikkinchi faza yadrosiga uzatilgan massa miqdori fazalar yadrosidagi konstantriyalar farqi, ajratib turuvchi yuza va jarayon davomiyligiga to'g'ri proporsionaldir.

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

(5.4) tenglamani tashkil etuvchi parametrlar birliklariga qarab, massa o'tkazish koeffitsienti quyidagi o'lchov birligiga ega bo'ladi: m/s; kg/(h.k.k. b · m²·s); kmol/(h.k.k.b. · m²·s).

5.3. 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 konstantriyalarini esa u va x (kg/kg) deb belgilab olamiz (5.2-rasm).



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

a- qurilmadagi oqimlar sxemasi;
b- y-x koordinatlarida ishchi chiziq'ni tasvirlash.

Agar, $u > u_M$ deb faraz qilsak, tarqaluvchi modda G fazadan L fazaga o'tadi, ammo G fazada konstantriya u_b dan u_{ox} gacha kamayadi.

L fazada esa, mos ravishda konstantriya x_b dan x_{ox} gacha ortadi.

Qurilmaning cheksiz kichik dF yuzasi uchun:

$$dM = G(-d\bar{y}) = Ld\bar{x} \quad (5.5)$$

Qurilmada tarqaluvchi modda konstantriyalar o'zgarishi chegarasida (5.5) tenglikni integrallab, quyidagi tenglamani olamiz:

$$M = -G(\bar{y}_{ox} - \bar{y}_\delta) = G(\bar{y}_\delta - \bar{y}_{ox}) = L(\bar{x}_{ox} - \bar{x}_\delta) \quad (5.6)$$

Bundan, fazalarning massaviy sarfini aniqlaymiz:

$$G = L \frac{\bar{x}_{ox} - \bar{x}_\delta}{\bar{y}_\delta - \bar{y}_{ox}}; \quad L = G \frac{\bar{y}_\delta - \bar{y}_{ox}}{\bar{x}_{ox} - \bar{x}_\delta} \quad (5.7)$$

(5.5) tenglamani boshlang'ich va oxirgi konstantriyalar oralig'ida integrallab quyidagi ifodani olamiz:

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

Bundan, joriy konstantriyalar orasidagi bog'liqlik topiladi:

$$\bar{y} = \frac{L}{G} \bar{x} + \frac{G\bar{y}_\delta - L\bar{x}_{ox}}{G} \quad (5.8)$$

yoki

$$\bar{y} = Ax + B \quad (5.9)$$

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

(5.8) va (5.9) lar ishchi chiziq tenglamasini xarakterlaydi. Ulardan, massa almashinish qurilmalarini hisoblashda foydalaniladi.

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

Haqiqiy (ishchi) konstantriyalar orasidagi bog'liqlikni ifodalovchi to'g'ri chiziq tenglamasi (5.9) **jarayonning ishchi chizig'i** deb nomlanadi.

5.4. Massa o'tkazishning asosiy qonunlari

Massa o'tkazish jarayonlari bir necha massa almashinish yo'li bilan amalga oshirilishi mumkin: gaz (yoki bug') va suyuqlik oqimlari orasida; suyuqlik 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 1- qonuni), massa berish (Nyuton – Shukarev qonuni) va massa o'tkazuvchanlik qonunlari hisoblanadi.

Molekulyar diffuziya qonuni (Fikning 1- qonuni). Molekula, atom, ion va kolloid zarrachalarning xaotik harakati natijasida moddalarning tarqalishi **molekulyar diffuziya** deb nomlanadi. Ma'lumki, moddalar har doim konstantastiyasi yuqori zonadan konstantastiyasi past zonaga qarab tarqaladi. Ushbu qonunga binoan, diffuziya yo'li bilan tarqalgan modda miqdori konstantastiyalar gradienti, diffuzion oqim yo'nalishidagi perpendikulyar ajratuvchi yuza va jarayon davomiyligiga to'g'ri proporsionaldir:

$$dM = -D \frac{\partial c}{\partial x} F d\tau \text{ yoki } M = -D \frac{dc}{dn} F \tau \quad (5.10)$$

bu erda dM - diffuziya yo'li bilan tarqalgan massa miqdori; D – diffuziya koeffitsienti; $\partial c / \partial x$ konstantastiyalar gradienti; F – diffuziya o'tayotgan yuza; $d\tau$ - diffuziya davomiyligi.

Diffuziya koeffitsienti, 1 m^2 ajratuvchi yuza orqali 1 soat davomida 1 m oralikdagi konstantastiyalar farqi 1 ga teng bo'lganda tarqalgan modda miqdorini xarakterlaydi.

Tenglamadagi «minus» ishora molekulyar diffuziya jarayonida konstantastiya kamayib borishini ifodalaydi.

(5.10) 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'zgaras 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-diffuzion xossalari, temperatura va bosimga bog'liqdir. Ya'ni temperatura oshishi va bosim pasayishi bilan uning qiymati ortadi.

Odatda, diffuziya koeffitsientining qiymatlari adabiyotlardan yoki quyidagi formulalardan aniqlanadi: gazlar uchun:

$$D = 4,35 \cdot 10^{-2} \frac{T^2}{P(V_A^{0,33} + V_B^{0,33})} \sqrt{\frac{1}{M_A} + \frac{1}{M_B}} \quad (5.11)$$

suyuqliklar uchun:

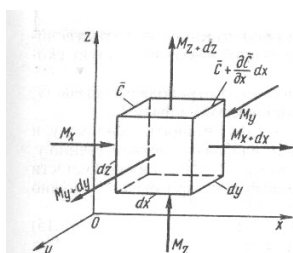
$$D = \frac{8,2 \cdot 10^{-12} T}{\mu \cdot V_a^{0,33}} \left[1 + \left(\frac{3V_B}{V_A} \right)^{0,66} \right] \quad (5.12)$$

bu erda T – temperatura, K; P - bosim, Pa; V_A va V_B - jarayonda ishtirok etuvchi moddalar mol hajmi, sm^3/mol ; M_A va M_B - moddalarning molekulyar massasi, kg/kmol ; μ - dinamik qovushoqlik, $\text{mPa} \cdot \text{s}$; 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 konstantastiyaga umuman bog'liq emas. Lekin, suyuqliklarda esa, diffuziya koeffitsienti konstantastiyaga bog'liqligi bor. Paxta yog'ining normal sharoitda ekstrakstion benzindagi diffuziya koeffitsienti $D = 0,71 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$; gazning boshqa bir gazdagi tarqalish diffuziya koeffitsienti $\sim 0,1 \dots 1,0 \text{ m}^2/\text{s}$; gazning suyuqliklardagi diffuziya koeffitsienti $10^4 \dots 10^5$ marotaba kam bo'lib, taxminan $1 \text{ m}^2/\text{sutkaga}$ teng.

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



5.3-rasm. Molekulyar diffuziyaning differentsial tenglamasini keltirib chiqarishga oid.

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 rejimida bog'liqdir. Istalgan fazada turbulent diffuziya yo'li bilan tarqalgan moddaning miqdori ushbu tenglamadan topiladi:

$$M = -\varepsilon_{\pi} \frac{\partial c}{\partial n} F \cdot \tau \quad (5.13)$$

bu erda ε_D - turbulent diffuziya koeffitsienti (5.13) tenglamadan ε_D - aniklaymiz

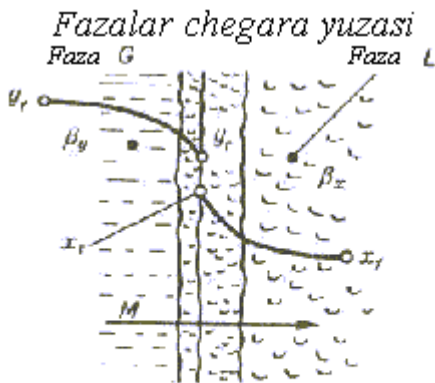
$$[\varepsilon_D] = \left[\frac{M \cdot dn}{dc \cdot F \cdot \tau} \right] = \left[\frac{kg \cdot m \cdot m^2}{s \cdot m^2 \cdot kg} \right] = \left[\frac{m^2}{s} \right]$$

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

Molekulyar diffuziyaning differensial tenglamasi (Fikning 2-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 (5.3-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 konstantraziyasi $(\partial C / \partial \tau) d\tau$ miqdorga ortadi. Fikning 1 - qonuniga binoan:



5.4-rasm. Massa berish tenglamasini keltirib chiqarishga oid.

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

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

demak:

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

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

Parallelepiped bilan yutilgan umumiy modda miqdori:

$$dM = D \left(\frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial z^2} \right) dx dydz d\tau \quad (5.14)$$

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

$$dM = dx dydz \frac{\partial \bar{C}}{\partial \tau} d\tau \quad (5.15)$$

(5.14) va (5.15) larni tenglashtirib, ushbu ko'rinishdagi molekulyar diffuziyaning differensial tenglamasini olamiz:

$$\frac{\partial \bar{C}}{\partial \tau} = D \left(\frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial z^2} \right) \quad (5.16)$$

(5.16) tenglama Fikning 2-qonuni deb yuritiladi. $\partial S / \partial \tau$ - fazoda olingan istalgan nuqtadagi konstantraziyaning 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 yadrosiga yoki teskari yunalishda massa berish yo'li bilan o'tgan modda miqdori fazalar konstantraziyasi 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 (5.4-rasm). Faza yadrosida moddaning tarqalishi asosan suyuqlik yoki gaz oqimi bilan amalga oshiriladi. Oqimlarning turbulent harakati davrida tarqaluvchi modda konstantriyasi o'zgaras bo'ladi. Chegaraviy diffuzion qatlamga yaqinlashgan sari moddaning turbulent tarqalishi kamayadi va molekulyar diffuziya hisobiga massa berish ulushi ortadi.

Bunda, tarqaluvchi moddaning konstantriya gradienti hosil bo'ladi va fazalarni ajratuvchi chegaraga yaqinlashib borgan sari, uning qiymati oshib boradi. Shunday qilib, chegaraviy diffuzion qatlam atrofi—bu konstantriya gradienti hosil bo'lishi va o'sishi sohasidir. Undan tashqari, bu er — 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 konstantriyasini y_f va x_f deb, fazalarni ajratib turuvchi yuzadagi konstantriyalarni esa — u_{ch} va x_{ch} deb belgilasak, unda massa berish jarayonida o'tgan modda miqdorlarini quyidagi tenglamalardan aniqlash mumkin:

$$dM = \beta_y (y_f - y_u) \cdot F d\tau; \quad dM = \beta_x (x_u - x_f) \cdot F d\tau \quad (5.17)$$

bu erda β_y, β_x — konvektiv va molekulyar oqimlar bilan modda uzatilishini xarakterlovchi massa berish koeffitsientlari; $u_{ch}=u_M$ va $x_{ch}=x_M$ 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, qovushoqligi va boshqa xossalriga, suyuqlik harakat rejimiga, qurilmaning tuzilishi va 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 β 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.

5.5. Qattiq jism ishtirokida massa almashinish

Bunday jarayonlarga adsorbtsiya, desorbtsiya, kristallanish, quritish, eritish, qattiq materiallardan ekstraktsiyalash kabilar kiradi. Albatta, bu noturg'un jarayonlarning o'ziga xos alohida xususiyatlari bor. «Qattiq jism-suyuqlik» sistemasida 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 gradienti 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, kapillyarlar shakli va kovakchalarni o'lchami bo'yicha taqsimlanishi bilan ajralib turadi.

Kapillyar-kovakli tuzilishiga qarab qattiq jismlar quyidagi sinflarga ajratiladi: yirik kovakli ($d_{kp} \leq 100\mu m$); 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 borish xosdir. Shuning uchun ushbu jarayonlarni ifodalashda “siqiq diffuziya” degan atamadan foydalaniladi.

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

$$D_{CH} = D \frac{1}{1 + a \left(\frac{r}{R} \right)} \quad (5.18)$$

bu erda D_{cu} – «siqiq diffuziya» koeffitsienti; D – molekulyar diffuziya koeffitsienti; r – tarqalayotgan molekula o'lchami; R – qattiq jism kovakchalarining ko'ndalang o'lchami.

«Siiqiq diffuziya» o'rniga jarayonni har tomonlama to'liq ifodalovchi umumiy kinetik 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 massa miqdori konstantriastiyalar gradienti, oqim yo'nalishiga perpendikulyar yuza va jarayon davomiyligiga to'g'ri proporsionaldir, ya'ni:

$$dM = -k \frac{\partial \bar{c}}{\partial x} dF d\tau \quad (5.19)$$

bu erda k – massa o'tkazuvchanlik koeffitsienti, m^2/s . Ushbu koeffitsient temperatura va qattiq jismda tarqalgan modda konstantriastiyalariga bog'liqdir.

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

Qattiq jismdan namlikni desorbstiyasi misolida massa almashinish jarayonini ko'rib chiqamiz (5.6-rasm).

Boshlang'ich vaqt $\tau = \tau_0$ da plastinaning butun hajmida konstantriastiya o'zgarmas bo'ladi ($s=const$).

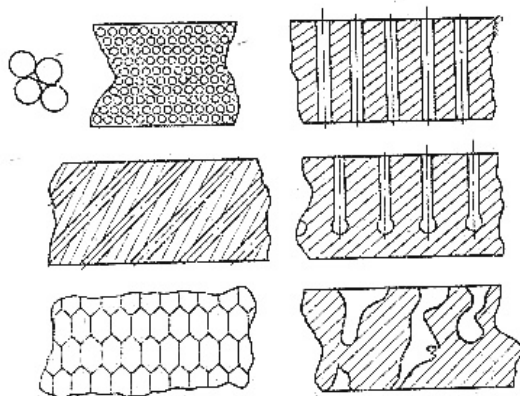
Qattiq jism bilan massa almashinuvchi suyuqlik fazada tarqaluvchi moddaning konstantriastiyasi o'zgarmas va u_f ga tengdir. Dastlabki davrda, tarqalayotgan modda qattiq jismdan suyuqlikka qarab harakat qiladi.

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

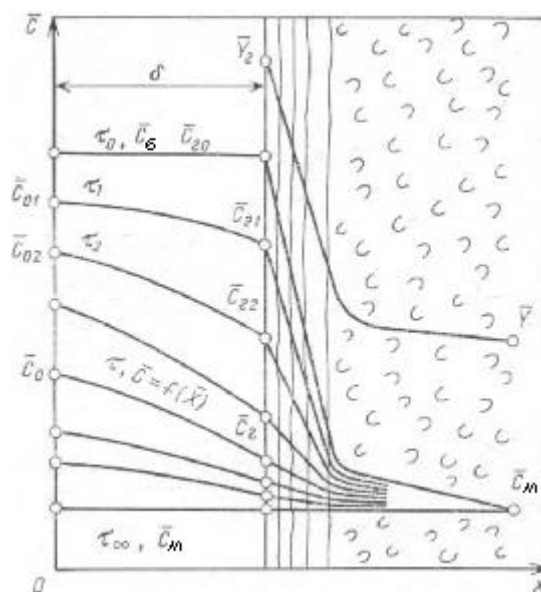
Vaqt o'tishi bilan jismning konstantriastiyasi uzluksiz ravishda pasayib boradi.

Qandaydir kritik konstantriastiya x_{kr} dan boshlab, bug'lanish zonasi jismning ichiga suriladi. Bu hol, albatta o'tkazish potentsiali gradientining kamayishiga va jarayonni sekinlashuviga olib keladi. Namlikni bug'lanishi na faqat 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.



5.5-rasm. G'ovaksimon jismlar tuzilishi modifikatsiyalari.



5.6-rasm. Kapillyar – g'ovakli jismda massa almashinish modeli.

Qattiq faza ishtirok etadigan massa almashinish jarayonlarining eng murakkabi - bu quritish jarayonidir, chunki bunda massa va issiqlik almashinish jarayonlari bir vaqtda ro'y beradi.

Massa o'tkazuvchanlik differensial tenglamasi issiqlik o'tkazuvchanlik differensial tenglamasiga o'xshash keltirib chiqariladi va u ushbu ko'rinishga ega:

$$\frac{\partial \bar{C}}{\partial \tau} = k \left(\frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial z^2} \right) \quad (5.20)$$

Ko'rinib turibdiki, massa o'tkazuvchanlik koeffitsienti o'zgaruvchan kattalik va u jarayon turi (adsorbtsiya, quritish, eritish), qattiq jism tuzilishi va molekulyar diffuziya koeffitsientiga ta'sir etuvchi parametrlarga bog'liq.

(5.20) differensial tenglama fazalarni ajratuvchi chegarasida massa o'tkazish shartlarini belgilovchi tenglama bilan birgalikda ko'rilishi kerak. Ushbu shartlarni (5.19) tenglamani $dM = \beta(y_q - y_M)F \cdot d\tau$ tenglama bilan taqqoslash mumkin. Tenglamalarning o'ng tomonlarini bir-biriga tenglab, ushbu ko'rinishga ega ifodani olamiz:

$$-k \frac{\partial \bar{C}}{\partial x} = \beta \Delta \bar{y} \quad (5.21)$$

O'xshashlik nazariyasini qo'llab quyidagi o'lchamsiz kompleksni keltirib chiqaramiz:

$$Bi_{\mathcal{A}} = \frac{\beta \cdot l}{k} \quad (5.22)$$

Ushbu kompleks **Bio diffuzion kriteriysi** deb nomlanadi.

Bio kriteriysi qattiq fazadan yuvib turuvchi suyuq fazaga modda tarqalishi tezligining massa o'tkazuvchanlik tezligiga nisbatani ifodalaydi.

Massa o'tkazuvchanlik tenglamasidan Fure diffuzion kriteriysini keltirib chiqarish mumkin:

$$Fo_{\mathcal{A}} = \frac{k\tau}{l^2} \quad (5.23)$$

Fure kriteriysi qattiq jism ichida massa almashinish tezligining vaqt o'tishi bilan o'zgarishini xarakterlaydi.

(5.21) tenglama tahlili shuni ko'rsatadiki, massa o'tkazish tezligi massa o'tkazuvchanlik va massa berishga bog'liq. Ekstraktsiya jarayonining massa o'tkazishga ta'siri 3 xil bo'ladi:

- massa berish jarayoni tezligi massa o'tkazish tezligiga nisbatan ancha katta. Bunda massa o'tkazish tezligi massa o'tkazuvchanlik orqali topiladi;

- massa o'tkazuvchanlik tezlik tezligi massa berish jarayonining tezligiga nisbatan ancha katta bo'ladi. Bunda massa o'tkazish tezligi massa berish jarayoni β asosida hisoblanadi;

- massa o'tkazuvchanlik va berish jarayonlarining tezligini o'zaro solishtirish mumkin bo'ladi. Bunda massa o'tkazishning tezligini topishda D_i va β koeffitsientlar hisobga olinadi.

Qattiq jismdan kerakli komponentni ajratib olish murakkab jarayondir. Bunda, qattiq jism ichida va atrof - muhitda konstantriastiyalar miqdori vaqt davomida yoki qurilmaning uzunligi bo'yicha o'zgartirib turadi (5.6-rasm).

Qattiq jismda konstantriastiyalar miqdorining o'zgarish tezligiga quyidagi omillar sababchi bo'ladi:

1. Qattiq jism va tarqalayotgan moddaning diffuziya xossalari, bu xossalari massa o'tkazuvchanlik koeffitsienti D_i orqali ifodalanadi;

2. «Qattiq jism – suyuqlik» chegarasida massa o'tkazish sharoitlari;

3. Qattiq jism va suyuq fazalar miqdorlarining nisbati

$$\frac{C_{\phi} - C_0}{C'_{\phi} - C'_0} = n$$

bilan ifodalanadi.

bu erda S_b va C_0 – jarayonning boshlanish va oxirida suyuq fozadagi ekstraktsiyalangan moddaning konstantriastiyalar; S_b va S_0 - jarayonning boshlanishi va oxirida qattiq fazadagi ekstraktsiyalanishi zarur bo'lgan moddaning konstantriastiyasi; $n=W/N$ - o'zaro to'qnashish holatida bo'lgan suyuqlik miqdori W ning qattiq jism miqdori N ni nisbati.

4. Qattiq material zarrachalarining suyuqlik bilan o'zaro ta'sir qilish usuli;

5. Qattiq material zarrachalarining shakli va o'lchamlari.

Massa o'tkazuvchanlik yo'li bilan massa almashinish jarayonining o'xshashligini ifodalashda geometrik o'xshashlik ham inobatga olinishi zarur.

Bir o'lchamli oqim uchun massa o'tkazuvchanlikning kriterial tenglamasini quyidagicha yozish mumkin:

$$\frac{C - C_M}{C_\delta - C_M} = f\left(Bi_\delta, Fo_\delta, \frac{x}{\delta}\right) \quad (5.24)$$

bu erda S – vaqt momenti τ da qattiq fazaning berilgan nuqtasidagi konstantasiyasi; S_b - qattiq fazadagi boshlang'ich konstantasiyasi; S_m - qattiq fazadagi ekstrakstiyalanayotgan moddaning muvozanat konstantasiyasi; δ - qattiq jismning aniqlovchi o'lchami; x - qattiq jismning berilgan nuqtasidagi koordinatasi. (5.24) tenglamaning echimi faqat eng oddiy shakldagi jismlar (shar, stilindr va cheksiz plastina) uchun bor.

“Qattiq jism – suyuqlik” sistemasida massa o'tkazish jarayonini ifodalash uchun massa o'tkazishning asosiy tenglamasidan foydalanish mumkin. Unda, massa o'tkazish koeffitsienti ushbu formuladan hisoblanadi:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\beta_y} + \frac{1}{(\psi + n) \cdot km} \quad (5.25)$$

bu erda ψ - shakl koeffitsienti, plastina uchun 1 ga, stilindr uchun 2 va shar uchun 3 teng; n – daraja ko'rsatkichi.

Tashqi diffuziya sohasida jarayon o'tkazilganda va $Bi_\delta \leq 3,0$ bo'lganda (5.25) formula ushbu ko'rinishni oladi:

$$K \approx \beta_y \quad (5.26)$$

Ushbu holatda jarayon tezligi faqat ichki diffuziya omillari bilan aniqlanadi.

Issiqlik va massa almashinish jarayonlari birgalikda sodir bo'lganda, issiqlik va massa berish koeffitsientlarini topish uchun ushbu kriterial tenglama tavsifa etiladi:

$$Nu = A \cdot Re^n \cdot Pr^{0,33} \cdot Gu^{0,175} \quad (5.26)$$

bu erda Gu – adiabatik sharoitda suyuqlikning hajmiy bug'lanishini xarakterlovchi Guxman kriteriysi. Konstanta A va daraja ko'rsatkichi n qurilmadagi gidrodinamik rejimga bog'liq bo'ladi.

5.6. Konvektiv diffuziyaning differensial tenglamasi

Diffuzion chegaraviy qatlam nazariyasiga binoan, suyuqlik oqimi fazalarni ajratuvchi chegarasida tarqalayotgan modda molekulyar diffuziya va bevosita suyuqlik oqimi bilan uzatiladi (5.7-rasm). Ko'rilayotgan sistemada oqimni 2 qismdan iborat deb hisoblash bo'ladi, ya'ni yadro va chegaraviy diffuzion qatlamdan. Turbulentlik ancha yuqori bo'lganda ham, yadroda moddaning tarqalishi asosan suyuqlik harakati tufayli ro'y beradi. Turg'un rejimda ushbu ko'ndalang kesimda tarqaluvchi modda konstantasiyasi o'zgarmasdir. Chegaraviy diffuzion qatlamga yaqinlashgan sari, turbulentlik darajasi pasayadi. Shuning uchun, fazalarni ajratuvchi chegarada moddaning tarqalishi asosan molekulyar diffuziya hisobiga o'tadi. Undan tashqari, bu zonaga yaqinlashish bilan konstantasiyalar gradienti ham ortadi.

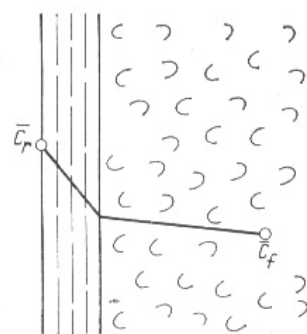
Shunday qilib, chegaraviy diffuzion qatlam – bu konstantasiya gradienti hosil bo'ladigan va ortadigan, hamda molekulyar diffuziya qiymatining minimumdan maksimumgacha ko'payadigan zonasidir.

Konvektiv diffuziya jarayonida fazaning elementar hajmida tarqaluvchi moddaning konstantasiyasi ham molekulyar diffuziya, ham mexanik harakat ta'siri ostida o'zgaradi. Bunday hollarda, tarqalayotgan moddaning konstantasiyasi x, u, z koordinatalar va vaqt τ ning funktsiyasi bo'lib qolmay, balki element siljish tezligi w_x, w_u va w_z larga ham bog'liq bo'ladi.

Molekulyar diffuziya yo'li bilan moddaning tarqalishi (5.16) tenglama yordamida topiladi.

Konvektiv diffuziya paytida esa, element fazoning bir nuqtasidan ikkinchisiga ko'chadi. Bunda, elementda tarqalayotgan modda konstantasiyasining o'zgarishi substansional hosila orqali ifodalanadi:

$$\frac{D\bar{c}}{D\tau} = \frac{\partial \bar{c}}{\partial \tau} + \frac{\partial \bar{c}}{\partial x} w_x + \frac{\partial \bar{c}}{\partial y} w_y + \frac{\partial \bar{c}}{\partial z} w_z \quad (5.27)$$



5.7-rasm. Konvektiv diffuziya qonunini keltirib chiqarishga oid.

Ushbu tenglamadagi qo'shiluvchilar yig'indisi $\frac{\partial \bar{C}}{\partial x} w_x + \frac{\partial \bar{C}}{\partial y} w_y + \frac{\partial \bar{C}}{\partial z} w_z$ - konstantrastiyaning konvektiv o'zgarishini, $\frac{\partial \bar{C}}{\partial \tau}$ esa – lokal o'zgarishini xarakterlaydi.

Molekulyar diffuziya hisobiga tarqalayotgan moddaning ortishi (5.16) tenglama yordamida aniqlanadi. Agar, (5.16) va (5.27) tenglamalarni tenglashtirsak va konstantrastiyaning lokal o'zgarishi $\frac{\partial \bar{C}}{\partial \tau}$ ni (5.27) dagi to'liq $\frac{D\bar{C}}{\partial \tau}$ ga almashtirsak, konvektiv diffuziyaning differentsial tenglamasini keltirib chiqarish mumkin:

$$\frac{\partial \bar{C}}{\partial \tau} + \frac{\partial \bar{C}}{\partial x} w_x + \frac{\partial \bar{C}}{\partial y} w_y + \frac{\partial \bar{C}}{\partial z} w_z = D \left(\frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial z^2} \right) \quad (5.28)$$

Fazalarni ajratuvchi chegara atrofida fazadan fazaga tarqalayotgan modda miqdori konvektiv diffuziya qonuni (5.17) yordamida aniqlanadi. Yuqorida aytilgandek, fazalarni ajratuvchi yuza oldida, moddaning bir fazadan ikkinchisiga o'tishi esa, molekulyar diffuziya (5.10) hisobiga amalga oshadi.

(5.10) va (5.17) tenglamalarni bir-biriga tenglashtirib, ushbu formulani olamiz:

$$\beta \Delta \bar{C} = -D \frac{\partial \bar{C}}{\partial x} \quad (5.29)$$

bu erda $\Delta \bar{S} = \bar{S}_{ch} - \bar{S}_f$ - jarayonni harakatga keltiruvchi kuch.

Konvektiv diffuziyaning kriterial tenglamalari. Bunday formulalar (5.28) va (5.29) tenglamalardan keltirib chiqariladi. Diffuzion kriteriyalarni olish uchun o'xshashlik nazariyasidan foydalanamiz. (5.29) tenglamadan o'lchamsiz $\beta \Delta \bar{C} \partial x / D \partial \bar{C}$ kompleksni olamiz va ba'zi qisqartirishlardan so'ng Nusselt diffuzion kriteriysini hosil qilamiz:

$$Nu_{\beta} = \frac{\beta \cdot l}{D} \quad (5.30)$$

bu erda β - massa berish koeffitsienti; l – aniqlovchi o'lcham; D – molekulyar diffuziya koeffitsienti.

(5.28) tenglamaning ikkala qismini $D \partial^2 \bar{C} / \partial x^2$ ga bo'lib, ushbu o'lchamsiz kompleksni olish mumkin:

$$\frac{\partial \bar{C} \cdot \partial x^2}{\partial \tau \cdot \partial^2 \bar{C}} \quad \text{va} \quad \frac{\partial \bar{C} \cdot w_x \cdot \partial x^2}{\partial x \cdot D \cdot \partial^2 \bar{C}}$$

Bulardan esa Fure diffuzion kriteriysi:

$$Fo_{\beta} = \frac{D \tau}{l^2} \quad (5.31)$$

va Pekle diffuzion kriteriysi:

$$Pe_{\beta} = \frac{w l}{D} \quad (5.32)$$

keltirib chiqariladi. Bu erda τ - jarayon davomiyligi; w – oqim tezligi.

Fure kriteriysi vaqt o'tishi bilan tarqalayotgan massa oqimi tezligi o'zgarishini ifodalaydi va noturg'un massa berish jarayonlarni xarakterlaydi.

Pekle kriteriysi o'xshash sistemalarning o'xshash nuqtalarida konvektiv va molekulyar diffuziyalar orqali o'tayotgan massalarning nisbatini ifodalaydi.

Pekle kriteriysini o'zgartirib, ushbu ko'rinishda yozamiz:

$$Pe = \frac{w l}{D} = \frac{w l}{\nu} \cdot \frac{\nu}{D} = Re \cdot Pr_{\beta}$$

bu erda

$$Pr_{\beta} = \frac{\nu}{D} \quad (5.33)$$

Prandtl kriteriysi fizik kattaliklar maydonlarining o'xshashligini xarakterlaydi va moddalar fizik xossalari nisbatining o'zgarishligini ifodalaydi.

Massa berish jarayonini xarakterlovchi o'xshashlik kriteriylari aniqlangandan so'ng, konvektiv diffuziyaning umumiy kriterial tenglamasi tuzilishi mumkin:

$$f(\text{Re}, \text{Gr}, \text{Nu}_D, \text{Pr}_D, \text{Fo}_D) = 0 \quad (5.34)$$

Nusseltning diffuzion kriteriysi asosiy aniqlanuvchi kriteriy bo'lgani uchun (5.34) tenglamani quyidagicha yozish mumkin:

$$\text{Nu}_D = f(\text{Re}, \text{Gr}, \text{Pr}_D, \text{Fo}_D) \quad (5.35)$$

(5.35)dagi Grashof kriteriysi erkin konvektsiya paytida konvektiv diffuziyaning xarakterlaydi.

Agar, jarayon turg'un bo'lsa, umumiy kriterial tenglamadan, Fure kriteriysi tushirilib qoldiriladi:

$$\text{Nu}_D = f(\text{Re}, \text{Gr}, \text{Pr}_D) \quad (5.36)$$

Suyuqlik oqimining majburiy harakati paytida erkin konvektsiyaning hisobga olmasa bo'ladi. Bu holda (5.36) tenglamadan Grashof kriteriysi tushirib qoladi:

$$\text{Nu}_D = f(\text{Re}, \text{Pr}_D) \quad (5.37)$$

Kriterial tenglamalardan aniqlangan Nusselt kriteriysi qiymatlaridan massa berish koeffitsientini hisoblab topish mumkin:

$$\beta = \frac{\text{Nu} \cdot D}{l} \quad (5.38)$$

Massa berish koeffitsientlarining qiymatlari yordamida massa o'tkazish koeffitsienti K ni topish mumkin.

Gidrodinamik o'xshashlik asosida massa berish koeffitsienti β ni oqim o'rtacha tezligi w ga nisbatini aniqlash mumkin. Bu o'lchamsiz kattalik Stanton diffuzion kriteriysi deb nomlanadi va ushbu ko'rinishga ega:

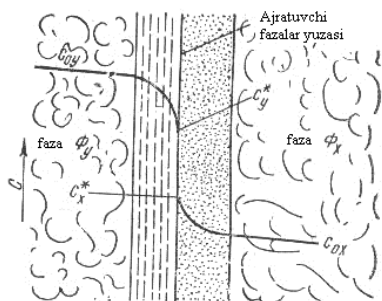
$$\text{St}_D = \frac{\beta}{w} = \frac{\text{Nu}_D}{\text{Pe}_D} = \frac{\beta \cdot l / D}{w \cdot l / D} \quad (5.39)$$

Stanton kriteriysi turbulent oqimlarda massa berish jarayonida konstantasiya va tezlik maydonlari o'xshashligini xarakterlaydi.

5.6.1. Massa almashinish jarayoni mexanizmi

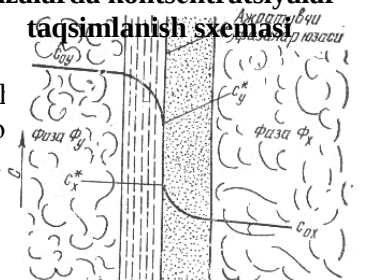
Ma'lumki biror modda massasining ikkinchi fazaga ajratib turuvchi yuza orqali o'tishi **massa o'tkazish** deb nomlanadi. Bu jarayon juda murakkabdir, chunki massa berish va turbulent oqimlarning gidrodinamik qonuniyatlari yaxshi o'rganilmagan.

5.8-rasmda suyuqlik va gaz (bug') yoki ikkala faza orasida massa o'tkazish jarayonini tushuntiruvchi sxema keltirilgan.



5.8-rasm. Massa o'tkazish jarayonida fazalarda konsentratsiyalar taqsimlanish sxemasi

yaqinida l topgan bo oshadi va qatlamda



Fazalar bir - biriga nisbatan turbulent rejimga oid tezlikda harakat qilmoqda va ular o'rtasida ajratuvchi yuza mavjud.

Tarqaluvchi modda massasi M faza F_u (ammiakning havo bilan aralashmasi)dan suyuq faza F_x (suv) ga o'tmoqda. Shunday qilib, F_u faza yadrosidan fazalarni ajratib turuvchi yuzaga va ajratib turuvchi yuzadan F_x fazaning yadrosiga massa berish jarayoni sodir bo'ladi.

Ajraturvchi yuza qarshiligini (agar uning miqdori sezilarli bo'lsa) engib, bir fazadan ikkinchisiga massa o'tadi, ya'ni massa o'tkazish jarayoni ro'y beradi.

Ma'lumki, massa almashinish jarayoni har bir fazadagi oqim turbulentlik tuzilishi bilan uzviy ravishda bog'liq.

Gidrodinamikadan ma'lumki, suyuqlik oqimining devor i hosil bo'ladi. Har bir faza yadro va chegaraviy qatlamdan tashkil arqalishi ko'pchilik hollarda turbulent pulsatsiya yordamida amalga istiyasi, 5.8-rasmda ko'rsatilgandek, o'zgarib boradi. Chegaraviy so'nib, konstantasiya esa o'zgarib boradi. Ajratuvchi yuzaga

yaqinlashgan sari, konstantrasiya o'zgarishi keskinlashadi. Bevosita ajratuvchi yuzada moddaning tarqalish tezligi juda kichik bo'ladi va u molekulyar diffuziyaning tezligiga bog'liq bo'lib qoladi. Fazalararo ishqalanish va sirtiy taranglik kuchlari ta'sirida ajratuvchi yuza yaqinida konstantrasiya keskin, to'g'ri chiziqli qonun bo'yicha o'zgaradi.

Shunday qilib, suyuqlik oqimining turbulent harakati paytida faza yadrosidan ajratuvchi yuzagacha yoki teskari yo'nalishda massaning berilishi ham molekulyar, ham turbulent diffuziyalar usulida boradi. Lekin, tarqalayotgan massaning asosiy qismi turbulent diffuziya usulida o'tadi.

Demak, massa almashinish jarayonini intensivlash uchun oqim turbulentlik darajasini ko'paytirib, chegaraviy qatlam qalinligini kamaytirish zarur.

Ma'lumki, oqim turbulentlik darajasini ko'paytirish uchun suyuqlik tezligini oshirish kerak bo'lsa, chegaraviy qatlam qalinligini kamaytirish uchun aralashtirish, pulsasiya, tebranish, elektromagnit maydon yoki ultratovush kabi usullarni qo'llash mumkin.

5.6.2. Massa o'tkazish va berish koeffitsientlari o'rtasidagi bog'liqlik

Ishchi va muvozanat konstantrasiyalari orasida chiziqli bog'liqlik sharoitida, biror G fazadan L fazaga massa o'tkazish jarayonini ko'rib chiqamiz (5.4-rasm). Fazalarni ajratuvchi chegarada muvozanat holatiga erishiladi deb qabul qilamiz.

G fazadan fazalarni ajratuvchi chegaraviy yuzaga tarqalgan modda miqdori ushbu tenglamadan topiladi:

$$dM = \beta \cdot y(y - y_q) \cdot dF$$

Fazalarni ajratuvchi chegaraviy yuzadan L faza yadrosiga berilgan modda miqdori esa quyidagi tenglamadan aniqlanadi:

$$dM = \beta_x(x_q - x) \cdot dF$$

Muvozanat konstantrasiya $u_m = m \cdot x$ ekanligi ma'lum bo'lgani uchun, L fazadagi konstantrasiya x ni G fazadagi muvozanat konstantrasiyasi orqali ifodalasa mumkin:

$$dM = \beta_x(x_q - x) \cdot dF = \frac{\beta_x}{m}(y_{mq} - y_m) \cdot dF$$

bundan:

$$y_{mq} - y_m = \frac{dM \cdot m}{\beta_x dF}; \quad y - y_q = \frac{dM}{\beta_y dF}$$

Yuqorida keltirilgan oxirgi ikki tenglamalarning chap va o'ng tomonlarining yig'indisi, hamda $u_{ch} = u_{mch}$ ga tengligini hisobga olsak ushbu ko'rinishdagi tenglamani olamiz:

$$y - y_m = \frac{dM}{dF \left(\frac{m}{\beta_x} + \frac{1}{\beta_y} \right)} \quad (5.40)$$

Massa o'tkazishning asosiy tenglamasidan:

$$y - y_m = \frac{dM}{dF} \cdot \frac{1}{K} \quad (5.41)$$

(5.40) va (5.41) tenglamalarni o'ng tomonlarini tenglashtirib, ushbu ko'rinishga ega bo'lamiz:

$$\frac{1}{K_y} = \frac{m}{\beta_x} + \frac{1}{\beta_y} \quad \text{yoki} \quad K_y = \frac{1}{\frac{m}{\beta_x} + \frac{1}{\beta_y}} \quad (5.42)$$

Xuddi shu usulda L faza uchun massa o'tkazish koeffitsientini aniqlash formulasini keltirib chiqaramiz:

$$\frac{1}{K_x} = \frac{1}{m\beta_y} + \frac{1}{\beta_x} \quad \text{yoki} \quad K_x = \frac{1}{\frac{1}{m\beta_y} + \frac{1}{\beta_x}} \quad (5.43)$$

Bu tenglamalarning chap tomonlari massaning bir fazadan ikkinchisiga o'tishi uchun umumiy diffuzion qarshilikni, o'ng tomonlari esa – fazalardagi massa berish jarayonlari diffuzion qarshiliklarning yig'indisini ifodalaydi. Shuning uchun ham, (5.42) va (5.43) tenglamalar fazaviy qarshiliklarning **additivlik tenglamalari**

deb yuritiladi.

K_u va K_x koeffitsientlar $K_u = K_x/m$ tenglik bilan bog'liq bo'ladi. Massa o'tkazish koeffitsientlarning qiymati massa berish koeffitsientlarining son qiymatlari va muvozanat chizig'ining qiyalik burchagi bilan belgilanadi. Massa berish koeffitsientlari kriterial tenglamalardan aniqlanadi.

5.6.3. Massa almashinish jarayonlarining modellari

Massa berish mexanizmi bir vaqtda ham molekulyar, ham konvektiv usullarda massa o'tish bilan xarakterlanadi. Massa o'tkazish esa, undan ham murakkab jarayondir, chunki fazalarni ajratuvchi chegaraning ikkala tomonida massa berish jarayonlari ro'y beradi. Shu kungacha fazalar orasidagi harakatchan yuza chegarasida boradigan massa o'tkazish jarayonining nazariyasi yaratilmagan. Shuning uchun ham massa o'tkazish mexanizmining bir qator soddalashtirilgan nazariy modellari ishlab chiqilgan.

Ko'pchilik modellar quyidagi tahminlar asosida yaratilgan:

1. Bir fazadan ikkinchisiga massa o'tish jarayonidagi umumiy qarshilik ikkala faza va ularni ajratuvchi yuza qarshiliklarining yig'indisiga teng. Lekin, ko'pincha ajratuvchi yuzadagi qarshilik nolga teng deb hisoblanadi. Unda, umumiy qarshilikni fazalar qarshiliklari yig'indisi deb qarash mumkin;

2. Ajratuvchi yuzada fazalar muvozanat holatida bo'ladi.

Yupqa qatlamli model. Bu model eng birinchilaridan bo'lib, Lyuis va Uitmenlar tomonidan taklif etilgan. Ushbu modelga binoan, har bir fazada uning bevosita chegarasiga qo'zg'almas yoki laminar harakatlanuvchi yupqa qatlam yondashib turadi.

Yupqa qatlamda massa faqat molekulyar diffuziya usulida tarqaladi. Massa berishga qarshilikning hammasi yupqa qatlamda mujassamlashgan. Shuning uchun, konstantrasiyalar gradienti faqat chegaraviy yupqa qatlam ichida hosil bo'ladi, chunki fazalar yadrosida konstantrasiyalar o'zgarmas va son jihatidan o'rtacha konstantrasiyalarga tengdir.

Undan tashqari, yuqorida qabul qilingan tahminlar bu modelga ham taalluqli. Shunday qilib, ushbu model sxemasining 5.8-rasmdagidan farqi shundaki, chegaraviy qatlamda turbulent pulsasiyalar yordamida aralashtirish to'g'ri chiziqli qonuniga bo'ysinadi.

Yupqa qatlamli modelga binoan, vaqt birligida tarqalgan massa miqdori quyidagi tenglamadan aniqlanishi mumkin:

$$M = \frac{D}{\delta_{\text{eff}}} (C_0 - C_u) \quad (5.44)$$

bu erda s_0 va s_{ch} – faza yadrosi va ularni ajratib turuvchi chegaradagi konstantrasiyalar; δ – chegaraviy yupqa qatlamning effektiv qalinligi; D/δ_{eff} – massa berish tezligini xarakterlovchi koeffitsient.

Ushbu modelda ajratuvchi yuza atrofidagi gidrodinamik sharoitlar ancha soddalashtirilgan. Molekulyar va turbulent diffuziyalarni ajratib turuvchi chegarasida turbulent pulsasiyalarning so'nishi, sistemaning fizik va geometrik kattaliklari hisobga olinmagan. Shu sabablarga ko'ra, ko'pchilik tajribalarda olingan natijalarda $M \sim D$ bog'liqlik isbotlanmagan.

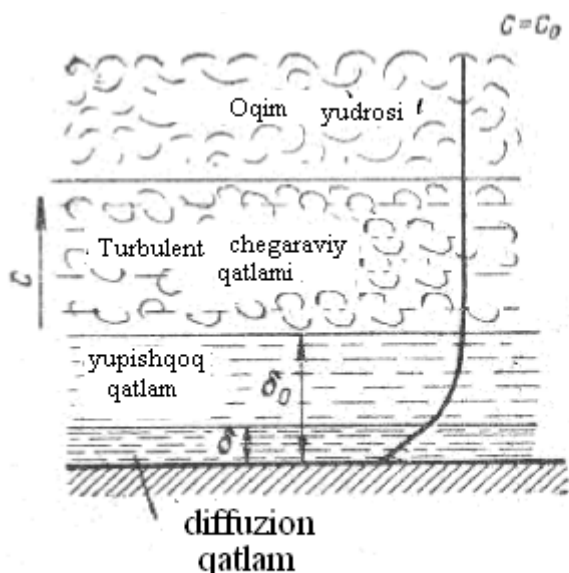
Undan tashqari, chegaraviy qatlamning effektiv qalinligini o'lchash yoki formulalar yordamida hisoblash qiyin.

Diffuzion chegaraviy qatlamli model. Ushbu modelda fazalarni ajratuvchi chegara yaqinidagi sharoitlar aniqroq hisobga olingan (5.9-rasm).

«Qattiq jism – suyuqlik» sistemasidagi nisbatan yuqori aniqlikka ega model rus olimlari Landau va

Levich tomonidan yaratilgan. Ko'rinib turibdiki, faza yadrosida konstantrasiya o'zgarmas ($S_0 = \text{const}$) bo'lib, turbulent chegaraviy qatlamda asta-sekin kamayib boshlaydi. Qovushoq qatlamga yaqinlashgan sari turbulent pulsasiyalar so'nib boradi. Lekin, qovushoq qatlamda konstantrasiya sezilarli darajada kamayadi. Bu qatlamda ishqalanish kuchlari katta bo'lgani uchun suyuqlik harakati laminar rejimga to'g'ri keladi. Natijada molekulyar diffuziya usulida tarqalayotgan moddaning ulushi ortib boradi.

Lekin, qovushoq qatlam δ_0 ning katta qismiga turbulent diffuziya usulida tarqaladigan massaning miqdori molekulyar diffuziyanikiga qaraganda



5.9-rasm. Fazadagi oqimning tuzili va kontsentratsiyaning o'zgarishi

nisbatan ko'p. Faqat diffuzion qatlam δ dagina massaning o'tishi butunlay molekulyar diffuziya yo'li bilan tarqaladi.

Diffuzion qatlamda konstantrasiya keskin o'zgaradi va bu o'zgarish to'g'ri chiziq bo'yicha boradi. Qovushoq qatlam qalinligi va δ_0 diffuzion qatlam qalinligi δ o'rtasida quyidagi bog'liqlik bor:

$$\delta = \left(\frac{D}{\nu} \right)^{1/m} \cdot \delta_0 \quad (5.45)$$

δ ning qiymatini (5.44) ga qo'yib, ushbu tenglamani olamiz:

$$M = \frac{D^{m-1}}{\nu^{1/m} \delta_0} (C_0 - C_u) \quad (5.46)$$

bu erda ν - kinematik qovushoqlik; m – fazalarni ajratuvchi chegarada turbulent diffuziya usulida massa tarqalishining so'nish qonuniyatini ifodalovchi daraja ko'rsatkichi.

Ko'pincha, tajriba yo'li bilan aniqlanadi va «qattiq jism – suyuqlik» sistemasi uchun $m=3$, «suyuqlik – gaz», «suyuqlik – suyuqlik» sistemasi uchun – $m = 2$ va (5.46) tenglamaga asosan $M \sim D^{0.66}$, hamda $M \sim D^{0.5}$.

Shunday qilib, turbulentlik asta-sekin va uzluksiz ravishda so'nib boradi va qattiq jism yuzasi yaqinida pulsastion tezlik nolga tenglashadi, $\varepsilon_D = 0$.

Harakatchan ajratuvchi yuzaga ega bo'lgan «suyuqlik - gaz» va «suyuqlik - suyuqlik» sistemalaridagi sirtiy taranglik kuchlari, xuddi qattiq yuzada ishqalanish kuchi kabi ta'sir etadi. Lekin, shu kungacha turbulent pulsastiyalarning so'nish qonuni topilmaganligi uchun m ning qiymatini nazariy yo'l bilan aniqlab bo'lmaydi.

Yuqorida ko'rib chiqilgan modellarda modda o'tishi uzluksiz deb tahmin qilingan. Lekin, to'qnashish yuzasining yangilanish modeli (Dankverts va Kishinevskiylar tomonidan yaratilgan) da massa almashinish jarayoni uzlukli bo'ladi, ya'ni vaqt o'tishi bilan o'zgarib turadi.

Kishinevskiy M.X tomonidan taklif etilgan modelga binoan, fazalarni ajratuvchi chegaragacha massa berishda molekulyar va turbulent diffuziya birgalikda boradi deb qabul qilinadi. Shuning uchun, bu modelda o'tayotgan massa miqdori quyidagi formuladan hisoblanadi:

$$M = 2 \sqrt{\frac{D + \varepsilon_D}{\pi \tau}} (C_0 - C_u) \quad (5.47)$$

bu erda τ - fazalarning to'qnashish vaqti; $S_0 - S_{ch}$ – fazalar chegarasi va yadrosidagi konstantrasiyalar farqi.

Dankvers modeliga binoan, fazalarni ajratuvchi yuzalar chegarasida moddaning tarqalishi faqat molekulyar diffuziya hisobiga boradi deb qabul qilingan. Lekin, har bir element yangisi bilan almashish ehtimoli bor deb qaraladi. Shu bilan birga, elementlarning ajratuvchi yuzada bo'lish vaqti bir xil emas va moddaning tarqalishi eksponensial qonunga bo'ysinadi, ya'ni (5.47) tenglama ushbu ko'rinishni oladi:

$$M = \sqrt{Ds} (C_0 - C_u)$$

bu erda s – vaqt birligi ichida yangilanayotgan yuzaning ulushi, s^{-1} .

Ma'lumki, turbulent harakat shu kungacha mukammal o'rganilmagan. Shuning uchun ham, aniq va mukammal massa o'tkazish modellari ishlab chiqilmaganligi uchun (5.17) tenglama ishlatiladi.

5.6.4. Massa almashinish jarayonlarini harakatga keltiruvchi kuch

Issiqlik almashinish jarayonlarida kabi, massa almashinishda ham fazalar yo'nalishi parallel, qarama - qarshi, o'zaro kesishgan va murakkab bo'lishi mumkin.

Ma'lumki, fazalar harakatining o'zaro yo'nalishi va ularning ta'sir qilish usuli massa almashinish jarayonining harakatga keltiruvchi kuch qiymatini belgilaydi. Fazalar, ajratuvchi yuza bo'yicha harakatlenganda, ularning konstantrasiyasi o'zgaradi. Bu hol esa o'z navbatida harakatga keltiruvchi kuchning o'zgarishiga olib ketadi. Shuning uchun, massa o'tkazishning asosiy tenglamasida o'rtacha harakatga keltiruvchi kuch kattaligi ishlatiladi.

Massa o'tkazish jarayonining o'rtacha harakatga keltiruvchi kuchi. Ushbu kuchning ifodalanishi muvozanat chizig'i to'g'ri yoki egri chiziq shaklida ekanligiga bog'liq.

Qarama - qarshi yo'nalishli kolonnada massa almashinish jarayonini ko'rib chiqamiz (5.10-rasm).

Jarayon quyidagi shartlarga amal qilgan holatda yuz bermoqda:

1) Muvozanat egri chizig'i $u^* = f(x)$;

2) fazalar sarflari o'zgarmas ($G = \text{sonst}$, $L = \text{const}$), ya'ni ishchi chiziq to'g'ri chiziq funktsiyasidir.

3) massa o'tkazish koeffitsienti qurilmaning balandligi bo'yicha o'zgarmaydi, ya'ni $K_x = \text{const}$, $K_u = \text{const}$.

Massa o'tkazish jarayonida dF elementar yuzadan F_u fazaning konstantrasiyasi du ga kamayadi va tarqalgan massa dM ning miqdori quyidagicha aniqlanadi:

$$dM = -Gdy$$

Tenglama o'ng tomonidagi manfiy ishora F_u fazadagi konstantrasiyaning kamayishini ifodalaydi.

Xuddi shu miqdordagi dM massa F_x fazaga o'tib, uning konstantrasiyasini dx qiymatga oshiradi. Unda, dF elementar yuza uchun massa o'tkazish tenglamasini ushbu ko'rinishda yozish mumkin:

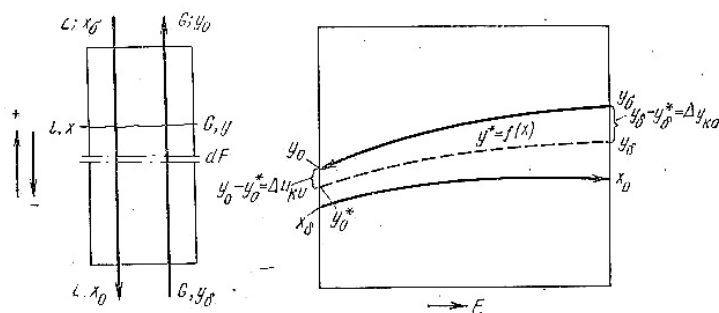
$$dM = -Gdy = K_y(y - y^*) \cdot dF \quad (5.48)$$

O'zgaruvchi u va F qiymatlarni ajratib (5.48) tenglamani integrallasak (konstantrasiya bo'yicha u_b dan u_{ox} gacha, to'qnashish yuzasi bo'yicha O dan F gacha), quyida tenglamani olamiz:

$$\int_{y_{ox}}^{y_{ox}} \frac{dy}{y - y^*} = \int_0^F \frac{K_y}{G} dF$$

bundan

$$\int_{y_{ox}}^{y_{ox}} \frac{dy}{y - y^*} = \frac{K_y}{G} F \quad (5.49)$$



5.10-rasm. Massa o'tkazish jarayonining o'rtacha harakatga keltiruvchi kuchini aniqlashga oid.

Moddiy balans tenglamasiga binoan, butun qurilma uchun bir fazadan ikkinchisiga o'tgan modda massasi quyidagi tenglamadan aniqlanadi:

$$M = G \cdot (y_0 - y_{ox})$$

Oxirgi ifodadagi G ning qiymatini (5.49) tenglamaga qo'ysak, ushbu ko'rinishga erishamiz:

$$\int_{y_{ox}}^{y_0} \frac{dy}{y - y^*} = \frac{K_y \cdot F}{M} (y_0 - y_{ox})$$

bundan:

$$M = K_y F \frac{y_0 - y_{ox}}{\int_{y_{ox}}^{y_0} \frac{dy}{y - y^*}} \quad (5.50)$$

(5.50) tenglamani (5.4) bilan taqqoslab, (5.50) tenglamaning oxirgi ko'paytmasi massa almashinish jarayonining o'rtacha harakatga keltiruvchi kuchini ifoda etishini bilamiz:

$$\Delta y_{yp} = \frac{y_0 - y_{ox}}{\int_{y_{ox}}^{y_0} \frac{dy}{y - y^*}} \quad (5.50a)$$

Xuddi shunday F_x fazadagi Δx_{or} ni quyidagich ifodalash mumkin:

$$\Delta x_{yp} = \frac{x_{ox} - x_{\bar{o}}}{\int_{x_{\bar{o}}}^{x_{ox}} \frac{dx}{x - x_{\bar{o}}}} \quad (5.50b)$$

Muvozanat chizig'i to'g'ri chiziq ($u^*=mx$) funktsiyasi bo'lgan holda o'rtacha logarifmik yoki arifmetik kattalik sifatida aniqlash mumkin.

Shunday qilib, F_u fazasi uchun massa o'tkazishning o'rtacha harakatga keltiruvchi kuchi ushbu tenglama bilan ifodalanadi:

$$\Delta y_{yp} = \frac{(y_{\bar{o}} - y_{\bar{o}}^*) - (y_{ox} - y_{ox}^*)}{\ln \frac{y_{\bar{o}} - y_{\bar{o}}^*}{y_{ox} - y_{ox}^*}} = \frac{\Delta y_{ka} - \Delta y_{ku}}{2,3 \lg \frac{\Delta y_{ka}}{\Delta y_{ku}}} \quad (5.51)$$

F_x fazasi uchun massa o'tkazishning o'rtacha logarifmik harakatga keltiruvchi kuchini esa quyidagi tenglama orqali topish mumkin:

$$\Delta x_{yp} = \frac{(x_{ox}^* - x_{ox}) - (x_{\bar{o}}^* - x_{\bar{o}})}{\ln \frac{x_{ox}^* - x_{ox}}{x_{\bar{o}}^* - x_{\bar{o}}}} = \frac{\Delta x_{ka} - \Delta x_{ku}}{2,3 \lg \frac{\Delta x_{ka}}{\Delta x_{ku}}} \quad (5.52)$$

Agar $\Delta y_{ka} / \Delta y_{ku} < 2$ bo'lgan sharoitda, texnik hisoblashlar uchun etarli aniqlikda, massa o'tkazishning o'rtacha harakatga keltiruvchi kuchi, o'rtacha arifmetik qiymat sifatida topiladi:

$$\Delta y_{yp} = \frac{\Delta y_{ka} + \Delta y_{ku}}{2} \quad (5.53)$$

Xuddi shunday, F_x fazasi uchun:

$$\Delta x_{yp} = \frac{\Delta x_{ka} + \Delta x_{ku}}{2} \quad (5.54)$$

O'tkazish birligining soni. (5.50a) va (5.50b) tenglamalari mahrajidagi integral **o'tkazish birligining soni** deb nomlanadi va u n_{oy} , n_{ox} bilan belgilanadi:

$$n_{oy} = \int_{y_{ox}}^{y_{\bar{o}}} \frac{dy}{y - y^*} \quad (5.55)$$

$$n_{ox} = \int_{x_{\bar{o}}}^{x_{ox}} \frac{dx}{x - x^*}$$

(5.55) tenglamadan ko'rinib turibdiki, o'tkazish birligining soni va o'rtacha harakatga keltiruvchi kuch o'rtasida ma'lum bog'liqlik bor:

$$n_{oy} = \frac{y_{\bar{o}} - y_{ox}}{\Delta y_{yp}} \quad (5.56)$$

$$n_{ox} = \frac{x_{ox} - x_{\bar{o}}}{\Delta x_{yp}}$$

Shunday qilib, o'tkazish birligi soni jarayonning o'rtacha harakatga keltiruvchi kuchiga teskari proporsionaldir.

O'tkazish birligining balandligi. Faraz qilaylik, F_u fazadan F_x ga massa o'tkazish jarayoni sodir bo'lib, o'rtacha harakatga keltiruvchi kuch F_u faza konstantasida ifodalanganda, tarqalgan modda M miqdori ushbu tenglamadan aniqlanadi:

$$M = G \cdot (y_{\bar{o}} - y_{ox})$$

bu erda $G - F_u$ faza sarfi.

Undan tashqari, tarqalgan modda miqdori hajmiy massa o'tkazish koeffitsienti orqali ifodalangan massa berish tenglamasi yordamida topilishi mumkin:

$$M = K_y \cdot aSH\Delta y_{yp}$$

Agar, oxirgi ikki tenglamalarning o'ng tomonlarini tenglashtirsak, ushbu ifodani olamiz:

$$K_y \cdot aSH\Delta y_{yp} = G \cdot (y_{\delta} - y_{ox})$$

bundan, qurilmaning ishchi balandligi:

$$H = \frac{G}{K_y \cdot aS} \cdot \frac{y_{\delta} - y_{ox}}{\Delta y_{yp}} \quad (5.57)$$

(5.57) tenglama o'ng tomonidagi birinchi ko'paytmasini n_{oy} deb belgilab, (5.49) va (5.55) tenglamalarni hisobga olgan holda quyidagiga erishamiz:

$$h_{oy} = \frac{H}{n_{oy}} = \frac{HG}{K_y F}$$

Agar, fazalar to'qnashish yuzasi $F = aSH$ ekanligini inobatga olsak:

$$h_{oy} = \frac{HG}{K_y aSH} = \frac{G}{K_y \cdot aS} \quad (5.58)$$

yoki

$$h_{ox} = \frac{L}{K_x \cdot aS}$$

$K_u \cdot a = K_v$ va $G/S = W$ – suyuqlik massaviy tezligi, bo'lgani uchun:

$$h_{oy} = \frac{W}{K_v}$$

yoki

$$h_{ox} = \frac{L}{K_v} \quad (5.59)$$

Shunday qilib, o'tkazish birligining balandligi bitta o'tkazish birligiga ekvivalent bo'lgan qurilma balandligini ifodalaydi. O'tkazish birligining balandligi massa o'tkazishning hajmiy koeffitsientiga teskari proporsionaldir. Demak, qurilmada massa o'tkazish intensivligi qanchalik yuqori bo'lsa, o'tkazish birligining balandligi shunchalik kichik bo'ladi.

O'tkazish birligi balandligi uzunlik o'lchov birligi (m) yordamida o'lchanadi.

Ajratib olish koeffitsienti. Massa almashinish jarayoni nuqtai nazaridan qaralganda, qurilmaning samaradorligi tarqaluvchi komponentni gaz (yoki suyuqlik) fazadan ajratib olish darajasi yordamida xarakterlanadi.

Qurilmada bir fazadan ikkinchisiga o'tgan komponent haqiqiy massasining maksimal o'tishi mumkin bo'lgan komponent massasiga nisbati massa almashinish qurilmalarining asosiy xarakteristikasi bo'lib, **ajratib olish** yoki **boyitish koeffitsienti** deb nomlanadi.

$$\varphi = \frac{y_{\delta} - y_{ox}}{y_{\delta} - y_{ox}^*} \quad (5.60)$$

5.7. Massa almashinish qurilmalarining asosiy o'lchamlarini hisoblash

Massa almashinish qurilmalarini texnologik hisoblash ularning asosiy o'lchamlari: qurilma unumdorligini xarakterlovchi – diametr va unda ro'y berayotgan jarayon intensivligini ifodalovchi – ishchi balandliklar aniqlanishi zarur.

Qurilma diametri. Ushbu parametрни hisoblash uchun suyuqlik sarfi tenglamasidan foydalaniladi:

$$V = Fw_0$$

bu erda V – fazaning hajmiy sarfi; w_0 – fazaning sohta tezligi; F - qurilma ko'ndalang kesimining yuzasi.

Dumaloq ko'ndalang kesim yuzasi $F = \pi D^2 / 4$. Demak:

$$V = \frac{\pi D^2}{4} w_0$$

Bundan qurilmaning diametri:

$$D = \sqrt{\frac{4V}{\pi w_0}} \quad (5.62)$$

Odatda, V kattalik berilgan bo'ladi va qurilma diametrini aniqlash uchun tegishli fazaning sohta tezligini tanlash zarur. Faza tezligini tanlash quyidagi talablar asosida amalga oshiriladi: suyuqlik oqimining tezligi ortishi bilan massa o'tkazish koeffitsienti ko'payadi; suyuqlik tezligi ortishi bilan qurilmaning gidravlik qarshiligi ham oshadi; gidravlik qarshilik ortishi bilan jarayonni o'tkazish uchun zarur energiya sarfi ko'payadi. Shuning uchun gaz yoki suyuqlikning optimal tezligini topish texnik-iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiqdir. Lekin, amaliyotda sohta tezlikni hisoblab chiqish va uning maksimal qiymatini topish bilan chegaralinadi.

Qurilma balandligi. Massa almashinish qurilmasining balandligi jarayonda ishtirok etuvchi fazalar to'qnashuvchi uzluksiz yoki pog'onali bo'lishiga qarab aniqlanishi mumkin.

Uzluksiz to'qnashishli qurilmaning balandligi. Fazalari uzluksiz to'qnashuvda bo'lgan qurilmalarda uning balandligi hajmiy massa o'tkazish koeffitsienti orqali ifodalangan massa o'tkazish formulasi asosida hisoblash mumkin:

$$M = K_y \cdot a \cdot V \cdot \Delta y_{yp}$$

yoki

$$M = K_x \cdot a \cdot V \cdot \Delta x_{yp} \quad (5.63)$$

Qurilmaning ishchi hajmi:

$$V = FH$$

bu erda F - qurilma ko'ndalang kesimi yuzasi, m; N - qurilmaning ishchi balandligi, m.

Agar, V ning qiymatini (5.63) ga qo'yib, tenglamani N ga nisbatan echsak, qurilmaning balandligini topamiz:

$$H = \frac{M}{K_y \cdot a \cdot F \cdot \Delta y_{yp}} \quad (5.64)$$

yoki

$$H = \frac{M}{K_x \cdot a \cdot F \cdot \Delta x_{yp}}$$

(5.64) tenglamadan N ni aniqlashda solishtirma yuza a va massa o'tkazishning sirtiy koeffitsienti (K_u yoki K_x) ni yoki ushbu kattaliklarning ko'paytmasi bo'lmish hajmiy massa o'tkazish koeffitsienti K_v ni bilish kerak.

Qurilmaning ishchi balandligini aniqlashda o'tkazish birligi soni yordamida ham topish mumkin, ya'ni:

$$H = h_{oy} \cdot n_{oy}$$

yoki

$$H = h_{ox} \cdot n_{ox} \quad (5.65)$$

Pog'onali to'qnashishli qurilmaning balandligi. Bunday turdagi qurilmalarning, shu jumladan, tarelkali kolonnalarning balandligi hajmiy massa o'tkazish koeffitsienti orqali ifodalanadi.

Lekin, K_v ni aniqlash uchun kerakli harakatchan faza hajmini topish juda qiyin. Shunday uchun, N ni hisoblashda qurilma pog'onalarining soni analitik yoki grafik usulda topilishi mumkin.

Qurilmaning ishchi balandligi pog'onalarining haqiqiy soni orqali aniqlanishi mumkin:

$$H = n_x \cdot h$$

bu erda h – pog'onalar orasidagi masofa.

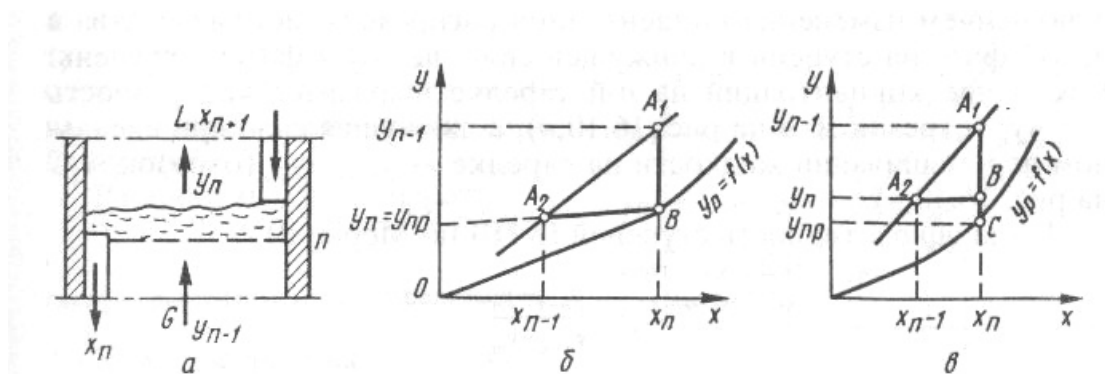
Pog'onalar sonini aniqlashning analitik usuli. n - pog'onali, qarama-qarshi yo'nalishli, kolonnali qurilmada massa almashinish jarayonini ko'rib chiqamiz (5.11-rasm).

Kolonna tarelkasiga u_{n-1} konstanttrastiyali G gaz faza va x_{n+1} konstanttrastiyali L suyuq faza uzatilmoqda.

Massa almashinish natijasida gaz fazaning konstantrasiyasi u_n miqdorgacha pasaysa, suyuq fazaniki x_n miqdorgacha ko'payadi. Tarelkadan chiqib ketayotgan gaz u_n va undan oqib tushayotgan suyuqlik x_n tarkiblarining muvozanat holati konstantrasiyalari muvozanat chizig'ida V nuqta bilan ifodalanadi (5.11-rasm).

Nazariy pog'onada gaz fazasi konstantrasiyasining o'zgarishiga A_1V vertikal chiziq to'g'ri keladi. Suyuq fazada konstantrasiyaning x_n dan x_{n+1} gacha o'zgarishi VA_2 gorizontaal chiziq bilan ifodalanadi.

Shunday qilib, A_1VA_2 "pog'ona" nazariy tarelkada ikkala fazalar konstantrasiyalarining o'zgarishini tasvirlaydi. Kolonnali qurilmalarda nazariy tarelkalar sonini aniqlash uchun boshlang'ich va oxirgi konstantrasiyalar oraligida ketma-ket shunday "pog'onalar" quriladi.



5.11-rasm. Tarelkada massa almashinish (a) va jarayonni u-x koordinatlarida tasvirlash

b - tarelkada muvozanat bo'lgan sharoitda - ideal jarayon;

c - tarelkada muvozanat bo'lmagan sharoitda - haqiqiy jarayon.

Haqiqiy tarelkalar sonini topish uchun qurilmaning f.i.k. dan foydalaniladi. Ushbu koeffitsient haqiqiy tarelkadagi massa almashinish jarayonining real kinetikasini hisobga oladi va tarelkalar tuzilishiga qarab $\eta = 0,5 \dots 0,8$ oralikda bo'ladi.

F.i.k. hisobga olingan hollarda, tarelkalarining haqiqiy soni ushbu nisbatdan topiladi:

$$n_x = \frac{\eta_H}{\eta} \quad (5.66)$$

bu erda η_n - tarelkalarining haqiqiy soni; η - f.i.k.

Tarelkalar f.i.k. uning tuzilishiga, gaz va suyuqliklarning fizik - kimyoviy xossalariga, hamda oqimlar gidrodinamikasiga bog'liqdir.

Shuni nazarda tutish kerakki, nazariy tarelkalar soni yordamida qurilma balandligini aniqlash tahminiy usul bo'lib hisoblanadi. Bundan, faqat massa o'tkazish koeffitsienti yoki f.i.k. ning ishonchli qiymatlari bo'lmagan holatlarda foydalanish mumkin.

Ko'pincha, massa almashinish jarayonlarida muvozanat holatiga erishib bo'lmaydi. Shuning uchun, haqiqiy to'qnashish pog'onalarini aniqlash bu jarayonlarda asosiy masaladir.

Pog'onaning samaradorligi fazaning pog'onadagi konstantrasiyalar o'zgarishini shu fazaning pog'onaga kirishdagi harakatga keltiruvchi kuchi nisbati bilan belgilanadi.

n - pog'ona tarelkasidagi konstantrasiyaning o'zgarishi $u_{n-1} - u_n$ farq bilan (5.11v-rasm, A_1V kesma), suyuqlikni ideal aralashtirish paytidagi harakatga keltiruvchi kuch esa, $u_{n-1} - u_{nr}$ (5.11v-rasm, A_1S kesma) farq bilan ifodalanadi.

Unda, pog'onalarining samaradorligi yoki f.i.k. quyidagicha hisoblanadi:

$$E_y = \frac{y_{n-1} - y_n}{y_{n-1} - y_{np}} \quad (5.67)$$

Qurilma balandligi esa ushbu nisbatdan topiladi:

$$H = \frac{n_x \cdot h_x}{\eta} \quad (5.68)$$

$y > y_p$ bo'lganda, n - tarelka uchun harakatga keltiruvchi kuch quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta y_{yp} = \frac{(y_{n-1} - y_{np}) - (y_n - y_{np})}{\ln \frac{y_{n-1} - y_{np}}{y_n - y_{np}}} = \frac{y_{n-1} - y_n}{\ln \frac{y_{n-1} - y_{np}}{y_n - y_{np}}} \quad (5.69)$$

O'tkazish birligining soni esa,

$$m_y = \ln \frac{y_{n-1} - y_{np}}{y_n - y_{np}} \quad (5.70)$$

bundan

$$e^{m_y} = \frac{y_{n-1} - y_{np}}{y_n - y_{np}} \quad (5.71)$$

5.11-rasmdan ko'rinib turibdiki, $e^{m_y} = AC/BC$ yoki $VS = AS e^{-m_y}$. Agar, e^{-m_y} ma'lum bo'lsa, VS kesma bo'yicha V , V_1 , V_2 nuqtalar o'rnini topish mumkin. V , V_1 , $V_2, \dots$ nuqtalarni birlashtirib, har bir tarelkadan chiqishdagi fazaning konstantriyasi ifodalovchi jarayonning kinetik chizig'ini olamiz.

Massa o'tkazish koeffitsienti β_u va β_x larni hisobga olgan holda aniqlanadi:

$$K_u = \frac{1}{\frac{1}{\beta_y} + \frac{m}{\beta_x}}$$

Shunday qilib, K_u va e^{-m_y} qiymatlarni, hamda SV kesmani hisoblab, kinetik chiziq o'rnini topish mumkin.

Pog'onalar samadorligi va o'tkazish birligining soni orasida esa quyidagi bog'liqlik bor:

$$e^{-m_y} = 1 - \frac{y_{n-1} - y_n}{y_n - y_{np}} = 1 - E_y \quad (5.72)$$

bundan

$$E_y = 1 - e^{-m_y} \quad (5.73)$$

Absorbsiya

5.8. Umumiy tushunchalar

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 2 ga bo'linadi: fizik absorbsiya; kimyoviy absorbsiya (yoki xemosorbtsiya).

Fizik absorbsiya jarayonida gazning suyuqlik bilan yutilishi paytida kimyoviy reaktsiya yuz bermaydi, ya'ni kimyoviy birikma hosil bo'lmaydi. Agar, suyuqlik bilan yutilayotgan gaz kimyoviy reaktsiyaga kirishsa, bunday jarayon xemosorbtsiya deyiladi.

Ma'lumki, fizik absorbsiya ko'pincha qaytar jarayon bo'lgani sababli, ya'ni suyuqlikka yutilgan gazni ajratib olish imkonini bo'ladi. Bunday jarayon **desorbtsiya** deb nomlanadi. Absorbsiya va desorbtsiya 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 miqyosda ishlatiladi.

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

5.9. Absorbsiya jarayonining fizik asoslari

Gaz faza suyuqlik bilan o'zaro ta'siri natijasida ikkita faza ($F=2$) 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:

$$C = K + 2 - \Phi = 3 + 2 - 2 = 3$$

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

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

$$p = Ex$$

yoki

$$x = \frac{p}{E} \quad (5.74)$$

bu erda r – muvozanat holatidagi eritmada x konstantasiyalali yutilayotgan gazning parstial bosimi; E – Genri kontantasi.

Genri konstantasi absorbktiv va absorbentlarning xossalriga, hamda temperaturaga bog'liq bo'ladi:

$$\ln E = -\frac{q}{RT} + C \quad (5.75)$$

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

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

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

$$p = P \cdot y \quad \text{va} \quad y = \frac{p}{P} \quad (5.76)$$

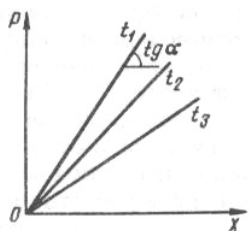
bu erda R – gaz aralashmasining umumiy bosimi; u – tarqalayotgan moddaning aralashmadagi konstantasi; mol ulushi.

(5.74) va (5.76) tenglamalarini taqqoslab, quyidagi ifodaga kelimiz:

$$y = \frac{p}{P} = \frac{E}{P} x$$

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

$$y = m \cdot x \quad (5.77)$$



5.12-rasm. Turli temperaturalarda ($t_1 > t_2 > t_3$) gazning suyuqlikda erishi.

(5.77) tenglama, gaz aralashmasi va suyuqlikda tarqalayotgan moddalarning muvozanat konstantasiylari orasidagi bog'liqlik to'g'ri chiziq bilan ifodalanishini ko'rsatadi. Ushbu chiziq koordinatalar boshidan o'tadi va uning qiyalik burchagi tangensi m ga teng. Qiyalik burchak tangensi temperatura va bosimga bog'liq. 5.12-rasmdan ko'rinib turibdiki bosim oshishi va temperatura kamayishi bilan gazning 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 konstantasiylarda ham hisoblanishi mumkin. Bunda, gaz fazasining suyuqlikdagi kichik konstantasiylari x da Genri qonuni ushbu ko'rinishda yoziladi:

$$Y = m \cdot X$$

Shuni alohida ta'kidlash kerakki, o'ta suyultirilgan eritmalar, hamda kichik bosimlarda o'z xossalari bo'yicha ideal suyuqliklarga o'xshash eritmalar ham Genri qonuniga bo'ysunadi.

Yuqori konstantasiyalari eritmalar va katta bosimlarda gaz bilan suyuqlikning o'zaro muvozanat holati Genri qonuniga bo'ysunmaydi, chunki fazalarning muvozanat konstantasiylari orasidagi bog'liqlik egri chiziq bilan ifodalanadi.

5.10. Adsorbtsiyaning moddiy balansi va kinetik qonuniyatlari

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

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

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

$$L = G \frac{y_{\delta} - y_{ox}}{x_{ox} - x_{\delta}} \quad (5.78)$$

1 kmol inert gaz uchun zarur solishtirma sarf:

$$l = \frac{L}{G} \cdot \frac{y_{\delta} - y_{ox}}{x_{ox} - x_{\delta}} \quad (5.79)$$

Absorberda konstantasiyaning o'zgarishi (5.8) va (5.9) tenglamalar bilan ifodalanadi. Jarayon ishchi chizig'i $u-x$ koordinatalarida to'g'ri chiziq ko'rinishida bo'ladi. Uning qiyalik burchagi tangensi $I = L/G$.

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

Absorberda fazalar yo'nalishi parallel deb qabul qilamiz.

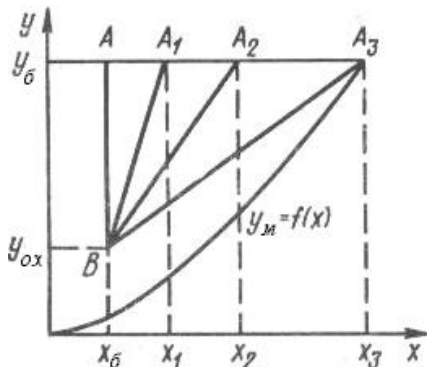
$u-x$ koordinatalarning V nuqtasida aniqlanayotgan suyuq fazada tarqalayotgan moddaning boshlang'ich konstantasiyasi x_b , gaz fazasidagi boshlang'ich konstantasiya u_b , oxirgisi esa - u_{ox} (5.13-rasm).

Fazalar muvozanat holati $u_m = f(x)$ 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 konstantasiyalarni xarakterlaydi. Jarayonni harakatga keltiruvchi kuchi ishchi va muvozanat chiziqlar o'rtasidagi farq bilan aniqlanadi, ya'ni $\Delta u = u - u_m$. Butun qurilma uchun o'rtacha harakatga keltiruvchi kuch

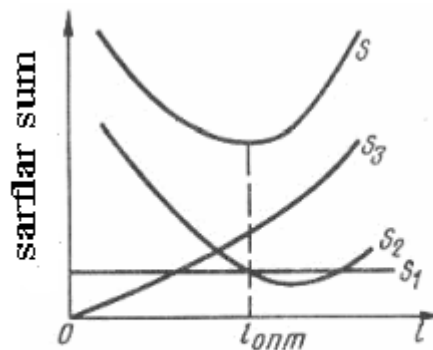
o'rtacha logarifmik qiymat sifatida topiladi. Agar, ishchi chiziq **VA** vertikal chiziq bilan ustma-ust tushsa, harakatga keltiruvchi kuch eng katta qiymatga ega bo'ladi. Agar, (5.79) tenglamaga $x_{ox} = x_b$ qo'yilsa, absorbentning sarfi cheksiz bo'ladi.

Boshqa holatda esa, ya'ni ishchi chiziq **VA₃** muvozanat chizig'i bilan tutashsa, absorbentning sarfi minimal va tutashish nuqtasida harakatga keltiruvchi kuch nolga teng bo'ladi, chunki $u_b = u_m$.

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



5.13-rasm. Absorbentning solishtirma sarfini aniqlashga oid.



5.14-rasm. Absorbentning optimal solishtirma sarfini aniqlashga oid.

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:

$$l_{\min} = \left(\frac{L}{G} \right)_{\min} - \frac{y_0 - y_{ox}}{x_{kp} - x_0} \quad (5.80)$$

Absorbentning optimal sarfi texnik-iqtisodiy hisoblashlar asosida aniqlanadi.

1 kmol gazni yutish uchun zarur sarflar gaz va ekspluatatsiya narxi S_1 , amortizatsiya va ta'mirlash uchun sarflar, energiya narxi S_2 , gazni uzatish va desorbtsiya 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 kilib, $S_2 = f(l)$ funksiya minimumga ega bo'lishi mumkin.

Absorbentning solishtirma sarfi l oshishi bilan gazni uzatish va desorbtsiyasiga ketadigan sarflar S_3 ko'payadi. 5.14-rasmda yuqorida keltirilgan bog'liqliklar xarakteristikalarini tasvirlangan. Yamma 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.

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

$$M = K_y F \Delta y_{yp} \cdot \tau$$

yoki

$$M = K_x F \Delta x_{yp} \cdot \tau$$

Ko'pincha, absorbsiya jarayonining massa o'tkazish tenglamasida, harakatga keltiruvchi kuch $u - u_m$ bosimlar farqi bilan ifodalanadi:

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

yoki

$$M = K_m \cdot \Delta p_{yp} \cdot F \tau \quad (5.81)$$

bu erda r - gaz aralashmasida tarqalayotgan gazning ishchi partial bosimi; r_m - absorbent ustidagi gazning muvozanat bosimi; K_m - massa o'tkazish koeffitsienti; M - gaz fazasidan suyuq fazaga o'tgan massa miqdori; Δr_{ur} - jarayonni harakatga keltiruvchi kuchi.

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

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

$\Delta p_{ka} = p_{\bar{o}} - p_{ox}^*$ va $\Delta p_{ku} = p_{ox} - p_{\bar{o}}^*$ absorberning oxirgi qismlaridagi harakatga keltiruvchi kuchlar r_b va r_{ox} - absorberga kirayotgan va chiqayotgan gazning parstial bosimi; r_{ox}^* , r_b^* - absorberga kirayotgan va chiqayotgan gazning muvozanat parstial bosimi.

Absorbsiya jarayonida massa almashinish mexanizmi quyidagicha: har bir faza asosiy massa va chegaraviy yupqa qatlamdan iborat bo'ladi. Asosiy massaga 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 $1/\beta_u$, gazdagi esa - m/β_x bo'lsa, massa o'tkazish koeffistienti ushbu tenglamadan hisoblanadi.

$$K_y = \frac{1}{\frac{1}{\beta_x} + \frac{m}{\beta_y}} \quad (5.82)$$

$$K_x = \frac{1}{\frac{1}{\beta_x} + \frac{1}{\beta_y m}} \quad (5.83)$$

bu erda β_u - gaz oqimidan fazalarni ajratuvchi yuzasiga massa berish koeffistienti; β_x - fazalarni ajratuvchi yuzadan suyuqlik oqimiga massa berish koeffistienti; m - proporstionallik koeffistienti, absorbtiv va absorbent xossalari va temperaturaga bog'liq.

Koeffistient m ning kattaligi massa o'tkazish tenglamasining tuzilishiga ham tasir etadi. Yaxshi eriydigan gazlar uchun m ning qiymati juda kichik bo'ladi. Shuning uchun, suyuqlik fazasidagi diffuzion qarshilik ham kichikdir. $1/\beta_u \gg m/\beta_x$ bo'lgani uchun, (5.82) tenglama quyidagicha yoziladi:

$$K_y \cong \beta_y$$

Qiyin eriydigan gazlar uchun proporstionallik koeffistient m ning qiymati juda kattadir. Shuning uchun gaz fazasidagi diffuzion qarshilikni inobatga olmasa ham bo'ladi. $1/\beta_x \gg 1/\beta_u m$ bo'lgani uchun, (5.83) tenglama quyidagicha yoziladi:

$$K_x \cong \beta_x$$

yani, hamma diffuzion qarshilik suyuq fazada mujassamlangan bo'ladi.

5.11. Absorbsiya jarayonini olib borish usullari

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

- parallel yo'nalishli;
- qarama - qarshi yo'nalishli;
- bir pog'onali, qisman restirkulyastiyali;
- ko'p pog'onali, qisman restirkulyastiyali.

Parallel yo'nalishli sxema 5.15a-rasmda ko'rsatilgan. Bunda gaz oqim va absorbent parallel (bir xil) yo'nalishda harakatlanadi. Absorberga kirishda, absorbtiv konstantriyasi katta bo'lgan gaz faza, absorbtiv konstantriyasi past bo'lgan suyuq faza bilan kontaktda bo'lsa, qurilmadan chiqishda esa - absorbtiv konstantriyasi kichik bo'lgan gaz faza, absorbtiv konstantriyasi yuqori bo'lgan suyuqlik bilan o'zaro ta'sirda bo'ladi.

Qarama - qarshi yo'nalishli sxema 5.15b-rasmda ko'rsatilgan.

Ushbu sxemali absorberlarning bir uchida absorbtiv konstantriyasi yuqori gaz va suyuqlik to'qnashuvda bo'lsa, ikkinchi uchida esa - konstantriyalari 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 restirkulyastiyali sxemalari (5.15v,g - rasm). Bunday sxemalarda absorbent ko'p marta o'tadi.

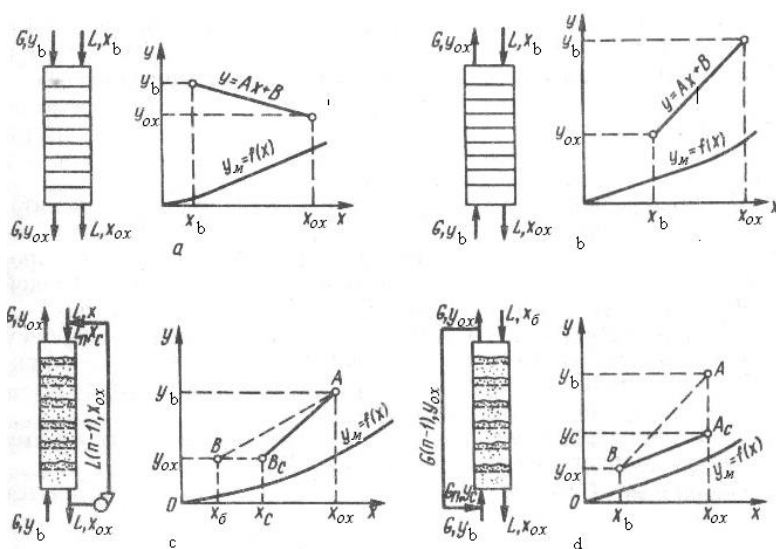
5.15v - rasmda absorbent bo'yicha restirkulyastiyali sxema keltirilgan. Bunda, gaz faza absorberning tepa qismidan kirib, past qismidan chiqib ketsa, suyuq faza esa qurilmadan bir necha marta qaytarib o'tkaziladi. Absorbent qurilmaning tepa qismiga uzatiladi va gaz fazasiga qarama - qarshi yo'nalishda harakatlanadi. Yangi, x_b konstantastiyali absorbent absorberdan chiqayotgan suyuq faza bilan aralashishi natijasida uning konstantastiyasi x_s ga ko'tariladi. Jarayonning ishchi chizig'i $u-x$ diagrammada AV to'g'ri chizig'i bilan ifodalanadi. Absorbentning aralashtirishdan keyingi konstantastiyasi x_s 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:

$$G \cdot (y_{\delta} - y_{ox}) = L \cdot (x_{ox} - x_{\delta}) = Ln \cdot (x_{ox} - x_{\delta})$$

bundan

$$x_c = \frac{x_{ox}(n-1) + x_{\delta}}{n} \quad (5.84)$$



Gaz fazasi restirkulyastiyali absorbsiya sxemasi 5.15g-rasmda keltirilgan. Ishchi chiziq holati $A_s (u_s, x_{ox})$ va $V (u_{ox}, x_b)$ nuqtalari bilan belgilanadi. u_s konstantastiya moddiy balans tenglamasidan aniqlanadi:

$$y_c = \frac{y_{ox}(n-1) + y_{\delta}}{n} \quad (5.85)$$

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

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

5.15-rasm. Absorbtsiya shemalari va jarayonni y-x koordinatlarda tasvirlash.

a - parallel; b - qarama - qarshi; c - absorbent recirkulyatsiyasi bilan; d - absorbent recirkulyatsiyasi bilan.

5.12. Absorberlar konstruktsiyalari

Absorbsiya jarayoni fazalarni ajratuvchi yuzada sodir bo'ladi. Shuning uchun ham, suyuqlik va gaz fazalar to'qnashuv qiladigan absorberlar yuzasi iloji boricha katta bo'lishi kerak. Massa almashinish yuzalarini tashkil etish va loyihalash bo'yicha absorberlar 4 guruhga bo'linadi: sirtiy va yupqa qatlamli absorberlar; nasadkali absorberlar; barbotajli absorberlar; purkovchi absorberlar.

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

Suyuqlik va gaz qarama - qarshi yo'nalishda harakatlantiriladi. 5.16 - rasmda gorizonta trubalardan tarkib topgan yuvilib turuvchi absorber tasvirlangan. Trubalar ichida - suyuqlik oqib o'tsa, unga teskari yo'nalishda gaz harakat qiladi. Trubalar ichidagi suyuqlik sathi ostona 3 yordamida bir xil balandlikda ushlab turiladi.

Absorbsiya jarayonida hosil bo'layotgan issiqlikni ajratib olish uchun trubalar taqsimlash moslamasi 2 dan oqib tushayotgan suv bilan yuvilib turadi. Sovutuvchi suvni bir me'yorda taqsimlash uchun tishli taqsimlagich 1 qo'llaniladi. Bu turdagi absorberlar yaxshi eriydigan gazlarni yutish uchun ishlatiladi.

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 alma-shinish qurilmasiga o'xshaydi. Qurilmada hosil bo'lgan issiqlikni ajratib olish uchun trubalar ichiga suv yoki boshqa sovuqlik eltich yuboriladi.

5.17-rasmda tekis, parallel nasadkali absorber tasvirlangan.

Nasadkalar vertikal listlar ko'rinishida bo'lib, absorber hajmini bir nechta sekstiyaga bo'ladi. Absorberga suyuqlik truba orqali uzatiladi va taqsimlash moslamasi yordamida nasadkaga taqsimlanadi. Natijada tekis listning ikkala tomoni ham suyuqlik bilan yuvilib turadi. Gaz va yupqa qatlamli suyuqliklarning nisbiy harakat tezligiga qarab, suyuqlik yupqa qatlami pastga oqib tushishi yoki gaz oqimiga ilakishib, tepaga ham harakatlanishi mumkin. Agar, fazalar oqimining tezligi ko'paysa, massa berish koeffitsientining qiymati va fazalar to'qnashish yuzasi oshadi. Bunga sabab, chegaraviy qatlamning turbulizastiyasi va unda uyurmalar hosil bo'lishidir.

Yupqa qatlamning o'rtacha tezligi ushbu tenglamadan topilishi mumkin:

$$w_{yp} = \sqrt[3]{\frac{gL_c^2}{3\rho\mu}} \quad (5.86)$$

bu erda L_c – to'kish moslamasi perimetrining suyuqlik bilan solishtirma purkalish zichligi, kg/(m·s); ρ - suyuqlik zichligi, kg/m³; μ - suyuqlik dinamik qovushoqligi, Pa·s.

Yupqa qatlam yaqinidagi suyuqlikning tezligi:

$$w = 1,5 \cdot w_{yp} \quad (5.87)$$

Yupqa qatlamning qalinligi:

$$\delta = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot L_c \cdot \mu}{g\rho^2}} \quad (5.88)$$

Yupqa qatlamning harakat tezligi Reynolds kriteriysidan aniqlanadi:

$$Re = \frac{w_{yp} \cdot d_e \cdot \rho}{\mu} \quad (5.88a)$$

bu erda d_e – yupqa qatlamning ekvivalent diametri, m.

Yupqa qatlamning ekvivalent diametri:

$$d_e = \frac{4\Pi \cdot \delta}{\Pi} = 4\delta \quad (5.89)$$

bu erda P - suyuqlik oqib chiqayotgan to'kish moslamasining perimetri, m.

Nasadkali absorberlar. Turli shaklli qattiq nasadkalar bilan to'ldirilgan vertikal stilindrsimon kolonnalarning tuzilishi sodda, 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 (5.18-rasm).

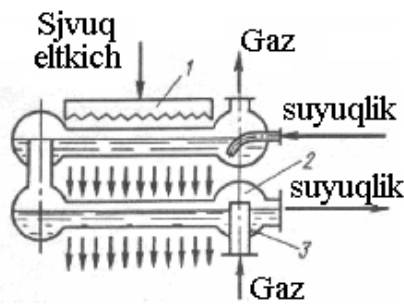
Suyuqlik faza absorberning yuqori qismidan taqsimlash moslamasi 1 yordamida purkaladi va nasadka qatlamida gaz fazasi bilan o'zaro ta'sir etadi. Qurilma samarali ishlashi uchun suyuq faza bir tekisda purkalishi va taqsimlanishi zarur. Bu turdagi absorberlarda nasadkalar ham suyuqlikni bir me'yorda taqsimlashga salmoqli xissa qo'shadi. Nasadkalar quyidagi talablarga javob berish kerak: katta solishtirma yuzaga ega bo'lishi; gaz oqimiga ko'rsatadigan gidravlik qarshiligi kichik bo'lishi; ishchi suyuqlik bilan yaxshi ho'llanilishi; absorber ko'ndalang kesim yuzasi bo'ylab suyuqlikni bir tekisda taqsimlashi; ikkala faza ta'siri ostida emirilmaydigan bo'lishi; engil va arzon bo'lishi kerak.

Sanoatda qo'llaniladigan nasadkalarining ba'zi bir turlari va ularni qurilmada joylash usullari 5.19-rasmda keltirilgan. Bu nasadkalarining ichida eng keng tarqalgan nasadka Rashig halqalaridir. Undan tashqari, keramik jism, koks, maydalangan kvarst, polimer halqa, metall to'r va panjara, shar, propeller va parrak, egarsimon element va boshqa jismlar ishlatiladi.

Rashig halqalari 15x15x2,5; 25x25x3; 50x50x5 mm o'lchamli qilib yasaladi. Nasadkalarining geometrik xarakteristikasi bo'lib ekvivalent diametr hisoblanadi:

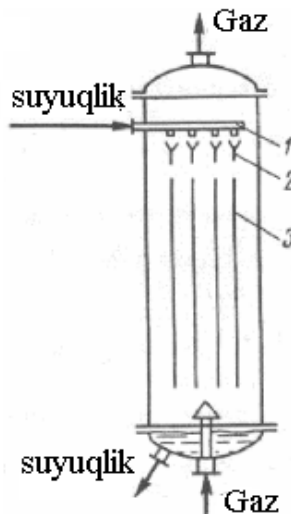
$$d_g = \frac{4V_{ox}}{a} \quad (5.90)$$

bu erda V_{ox} – bo'sh hajm, m^3/m^3 ; a – solishtirma yuza, m^2/m^3 .



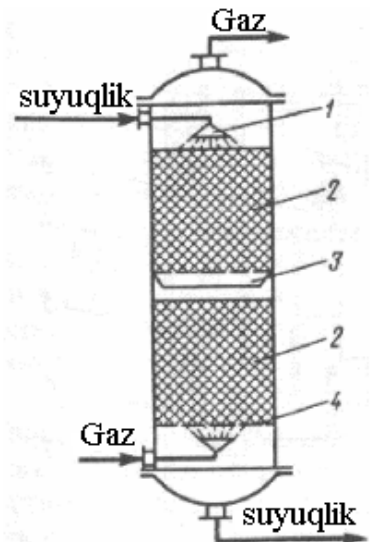
5.16-rasm. Sirtiyl absorber.

1 - taqsimlagich; 2 - truba;
3 - ostona



5.17-rasm. Yupqa qatlamli absorber.

1 - truba; 2 - taqsimlash moslamasi; 3 - tekis parallel nasadka.



5.18-rasm. Nasadkali absorber.

1 - taqsimlagich; 2 - nasadka;
3 - suyuqlikni qayta taqsimlash moslamasi; 4 - teshikli panjara

Rashig halqalarining o'lchamlari kattalashishi bilan solishtirma yuzasi 300; 204; 87,5 m^2/m^3 va bo'sh hajmi 0,7; 0,74; 0,785 m^3/m^3 miqdorlarga teng bo'ladi.

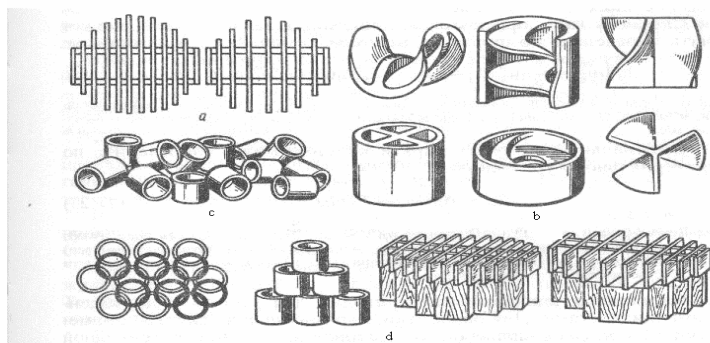
Nasadkali absorberlarda taqsimlovchi moslama orqali purkalayotgan suyuqlik, gazning kichik tezliklarida, nasadka ustida yupqa qatlam ko'rinishida oqadi. Nasadkaning ho'llangan yuzasi fazalarga to'qnashish yuza vazifasini bajaradi. Shuning uchun, nasadkali absorberlarni yupqa qatlamli qurilmalar deb qarash mumkin. Suyuq faza qurilmalar devori atrofida yig'ilib qolmasligi uchun nasadka bir necha sekstiyaga yuklanadi. Suyuqlikni bir tekisda taqsimlash uchun sekstiyalar orasida qayta taqsimlash moslamalari o'rnatiladi. Nasadkali kolonnalarda gaz va suyuqlik qarama - qarshi harakat qiladi.

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 sohta tezligiga bog'liqlik funksiyasi sifatida tasvirlanadi (5.20-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, 5.20-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.

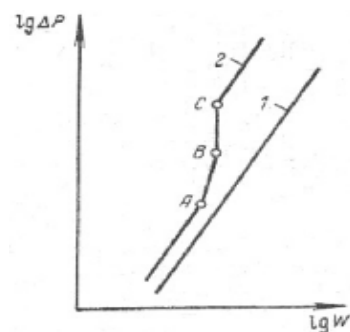
2 - rejim - **osilib turish rejimi**. Bunda fazalar qarama - qarshi yo'nalishi harakati tufayli gaz va suyuqlik orasidagi ishqalanish kuchlari ortadi. Bu hol suyuqlikni nasadkadan oqib tushish tezligini sekinlashtiradi, yupqa qatlam qalinligi va undagi suyuqlik miqdori ortadi. Shu bilan birga fazalar orasidagi to'qnashish yuzasi ko'payadi, jarayonning samaradorligi bir-muncha kattaroq bo'ladi. Bu rejim ikkinchi o'tish nuqtasi (V) 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. Yuqorida qayd etilgan massa almashinish



5.19-rasm. Nasadka turlari.

a - yassi parallel; b - keramik fasonli va ularni joylash usullari (v-betartib; g-tartibli).



5.20-rasm. Nasadka gidravlik qarshiligining kolonnadagi gaz tezligiga bog'liqligi.

jarayonini intensivlashtiradi.

3 - rejim - **emulgastion 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 bilan og'irlik 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. Ma'lumki, qurilma ko'ndalang kesimida yuklangan nasadka qatlamining zichligi bir xil emas. Shuning uchun, qatlamning eng tor joylarida emulgastion rejim paydo bo'lib boshlaydi. Gaz uzatishni o'ta aniq rostlash yo'li bilan nasadka qatlamining butun balandligida emulgastion rejim o'rnatish mumkin. Kolonnaning gidravlik qarshiligi keskin ravishda ortadi (VS kesma).

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

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

Atmosfera bosimida ishlatiladigan absorberlarda gidravlik qarshilik juda yuqori bo'lgani uchun, ularni yupqa qatlamli rejimda ishlatilish maqsadga muvofiqdir.

Shunday qilib, har bir aniq, sharoit uchun eng optimal gidrodinamik rejim texnik – iqtisodiy hisoblashlar asosida topiladi.

Agar, gaz oqimi tezligini emulgastion rejim tezligidan ozgina oshirsak, tiqilib qolish hodisasiga duch kelamiz.

Tiqilib qolish holatiga to'g'ri keladigan gaz tezligi prof. Kasatkin A.G. tomonidan keltirib chiqarilgan formula yordamida hisoblanadi:

$$\lg \left(\frac{w_T^2 \cdot a}{gV_{ox}^3} + \frac{\rho_r}{\rho} \mu^{0,16} \right) = 0,076 - 1,75 \left(\frac{L}{G} \right)^{0,25} \cdot \left(\frac{\rho_r}{\rho} \right)^{0,125} \quad (5.91)$$

bu erda a - nasadkaning solishtirma yuzasi, m^2/m^3 ; V_{ox} - nasadkaning bo'sh hajmi, m^2/m^3 ; L va G - suyuqlik va gazning massaviy sarflari; kt/s ; w_T - tiqilib qolish tezligi, m/s .

Kolonnadagi gaz yoki bug'ning optimal tezligini ushbu kriterial tenglamadan aniqlash mumkin:

$$Re = 0,045 \cdot Ar^{0,57} \cdot \left(\frac{G}{L} \right)^{0,43} \quad (5.92)$$

bu erda

$$Re = \frac{wd_e \cdot \rho_r}{\mu_r}; \quad Ar = \frac{gd_e^3 \rho_r}{\mu_r^2} (\rho - \rho_r) \rho_r$$

w - gaz (yoki bug') optimal tezligi; d_e - nasadkaning ekvivalent diametri; ρ va ρ_r - suyuqlik va gazning zichligi; μ_r - gaz (yoki bug') dinamik qovushoqligi; G va L - gaz (yoki bug') va suyuqlik massaviy tezliklari.

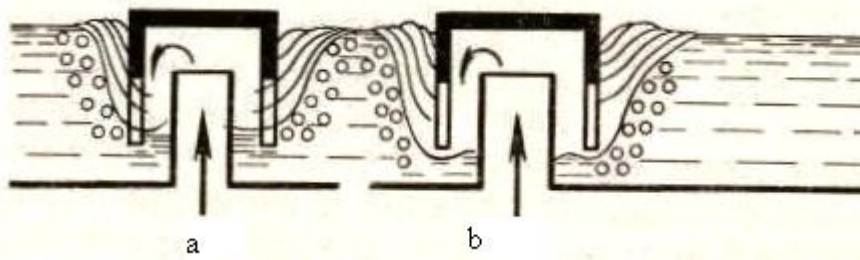
4 - rejim - **uchib chiqish rejimida** suyuq faza kolonnadan gaz oqimi bilan tashqariga chiqib boshlaydi. Ushbu rejim sanoatda ishlatiladigan qurilmalarda qo'llanilmaydi.

Nasadkalarni tanlashda ularning o'lchamlariga katta ahamiyat berish kerak. Agar, nasadka elementlari qanchalik kichik bo'lsa, gidravlik qarshilik shunchalik kam va gazning tezligi yuqori bo'ladi. Bunday nasadkali

absorberlar narxi nisbatan arzon bo'ladi.

Agar, absorber yuqori bosim ostida ishlaydigan bo'lsa, kichik o'lchamli nasadkalar qo'llaniladi. Chunki, bu turdagi qurilmalarda gidravlik qarshilikning ahamiyati yo'q. Undan, tashqari nasadkalarining o'lchami kichik bo'lganda, uning solishtirma yuzasi nisbatan katta bo'ladi va absorbsiya jarayonida bir fazadan ikkinchisiga o'tgan massa miqdori ko'p bo'ladi.

Absorberlarda gazlar yutilishi paytida ajralib chiqadigan issiqlikni neytrallash qiyin. Bunday



5.21-rasm. Barbotaj jarayoni shemalari.

a - kichik tezlikda qalpoqchali nasadkadan gazning chiqishi;

b - katta tezlikda qalpoqchali nasadkadan gazning chiqishi.

qurilmalardagi issiqlikni kamaytirish va nasadkalar ho'llanishini oshirish maqsadida suyuqlikni nasos yordamida restirkulyastiya qilish zarur. Bu usulda ishlaydigan absorberlar tuzilishi murakkablashadi va narxi ortadi. Undan tashqari, ifloslangan suyuqliklarni ajratish uchun qaynovchi absorberlarda plastmassadan yasalgan sharlar ishlatilib, gaz tezligi oshishi bilan mavhum qaynay boshlaydi. Odatda, qaynovchi absorberlarda gazning tezligi juda katta bo'ladi, ammo qatlamning gidravlik qarshiliga juda oz miqdorga ortadi.

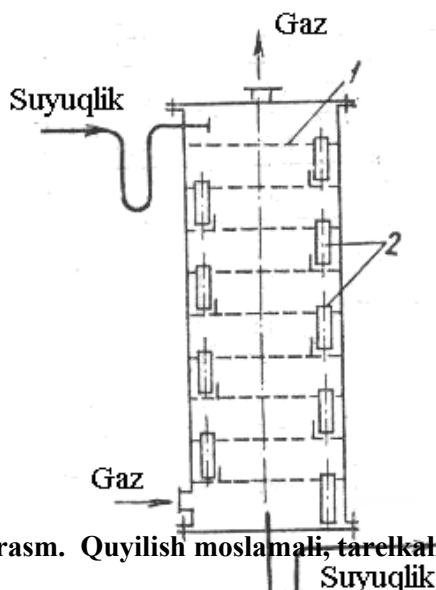
Tarelkali absorberlar samarali va eng keng tarqalgan qurilmalardan bo'lib, uning ichida butun balandligi bo'yicha bir xil masofada bir nechta tarelkalar o'rnatilgan. Teshikli tarelkalar orqali ham gaz, ham suyuqlik harakatlanadi va undan o'tish paytida bir fazadan ikkinchisiga massa o'tadi. Gaz fazaning suyuqlik qatlamidan o'tishi davrida pufakcha va ko'piklarning hosil bo'lish jarayoni **barbotaj** deb nomlanadi. Suyuqlik va gaz (yoki bug') ni bir-biri bilan to'qnashishi zarur bo'lgan hollarda barbotaj qo'llaniladi. 5.21-rasmda qalpoqchali nasadkadan gaz yoki bug'ning o'tishi tasvirlangan.

Barobataj asosan ikki rejimda kechishi mumkin: pufakchali va oqimchali. Gaz yoki bug'ning sarfi kichik bo'lsa, pufakchali rejimni kuzatish mumkin. Bunda, gaz pufakchalari suyuqlik qatlamini bitta-bitta bo'lib yorib chiqadi. Pufakchalar o'lchami barbotayor tuzilishiga, suyuqlik va gaz xossalariga bog'liq.

Agar, gaz tezligi oshirib berilsa, oqimchali rejim paydo bo'ladi. Barbotayordan chiqayotgan gaz oqimi shakli va o'lchami o'zgarmaydigan "mash'ala" hosil bo'ladi. Odatda, mash'ala balandligi 30...40 mm dan oshmaydi.

Tarelkali kolonnalar qalpoqchali, klapanli, plastinali va elaksimontarelkali bo'ladi. Fazalarning bir tarelkadan ikkinchisiga o'tishiga qarab quyilish moslamali va quyilish moslamasiz absorberlarga bo'linadi.

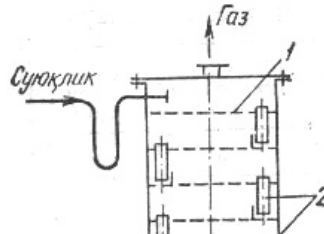
5.22-rasmda quyilish moslamali, tarelkali absorber konstruksiyasi tasvirlangan.



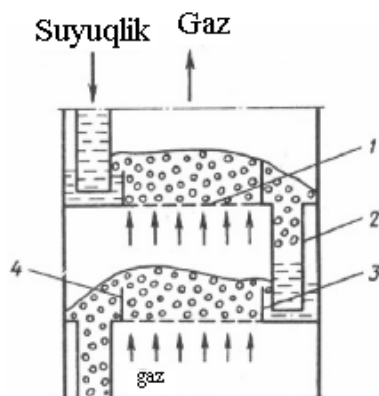
5.22-rasm. Quyilish moslamali, tarelkali absorber.

Ko'rinib turibdiki, quyilish turadi va gidravlik tamba vazifasini va uning pastki qismidan chiqarilac

elka ustidagi ostonaga tushib qismidan tarelkaga uzatiladi tarelkalar orqali pufakchalar



ko'rinishida chiqib ketadi. Tarelkada hosil bo'ladigan gaz – suyuqlik ko'pik qatlamida asosiy issiqlik va massa berish jarayonlari yuz beradi. Absorbsiya jarayonida tozalangan gaz qurilmaning tepa qismidan chiqib ketadi. Tarelka, quyilishi trubasi va ostona shunday joylashtiriladiki, suyuq faza albatta qarama - qarshi yo'nalishda harakat qiladi.



5.23-rasm. Elaksimontarelkalkolonna.

1 - tarelka; 2 - quyilish moslamasi;

Tarelkali absorberlar gidrodinamik rejimi malumki, istalgan konstruktsiyali tarelkalarning samaradorligi uning gidrodinamik rejimlariga uzviy bog'liqdir.

Gazning tezligiga va suyuqlikni purkash zichligiga qarab barbotajli tarelkalarning 3 ta asosiy gidrodinamik rejimi bo'ladi: pufakchali, ko'pikli va oqimchali (yoki injeksion).

Pufakchali rejim. Gazning tezliklari juda kichik va suyuqlik qatlamidan alohida pufakchalar holatida o'tish davrida pufakchali rejimni kuzatish mumkin. Bu rejimda tarelkadagi fazalar kontakt yuzasi kam bo'ladi.

Ko'pikli rejim. Gaz fazasining tezligi ortishi bilan teshiklardan chiqayotgan pufakchalar qo'shilib oqimcha hosil qiladi. Tarelkadan ma'lum bir masofada qatlam qarshiligi tufayli oqimcha buziladi va ko'p miqdordagi pufakchalarga ajrab ketadi. Natijada, "gaz – suyuqlik" dispers sistema, ya'ni ko'pik paydo bo'ladi.

Ushbu rejimda gaz va suyuq fazalar to'qnashishi pufakchalar va gaz oqimchasi, hamda suyuq tomchilar sirtiga to'g'ri keladi. Ko'pikli rejimda barbotajli tarelkalarda fazalarning to'qnashishi yuzasi maksimal miqdorga egadir.

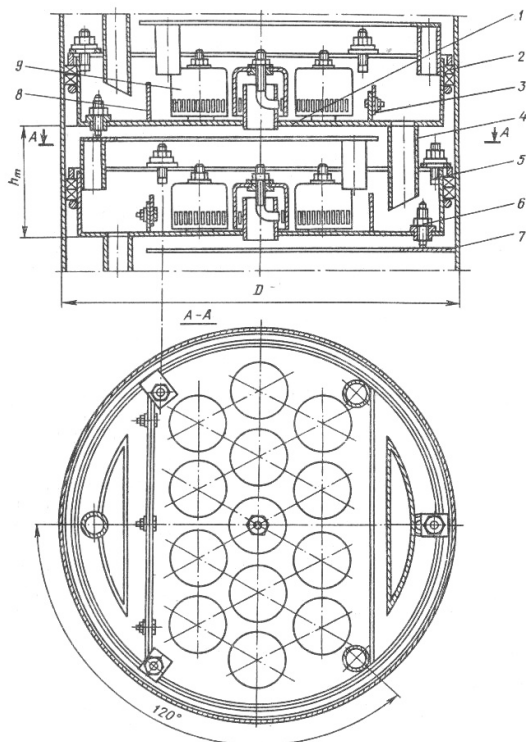
Oqimchali (injeksion rejim). Agar gaz tezligi yanada oshirilsa, gaz oqimchasining uzunligi ko'payadi va u barbotaj qatlamidan chiqib qoladi. Shu bilan birga, barbotaj qatlam buzilmaydi va ko'p miqdorda yirik tomchilar hosil bo'ladi. Bunday rejimda fazalarning to'qnashish yuzasi keskin ravishda kamayib ketadi. Shuni alohida ta'kidlash kerakki, bir rejimdan keyingisiga o'tish asta-sekin bo'ladi. Barbotajli tarelkalar gidravlik rejimlari chegarasini hisoblashning umumiy usullari shu kungacha yaratilmagan. Shuning uchun ham, tarelkali absorberlarni loyihalashda tarelka ishlashining pastki va tepa oraliklari uchun hisoblash yo'li bilan topiladi. So'ng esa, gazni ishchi tezligi topiladi.

Elaksimontarelkali absorber. Bu turdagi qurilma 5.23-rasmda tasvirlangan.

Bu kolonna gorizontall tarelka quyilishi va ostonalardan tarkib topgan bo'ladi.

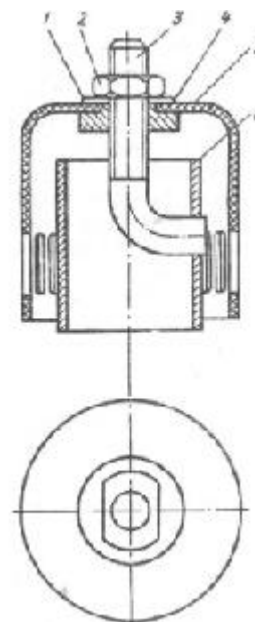
Odatda bu turdagi tarelka yuzasi 1...5 mm li teshiklardan iboratdir va tarelkadan tushayotgan ko'pikni parchalash uchun ostona tarelkadagi suyuqlik sathini bir xil balandlikda ushlab turish uchun esa, ostona 3 xizmat qiladi. Suyuq faza tepadagi tarelkaga uzatiladi va quyilishi moslamasi 2 dan, o'tib, qurilmaning pastki qismidan chiqib ketadi. Gaz faza har doim qurilmaning pastki qismiga kiritiladi va tarelkalardan pufakcha shaklida o'tib, yuqori qismidagi shtuterdan chiqadi.

Qalpoqcha tarelkali absorber. Bu turdagi qurilma 5.24-rasmdan keltirilgan bo'lib kapsula qalpoqcha va segment quyilish moslamasidan tarkib topgan. Tarelka ko'plab diskdan iborat bo'lib, tayanch halqaga qistirma yordamida boltlar bilan mahkamlanadi.



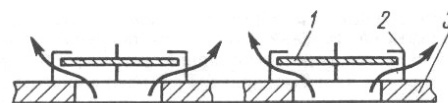
5.24-rasm. Qalpoqchali tarelka.

1-tarelka; 2-qistirma; 3-rostlovchi quyilish ostonasi; 4-quyilish patrubbasi; 5-bolt; 6-rostlovchi bolt; 7-qalqa; 8-quyilish ostonasi; 9-qalpoqcha.



5.25-rasm. Kapsulali qalpoqcha.

1 - shayba; 2- gayka; 3- bolt;
4- vtulka; 5- qalpoqcha;
6- patrubbka.



5.26-rasm. Klapanli tarelka.

1 - klapan; 2 - kronshteyn cheklagich; 3 - tarelka.

Suyuq faza yuqorida joylashgan tarelkadagi ostonaga 3 dan o'tib, quyida o'rnatilgan tarelkaga tushadi. Tarelka yuzasida suyuqlikni bir me'yorda taqsimlash uchun ostonaga 8 xizmat qiladi. Suyuqlikni tarelka yuzasida bir xil balandlikda ushlab turish uchun rostlovchi ostonaga 3 dan foydalaniladi. Gaz tarelkalarga patrubbka 6 orqali kirib, bir necha oqimchalar holida qalpoqchalar teshigidan chiqib boshlaydi.

Qalpoqchadagi havo teshiklari tishli bo'lib, to'g'ri uchburchak shaklida yasaladi. Suyuqlik qatlami orqali o'tayotgan gaz yoki bug' oqimi alohida-alohida pufakchalarga bo'linib ketadi. Tarelkalardan suyuqlik quyilishi patrubbkasi 4 orqali to'kiladi. Bu turdagi tarelkalarda gaz ko'piklari va pufakchalarning hosil bo'lish intensivligi bug' (yoki gaz) tezligi va tarelkadagi suyuqlik qatlami balandligiga bog'liq.

Tarelkada katta massa almashinish yuzasini barpo qilish uchun o'rnatiladigan qalpoqchalar soni ko'paytiriladi. Kapsulali qalpoqchani bo'yлама qirgimi 5.25 - rasmda keltirilgan. Tarelka va qalpoqchani pastki qismi orasidagi masofa vtulka 4 va gayka 2 yordamida amalga oshiriladi. Bu turdagi tarelkalar sanoatda keng ko'lamda qo'llaniladi. Elaksimontarelkali absorberlarga qaraganda qalpoqchali qurilmalar gaz aralashmalari iflos bo'lganda ham uzoq muddatda barqaror ishlay oladi. Undan tashqari, gaz yoki suyuq fazalar bo'yicha yuklama katta miqdorda o'zgarsa ham, qalpoqchali tarelka bir tekisda yaxshi ishlaydi. Ushbu tarelka kamchiliklari: konstruktiviyasi murakkab, qimmat va gidravlik qarshiligi yuqori. Undan tashqari, gaz faza sarfi kam bo'lganda, qurilma samaradorligi keskin ravishda kamayib ketadi.

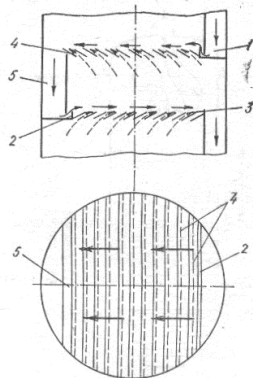
Klapanli tarelkalar. Bu turdagi tarelkalar gaz fazasining tezligi tez o'zgarib turadigan jarayonlarda qo'llanishi maqsadga muvofiqdir.

Klapanli tarelkalar elaksimontarelkali va qalpoqchali tarelkalarining yaxshi xossalarini o'zida mujassam qilgan (5.26-rasm).

Klapanlar 1 dumaloq plastina shaklida, diametri esa 40...50 mm bo'ladi. Kronshteyn-cheklagich 2 dagi teshik diametri esa 30...40 mm va ular orasidagi masofa esa - 70...150 mm ga teng. Klapanlarning ko'tarilish balandligi 6...8 mm. Klapanlardan o'tadigan gaz oqimining tezligiga qarab, klapan vertikal, tepaga siljiydi.

Gaz yoki bug' bo'yicha yuklama keng ko'lamda o'zgarganda ham, klapanli tarelkalar bir me'yorda,

barqaror ishlaydi. Lekin, ularning gidravlik qarshiligi nisbatan yuqori.



5.27-rasm. Oqimchali tarelkalar.

- 1 - gidravlik tamba; 2 - quyiluvchi to'siq; 3 - tarelka; 4 - plastina; 5- quyilish moslamasi.

Oqimchali (yoki plastinali) tarelkalar. Bu turdagi tarelkalar qiya, parallel plastinalar ko'rinishida tayyorlanadi (5.27-rasm).

Qalpoqchali, klapanli va oqimchali tarelkalarda fazalarning yo'nalishi o'zaro kesishgan bo'ladi. Gaz yoki bug' tarelkadagi teshiklardan o'tadi, suyuqlik esa, gorizontall harakatlanib, tarelkadan tarelkaga quyilish moslamasi 5 orqali o'tadi.

Yuqorida qayd etilgan tarelkalar samaradorligi gidrodinamik rejimlarga bog'liq. Gaz (yoki bug') tezligi va suyuqlik sarfiga qarab 3 xil rejimlar mavjud: pufakchali, ko'pikli va oqimchali. Yar bir rejimda barbotajli qatlam o'ziga xos tuzilishiga ega bo'lib, u qatlamning gidravlik qarshiligi va massa almashinish yuzasi kattaligini xarakterlaydi. Bunday tarelkalarning gidravlik qarshiligi kam, ularni yasash uchun metall kam sarflanadi va tarkibida iflosliklar bo'lgan suyuqliklarni ham ishlatish mumkin. Undan tashqari, bu tarelkali qurilmalarda jarayonni harakatga keltiruvchi kuch katta bo'ladi.

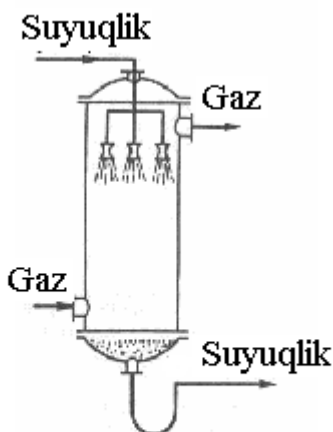
Oqimchali tarelkalar kamchiliklari: tarelkaga issiqlik berish va ajralib chiqqan issiqlikni ajratib olish murakkab; suyuqlik sarfi nisbatan kam bo'lgani uchun, uning samaradorligi pastroq.

Purkovchi absorberlar. Bu turdagi qurilmalar suyuq fazani – gaz oqimiga purkab berish usuli yordamida amalga oshiriladi. Purkovchi absorberlarga misol bo'la oladigan eng sodda konstruktsiyasi 5.28-rasm keltirilgan.

Bu absorber ichi bo'sh qobiq va suyuqlikni purkovchi mexanik forsunkadan tarkib topgan bo'ladi.

Suyuqlikni purkash paytida massa o'tkazish koeffitsienti eng katta miqdorga ega. Vaqt o'tishi va fazalar o'zaro ta'sir yuzasi kamayganligi sababli jarayon samaradorligi pasayadi. Shuning uchun ham, ko'pincha forsunkalar qurilmaning butun balandligi bo'yicha o'rnatiladi.

Odatda, purkovchi absorberlar yaxshi eriydigan gazlarni absorbsiya qilish uchun ishlatiladi. Purkovchi absorberlar qatoriga mexanik absorberlarni ham kiritish mumkin. Bunday qurilmalarda suyuqlik aylanma mexanizm yordamida sohib beriladi. Suyuqlikdagi teshikli disklar qo'zg'almas stilindrik qobiq ichida aylanadi. Natijada, disk yordamida suyuqlik mayda



5.28-rasm. Purkovchi absorber.

tomchilar shaklida atrofga sochiladi. Mexanik absorberlar ixcham va yuqori samarali.

5.13. Absorberlarni hisoblash

Absorberlarni hisoblashda quyidagi parametrlar aniqlanadi: absorbent sarfi, qurilmaning diametri, balandligi va gidravlik qarshiligi. Buning uchun esa quyidagi parametrlar ma'lum yoki berilgan bo'lishi kerak: gaz sarfi, gaz aralashmaning tarkibi, boshlang'ich va oxirgi konstantriyalar, absorbentdagi gazning boshlang'ich konstantriyasi.

Absorbentning sarfi moddiy balans tenglamasi (5.7) dan topiladi.

Absorberning gidravlik qarshiligi qurilmaning konstruktsiyasi va uning gidrodinamik rejimiga bog'liq. Odatda gidravlik qarshilik gazning optimal tezligi bo'yicha hisoblanadi, u esa o'z navbatida texnik-iqtisodiy hisoblashlar asosida aniqlanadi.

Absorber diametri gazning chiziqli tezligiga binoan (5.2) tenglamadan hisoblanadi.

Absorber balandligi esa, massa o'tkazishning modifikastiyalashgan tenglamasi (5.65) dan topish mumkin.

Yupqa qatlamli va nasadkali absorberlarni hisoblash sxemalari bir xildir.

Yupqa qatlamli absorberlarni hisoblashda gidravlik qarshilik Darsi - Veysbax tenglamasidan aniqlanadi:

$$\Delta p = \lambda \frac{H}{d_s} \frac{\rho w_H^2}{2}$$

bu erda λ - gidravlik qarshilik koeffitsienti; N – yupqa qatlam oqib tushayotgan yuzaning balandligi, m; d_e - gaz harakatlanayotgan kanalning ekvivalent diametri, m; $w_n = w + w_{yp}$ - gazning nisbiy tezligi, m/s; w_{ur} – yupqa qatlam harakatining o'rtacha tezligi, m/s; ρ - gaz zichligi, kg/m³.

Yupqa qatlam harakatining o'rtacha tezligi w_{ur} (5.86) tenglamadan aniqlanadi.

Gidravlik qarshilik koeffitsienti, gaz va yupqa qatlamlar, Reynolds kriteriyining qiymatiga bog'liq. Suyuqlik yupqa qatlamining harakat rejimini aniqlovchi Reynolds kriteriyasi (5.88a) tenglamadan topiladi.

Trubali absorberlar diametri gazning sarfi va tezligi orqali (truba ichki diametrini ma'lum qiymatiga teng deb qabul qilinadi) aniqlash mumkin.

Trubalar soni esa:

$$n = \frac{G}{0,785 w d^2 \rho_r} \quad (5.93)$$

bu erda G - gazning massaviy sarfi, kg/s.

Trubalar soni ma'lum bo'lsa, ular orasidagi masofa $t = (1,25 \dots 1,5) d_t$ va trubaning qalinligi δ ni aniqlab, absorberning diametri sekundli sarf tenglamasidan aniqlanadi.

Trubalar balandligi hamma trubalarning ichki yuzalari orqali aniqlanadi:

$$H = \frac{F_m}{n \cdot \pi \cdot d_{uq}} \quad (5.94)$$

bu erda $F_m = n \pi d_{ich} H$.

Modifikatsiyalashgan massa o'tkazish tenglamasi (5.63) ni hisobga olsak:

$$H = \frac{\mu}{n \pi d_{uq} \cdot K_{yv} \cdot \Delta y_{yp}}$$

Gaz fazasidagi massa berish koeffitsientini hisoblash uchun quyidagi kriterial tenglama taklif etiladi:

$$Nu_{\mathcal{M}} = 0,023 \cdot Re_r^{0,83} \cdot Pr_{\mathcal{M}}^{0,43} \quad (5.95)$$

bu erda Re_G - gaz oqimi uchun Reynolds kriteriyasi; Pr_{DG} - gaz uchun Prandtl kriteriyasi.

Ushbu tenglamada aniqlovchi o'lcham sifatida gaz oqimi harakatlanayotgan kanalning ekvivalent diametri qo'llaniladi.

Suyuq fazasidagi massa berish koeffitsientini ushbu tenglama yordamida hisoblash mumkin:

$$Nu_{\mathcal{M}} = 0,069 Re_c^{0,33} \cdot Pr_{\mathcal{M}}^{0,3} \cdot Ga^{0,167} \left(\frac{h}{d_s} \right)^{-0,5} \quad (5.96)$$

bu erda Re_s – suyuqlik yupqa qatlami uchun Reynolds kriteriyasi; Pr_s – suyuqlik uchun Prandtl kriteriyasi; Ga – Galiley kriteriyasi; h - qurilma ishchi qismining balandligi, m; d_e – yupqa qatlamning ekvivalent diametri, m.

Re_s ni hisoblashda suyuqlik yupqa qatlamining oqib tushish tezligi ishlatiladi.

Nasadkali absorberlarni hisoblashda quruq nasadkadagi naporning yo'qotilishi ushbu tenglamadan aniqlanadi:

$$\Delta p = \lambda \frac{H}{d_s} \frac{\rho_r w_r^2}{2}$$

Ma'lumki, naporning yo'qotilishi nasadka xarakteri, gaz tezligi va namlanish zichligiga bog'liq.

Yo'llangan nasadkaning qarshiligi prof. A.N.Planovskiy tomonidan taklif etilgan formula yordamida hisoblash mumkin:

$$\Delta p = \Delta p_k \left[1 + 8,4 \cdot \left(\frac{L}{G} \right)^{0,4} \cdot \left(\frac{\rho_r}{\rho_c} \right)^{0,23} \right] \quad (5.97)$$

bu erda Δp_k - quruq nasadka gidravlik qarshiligi.

Absorber diametri esa quyidagi formuladan topiladi:

$$D = \sqrt{\frac{G}{3600\pi\rho_r \cdot w}}$$

bu erda G - gaz sarfi, kg/soat; ρ_g - gaz zichligi, kg/m³; w - kolonna bo'sh ko'ndalang kesimidagi tezlik, m/s. Gaz tezligi (5.92) tenglamadan hisoblab topiladi.

Absorber balandligini modifikastiyalashgan massa o'tkazish tenglamasi (5.65) dan aniqlash mumkin.

Gaz fazasidagi massa berish koeffitsientini hisoblash uchun quyidagi kriterial tenglamani qo'llash mumkin:

$$Nu_{\text{dR}} = 0,407 Re_r^{0,655} Pr_{\text{dR}}^{0,33} \left(\frac{h}{d_{\text{sk}}} \right)^{-0,47}$$

Ushbu tenglamada aniqlovchi o'lcham sifatida nasadkaning ekvivalent diametri d_{ek} xizmat qiladi. Re_G kriteriysiga nasadka bo'sh kanallaridagi gazning tezligi qo'yiladi.

Suyuq fazadagi massa berish koeffitsientini hisoblash ushbu formulani qo'llash mumkin:

$$Nu_{\text{dC}} = 0,00216 Re_c^{0,77} \cdot Pr_{\text{dC}}^{0,5} \quad (5.98)$$

Formuladagi Nu_{ds} - aniqlash uchun yupqa qatlam keltirilgan qalinligida hisoblangan:

$$\delta_{\text{юк}} = \left(\frac{\mu_c^2}{g\rho_c^2} \right)^{0,33} \quad (5.99)$$

Tarelkali absorberlarni hisoblashda qurilmaning gidravlik qarshiligi, diametri, balandligi va tarelkalar soni aniqlanadi.

Tarelka turi tanlangandan so'ng, bug' yoki gazning ruxsat etilgan eng katta tezligi aniqlanadi. Buning uchun Kirshbaum tomonidan taklif etilgan formuladan foydalanish mumkin:

$$w_k = 0,05 \sqrt{\frac{\rho_c}{\rho_r}} \quad (5.100)$$

Kolonna bo'sh ko'ndalang kesimidagi gazning tezligi $(0,8...0,9) \cdot w_k$ da teng deb qabul kilinadi.

Zamonaviy qurilmalardagi tarelkalar orasidagi masofa iloji boricha kam bo'lishi kerak.

Tarelkalar orasida kerakli gidravlik tamba hosil qiluvchi minimal masofa ushbu ifodadan topiladi (5.29-rasm).

$$h_T \geq h_d + h_3 + h_0 \quad (5.101)$$

bu erda h_d - suyuqlik tezligini hosil qilish uchun quyilish patrubkasidagi suyuqlik ustunining balandligi, m²; h_z - gidravlik tamba hosil qilish uchun quyilish patrubkasidagi suyuqlik ustunining balandligi, m; h_0 - tarelkadan quyilish patrubkasining pastki uchigacha bo'lgan masofa, m.

Quyilishi patrubkasidagi suyuqlik ustunining balandligi:

$$h_d = \frac{w^2}{2g} (1 + \xi_1 + \xi_2) \quad (5.102)$$

bu erda w - quyilish patrubkasidagi suyuqlik tezligi, odatda 0,02...0,06 m/s oralikda bo'ladi; ξ_1 - patrubkadan chiqishdagi qarshilik koeffitsienti; ξ_2 - quyilish patrubkasining qarshiligini ifodalovchi koeffitsient.

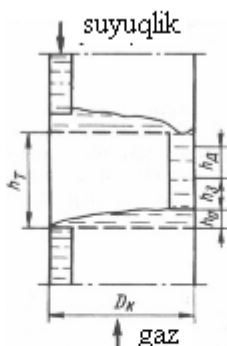
Ushbu koeffitsientni quyidagi formuladan topish mumkin:

$$\xi_2 = \lambda \frac{l_k}{d_k}$$

bu erda λ - gidravlik qarshilik koeffitsienti; l_k - quyilish patrubkasi ishchi uzunligi, $(h_d + h_z)$ m; d_k - quyilish patrubkasi diametri, m.

Suyuqlik ustunining balandligi h_3 tarelkalar orasidagi bosimni tenglashtirib turadi.

Elaksimom tarelkaning gidravlik qarshiligi (Pa) quyidagi tenglamadan aniqlanishi mumkin:



5.29-rasm. Tarelkalar orasidagi minimal masofani hisoblashga oid.

$$\Delta p = \Delta p_{\kappa} + \Delta p_a + \Delta p_c \quad (5.103)$$

bu erda Δr_k - quruq tarelka qarshiligi; Δr_a - sirtiy taranglik kuchlarini engish uchun zarur bosimlar farqi; Δr_s - tarelkadagi suyuqlik ustunining qarshiligi.

Δr_a suyuqlikning sirtiy taranglik kattaligiga qarab aniqlanadi:

$$\Delta p_a = \frac{4\sigma}{d_0} \quad (5.104)$$

bu erda σ - fazalar chegarasidagi sirtiy taranglik, N/m; d_0 - tarelka teshigining diametri, m.

Quruq tarelka Δr_q va undagi suyuqlik ustunining qarshiligi Δr_s lar prof. A.N.Planovskiy tavsiya etgan formulalardan hisoblab topilishi mumkin:

$$\Delta p_{\kappa} = 1,83 \frac{w_0^2 \cdot \rho_{\Gamma}}{2} \quad (5.105)$$

$$\Delta p_c = 1,3 k h + \sqrt[3]{k \cdot \Delta h} \quad (5.106)$$

bu erda w_0 - tarelka teshiklaridagi gaz oqimining tezligi, m/s; $k=0,5$ - tarelkadagi ko'pik zichligining suyuqlik zichligiga nisbati; h - quyilish ostonasi balandligi, m; Δh - ostona atrofidagi barbotaj bo'lmagan suyuqlik balandligi, m;

$$\Delta h = \sqrt{\left(\frac{4}{\phi b}\right)^2} \quad (5.107)$$

bu erda L - suyuqlik massaviy sarfi, kg/soat; ϕ - quyilish to'sig'idan o'tayotgan suyuqlikning sarf koeffitsienti ($\phi=6400...10000$); b - quyilish to'sig'ining eni, m.

Qalpoqchali tarelkaning gidravlik qarshiligi ushbu tenglikdan aniqlanadi:

$$\Delta p = \Delta p_{\kappa} + \Delta p_{mup} + \Delta p_c \quad (5.108)$$

bu erda Δr_k - qalpoqchali tarelkadan gaz oqimi o'tishidagi bosimning yo'qotilishi, Pa; Δr_{tir} - qalpoqchali tarelka tirqishidan gaz o'tishi paytidagi bosimning yo'qotilishi, Pa; Δr_s - tarelkadagi suyuqlik ustunining qarshiligi, Pa.

Qalpoqchali tarelkaning gidravlik qarshiligi Δr_k ni, mahalliy qarshiliklarni engish paytidagi bosimlar yo'qotilishlarning yig'indisi orqali topish mumkin. Odatda qalpoqchanning hamma ko'ndalang kesimlarida gaz oqimi tezliklari teng bo'lsa, gidravlik qarshilik minimal bo'ladi:

$$\frac{\pi d_n^2}{4} = \pi d_n \cdot h_{\kappa} = \frac{\pi}{4} \cdot (d_{\kappa}^2 - d_n^2) \quad (5.109)$$

bu erda d_p - patrubka diametri, m; d_k - qalpoqcha diametri, m; h_k - qalpoqcha va patrubka orasidagi masofa, m.

Diametri 40...60 mm va bug' patrubkalarining kesim yuzalari kolonna ko'ndalang kesim yuzasiga nisbati 0,1...0,15 bo'lgan qalpoqchalar eng yaxshi gidrodinamik xarakteristikalariga ega.

Qalpoqchanning qarshiligi ushbu formuladan topilishi mumkin:

$$\Delta p_{\kappa} = \sum \xi \cdot \left(\frac{w^2 p_{\Gamma}}{2} \right)$$

bu erda w - patrubkadagi gaz tezligi, m/s; $\sum \xi$ - hamma qarshiliklar yig'indisi.

Qalpoqcha tirqishlarining qarshiligi esa:

$$\Delta p_{mup} = \xi_{mup} \left(\frac{w_{mup}^2 \cdot p_{\Gamma}}{2} \right) + \Delta p_a$$

bu erda $\xi_{tir}=1,5$ - tirqishdan gaz o'tishidagi mahalliy qarshilik koeffitsienti; w_{tir} - tirqishdagi gaz tezligi, m/s; Δr_a - sirtiy taranglik kuchlari tufayli hosil bo'lgan qarshilik.

Ushbu holatda:

$$\Delta p_a = \frac{4\sigma}{d_{\Gamma}}$$

bu erda d_g - tirqishning ochiq teshigining gidravlik diametri, m.

Suyuqlik ustunining qarshiligi (5.102) formuladan hisoblab topish ham mumkin.

Absorber daimetri (5.62) tenglamadan hisoblanadi.

Agar, tarelkalar soni n va ular orasidagi masofa h_g ma'lum bo'lsa, absorberlar balandligi ushbu formuladan topiladi:

$$H = h_f n + h_g \quad (5.110)$$

bu erda h_v - eng yuqori tarelka va absorber qopqog'i orasidagi masofa, m.

Massa o'tkazish koeffitsientlari (5.82), (5.83) formulalardan aniqlanadi.

Tarelkali absorberlarda gaz fazasida massa berish koeffitsienti prof. G.P.Salamaxa tomonidan keltirib chiqarilgan tenglama orqali hisoblab topilishi mumkin:
qalpoqchali tarelkalar uchun:

$$Nu_{\Delta_c} = 0,265 \cdot Re_c \cdot Pr_{\Delta_c}^{0,5} \cdot We^{-0,32} \quad (5.111)$$

quyilish moslamali elaksimon tarelkalar uchun:

$$Nu_{\Delta_c} = 2,5 \cdot Re_c^{0,72} \cdot Pr_{\Delta_c}^{0,5} \cdot We^{-0,25} \quad (5.112)$$

plastinali va elaksimon tarelkalar uchun:

$$Nu_{\Delta_c} = 1,53 \cdot Re_c^{0,72} \cdot Pr_{\Delta_c}^{0,5} \cdot We^{-0,25} \quad (5.113)$$

bu erda $We = \sigma / g \rho_c h_{cm}^2$ - Veber kriteriysi. Bu erda σ - sirti taranglik, N/m; ρ_c - suyuqlik zichligi, kg/m³; h_{st} - tarelkadagi statik suyuqlik qatlamining balandligi, m.

Nu_{dg} va Re kriteriyalarida chiziqli o'lcham bo'lib kapillyar konstanta χ hisoblanadi va u $\chi = \sqrt{(\sigma / \rho_c \cdot g)}$ ifoda orqali aniqlanadi. Suyuq fazadagi massa berish koeffitsientini hisoblash uchun ushbu formula tavsiya etiladi:

$$Nu_{\Delta_c} = 540 \cdot Re_c^{0,33} \cdot Pr_{\Delta_c}^{0,45} \quad (5.114)$$

Tenglamadagi Re kriteriysini hisoblashda w parametr o'niga kolonna bo'sh ko'ndalang kesimidagi gazning tezligi qo'yiladi.

HAYDASH VA REKTIFIKATSIYA

5.14. Umumiy tushunchalar

Ikki va undan ortiq uchuvchan komponentlardan tarkib topgan bir jinsli suyuqlik aralashmalarini ajratish uchun qo'llaniladigan usullardan eng keng tarqalganlari 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 **engil uchuvchan**, past uchuvchanlikka

ega *komponent qiyin uchuvchan* deb nomlanadi. Demak, engil uchuvchan *komponent qiyin uchuvchanga* qaraganda pastroq temperaturada qaynaydi. Shuning uchun ham, ular past va yuqori temperaturada **qaynaydigan komponentlar** deb ataladi.

Haydash yoki rektifikatsiya jarayonida boshlang'ich aralashma engil uchuvchan komponenti bilan boyitilgan *distillyat* va qiyin uchuvchan komponent bilan boyitilgan *kub qoldig'iga* ajraladi. haydash jarayonida hosil bo'lgan bug` kondensator - deflegmatorga kondensastiyalash natijasida distillyat olinadi. Qurilma kubida esa - kub qoldig'i qoladi.

5.15. Haydash va rektifikatsiya jarayonlarining nazariy asoslari

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

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

bu erda K - komponentlar soni; F - fazalar soni.

Sistema holatini uchta bir - biriga bog'liq bo'lmagan parametr belgilaydi: bosim r , temperatura t va konstentratsiya x . Agar, istalgan ikkita parametr tanlansa, uchinchisini aniqlash qiyin emas. Demak, muvozanat chizig'ini istalgan ikkita o'zgaruvchi parametr orqali ifodalash mumkin, yani r va x , t va x , r va t , x va u .

Malumki, suyuqlik aralashmalari o'zlarining fizik-kimyoviy xarakteristikalarini bo'yicha katta farq qiladi.

Komponentlarning o'zaro erishiga qarab, binar 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 komponent olinishi natijasida issiqlik ajrab chiqmaydigan yoki yutilmaydigan va hajmi o'zgarmaydigan aralashmalarga aytiladi.

Engil uchuvchan A va qiyin uchuvchan V komponentli binar, suyuq aralashmani ko'rib chiqamiz. A va V toza komponentlar to'yingan bug'larining bosimini R_A va R_V deb belgilaymiz.

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

$$p_A = P_A \cdot x ; \quad p_B = P_B (1-x) \quad (5.115)$$

bu erda r_A, r_V - A va V komponentlarning parstial bosimi; $x, (1-x)$ - suyuq aralashmadagi A va V komponentlarning mol ulush.

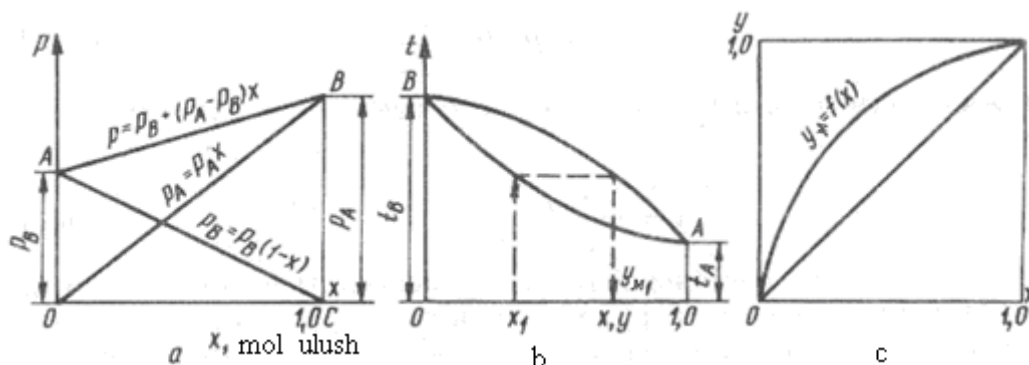
Dalton qonuniga binoan sistemadagi umumiy bosim, parstial bosimlar yig'indisiga teng:

$$P = P_A \cdot x + P_B (1-x) = P_B + (P_A - P_B) \cdot x \quad (5.116)$$

Bundan

(5.115) va (5.116) tenglamalardan ko'rinib turibdiki, bir xil o'zgarmas temperaturada suyuqlik aralashmasi ustidagi komponentlar parstial va bug'larning umumiy bosimi engil uchuvchan komponentning mol ulushi x bilan to'g'ri chiziqli bog'liqlikda bo'ladi.

5.30-rasmda komponentlar parstial bosimi va umumiy bosim izotermalari tasvirlangan.



5.30-rasm. Ideal aralashmalar uchun suyuqlik-bug` muvozanat diagrammasi.

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

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

OV va **SA** to'g'ri chiziqlar komponentlar parstial bosimi (r_A va r_V) ni, **AV** esa - suyuqlik ustidagi umumiy bosim o'zgarishini ifodalaydi. **OA** va **SV** vertikal kesmalar toza komponentlar to'yingan bug' i bosimi (R_A va R_V) ni ko'rsatadi.

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

$$p_A = P \cdot y ; \quad p_B = P \cdot (1 - y) \quad (5.117)$$

bu erda **R** - sistema umumiy bosim; **u**, (**1-u**) - bug' aralashmasidagi **A** va **V** komponentlar mol ulushi.

Muvozanat sharoiti uchun:

$$P_A \cdot x = P_A \cdot y ; \quad P_B(1 - x) = P \cdot (1 - y) \quad (5.118)$$

bundan

$$y = \left(\frac{P_A}{P} \right) x \quad \text{yoki} \quad 1 - y = \left(\frac{P_B}{P} \right) \cdot (1 - x) \quad (5.119)$$

Odatda, haydash va rektifikatsiya jarayonlari izobarik jarayonda o'tkaziladi. Shuning uchun, **R = const** bo'lgan holatdagi binar aralashmani ko'rib chiqamiz.

Bunda muvozanat chizig'ini **t - x**, **y** yoki **y - x** koordinatlarda tasvirlash mumkin. Agar, temperatura ma'lum bo'lsa va **x**, **u** kattaliklari hisoblab topilsa, sistemadagi muvozanatni ifodalovchi diagrammani qurish mumkin. Diagrammadagi pastki chiziq (5.30b-rasm) suyuq aralashmaning qaynash temperaturasi, yuqori chiziq esa - bug' aralashmani kondensastiyalash temperaturasi ifodalaydi. **x = 0** va **x = 1,0** da ordinata o'qlaridagi kesmalar, qiyin va engil uchuvchan komponentlar qaynash temperaturasi ko'rsatadi.

Suyuqlikning ma'lum tarkibi **x₁** bo'yicha bug' tarkibini aniqlash uchun suyuqlik konstantstrastiyasiga tegishli absstissa o'qidagi nuqtadan qaynash chizig'i bilan kesishguncha vertikal chiziq o'tkaziladi. So'ng esa, kesilish nuqtasidan bug' kondensastiyalanish chizig'i bilan kesishguncha gorizontall chiziq o'tkaziladi. Kesilish nuqtasining absstissa o'qidagi qiymati bug'ning muvozanat tarkibi **u₁** ni beradi.

5.30b-rasmda ko'rinib turibdiki, bir xil qaynash temperaturada bug'dagi engil uchuvchan komponent konstantstrastiyasi uning suyuqlik bug'lari muvozanat konstantstrastiyasidan 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 **u - x** diagrammadan foydalanish qulaydir (5.30v-rasm).

u_m = f(x) funktsiya quyidagi tenglamaga mos keladi

$$y = \frac{P_A \cdot x}{P} = \frac{P_A \cdot x}{P_B + (P_A - P_B) \cdot x} \quad (5.120)$$

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.

$$y = \frac{\alpha \cdot x}{1 + (\alpha - 1) \cdot x} \quad (5.121)$$

Faqat engil 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 diagonali va muvozanat egri chizig'i suyuq va bug' fazalarning mavjud bo'lish so'harini chegaralaydi.

Haqiqiy suyuqlik aralashmalari. Bunday aralashmalardan komponentlar ajratib olinganda issiqlik ajrab

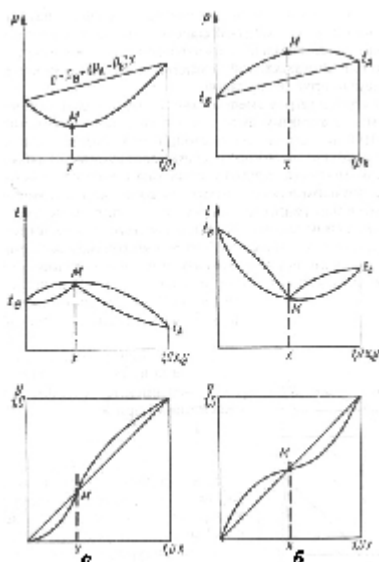
chiqadi, hajmi oʻzgaradi va koʻpchilik hollarda Raul qonuniga boʻysunmaydi.

Undan tashqari, bu aralashmalar bugʻ fazasining molekulari oʻzaro tortishish kuchlarini, ularning hajmlarini va boshqalarni hisobga olish zarur.

Raul qonuniga nisbatan ogʻish manfiy yoki musbat boʻlishi mumkin. Agar, ogʻish musbat boʻlsa, eritma ustida umumiy bosim Raul qonuni boʻyicha ideal eritma uchun hisoblangandan katta, manfiy ogʻishda esa - kichik boʻladi.

Musbat ogʻishda umumiy bosim chizigʻi ideal eritmanikidan yuqori, manfiy ogʻishda - pastroqdan oʻtadi.

Parstial bosimlarning konstantriyaga bogʻliqligi botiq yoki boʻrtiq chiziqlar orqali tasvirlanadi (5.31-rasm);



5.31-rasm. Haqiqiy eritmalarining fazaviy diagrammalari.

a - manfiy ogʻish; b - musbat ogʻish

energiya talab etuvchi komponentning nisbiy miqdori oshadi;

b) bugʻ uchuvchanligi maksimumga ega boʻlgan eritmalarining temperaturasi (yoki bosimi) oshirilganda, azeotrop eritmalarida bugʻlanishi uchun katta energiya talab etuvchi komponentning nisbiy qiymati ortadi. Bugʻning uchuvchanligi minimum boʻlganda, eritmaning qaynash temperaturasi oshirilganda azeotrop eritmada bugʻlanishi uchun kam energiya talab qiluvchi komponentning nisbiy miqdori koʻpayadi.

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

Bir-birida erimaydigan yoki qisman eriydigan suyuqlik aralashmalari. Agar, A va V komponentlar bir-birida toʻliq erisa, komponentlar molekularining oʻzaro tortishish kuchlari nolga teng boʻladi. Bunda, har bir komponent oʻzini mustaqil tutadi va quyidagi bosimda qaynaydi:

$$P = P_A + P_B$$

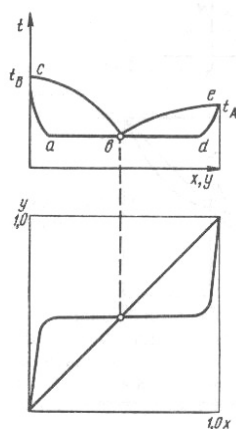
Agar, aralashma komponentlari bir - birida erimasa, istalgan komponent parstial bosimi, uning oʻsha temperaturada toʻyingan bugʻ bosimiga teng.

Aralashmaning qaynash temperaturasi t_{ar} suyuq aralashmaning tarkibiga bogʻliq emas (5.32-rasm **avd** chiziq).

Aralashmaning qaynash temperaturasi har doim toza komponentlar qaynash temperaturalaridan past boʻladi.

Tabiatda bir - birida absolyut erimaydigan moddalar kamdan-kam uchraydi. Agar, qisman eriydigan suyuqlik aralashmalarida qaynash temperaturasi **ac** yoki **dc** chizigʻi boʻylab eritmaning asosiy komponentning qaynash temperaturasigacha oʻzgaradi.

Bugʻning kondensastiyalanish temperaturasi **sb** va **eb** chiziqlari boʻylab oʻzgaradi. Diagrammadagi **b** nuqtada $u_0 = R_d/R = \text{const}$ tarkibli bugʻ kondensastiyalanadi.



5.32-rasm. Qisman eriydigan aralashmalarining fazaviy diagrammalari.

5.16. Oddiy haydash

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: frakstiyali haydash; deflegmastiya bilan haydash; suv bug'i bilan haydash; molekulyar haydash.

Frakstiyali haydash Bu usul haydash kubidagi eritmani asta-sekin bug'latish yo'li bilan olib boriladigan ajratish jarayonidir (5.33-rasm).

Jarayon davomida hosil bulayotgan bug' kondensator 2 ga uzatiladi va u erda kondensastiyalanib, distillyat holatida yig'gich 3 ga yuboriladi. Jarayon tugagandan so'ng, kub 1 dagi kub qoldig'i chiqarib tashlanadi. Kub 1 to'yingan suv bug'i yoki tutun gazlari bilan qizdiriladi.

Eritmani haydash jarayonida kub qoldig'ida engil uchuvchan komponent miqdori va distillyat tarkibidagi miqdori maksimal qiymatdan minimalgacha kamayadi. Shuning uchun, har xil tarkibli distillyat frakstiyalari turli yig'gichlarga ajratib olinadi. har xil tarkibli mahsulot olishga mo'ljallangan eritmalarini ajratib olish usuli **frakstiyali haydash** deb nomlanadi.

Oddiy haydash davrida hosil bulayotgan bug' kubdan chiqarib olinadi va har bir onda kubda qolgan eritma bilan muvozanatda bo'ladi.

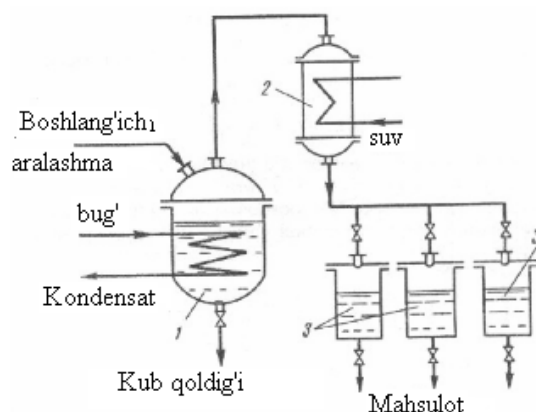
Bu usulda haydash atmosfera yoki vakuum ostida olib boriladi. Vakuum ostida haydash usuli issiqlikka chidamsiz eritmalarini ajratish imkoniyatini yaratadi, chunki bu usulda qaynash temperaturasi pasayadi. Shuning uchun ham bu usulda haydash davrida past temperaturali suv bug'laridan foydalaniladi.

Distillyatning o'rtacha tarkibi moddiy balans tenglamasidan aniqlanadi:

$$Fx_f = Wx_w + (F - W)x_{dyp}$$

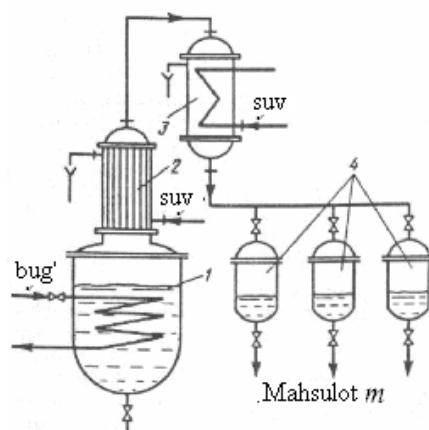
bundan

$$x_{dyp} = \frac{Fx_f - Wx_w}{F - W} \quad (5.122)$$



5.33-rasm. Oddiy haydash qurilmasi.

1 - kub; 2 - kondensator;
3 - distillyat yig'gichlar.



5.34-rasm. Deflegmatsiyali oddiy haydash qurilmasi.

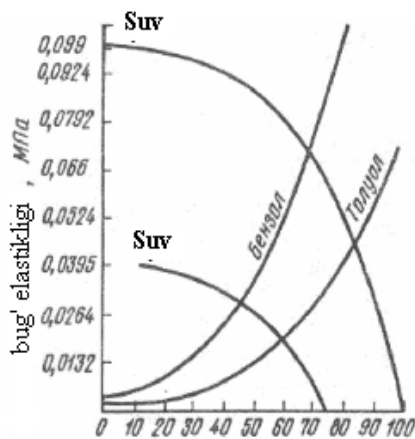
1 - kub; 2 - deflegmator; 3 - kondensator; 4 - yig'gichlar.

bu erda F - boshlang'ich eritma miqdori; x_f - boshlang'ich eritma konstantriyasi; W - kub qoldig'i miqdori; x_w - kub qoldig'i konstantriyasi.

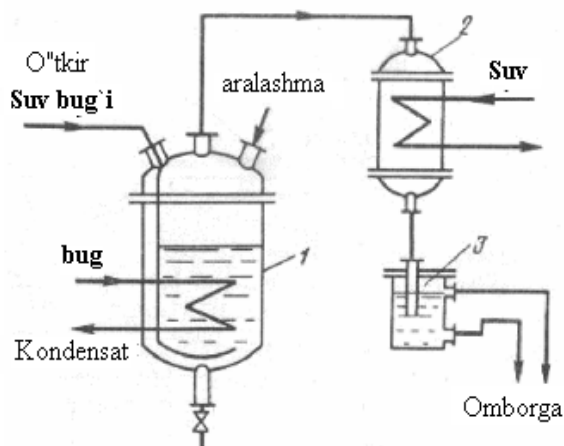
Deflegmastiya bilan haydash. Bu usul eritmalarini ajratish darajasini ko'tarish uchun qo'llaniladi (5.34-rasm).

Bu usulda, kub 1 da hosil bo'lgan bug'lar deflegmator 2 ga uzatiladi va u erda qisman kondensastiyalanadi. Qisman kondensastiyalanish davrida qiyin uchuvchan komponent miqdori ko'p bo'lgan flegma hosil bo'ladi va qaytadan kubga tushiriladi. Kub 1 ga tushish vaqtida ko'tarilayotgan bug'lar bilan o'zaro ta'sirida buladi.

Engil uchuvchan komponent miqdori yuqori bo'lgan bug'lar kondensatorga yo'naltiriladi. Kondensastiyalanish natijasida hosil bo'lgan distillyat yig'gich 4 ga tushadi. Kub qoldig'ining konstantriyasi o'rnatilgan x_w qiymatiga etganda so'ng, kubdan chiqarib yuboriladi.



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



5.36-rasm. Suv bug'i bilan oddiy haydash qurilmasi
1 - kub; 2 - kondensator;
3 - separator.

Suv bug'i bilan haydash. 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°S 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.

5.35-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 $69,5^{\circ}\text{S}$, bosim $r = 0,0395 \text{ MPa}$ da 46°S atrofida, bosim $r = 0,1 \text{ MPa}$ da toluol uchun esa 85°S .

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

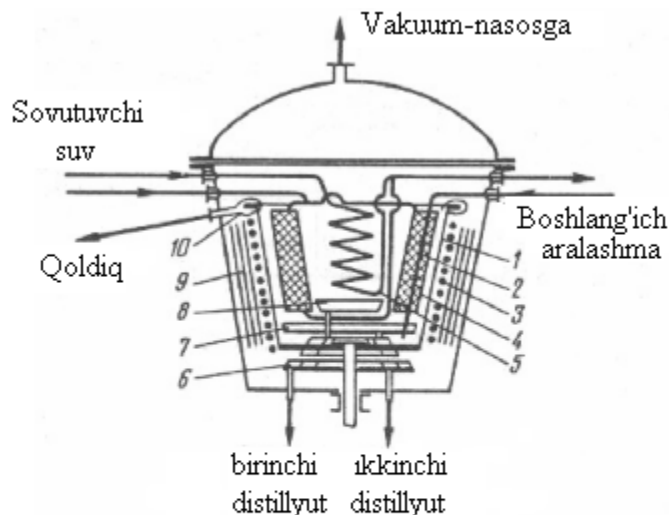
Boshlang'ich eritma kub 1 ga yuklanadi va uning g'ilofiga suv bug'i yuboriladi. So'ng, kub ichidagi eritmaga barboter orqali kuchli suv bug'i haydaladi. Eritmaning qaynash paytida hosil bo'lgan bug'lar kondensator 2 ga uzatiladi va undan keyin separator 3 da kondensat ajratiladi. Separatordan suv chiqariladi, suvda erimaydigan engil 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 eritmalar ajratish uchun qo'llaniladi.

Ushbu jarayon o'ta past vakuumda, ya'ni bosim $1,31 \dots 0,131 \text{ Pa}$ bo'lgan oralikda olib boriladi.

Molekulyar haydash eritmani tashqi yuzasidan bug'latish orqali amalga oshiriladi. Jarayon bir - biriga yaqin o'rnatilgan bug'latish va kondensastiyalash yuzalarida ro'y beradi. Shuni alohida ta'kidlash kerakki, ular orasidagi masofa odatda $20 \dots 30 \text{ mm}$, ya'ni molekulalarning erkin harakati uzunligidan kam bo'lishi kerak. Bunday holatda issiq yuzadan ko'tarilayotgan engil uchuvchan komponent molekulalari sovuq yuzaga urilishi bilan kondensastiyalanadi. Bug'lanish va kondensastiyalanish yuzalari o'rtasidagi temperaturalar farqi 100°S atrofida.

5.37-rasmda molekulyar haydash qurilmasining sxemasi keltirilgan.



5.37-rasm. Molekulyar haydash qurilmasi.

1 - rotor; 2 – boshlang'ich eritmani uzatish trubasi; 3 - elektr isitgich; 4,5 - kondensatorlar; 6 - halqasimon yig'gich; 7,8 -kondensator tagligi; 9 - koncentrik izolyacion plita; 10 - tarmoqli nov.

Boshlang'ich eritma qurilmaga truba 2 orqali rotor 1 ning tubiga uzatiladi. Rotordagi eritma markazdan qochma kuch tasirida konus yuzasi bo'ylab yupqa qatlam holida tarqaladi. Bug'lanish yuzasidan ajralib chiqkan molekularlar kondensastiyalanish yuzasiga qarab yunaladi.

Uchuvchanligi past komponent bug'lari kondensator 4 yuzalarida kondensastiyalansa, uchuvchanligi yuqori komponent bug'lari esa kondensator 5 yuzasida kondensastiyalanadi. Birinchi fraktsiya kondensator 4 dan taglik 8 ga, ikkinchisi esa zmeevikda kondensastiyalanib taglik 7 ga oqib tushadi. Eritmaning bug'lanmagan qismi esa markazdan qochma kuch tasirida rotor chetidan tarmoqli nov 10 ga toshib o'tadi va qurilmadan chiqarib yuboriladi. Ajratib olingan distillyat, taglik 8 chekkasidagi sekstiya orqali halqasimon yig'gichga, taglik 7 dan esa markaziy sekstiya orqali chiqarib olinadi.

5.17. Rektifikatsiya

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

Odatda, eritmalarini 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' kondensastiyalansa, eritma esa bug'ning kondensastiyalanish issiqligi hisobiga qisman bug'lanadi.

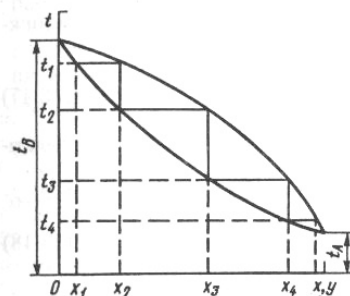
Shunday qilib, bug' engil uchuvchan komponent bilan, kolonnadan pastga oqib tushayotgan suyuqlik esa - qiyin uchuvchan komponent bilan boyitiladi. Bug' va eritmaning ko'p marta to'qnashishi hisobiga distillyat butunlay engil uchuvchan, kub qoldig'i esa - qiyin uchuvchan komponentdan tarkib topgan bo'ladi.

Rektifikatsiya jarayonini hisoblashda quyidagi ta'hmirlar qabul qilinadi:

- 1 kmol bug' kondensastiyalanish davrida 1 kmol suyuqlik bug'lanadi. Demak, rektifikastion kolonnaning istalgan ko'ndalang kesimida harakatlanayotgan bug'ning miqdori bir xildir;
- deflegmatorda kondensastiyalanayotgan bug'ning tarkibi o'zgarmaydi. Demak, rektifikastion kolonnadan chiqib ketayotgan bug'ning tarkibi distillyatnikiga teng ($u_d = x_d$) bo'ladi;
- 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 (5.38-rasm).

Konstentrastiyasi x_1 bo'lgan boshlang'ich eritma qaynash temperaturasi t_1 gacha qizdirilganda, suyuqlik bilan muvozanatdagi bug' olinadi va u kondensastiyalanganda engil uchuvchan komponentga boyitilgan x tarkibli suyuqlik hosil bo'ladi. Ushbu suyuqlik yana qizdirilsa va uning temperaturasi t_2 gacha etkazilsa, hosil bo'lgan bug'ning kondensastiyalanishi natijasida x_3 tarkibli suyuqlikni olamiz. Shunday qilib, bug'lanish va kondensastiyalash jarayoni ko'p marta



5.38-rasm. $t - x, y$ - diagramma.

qaytarilsa, boshlang'ich eritmani toza, engil va qiyin uchuvchan komponentlarga ajratish mumkin.

5.17.1. Rektifikatsiya jarayonining moddiy va issiqlik balanslari

Jarayonning prinsipial sxemasi asosida rektifikatsiyaning moddiy va issiqlik balanslari tuziladi (5.39-rasm). Rektifikatsion kolonnaga uzatilgan boshlang'ich eritma distillyat va kub qoldig'iga ajratiladi.

Kolonnadan chiqayotgan bug'lar deflegmator 4 da kondensastiyalanadi va ajratuvchi idish 3 ga tushadi. Bu erda suyuqlik ikki qismga, ya'ni flegma F va distillyatga ajratiladi. Flegma kolonnada purkatilish uchun yo'naltiriladi.

Jarayon moddiy balansi ushbu ko'rinishga ega:

$$G_f = G_d + G_w \quad (5.123)$$

Engil uchuvchan komponent bo'yicha esa:

$$G_f \cdot x_f = G_d \cdot x_d + G_w \cdot x_w \quad (5.124)$$

bu erda 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 engil uchuvchan komponentning konstantriastiyalari, mol ulushlar.

(5.123) va (5.124) tenglamalardan distillyat va kub qoldig'ining massalari aniqlanadi:

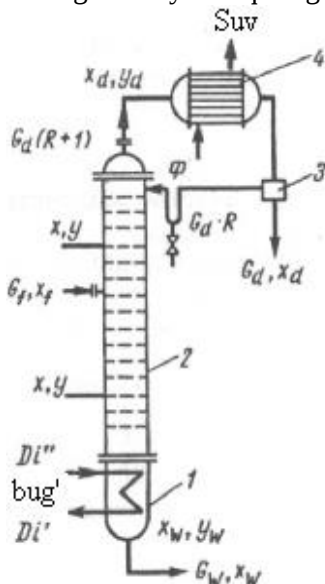
$$G_d = G_f \frac{x_f - x_w}{x_d - x_w} \quad (5.125)$$

$$G_w = G_f \frac{x_d - x_f}{x_d - x_w} \quad (5.126)$$

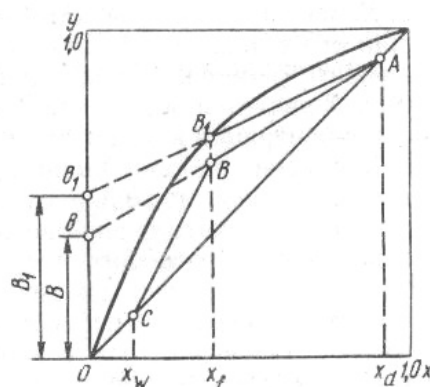
Boshlang'ich eritma, kub qoldig'i va flegmalarning 1 kmol distillyatga nisbatlarini quyidagicha belgilab olamiz:

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

Flegma miqdorining distillyat miqdoriga nisbati **flegma soni** deb nomlanadi.



5.39-rasm. Rektifikatsiya jarayonining moddiy va issiqlik balanslarini tuzishga oid.



5.40-rasm. Rektifikatsiya jarayoni ishchi chizig'ining tasviri.

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

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

$$G \cdot dy = L \cdot (-dx) \quad (5.127)$$

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

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

$$G = G_d + \Phi = G_d + R G_d = G_d (1 + R) \quad (5.128)$$

Kolonnaning yuqori qismi uchun:

$$(R + 1) \cdot dy = R \cdot (-dx) \quad (5.129)$$

Pastki qismi uchun:

$$(R + 1) \cdot dy = (F + R) \cdot (-dx) \quad (5.130)$$

Konstentrastiyalari x, u bo'lgan kolonna yuqori qismining istalgan ko'ndalang kesimi va konstentrastiyalari x_d, u_d bo'lgan kolonnaning yuqori qismi uchun (5.129) tenglamani yozamiz: ($x_d = u_d$ deb qabul qilingan holda)

$$(R + 1) \cdot (y_d - y) = (R + 1) \cdot (x_d - y) = R \cdot (x_d - x)$$

Bundan

$$y = \frac{R}{R + 1} x + \frac{x_d}{R + 1} \quad (5.131)$$

Konstentrastiyasi x, u bo'lgan kolonnaning pastki qismi va konstentrastiyalari x_w, u_w bo'lgan kubning istalgan ko'ndalang kesimi uchun, $x_w = y_w$ ni hisobga olib (5.130) tenglamani yozamiz:

$$(R + 1) \cdot (y - y_w) = (R + 1) \cdot (y - x_w) = (F + R) \cdot (x - x_w)$$

yoki

$$y = \frac{R + F}{R + 1} x - \frac{F - 1}{R + 1} x_w \quad (5.132)$$

Ko'rinib turibdiki (5.131) va (5.132) tenglamalar to'g'ri chiziqni ifodalaydi. (5.131) tenglamadagi $R/(R + 1) = \tan \alpha$ - ishchi chiziqning absstissa o'qiga og'ish burchagi tangensi $x_d/(R + 1) = B$ chiziq $u - x$ diagramma ordinata o'qida ajratgan kesmasi (5.40-rasm).

Shunday qilib, (5.131) va (5.132) tenglamalar rektifikastion kolonnaning yuqori va pastki qismlarining ishchi chiziq tenglamalarini ifodalaydi.

Agar, jarayon davriy bo'lsa, rektifikatsiya jarayoni kolonna yuqori qismining ishchi chizig'i bilan ifodalanadi.

(5.129) tenglamadan kolonnaning ta'minlovchi tarelka ko'ndalang kesimi va tepasi uchun quyidagi ifodani olamiz:

$$(R + 1) \cdot (x_d - y_f) = R \cdot (x_d - x_f) \quad (5.133)$$

bundan

$$R = \frac{x_d - y_f}{y_f - x_f} \quad (5.134)$$

5.17.2. Uzlusiz ishlaydigan rektifikastion kolonnaning issiqlik balansi

Bu turdagi qurilmalarning issiqlik balansi quyidagi tenglik bilan ifodalanadi (5.39-rasm).

$$Q_1 + G_f c_f t_f + R \cdot G_d c_d t_d = G_d (R + 1) \cdot (r_d - c_d t_d) + G_w c_w t_w + Q_{i\gamma k} \quad (5.135)$$

bu erda Q_1 - kubdagi issiqlik sarfi, J/soat; c_f, c_d, c_w - boshlang'ich eritma, distillyat va kub qoldiqlarining solishtirma issiqlik sig'imi, J/(kg·K); t_f, t_d, t_w - boshlang'ich eritma, distillyat va kub qoldiqlarining temperaturalar, K; r_d - distillyatning bug' hosil qilish issiqligi, J/kg; $Q_{i\gamma k}$ - atrof muhitga issiqlikning yo'qotilishi, J/soat.

Rektifikastion kolonna kubidagi issiqlik sarfini (5.135) tenglamadan topamiz:

$$Q_1 = G_d (R + 1) \cdot r_d + G_d c_d t_d + G_w c_w t_w + G_f c_f t_f + Q_{i\gamma k} \quad (5.136)$$

Agar, qaynatgich suv bug'i bilan isitilayotgan bo'lsa, jarayonni o'tkazish uchun sarflanayotgan bug' sarfi ushbu tenglamadan aniqlanadi:

$$D = \frac{Q_1}{i'' - i'} \quad (5.136)$$

bu erda i'' , i' - suv bug'i va kondensatning entalpiyalari, kJ/kg.

Ishchi chiziqni u – x diagrammada tasvirlash. Eritma tarkibini xarakterlovchi x_w , x_f , x_d konstantstrasiya qiymatlari absstissa o'qiga quyiladi (5.40-rasm). Agar, $x_d = u_d$ ekanligini hisobga olsak, x_d nuqtadan perpendikulyar chiqarib, diagonal chiziq bilan kesishgan, koordinatlari $x_d = u_d$ bo'lgan, **A** nuqtasi topiladi.

Flegma soni **R** ma'lum bo'lsa, $V = x_d/(R+1)$ kesma aniqlanadi va u diagrammaning ordinata o'qiga qo'yiladi. So'ng, **V** kesmaning uchi bo'lmish nuqta **b** va **A** lar birlashtiriladi. Boshlangich eritma konstantstrasiyasiga oid x_f nuqtasidan **Ab** chizig'i bilan **V** nuqtada kesishguncha vertikal chiziq o'tkaziladi. **AV** to'g'ri chiziq kolonna yuqori qismining ishchi chizig'ini ifodalaydi. Keyin, x_w nuqtasidan perpendikulyar chiqarilib, diagonal bilan kesishgan **S** nuqtani topamiz. **S** va **V** nuqtalarni birlashtirib, kolonna pastki qismining ishchi chizig'ini topamiz. Diagrammadan ko'rinib turibdiki, **V** nuqta ikkala ishchi chiziq uchun umumiy bo'lib, ta'minlovchi tarelkadagi bug' va suyuqlikning ishchi konstantstrasiyalarini xarakterlaydi.

Eritma konstantstrasiyalari x_w , x_f , x_d bo'lganda, ishchi chiziqning holati kesma **V** ning qiymatiga bog'liq. o'z navbatida **V** kesma ishchi flegma soni **R** ning kattaligi bilan aniqlanadi. Agar, flegma soni kamaysa, kesma **V** ning qiymati ortadi. Bunda ishchi va muvozanat chiziqlarining **V₁** nuqtasida kesishganda, ishchi chiziq o'zining maksimal yuqori holati - **Ab** ga intiladi. Ushbu nuqtada jarayonni harakatga keltiruvchi kuchi $\Delta u = u_m - u = 0$ bo'ladi. Demak, rektifikastion kolonnaning fazalar to'qnashish yuzasi cheksiz katta bo'lishi kerak.

Haqiqatan ham, bunday holatda konstantstrasiyalar o'zgarishining nazariy pog'onalar soni cheksiz bo'ladi va eritmani faqat cheksiz balandlikka ega shartli kolonnada ajratish mumkin. Lekin, isituvchi bug' va kolonna diametri minimal ko'rsatkichli bo'ladi. Albatta, bunday sharoitda flegma soni ham minimal bo'ladi va uni ushbu tenglamadan aniqlash mumkin:

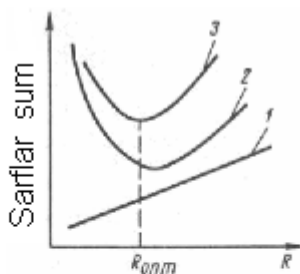
$$R_{\min} = \frac{x_d - y_{fm}}{y_{fm} - x_f} \quad (5.137)$$

Ishchi chizig'ining quyi chegaraviy holatiga cheksiz katta flegma soni to'g'ri keladi va u grafikda **V=0** kesma bilan ifodalanadi. Bu holda ikkala ishchi chiziq diagonal bilan ustma-ust tushadi. Cheksiz katta flegma soniga maksimal harakatga keltiruvchi kuch $\Delta u_{\min} = u_m - u$ va o'z navbatida konstantstrasiya o'zgarish nazariy pogonalarining minimal soni va kolonnaning minimal soni, hamda kolonnaning minimal balandligi to'g'ri keladi. Lekin, kolonnadagi bug', qaynatgichdagi isituvchi bug', deflegmatordagi sovuq suv sarfi va qurilma diametri maksimal bo'ladi.

5.17.3. Haqiqiy flegma soni

Haqiqiy flegma sonini tanlash o'ta murakkab masaladir, chunki uning miqdoriga qarab rektifikastion kolonna o'lchamlari va issiqlik eltkichlar sarfi o'zgaradi. Kolonnalarni ishlatish uchun zarur sarflar va kapital harajatlar, hamda energetik sarflar flegma soniga bog'liq.

5.41-rasmda haqiqiy flegma sonining rektifikatsiya jarayoni sarflariga bog'liqligi tasvirlangan.



5.41-rasm. Rektifikatsiya jarayoniga bog'liq bo'lgan sarflarning flegma soniga bog'liqligi.

- 1- ekspluatatsion sarflar;
- 2- kapital sarflar;
- 3- umumiy sarflar.

Ko'rinib turibdiki, flegma soni ortishi bilani ekspluatatsion sarflar proporsional ravishda ortadi. Kapital sarflarning flegma soniga bog'liqligi kolonna diametri va balandligiga teskari proporsionalligi bilan ifodalanadi. Flegma sonining ma'lum bir qiymatiga kapital sarflarning minimal kattaligi to'g'ri keladi.

Umumiy sarflar va flegma soni orasidagi bog'liqlik ham minimum nuqtasi bilan xarakterlanadi. Bu nuqtaga mos **R** haqiqiy flegma sonining optimal qiymatiga teng bo'ladi.

Haqiqiy flegma sonini quyidagi formulada hisoblash mumkin:

$$R_x = \beta_R R_{\min} \quad (5.138)$$

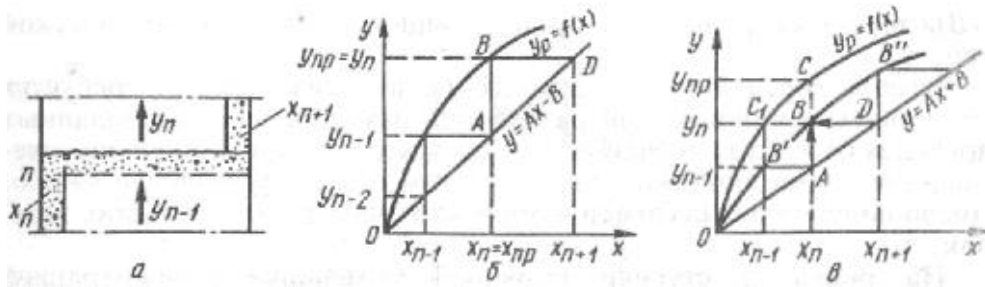
bu erda β_R - flegma ortiqchaligini ifodalovchi koeffistient. Ko'pchilik hollarda ushbu koeffistient quyidagi oralikda bo'ladi - $\beta = 1,04...1,5$.

5.17.4. Rektifikastion kolonna ishchi balandligi va tarelkalar sonini hisoblash

Odatda ushbu parametrlarni aniqlash konstantriastiyalar o'zgarishining nazariy yoki haqiqiy pog'onalarini soniga qarab olib boriladi. Bunda, nazariy pog'onada bug' va oqib tushayotgan suyuqlik muvozanat holatida bo'ladi.

Barbotaj tarelkasining ishlash prinsipini ko'rib chiqamiz (5.42-rasm).

Agar, konstantriastiyasi x_{n+1} bo'lgan suyuqlik yuqoridan n – tarelkaga oqib tushsa, pastdagi tarelkadan konstantriastiyasi y_{n-1} bo'lgan bug' ko'tariladi. Massa almashinish natijasida suyuqlikdagi engil uchuvchan komponent bug'ga o'tsa, qiyin uchuvchan esa - bug'dan suyuqlikka o'tadi. Bug'dagi engil uchuvchan komponent konstantriastiyasi y_n gacha ortsa, suyuqlikda esa x_{n+1} dan x_n gacha kamayadi.



5.42-rasm. Tarelkalar sonini aniqlash o'ld.

a - tarelkada bu? va suyu?likning o'zaro ta'siri; b - bu? va suyu?lik muvozanatga erishish jarayonini u-h diagrammada tasvirlash; c - bu? va suyu?lik muvozanatga erishmagan jarayonini y-x diagrammadagi tasviri.

Jarayonni taHlil qilishda quyidagi taHminlarni qabul qilamiz: tarelkadagi suyuqlik ideal aralashtirilgan va uning konstantriastiyasi o'zgarish x_n ga teng; ideal siqib chiqarish rejimidagi suyuqlik qatlamida bug'ning konstantriastiyasi y_{n-1} dan y_n gacha o'zgaradi.

Bug' konstantriastiyasi y_{n-1} dan $y_n = u_{pr}$ gacha o'zgarishi davrida muvozanatga erishishi vertikal AV kesma bilan tasvirlansa, konstantriastiyasining x_{n+1} dan x_n gacha o'zgarishi esa, BD kesma bilan xarakterlanadi (5.42b-rasm). Shunday qilib, AVD pog'ona bitta nazariy tarelkada sodir bo'layotgan jarayonni ifodalaydi.

Rektifikastion kolonnada o'rnatish zarur bo'lgan nazariy tarelkalar sonini aniqlash uchun ishchi va muvozanat egri chiziqlarining A va S nuqtalari orasiga pog'onalar quriladi.

Kolonnaning haqiqiy tarelkasida hech qachon muvozanat konstantriastiyasiga erishib bo'lmaydi, ya'ni $y_n < u_{pr}$ (5.42v-rasm).

Kolonnadagi haqiqiy tarelkalar sonini aniqlash uchun foydali ish koeffitsienti qo'llaniladi. Odatda uning kattaligi tajribaviy usul bilan topiladi. Rektifikatsiya jarayonida massa berish koeffitsientini hisoblash uchun quyidagi tenglamalar tavsiya etiladi:

suyuq fazada:

$$Nu_{\text{DC}} = 540 \cdot Re_c^{0,33} \cdot Pr_{\text{DC}}^{0,45} \quad (5.139)$$

elaksimon tarelkalarda gaz fazasi uchun:

$$Nu_{\text{DF}} = 2,5 \cdot Re_r^{0,72} \cdot Pr_{\text{DF}}^{0,5} \cdot We^{-0,25} \quad (5.140)$$

qalpoqchali tarelkalarda gaz fazasi uchun:

$$Nu_{\text{DF}} = 0,265 \cdot Re_r \cdot Pr_{\text{DF}}^{0,5} \cdot We^{-0,25} \quad (5.141)$$

(5.140) va (5.141) tenglamalardagi Nu_{dg} va Re_g kriteriyalarda aniqlovchi o'lcham sifatida kapillyar konstanta $\chi = \sqrt{\sigma / \rho_c g}$ Hisoblanadi. Veber kriteriyasi $We = (\sigma / p_c) h_{cm}^2 g$,

bu erda σ - sirti taranglik, N/m; h_{st} - tarelkadagi suyuqlik qatlamining statik balandligi, m.

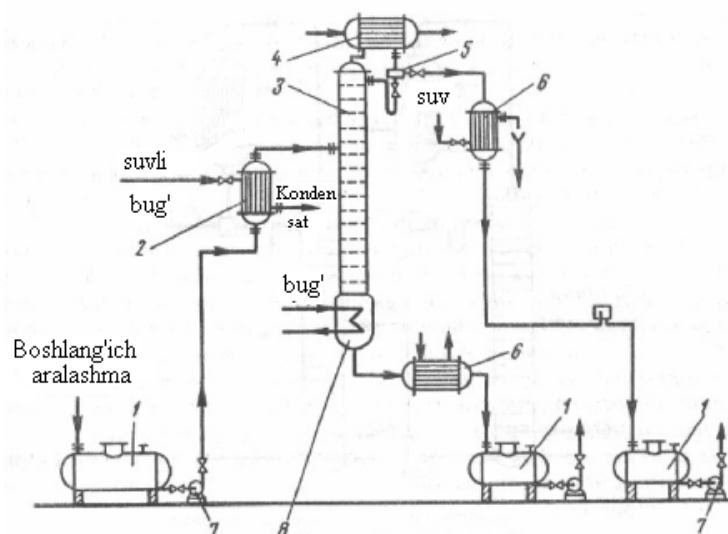
5.18. Rektifikatsiya jarayonini tashkil etish usullari

Istalgan rektifikastion sxema tarkibida kolonna (tarelkali yoki nasadkali) va qaynatgich bo'ladi. Odatda, qobiq - trubali yoki zmeevikli issiqlik almashinish qurilmasidan qaynatkich sifatida foydalaniladi. Qaynatkich kolonnaning pastki qismida yoki uning tashqarisida o'rnatilishi mumkin.

Turli sanoat korxonalarida tarelkali va nasadkali kolonnalar ko'p ishlatiladi.

Uzluksiz ishlaydigan rektifikastion kolonnaning prinsipial sxemasi 5.43-rasmda ko'rsatilgan.

Boshlang'ich eritma isitkich 2 da qizdiriladi va kolonnaning ta'minlovchi tarelkasiga uzatiladi. Kolonnadagi qaynatkich 8 ning issiqligi ta'sirida rektifikatsiya jarayoni sodir bo'ladi, eritma distillyat va kub qoldig'iga ajraladi. Kolonnadan chiqayotgan bug'lar deflegmator 4 da qisman yoki to'la kondensastiyalanadi. Agar bug' to'la kondensastiyalansa, hosil bo'lgan distillyat ajratuvchi moslama 5 da ikki qismiga bo'linadi.



5.43-rasm. Uzlüksiz ishlaydigan rektifikacion kolonna.

1 – yig'gich; 2 - isitkich; 3 - rektifikacion kolonna; 4 - deflegmator; 5 - ajratuvchi moslama; 6 - sovutkich; 7 - nasoslar; 8 - qaynatkich.

Birinchi qism - flegma suyuqlik tambsi orqali o'tib kolonnaning yuqori tarelkasida purkaladi, ikkinchi qismi esa - distillyat sovutkich 6 dan o'tkazilib sovutiladi va yig'gich 1 da to'planadi.

Agar, bug'lar deflegmatorda qisman kondensastiyalansa, ular kondensator-sovutkich orqali o'tkaziladi, u erda kondensastiyalanadi va sovutiladi. Jarayon mobaynida hosil bo'layotgan kub qoldig'i uning qimmatligi va zarurligiga qarab yoki yig'gichda to'planadi, yoki oqava suv sifatida utilizastiyaga yo'naltiriladi.

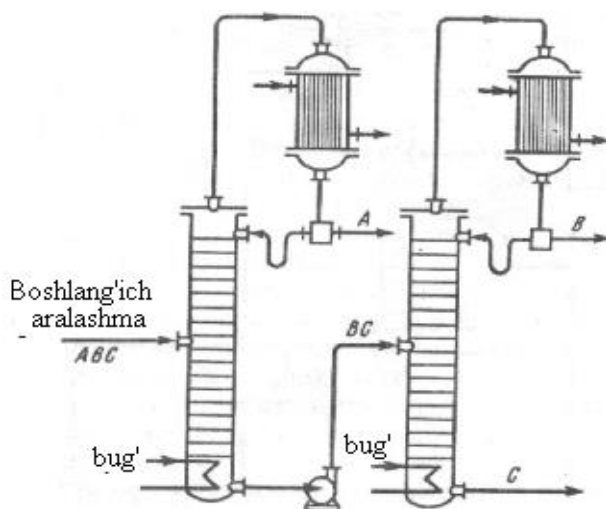
Odatda, sanoat miqyosida boshlang'ich eritma uch va undan ko'p qismlarga ajratiladi.

Ko'p komponentli eritmalar rektifikatsiya qilish sxemasi 5.44-rasmda tasvirlangan. Ushbu sxema ko'p kolonnali bo'lib, boshlang'ich eritmani uzluksiz ravishda uch qism, ya'ni A, V va S komponentlarga ajratishga mo'ljallangan.

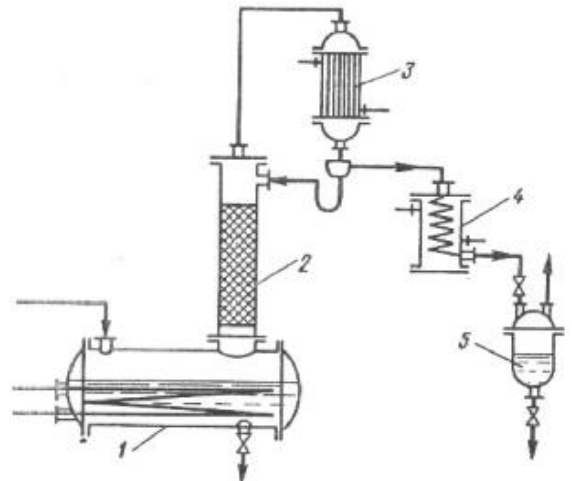
Birinchi kolonna aralashmani A+VS yoki AV+S qismlarga ajratadi. Aralashmani n qismga ajratish uchun $n-1$ rektifikacion kolonnalardan tarkib topgan rektifikacion sxema zarur bo'ladi.

Davriy ishlaydigan rektifikacion kolonnaning prinistipial sxemasi 5.45-rasmda keltirilgan.

Boshlang'ich aralashma bug' bilan isitilayotgan qaynatkichga uzatiladi. Qaynash temperaturasigacha isitilgan aralashmaning bug'lari rektifikacion kolonnaning pastki qismiga yuboriladi. Kolonna bo'ylab tepaga ko'tarilayotgan bug'lar engil uchuvchan komponent bilan boyib boradi, so'ng esa deflegmatorga tushadi. U erda kondensastiyalanadi. Xuddi uzluksiz ishlaydigan rektifikatsiya sxemasidek, kondensat flegma va distillyatga ajraydi. Qurilmadagi kub qoldig'i to'kiladi va u yangi boshlang'ich aralashma bilan to'ldiriladi.



5.44-rasm. Ko'p komponentli aralashmalarni ajratish rektifikacion shemasi.



5.45-rasm. Davriy ishlaydigan rektifikacion kolonna shemasi.

1 - qaynatkich; 2 - kolonna; 3 - deflegmator; 4 - sovutkich; 5 - yig'gich.

5.19. Rektifikatsion kolonnalarni hisoblash

Ma'lumki, halq xo'jaligining turli sohalarida rektifikatsiya jarayoni juda ko'p ishlatiladi. Bu jarayonni amalga oshirishda tarelkali kolonnalardan keng ko'lamda foydalaniladi.

Misol tariqasida etil spirti-suv aralashmasini ajratish uchun uzluksiz ishlaydigan rektifikatsion kolonnani (tarelkali) hisoblashni ko'rib chiqamiz. Etil spirti-suv aralashmasining massaviy sarfi $G=800$ kg/soat etil spirtining boshlang'ich eritmadagi konstantrostiyasi $a_f=20\%$ (mass); etil spirtning distillyatdagi konstantrostiyasi $a_d=91\%$ (mass); etil spirtning kub qoldig'idagi konstantrostiyasi $a_w=2,6\%$ (mass); flegmaning ortiqchalik koeffitsienti $\beta_R=1,3$; $\eta=0,5$; tarelkalar orasidagi masofa $h=200$ mm; isituvchi bug' bosimi $p_b=0,3$ MPa; rektifikatsiya jarayoni atmosfera bosimida tashkil etilgan. Distillyat G_d , kub qoldig'i G_w va tarelkalar miqdori n , hamda kolonna balandligi N , diametri D_k va isituvchi bug' sarfi D larni aniqlash zarur.

Moddiy balans (5.125) formuladan hosil bo'layotgan distillyat miqdorini aniqlaymiz:

$$G_d = G_f \frac{a_f - a_w}{a_d - a_w} = 800 \frac{20 - 2,6}{91 - 2,6} = 157,4 \text{ kg / soat}$$

(5.123) formuladan esa kub qoldig'ining miqdori topiladi:

$$G_w = G_f - G_d = 800 - 157,4 = 642,4 \text{ kg / soat}$$

Rektifikatsiya jarayonini $u-x$ koordinatlarida qurish uchun boshlang'ich aralashma, distillyat va kub qoldiqlari tarkibidagi engil uchuvchan komponent konstantrostiyasini quyidagi formulalar yordamida mol ulushlarda ifodalash mumkin:

$$x_{f,d,w} = \frac{\frac{a_{f,d,w}}{M_a}}{\frac{a_{f,d,w}}{M_a} + \frac{100 - a_{f,d,w}}{M_B}}$$

bu erda M_a va M_B - engil spirt va qiyin suv uchuvchan komponentlarning molekulyar massalari:

$$x_f = \frac{20/46}{20/46 + (100-20)/18} = \frac{0,434}{0,434 + 0,44} = 0,089;$$

$$x_d = \frac{91/46}{91/46 + (100-91)/18} = \frac{1,978}{1,978 + 0,5} = 0,798$$

$$x_w = \frac{2,6/46}{2,6/46 + (100 - 2,6)/18} = \frac{0,056}{0,056 + 5,41} = 0,01$$

Tajriba malumotlari asosida $u - x$ kordinatlarida boshlang'ich aralashma uchun muvozanat chizig'ini qo'ramiz.

(5.137) formula yordamida minimal flegma sonini aniqlaymiz:

$$R_{\min} = \frac{x_d - y_{fm}}{y_{fm} - x_f} = \frac{0,798 - 0,44}{0,44 - 0,089} = 1,25$$

bu erda y_{fm} - boshlang'ich aralashma tarkibidagi engil uchuvchan komponent bilan muvozanatda bo'lgan bug'dagi engil uchuvchan komponent konstantasiyasi.

Kolonna yuqori qismi uchun ishchi chizig'ini qurish uchun (5.138) formuladan haqiqiy flegma sonini hisoblaymiz:

$$R = \beta_R R_{\min} = 1,3 \cdot 1,25 = 1,629$$

Kesma V ning uzunligini topamiz (5.46-rasm):

$$B = \frac{x_d}{R + 1} = \frac{0,798}{0,629} = 0,3$$

So'ng, ordinata o'qida $V=0,3$ kesmani o'lchab, uni A nuqta ($x_d = u_d$ koordinatli) bilan birlashtiramiz va kolonnaning yuqori qismi uchun ishchi chiziqli olamiz. Pastki qism uchun ishchi chiziqli esa, V nuqtani (x_f, u_f - kordinatli) S nuqta ($x_w = y_w$ koordinatli) bilan birlashtirib aniqlanadi.

Kolonna pastki va yuqori qismlaridagi konstantasiya o'zgarishi pog'onalarining soni (n) ni aniqlaymiz. Buning uchun muvozanat va ishchi chiziqlari orasiga A nuqtadan S gacha pog'onali chiziqlar o'tkazamiz. Tarelka soni (5.66) formula yordamida topiladi, yani:

$$n_x = \frac{n}{\eta} = \frac{16}{0,5} = 32$$

Kolonnaning haqiqiy balandligi esa

$$H = h \cdot (u_x - 1) = 0,2 \cdot 31 = 6,2 \text{ m}$$

bu erda h – tarelkalar orasidagi masofa, m.

Qurilma diametri ushbu formuladan hisoblanadi:

$$D_K = \sqrt{\frac{V}{0,785 \cdot w_u}}$$

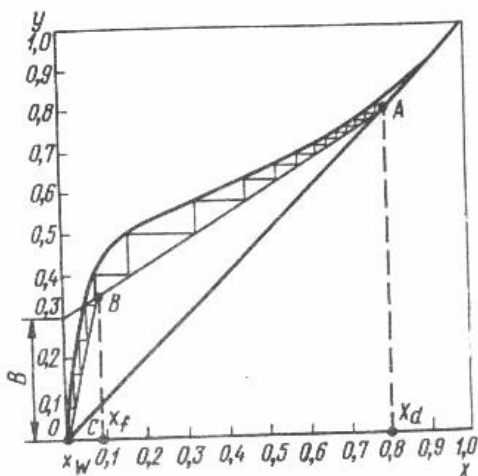
bu erda V - kolonnadagi bug' sarfi; w_u - bug'ning ishchi tezligi.

$$\begin{aligned} V &= \frac{G_d (R + 1) \cdot (273 + t_{yp}) \cdot 22,4}{3600 \cdot M_a \cdot 273} = \\ &= \frac{157,4 \cdot 2,629 \cdot 360 \cdot 22,4}{3600 \cdot 46 \cdot 273} = 0,0738 \text{ m}^3 / \text{c} \end{aligned}$$

bu erda $t_{yp} = 87^\circ\text{S}$ - kolonnadagi bug'larning o'rtacha temperaturasi.

Kolonnadagi bug'ning tezligi quyidagicha aniqlanadi:

$$w_{np} = 0,05 \sqrt{\frac{\rho_c}{\rho_o}}$$



5.46-rasm. Rektifikacion kolonna tarelkalarining sonini grafik usulda aniqlash.

bu erda ρ_a, ρ_b - suyuqlik va bug'ning o'rtacha zichliklari.

Bug'ning o'rtacha zichligi:

$$\rho_{\bar{o}} = \frac{\rho_{\bar{o}w} + \rho_{\bar{o}d}}{2} = \frac{0,596 + 1,59}{2} = 1,09 \text{ } \kappa\text{z} / \text{ } m^3$$

Kubdan chiqayotgan bug'ning zichligi (bug' faqat toza suvdan iborat deb taHmin qilinganda),

$$\rho_{\bar{o}w} = \frac{M_B \cdot 273}{22,4 \cdot (273 + t_w)} = \frac{18 \cdot 273}{22,4 \cdot (273 + 95)} = 0,596 \text{ } \kappa\text{z} / \text{ } m^3$$

bu erda $t_w = 95^\circ S$ - kubdagi aralashma qaynash temperaturasi.

Deflegmatorga kirayotgan bug'ning zichligi (bug' faqat toza spirtan iborat deb taHmin qilinganda),

$$\rho_{\bar{o}d} = \frac{M_a \cdot 273}{22,4 \cdot (273 + t_d)} = \frac{46 \cdot 273}{22,4 \cdot 351,0} = 1,59 \text{ } \kappa\text{z} / \text{ } m^3$$

bu erda $t_d + 78^\circ S$ - spirtning qaynash temperaturasi.

Kolonnadagi suyuqlikning o'rtacha zichligini $78^\circ S$ li spirt zichligi va kubda suvning qaynash temperaturalarining o'rtacha qiymati deb topamiz:

$$\rho_c = \frac{\rho_{cw} + \rho_{cd}}{2} = \frac{958 + 735}{2} = 846,5 \text{ } \kappa\text{z} / \text{ } m^3$$

Unda

$$w_{np} = 0,05 \sqrt{\frac{846,5}{1,09}} = 1,393 \text{ } m / \text{ } c$$

Ishchi tezlikni ruxsat etilgan chegaraviy tezlikdan 20% ga kam miqdorda qabul qilamiz, yani

$$w_u = 0,8 \cdot 1,393 = 1,11 \text{ } m / \text{ } c$$

Unda, kolonnaning diametri

$$D = \sqrt{\frac{0,0738}{0,785 \cdot 1,11}} = 0,291 \text{ } m$$

Issiqlikning umumiy sarfi rektifikastion kolonnaning issiqlik balansidan aniqlanadi:

$$Q = G_d(R + 1) \cdot r_d + G_w c_w t_w - G_f c_f t_f - R G_d c_d t_d$$

bu erda $r_d = 850 \text{ kJ/kg}$ aralashmaning issiqlik hosil qilish issiqligi; $c_f = 4310$, $c_d = 3600$, $c_w = 4190 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$ solishtirma issiqlik sig'imlar; $t_f, t_d, t_w - x_f, x_d, x_w$ 5.46-rasmdagi egri chiziqlaridan topiladigan qaynash temperaturalari; $t_f = 87^\circ S$, $t_d = 78^\circ S$, $t_w = 95^\circ S$ ga teng deb qabul qilamiz.

Atrof muHitga issiqlikning yo'qotilishi umumiy issiqlik sarfidan 3...5% deb qabul qilinadi, yani

$$Q_{\text{ayk}} = 0,03 \cdot Q = 7066,3 \text{ } \kappa\text{J/soat}$$

Issiqlik sarfi:

$$Q = 157,4 \cdot 2,629 \cdot 850 + 642,6 \cdot 4,19 \cdot 95 - 800 \cdot 4,31 \cdot 87 - 1,629 \cdot 157,4 \cdot 3,6 \cdot 78 = 235546,4 \text{ } \kappa\text{J/soat}$$

Isituvchi bug' sarfi:

$$D = \frac{Q_{ym}}{i'' - i'} = \frac{242612,7}{2730 - 558,9} = 111,75 \text{ } \text{kg/soat}$$

bu erda $i'' = 2730 \text{ kJ/kg}$ - isituvchi bug' entalpiyasi; $i' = 558,9 \text{ kJ/kg}$ - kondensat entalpiyasi. Isituvchi bug' va kondensatlarning entalpiyalari to'yingan suv bug'i bosimi bo'yicha jadvaldan aniqlanadi.

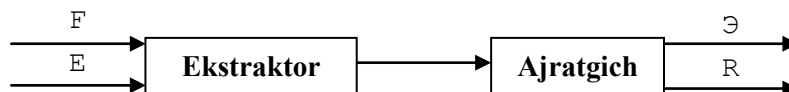
«SUYUQLIK - SUYUQLIK» SISTEMASIDA EKSTRAKSIYALASH

5.20. Umumiy tushunchalar

«Suyuqlik - suyuqlik» sistemalarida eritma yoki qattiq jismlar tarkibidan bir yoki bir necha komponentlarni maxsus suyuqlik (erituvchi) yordamida ajratib olish jarayoni **ekstraksiyalash** deb nomlanadi. Shuni alohida ta'kidlash kerakki, erituvchi aralashmada erimaydi, lekin ekstraksiyalanayotgan komponentni eritadi.

Ma'lumki, ekstraksiya jarayoni 2 xil bo'ladi. 1) suyuqliklarni ekstraksiyalash; 2) qattiq materiallarni ekstraksiyalash.

Ekstraksiya jarayonining prinsipial sxemasi 5.47-rasmda keltirilgan.



5.47-rasm. Ekstraksiya jarayonining prinsipial sxemasi.

Tarkibida tarqatuvchi modda **M** bor boshlang'ich eritma **F** va erituvchi **E** lar ekstraktorga yuklanadi. Biror eritma tarkibidagi komponentlarni ajratib olish uchun qo'llaniladigan suyuqlik **ekstragent (E)** deb nomlanadi. Fazalar o'rtasida massa almashinish jarayoni ularning bevosita to'qnashuvi tufayli yuz beradi. Ekstraksiya natijasida hosil bo'lgan suyuq aralashma ajratgichga yuboriladi va u erda ekstrakt (**E**) va rafinat (**R**) ga ajratiladi.

Suyuq aralashmani ekstrakt va rafinatga ajratish uchun tindirish, separastiyalash, stentrifugalash yoki boshqa mexanik jarayonlar g'o'llaniladi.

Ekstrakt tarkibidagi zarur komponent (mahsulot) ajratib olinadi, rafinatdan esa ekstragent qayta tiklanadi.

Ekstraksiya jarayoni turli xil konstruktiviyali qurilmalarda - **ekstraktorlarda** o'tkaziladi.

Jarayon tahlili shuni ko'rsatadiki, bu jarayon ham rektifikatsiya kabi eritmalarini ajratish uchun ishlatiladi. Agar, rektifikatsiya jarayoni issiqlik ta'sirida olib borilsa, ekstraksiya uchun esa - uning zarurati yo'g'. Rektifikatsiyada komponentlarga ajratish ularning turli uchuvchanligiga bog'liq. Agar, eritma komponentlarining qaynash temperaturalarini bir - biriga juda yaqin bo'lsa, ekstraksiya jarayonidan foydalanish yuqori samara beradi. Lekin, ekstragentning zichligi, suyuq aralashma zichligidan etarli darajada farq qilishi va kam bo'lishi kerak.

Ekstraksiya jarayonidan kimyo, neftni qayta ishlash, neft kimyosi, oziq - ovqat, farmastevtika va sanoatning boshqa sohalarida keng miqyosda foydalaniladi. Bu jarayon xilma-xil organik va neft-kimyosintez mahsulotlarini toza holda ajratib olish, nodir, kamyob va tarqoq elementlarni olish, oqava suvlarini tozalash va boshqa sohalarida ishlatiladi. Jarayonning asosiy afzalligi shundaki, u past temperaturada o'tadi va termolabil moddalari bor elementlarni ajratish imkonini yaratadi.

Ekstraksiya jarayoni kamchiliklardan holi emas, ya'ni qo'shimcha erituvchi ishlatiladi, erituvchini g'ayta tiklash texnologik sxemani murakkablashtiriladi va qo'shimcha qurilma talab etadi, hamda jarayonni qimmatlashishga olib keladi.

Ko'pchilik xollarda ekstraksiya va rektifikatsiya jarayonlari ko'pincha birgalikda qo'llaniladi. Bunga sabab, boshlang'ich eritma konstantriyasi ortishi bilan rektifikatsiya jarayoniga zarur bo'lgan issiqlik sarfi kamayadi. Demak, avval ekstraksiya jarayonining o'tkazilishi, boshlang'ich eritmani ajratish uchun sarflanadigan issiqlikni tejashga olib keladi.

5.21. «Suyuqlik - suyuqlik» sistemasining muvozanati

Bir suyuqlik fazadan ikkinchisiga tarqaluvchi moddaning o'tishi muvozanat holati o'rnatilguncha davom etadi, ya'ni fazalarda kimyoviy potentsiallar tenglashgunga qadar. Faraz qilaylik, jarayonda uchta komponent ($K = 3$) va ikkita faza ($F = 2$) qatnashmoqda. Unda, fazalar qoidasiga binoan erkinlik darajasi $S = 3$. Lekin, odatda ekstraksiya jarayonida temperatura va bosim bir xil qilib ushlab turiladi. Bunday, ekstraksiyalash sistemasining erkinlik darajasi 1 ga teng bo'ladi.

Demak, muvozanat holatida bir fazadagi tarqaluvchi modda konstantriyasiga, ikkinchi fazadagi ma'lum bir konstantriya to'g'ri keladi.

Ekstraksiya jarayonidagi muvozanat tarqalish koeffitsienti ϕ bilan xarakterlanadi, ya'ni ekstrakt va rafinatlardagi tarqaluvchi modda muvozanat konstantriyalarining nisbatiga teng.

Bertlo-Nernst qonuniga bo'ysinadigan suyultirilgan eritma uchun o'zgarmas temperaturada tarqalish koeffitsienti ϕ , tarqaluvchi modda konstantriyasiga bog'liq emas va $\phi = u_m/x$, bu erda u_m , x - ekstrakt va

rafinatdagi tarqaluvchi moddaning muvozanat konstantasiyalari. Bunday hollarda muvozanat to'g'ri chiziq ko'rinishida bo'ladi:

$$y_M = \varphi \cdot x \quad (5.142)$$

Odatda, sanoat qurilmalarining tarqalish koeffitsienti tajriba yo'li bilan aniqlanadi.

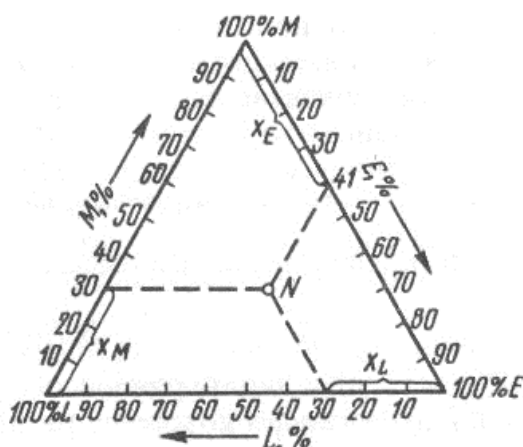
Agar, ikkala suyuqlik fazalar bir - birida erimasa, har bir fazani ikki komponentli eritma deb hisoblash bo'ladi. Bunday holatlarda ekstraktsiya jarayoni boshqa massa almashinish jarayonlari kabi $u - x$ koordinatalarida tasvirlash mumkin.

Ammo, suyuqlik fazalar bir-birida g'isman erisa, har bir fazani uch komponentli eritma deb hisoblash bo'ladi. Uch komponentli aralashmalar tarkibi uchburchakli koordinatalar sistemasida tasvirlanadi (5.48-rasm).

Teng tomonli uchburchakning cho'qqilari L, M, E larda toza (100% li) komponentlar tarkibi ko'rsatilgan: boshlang'ich eritma L , ekstragent E va tarqaluvchi modda M . Uchburchakning tomonlari LM, ME va EL moddalardagi har bir nuqta ikki komponentli eritmami ifodalaydi.

Uchburchak ichki yuzasidagi istalgan nuqta N uch komponentli eritma tarkibini ko'rsatadi. Eritma tarkibini aniqlash uchun N nuqtadan uchburchak tomonlariga parallel chiziqlar o'tkaziladi.

Natijada, N nuqtaga mos keladigan aralashma tarkibi quyidagicha bo'ladi: erituvchi $L = 30\%$, ekstragent



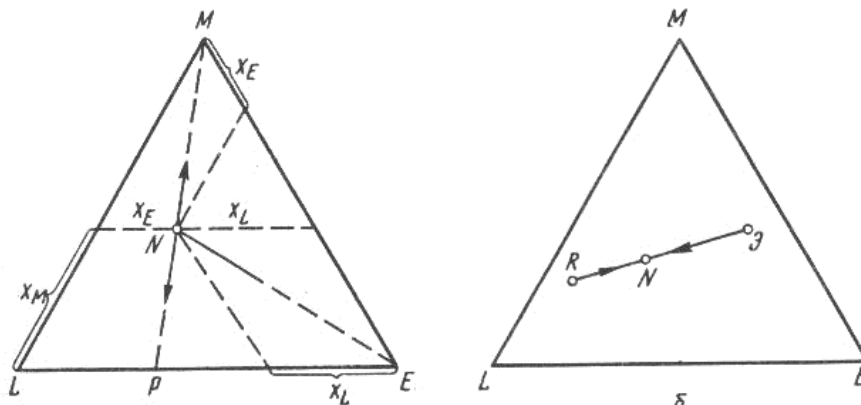
5.48-rasm. Uchburchakli diagramma.

$E = 40\%$ va tarqaluvchi modda $M = 30\%$.

Uchburchakli diagrammadan uch komponentli aralashma tarkibida sodir bo'layotgan o'zgarishlar tasvirlanadi. Agar, N nuqta bilan xarakterlanadigan eritmaga tarqaluvchi modda M g'o'shilsa, E va L komponentlar miqdori o'zgarmaydi. Lekin, M komponentning qo'shilish miqdoriga qarab, aralashma tarkibini aniqlovchi mig'dor NM g'irrada bo'ladi va uchburchakni M cho'g'ig'isiga yaqinlashib boradi (5.49a-rasm).

Aralashma N dan tarqaluvchi modda M ni ajratib olish jarayonida va olingan mahsulot tarkibiga oid nuqta RM kesmada yotadi. Lekin, eritma qancha ko'p suyultirilgan bo'lsa, u uchburchakning LE g'irrasiga shuncha yaqin joylashadi.

Tarkibi N bo'lgan aralashmani ekstragent E bilan suyultirish NE chizig'i bilan xarakterlanadi.



5.49-ras^a Uch komponentli aralashma tarkibi o'zgarishini uchburchakli diagrammada tasvirlash.

Agar boshlang'ich aralashma mig'dori va tarkibi (N nuq'ta) va uni ekstrakt (E nuq'ta) va rafinat (R

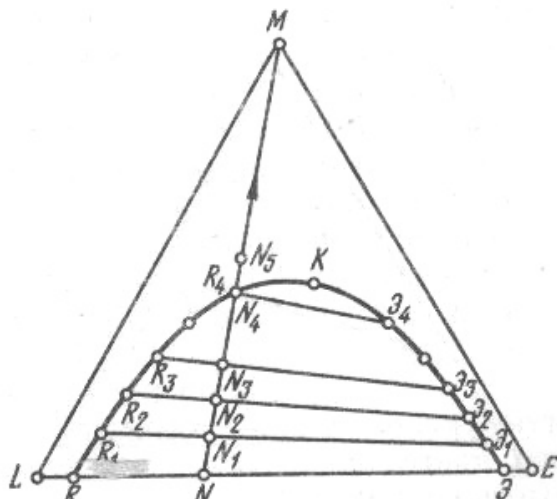
nuqta) ga ajratgandan keyingi tarkiblari ma'lum bo'lsa, uchburchakli diagramma yordamida fazalarning miqdorlarini (5.49b-rasm) moddiy balans tenglamasidan aniqlash mumkin:

$$R + \mathcal{O} = N$$

bu erda R , E , N - rafinat, ekstrakt va boshlan-g'ich aralashma massalari, kg.

Richag qonuniga binoan:

$$\frac{\mathcal{O}}{R} = \frac{RN}{\mathcal{O}N} \quad (5.143)$$



5.49v-rasm. Uchburchakli diagrammada muvozanat chiziqini tasvirlash.

Muvozanat chizig'ini uchburchakli diagrammada tasvirlaymiz. Buning uchun L va E suyuqlik fazalarida tarqaluvchi modda M cheksiz miqdorda eriydi deb qabul qilamiz. Lekin, erituvchilar bir-birida cheklanmagan miqdorda eriydi (5.49-rasm).

Bir jinsli ikki komponentli M va L , hamda M va E eritmalar tarkibi diagrammaning LM va EN g'irralarida nuqtalar bilan ifodalanadi. L va E erituvchilar faqat LR va EE bo'laklaridagina bir jinsli eritmalar hosil

qiladi. RE oralikda erituvchilar aralashmasi bir jinsli, ikki komponentli to'yingan eritmalar qatlamiga ajratiladi: R (E va L ning to'yingan eritmasi) va E (L va E ning to'yingan eritmasi). O'ar bir qatlamdagi to'yingan eritmalar soni N nuqtaning holati bilan belgilanadi va richag qoidasiga binoan topiladi.

Agar, N tarkibli aralashmaga M modda qo'shilganda, MN chiziqda joylashgan N_1 nuqta bilan xarakterlanadigan uch fazali aralashma hosil bo'ladi.

N_1 tarkibli aralashma R_1 va E_1 tarkibli $E_1N_1/(R_1N_1)$ nisbatda ikki fazaga ajraladi. Agar, aralashmaga yana M_2 , M_3 ,... tarqaluvchi moddalar qo'shilsa, N_2 , N_3 ,... tarkibidagi uch fazali aralashmalar hosil bo'ladi va ular muvozanat tarkibli R_2 va E_2 , R_3 va E_3 va h. fazalari g'atamlarga ajraladi. Biror N_4 tarkibda fazalarning biri yo'g' bo'lib ketgan holgacha muvozanat sarflar nisbati o'zgarib boradi. Undan keyin esa, tarqaluvchi modda M ning yana qo'shilishi bilan N_5 tarkibli bir jinsli, uch fazali aralashmalar hosil bo'ladi.

Agar, R_1 va E_1 , R_2 va E_2 , ... lar to'g'ri chiziq bilan birlashtirilsa, muvozanat tarkibga oid R_1E_1 , R_2E_2 ,... muvozanat xordalarini hosil qilamiz. Muvozanat xordalari kritik deb nomlanadigan K nug'tada birlashadi. Muvozanat xordalarining og'ish burchagi komponent tabiati va fazalar tarkibi bilan belgilanadi. Agar, muvozanat tarkiblar R , R_1 , R_2 ,... va E , E_1 , E_2 ,... ni ifodalovchi nuqtalarni ravon, silliq chiziq bilan tutashtirsak **muvozanat egri chizig'ini** (binodal egri chiziqni) hosil qilamiz. RK chiziq L erituvchi fazalarining muvozanat tarkibini, EK chiziq esa - E erituvchi fazalarining muvozanat tarkibini xarakterlaydi.

Uchburchakli diagrammadagi binodal egri chiziq ikki (binodal chiziq ostidagi) va bir (binodal chiziq tashqarisidagi) fazali aralashmalarga ajratadi.

5.49v-rasmdagi muvozanat diagrammasi o'zgarmas temperatura uchun qurilgan va u **izoterma** deb nomlanadi.

Sistema muvozanatiga temperatura ham ta'sir ko'rsatadi. Odatda, temperatura o'sishi bilan komponentlarning bir - birida erishi ortadi. Demak, geterogen sistemalar zonasi kamayib boradi. Temperatura ortishi bilan binodal egri chiziq LE o'g'iga yaqinlashadi va RKE chiziq ostidagi yuza kamayadi (5.49v-rasm).

5.22. Ekstraksiya jarayonida massa o'tkazish

Ekstraksiya jarayonining kinetik qonunlari massa o'tkazishning asosiy qonunlari bilan belgilanadi.

Fazalar to'qnashish yuzasini oshirish maqsadida ulardan bittasi tomchi holida purkaladi. Natijada, bir suyuqlik faza qurilmaning butun hajmida yaxlit joylashadi, ikkinchisi esa tomchi holida bo'ladi. Fazalarning birinchisi **dispersion**, tomchi holatidagisi esa - **dispers** faza deb nomlanadi.

Shunday qilib, ajratilishi zarur bo'lgan komponent dispersion faza ichidan tomchining yuzasiga, keyin esa, uning tarkibiga yoki tegishli komponent tomchining ichidan chegaraviy (ajratuvchi) yuza orqali dispersion (yaxlit) fazaga o'tadi. Jarayon tezligi fazadan fazaga o'tgan modda miqdori bilan xarakterlanadi.

Tomchi ichida massa o'tkazish asosan molekulyar va konvektiv diffuziya yo'li bilan ro'y beradi. Tomchi ichida stirkulyastiya hisobiga konvekstiya paydo bo'ladi. Jarayon mobaynida tomchining shakli va o'lchami bir necha marta o'zgaradi. Buning oqibatida fazalar orasidagi o'zaro ta'sir yuzasi bir necha bor yangilanadi.

Ekstraksiya jarayonlarida massa almashinishni ifodalash uchun Fikning 2-qonunidan foydalaniladi.

Umumiy holatda, yani dispersion (yaxlit) va dispers fazalardagi diffuzion qarshiliklarni inobatga olmaslikni iloji bo'lmaganda, massaning ikkala fazada tarqalishi hisobga olinadi.

Massa berish koeffitsientlarini hisoblashda ushbu formuladan foydalanish mumkin:

$$M = \beta_c \cdot \Delta x_{yp} \cdot F \quad (5.144)$$

$$M = \beta_d \cdot \Delta y_{yp} \cdot F$$

bu erda β_s va β_d - dispersion va dispers fazalardagi massa berish koeffitsienti.

Ushbu koeffitsientlar quyidagi kriterial formulalardan topiladi:

$$Nu_c = 1,13 \cdot Pe_d^{0,5}$$

$$Nu_d = 3,75 \cdot 10^{-3} \cdot Pe_d \quad (5.145)$$

(5.145) bu erda $Ni_s = \beta_s d / D_c$ - dispersion faza uchun Nusselt kriteriysi; $Re_s = wd / D_c$ - dispersion faza uchun Pekle kriteriysi; D_c - dispersion fazadagi diffuziya koeffitsienti, m^2/s ; d - tomchi diametri, m; w - tomchining dispersion fazadagi tezligi, m/s; $Ni_d = \beta_d d / D_d$ - dispers faza uchun Nusselt kriteriysi; D_d - dispers fazadagi diffuziya koeffitsienti, m^2/s .

Massa o'tkazish koeffitsientlari quyidagi tenglamalardan aniqlanadi:

$$K_y = \frac{1}{\frac{1}{\beta_d} + \frac{\varphi}{\beta_c}}; \quad K_x = \frac{1}{\frac{1}{\varphi\beta_d} + \frac{1}{\beta_c}} \quad (5.146)$$

Agar, hamma diffuzion qarshilik faqat dispersion fazada mujassam bo'lsa, (5.146) tenglama $K_x = \beta_s$ ko'rinishga kelib qoladi.

Agar, hamma diffuzion qarshilik faqat dispers fazada bo'lsa, yani tomchining ichida, (5.146) tenglama $K_u = \beta_d$ ko'rinishni oladi.

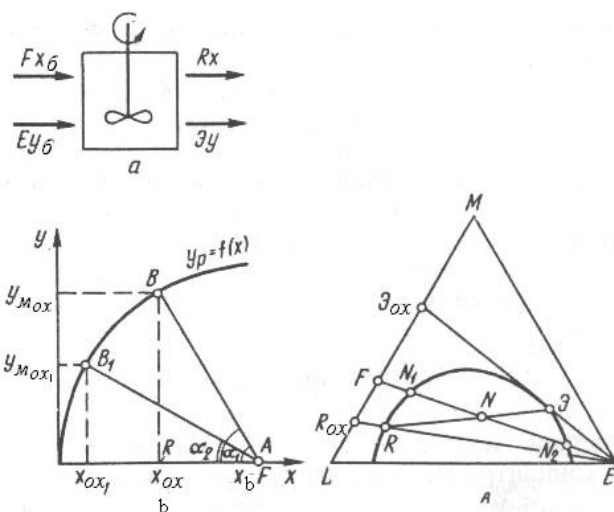
Unda, massa o'tkazishning asosiy tenglamasini quyidagi yozish mumkin:

$$M = K_x \cdot \Delta x_{yp} \cdot F \quad M = K_y \cdot \Delta y_{yp} \cdot F \quad (5.147)$$

5.23. Ekstraksiya jarayonini tashkil etish usullari

Sanoat miqyosida davriy va uzluksiz ekstraksiya jarayoni quyidagi sxemalar asosida tashkil etiladi: bir pog'onali, ko'p pog'onali qarama-qarshi yo'nalishli va ko'p pog'onali o'zaro kesishgan yo'nalishli.

Bir pog'onali ekstraksiya asosan ajratish koeffitsientining qiymati juda katta bo'lgan hollarda ishlatiladi. Bu sxema davriy yoki uzluksiz bo'lishi mumkin (5.50a-rasm).



5.50-rasm. Bir pog'onali ekstraksiya (a) va jarayonni u-h koordinatlarida (b) va uchburchakli (v) diagrammada tasvirlash.

Aralashtirgichli qurilmaga boshlangich eritma F , konstanttrastiyasi x_b bo'lgan L (kg) miqdordagi erituvchi va ekstragent E yuklanadi. So'ng, aralashtirgich yordamida ular aralashtiriladi va ikki qatlamga ajratiladi, ya'ni ekstrakt E va rafinat R ga.

Emulsiyalarni ajratish uchun tindirgich va qiyin ajratiladigan emulsiyalar uchun esa, separatorlar ishlatiladi.

Bir pog'onali ekstraksiya jarayonini uchburchakli va to'g'ri burchakli diagrammalarda ko'rib chiqamiz (5.50b,v-rasm).

Boshlang'ich eritma aralashtirganda uch komponentli aralashma hosil bo'ladi va uning tarkibi aralashtirish chizig'i FE da joylashgan N nug'ta bilan xarakterlanadi. Aralashma ajrati natijasida ekstrakt va rafinatga bo'linadi. Ularning tarkibi N nug'ta org'ali o'tadigan, muvozanat xordasida yotuvchi R va E nug'talar bilan belgilanadi. Ekstragent modulini richag

g'oidasiga binoan topish mumkin:

$$\frac{E}{F} = \frac{\overline{FN}}{\overline{EN}}$$

Rafinat mig'dorini esa,

$$R = \frac{N\overline{ON}}{\overline{RO}}$$

Ekstrakt miqdorini esa:

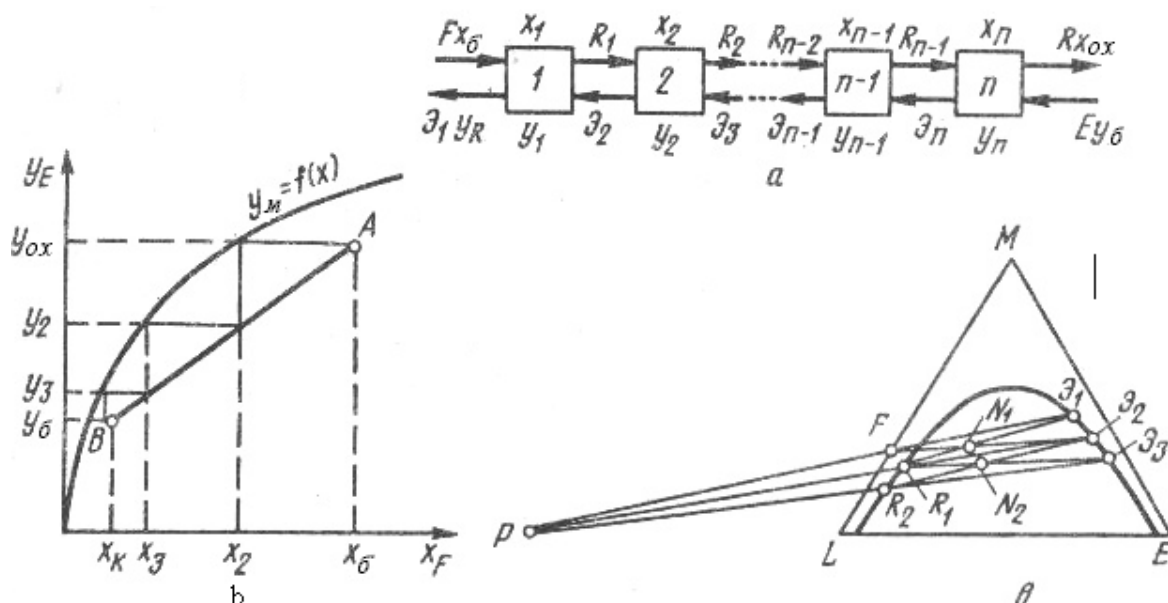
$$\mathcal{O} = N - R = N \cdot \left(\frac{\overline{RN}}{\overline{RO}} \right)$$

Rafinat tarkibini uchburchakning LM tomonidagi nuqta R_k , ekstraktini esa - E_k belgilaydi.

Agar, fazalar bir-birida erimaydigan bo'lsa, bir pog'onali ekstraksiya jarayoni $u-x$ diagrammada AV to'g'ri chiziq bilan ifodalanadi. Ushbu to'g'ri chiziq og'ish burchagining tangensi boshlang'ich eritma va erituvchi og'irliklari nisbatiga tengdir:

$$\frac{L}{E} = \frac{\overline{BR}}{\overline{RF}} = \tan \alpha$$

Agar, erituvchi miqdori oshirilsa, istalgan tozalik darajali rafinat olish mumkin. Lekin, ekstraktning to'yinish chegarasi u_{ox} bilan belgilanadi.



5.51-rasm. Ko'p pog'onali ekstraksiya(a) va jarayonni $u-x$ (b) va uchburchakli (v) diagrammada tasvirlash.

Ikkala diagrammadan ko'rinib turibdiki, bir pog'onali ekstraksiya natijasida olingan rafinat va ekstrakt tarkiblari muvozanatda bo'ladi va boshlang'ich tarkibdan kam farq qiladi. Shuning uchun, bu jarayon samaradorligi past bo'ladi va sanoat korxonalarida keng qo'llanilmaydi.

Jarayon samaradorligini oshirish uchun uni bir necha marta g'aytarish kerak va har gal yangi erituvchi uzatish zarur.

Ko'p pog'onali ekstraksiya ko'p seksiyali ekstraktorlarda o'tkaziladi. Bunday qurilmalarda fazalar yo'nalishi qarama-qarshi, o'zaro kesishgan yoki kombinastiyalashgan bo'lishi mumkin.

Jarama – qarshi yo'nalishli ekstraksiya jarayoni turli sxemalarda amalga oshirilishi mumkin (5.51a-rasm).

Ko'p pog'onali ekstraksiya qurilmalarida boshlang'ich eritma F va ekstragent E qurilmaning qarama-qarshi uchlaridan yuboriladi. Tarqaluvchi komponent konstantrostiyasi to'yinishga yaqin bo'lgan ekstrakt birinchi pog'onada x_b konstantrostiyali F boshlang'ich eritma bilan o'zaro to'qnashuvda bo'ladi. Bu komponentli aralashma birinchi pog'onada ajratilganda so'ng, $u_1 = u_{ox}$ konstantrostiyali ekstrakt va x_1 konstantrostiyali rafinat olinadi.

Tarkibi x_1 bo'lgan rafinat qurilmaning ikkinchi pog'onasida E_3 tarkibli ekstrakt bilan o'zaro ta'sirda bo'ladi. Ajratilgandan so'ng, R_2 tarkibli rafinat va E_2 ekstrakt hosil bo'ladi. Ekstraktorning n - pog'onasida konstantrostiyasi x_{n-1} bo'lgan R_{n-1} rafinat yangi $u_b = u_n$ konstantrostiyali, ya'ni nolga yaqin ekstragent E bilan

to'qnashishda bo'ladi. Jurilmadan chiqishda tozalangan eritma olinadi. Ko'p pog'onali ekstraksiya jarayoni $u-x$ diagrammada ko'rsatilgan.

Ekstraksiya jarayonining moddiy balansi ushbu ko'rinishga ega:

$$L \cdot (x_{\delta} - x_{ox}) = E \cdot (y_{ox} - y_{\delta}) \quad (5.148)$$

($n-1$) - seksiya uchun

$$L \cdot (x_{\delta} - x_{n-1}) = E \cdot (y_{ox} - y_n)$$

Bundan, qarama-qarshi yo'nalishli jarayon ishchi chizig'ining tenglamasini keltirib chiqarish mumkin:

$$y_n = \frac{L}{E} (x_{n-1} - x_{\delta}) + y_{ox} \quad (5.149)$$

Ushbu tenglama og'ish burchagining tangensi bo'lib, to'g'ri chiziqni ifodalovchi tenglamadir:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{L}{E}$$

Fazalar to'qnashish pog'onalarining soni $A(x_b u_{ox})$ va $V(x_o x_{ub})$ nuqtalari orasidagi pog'onalar soni bilan aniqlanadi.

Kinetik chiziq o'rni qurilmadagi gidrodinamik holat va ajratib olish koeffitsienti bilan belgilanadi.

Ekstraksiya jarayonining tasviri 5.51v-rasmda keltirilgan.

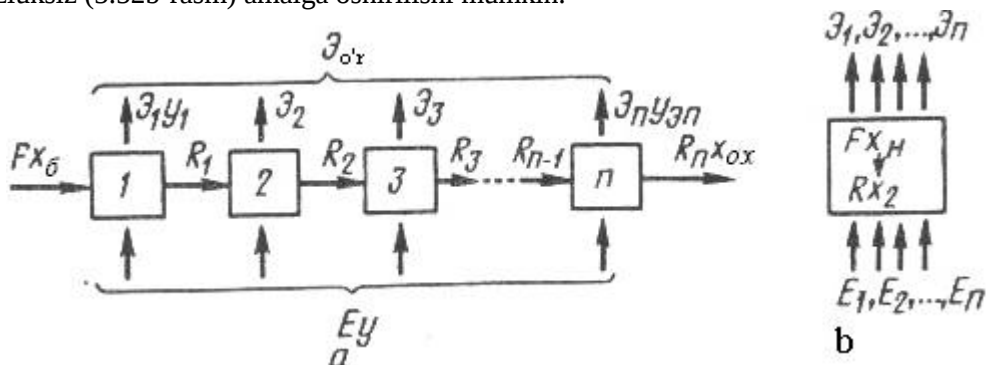
Ekstraksiya qurilmasining birinchi seksiyasida boshlang'ich eritma F ikkinchi pog'onadan tushayotgan ekstrakt E_2 bilan o'zaro to'qnashuvda bo'ladi. Natijada, uch fazali N_1 nuqtali aralashma hosil bo'ladi. Ushbu aralashma separatorada ajratilishi tufayli muvozanatda bo'lmagan tarkibli ekstrakt E_1 va rafinat R_1 lar olinadi.

Ikkinchi pog'onadagi rafinat R_1 uchinchi pog'onadan tushayotgan ekstrakt E_3 bilan o'zaro ta'sirda bo'lib, uch fazali N_2 aralashma hosil qiladi. O'z navbatida u R_2 va E_2 ajraladi.

Fazalarni seksiyaga kirishi va chiqishidagi tarkiblariga oid ikki nuqtalarni FE , R_1E_2 , R_2E_3 va hokazo chiziqlar bilan birlashtirib, ularning kesilish nuqtasi R ni topamiz.

Ekstraktorning boshqa seksiyalarida ham xuddi shunday jarayonlar sodir bo'ladi. Natijada, boshlang'ich eritma qurilmaning oxirgi n - seksiyasidan x_{ox} , ekstragent esa - u_{ox} konsentratasiya bilan chiqadi.

Oqimlar yo'nalishi o'zaro kesishgan ekstraksiya jarayonida bir seksiyada davriy (5.52a-rasm) yoki bir necha seksiyada uzluksiz (5.52b-rasm) amalga oshirilishi mumkin.



5.52-rasm. Ko'p pog'onali, oqimlar yo'nalishi o'zaro kesishgan ekstraksiyalash sxemasi.

Ekstraksiyalash jarayoni uzluksiz bo'lganda boshlang'ich eritma F birinchi seksiyada ekstragent E bilan birga to'qnashuvda bo'ladi. Undan so'ng, ajratilish natijasida rafinat R_1 va ekstrakt E_1 lar hosil bo'ladi. Keyin, rafinat R_1 ikkinchi seksiyaga o'tadi va u erda yana yangi ekstragent E bilan g'ayta ishlanadi. E_1 va E_2 ekstraktlar qurilmadan chig'ariladi, R_2 tarkibli rafinat esa keyingi seksiyaga o'tadi va jarayon yana g'aytariladi. Natijada, zarur tarkibli rafinat R_n va o'zgaruvchan tarkibli $E_1, E_2, \dots, E_n$ ekstrakt olinadi.

Uzluksiz, ko'p marotabalik ekstraksiyalash jarayoni 5.53-rasmda keltirilgan.

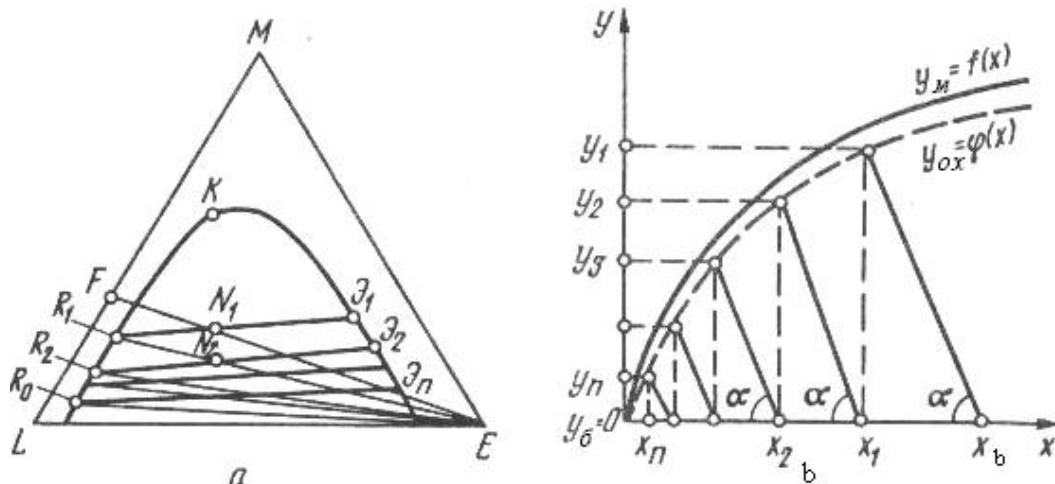
Boshlang'ich eritma va ekstragent aralashtirilishi natijasida uch fazali aralashma (N_1 nuqta) hosil bo'ladi va u birinchi seksiyada rafinat R_1 va ekstrakt E_1 ga ajraladi. Ikkinchi seksiya R_2 tarkibli rafinat yangi ekstragent E bilan aralashtiriladi. Uch fazali aralashma (R_1E kesmadagi N_2 nuqta) rafinat R_2 va ekstrakt E_2 larga ajraladi. So'ng, rafinat keyingi seksiyaga o'tadi.

Tozalangan, x_{ox} konsentratasiyalı eritma qurilmaning oxirgi seksiyasidan chiqariladi va texnologik jarayonning keyingi bosq'ichiga uzatiladi. Ekstrakt esa, g'ayta tiklanadi yoki oqava suv sifatida **utilizastiya** qilinadi.

Jarama - qarshi yo'nalishli ko'p pog'onali ekstraksiya o'zaro kesishgan yo'nalishli jarayonga qaraganda ancha samarali. Chunki, qarama-qarshi yo'nalishli ekstraksiyalashda o'rtacha harakatga keltiruvchi kuch

miqdori ko'proq bo'ladi.

Jurilmaning tepa va pastki qismlaridagi o'rtacha harakatga keltiruvchi kuch tenglashishi hisobiga eritma tarkibidan komponentni to'laroq ajratib olishga erishiladi. Undan tashqari, ekstrakstion modul qiymati kamayadi, lekin bir xil tozalash darajasiga erishish uchun kerakli pog'onalar soni ko'payadi.



5.53-rasm. O'zaro kesishgan yo'nalishli ko'p pog'onali ekstraktsiya jarayonini uchburchakli diagramma (a) va u-h koordinatlarda (b) tasvirlash.

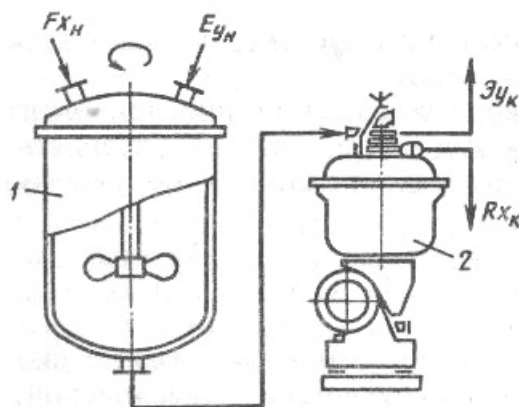
5.24. Ekstraktorlar konstruksiyalari

Ma'lumki, ekstraktsiyalash jarayonlarida massa o'tkazishning samaradorligi massa berish yuzasi va o'rtacha harakatga keltiruvchi kuchga to'g'ri proporsional. Ekstraktorlarda massa almashinish yuzasini oshirish maqsadida suyuq fazalardan biri tomchi holida purkaladi. Dispers va dispersion fazalar o'rtasida massa o'tkazish jarayoni sodir bo'ladi. Ekstraktorda yuqori harakatga keltiruvchi kuchga erishish uchun jarayondagi oqimlar ideal siqib chiqarish sharoitida o'zaro to'qnashishi tashkil etiladi. Buning uchun ekstraktsiyalash jarayoni yupqa qatlamda nasadkali, markazdan qochma ekstraktorlarda ularni seksiyalash yoki ko'p pog'onali seksiyalangan qurilmalarda olib boriladi.

Jarayon tashkil etilishiga qarab ekstraktorlar davriy va uzluksiz prinstipda ishlaydigan bo'ladi.

Jarayonda qatnashayotgan fazalar to'qnashuviga qarab ekstraktorlar 3 guruhga bo'linadi: aralashtirib - tindiruvchi; differentsial kontaktli va pog'onali yoki seksiyali.

Aralashtirib – tindiruvchi ekstraktorlar bir necha pog'onadan iborat bo'lib, ulardan har biri tarkibida aralashtirgich va ajratgich bo'ladi. Tashqaridan berilayotgan energiya hisobiga aralashtirgichda suyuqlik fazalaridan biri tomchi holida purkaladi va natijada dispersion faza hosil bo'ladi. Tomchi holidagi dispersion faza dispers fazada tarqaladi. Dispers faza sifatida engil faza ham yoki og'ir faza ham bo'lishi mumkin.



5.54-rasm. Aralashtirib - tindiruvchi ekstrakcion qurilma.

1 - ekstraktor; 2 - separator.

Ajratgich sifatida tindirgichni ham ishlatish mumkin. Zamonaviy qurilmalarda esa, uning o'rniga

separator ishlatiladi. Separatorda emulsiya rafinat va ekstraktga ajratiladi. Eng sodda aralashtirib-tindiruvchi ekstraktor sxemasi 5.54-rasmda keltirilgan.

Bir nechta aralashtirib - tindiruvchi qurilmalarni seksiyalarga ulash natijasida turli ekstrakstion qurilmalarni hosil qilish mumkin.

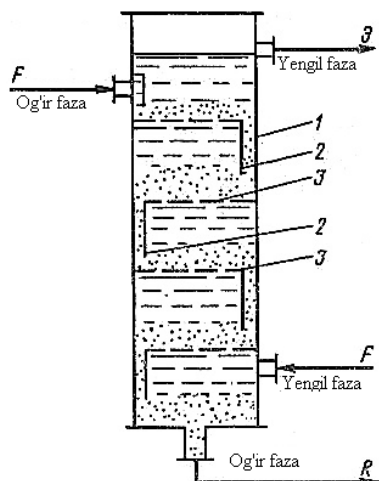
Lekin, ushbu sxemaning bir qator kamchiliklari bor: g'o'pol, ko'p joy egallaydi, metall va energiya sarfi ko'p.

Differensial – kontaktli ekstraktorlar fazalar o'rtasidagi to'qnashishni uzluksiz va ulardagi konstantriyalarining asta - sekin, uzluksiz o'zgarishini ta'minlaydi. Bu turdagi qurilmalarda fazalarning bo'ylama siljishi hisobiga ideal siqib chiqarish qurilmasiga qaraganda o'rtacha harakatga keltiruvchi kuch birmuncha past bo'ladi.

Undan tashqari, suyuq fazani purkash uchun ham energiya safrlanishi zarur. Ekstraktorda energiya sarflanish turiga qarab, tashqi energiya hisobiga va bunday energiyasiz qurilmalarga bo'linadi. Qazaro ta'sirda bo'lgan fazalarga tashqi energiya aralashtirgich, tebratgich va pulsatorlar yordamida uzatiladi.

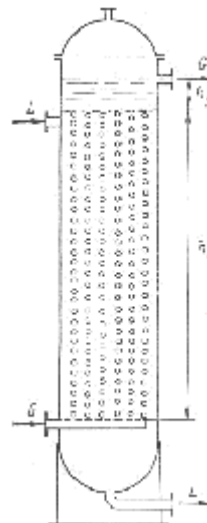
Pog'onali (seksiyali) ekstraktorlar alohida seksiyalardan tarkib topgan bo'lib, ularda fazalar konstantriyalarini notekis, sakrab-sakrab o'zgaradi. Ayrim hollarda har bir seksiyada konstantriyalar maydoni ideal siqib chiqarish qurilmasiga yaqinlashib qoladi. Shunday bir necha seksiyadan tashkil bo'lgan ekstraktor ideal siqib chiqarish qurilmasi deb hisoblanishi mumkin.

Kolonnali ekstraktorlar tarelkali, ichi bo'sh kolonna, nasadkali, pulsastion va rotor - diskli bo'lishi mumkin.



5.55-rasm. Tarelkali ekstraktor.

1 - silindrik qobiq; 2 - quyilish moslamasi;
3 - elaksimon tarelka.



5.56-rasm. Ichi bo'sh (purkovchi) ekstraktor.

Tarelkali ekstraktorlar turli konstrukstiyadagi elaksimon tarelka va iuyilish moslamasi bor kolonnali iurilmadir (5.55-rasm). Qazaro qarama - qarshi yo'nalishdagi fazalar oqimlarining har bir tarelkada to'qnashishi tufayli ro'y beradi. Fazalardan biri tarelka teshiklari orqali o'tib mayda tomchilarga parchalanadi. Yaxlit faza tarelka bo'ylab harakatlanadi va quyilish patrubkasi orqali keyingi tarelkaga o'tadi va jarayon shu yo'sinda qaytariladi.

Mayda tomchi holatidagi suyuqlik dispers faza deb, qurilmaning butun hajmini egallagan suyuqlik esa, **dispersion** (yaxlit) faza deb nomlanadi.

Tarelkada tomchilar birlashib, uning osti yoki ustida yaxlit suyuqlik qatlamini hosil qiladi. Jurilmani seksiyalash, jarayonni harakatga keltiruvchi kuchni ortishiga olib keladi.

Tarelka teshiklaridagi dispers fazaning tezligi oqimchali rejim hosil bo'lish shartidan aniqlanadi. Tomchili rejimdan oqimchali rejimga o'tish paytidagi kritik tezlik tarelka teshiklariga bolliq, ya'ni:

$$w_{kp} = \frac{4,4}{d_0} \quad (5.150)$$

Turlun oqimchali rejimda ekstraktor samarali ishlashi uchun tezlik kritik tezlikdan 20% ko'p bo'lishi kerak.

Dispers fazadagi massa berish koeffistientini aniqlash uchun quyidagi formulani tavsiya etish mumkin:

$$Nu_d = 0,064 Re^{0,84} \cdot Pr_d^{0,5} \quad (5.151)$$

bu erda $Nu_d = \beta_d d_e / D_d$ -diffuzion Nusselt kriteriyasi (β_d -dispers fazadagi massa beri koeffistienti); d_e - tomchining

ekvivalent diametri; D_d - dispers fazadagi diffuziya koeffitsienti); $Re = w_{max} \cdot d_e / \nu_s$ - tomchi uchun Reynolds kriteriysi (w_{max} - yaxlit fazadagi tomchining nisbiy tezligi; ν_s - yaxlit fazaning kinematik iovushoiligi); $Rr_d = \nu_d / D_d$ - dispers faza uchun Prandtl kriteriysi (ν_d - dispers fazaning kinematik iovushoiligi).

Ichi bo'sh (purkovchi) kolonnalar. Bu turdagi ekstraktorlar olir suyuqlik L bilan to'ldiriladi va u biror w_c tezlik bilan qurilmada harakatlanib, to'kish shtusteridan chiqib ketadi (5.56-rasm). Engil faza G iurilmaga purkagich orqali tomchi holatida uzatiladi va pastga qarab w_d tezlik bilan tushadi.

Ekstraktorning tepa qismida tomchilar birlashadi va yaxlit suyuqlik qatlami hosil bo'ladi va u qurilmaning tepa shtusteri orali chiqib ketadi.

Tomchining nisbiy harakat tezligi w_o ni rejimga qarab cho'kish tezligi tenglamasi (3.21) orqali topish mumkin. Jurilma devoriga nisbatan tomchilar siljishining tezligi nisbiy w_o tezlik va yaxlit faza harakatining chiziqli tezligi w_c ning farqi sifatida aniqlash mumkin:

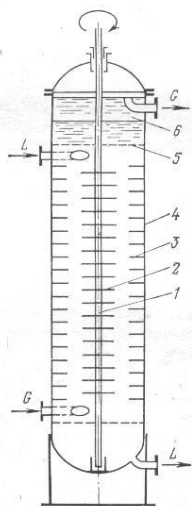
$$w_d = w_o - w_c$$

Agar, dispers (yaxlit) faza bo'yicha qurilmaning yuklamasi ortib ketsa, tomchilar tezligi $w_d = 0$ bo'lgan hol sodir bo'lishi mumkin. Bunday hollarda qurilmada dispers faza yililib qoladi. Ekstraktorning ishchi zonasida dispers fazaning yililishi, uning o'tish yo'lini torayishiga olib keladi. Natijada, ushbu fazaning tezligi ortib ketadi va u ishchi zonadan dispers faza tomchilarini olib chiqa boshlaydi. Fazalarning qarama-qarshi harakati buzuladi va ekstraktor tiilib boshlaydi.

Mexanik aralashtirgichli, kolonnali ekstraktorlar. Agar, dispers va dispersion fazalar zichliklarining farqi juda kam ($< 100 \text{ kg/m}^3$) va fazalar orasidagi sirtiy taranglik katta bo'lsa, rotor - diskli ekstraktorlar io'llaniladi (5.57-rasm).

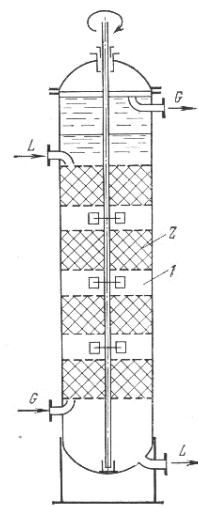
Mexanik aralashtirgich diskli, turbinali, parrakli va hokazo bo'lishi mumkin. Lekin, kimyo va oziq - ovqat mashinasozligida asosan rotor - diskli ekstraktorlar ishlab chiqariladi.

Bu turdagi ekstraktorning o'ii bo'ylab rotor - o'q 1 aylanadi va unga aylanuvchi disk 2 lar o'rnatilgan



5.57-rasm. Rotor - diskli ekstraktor.

1-o'q; 2- aylanuvchi disk;
3- qo'zg'almas xalqasimon to'siqlar; 4- qobiq; 5-teshikli panjara; 6- ajratuvchi kamera.



5.58-rasm. Aralashtirgichli va ajratuvchi zonal, kolonnali aralashtirib - tindiruvchi ekstraktor.

1- aralashtirgich; 2- tindirgich.

bo'ladi. O'q 1 ning aylanishi natijasida fazalar yaxshi aralashadi. Xalqasimon to'siqlar kolonna 3 ni bir nechta sekstiyalarga bo'ladi. Disklar har bir sekstiyaning o'rtasida aylanadi.

Jarama - qarshi yo'nalishda harakatlanayotgan L va G fazalar aylanuvchi disk 2 lar yordamida kolonna balandligi bo'ylab aralashtiriladi va halqasimon to'siqlar 3 atrofida qisman qatlamlarga ajraladi. Agar, og'ir faza L yaxlit faza vazifasini o'tasa, qurilmaning tepa qismida, ya'ni teshikli panjara 5 ning yuqorisida engil faza yaxlit fazadan to'liq ajraladi. So'ngra, ajralgan faza tegishli shtuster orqali tashqariga chiqariladi. Og'ir faza esa, kolonnaning pastki qismidan olinadi.

Fazalarga ajratish jarayonining samaradorligini oshirish uchun 5.58-rasmda ko'rsatilgan ekstraktorlar ishlatiladi.

Bunday qurilmalarning aralashtirish sekstiyalari 1 oraligida tindirish zonolari 2 joylashgan bo'ladi. Ikki fazali oqimni ajratish jarayonini jadallash uchun zona 2 simli to'r, nasadka yoki konstantrik stilindr bloklari bilan to'ldiriladi. Bu turdagi kolonnalar vertikal yoki ma'lum o'lchash burchagi ostida o'rnatilishi mumkin.

Mexanik aralashtirgichli, kolonnali ekstraktorlar diametri quyidagi formuladan topiladi:

$$D = \sqrt{\frac{G / \rho_G + L / \rho_L}{900\pi(q_{\partial} + q_{\text{я}})_{\text{onm}}}} \quad (5.152)$$

bu erda q_{∂} $q_{\text{я}}$ - dispers va yaxlit faza bo'yicha solishtirma yuklama, $\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$.

Lekin, ushbu formulaga qurilmaning ko'ndalang kesimiga tushayotgan yuklamalar yig'indisini ham kiritish uning anig'ligini oshiradi.

Jurilmaning balandligi esa ushbu formuladan anig'lanadi:

$$H = h_{\text{э}} \cdot N = \frac{h_{\text{э}} \cdot m_{\text{y}}}{m_{\text{yэ}}} \quad (5.153)$$

bu erda $h_{\text{э}}$ - seksiya balandligi, m; N - qurilmadagi seksiyalar soni; m_{ue} - bitta seksiyaning yzatisht birligi soni.

Aralashmani ekstrakt va rafinatga sifatli ajratish uchun ekstraktorning yuqori va pastki qismlarida separation (tindirish) seksiyalari bor.

Nasadkali, elaksimom va boshqa turdagi ekstraktorlar samaradorligini oshirish uchun qarama - qarshi yo'nalgan oqimlarga bo'ylama tebranish ta'sir ettirish kerak. Tebranish (pulsastiya) larning amplitudasi va chastotasi etarli miqdorda bo'lsa, suyuqlik o'ta kichik tomchilar o'lchamida purkaladi va ikkala fazalar aralashish intensivligi ortadi. Tebranishlar asosan pulsastiya va vibrastiyali usullarda tashkil etish mumkin.

5.59 a-rasmda pulsastiyali ekstraktor sxemasi ko'rsatilgan. Bunda engil fazaning kirish yo'ligi gidravlik yoki pnevmatik pulsator o'rnatilgan. Suyuqlik oqimiga ilgari lama - qaytma harakat berish uchun klapanisiz porshen, plunjer yoki membranali nasosdan, hamda maxsus pnevmatik moslamadan foydalanish mumkin.

Pulsastiya tebranishlari ta'siri ostida suyuqlik oqimining turbulentligi va fazalarning tomchilarga parchalanishi ortadi. Bu hol o'z navbatida tarelkali yoki nasadkali ekstraktorda massa almashinish jarayonining o'sishiga olib keladi.

Pulsastiyali ekstraktorning ishlash rejimi pulsastiyalar intensivligiga bog'liq bo'lib, amplitudaning chastotaga ko'paytmasi bilan xarakterlanadi.

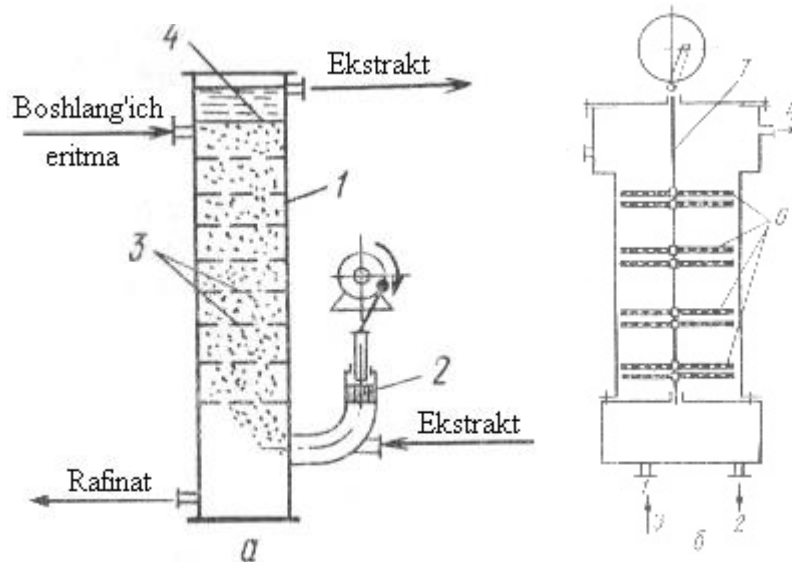
Agar, pulsastiya intensivligi kichik bo'lsa, engil faza og'ir fazada yoki og'ir faza engilda galma-gal tarqaladi. Agar, pulsastiya intensivligi katta bo'lsa, kolonnaning ishchi zonasi yaxlit fazaga qarama - qarshi yo'nalishda harakat qilayotgan mayda tomchilar bilan bir tekisda to'lib turadi. Bunday rejim pulsastiyali ekstraktorning optimal rejimi hisoblanadi.

Tebranishlar amplitudasi siqilgan havoning bosimi bilan belgilanadi. Pulsastiyalar chastotasi odatda minutiga 30...250, amplitudasi esa - 2...25 mm ni tashkil etadi.

Agar, pulsastiyalar intensivligi yanada oshirilsa, ekstraktorda tiqilib qolish hodisasi ro'y beradi.

Pulsastiyali ekstraktorlar kolonnasidagi butun suyuqlikni tebratish uchun energiya sarfi katta, ko'ndalang kesim bo'yicha oqim tezliklar bir xil emasligi va kavitastiya hodisa hosil bo'lishi mumkinligi, hamda qurilmaning ayrim bo'laklarida havfli kuchlanishlar barpo bo'lishi - bu turdagi ekstraktorning kamchiliklaridir.

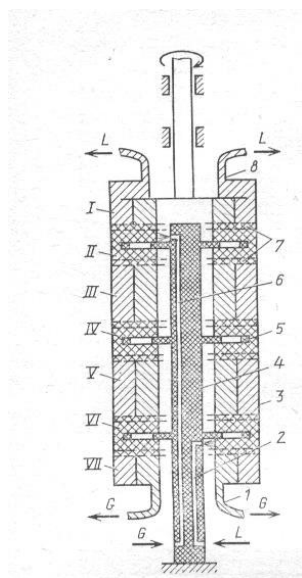
Bir dasta elaksimom tarelkalar vibrastiyasi tufayli kolonnadagi suyuqlikka tebranish berish, pulsastiyali usulga nisbatan samarasi yuqori bo'lib chiqdi (5.59b-rasm).



5.59-rasm. Pulsatsiyali (a) va vibratsiya tarelkali (b) ekstraktorlar.

- a) 1 - kolonna; 2 - porshenli pulsator; 3 - tarelka; 4 - tindirish zonasidagi fazalarni ajratuvchi yuza.
b) 1,2 - oilir fazaning kirish va chiiish shtutserlari; 3,4 - engil fazaning kirish va chiiish shtutserlari;
5 - elaksimon tarelka; 6 - shtok.

Bu turdagi qurilmalarda tarelka 5 lar shtok 6 da o`rnatiladi va shtok ilgari lama - qaytma harakat qiladi. Bunday harakat suyuqlikka tebranishlar beradi va jarayon intensivlashadi.



5.60-rasm. Trubali markazdan iochma ekstraktor shemasi.

- 1,8 - engil va og'ir fazalarni to'kish silindrlari; 2,6 - og'ir va engil fazalar kirish kanallari; 3 - silindrik baraban; 4 - qo'zg'almas silindr; 5 - teshikli aralashtiruvchi disk; 7 - teshikli iaytaruvchi to'siq; I, III, V, VII - separatsion zonalar; II, IV, VI - ekstraktsion zonalar.

ekstraktorlarni qo'llash maqsadga muvofiq.

Bu turdagi ekstraktorlar - trubali, kamerali va yupqa qatlamli bo'ladi. 5.60-rasmda trubali, markazdan qochma ekstraktor sxemasi keltirilgan.

Ekstraktor silindrik baraban 3 dan iborat bo'lib, ichiga qaytaruvchi disk 7 lar o'rnatilgan bo'ladi. Jaytaruvchi disklar barabanni separatsion (I, III, V, VII) va ekstraktsion (II, IV, VI) zonalariga bo'ladi. Og'ir faza **L** kanal 2 va qo'zg'almas silindr 4 orqali ekstraktorning VI zonasiga uzatiladi. U erdan og'ir faza barabanning pastki qismidan yuqoriga ko'tariladi va halqasimon to'kish kanali 8 orqali chiqariladi. Engil faza **G** esa, kanal 6 orqali yuqori ekstraktsion zona II ga uzatiladi. Og'ir faza **L** ga qarama - qarshi yo'nalishda harakat

qilib, qurilmaning pastki qismidagi to'kish kanali 1 orqali chiqariladi.

Jarayon natijasida ekstrakstion zonalarda hosil bo'lgan emulsiya teshikli, qaytaruvchi disklar orqali o'tish paytida birinchi bor ajratiladi. Emulsiyaning to'liq fazalarga ajratilishi markazdan qochma kuch ta'sirida separastion zonalarda sodir bo'ladi.

5.25. Ekstraktorlarni hisoblash

Benzin yordamida suvdagi fenol ajratib olinayotgan ekstraktsiya jarayonini amalga oshirish uchun mo'ljallangan rotor-diskli ekstraktorning asosiy o'lchamlari quyidagi sharoitlarda aniqlansin:

- aralashma sarfi $V_x = 0,001389 \text{ m}^3/\text{s};$
- suvdagi fenolning boshlang'ich konstantrastiyasi $S_{xb} = 0,3 \text{ kg/m}^3;$
- suvdagi fenolning oxirgi konstantrastiyasi $S_{xo} = 0,009 \text{ kg/m}^3 (97\%);$
- ekstragent tarkibidagi fenolning boshlang'ich konstantrastiyasi $S_{un} = 0,01 \text{ kg/m}^3;$
- ekstraktordagi temperatura $t = 25^\circ\text{S}.$

$$V_y = V_d = 0,002778 \text{ m}^3 / \text{c}; \quad m = 2,22; \quad m_o = 0;$$

$$\rho_c = 997 \text{ kg} / \text{m}^3; \quad \rho_d = 874 \text{ kg} / \text{m}^3; \quad \Delta\rho = 123 \text{ kg} / \text{m}^3;$$

$$\mu_c = 0,894 \text{ mPa} \cdot \text{c}; \quad \mu_d = 0,6 \text{ mPa} \cdot \text{c}; \quad D_c = 1,05 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2 / \text{c};$$

$$D_d = 2 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2 / \text{c}; \quad \sigma = 0,0341 \text{ H} / \text{m}; \quad \Phi_s = 0,382.$$

Bunday ajratib olish darajasi bo'lganda benzoldagi fenolning oxirgi konstantrastiyasi quyidagiga teng bo'ladi:

$$\begin{aligned} C_{y.o.} &= C_{y.\bar{o.}} + \left(\frac{V_x}{V_y} \right) \cdot (C_{x.\bar{o.}} - C_{x.o.}) = \\ &= 0,01 + \left(\frac{0,001389}{0,002778} \right) \cdot (0,3 - 0,009) = 0,1555 \text{ kg} / \text{m}^3 \end{aligned}$$

Rotor-diskli ekstraktorlarni hisoblashda faqat kolonnaning diametri va ishchi qismining balandligini aniqlash etarli emas. Shuning uchun uning ichki qurilmalarining o'lchamlari (disk va stator halqalar diametrlari, disklar orasidagi masofa) va diskning aylanish chastotasini ham aniqlash kerak. Rotor-diskli ekstraktorlarni hisoblash uchun 5.61 - rasmda keltirilgan sxemadagi uslubdan foydalaniladi:

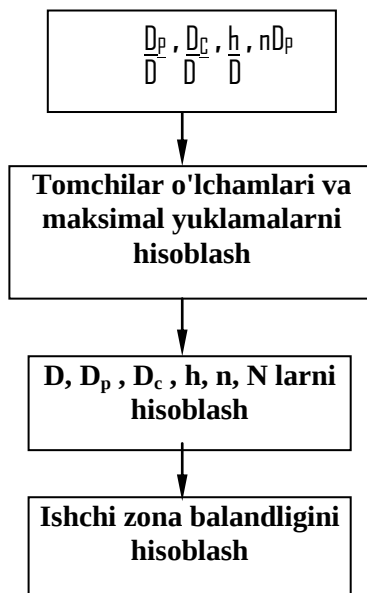
Ushbu uslubga binoan D_p/D , D_c/D , h/D , hamda nD_p nisbatlar boshlang'ich ma'lumotlardir. Bu erda D – kolonna diametri; D_p – disk diametri; D_c – stator halqasining ichki diametri; h – seksiya balandligi; n – rotor aylanishining chastotasi.

Odatda, bunday ekstraktorlarda diskning diametri kolonna diametridan 1,5...2,0, seksiya balandligi esa 2-4 marotaba kichik bo'ladi.

Qurilmaning ichki uskuna o'lchamlari uchun quyidagi nisbatlarni qabul qilamiz:

$$\frac{D_p}{D} = \frac{2}{3}; \quad \frac{D_c}{D} = \frac{3}{4}; \quad \frac{h}{D} = \frac{1}{3}$$

va $nD_p = 0,2 \text{ m/s}$ sharoitda ishlayotgan ekstraktorning o'lchamlarini hisoblaymiz.



5.61- rasm. Rotor-diskli ekstraktor o'lchamlarini hisoblash sxemasi.

Tomchilarning o'rtacha diametrini aniqlash uchun seksiyalar (disklar) sonini bilish kerak. Shuning uchun seksiyalar sonini $N = 20$ deb qabul qilib olamiz va unda quyidagi natijani olamiz:

$$d = 16,7 \cdot \frac{(0,894 \cdot 10^{-3})^{0,3} \cdot (0,0341)^{0,5}}{0,2^{0,9} \cdot 997^{0,8} \cdot 9,81^{0,2} \cdot 20^{0,28}} = 0,00203 \text{ m} = 2,03 \text{ mm}$$

Bilqillab qolish davrida fazalarning umumiy sohta tezligi.

Mayda tomchilarning erkin cho'kish tezligini topish uchun Adamarning tenglamasidan foydalansa bo'ladi:

$$w_q = \frac{\Delta \rho \cdot g \cdot d^2 \cdot (\mu_d + \mu_c)}{6 \cdot \mu_c \cdot (2 \cdot \mu_c + 3 \cdot \mu_d)}$$

bu erda w_{ch} – erkin cho'kish tezligi; $\Delta \rho$ - fazalar zichliklarining farqi; μ_s va μ_w – dispersion va dispers fazalar qovushoqliklari.

Yirik tomchilarni erkin cho'kish tezligini hisoblash uchun quyidagi empirik formuladan foydalanamiz:

$$2 \leq T \leq 70 \text{ da} \quad Q = (0,75 \cdot T)^{0,78}$$

$$T > 70 \text{ булганда} \quad Q = (22 \cdot T)^{0,42}$$

bu erda

$$Q = 0,75 + \frac{Re}{p^{0,15}}$$

$$T = \frac{4 \cdot \Delta \rho \cdot g \cdot d^2 \cdot \rho^{0,15}}{3 \cdot \sigma}$$

$$P = \frac{\rho_c^2 \cdot \sigma^3}{\Delta \rho \cdot g \cdot \mu_c^4}$$

bu erda σ - fazalar orasidagi tortishish kuchi.

Parametr $T=70$ ga teng bo'lsa, bu tomchilarning kritik diametriga mos keladi. Ushbu formulalar yordamida hisoblash $w_o = 5,73$ ekanligi kelib chiqadi.

Tomchilarning xarakteristik tezliklarini ushbu formulalardan aniqlaymiz;

$$\left(\frac{D_c}{D}\right)^2 = \left(\frac{3}{4}\right)^2 = 0,562; \quad 1 - \left(\frac{D_p}{D}\right)^2 = 1 - \left(\frac{2}{3}\right)^2 = 0,556;$$

$$\left(\frac{D_c + D_p}{D}\right) \cdot \left[\left(\frac{D_c - D_p}{D}\right)^2 + \left(\frac{h}{D}\right)^2\right]^{0,6} = \left(\frac{3}{4} + \frac{2}{3}\right) \cdot \left[\left(\frac{3}{4} - \frac{2}{3}\right)^2 + \left(\frac{1}{3}\right)^2\right]^{0,6} = 0,485$$

Demak, $\alpha = 0,485$ va tomchilarning xarakteristik tezliklari quyidagiga teng bo'ladi:

$$w_{xap} = \alpha \cdot w_o = 0,485 \cdot 5,73 = 2,78 \text{ cm / c}$$

Bilqillab qolish davridagi fazalarning sohta umumiy tezligi ushbu formuladan topiladi:

$$\begin{aligned} (w_c + w_d)_o &= (1 - 4 \cdot \Phi_o + 7 \cdot \Phi_o^2 - 4 \cdot \Phi_o^3) \cdot w_{xap} = \\ &= (1 - 4 \cdot 0,382 + 7 \cdot 0,382^2 - 4 \cdot 0,382^3) \cdot 2,78 = 0,756 \text{ cm / c} \end{aligned}$$

Kolonnaning diametri va ichki uskunalarning o'lchamlari.

Ushbu shart-sharoitda kolonnaning ruxsat etilgan minimal diametri quyidagi qiymatga teng:

$$D_{min} = \sqrt{\frac{4 \cdot (V_d + V_c)}{\pi \cdot (w_d + w_c)}} = \sqrt{\frac{4 \cdot (0,001389 + 0,002778)}{3,14 \cdot 0,00756}} = 0,84 \text{ m}$$

Kolonnaning ichki diametrini 1 m ga teng deb olamiz. Bunday kolonnada fazalarning sohta tezliklari:

$$w_y = w_d = 0,354 \text{ cm / c}; \quad w_x = w_c = 0,177 \text{ cm / c} \quad \text{ga tengdir.}$$

Fazalar tezliklarining yig'indisi ularning bilqillab qolish davridagi umumiy tezlikning 69% ni tashkil qiladi.

Ekstraktor ichki uskunalarning asosiy o'lchamlari:

$$D_p = D \cdot \left(\frac{D_p}{D} \right) = 1 \cdot \frac{2}{3} = 0,667 \text{ m};$$

$$D_c = D \cdot \left(\frac{D_c}{D} \right) = 1 \cdot \frac{3}{4} = 0,75 \text{ m};$$

$$h = D \cdot \left(\frac{h}{D} \right) = 1 \cdot \frac{1}{3} = 0,333 \text{ m};$$

Aylanish chastotasi

$$n = \frac{n \cdot D_p}{D_p} = \frac{0,2}{0,667} = 0,3 \text{ c}^{-1}$$

Fazalar to'qnashish joyining solishtirma yuzasi.

Fazalarning sohta tezliklarining va xarakteristik tezliklar qiymatlarini quyidagi tenglamaga

$$\Phi^3 - 2 \cdot \Phi^2 - \left(1 + \frac{w_d}{w_{om}} - \frac{w_c}{w_{om}} \right) \cdot \Phi - \frac{w_d}{w_{xap}}$$

g'o'yib, kubik tenglamani olamiz:

$$\Phi^3 - 2 \cdot \Phi + 1,06 \cdot \Phi - 0,127 = 0$$

Ushbu tenglamani echib, ushlab qolish qobiliyati $F = 0,169$ ekanligini topamiz. Unda, fazalarning solishtirma to'qnashish yuzasi

$$a = \frac{6 \cdot \Phi}{d} = \frac{6 \cdot 0,169}{2,03 \cdot 10^3} = 500 \frac{\text{m}^2}{\text{m}^3}$$

Kolonnaning ishchi zonasining balandligi.

Dispersion E_s va dispers E_d fazalarning bo'ylama aralashish koeffitsientlari quyidagi empirik tenglamalardan topish mumkin:

$$\begin{aligned} E_x = E_c &= 0,5 \cdot \frac{w_c \cdot h}{1 - \phi} + 0,09 \cdot \left(\frac{D_p}{D} \right)^2 \cdot \left[\left(\frac{D_c}{D} \right)^2 - \left(\frac{D_p}{D} \right)^2 \right] \cdot n D_p \cdot h = \\ &= 0,5 \cdot \frac{0,177 \cdot 10^{-2} \cdot 0,333}{1 - 0,169} + 0,09 \cdot \left(\frac{2}{3} \right)^2 \cdot \left[\left(\frac{3}{4} \right)^2 - \left(\frac{2}{3} \right)^2 \right] \cdot 0,2 \cdot 0,333 = 6,59 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 / \text{c} \end{aligned}$$

$$E_y = E_d = 0,5 \cdot \frac{w_d \cdot h}{\phi} + 0,09 \cdot \left(\frac{D_p}{D} \right)^2 \cdot \left[\left(\frac{D_c}{D} \right)^2 - \left(\frac{D_p}{D} \right)^2 \right] \cdot nD_p \cdot h =$$

$$= 0,5 \cdot \frac{0,354 \cdot 10^{-2} \cdot 0,333}{0,169} + 0,09 \cdot \left(\frac{2}{3} \right)^2 \cdot \left[\left(\frac{3}{4} \right)^2 - \left(\frac{2}{3} \right)^2 \right] \cdot 0,2 \cdot 0,333 = 38 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 / \text{ c}$$

Massa berish koeffitsientini aniqlash uchun Reynolds kriteriysi va tomchilarning nisbiy tezliklarini topish kerak:

$$w_{mc} = \frac{w_d}{\Phi} + \frac{w_c}{1-\Phi} = \frac{0,177}{0,169} + \frac{0,354}{1-0,169} = 2,3 \text{ cm} / \text{ c}$$

$$Re = \frac{\rho_c \cdot w_{mc} \cdot d}{\mu_c} = \frac{997 \cdot 0,023 \cdot 2,03 \cdot 10^{-3}}{0,894 \cdot 10^{-3}} = 52,2$$

Yuqorida keltirilgan parametr T esa quyidagiga teng bo`ladi:

$$T = \frac{4 \cdot 123 \cdot 9,81 \cdot (2,03 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 40,4}{3 \cdot 0,0341} = 7,85$$

Ekstraktordagi seksiyalar soni $N = 20$ deb olingan. Ekstraktorning balandligini birinchi tahminda $H = N \cdot h$

deb qabul qilamiz. Unda uning balandligi $H = 20 \cdot 0,333 = 6,66 \text{ m}$ ga teng bo`ladi.

Massa berish koeffitsienti quyidagicha hisoblanadi:

$$Nu_c^i = 0,6 \cdot Re^{0,5} \cdot Pr^{0,5} = 0,6 \cdot 52,5^{0,5} \cdot 854^{0,5} = 127$$

$$\beta_x = \beta_c = Nu_c^i \cdot \frac{D_c}{D} = 127 \cdot \frac{1,05 \cdot 10^{-9}}{2,03 \cdot 10^{-3}} = 0,657 \cdot 10^{-4} \text{ m} / \text{ c}$$

$$\tau = \frac{\Phi \cdot H}{w_d} = \frac{0,169 \cdot 6,66}{0,00354} = 318 \text{ c}$$

$$Fo_d^i = \frac{4 \cdot D_d \cdot \tau}{d^2} = \frac{4 \cdot 2 \cdot 10^{-9} \cdot 318}{(2,03 \cdot 10^{-3})^2} = 0,617$$

$$Nu_d^i = 31,4 \cdot (Fo_d^i)^{-0,34} \cdot (Pr_d^i)^{-0,125} \cdot We^{0,37} =$$

$$= 31,4 \cdot 0,617^{-0,34} \cdot 343^{-0,125} \cdot 0,0314^{0,37} = 4,96$$

bu erda

$$Pr_c^i = \frac{\mu_c}{\rho_c \cdot D_c} = \frac{0,894 \cdot 10^{-3}}{997 \cdot 1,05 \cdot 10^{-9}} = 854$$

$$Pr_d^i = \frac{\mu_d}{\rho_d \cdot D_d} = \frac{0,6 \cdot 10^{-3}}{874 \cdot 2 \cdot 10^{-9}} = 343$$

$$\beta_y = \beta_\delta = Nu_\delta^i \cdot \frac{D_\delta}{d} = 4,96 \cdot \frac{2 \cdot 10^{-4}}{2,03 \cdot 10^{-3}} = 0,0488 \cdot 10^{-4} \text{ m} / \text{ c}$$

Ideal siqib chiqarish rejimiga to`g`ri keladigan suv fazasida massa o`tkazish koeffitsienti va o`tkazish birligi balandligini hisoblaymiz:

$$K_x = \left(\frac{1}{\beta_x} + \frac{1}{m \cdot \beta_y} \right)^{-1} = \left(\frac{1}{0,657 \cdot 10^{-4}} + \frac{1}{2,22 \cdot 0,0488 \cdot 10^{-4}} \right)^{-1} = 0,93 \cdot 10^{-5} \text{ m} / \text{ c}$$

$$H_{ox} = \frac{w_x}{K_x \cdot a} = \frac{0,00177}{0,93 \cdot 10^{-5} \cdot 500} = 0,381 \text{ m}$$

Ushbu jarayonda fazalarning sarflari umuman o'zgarmaydi va fazalar orasidagi muvozanat to'g'ri chiziqli bog'liqlik bilan ifodalanadi. Shuning uchun o'tkazish sonining birliklarini hisoblashda ushbu formuladan foydalanamiz:

$$n_{ox} = \frac{m \cdot V_y / V_x}{m \cdot V_y / V_x - 1} \cdot \ln \frac{m \cdot c_{x0} + m_o - c_{yox}}{m \cdot c_{x0} + m_o - c_{yox}}$$

hisoblanayotgan jarayon uchun $\frac{m \cdot V_y}{V_x} = 2,22 \cdot 2 = 4,44$, $m_o = 0$.

Demak,

$$n_{ox} = \frac{4,44}{4,44 - 1} \cdot \ln \frac{2,22 \cdot 0,3 - 0,1555}{2,22 \cdot 0,009 - 0,01} = 5,08$$

Shunday qilib, ideal siqib chiqarish rejimida ikkala faza bo'yicha kolonnaning ishchi balandligi

$$H = n_{ox} \cdot H_{ox} = 5,08 \cdot 0,381 = 1,93 \text{ m}$$

Bo'ylama aralashishni hisobga olgan holda kolonnaning balandligini aniqlash uchun mavhum o'tkazish soni birligini ketma – ket yaqinlashish usulidan foydalanamiz. Buning uchun avval Pekle kriteriysini ikkala fazalar uchun topamiz:

$$Pe_y = \frac{w_y \cdot H}{E_y} = \frac{0,00354 \cdot 6,66}{38 \cdot 10^{-4}} = 6,2$$

$$Pe_x = \frac{w_x \cdot H}{E_x} = \frac{0,00177 \cdot 6,66}{6,69 \cdot 10^{-4}} = 17,6$$

Birinchi yaqinlashuvda f_y va f_x koeffitsientlar qiymatlarini aniqlaymiz:

$$f_y = \left\{ 1 - \frac{[1 - \exp(-Pe_y)]^{-1}}{Pe_y} \right\}^{-1} = \left\{ 1 - \frac{[1 - \exp(-6,2)]^{-1}}{6,2} \right\}^{-1} = 1,192$$

$$f_x = \left\{ 1 - \frac{[1 - \exp(-Pe_x)]^{-1}}{Pe_x} \right\}^{-1} = \left\{ 1 - \frac{[1 - \exp(-17,6)]^{-1}}{17,6} \right\}^{-1} = 1,06$$

Olingan natijalar ushbu formulaga

$$H'_{ox} = H_{ox} + \frac{E_{\text{II}}}{w_x \cdot f_x} + \left(\frac{V_x}{m \cdot V_y} \right) \cdot \left(\frac{E_y}{w_y \cdot f_y} \right) = 0,381 + \frac{660 \cdot 10^{-9}}{0,00177 \cdot 1,06} + 0,2252 \frac{38 \cdot 10^{-4}}{0,00354 \cdot 1,192} = 0,941$$

mbu erda

$$\frac{V_x}{m \cdot V_y} = \frac{1}{2,22 \cdot 2} = 0,2252$$

$H'_{ox} = 0,941 \text{ m}$ g'iyomatga kolonnaning

$$H = H'_{ox} \cdot n_{ox} = 0,941 \cdot 5,08 = 4,78 \text{ m}$$

balandligi to'g'ri keladi. Hisoblash natijasida olingan N va $\dot{I}_{\text{to}}^i$ lar yordamida Pekle kriteriysi, f_y va f_x koeffitsientlarning aniqrog' g'iyomatlarini topamiz:

$$Pe_y = \frac{0,00354 \cdot 4,78}{38 \cdot 10^{-4}} = 4,45$$

$$Pe_x = \frac{0,00177 \cdot 4,78}{6,69 \cdot 10^{-4}} = 12,6$$

$$f_y = \left\{ 1 - \frac{[1 - \exp(-Pe_y)]^{-1}}{Pe_y} \right\}^{-1} - \left(1 - \frac{V_x}{m \cdot V_y} \right) \cdot \frac{F_y}{w_y \cdot H_{ox}^i} =$$

$$= \left\{ 1 - \frac{[1 - \exp(-4,45)]^{-1}}{4,45} \right\}^{-1} - (1 - 0,2252) \cdot \frac{38 \cdot 10^{-4}}{0,00354 \cdot 0,941} = 0,401$$

$$f_x = \left\{ 1 - \frac{[1 - \exp(-Pe_x)]^{-1}}{Pe_x} \right\}^{-1} + \left(1 - \frac{V_x}{m \cdot V_y} \right) \cdot \frac{F_x}{w_x \cdot H_{ox}^i} =$$

$$= \left\{ 1 - \frac{[1 - \exp(-12,6)]^{-1}}{12,6} \right\}^{-1} + (1 - 0,2252) \cdot \frac{6,69 \cdot 10^{-4}}{0,00177 \cdot 0,941} = 1,4$$

Ikkinchi ketma-ket yag'inlashuvda zohiriy o'tkazish sonining birligi g'uyidagi g'iyamatga teng bo'ladi:

$$H_{ox}^i = 0,381 + \frac{6,69 \cdot 10^{-4}}{0,00177 \cdot 1,4} + 0,2252 \cdot \frac{38 \cdot 10^{-4}}{0,00354 \cdot 0,401} = 1,25 \text{ m}$$

$H'_{ox} = 1,25 \text{ m}$ g'iyamatida kolonnaning zarur balandligi $N = 1,25 \cdot 5,08 = 6,35 \text{ m}$ ga tengdir.

H'_{ox} va N larni hisoblashni bir necha marta ushbu parametrlarning oxirgi ikki iteratsiyasining son qiymatlari teng bo'lguncha o'tkazamiz va

$$H'_{ox} = 1,15 \text{ m}; \quad N = 5,84 \text{ m}$$

ekanligini aniqlaymiz.

Disklar orasidagi masofa 0,33 deb qabul qilganimiz uchun $N = 5,84 \text{ m}$ li kolonna disklarining soni

$$\frac{5,84}{0,333} = 17,5 \text{ ta}$$

Disklar sonini 18 ta desak, ishchi zonaning balandligi quyidagi qiymatga teng bo'ladi.

$$N = 18 \cdot 0,333 = 6 \text{ m}$$

Miqdori 20 ga teng deb olingan edi. Agarda quyidagi tenglamaga:

$$d = 16,7 \cdot \frac{\mu_c^{0,3} \cdot \sigma^{0,5}}{(n \cdot D_p)^{0,9} \cdot \rho_c^{0,8} \cdot g^{0,2} \cdot N^{0,23}}$$

$N = 11$ g'oyasak, tomchilarning o'rtacha o'lchami $d = 2,08 \text{ mm}$ ligini bilamiz va bu o'lcham $N = 20$ dagi d g'iyamatidan 25% ga farq qiladi. Tomchilarning o'lchami va ekstraktorning qolgan boshqa gidrodinamik parametrini qaytadan hisoblashga o'rin yo'g', chunki bunday chetga chiqish yuqorida keltirilgan tenglamaning aniqlik doirasida joylashgan. Kolonnaning balandligiga bog'liq bo'lgan dispers yuzadagi modda berish koeffitsienti ham mutlaqo o'zgarmaydi. Agar hisoblash natijasida ekstraktorning balandligi boshida olingan qiymatdan farq qilganda, xamma hisoblashni takrorlashga to'g'ri kelar edi. Tomchining o'rtacha o'lchamini aniqlashdan tortib ekstraktordagi kolonna balandligini hisoblash natijalari shuni ko'rsatadiki bo'ylama aralashtirishning salmog'i ancha katta. Bo'ylama aralashtirish yuqoriligi sababli kerakli ishchi zonasining balandligi 3 marta ortadi.

Reynolds kriteriysining katta qiymatlari ($Re \text{ g' } 10^5$) uchun aylanayotgan diskni quvvat kriteriysi tahminan $K_N = 0,03$. Bizning misol uchun

$$Re_c = \frac{\rho_m \cdot \pi \cdot d_p^2}{\mu_m} = \frac{997 \cdot 0,3 \cdot 0,667^2}{0,894 \cdot 10^{-3}} = 149000$$

Aralashtirilayotgan muhitning o'rtacha zichligi

$$\rho = \Phi \cdot \rho_d + (1 - \Phi) \cdot \rho_m = 0,169 \cdot 874 + (1 - 0,169) \cdot 997 = 976 \text{ kg/m}^3$$

Bitta disk yordamida aralashtirish uchun kerakli energiya sarfi quyidagiga teng bo'ladi:

$$N = K_N \cdot \rho \cdot n^3 \cdot D_p^5 = 0,03 \cdot 976 \cdot 0,3^3 \cdot 0,667^5 = 0,1 \text{ Bm}$$

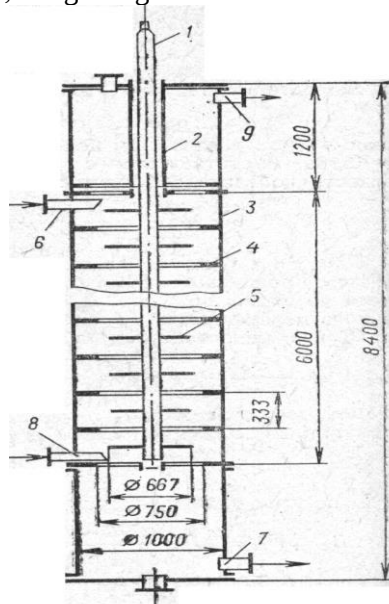
Ko`rinib turibdiki, aralashtirish uchun quvvat sarfi ko`p emas va hamma disklar uchun 2 Vt ni tashkil etadi. Demak, elektr yuritkich quvvatini mexanik hisoblar asosida tanlash kerak. Uning quvvati ishqalanish kuchlari va ishga tushirish onlarini engish uchun etarli bo`lishi zarur.

Cho`ktirish zonalarining o`lchamlari

Odatda rotor-diskli ekstraktorlarda ishchi va cho`ktirish zonalarining balandliklari bir xil bo`ladi. Agarda ushbu formula orqali benzol tomchilari koalenstenstiya bo`lishi uchun zarur vaqti

$$\tau_{\text{koal}} = 1,32 \cdot 10^5 \cdot \left(\frac{\mu_m \cdot d}{\sigma} \right) \cdot \left(\frac{H}{d} \right)^{0,18} \cdot \left(\frac{\Delta \rho \cdot g \cdot d^2}{\sigma} \right)^{0,32}$$

va uning asosida cho`ktirish zonasining hajmi hisoblansa, ushbu zonaning balandligi taxminan 0,2 m ga teng bo`ladi. Ma`lumki bu turdagi ekstraktorlarda cho`ktirish zonasi ishchi zonasining davomi bo`lib, unda suyuqlik intensiv harakat qiladi. Shuning uchun cho`ktirish zonasi 2 qismdan iborat bo`lgani maqsadga muvofiqdir, ya`ni cho`ktirish va oraliq turg'unlashtiruvchi zonalaridan. Yuqorida aytilganlarni hisobga olsak, cho`ktirish zonasining to`liq balandligi 1,2 m ga teng bo`ladi.



5.62-rasm. Rotor-diskli ekstraktor.

5.62-rasmda rotor-diskli ekstraktorning texnologik hisoblar asosida olingan o`lchamlari keltirilgan. Ushbu misolda rotor-diskli ekstraktor hisobi  $n \cdot D_p = 0,2 \text{ m/s}$  bo`lgan shart-sharoit uchun bajarilgan. Ammo rotor-diskli ekstraktorlarni loyihalashda hisoblar $n \cdot D_p$ ko`paytmaning turli g`iymatlari uchun bajarilishi kerak va olingan natijalardan optimal varnianti tanlanishi zarur.

«QATTIQ JISM - SUYUQLIK» SISTEMASIDA EKSTRAKSTIYALASH

5.26. Umumiy tushunchalar

G'ovaksimon qattiq jism tarkibidan bir yoki bir necha komponentlarni ajratib olish jarayoni **ekstrakstiyalash** deb ataladi.

Qattiq jismdan bir yoki bir necha komponentni selektivlik qobiliyatiga ega bo'lgan erituvchi yordamida ajratib olish jarayoni **eritish** deb nomlanadi. Ushbu jarayon ekstrakstiyalash jarayonining xususiy holdir.

Kimyo, oziq-ovqat va boshqa sanoatlarda juda ko'p kapillyar-g'ovakli jismlar eritish jarayoni yordamida qayta ishlanadi. Ekstrakstiyalash ishqor, kislota, tuzlar, qand, o'simlik moylar, sharbatlar, vitaminlar, turli dorilar, rangli va nodir metallar va hokazolarni olishda ishlatiladi. Ekstrakstiyalash jarayonida kerakli komponent qattiq fazadan diffuziya yo'li orqali suyuqlik fazaga o'tadi. Buning uchun shu komponentni eritadigan tegishli erituvchi tanlab olinishi kerak. Shuni alohida ta'kidlash kerakki, ekstrakstiyalash va eritish jarayonlari «qattiq jism - suyuqlik» sistemasida olib boriladi. Ekstrakstiyalash 2 bosqichda o'tadi:

- 1) komponentning qattiq jismlar ichki qismidan tashqi yuzasiga diffuziya yo'li bilan o'tishi;
- 2) komponentning diffuziya jarayoni tufayli qattiq jism yuzasidan chegaraviy qatlam orqali suyuqlik fazaga o'tishi. Bu jarayon noturg'un bo'lib, vaqt bo'yicha o'zgaradi.

Eritish jarayonining tezligi faqat ikkinchi bosqichning qarshiligiga bog'liq, chunki birinchi bosqichda qarshilik umuman bo'lmaydi. Shuning uchun, eritish jarayoni ekstrakstiyalashga qaraganda ancha tez boradi.

Sanoat texnologik jarayonlarida erituvchilar sifatida quyidagi suyuqliklar ishlatiladi: suv - qand lavlagidan shakarni, hamda kofe, choyni ekstrakstiyalash uchun; spirt va spirt-suvli aralashmalar liker - aroq damlamasi va pivo - alkogolsiz ichimliklar ishlab chiqarish sanoatida; benzin, trixloretan, dixloretan - yog' va efir moylarini ishlab chiqarishda. Undan tashqari, suv va ayrim noorganik kislotalarning eritmaları ham, erituvchi sifatida ishlatiladi. Bunday jarayonlar **ishqorlanish** deb nomlanadi. Ishqorlanish mineral xom - ashyolarni kimyoviy qayta ishlash yo'li bilan qimmatbaho komponentlarni olish uchun qo'llaniladi.

Eritish jarayoni texnologik sxemalarida filtrlash, bug'latish va kristallash kabi jarayonlardan avval ishlatiladi va u birinchi bosqich bo'lib hisoblanadi.

5.27. Eritish jarayoni statikasi va kinetikasi

Jarayonning mexanizmi shundaki, erituvchi qattiq jism g'ovaklariga kirib boradi va ajratilishi kerak bo'lgan moddani eritadi.

Eritilgan moddaning kimyoviy potentsiali va uning qattiq jismdagi kimyoviy potentsialiga tenglashganda erish jarayoni muvozanat holiga keladi. To'yinish holatiga oid eritmaning konstantriyasi **eruvchanlik** deb ataladi.

Qattiq jismning tashqi yuzasidagi muvozanat qisqa vaqt ichida o'rnatiladi. Shuning uchun, massa almashinish jarayonlarni tahlil qilishda, "qattiq jism - erituvchi" sistemasining fazalararo yuzasidagi konstantriyasi to'yingan eritma konstantriyasi $u_{to'y}$ ga teng deb qabul qilinadi.

Eritish jarayoni kinetikasining asosiy masalasi fazalarning o'zaro to'qnashish vaqtini aniqlashdir. Fazalar to'qnashish vaqti ma'lum bo'lgandan so'ng, ekstraktorlarning asosiy o'lchamlari hisoblanadi.

Eritish jarayonida massa almashinishga qattiq jismning ichki tuzilishi: kapillyar shakli va o'lchami (5.63b-rasm), zarrachalar kimyoviy tarkibiga katta ta'sir ko'rsatadi (5.63a-rasm). Qattiq jismning ichki tuzilishi massa o'tkazish tezligiga ham katta ta'sir etadi.

Qattiq g'ovaksimon zarrachalar o'zida maqsadli, kerak komponentni qattiq holatida saqlaydi. Maqsadli komponentning zarracha hajmida taqsimlanishi turli variantlarda bo'lishi mumkin. Ko'pchilik hollarda, g'ovaksimon jism hajmida ajratib olinadigan komponent bir tekisda taqsimlangan bo'ladi. Ekstrakstiya jarayonida maqsadli komponentning hajmi sistematik ravishda kamayib boradi (5.64-rasm).

Maqsadli komponent ajratib olingan hajm ($R-r_0$) da, shu komponent ekstragentda erigan holda bo'ladi. Vaqt o'tishi bilan ushbu hajm ulushi ortib boradi.

Eritish jarayoni murakkab jarayon bo'lib, erituvchini qattiq jism kovaklariga diffuziyasi, ajratib olinayotgan moddalarni eritish, qattiq jism kapillyarlari orqali fazalarni ajratuvchi yuzaga ekstrakstiyalanayotgan moddaning diffuziyasi va fazalarni ajratuvchi yuzadan ekstragent oqimi yadrosiga massaning o'tishi kabi bosqichlardan iborat.

Jarayonning qayd etilgan 4 bosqichidan oxirgi ikkitasi massa almashinishning umumiy tezligini chegaralaydi. Chunki, birinchi va ikkinchi bosqichlarning massa almashinish tezligi, oxirgi ikkitasiniqiga qaraganda ancha yuqoridir.

Shunday qilib, massa almashinish jarayonining umumiy diffuziya qarshiligi qattiq jism va erituvchilarning ichki diffuzion qarshiliklari yig'indisidan iborat.

Kapillyar - g`ovak jism ichidan moddaning diffuziya tezligi ushbu tenglama bilan ifodalanadi:

$$i = - \frac{dM}{Fd\tau}$$

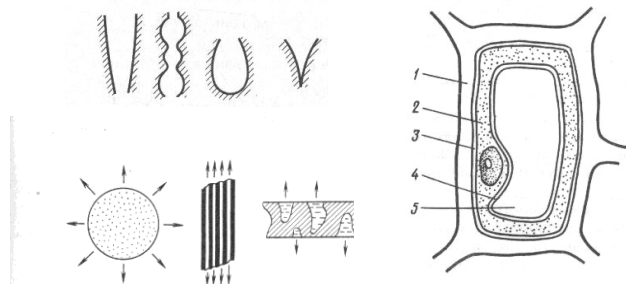
Fazalarni ajratuvchi yuzadan oqim yadrosiga massa berish tezligi (5.17) tenglama yordamida aniqlanadi.

Massa o`tkazuvchanlik va berish tezliklari orasidagi nisbatni baholash uchun Bio kriteriysidan foydalaniladi:

$$Bi = \frac{\beta \cdot l}{D}$$

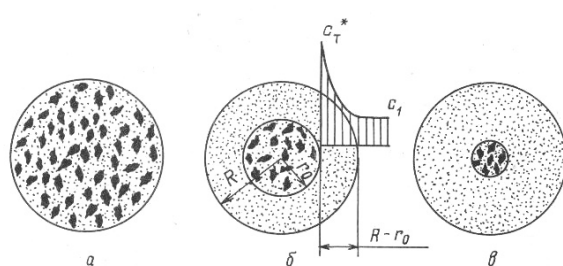
Ayniqsa, kapillyar - g`ovak jismlarda massa o`tkazuvchanlik tezligi juda kichik bo`ladi.

5.63v-rasmda o`simlik hujayrasining tuzilishi ko`rsatilgan.



5.63-rasm. Fovaksimon qattiq jism tuzilishi (a), kovaklar turi (b) va o'simlik hujayrasi (c).

1 - hujayra qobig'i; 2 - protoplazmalar;
3,4 - o'tkazuvchan membranalar;
5 - vakuol.



5.64-rasm. Qattiq g`ovaksimon jismning ekstrakciya jarayonida tuzilishi-ning o'zgarishi.

Massa o`tkazuvchanlik koeffitsienti qattiq jismning ichki tuzilishiga, ekstragentning fizik xossalari, ekstrakstiyalanayotgan moddaning konstantriyasi va jarayon temperaturasi bog`liq. Massa o`tkazuvchanlik koeffitsientining yuqorida qayd etilgan omillarga bog`liqligi tajribaviy usulda topiladi.

Asosiy diffuzion qarshilik suyuqlik fazada mujassam bo`lgan hollarda, jarayonni ifodalash uchun (5.17) tenglamalardan foydalanish mumkin.

Eritish jarayonini harakatga keltiruvchi kuch bo`lib, qattiq jism yuzasidagi ekstrakstiyalanuvchi modda konstantriyasi  $u_{ch}=u_{uy}$  va uning ekstragentdagi o`rtacha konstantriyasi u_{ur} larning farqi hisoblanadi.

Ushbu holatda jarayonning tezligi quyidagi tenglamadan aniqlanadi:

$$\frac{dM}{Fd\tau} = \beta_y (y_{myu} - y_{yp}) \quad (5.154)$$

bu erda β_u - suyuqlik fazadagi massa berish koeffitsienti.

Qalinligi δ bo`lgan chegaraviy qatlamdagi molekulyar diffuziya tezligi Fikning 1-qonuni yordamida topiladi:

$$\frac{dM}{Fd\tau} = D \frac{(y_{myu} - y_{yp})}{\delta} \quad (5.155)$$

bu erda D - molekulyar diffuziya koeffitsienti.

Qattiq jismni eritish jarayoni uchun prof. A.N. Shukarev tomonidan ushbu formula keltirib chiqarilgan:

$$\frac{M}{\tau} = \left(\frac{D}{\delta} \right) F_{yp} (y_{myu} - y_{yp}) = \beta_y \cdot F_{yp} (y_{myu} - y_{yp}) \quad (5.156)$$

bu erda $\beta_u = D/\delta$ Tajribaviy usul bilan $\delta \approx D^{0,33}$ ekanligi aniqlangan.

(5.154) tenglamadan β_u massa berish koeffitsienti $D^{0,66}$ ga proporstionalligi ko`rinib turibdi. Yuqorida keltirilgan tenglamalarni inobatga olgan holda va tajriba natijalarini umumlashtirish natijasida, ishqorlab ajratish jarayonida massa berish koeffitsienti β_u ni ushbu tenglama yordamida topish mumkin:

$$Nu_d = 0,8 Re^{0,5} \cdot Pr^{0,33} \quad (5.157)$$

bu erda $Nu_d = \beta_u d/D$ - Nusselt kriteriysi (d - qattiq zarracha diametri); $Re = wd\rho/\mu$ - Reynolds kriteriysi (w - ekstragent tezligi; μ - ekstragent dinamik qovushoqligi); $Pr = \nu/D$ - Prandtl kriteriysi.

(5.156) tenglamadan ko`rinib turibdiki, agar chegaraviy qatlam qalinligi δ kamaysa, koeffitsient β ning qiymati ortadi. Chegaraviy qatlam nazariyasidan ma'lumki, Reynolds soni ortishi, ya'ni qattiq zarrachalarga nisbatan ekstragent harakat tezligi ko'payishi bilan diffuzion qatlam qalinligi kamayadi.

Demak, samarador gidrodinamik sharoit yaratib, ishqorlab ajratish jarayonini intensivlash mumkin. Undan tashqari, qattiq materialni maydalash ham jarayonni jadallashishga olib keladi.

Ma'lumki, qattiq jismlarni maydalash, massa almashinish yuzasining ortishiga va material ichidan kapillyarlar orqali ekstrakstiyalanayotgan komponent diffuziya yo'li kapayishiga olib keladi. Temperatura ortishi bilan massa o'tkazuvchanlik koeffitsient ko'payganligi uchun ishqorlab ajratish jarayoni ekstragentning qaynash temperaturasi yaqin temperaturalarda tashkil etiladi. Bunday holatda eritmaning to'yinish konstantasi u_{uy} ortadi, bu esa o'z navbatida eritish va ishqorlab ajratish jarayonlarini harakatga keltiruvchi kuchining ko'payishiga sababchi bo'ladi.

Amaliy jihatdan jarayonlarni intensivlash uchun ekstraktordagi gidrodinamik holatni yaxshilash zarur. Masalan, mavhum qaynash qatlamda qayta ishlash, pulsastiya yoki vibrastiya ta'sir ettirish yo'llari bilan ekstraktorlarda yuqorida qayd etilgan jarayonlar samarasini ko'tarish mumkin. Undan tashqari, past chastotali tebranishlar ham, ekstraktorlarda kechadigan massa almashinish jarayonini tezlashtiradi.

5.28. Ishqorlab ajratish ekstraktorlarining konstrukstiyalari

Ekstrakstiya, eritish va ishqorlab ajratish uchun davriy va uzluksiz ishlaydigan ekstraktorlar qo'llaniladi. Qurilmadagi fazalar harakatiga qarab parallel, qarama - qarshi va murakkab yo'nalishli bo'lishi mumkin.

Suyuqlik fazasining qattiq materialni yuvib o'tish harakatiga qarab o'zgarmas, mexanik aralashtirgichi bo'lgan va mavhum qaynash qatlamli ekstraktorlar bo'ladi.

Ekstraktorlarni tanlashda qattiq faza fizik-mexanik xossalari va ajrab chiqadigan ekstrakt konstantasi 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 ekstrakstiyalash 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 talab quyidagilardan iborat:

- qurilma hajmi birligiga to'g'ri kelgan ekstraktning miqdori, ya'ni solishtirma ish unumdorligi katta bo'lishi zarur;

- hosil bo'layotgan eritma konstantasi iloji boricha yuqori bo'lishi kerak;

- energiya sarfi kam bo'lishi zarur.

Perkolyator - bu davriy ishlaydigan, qo'zg'almas qatlamli ekstraktor (5.65-rasm). U konussimon tubli va yassi qopqoqli silindrik qurilma bo'lib, tubida teshikli panjara o'rnatilgan. Ushbu panjaraga tepa lyukdan maydalangan qattiq material qatlamli 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 bo'lishi 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.

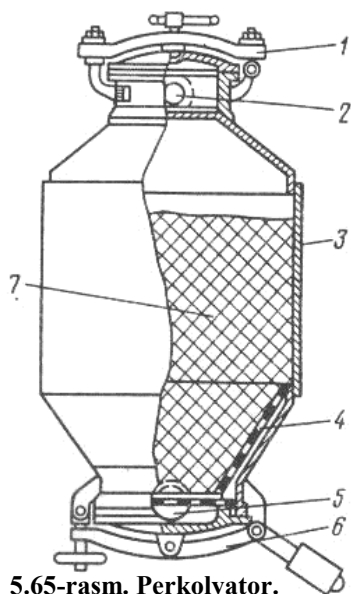
Uzluksiz ishlaydigan diffuzion qurilmalar kimyo, tog'-kon, oziq-ovqat va boshqa sanoatlarda juda ko'p ishlatiladi. Ayniqsa, qand lavlagidan shakar olishda va uning turpini chiqarib tashlashda bu turdagi qurilmalar juda samarali qo'llanilmoqda.

Ikki shnekli, og'ma diffuzion qurilma odatda $8...11^\circ$ burchak ostida ishlatiladi. Qurilmaning tepa qismida qand lavlagi qirindilarini yuklash uchun bunker va hosil bo'layotgan turpini (jomni) chiqarish uchun shneklar o'rnatilgan (5.66-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 qurilmada kontrparraklar va qopqoqning pastki qismida to'siqlar o'rnatilgan.

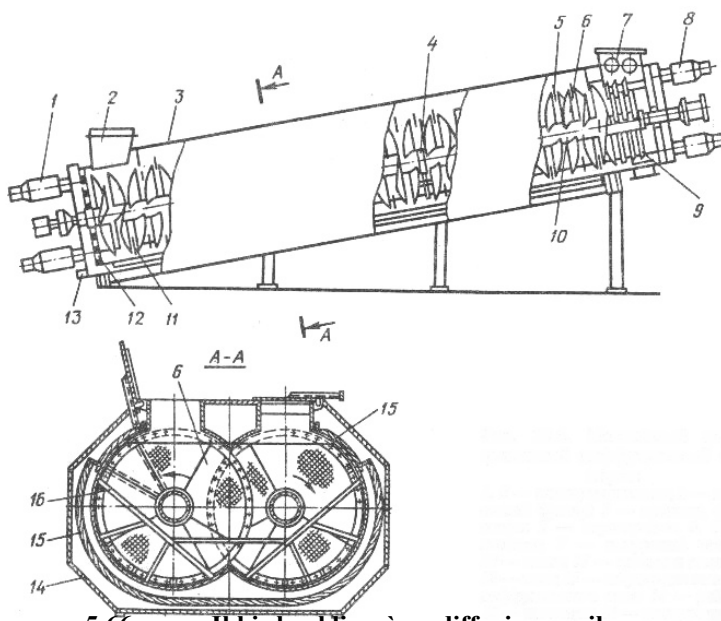
Lavlagi turpi qurilmaning tepa qismidagi shneklar yordamida chiqariladi. Turpni samarali to'kish uchun parraklar ham yordam beradi. To'kish shneklari uzatish shneklariga nisbatan to'g'ri burchak ostida o'rnatilgan va ularga qarama - qarshi yo'nalishda aylanadi. Ekstrakstiyalanayotgan materialni isitish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

ostki qismida isituvchi kamera o`rnatilgan.



5.65-rasm. Perkolyator.

1-qopqoq; 2,5-erituvchi uchun
shtucerlar; 3-qobiq; 4-teshikli
paniara; 6-ko'tarma lvuk.



5.66-rasm. Ikki shnekli, og`ma diffuzion qurilma

**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 stargalardan tarkib topgan bo`lib, qattiqlik qovurg`alari bilan mustahkamlanadi. Ekstraktorda material uzatuvchi romchalar o`rnatilgan 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 rotastion uloqtirgich yordamida yuklanadi. Isitilgan sharbat qurilmaga soplolar yordamida purkaladi.

Qurilmadan diffuzion sharbat kamerada o`rnatilgan konussimon teshikli elak va patrulkalar orqali chiqariladi. Barometrik suv qurilmaning tepa qismida joylashgan presslangan turp suyuqligi esa, pastki soplolar orqali qurilmaga kiritiladi.

Qand lavlagi paraxasi romchali zanjir yordamida qurilma bo`ylab uzatiladi va oxirida to`kish shtusteriga olib kelinadi. Barometrik va presslangan turp suvlari, qand lavlagi qirindisiga qarama - qarshi yo`nalishda, 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.

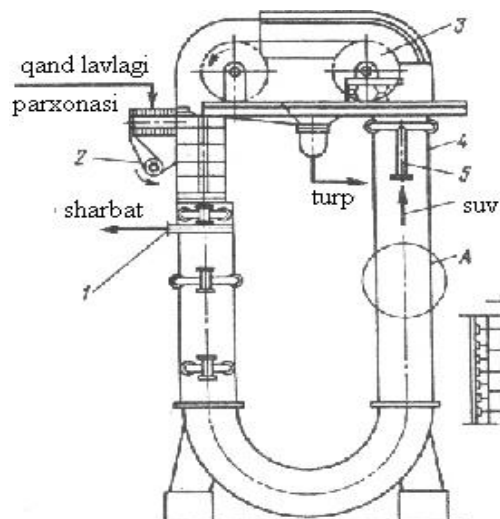
Lekin, materialni uzatish uchun romcha yoki kovsh zanjirli moslamalarni qo`llash, qattiq jismlarning zichlanishiga sababchi bo`ladi. Ma`lumki, zichlangan materialni ekstrakstiyalash ancha qiyin.

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

Lentali ekstraktorlar ko`pincha tarkibida yog` bor materiallardan (pista, chigit va h.) yog`ni ekstrakstiyalash uchun qo`llaniladi (5.68-rasm).

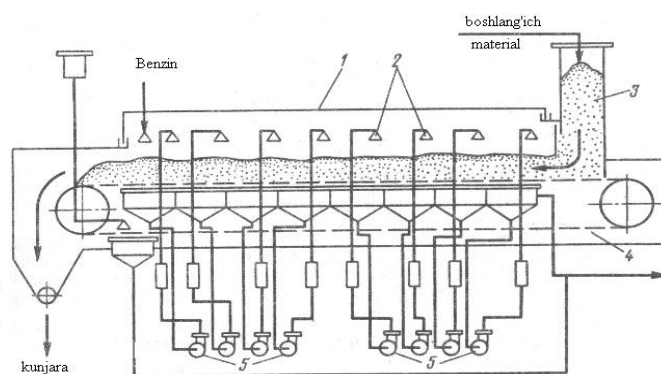
Maydalangan qattiq faza (pista) lentada yupqa qatlam holida uzatilsa, ekstragent - benzin yoki geksan esa nasoslar yordamida lentadagi xom - ashyoga purkaladi. Qattiq material va ekstragentlarning o`zaro harakati kombinastiyalangan, murakkab bo`lib, ya`ni har bir bo`limda o`zaro kesishgan va ekstraktorning butun uzunligi bo`ylab qarama-qarshi yo`nalishda harakatlanadi. Ekstraktor konstrukstiyasi qattiq material va ekstragentning o`zaro yaxshi to`qnashuvini ta`minlay olmaydi. Shuning uchun, ekstrakstiyalash jarayoni juda kichik tezlikda kechadi. Demak, xom - ashyodan yog`ni to`la ajratib olish uchun ekstrakstiya jarayoni bir necha pog`onali qurilmada olib borish kerak.

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 ekstrakstiyalash va eritish jarayonlari intensivlashadi.



5.67-rasm. Ikki kolonnali diffuzion qurilma.

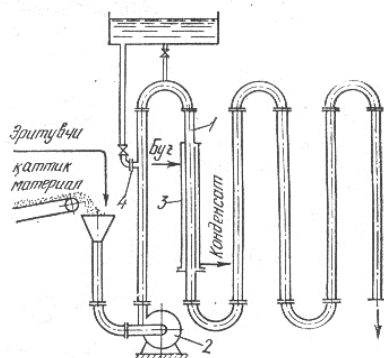
1,5 - shtuserlar; 2 – rotatsion uloqtirgich; 3 - baraban;
4 - aobia; 5 - zaniir; 6 - romcha.



5.68-rasm. Lentali ekstraktor.

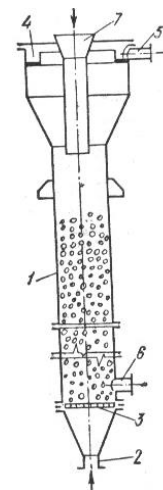
1 - qobiq; 2 - soplolar; 3 - yuklovchi shahta;
4 - uzatuvchi transport moslamasi; 5 - nasoslar.

Trubali ekstraktor 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.



5.69-rasm. Trubali ekstraktor.

1 - truba; 2 - nasos; 3 - bug' qobig'i; 4 - yuvuvchi suv kiradigan shtutser.



5.70-rasm. Mavhum qaynash qatlamli ekstraktor

1 - kolonna; 2 - eritma kirish shtuceri; 3 - taqsimlovchi teshikli panjara; 4 - halqasimon tarnov; 5 - konsentrlangan eritma chiqadigan shtuceri; 6 - qattiq qoldiqni to`kish shtuceri; 7 - qattiq materialni yuklash trubasi.

Ushbu qurilmalarda ekstrakstiyalash 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 ekstraktor. Stilindsimon kolonna 1 ga pastki shtuster 2 orqali eritma uzluksiz ravishda uzatiladi. Shtuster 2 orqali kiritilgan eritma belgilangan tezlikda taqsimlovchi panjara 3 teshiklaridan o`radi va maydalangan qattiq material qatlamini mavhum qaynash holatiga keltiradi.

Boshlang`ich material qurilmaning yuklash trubasi 7 orqali mavhum qaynash qatlamiga uzatiladi. Odatda, mavhum qaynash qatlami bir necha metr bo`ladi. Qurilmadan chiqishda yuqori konstantastiyali eritma olish mumkin. Konstentrlangan eritma halqasimon tarnovga tushadi va shtuster 5 orqali tashqariga chiqariladi. Hosil bo`layotgan qattiq qoldiq taqsimlovchi panjara 3 dan ozgina yuqorida joylashgan shtuster 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.

5.29. Eritkichlarni hisoblash

Oxirgi yillarda yaratilgan qattiq jismni ekstrakstiyalash jarayonining zonali usuli, noturg'un massa o'tkazuvchanlik masalasini echishga asoslangan. To'g'ri, geometrik shakldagi jismlarni ekstrakstiyalash jarayonining davomiyligini hisoblash uchun ushbu formulani qo'llash mumkin:

$$\tau_i = \sum_i^n \frac{\ln \prod_{j=1}^S \frac{\rho_{j,i}}{E_i}}{k_i \sum_{j=1}^n \frac{\mu_{j,i}}{R_j^2}}$$

bu erda $\mu_{j,i}$ va $\beta_{j,i}$ - j yo'nalishidagi jism shakliga va namlik o'zgarishi i oraligidagi Bi_m kattaliklarga bog'liq koeffitsientlar.

Lekin, massa o'tkazuvchanlik koeffitsienti bo'yicha tajriba ma'lumotlari etarli bo'lmagani uchun, ushbu usulning amaliyotda qo'llanilishi ma'lum qiyinchiliklarga duch kelmoqda.

Shuning uchun ekstraktorlarni hisoblash usuli konstantstratiya o'zgarishida nazariy pog'onalar sonini aniqlashga asoslangan usul keng qo'lamda ishlatiladi. Hisoblash usuliga f.i.k. ning kiritilishi ko'p pog'onali qurilmalarning haqiqiy pog'onalar soni yoki uzunligini topish imkonini beradi.

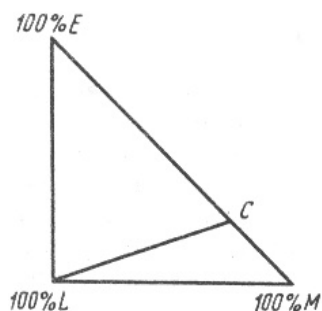
Nazariy pog'onalar sonini uchburchakli diagrammadan foydalanib grafik usulda aniqlashni ko'rib chiqamiz (5.71-rasm).

Hisoblashlar qulay bo'lishi uchun teng tomonli uchburchak o'rniga diagrammani to'g'ri burchakli uchburchak ko'rinishida chizamiz.

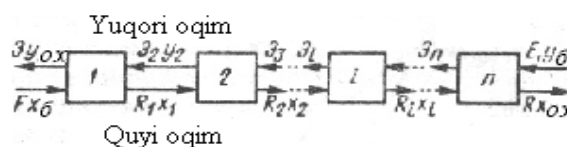
Boshlang'ich qattiq material erimaydigan L va eriydigan M komponentdan tarkib topgan bo'lsin va suyuqlik ekstragent E yordamida ajratib olinsin. Ekstrakstiyalash natijasida ekstragent E va unda erigan M moddadan tarkib topgan ekstrakt, hamda erimaydigan modda L va uning kovaklarida ma'lum miqdorda ekstragent E da erigan modda M dan tarkib topgan rafinat hosil bo'ladi.

Uchburchakning har bir tomonidagi nuqta L va M , L va E , M va E komponentlardan iborat ikki komponentli aralashmani ifodalaydi. Uchburchak ichidagi har bir nuqta uch komponentli sistemani xarakterlaydi.

Agar, ekstragent E dagi M modda to'yingan eritmasining tarkibi gipotenuzasidagi S nuqta orqali ifodalansa, unda LC kesma erimaydigan qattiq modda L bilan M va E lar eritmasi aralashmasini xarakterlaydi.



5.71-rasm. "Qattiq jism-suyuqlik" sistemasi uchun uchburchakli diagramma.



5.72-rasm. Ko'p sekciyalı qarama-qarshi yo'nalishli ekstrakciyalash.

Hosil bo'layotgan aralashmalar tarkibi va miqdori, hamda ekstrakt E va rafinat R lar orasidagi miqdoriy nisbatlar richag qoidasiga binoan aniqlanadi.

Ko'p sekstiyali qurilmada qarama - qarshi yo'nalishli ekstrakstiyalash jarayonini uchburchakli diagrammada ko'rib chiqamiz (5.72-rasm).

Ekstrakstiyalash qurilmasi n pog'onadan iborat bo'lsin.

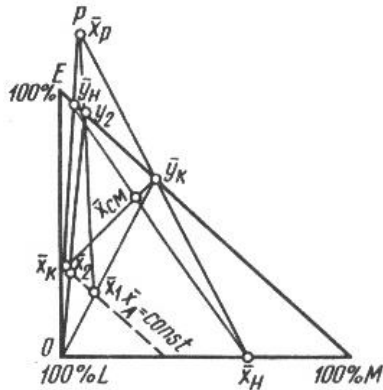
Konstantstratiyasi x_b (mass.ulush) bo'lgan F (kg/s) miqdordagi boshlang'ich aralashma ekstrakstion qurilmaning birinchi pog'onasiga uzatiladi. Qurilmaning boshqa uchidan n - pog'onaga u_b konstantstratiyalı E (kg/s) miqdordagi ekstragent yuboriladi. Ekstrakstiya jarayonida hosil bo'layotgan u_{ox} konstantstratiyalı ekstrakt E (kg/s) va x_{ox} konstantstratiyaga ega bo'lgan rafinat R (kg/s) qurilmadan uzluksiz ravishda chiqarib turiladi.

Jarayonning moddiy balansini ushbu ko'rinishda yozish mumkin:

$$F + E = R + \mathcal{O} \quad (5.158)$$

$$Fx_{\bar{o}} + Ey_{\bar{o}} = Rx_{ox} + \mathcal{Y}y_{ox} \quad (5.159)$$

Qattiq fazadagi ekstrakstiyalanayotgan modda konstentrastiyasi $\bar{x}_b$ absstissa o'qiga $\bar{u}_b$ konstentrastiyani uchburchakli diagrammaning gipotenuzasiga qo'yamiz va ushbu nuqtalarni birlashtiramiz (5.73-rasm).



5.73-rasm. Uchburchakli diagramma.

Hosil bo'lgan chiziqni E/F nisbatga qarab bo'lsak, $\bar{x}_{ar}$ ni olamiz. Bu nuqta boshlang'ich aralashma tarkibini ifodalaydi.

Agar, rafinatning tarkibi ma'lum bo'lsa, uchburchakli diagramma gipotenuzasiga qattiq fazaning o'zgarmas tarkibi chizig'ini ($x_1 = \text{const}$) parallel qilib o'tkazamiz va unga x_{ox} nuqtani qo'yamiz.

(5.158) va (5.159) tenglamalarga binoan x_{ox} , x_{ar} va u_{ox} nuqtalar bitta chiziqda yotishi kerak. Shu bilan birga, ekstrakt tarkibini (M va E moddalar aralashmasi) ifodalovchi u_{ox} nuqta gipotenuzada yotadi.

Shuning uchun, u_{ox} nuqtani x_{ox} va u_{ox} nuqtalaridan o'tkazilgan to'g'ri chiziqning gipotenuza bilan kesishgan joyi sifatida aniqlanadi.

Biror j - pog'ona uchun moddiy balans tenglamasi ushbu

ko'rinishiga ega:

$$F + \mathcal{Y}_{j+1} = R_j + \mathcal{O} \quad (5.160)$$

bundan

$$F - \mathcal{O} = R_j - \mathcal{Y}_{j+1} \quad (5.161)$$

Ekstrakstiyalanayotgan modda bo'yicha moddiy balans esa:

$$F\bar{x}_{\bar{o}} - \mathcal{Y}\bar{y}_{ox} = R_j\bar{x}_j - \mathcal{Y}_{j+1}\bar{y}_{j+1} \quad (5.162)$$

Agar, boshlang'ich qattiq aralashma va ekstrakt sarflarining farqini $F - E = R$ deb belgilasak, unda:

$$F\bar{x}_{\bar{o}} - \mathcal{Y}\bar{y}_{ox} = P\bar{x}_m$$

yoki

$$P = F - \mathcal{O} = R_1 - \mathcal{O}_2 = \dots = R - E \quad (5.163)$$

$$P\bar{x}_m = F\bar{x}_{\bar{o}} - \mathcal{Y}\bar{y}_{ox} = F_1\bar{x}_1 - \mathcal{O}_2\bar{y}_2 = \dots = R\bar{x}_{ox} - E\bar{y}_{ox} \quad (5.164)$$

(5.163) va (5.164) tenglamalaridan ko'rinib turibdiki, R qutbning holati ikki to'g'ri chiziq, ya'ni $\bar{x}_b$ va u_{ox} nuqtalar, hamda x_{ox} va u_b nuqtalar orqali o'tgan chiziqlar kesishishida hosil bo'lgan nuqta bilan belgilanadi.

Agar, R qutbning holati topib olinsa, grafik usulda konstentrastiya o'zgarishining nazariy pog'onalar sonini aniqlash mumkin. Buning uchun u_{ox} nuqtani koordinatalar boshi (nuqta 0) bilan birlashtiramiz va $x_A = \text{const}$ chiziqda kesishish nuqtasi x_1 topamiz.

(5.163) va (5.164) tenglamalardan ma'lumki,

$$P = R_1 - \mathcal{O}_2$$

$$P\bar{x}_m = R_1\bar{x}_1 - \mathcal{O}_2\bar{y}_2$$

Shuning uchun, $\bar{u}_2$ nuqtani $\bar{x}_m$ va $\bar{x}_1$ nuqtalar orqali o'tkazilgan to'g'ri chiziqning uchburchak gipotenuzasi bilan kesishgan joyi sifatida topamiz. x_2 nuqta topish uchun u_2 nuqtani koordinatalar boshi bilan birlashtirish kerak. Ushbu x_2 nuqta o'tkazilgan chiziq va $x_A = \text{const}$ chiziqlarning kesilish joyida yotadi. Xuddi shunday qurishlar rafinat konstentrastiyasi x_{ox} qiymatiga teng bo'lmaguncha davom ettiriladi. Koordinatalar boshini $x_1, x_2, x_3, \dots, x_{ox}$ nuqtalar bilan birlashtiradigan chiziqlar ekstrakstiya jarayonining nazariy pog'onalar sonini xarakterlaydi.

ADSORBSIYA

5.30. Umumiy tushunchalar

Gaz aralashmalari gaz yoki bug'larni yoki eritmalaridan erigan moddalarni qattiq, g'ovaksimon jism yordamida yutish jarayoni **adsorbtsiya** deb nomlanadi. Yutilayotgan modda **adsorbktiv**, yutuvchi modda esa – **adsorbent** deb ataladi.

Adsorbtsiya jarayonining o'ziga xosligi shundaki - u selektiv va qaytar jarayondir. Jarayonning qaytar bo'lishligi tufayli adsorbent yordamida bug' – gaz aralashmalaridan bir yoki bir necha komponentlarni yutish, so'ng esa maxsus sharoitda ularni adsorbentdan ajratib olish mumkin.

Adsorbtsiyaga teskari jarayon **desorbtsiya** deb nomlanadi. Adsorbtsiya jarayoni xalq xo'jaligining turli sohalarida keng tarqalgan bo'lib, gazlarni tozalash va qisman quritish, eritmalarini tozalash va tindirish, bug' - gaz aralashmalarini ajratish uchun ishlatiladi.

Kimyo sanoatda adsorbtsiya quyidagi jarayonlarni: gazlar va eritmalarini tozalash va quritishda, eritmalaridan qimmatbaho moddalarni ajratib olishda, neft va neft mahsulotlarini tozalashda, neftni qayta ishlashda hosil bo'ladigan gaz aralashmalaridan aromatik uglevodorodlarni (etilen, vodorod, benzin fraktsiyalaridan aromatik uglevodorodlarni) ajratib olishda ishlatiladi.

Oziq - ovqat sanoatida esa qand qiyomi va diffuzion sharbatlarni tozalashda, pivo va mevalar sharbatlarini tindirish, vino, konyak, aroq va spirtlarni organik va boshqa birikmalardan tozalash, kraxmal-patoka sanoatida qiyomlarni tozalashda qo'llaniladi.

Adsorbtsiya jarayon 2 xil bo'ladi, ya'ni fizik va kimyoviy adsorbtsiya. Agar, adsorbent va adsorbktiv molekulalarining o'zaro tortishishi Van-der-Vaals kuchlari ta'siri ostida sodir bo'lsa, bunday jarayon **fizik adsorbtsiya** deb nomlanadi.

Fizik adsorbtsiya jarayonida adsorbent va adsorbktivlar o'rtasida kimyoviy o'zaro ta'sir bo'lmaydi.

Adsorbtsiya jarayonida bug'larning yutilishi paytida ular kondensastiyalanadi, ya'ni adsorbent kovaklari suyuqlik bilan to'lib qoladi. Boshqacha qilib aytganda, adsorbentda kapillyar kondensastiya ro'y beradi.

Kimyoviy adsorbtsiya yoki **xemosorbtsiya** adsorbent va yutilgan modda molekulalari orasida kimyoviy bog'lar hosil bo'lishi bilan xarakterlanadi. Bu albatta kimyoviy reaktsiyaning natijasidir. Undan tashqari, xemosorbtsiya jarayonida kimyoviy reaktsiya tufayli katta miqdorda issiqlik ajralib chiqadi. Odatda adsorbtsiya jarayonida ajralib chiqadigan issiqlik **adsorbtsiya issiqligi** (J/kg) deb nomlanadi va u tajribaviy usulda yoki quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$r = \frac{19,16 \cdot \ln \frac{p_2}{p_1}}{\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}} \quad (5.165)$$

bu erda p_1 va p_2 - tegishli absolyut temperaturalar T_1 va T_2 larda adsorbent ustidagi yutilayotgan moddaning muvozanat bosimlari.

Shunday qilib, xemosorbtsiya jarayoni yuqori temperaturada kichik tezliklarda sodir bo'ladi.

Adsorbtsiya jarayonining selektivligi adsorbent va yutilayotgan komponentning konstentrastiyasiga temperaturaga, tabiatiga va gazlar yutilayotganda bosimga bog'liqdir.

Undan tashqari, jarayon tezligi adsorbentlarning solishtirma yuza kattaligiga ham bog'liq.

5.31. Adsorbentlar turlari va xarakteristikalar

Ma'lumki, xalq xo'jaligining turli sohalarida qo'llaniladigan adsorbentlar iloji boricha katta solishtirma yuzaga ega bo'lish kerak. Kimyo, oziq-ovqat va boshqa sanoatlarda faollangan ko'mir, silikagellar, alyumogellar, seolitlar, stellyuloza, ionitlar, mineral tuproq (bentonit, diatomit, kaolin) va boshqa materiallar adsorbent sifatida ishlatiladi. Albatta, adsorbentlar mahsulot bilan bevosita ta'sirda bo'lgani uchun zararsiz, mustahkam, zaharlimas va mahsulotni iflos qilmasligi kerak.

Adsorbentlar moddaning massa birligiga nisbatan juda katta solishtirma yuzali bo'ladi. Uning ichidagi kapillyar kanallari o'lchamiga qarab 3 guruhga bo'linadi, ya'ni makrokovakli ($>2 \cdot 10^{-4}$ mm), oraliq kovakli ($6 \cdot 10^{-6} \dots 2 \cdot 10^{-4}$ mm) va mikrokovakli ($2 \cdot 10^{-6} \dots 6 \cdot 10^{-6}$ mm) bo'ladi. Shuni ta'kidlash kerakki, adsorbtsiya jarayonining xarakteri ko'p jihatdan kovaklar o'lchamiga bog'liq.

Adsorbent yuzasida yutilayotgan komponent molekulalarining miqdoriga qarab bir molekuli qatlam (monomolekulali adsorbtsiya) va ko'p molekuli qatlam (polimolekulali adsorbtsiya) hosil qilish mumkin.

Adsorbentlarning yana bir muhim xarakteristikasi shundaki, bu uning yutish qobiliyati yoki faolligidir. Adsorbent faolligi uning birlik massasi yoki hajmida komponent yutish miqdori bilan belgilanadi. Yutish qobiliyati 2 xil, ya'ni statik va dinamik bo'ladi. Adsorbentning statik yutish qobiliyati massa yoki hajm birligida maksimal miqdorda modda yutishi bilan belgilanadi.

Dinamik yutish qobiliyati esa, adsorbent orqali adsorbent o'tkazish yo'li bilan aniqlanadi.

Adsorbentlarning komponent yutish qobiliyati temperatura, bosim va yutilayotgan modda konsentratsiyasiga bog'liq. Ushbu sharoitlarda adsorbentning maksimal yutish qobiliyati muvozanat faolligi deb nomlanadi.

Adsorbentlar zichligi, ekvivalent diametri, mustahkamligi, granulometrik tarkibi, solishtirma yuza kabi xossalari bilan xarakterlanadi. Sanoatda ko'pincha granula (2...7 mm) ko'rinishidagi yoki o'lchamlari 50...200 mkm bo'lgan kukunsimon adsorbentlardan foydalaniladi.

Faollangan ko'mirlar odatda tarkibida uglerod bor yog'och, torf, hayvonlar suyagi, toshko'mir kabi mahsulotlarni quruq haydash yo'li bilan olinadi. Ko'mir faolligini oshirish uchun unga 900°S dan ortiq temperaturada havosiz termik ishlov beriladi. Bunda, material kovaklaridagi smolalar ekstragent yordamida ekstraktsiya qilib olinadi.

Faollangan ko'mirlarning solishtirma yuzasi - 600...1750 m²/g, to'kma zichligi - 250...450 kg/m³, mikrokovaklar hajmi - 0,23...0,7 sm³/g. Undan tashqari, ular tarkibida juda kam miqdorda (<8%) kul bo'ladi. Yana shuni ta'kidlash kerakki, havoda 300°S temperaturada faollangan ko'mir yonadi.

Faollangan ko'mirning mayda kukunlari 200°S ga yaqin temperaturada yonadi va konsentratsiyasi 17...24 g/sm³ bo'lganda havo tarkibidagi kislorod bilan portlovchi birikma hosil qiladi.

Adsorbtsiya jarayonida tozalashning samaradorligi adsorbentning g'ovaksimon tuzilishiga bog'liq bo'lib, bunda mikrokovak asosiy rol o'ynaydi. Faollangan ko'mirlar adsorbtsion bo'shlig'ining chegaraviy hajmi 0,3 sm³/g ligi tozalash jarayonida qo'llash tavsiya etiladi. Ma'lumki, mikrokovaklar o'lchami katalitik reaksiyalar tezligini belgilaydi. Mikrokovak o'lchami 0,8...1,0 mkm bo'lgan faollangan ko'mirlar optimal deb hisoblanadi.

Spirt va liker-aropq ishlab chiqarish sanoatida oq qayin BAU, buk kabi yog'ochlardan olingan faollangan ko'mir, spirt-rektifikatlarni aldegid, keton, murakkab efir, karbon kislotalar va yuqori molekulyar birikmalardan tozalashda ishlatiladi. Undan tashqari, mevalar sharbati va pivoni tindirish uchun ham ishlatish mumkin. Qand sharbatini tindirish uchun esa suyak ko'miri asosida olingan ko'mirlar qo'llaniladi. Qand sharbati, konyak, vino, meva sharbatlari, efir yog'lari, jelatinni tozalash uchun mayda donasimon faollangan ko'mir - dekolar ishlatiladi. Ayrim hollarda, faollangan ko'mirlar tozalash bilan birga hid, yoqimsiz ta'm, kolloid va boshqa qo'shimcha aralashmalarni ham yo'qotadi.

Silikagellar - bu kremniy kislota geline suvsizlantirilgan mahsulotidir. Ushbu adsorbentlar natriy silikat eritmalariga kislota yoki ular tuzlarining eritmalarini ta'siri natijasida olinadi. Silikagellarning solishtirma yuzasi 400...780 m²/g, to'kma zichligi esa - 100...800 kg/m³. Silikagel granulari 7 mm gacha bo'lishi mumkin. Silikagellar asosan suv bug'ini yutish, gazlarni quritish, pivo yoki meva sharbatlarini tozalash uchun qo'llaniladi. Bu adsorbent boshqa adsorbentlarga qaraganda yonmaydi, mexanik jihatdan mustahkam bo'ladi.

Seolitlar - tabiiy va sun'iy mineral holatida bo'lib, aliyum silikatning suvli birikmasi. Ushbu adsorbent suvda va organik erimlarda erimaydi. Sun'iy seolit kovaklari o'lchami sorbtsiyalanayotgan molekula o'lchamiga yaqin bo'lgani uchun, kovaklarga kiriyotgan molekulyarlarni adsorbtsiya qila oladi. Bu turdagi seolitlar molekulyar elaklar deb nomlanadi. Seolitlarning ayrim turlari sharbatlarni konsentrlash uchun ishlatiladi.

Seolitlar yuqori yutish qobiliyatiga ega bo'lgani uchun, gazlarni va suyuqliklarni qisman quritish yoki suvsizlantirish uchun ham qo'llaniladi. Seolitlar, ko'pincha 2...5 mm diametrli granula ko'rinishida ishlab chiqariladi.

Tuproqlar va tabiiy tuproqsimon adsorbentlar qatoriga bentonit, diatomit, gumbrin, askanit, murakkab kimyoviy tarkibli yuqori dispers sistemalar SiO₂, Al₂O₃, CaO, Fe₂O₃, MgO va boshqa metall oksidlari kiradi. Tabiiy tuproqlar faolligini oshirish uchun ular sulfat va xlorid kislotalar bilan qayta ishlanadi. Natijada kaltsiy, magniy, temir, alyuminiy va boshqa metal oksidlari chiqarib yuborilishi tufayli qo'shimcha kovaklar hosil bo'ladi.

Bu tuproqlar solishtirma yuzasi 20...100 m²/g, kovaklar o'rtacha radiusi 3...10 mkm bo'ladi.

Kation almashinish sig'imi ortishi bilan tuproqlarning tozalash qobiliyati ko'payadi. Odatda, tuproqlar suyuqlik muhitlarni tozalash uchun ishlatiladi, masalan, rangli moddalarni qayta ishlash natijasida mahsulot oqaradi. Shuning uchun, ayrim hollarda tuproqli adsorbentlar oqartiruvchi tuproq deb ham ataladi.

Oziq-ovqat sanoatida tuproqsimon adsorbentlar vino, pivo, meva sharbatlari, o'simlik yog'larini rafinatsiya qilish va boshqa maqsadlarda ishlatiladi. Pivoni tozalash uchun esa, sirt faol bentonitdan keng ko'lamda foydalaniladi. Masalan, natriyli bentonit vinoni na faqat tozalaydi va mo'tadillaydi, balki uni etilish jarayonini tezlashtiradi va muddatini qisqartiradi.

5.32. Adsorbtsiya jarayoni muvozanati

Adsorbtsion kuchlar tabiatidan qat'iy nazar, adsorbentning massa yoki hajm birligida yutilgan modda miqdori, yutilayotgan modda tabiati, temperatura, bosim va fazadagi aralashma miqdoriga bog'liq.

Jarayondagi qattiq va gaz yoki suyuqlik fazalarida yutilayotgan moddaning muvozanat konstantralari o'rtasida quyidagi bog'liqlik bor:

$$\bar{x}_m = f_1(\bar{y}) \quad \text{yoki} \quad \bar{x}_m = f_2(p) \quad (5.166)$$

bu erda $\bar{x}_m$ - adsorbentda yutilgan modda (adsorbktiv) konstantralari, ya'ni gaz yoki suyuqlik fazalaridagi adsorbktivning muvozanat konstantralari, kg adsorbktivning 1 kg adsorbentga nisbati; $\bar{y}$ - bug' yoki suyuqlik fazadagi adsorbktiv konstantralari, kg adsorbktivning 1 kg inert qismiga nisbati; p - bug'-gaz aralashmadagi adsorbktivning muvozanat bosimi, N/m².

(5.166) tenglama bilan ifodalanuvchi bog'liqliklar **adsorbtsiya izotermalari** deb nomlanadi.

Kimyoviy termodinamika asosida adsorbtsiya izotermalarining aniq ifodalari topiladi:

Lengmyur izotermalari

$$x_m = \frac{abp}{1 + ap} \quad (5.167)$$

yoki Freydlis izotermalari

$$x_m = k \cdot p^{1/n} \quad (5.167a)$$

bu erda x_m - adsorbent bilan yutilgan modda konstantralari, kg 1 kg adsorbentga; a, b, k, n - tajribaviy usul bilan aniqlanadigan konstantalar.

Temperatura pasayishi, bosim ortishi va fazalarda qo'shimcha aralashmalar bo'lmasa, adsorbtsiya jarayoni tezlashadi.

Adsorbtsiya izotermasining turi ko'pgina omillarga: adsorbentning solishtirma yuzasi, kovaklar hajmi, adsorbent tuzilishi, yutilayotgan modda xossalari va jarayon temperaturasiga bog'liq.

5.74-rasmda asosiy 5 xil izotermalar turi keltirilgan.

Rasmdagi 1 egri chiziq mikrokovakli adsorbentga oid. 2 va 4 egri chiziqlar boshlanishidagi bo'rtliqlik ham mikrokovaklar bilan bog'liq. Izotermalarning keyingi qismi yo'nalishini polimolekulyar adsorbtsiya va kapillyar kondensatsiya belgilaydi. 3 va 5 egri chiziqlar botiq qismi "adsorbent-adsorbktiv" sistemada adsorbktiv bilan adsorbent molekularining o'zaro ta'sir kuchlari adsorbktiv molekularining o'zaro ta'sir kuchlaridan kam bo'lgan holatini xarakterlaydi. Bu turdagi izotermalar juda kam uchraydi.

Adsorbtsiya jarayonida bug' yoki suyuqlik fazadan bir necha modda adsorbtsiyalanayotganda, hamma moddalar yutilishi aniqlangan. Lekin, har bir moddaning muvozanat konstantralari har bir moddani alohida adsorbtsiyalashdagi konstantralariga qaraganda kam bo'ladi.

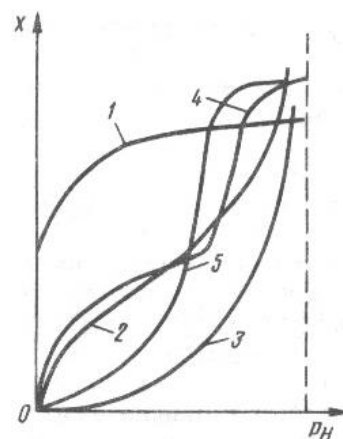
Adsorbtsiya jarayonining bir necha nazariyasi mavjud bo'lib, ularning har biri ma'lum sharoitdagi tajriba natijalarini ifodalaydi.

Dubin M.M. nazariyasiga binoan, mikrokovakli adsorbent ishtirokida o'tkazilayotgan adsorbtsiya jarayoni mikrokovaklarni adsorbktiv bilan to'ldirilishi deb qaraladi. Juda katta temperaturalar oralig'ida gaz va bug'lar adsorbtsiyasi uchun keltirib chiqarilgan tenglamalar adsorbktiv muvozanat konstantralarining adsorbent kovaklari tuzilishiga bog'liqligini xarakterlaydi. Bunday tenglamalar murakkabdir.

Prof. Dubin M.M. tomonidan olingan tenglamalardan biri quyidagi ko'rinishga ega:

$$x_m = \frac{V}{V_c} \exp \left[-B \frac{T^2}{\beta_a^2} \lg \left(\frac{P}{p} \right)^2 \right] \quad (5.168)$$

bu erda V - adsorbent kovaklari hajmining yig'indisi; V_c - suyuqlik holatidagi yutilgan modda hajmi; V - adsorbent tuzilishiga bog'liq konstanta; T - bug'ning absolyut temperaturasi; β_a - biror adsorbent va standart kovaklardagi suyuqlik holatidagi mol hajmlariga teng bo'lgan affinitet koeffitsienti; R - adsorbktiv to'yinish bug'ining bosimi; r - adsorbtsiya temperaturasidagi adsorbktiv bug'ining parzial bosimi.



5.74 rasm. Izotermalarning asosiy turlari

Adsorbtsiya jarayonida boshlang'ich aralashmada yutilayotgan modda bug'ining bosimi kamayadi va issiqlik ajralib chiqadi. Shuning uchun Le-Shatele prinsipiga binoan, temperatura pasayishi va bosim ortishi bilan adsorbtsiyalanayotgan modda miqdori ko'payib boradi. Shunday qilib, bosim pasayishi va temperatura ortishi teskari - desorbtsiya jarayonini tezlashtiradi.

Adsorbtsiya jarayonida ajralib chiqayotgan issiqlik miqdori (kJ/kmol) tajribaviy usul bilan aniqlanadi. Tajribaviy ma'lumotlar yo'q bo'lsa, ajrab chiqayotgan issiqlik miqdori (5.165) tenglama yordamida hisoblanishi mumkin.

5.33. Adsorbtsiya statikasi va kinetikasi

Adsorbtsiya jarayoni boshqa qattiq fazali sistemalarda massa almashinish jarayonidan (mexanizmi) farq qilmaydi.

Umumiy holatda adsorbentda yutilayotgan moddaning diffuziya jarayoni (5.24) kriterial tenglamasi yordamida ifodalanadi:

$$\frac{x - x_m}{x_0 - x_m} = f\left(Bi_d, Fo_d, \frac{z}{\delta}\right)$$

Qo'zg'almas adsorbent qatlamiga yutilayotgan moddaning boshlang'ich konstantrastiyasi u bo'lgan oqim uzluksiz ravishda uzatilish holatini ko'rib chiqamiz.

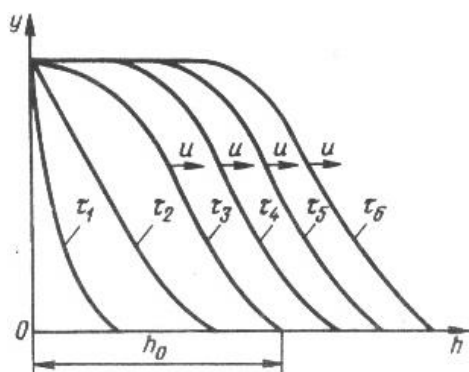
Adsorbent qatlami orqali oqim aralashmasdan, ideal siqib chiqarish rejimida harakatlanmoqda deb faraz qilamiz.

Ma'lum vaqt o'tgandan so'ng, adsorbent qatlamining boshlang'ich qismi tezda to'yinadi va adsorbktivni adsorbtsiya qilishi to'xtaydi. Natijada, yutilayotgan modda konstantrastiyasi o'zgaras qatlamning boshlang'ich qismidan o'tib ketadi va adsorbtsiya zonasi yuqoriga qarab ko'tarilib boradi. Adsorbent qatlami balandligi bo'yicha adsorbktivning tarqalishi ravon va adsorbtsiya ko'lam hosil bo'ladi (5.75-rasm). Ushbu rasmda $\tau_1, \tau_2, \tau_3 \dots \tau_n$ vaqtlarda adsorbent qatlami balandligi h bo'yicha adsorbktiv nisbiy konstantrastiyasining taqsimlanish egri chiziqlari keltirilgan. Shuni ta'kidlash kerakki $\tau_1 < \tau_2 < \tau_3 < \dots < \tau_n$ bu erda τ_n -jarayon boshlanishidan o'tgan vaqt.

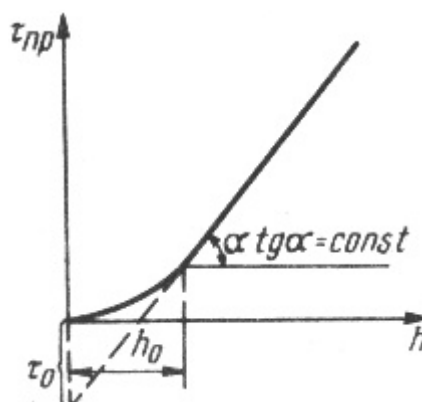
Jarayon davomida biror vaqt o'tishi bilan adsorbtsiya ko'lam o'zgarmaydi. Adsorbtsiya jarayonida adsorbktiv qatlamining to'yinish paytigacha ishlash vaqti, adsorbtsiya ko'lamining tashkil etish davri deb nomlanadi. Adsorbentning butun qatlami bo'yicha adsorbtsiya zonasi vaqt o'tishi bilan qatlamda adsorbktiv konstantrastiyasi ravon o'zgaradi. Natijada, adsorbtsiya ko'lam qandaydir o'zgaras tezlik bilan siljiydi. Adsorbktivning "o'tib ketishiga" to'g'ri keladigan vaqtdan boshlab adsorbent qatlamining adsorbstion yoki himoyalovchi ta'siri tamom bo'ladi.

Adsorbent qatlamidan adsorbktivning "o'tib ketish" vaqtiga mos keladigan o'rtacha konstantrastiyasi qatlamning dinamik faolligi deb ataladi.

Adsorbtsiya jarayoni boshlanishidan muvozanat holatigacha adsorbent massasi birligida yutilgan modda miqdori adsorbentning statik faolligi deyiladi. Ma'lumki, dinamik faollik har doim statik faollikdan kichik bo'ladi. Demak, adsorbentning sarfi uning dinamik faolligiga qarab tanlanadi. Adsorbent qatlami ishlatilishining frontal (qatlamli) modeli prof. Shilov I.A. tomonidan yaratilgan.



5.75-rasm. Adsorbtsiya ko'lamining o'zgarish shemasi.



5.76-rasm. Himoyalovchi ta'sir davomiyligining adsorbent qatlami balandligiga bog'liqligi.

Yutilayotgan modda konstantrastiyasi boshlang'ichdan "o'tib ketish" konstantrastiyasigacha o'zgarayotgan adsorbent qatlamining h_0 qismi ishchi qatlam deyiladi. Ushbu jarayonga to'g'ri keladigan vaqt -

himoya qilish vaqti deyiladi.

Prof. Shilov I.A. tomonidan o'zgaras tezlik u da adsorbtsiya ko'lamining siljishini ifodalash uchun tegishli formulasi keltirib chiqarilgan. Adsorbtsiya yoki himoyalovchi ta'sir vaqtini ushbu tenglamadan topish mumkin:

$$\tau = kh - \tau_0 = \frac{h}{u} - \tau_0 \quad (5.169)$$

bu erda $k=1/u$ - qatlamni himoyalovchi ta'sir koeffitsienti; τ_0 - qatlamni himoyalovchi ta'sir vaqtining yo'qotilishi.

(5.169) tenglamadagi kattaliklar tajribaviy yo'l bilan aniqlanadi va ularning grafik tasviri 5.76-rasmda ko'rsatilgan. Egri chiziq to'g'ri qismining qiyalik burchak tangensi ($tg\alpha=k$) qatlamning himoyalovchi ta'siri koeffitsientiga teng. Ordinata o'qi davomi bilan egri chiziqning to'g'ri qismining kesishgan joyidagi kesma esa, himoyalovchi ta'sir vaqti yo'qotilishi τ_0 ga tegishli.

Adsorbtsiya ko'lamining siljish tezligini hisoblash uchun quyidagi tenglama tavsiya etiladi:

$$u = w_0 \frac{y_\delta}{\varepsilon \cdot y_\delta + x_m} \quad (5.170)$$

bu erda $w_0 = w' \cdot \varepsilon$ - oqimning soxta tezligi (w' - adsorbent zarrachalari orasidagi kanallarda oqimning tezligi; ε - adsorbent qatlamining g'ovakliligi); x_m - oqimdagi adsorbtsiyaning hajmiy konstantasiyasi u_n bilan muvozanatdagi adsorbent qatlamidagi adsorbtsiya konstantasiyasi.

Adsorbent qatlami balandligi h_0 massa o'tkazishning asosiy tenglamasidan aniqlanadi:

$$h_0 = \frac{u \cdot m_y}{K_{yv}} \quad (5.171)$$

bu erda $m_y=0,9 u_y/\Delta u_{ur}$ - gaz yoki suyuqlik faza o'tkazish birligining umumiy soni; K_{uv} - massa o'tkazish koeffitsientining hajmiy koeffitsienti.

Massa o'tkazishning hajmiy koeffitsienti ushbu formuladan aniqlanadi:

$$K_{yv} = \frac{1}{1/\beta_{yv} + m/\beta_{xv}} \quad (5.172)$$

bu erda β_{uv} va β_{xv} - suyuq va qattiq fazalarda hajmiy massa berish koeffitsientlari; m - muvozanat chizig'i qiyalik burchagining o'rtacha tangensi.

Adsorbtsiya jarayonining tezligi adsorbtsiya izotermalari shakli, adsorbent va qatlami tabiati va geometrik xarakteristikalar, adsorbtsiya konstantasiyasi, suyuqlik fazasi tezligi, hamda massa berishning tashqi tezligi (gaz yoki suyuqlik fazasidagi massa berish koeffitsienti) yoki ichki massa o'tkazish qarshiligining tezligi bilan belgilanadi.

Adsorbtsiya jarayonida ichki va tashqi fazaviy tezliklar **Bio (Bi)** kriteriysi bilan ifodalanadi. Agar, $Bi \geq 30$ bo'lsa, jarayon tezligi adsorbent zarrachalarining ichidagi massa o'tkazuvchanlik tezligi bilan belgilanadi. $Bi \leq 0,1$ bo'lganda esa, jarayonning tezligi gaz yoki suyuqlik fazalaridagi tashqi diffuziyaning tezligi bilan aniqlanadi. Lekin, adsorbtsiya jarayonining tezligiga bu ikkala fazaviy diffuziya tezliklari har birini ta'sirini miqdoriy jihatdan alohida aniqlash qiyin.

Donador adsorbent qatlamining massa berish koeffitsientini aniqlash uchun quyidagi formulalardan foydalanish mumkin:

laminar rejimda ($Re < 30$):

$$Nu_D = 0,883 Re^{0,47} \cdot Pr_D^{0,33} \quad (5.173)$$

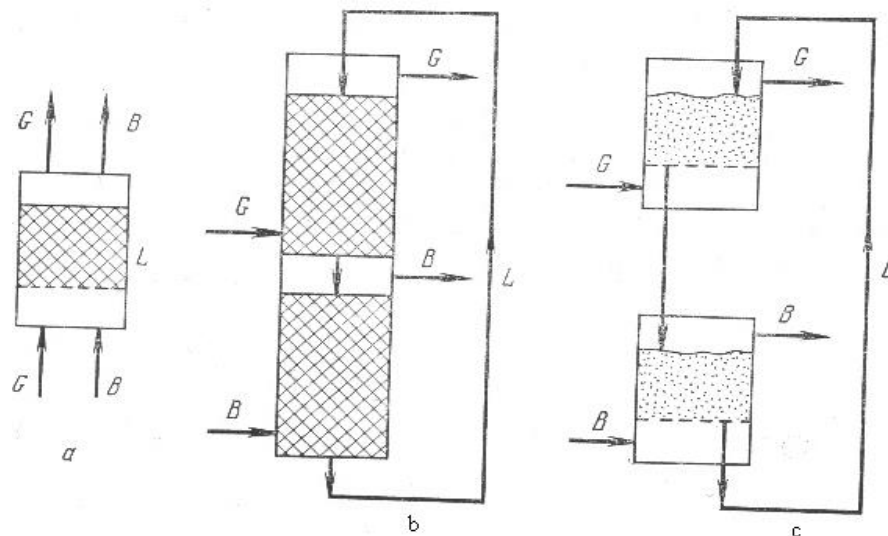
turbulent rejimda esa ($Re = 30 \dots 150$):

$$Nu_D = 0,53 \cdot Re^{0,54} \cdot Pr_D^{0,33} \quad (5.174)$$

(5.173) va (5.174) tenglamalardagi Nu_D va Re kriteriylarida aniqlovchi geometrik o'lcham sifatida ekvivalent diametr d_e hisoblanadi. $Nu_D = \beta_{uv} d_e / D$ - Nusselt diffuzion kriteriysi; $Re = w_0 d_e / \nu$ - Reynolds kriteriysi; $Pr_D = \nu / D$ - Prandtl diffuzion kriteriysi; D - gaz yoki suyuqlik fazadagi diffuziya koeffitsienti; w_0 - oqimning soxta tezligi; ν - oqimning kinematik qovushoqligi.

5.34. Adsorbtsiya jarayonini tashkil etish usullari

Adsorbtsiya jarayonini tashkil etish sxemalari 5.77-rasmda keltirilgan. Donador adsorbentlar uchun qo'zg'almas (a) va harakatchan (b,v) qatlamli sxemalar ishlatiladi.



5.77-rasm. Adsorbtsiya jarayonining principal shemalari.

a - qo'zg'almas donador adsorbentli;
b - harakatchan donador adsorbentli;
c - sirkulyatsiyali, mavhum qaynash qatlamli.

Birinchi holatda jarayon davriy bo'ladi. Dastavval adsorbent qatlami L orqali bug'-gaz aralashmasi G o'tkaziladi va u yutilayotgan modda bilan to'yintiriladi; undan so'ng siqib chiqaruvchi modda V yuboriladi yoki adsorbent qizdiriladi. Ana shunday yo'l bilan adsorbent qayta tiklanadi, ya'ni desorbsiya jarayoni sodir bo'ladi.

Ikkinchi holatda adsorbent L yopiq sistemada stirkulyatsiya qiladi (5.77b-rasm); adsorbentning to'yinishi qurilmaning yuqori - adsorbtsion - zonasida, qayta tiklanish esa - pastki desorbtsion zonasida yuz beradi.

Agar, adsorbent kukun, changsimon ko'rinishda bo'lsa, stirkulyatsiyali, mavhum qaynash qatlamli sxema qo'llaniladi (5.77.c-rasm).

5.35. Desorbsiya

Ma'lumki, adsorbtsiya jarayoni aralashmalarni ajratish uchun qo'llaniladi va har doim desorbsiya jarayoni bilan ketma-ket o'tkaziladi.

Odatda, adsorbentni qayta ishlatish maqsadida unga yutilgan modda desorbsiya qilib ajratib olinadi. Buning uchun ko'pincha suv bug'i ishlatiladi. Desorbsiya natijasida olingan adsorbtsiv va suv bug'i aralashmasi kondensatorga yo'llaniladi. Unda, mahsulot suvdan cho'ktirish usulida ajratib olinadi.

Sanoatda desorbsiyaning bir necha usuli qo'llaniladi.

a) adsorbentga yutilgan komponentlar yutiluvchi moddalarga nisbatan yuqori adsorbtsion qobiliyatga ega bo'lgan eltichlar yordamida siqib chiqariladi;

b) adsorbent qatlamini qizdirish yo'li bilan nisbatan yuqori uchuvchanlikka ega yutilgan komponentlarni bug'latish.

Ayrim hollarda adsorbtsiya jarayonida hosil bo'lgan smola va boshqa mahsulotlarni tozalash uchun ushbu komponentlar kuydiriladi.

Desorbsiyaning u yoki bu usulini ko'llash texnik-iqtisodiy maqsaddan kelib chiqqan holda tanlanadi. Ikkala usul ham amaliyotda keng ishlatiladi va ko'pincha birgalikda qo'llaniladi.

Adsorbtsiya jarayoni tugagandan so'ng, adsorbent qatlamidan toza bug' yoki gaz o'tkaziladi va yutilgan modda ajratib olinadi. Desorbsiya jarayonini jadallashtirish uchun yuqori temperaturadagi desorbllovchi eltich adsorbent qatlamidan o'tkaziladi.

Desorbllovchi eltich sifatida suv va organik moddalar bug'lari, hamda inert gazlarni qo'llash mumkin. Desorbsiya jarayoni tugagandan so'ng adsorbent qatlami odatda quritiladi va sovutiladi. Qayta tiklash jarayonida faollangan ko'mirga yutilgan uchuvchan erituvchilar to'yingan suv bug'i yordamida desorbsiya qilinadi. Shuni alohida ta'kidlash kerakki, yutilgan moddaning asosiy qismi desorbsiya jarayonining boshida ajratib olinadi. Jarayon oxiriga borib, uning tezligi pasayadi, ammo yutilgan komponent birligiga suv bug'ining sarfi juda ko'payib ketadi. Shuning uchun suv yoki boshqa organik modda bug'larini tejash maqsadida, desorbsiya jarayoni oxirigacha olib borilmaydi. Shu sababli, yutilgan komponentning bir qismi adsorbentda

qolib ketadi.

Desorbsiya jarayoni davomida isituvchi bug'ning bir qismi butun sistemani isitishga, adsorbentda yutilgan moddani desorbsiyalash va atrof muhitga yo'qotilgan issiqlikni kompensatsiya qilishga sarflanadi. Lekin, shuni nazarda tutish kerakki, isituvchi bug'ning hammasi adsorbentda butunlay kondensastiyalanadi.

Adsorbent qatlamidagi desorbsiyalangan moddalar dinamik bug' yordamida puflab chiqarilayui. Dinamik bug' adsorbentda kondensastiyalanmaydi va qurilmadan desorbsiyalangan moddalar bilan birga uchib chiqadi.

Tahminiy hisoblarga ko'ra, 1 kg moddani desorbsiyalash uchun 3...4 kg dinamik bug' sarflanadi. Seolitlarni qayta tiklash uchun ko'pincha qizdirilgan quruq gaz qo'llaniladi. Desorbsiya jarayoni adsorbtsiya kabi qo'zg'almas, harakatchan va mavhum qaynash qatlamlarida olib boriladi.

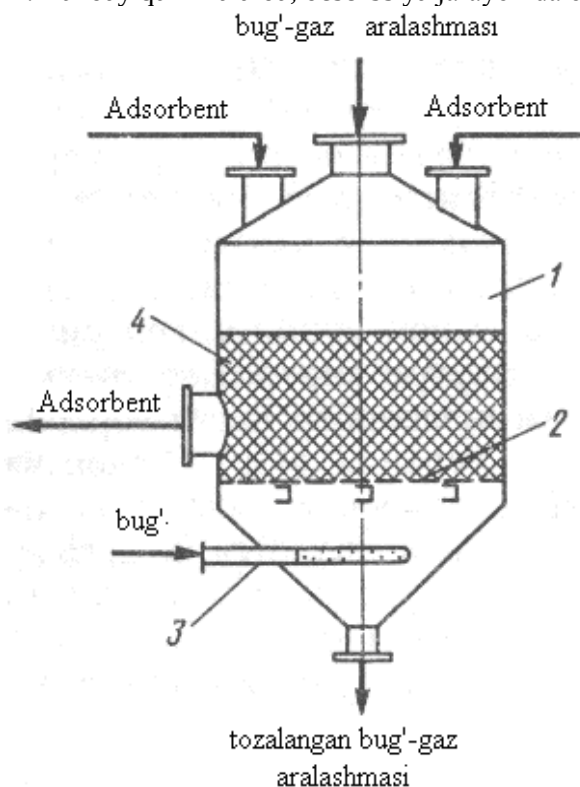
5.36. Adsorberlar konstrukstiyalari

Jarayonni tashkil etish bo'yicha adsorberlar 2 guruhga bo'linadi: davriy va uzluksiz.

Davriy adsorberlar qo'zg'almas va mavhum qaynash qatlamli bo'ladi.

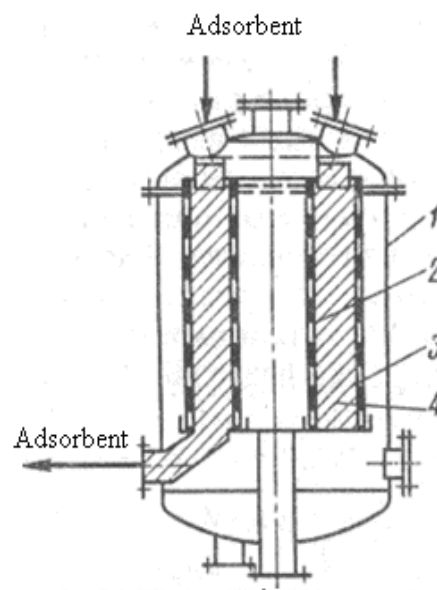
Vertikal stilindrik adsorber - davriy ishlaydigan adsorberlarning eng ko'p tarqalgan konstrukstiyasidir (5.78-rasm).

Kolosnikli panjara 2 ga qurilma tepa qismidagi lyuklar orqali adsorbent granulari yuklanadi. Qurilmaning pastki qismidagi lyuklar orqali esa, ishlatib bo'lingan adsorbent to'kiladi. Bu turdagi adsorberlar bug'-gaz aralashma va suyuqlik eritmalarini tozalash uchun ishlatiladi. Boshlang'ich aralashma va o'tkir bug'ni uzatish uchun adsorberda tegishli shtusterlar o'rnatilgan. Odatda, boshlang'ich eritma adsorberning halqasimon trubasi 3 orqali pastdan yuqoriga harakatlantiriladi. Bug'-gaz aralashmasi esa, yuqoridan pastga qarab uzatilishi mumkin. Bunday qurilmalarda, desorbsiya jarayonida o'tkir bug' halqasimon truba 3 orqali yuboriladi.



5.78-rasm. Qo'zg'almas qatlamli adsorber.

1-qobiq; 2-kolosnikli panjara; 3- halqasimon truba; 4-adsorbent



5.79-rasm. Halqasimon adsorbent qatlamli adsorber.

1-qobiq; 2,3-ichki va tashqi cilindrsimon panjara; 4-adsorbent

Bu turdagi adsorberlarda adsorbtsiya jarayoni 4 bosqichda o'tadi: adsorbtsiya, desorbsiya, quritish va adsorbentni sovitish. Jarayon tugagandan so'ng, ishlatilib bo'lingan adsorbentni qayta tiklash masalasi paydo bo'ladi. Adsorbentdan yutilgan moddani desorbsiyalash texnologik jarayonning zarur bosqichidir. Ushbu bosqichda birdaniga ikkita masala echiladi: adsorbentni qayta tiklash va moddani ajratib olish.

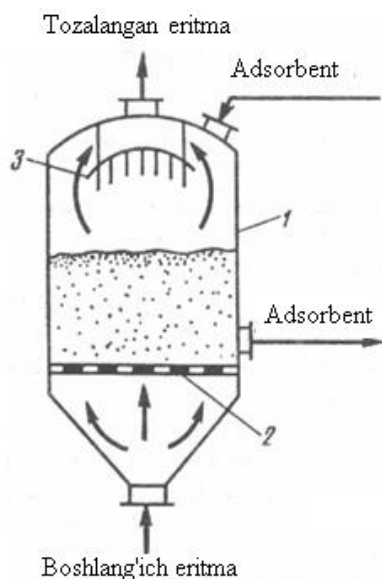
Desorbsiyalashning asosiy usuli bu to'yingan suv bug'i yordamida adsorbentdan yutilgan komponentni siqib chiqarish. Desorbsiya jarayoni tezligini oshirish uchun jarayon yuqori temperaturalarda o'tkaziladi.

Vertikal, qo'zg'almas halkasimon adsorbent qatlamli adsorber - bug'-gaz aralashmasidan komponentlarni yutish uchun mo'ljallangan (5.79-rasm). Adsorber vertikal qobiq 1 dan iborat bo'lib, uning ichida ichki 2 va tashqi 3 panjaralar orasiga adsorbent 4 joylashgan bo'ladi. Adsorbtsiya bosqichida bug'-gaz aralashmasi

adsorberning pastki qismiga beriladi va halqasimon adsorbent qatlamining kesimi bo'yicha taqsimlanadi. Adsorbent qatlamidan o'tib, tozalangan bug'-gaz aralashma markaziy patrubbkadan chiqib ketadi. Desorbsiyalash bosqichida suv bug'i adsorberning markaziy patrubbkasi orqali uzatiladi. Desorbsiyalangan komponent va suv bug'larining aralashmasi qurilmaning pastki qismidagi shtuster orqali chiqariladi. Adsorbentni quritish uchun issiq, sovitish uchun esa - sovuq havo yuboriladi. Adsorbent sovutilgandan so'ng stikl yana qaytadan takrorlanadi. Adsorbentni yuklash qurilmaning tepasidagi lyuk, to'kish esa-pastki techka orqali amalga oshiriladi.

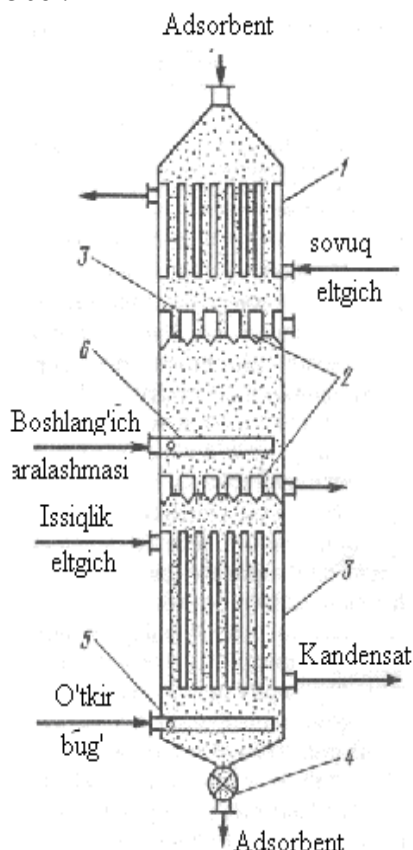
Mavhum qaynash qatlamli adsorber – mayda, donador adsorbent bilan to'ldirilgan bo'ladi (5.80-rasm).

Boshlang'ich aralashma adsorbent zarrachasining mavhum qaynash tezligidan kattaroq tezlikda gaz taqsimlovchi teshikli panjara 2 ostiga uzatiladi. Natijada, adsorbent qatlami kengayadi va so'ng mavhum qaynash holatiga o'tadi. Adsorbtsiya jarayonini mavhum qaynash qatlamida o'tkazish massa almashinish jarayonini intensivlashga va jarayon davomiyligini qisqarishiga olib keladi.



5.80-rasm. Mavhum qaynash qatlamli adsorber.

1-qobiq; 2-taqsimlovchi teshikli panjara; 3-separator.



5.81-rasm. Harakatchan adsorbent qatlamli adsorber.

1-sovutkich; 2-taqsimlovchi tarelka; 3-isitkich; 4-shlyuzli tamba; 5-o'tkir bug' taqsimlagich; 6-boshlang'ich eritma taqsimlagich.

Reaktor tipidagi adsorber - mexanik yoki pnevmatik aralashtirish moslamali bo'ladi. Adsorber silindr qobiq va elliptik tublardan iboratdir. Qobiq ichida parrakli aralashtirgich aylanadi. Adsorberga eritma qurilma tepa qismidagi lyukdan quyiladi, adsorbent esa o'sha qismida joylashtirilgan lyukdan yuklanadi. Suspenziya esa, qurilmaning pastki patrubbkasidan to'kiladi va filtrga uzatiladi. U erda suspenziya komponentlarga ajratiladi. Ishlatib bo'lingan adsorbent qayta tiklash uchun desorberga yo'naltiriladi. Adsorbtsion qurilmalar davriy ishlaydigan bir nechta adsorberdan iborat bo'ladi. Bir nechta adsorber adsorbtsiya bosqichida ishlasa, qolganlari esa - adsorbentni qayta tiklash bosqichida ishlatiladi.

Uzluksiz ishlaydigan adsorberlar siqiq (zich) harakatlanuvchi va mavhum qaynash qatlamli bo'ladi.

Harakatchan donador adsorbent qatlamli adsorberlar- bu ichi bo'sh kolonna tipidagi qurilma bo'lib, unda to'siqlar, quyilish patrubbkalari va uzatuvchi moslamalar o'rnatilgan.

5.81-rasmda bug'-gaz aralashmasini tozalash va taqsimlovchi tarelkalardan tarkib topgan. Bu turdagi adsorberda adsorbent uzluksiz stirkulyastiya qilib turadi va gazdagi yutiluvchi komponent adsorbentga o'tadi.

Adsorbentning birinchi sekstiyasi bo'lmish sovutkichda qayta tiklangan adsorbent sovutiladi. Ushbu sekstiya qobiq-trubali issiqlik almashinish qurilmasi ko'rinishida yasalgan. Sovuqlik eltgich sovutkichning trubalararo bo'shlig'iga uzatilsa, adsorbent esa - trubalar ichida harakatlanadi.

Ikkinchi sekstiya adsorber vazifasini bajaradi. Bu erda adsorbent bug'-gaz aralashmasi bilan to'qnashuvda bo'ladi. Birinchi sekstiyadan ikkinchisiga adsorbent patrubka va taqsimlovchi tarelkalar orqali o'tadi. Qayd etilgan moslamalar adsorbent qurilma ko'ndalang kesimi bo'yicha bir xilda taqsimlash va ikkala sekstiya orasida tamba va ajratib turuvchi vosita sifatida xizmat qiladi. Undan keyin, ishlatib bo'lingan adsorbent desorbsiya sekstiyasiga o'tadi va u erda desorbsiyalovchi eltkich (o'tkir bug') bilan o'zaro ta'sirda bo'lib qizdiriladi. Qayta tiklangan adsorbent shlyuzli tamba orqali chiqarib yuboriladi.

Mavhum qaynash qatlamli adsorberlar bir va ko'p pog'onali bo'ladi.

Bir pog'onali, mavhum qaynash qatlamli adsorber konstruktiviyasi 5.82-rasmda keltirilgan. Bunday qurilmalarda adsorbent mavhum qaynash holatida bo'ladi va u uzluksiz ravishda tegishli panjara ustiga uzatilib turiladi.

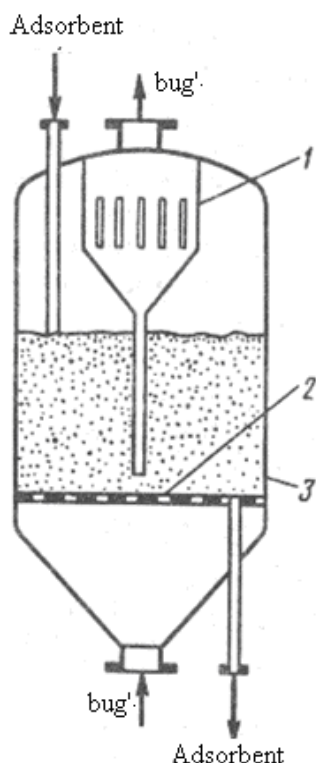
Adsorber vertikal stilindr qobiqdan va uni ichiga o'rnatilgan separator va gaz taqsimlovchi panjaradan iborat. Separator chang ushlash vazifasini bajaradi. Adsorbent qurilmaning tepasidagi truba orqali yuklanadi va stilindrik qobiqning past qismida o'rnatilgan shtusterdan chiqariladi. Boshlang'ich bug'-gaz aralashmasi qurilmaning konussimon tubidagi shtusterdan tegishli panjara ostiga yuboriladi. Albatta, bug'-gaz aralashmaning tezligi adsorbent zarrachasining mavhum qaynash tezligidan yuqori bo'lishi kerak. Adsorbent bilan o'zaro ta'sirda bo'lgan bug'-gaz aralashmasi separatordan o'tib, tepa qismidagi shtusterdan chiqib ketadi.

Bunday adsorberlarda adsorbent zarrachalari intensiv aralashadi va qatlamda bo'lish vaqti har xildir. Bu esa, adsorbentning notekis to'yinishiga sababchi bo'ladi.

Undan tashqari, fazalarning yo'nalishi bir tomonlama bo'lsa, gaz fazasida adsorbent qatlamidagi o'rtacha konstantrostiyaga mos keladigan muvozanat holidagi konstantrostiyadan kam bo'lgan adsorbtivning konstantrostiyasiga erishish ancha murakkab.

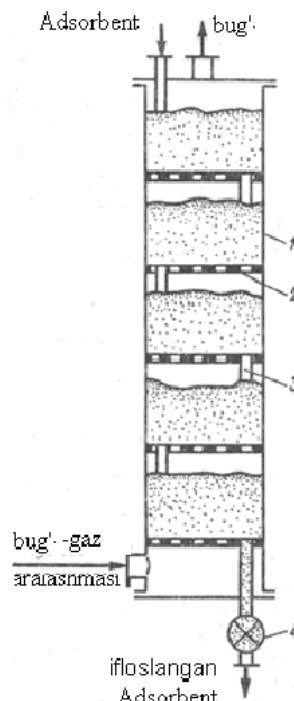
Bir pog'onali adsorber kamchiliklari ko'p pog'onali, qarma-qarshi yo'nalishli qurilmalarda bartaraf qilingan.

Ko'p pog'onali, mavhum qaynash qatlamli adsorber 5.83-rasmda tasvirlangan. Bu qurilma kolonna tipida bo'lib, ichida quyilish patrubkali gaz taqsimlovchi tegishli panjaralar joylashtirilgan. Quyilish patrubkalari bir vaqtning o'zida tamba vazifasini o'taydi, ya'ni gaz oqimini o'zidan o'tkazmaydi. Adsorbent qurilmaning tepasidagi shtusterdan eng yuqori tarelkaga uzatiladi va undan so'ng pastda o'rnatilgan tarelkalarga quyilish patrubkasi orqali birin-ketin o'tadi. Eng pastdagi tarelkadan shlyuzli tamba orqali tashqariga chiqarib yuboriladi.



5.82-rasm. Uzluksiz ishlaydigan, bir pog'onali mavhum qaynash qatlamli adsorber.

1 - qobiq; 2 - gaz taqsimlagich;
3 - chang yig'gich.



5.83-rasm. Ko'p pog'onali, mavhum qaynash qatlamli adsorber.

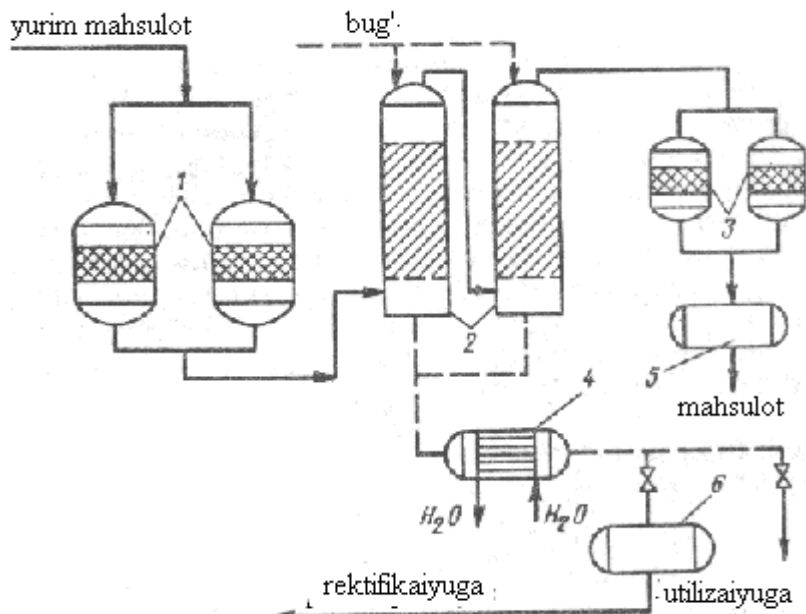
1 - qobiq; 2 - gaz taqsimlovchi teshikli panjara; 3 - quyilish patrubkasi; 4 - shlyuzli tamba.

Boshlang'ich bug'-gaz aralashma esa adsorberning pastki qismidagi shtusterdan kiritiladi va tepadagidan chiqariladi.

Bu turdagi qurilmalarda bug'-gaz aralashma ko'ndalang kesim bo'ylab bir tekisda taqsimlanadi va fazalar o'rtasida intensiv massa almashinish yuz beradi. Natijada, adsorbentning to'yinishi bir xil va eng katta yutish qobiliyatiga ega bo'ladi.

Bir pog'onali adsorberlardan farqli, ko'p pog'onali qurilmalar ideal siqib chikarish sxemasida ishlaydi. Bu hol adsorbtsiya jarayonini fazalar qarama-qarshi yo'nalishida olib borish imkonini yaratadi.

Faollangan ko'mir qo'zg'almas qatlamda suv-spirt aralashmasini tozalash sxemasi 5.84-rasmda keltirilgan. Avval suv-spirt aralashmasi qumli yoki keramik filtrda tozalanadi, so'ng esa adsorberlarda tindiriladi. Bitta stilindrik adsorberdagi faollangan ko'mir massasi 250...300 kg. Ko'mir qurilmaning gaz taqsimlovchi teshikli panjarasiga yuklanadi. Suv-spirt aralashmasi esa, gaz taqsimlovchi panjara ostiga yuboriladi.



5.84-rasm. Qo'zg'almas faollangan ko'mir qatlamida suv-spirt aralashmasini tozalash qurilmasining shemasi.

1,3-filtrlar; 2-adsorberlar; 4,6-idishlar;
5-kondensator-sovutkich.

Yangi yoki qayta tiklangan adsorbentli adsorberga suv-spirt aralashmasi aroqning naviga qarab 30...60 dal/g miqdorga uzatiladi. Eksploatastiyadagi adsorber adsorbentni qayta tiklash rejimiga bir yilda 3...4 marta o'tkaziladi. Ishlatib bo'lingan faollangan ko'mir adsorberda 115°S temperaturada qayta tiklanadi. Buning uchun yuqoridan pastga qarab to'yingan suv bug'i haydaladi.

Bitta adsorberdan quvvati 55...60 % li 50...60 dal spirt haydab olish mumkin. Ikkita davriy ishlaydigan adsorber kurilmaning uzluksiz ishlashini ta'minlaydi. Desorbsiyalash jarayoni davomiyligi 3...4 soat, 1 kg ko'mirni tiklash uchun 4 kg suv bug'i sarflanadi. Qayta tiklashdan so'ng, adsorbent sovutiladi va issiq havo bilan quritiladi.

Sanoat miqyosida faollangan ko'mirni qayta tiklash barabanli o'txonalarda 800...850°S temperaturada olib boriladi. Kuydirish jarayonida faollangan ko'mirning yo'qotilishi 20% ni tashkil etadi.

Qand qiyomini adsorbtsion tozalovchi, ikki pog'onali qurilma 5.85-rasmda keltirilgan. Qand qiyomlarini mayda, donador suyak ko'mirlari yordamida tozalanadi, rangsizlash - qandni tozalashning oxirgi bosqichidir.

Suv va qand isitiluvchi avtoklavda aralashtirilishi natijasida qand eriydi va uning qiyomi hosil bo'ladi. Eritmaning dastlabki rangsizlantirishi adsorber 2 da o'tkaziladi. Ikkinchi tozalash pog'onasidan bu qurilmaga qisman ishlatilgan adsorbent kelib tushadi. 1 kg qiyomni rangsizlash uchun faollangan ko'mirning sarfi 5...10 g ni tashkil etadi. Adsorbtsiya jarayoni 30 minutga yaqin davom etadi. Suspenziya filtrpress 3 da fazalarga ajratiladi. Filtrlangan qand qiyomi adsorbtsion tozalashga uzatiladi. Adsorber 4 ga yangi adsorbent yuklanadi. Suspenziyani fazalarga ajratib ham birinchi pog'onada, ham filtr-pressda olib boriladi. Ishlatib bo'lingan ko'mir qayta tiklanadi yoki utilizastiyaga yuboriladi.

Qand qiyomlarini tozalash uchun granula holatidagi faollangan ko'mirli qurilmalar ham ishlatiladi. Stilindrik adsorberlar balandligi 8...10 m va diametri 1 m bo'lganda, qand qiyomining tezligi 1,5...2,5 m/s oraliqda ishlaydi. Adsorbent qatlami va qand qiyomining o'zaro ta'sir davomiyligi 6 soatni tashkil etadi.

Adsorbentning qayta tiklashgacha xizmat qilish muddati 80 sutka. Ishlatib bo'lingan adsorbent, qurilmadan to'kilgandan so'ng, noorganik birikmalar bilan yuviladi, quritiladi va 1000...1100°S temperaturada termik ishlov beriladi. Undan keyin esa, suv bug'i yordamida faolligi oshiriladi.

Qand qiyomini rangsizlantirish uchun harakatchan qatlamli, uzluksiz ishlaydigan adsorberlar ham qo'llaniladi.

Rafinat va mahsulot qiyomlarini tozalash adsorbstion qurilmasi 5.85-rasmda ko'rsatilgan. Ushbu qurilmada eritmalar bo'yovchi modda va erigan tuzlardan tozalanadi.

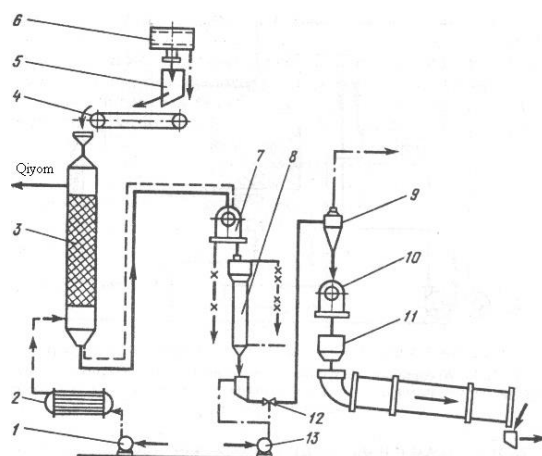
Filtrlangan qiyom nasos 1 yordamida issiqlik almashinish qurilmasida qizdirilib, adsorberning pastki qismiga yuboriladi. Ko'mir esa tebranma elakdan o'tib adsorberga tushadi va u erda tozalangan qiyom bilan ho'llanadi. Adsorbent harakatiga qarma-qarshi yunalishda uzluksiz qand qiyomi yuboriladi va qurilmaning tepa qismidan chiqariladi. Ishlatib bo'lingan adsorbent qurilmaning pastki qismidan tashqariga to'kiladi.

Qiyom va tarkibida qand bor moddalarni aralashmadan ajratib olish jarayoni vakuum-qurilmada amalga oshiriladi. Kolonnada adsorbent zarrachalari qandsizlantiriladi, suyuq qoldiqlar esa, qurilmaning tepa qismidan chiqarib olinadi. Undan keyin esa, adsorbent ikkinchi vakuum - kurilmaga uzatiladi va u erda qandli moddalardan to'la ajratiladi. Ishlatib bo'lingan adsorbent ikkinchi kolonnada yutilgan komponentlardan yuvib tozalanadi.

Gidrostiklon 9 va vakuum-qurilma 10 larda suvsizlantirilgan adsorbent (ko'mir) bunker 11 ga yuboriladi va tebranma ta'minlagich yordamida qayta tiklash uchun o'txonaga uzatiladi. O'txonadan chiqqan adsorbent (ko'mir) bunker - sovutkichga yo'naltiriladi va undan keyin yana tebranma elakka yuboriladi.

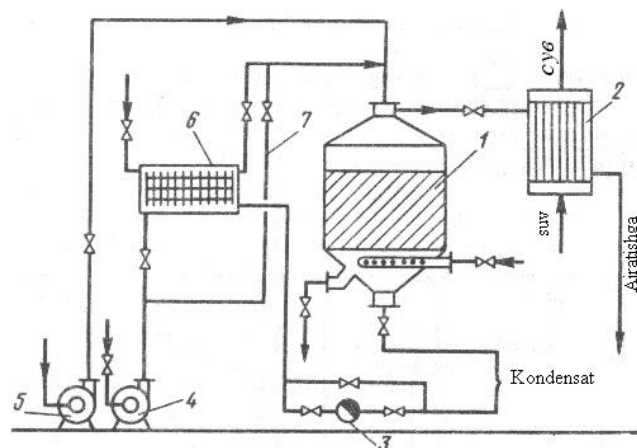
Bug` - havoli aralashmani organik moddalardan tozalash adsorbstion qurilmasi 5.86-rasmda tasvirlangan.

Ushbu sxemaning asosiy qurilmasi adsorberlar bo'lib, ular galma-gal ishlaydi. Shuni alohida ta'kidlash kerakki, bitta qurilmada adsorbstiya, ikkinchisida esa - desorbsiya jarayoni kechadi. Adsorberga kirishda avval bug`-havoli aralashma changlardan tozalash uchun filtrlanadi. Portlash havfini bartaraf qilish maqsadida, filtrdan keyin yong'in to'sqich va saqllovchi membrana o'rnatiladi. Ushbu moslamada bosim miqdori ruxsat etilgandan oshib ketmasligini ta'minlab beradi.



5.85-rasm. Qiyomlarni uzluksiz tozalash qurilmasi.

1,13-nasoslar; 2-issiqlik almashinish qurilmasi; 3-adsorber; 4-konveyer; 5,11-bunkerlar; 6-tebranma elak; 7,10-vakuum-qurilmalar; 8-kolonna; 9-gidroclon; 12-injektor.



5.86-rasm. Bug`-havo aralashmasini tozalash uchun adsorbstion qurilma shemasi.

1-adsorber; 2-sovutkich; 3-kondensat chiqargich; 4,5-ventilyatorlar; 6-issiqlik almashinish qurilmasi; 7- aylanma liniyalari.

Adsorberga bug`-havo aralashmasi ventilyator yordamida uzatiladi va adsorbent qatlaminig tepa qismidan kirib, pastidan chiqib ketadi.

Desorbsiya jarayonida o'tkir bug` adsorberning pastki qismiga yuboriladi. Adsorberdan chiqayotgan bug`lar kondensastiyalanadi va kondensat ajratish uchun separatorga yoki rektifikastiyaga uzatiladi. Adsorbentni quritish uchun issiqlik almashinish qurilmasidagi isitilgan havo adsorberga yuboriladi. Adsorbentni sovitish uchun ventilyator 1 yordamida aylanma liniya 7 orqali sovuq havo haydaladi.

Agar, adsorbstion sxemada bir nechta adsorber bo'lsa, qurilma uzluksiz ravishda ishlaydi.

5.37. Adsorberlarni hisoblash

Davriy ishlaydigan adsorberlarni hisoblash adsorbent qatlaminig balandligini aniqlashdan iborat.

Boshlang'ich konstantriyasi u_b bo'lgan aralashmaning konstantriyasini u_{ox} gacha tushirish uchun zarur adsorbent miqdori moddiy balansdan topiladi:

$$G \cdot (y_{\delta} - y_{ox}) = V_a (x_{ox} - x_{\delta}) \quad (5.175)$$

bu erda G va V_a - gaz (yoki suyuqlik) aralashmasi va adsorbentning massalari, kg; x_b , x_{ox} - adsorbentiv va adsorbent konstantriyalari, g/kg.

Agar, $x = 0$ va $x_{ox} \rightarrow x_m$ deb qabul qilsak, ushbu ko'rinishga ega bo'lamiz:

$$V_a = G \frac{y_{\delta} - y_{ox}}{x_{ox}} \quad (5.176)$$

yoki aralashmadagi adsorbentivning oxirgi konstantriyasi quyidagi tenglamadan aniqlanishi mumkin:

$$y_{ox} = -\left(\frac{V_a}{G}\right) \cdot x_{ox} + y_{\delta} \quad (5.177)$$

Oxirgi tenglama $tg \alpha = -V_a/G$ ga teng qiyalik burchagida joylashgan to'g'ri chiziqni ifodalaydi. Adsorber diametri bug' - gaz aralashma yoki eritmaning sarfi V ga qarab topiladi:

$$D = \sqrt{\frac{V}{0,785 \cdot w_0}} \quad (5.178)$$

Adsorbent balandligi esa:

$$H = \frac{V_a}{0,785 \cdot D^2 \cdot \rho_T}$$

yoki

$$H = u \cdot (\tau - \tau_0) \quad (5.179)$$

bu erda ρ_t - adsorbentning to'kma zichligi, kg/m³.

Adsorbtsiya jarayonining davomiyligi:

$$\tau = \frac{V_a (x_{ox} - x_{\delta})}{w_0 \cdot 0,785 \cdot D^2 \cdot \rho \cdot (y_{\delta} - y_{ox})} \quad (5.180)$$

Adsorbtsiya ko'lamining siljish tezligini (5.170) tenglamadan topish mumkin.

Qatlamning himoyalash tasir vaqti yo'qotilishi τ_0 ni quyidagi tenglamadan tahminan hisoblash mumkin:

$$\tau_0 = \frac{0,5 \cdot h_0}{u} \quad (5.181)$$

bu erda h_0 - adsorbent qatlamining balandligi bo'lib, (5.171) tenglamadan aniqlanadi.

Adsorbent qatlami balandligi va konstruktiv o'lchamlardan kelib chiqqan holda, adsorber balandligi aniqlanadi.

Uzluksiz ishlaydigan adsorberlarni hisoblashda kolonna balandligi, ishchi hajm, tarelkalar diametri va soni aniqlanadi.

Bunday adsorberlar balandligi moddiy balans tenglamasidan aniqlanadi. Moddiy balans tenglamasida tegishli o'zgarishlar va qisqartirishlardan so'ng, ushbu ko'rinishga kelimiz:

$$H = \frac{V_a}{0,785 \cdot D^2 \cdot \rho_T}$$

qurilmaning ishchi hajmi esa:

$$V_a = L \frac{x_{ox}}{\Delta y_{yp}} \cdot \frac{1}{K_y \sigma} \quad (5.182)$$

bu erda L - adsorbent sarfi, kg/s; σ - jarayon paytidagi adsorbentning solishtirma yuzasi, m^2/kg ; Δu_{ur} - o'rtacha harakatlantiruvchi kuch bo'lib, ushbu tenglamadan topiladi:

$$\Delta y_{yp} = \frac{y - y_{ox}}{\int_{y_o}^{y_{ox}} \frac{dy}{y - y_m}}$$

bu erda u_b, u_{ox} - gaz aralashmadagi adsorbentning boshlang'ich va oxirgi konsentrastiyalari; u_m - muvozanat konsentrastiyasi.

Agar, $\tau = V_a/L$ ekanligini inobatga olsak, adsorbentning adsorberda bo'lish vaqti:

$$\tau = \frac{1}{K_y \sigma} \cdot \frac{x_{ox}}{\Delta y_{yp}} \quad (5.183)$$

Mavhum qaynash qatlamli adsorberlardagi tarelkalar soni ushbu tenglamadan topiladi:

$$n = \frac{H}{h_\tau} \quad (5.184)$$

bu erda h_τ - tarelkadagi adsorbent qatlamining balandligi (odatda $h_\tau = 50$ mm deb qabul qilsa bo'ladi).

5.38. Ion almashinish jarayonlari va qurilmalari

Elektrolit eritmalar bilan o'zaro ta'siri paytida ion almashinish qobiliyatiga ega adsorbentlar (ionitlar) tarkibidagi faol ionlarning eritmadagi ionlar bilan almashishi **ion almashinish jarayoni** deb nomlanadi.

Ion almashinish jarayonining qo'llanish sohasi juda keng, chunki u suvli eritmalaridan begona ionlarni yo'qotish va mineralsiz (yumshoq, tuzsiz) suvlar olishda ishlatiladi. Bu usulda tozalangan suv ichish uchun, hamda o'ta toza modda ishlab chiqarish sanoatida qo'llaniladi. Undan tashqari, issiqlik elektr stanstiyalari uchun suvni tayyorlashda, atom elektr stanstiyalarining oqava suvlarini tozalashda ham, ion almashinish jarayonidan foydalaniladi.

Oziq-ovqat sanoatining tuli sohalarida ayrim mahsulotlarni tayyorlashda ushbu jarayon juda ko'p ishlatiladi. Masalan, qand ishlab chiqarish sanoatida ionlar sharbat va qiyomlarni, begona moddalardan tozalash imkonini beradi. Vinochilikda vino tarkibidan kalstiy va temirni ajratib olishda, sutni kalstiy va boshqa metal ionlaridan tozalashda, yog'moy sanoatida o'simlik moylarini tozalashda, qimmatbaho metallarni ajratib olishda, medistina, metallurgiyada ionitlar juda katta samara beradi. Texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlari bo'yicha ion almashinish jarayoni ekstrakstiya, rektifikastiya va boshqa jarayonlar bilan raqobat qila oladi.

Shuni alohida ta'kidlash kerakki, ushbu jarayonda ionit va eritma orasida ion almashinish yuz beradi. Bunda, eritmadagi ionlar ionit yuzasiga, ionit yuzasidagi ionlar esa, eritmaga o'tadi.

Ionitlar sifatida qattiq, suvda va organik erituvchilarda erimaydigan tabiiy va sun'iy materiallar ishlatiladi. Ionitlar sharsimon shaklda, mayda donador, granula holatida bo'ladi. Ularning ion almashinish xossalari almashinish hajmi bilan xarakterlanadi, ya'ni 1 g ionit bilan almashayotgan milligramm-ekvivalent ion soni bilan ifodalanadi.

Ionitlar kimyoviy tarkibi va tuzilishi bilan farqlanadi. Almashadigan ion zaryadlar ishorasiga qarab, ionitlar kationit va anionitlarga bo'linadi.

Eritmada ionizastiya darajasiga qarab kationitlar quyidagi guruhlariga bo'linadi: kuchli va kuchsiz kislotali.

Anionitlar esa, yuqori va past asosli guruhlariga bo'linadi.

Fovaklilik darajasiga qarab sintetik ionitlar gelli va makrokovakli bo'ladi. Makrokovakli ionitlar rivojlangan g'ovak tuzilishli bo'lib, solishtirma yuzasi katta bo'ladi. Natijada, granula ichida moddalar ko'chishi yuqoridir.

Katta almashinish hajmli, mexanik mustahkam, suvda va organik suyuqliklarda erimaydigan, qayta tiklanadigan sun'iy ionitlar yaratilishi bilan ion almashinish texnologiyasi juda keng tarqala boshladi.

Kationitlar kislota xarakterli va musbat zaryadli ionlarini almashtirish qobiliyatiga ega. Kationitlar tarkibida quyidagi: SO_3^{2-} - sulfo, $HCOO^-$ - karboksil, RO_3N^{2-} - fosfon guruhlar bo'lib, manfiy zaryad olib keladi.

Anionitlar tarkibida quyidagi: NH_3^+ - amido, NH_2^+ - amino guruhlar bo'lib, musbat zaryad olib keladi.

Ionitlar mexanik mustahkamligi yuqori, ta'sir etayotgan suyuqlikda erimasligi va uni ifloslantirmasligi kerak.

Fizik - kimyoviy jihatdan ionitlar murakkab sistema bo'lib, unda bir vaqtning o'zida ko'pgina o'zaro ta'sirlar bo'ladi. Shuning uchun, ion almashinish nazariyasida, ionitlarning tabiati va unda bo'ladigan o'zaro ta'sirlarni hisobga olmagan muvozanat holatidagi xossalari ko'rib chiqiladi.

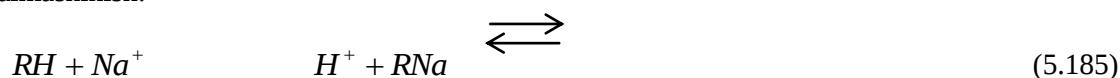
Ion almashinish jarayonini xarakterlovchi ionitlarning muvozanat xossalarini ifodalash uchun termodinamik usullardan foydalaniladi. Bunda, hamma ionitlar uchun umumiy belgilar ajratiladi:

- a) ionit - eritma sistemasi ikki fazali, geterogen sistemadir;
- b) ionit fazasida bitta yoki bir nechta muayan holatda mahkamlangan ion bo'lib, manfiy yoki musbat zaryadlar olib keladi;
- v) ionlar ionit - eritma fazalar chegarasini kesib o'tolmaydi;
- g) ionit fazasi tarkibida antiionlar bo'ladi va ular ionit - eritma fazalarni ajratuvchi chegarani kesib o'ta oladi;
- d) muvozanat holatidagi eritma ionit fazasida boshqa zarrachalar ham bo'lishi mumkin, masalan, erituvchi molekullari.

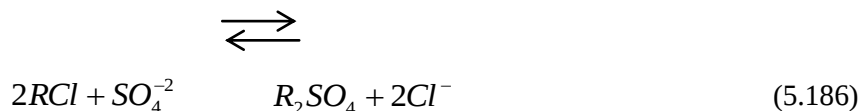
Ion almashinish jarayoni boshlanishi uchun muvozanat o'ng tomonga siljilishi kerak, ya'ni ion almashinish reaksiyalarining kimyoviy muvozanat konstantasi birdan ancha katta bo'lishi kerak.

Ion almashinish jarayonini geterogen kimyoviy reaksiya deb qarash va misol tariqasida quyidagi tenglamalarni keltirish mumkin:

a) kationli almashinish:



b) anionli almashinish:



Kationit va anionitlar orasidagi oraliq holatni amfolitlar egallaydi. Uning tarkibida kislotali va asosiy ionogen guruhlar bo'lib, kationit va anionit vazifalarini bajaradi.

Ionit - eritma sistemaning muvozanati muvozanat koeffitsienti bilan xarakterlanadi. Koeffitsientning kattaligi tashqi omillarga bog'liq, ya'ni muvozanatdagi eritma konsentratsiyasi, temperaturasi va bosimga.

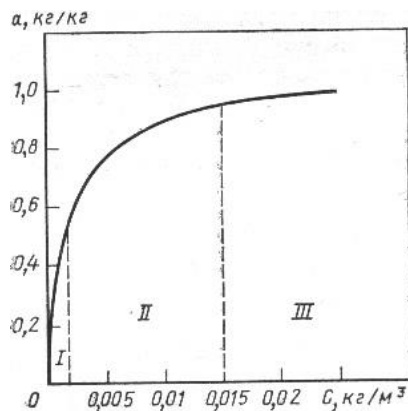
Ion almashinish jarayonida muvozanat. Muvozanat izotermalari ionitlarning muvozanat almashinish hajmi va uning tanlovchanligi to'g'risida ma'lumot beradi. Ion almashinish jarayonidagi muvozanat nisbatlari Lengmyur (5.187) yoki Freyndlix (5.188) formulalari bilan ifodalanishi mumkin:

$$a = \frac{K\alpha c}{1 + kc} \quad (5.187)$$

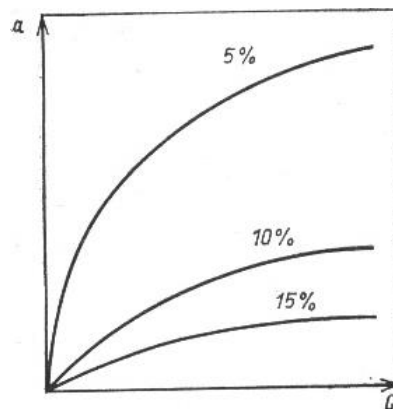
$$a = \beta c^{1/p} \quad (5.188)$$

Odatda, muvozanat izotermalari jarayonni harakatga keltiruvchi kuchini aniqlashda qo'llaniladi.

(5.187) tenglamani ifodalovchi eritmalarning tipik sorbstiyalash izotermalari 5.87-rasmda keltirilgan. Ko'rinib turibdiki, muvozanat konsentratsiyalar qismi 3 ta zonaga ajratilish mumkin. Birinchi zona past konsentratsiyalar zonasi bo'lib, u to'g'ri chiziqli ikkinchi zona - Lengmyur tenglamalari va uchinchi esa - eritma konsentratsiyasiga bog'liq bo'lmagan va to'yinish holatlarini ifodalaydi:



5.87-rasm. EDE - 10P anionitda limon kislotasining muvozanat izotermalari.



5.88-rasm. Turli miqdordagi divinilbenzol sulfopolistirolli smola uchun muvozanat izotermari.

Muvozanat holatiga ionit va yutilayotgan ionlar tabiati, temperatura va elektrolit eritmasining rN miqdoriga ta'sir ko'rsatadi.

Masalan, sulfopolistiroli smolasidagi divinilbenzolning miqdori izoterma holatiga yuqori darajada bog'liq (5.88-rasm).

Eritmaning rN miqdori muvozanat holatga turlicha ta'sir etadi: rN ortishi bilan kationitlar hajmi ko'payadi, anionitlarniki esa - kamayadi.

Ion almashinish jarayoni quyidagi ketma - ket bosqichlardan iborat: ionit chegaraviy qatlam yuzasidan yutilayotgan ion diffuziyasi; ionit ichida ion diffuziyasi; ionitda desorbsiyalangan ion diffuziyasi; suyuqlik chegaraviy qatlam yuzasidan desorbsiyalangan ionning suyuqlik faza yadrosiga diffuziyasi.

Ushbu taklif etilgan sxema, ion almashinish jarayonining chegaralovchi bosqichini topish imkonini beradi.

Ion almashinish kinetikasi. Jarayonda qatnashayotgan jami hodisalar murakkabligiga qaramasdan, ion almashinish kinetikasini ifodalovchi tenglama sodda ko'rinishga ega. Kimyoviy reaksiya tezligi qolgan bosqichlarda ion almashinish tezligidan juda katta va u jarayon tezligiga ta'sir qilmaydi deb tahmin qilinadi. Ion almashinish kinetikasi quyidagi tenglama orqali ifodalanishi mumkin:

$$\frac{dM}{Vd\tau} = \beta_v (c - c_m) \quad (5.189)$$

bu erda β_v - massa berish koeffitsienti, 1/s

Massa berish koeffitsientini hisoblash uchun $10 < Re < 100$ oralikda ushbu tenglama tavsiya etiladi:

$$\beta = 1,85 \frac{w}{\varepsilon} \left(\frac{\varepsilon}{1-\varepsilon} \right)^{0,33} \cdot Re_m^{-0,56} \cdot Pr^{0,66}$$

yoki

$$Nu_o = 28,4 \cdot Re^{0,41} \quad (5.190)$$

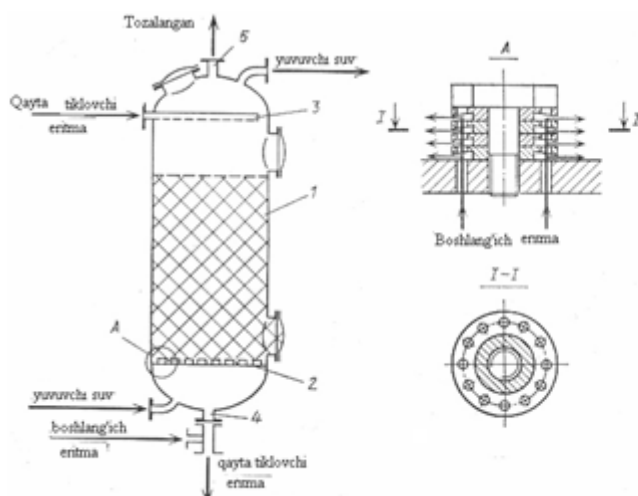
bu erda w - suyuqlik tezligi; $Re_m = wd_0 \cdot \rho_c / (1-\varepsilon)\mu$ - modifikastiyalashgan Reynolds kriteriysi; d_0 - ionit granulasi diametri, m; ρ_c - suyuqlik faza zichligi, kg/m³; ε - g'ovaklilik; μ - dinamik qovushoqlik, Pa·s; Pr - Prandtl kriteriysi.

Sanoat miqyosidagi texnologiyalarda ion almashinish qurilmalari 2 xil: davriy va uzluksiz ishlaydigan bo'ladi.

Davriy ishlaydigan qurilmalar o'z navbatida qo'zg'almas va mavhum qaynash ionit qatlamli bo'ladi.

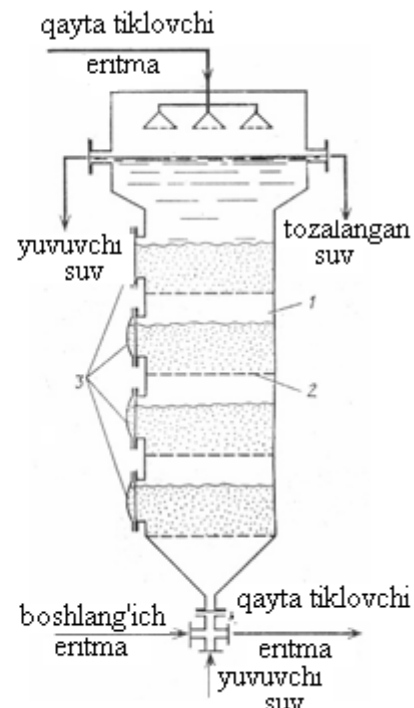
Uzluksiz ishlaydigan qurilmalar harakatchan ionit qatlamli va pog'onalarda mavhum qaynash qatlamli bo'ladi.

Davriy ishlaydigan, qo'zg'almas ionit qatlamli ion almashinish qurilmasi 5.89-rasmda keltirilgan. Qurilma stilindrik qobiq 1 va taqsimlovchi moslama 2,3 lardan tarkib topgan. Pastki taqsimlovchi moslama 3 tirqishli qalpoqchali tarelka ko'rinishida bo'lib, unda qo'zg'almas ionit qatlami joylashtiriladi.



5.89-rasm. Qo'zg'almas ionit qatlamli davriy ishlaydigan ion almashinish qurilmasi.

1 - qobiq; 2 - tirqishli qalpoqcha tipidagi taqsimlovchi tarelka; 3 - taqsimlagich; 4,5 - dastlabki eritmaning kirish va tozalangan eritma chiqarish shtuserlari.



5.90-rasm. Davriy ishlaydigan sekciyalı, mavhum qaynash ionit qatlamli ion almashinish qurilmasi.

1 - qobiq; 2 - teshikli panjara; 3 - lyuklar.

Qayta ishlanadigan eritma esa, qurilma pastki qismidagi shtuster 4 orqali uzatiladi va gaz taqsimlovchi teshikli panjaradan ionit qatlamiga o'tadi. Qurilmaning tepa (bo'sh) qismida tozalangan eritma to'planadi va yuqoridagi shtuster 5 dan chiqariladi.

Ion almashinish jarayoni tugagandan so'ng, qurilma to'xtatiladi va ionit qayta tiklanadi. Buning uchun avval ionitdan eritma yuvib tashlanadi va undan keyin maxsus erituvchi yordamida tozalanadi. Odatda, qayta tiklovchi erituvchi, eritma yo'nalishiga qarama - qarshi harakatlantiriladi. Keyin esa, yana ionit qatlami suv bilan yuviladi.

Ikkinchi yuvishdan maqsad maxsus erituvchini yo'qotishdir, ya'ni ionitdagi tuz, kislota va ishqor eritmalarining qoldiqlarini suv yordamida tozalashdir.

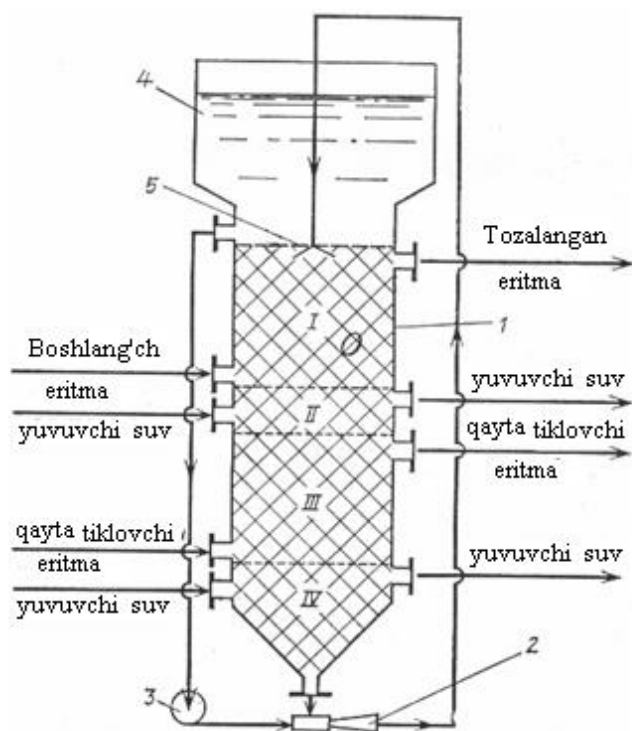
Shunday so'ng qurilma keyingi ion almashinish stikliga tayyor bo'ladi.

Davriy ishlaydigan sekstiyali, mavhum qaynash ionit qatlamli ion almashinish qurilmasi 5.90-rasmda ko'rsatilgan. Ion almashinish qurilmasi kolonna 1 va uni bir necha sekstiyaga ajratuvchi teshikli panjara 2 lardan tarkib topgan. Qurilmani sekstiyalash mavhum qaynash jarayonida ionitlarni ko'ndalang harakatlanishini kamaytiradi va ideal siqib chiqarish rejimini ta'minlaydi. Ma'lumki, bu rejimda jarayon maksimal harakatga keltiruvchi kuchga ega bo'ladi.

Qurilma lyuklari 3 orqali ionit yuklanadi va undan so'ng boshlang'ich eritma o'zaro ta'sir uchun yuboriladi. Ionit yutilgan moddalar bilan to'yingandan so'ng, u yuviladi va qayta tiklanadi.

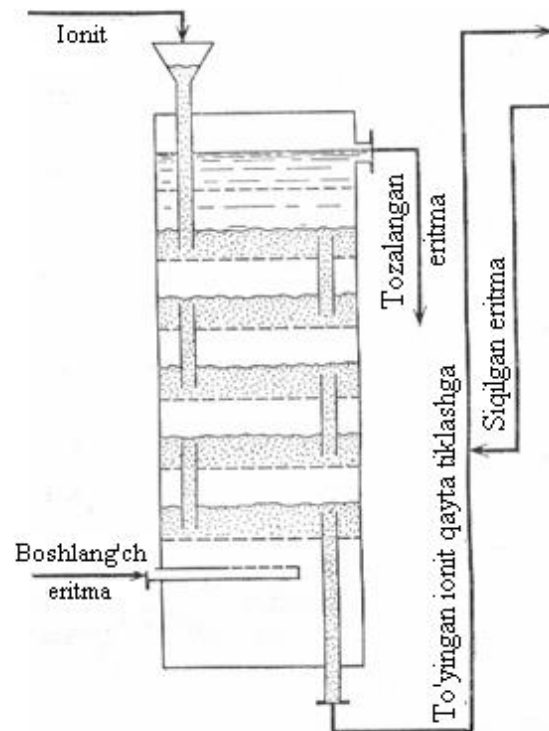
Uzluksiz ishlaydigan, harakatchan ionit qatlamli ion almashinish qurilmasi 5.91-rasmda tasvirlangan.

U quyilish patrulkalari bilan to'rt sekstiyaga bo'lingan kolonna 1 tipidagi qurilmadir. Qayta tiklangan ionit qurilmaning pastki qismidan injektor 2 ga tushadi. U erga nasos 3 yordamida qurilmaning cho'ktirish qismi 4 dan ishlatib bo'lingan eritma ham haydaladi. Hidrotransportlovchi suyuqlik vazifasini bajaruvchi suyuqlikning bu qismi, restirkulyastiya sistemasiga ulangan. Ionit pulpasi injektor 2 dan sorbstiyalash sekstiyasi 1 ga uzatiladi. Undan tashqari, shu sekstiyaga boshlang'ich eritma ham yuborilib, tozalangan suyuqlik esa, qurilmaning tepasidan chiqariladi. Uzatilish uchun zarur suyuqlik ulushi filtr to'siq 5 dan qurilmaning injektor qismi 4 ga o'tadi va nasos 3 yordamida injektor 2 ga haydaladi. Ishlatib bo'lingan ionit sorbstiyalash sekstiyasining I quyilish tarelkasidan yuvilish sekstiya II ga o'tadi. U erda ionit suv bilan yuviladi. Undan keyin, xuddi shunday qilib, ionit III sekstiyaga o'tadi va qayta tiklovchi eritma bilan o'zaro ta'sirda bo'ladi. So'ng, qayta tiklangan ionit yuvish sekstiyasi IV ga o'tadi, u erda eritmadan tozalanadi va injektor 2 ga yo'naltiriladi va stikl qaytadan takrorlanadi.



5.91-rasm. Uzlaksiz ishlaydigan, harakatchan ionit qatlamli ion almashinish qurilmasi.

1 - qobiq; 2 - injektor; 3 - nasos; 4 - cho'ktirgich; 5 - filtr to'siq; I, II - ionit sorbcialash va qayta tiklash zonalari; III, IV - ionitni suv bilan yuvish zonalari.



5.92-rasm. Uzlaksiz ishlaydigan, ko'p pog'onali mavhum qaynash ionit qatlamli qurilma sxemasi.

Uzlaksiz ishlaydigan, ko'p pog'onali mavhum qaynash ionit qatlamli qurilma sxemasi 5.92-rasmida ko'rsatilgan. Sxemadan ko'rinib turibdiki, ionitning mavhum qaynash jarayoni pog'onalarda, elaksimon tarelkalarda tashkil etiladi.

Fazalarning yo'nalishi qarama - qarshi bo'ladi. Tozalangan eritma qurilmaning tepa, ionit esa - pastki qismidan chiqariladi.

Bu turdagi qurilmalarda eritma tezligi ionit zarrachalarining mavhum qaynash boshlanishi tezligidan kattaroq bo'ladi.

Odatda eritma pastdan yuqoriga qarab harakatlanadi. Ushbu kolonnada faqat sorbstiya jarayoni o'tkaziladi. Yutilayotgan komponentga to'yingan ionit pulpa holatida siqilgan havo yordamida qayta tiklashga uzatiladi. Qayta tiklangan ionit shnek yordamida qurilmaning tepa qismiga qaytariladi.

QURITISH

5.39. Umumiy tushunchalar

Qattik va pastasimon materiallarni suvsizlantirish yo'li bilan ularga zarur xossalarni berish, transport vositalarida uzatish va uzoqmuddat davomida saqlash imkoniyatini beradi.

Suvsizlantirishni 3 xil usulda amalga oshirish mumkin:

1. Mexanik (siqish, cho'ktirish, filtrlash, stentrifugalash va h.);
2. Fizik-kimeviy (suvni o'ziga tortib oluvchi moddalar yordamida (kalstiy xlorid, sulfat kislota va h.);
3. Issiqlik ta'sirida suvsizlantirish, ya'ni quritish.

Lekin, yuqorida qayd etilgan usullardan eng samaralisi, issiqlik ta'sirida suvsizlantirish, ya'ni quritishdir. Chunki, quritish jarayonida to'liq suvsizlantirishga erishsa bo'ladi.

Qattiq va pastasimon materiallar tarkibidagi namlikni bug'latish va hosil bo'layotgan bug'larni chetga olish chiqishga **quritish jarayoni** deyiladi.

Nam materiallarni issiqlik yordamida quritish - sanoatda eng keng tarqalgan usul. Ushbu usul kimyoviy, oziq-ovqat va bir qator boshqa texnologiyalarda ishlatiladi. Material tarkibidagi namlik dastavval arzon, mexanik (masalan, filtrlash) usulda, yakuniy, to'la suvsizlantirish esa - quritish usulida olib boriladi. Suvsizlantirishning bunday kombinastiyalashgan usuli iqtisodiy jihatdan samaralidir.

Sanoatda nam materiallarni quritish sun'iy (maxsus quritish qurilmalarida) va tabiiy (ochiqhavoda quritish - juda davomiy jarayon) usullar qo'llaniladi.

Fizik mohiyatiga ko'ra, quritish jarayoni murakkab diffuzion jarayondir. Uning tezligi, quritilayotgan material ichidan namlikning atrof muhitga tarqalishi, diffuziya tezligi bilan belgilanadi. Ma'lumki, quritish jarayoni bu issiqlik va modda (namlik) ning material ichida harakati va material yuzasidan atrof muhitga uzatilishidir. Shunday qilib, quritish bu issiqlik va massa almashinish jarayonlarining bir-biri bilan uzviy bog'langan majmuasidir.

Qattiq, nam materialga issiqlik ta'sir etish usuliga qarab quritish quyidagi turlarga bo'linadi:

- 1) **konvektiv** quritish - bunda nam material bilan qurituvchi eltkich bevosita o'zaro ta'sirda bo'ladi. Odatda, qurituvchi eltkich sifatida qizdirilgan havo yoki tutun gazlari ishlatiladi;
- 2) **kontaktli** quritish - issiqlik tashuvchi eltkich va nam material orasida ajratuvchi devor bo'ladi. Materialga issiqlik shu devor orqali izatiladi;
- 3) **radiation** quritish - nam materialga issiqlik infraqizil nurlar orqali uzatiladi;
- 4) **dielektrik** quritish - nam material yuqori chastotali tok maydonida uzatiladi;
- 5) **sublimastion** quritish - nam material muzlagan holatda, yuqori vakuum ostida quritiladi.

Shuni alohida ta'kidlash kerakki, istalgan quritish usulida quritilayotgan nam material ko'pchilik hollarda issiqhavo bilan o'zaro ta'sirda bo'ladi. Konvektiv quritish sanoat texnologiyalarida juda ko'p ishlatiladi. Ushbu jarayonni amalga oshirish uchun nam materialga issiqhavo ta'sirining ahamiyati katta. Shuning uchun, nam havoning asosiy xossalarni bilish quritish jarayonini o'rganish va hisoblash uchun zarur.

5.40. Ramzinning nam havo I-x diagrammasi

Quruq havoning suv bug'i bilan aralashmasi **nam havo** deb nomlanadi. Nam havo absolyut va nisbiy namlik, nam saqlash, entalpiya, quruq va ho'l termometr temperaturalarini, parstial bosim kabi parametrlar bilan xarakterlanadi.

Absolyut namlik deb 1 m^3 nam havo hajmidagi suv bug'i (kg) miqdoriga aytiladi.

Agar parstial bosim r_b da suv bug'i butun hajmi, masalan 1 m^3 ni, egallasa, unda, absolyut namlik suv bug'i zichligi ρ_b ga teng.

Nisbiy namlik deb havo absolyut namligining, to'yinish paytidagi absolyut namlik nisbatiga aytiladi:

$$\varphi = \frac{\rho_b}{\rho_m} \quad (5.191)$$

bu erda ρ_t - to'yingan suv bug'ining zichligi, kg/m^3 ; ρ_b - suv bug'ining zichligi, kg/m^3 .

Gaz tarkibidagi bug'lar parstial bosimi, uning miqdoriga proporsional bo'lgani uchun, nisbiy namlik bir xil temperatura va bosimda havodagi suv bug'i parstial bosimi r_b ning to'yingan suv bug'lari bosimi r_T ga nisbati sifatida ifodalanishi mumkin:

$$\varphi = \frac{p_b}{p_T} \quad \text{yoki} \quad p_b = \varphi \cdot p_T \quad (5.192)$$

Nam saqlash deb 1 kg absolyut quruqhavoga to'g'ri keladigan suv bug'lari (1 kg) miqdoriga aytiladi.

Nam havoning solishtirma nam saqlashi x (kg/kg) yoki (g/kg) bilan belgilanadi. Havoning nam saqlashi ushbu nisbat orqali aniqlanadi:

$$x = \frac{m_{\delta}}{m_{aks}} = \frac{\rho_{\delta}}{\rho_{aks}} \quad (5.193)$$

bu erda m_b va m_{aks} - suv bug'i va absolyut quruqhavo massalari, kg.

Mendeleev - Klapayron ideal gazlar holatining tenglamasiga binoan nam saqlash va nisbiy namliklar orasidagi bog'liqlikni aniqlaymiz. Suv bug'i va quruqhavo zichliklarini ushbu tenglamalardan topish mumkin:

$$\rho_{\delta} = \frac{p_{\delta} \cdot M_{\delta}}{RT} \quad \text{va} \quad \rho_{aks} = \frac{p_{aks} \cdot M_{aks}}{RT} \quad (5.194)$$

bu erda M_b va M_{aks} - 1 mol suv bug'i va absolyut quruqhavolar massalari, kg/kmol; r_{aks} - biror temperaturadagi quruqhavoning parzial bosimi, Pa; $R = 8314$ - gazning universal doimiysi, J/(kmol·K).

(5.194) ni (5.193) ga qo'yib, ushbu ko'rinishli tenglamani olamiz:

$$x = \frac{M_{\delta}}{M_{aks}} \left(\frac{p_{\delta}}{p_{aks}} \right) \quad (5.195)$$

Dalton qonuniga binoan $R = r_p + r_{aks}$. Unda:

$$p_{aks} = P - p_{aks} \quad (5.196)$$

(5.192) tenglamadan bilamizki, $r_b = \varphi r_t$.

Agar, r_{aks} va r_b qiymatlarini (5.195) ga qo'ysak:

$$x = \frac{18}{29} \frac{\varphi \cdot p_m}{P - \varphi p_m} = 0,622 \frac{\varphi \cdot p_m}{P - \varphi p_m} \quad (5.197)$$

bu erda $M_{aks}=29$ kg/mol; $M_b=18$ kg/mol.

Entalpiya termodinamik sistemaning holat funkstiyasi bo'lib, I harfi bilan belgilanadi.

Nam havo entalpiyasi quruq havo bilan shu nam havoda bo'lgan suv bug'ining entalpiyalari yig'indisiga teng:

$$I = c_{aks} \cdot t + x I_{\delta} \quad (5.198)$$

bu erda s_{aks} - absolyut quruqhavoning o'rtacha temperaturasi; $s_{aks} = 1000$ J/(kg·K); I_b - suv bug'ining solishtirma entalpiyasi, J/kg.

Quritish jarayonida havo bilan aralashmada bo'lgan suv bug'i o'ta qizdirilgan holatda bo'ladi. Uning solishtirma bug' hosil qilishi $r_0 = 2493 \cdot 10^3$ J/kg bo'lsa, o'ta qizdirilgan suv bug'ining solishtirma issiqlik sig'imi esa, $s_b \approx 1,97 \cdot 10^3$ J/(kg·K).

O'ta qizdirilgan suv bug'ining solishtirma entalpiyasi:

$$I_{\delta} = r_0 + c_{\delta} I = 2493 \cdot 10^3 + 1,97 \cdot 10^3 \cdot t \quad (5.199)$$

Agar, (5.199) ni (5.198) ga qo'ysak, ushbu ko'rinishdagi tenglamaga erishamiz:

$$I = (1000 + 1,97 \cdot 10^3 \cdot x) \cdot t + 2493 \cdot 10^3 \cdot x \quad (5.200)$$

Zichlik. Nam havoning zichligi ρ_{nx} absolyut quruqhavo ρ_{aqs} va suv bug'i ρ_b zichliklari yig'indisiga teng. Agar, $\rho_b = x \cdot \rho_{aqs}$ ekanligini inobatga olsak, ushbu tenglamani olamiz:

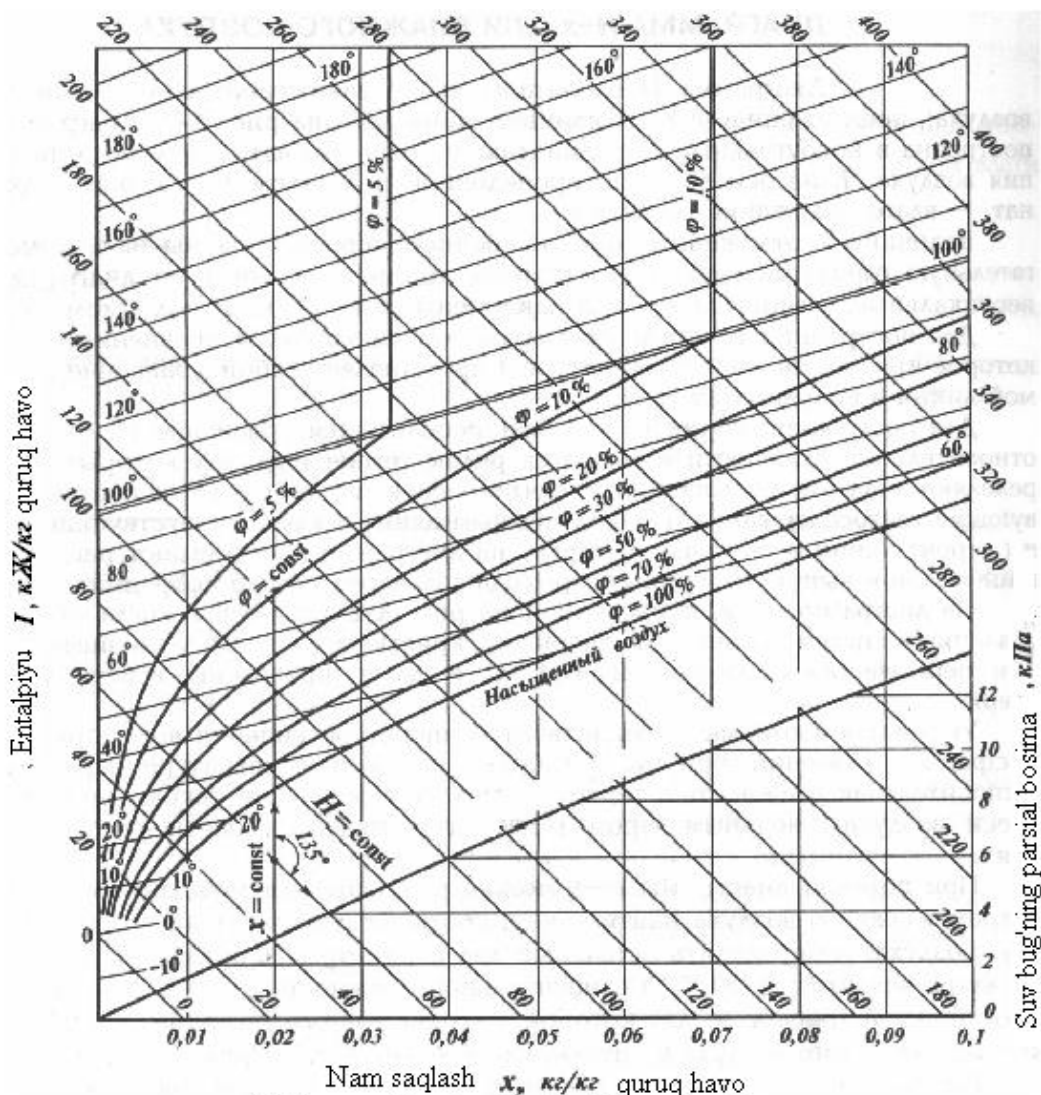
$$\rho_{nx} = \rho_{aks} + \rho_{\delta} = \rho_{aks} (1 + x) \quad (5.201)$$

Mendeleev - Klapayronning holat tenglamasiga binoan absolyut quruqhavo zichligi quyidagi tenglamadan aniqlanadi:

$$\rho_{aks} = \frac{M_{aks} \cdot p_{aks}}{RT} = \frac{29 p_{aks}}{8314 \cdot T} = \frac{P - p}{287T} \quad (5.202)$$

(5.197) tenglamadan x va (5.202) dan ρ_{aks} qiymatlarini olib (5.201) ga qo'ysak, ushbu ko'rinishli ifodani olamiz:

$$\rho_{\text{ик}} = \frac{P - 0,378 \cdot p_6}{287T} \quad (5.203)$$



593-rasm. Ramzinning I-x diagrammasi

Isitish, sovitish va quritish jarayonlarida havoning asosiy xossalari o'zgarishi tasvirlangan va texnik hisoblashlar uchun etarli aniqlikda L.K. Ramzinning entalpiya diagrammasi yordamida aniqlanishi mumkin.

I - x diagramma o'zgarmas bosim $r = 745$ mm.sim.ust. (99 kPa) uchun qurilgan (5.93-rasm). Diagramma entalpiya I (ordinata o'qi) - nam saqlash x (absstissa o'qi) koordinatalarida qurilgan.

Koordinata o'qlari 135° burchak ostida joylashtirilgan. Diagrammadan foydalanish qulay bo'lishi uchun nam saqlash qiymatlari ordinata o'qiga perpendikulyar, ya'ni qo'shimcha gorizontal o'qqa proektsiyalangan.

Diagrammaga quyidagi chiziqlar o'tkazilgan: ordinata o'qiga parallel ($x = \text{const}$), o'zgarmas nam saqlash vertikal chiziqlar; qo'shimcha absstissa o'qiga 135° burchakda o'tkazilgan o'zgarmas entalpiya ($I = \text{const}$) qiya chiziqlari; o'zgarmas temperatura (izoterma) chiziqlari; o'zgarmas nisbiy namlik ($\varphi = \text{const}$) chiziqlari; nam havodagi suv bug'ining parstial bosim p_6 chiziqlari.

O'zgarmas temperatura chiziqlari (5.200) tenglama yordamida quriladi. Buning uchun x_1 va x_2 parametrlarning istalgan qiymatlari qabul qilinib, ularga tegishli I_1 va I_2 qiymatlari hisoblanadi.

Undan keyin, diagrammada koordinatalari I_1 , x , va I_2 , x_2 bo'lgan nuqtalar aniqlanadi. Topilgan nuqtalar to'g'ri chiziq bilan birlashtiriladi va u izoterma deb nomlanadi.

O'zgarmas nisbiy namlik chiziqlari (5.197) tenglama yordamida quriladi. $\varphi = \text{const}$ chiziqlari koordinatalari $t = -273^\circ\text{C}$ va $x = 0$ bo'lgan nuqtadan tarqaluvchi egri chiziqlar dastasini hosil qiladi.

$\varphi = \text{const}$ chiziqlari bir-biriga yonishib ketmasligi uchun diagramma ma'lum burchakli sistema koordinatalarida qurilgan.

I - x diagrammadan ko'rinib turibdiki, $99,4^\circ\text{S}$ temperaturada $\varphi = \text{const}$ chiziqlari sinadi va yuqoriga vertikal ko'tarilib ketadi, ya'ni diagramma ikki qismga bo'linadi. Ushbu temperaturada to'yingan suv bug'ining bosimi 745 mm.sim.ust. teng bo'ladi. (5.197) tenglamadan ko'rinib turibdiki, temperatura $t \geq 99,4^\circ\text{S}$ etganda

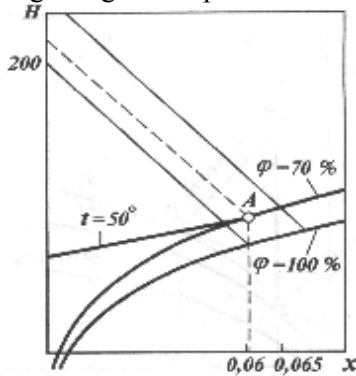
nisbiy namlik φ temperaturaga bog'liq bo'lmay va o'zgarmas kattalik bo'lib qoladi.

Havoning suv bug'i bilan to'yinish, chizig'i, ya'ni $\varphi = 100\%$, diagrammani to'yinmagan nam havo va chiziqostida joylashgan, suv bug'i bilan o'ta to'yingan havo zonalariga ajratadi.

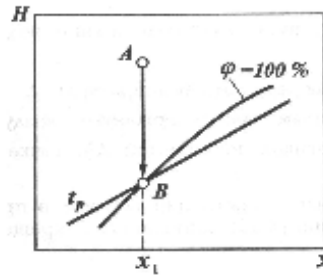
Suv bug'ining parstial bosim chiziqlari (5.192) tenglamani inobatga olgan holda (5.197) tenglamadan aniqlanadi:

$$p_o = \frac{P_x}{0,622 + x} \quad (5.204)$$

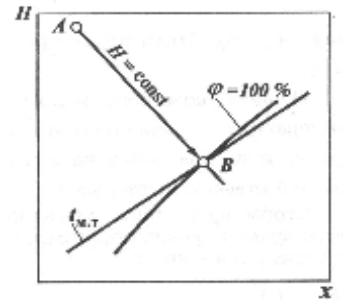
Suv bug'ining **parstial bosimi** $I - x$ diagrammaning pastki qismida joylashgan. Diagramma yordamida nam havoning istalgan ikki parametri ma'lum bo'lsa, qolgan parametrlarini topish mumkin.



5.93a-rasm. $I - x$ diagramma yordamida ma'lum ikki parametr orqali nam havoning qolgan parametrlarini topish



5.93b-rasm. $I - x$ diagrammada shudring nuqtasini aniqlash



5.93c-rasm. $I - x$ diagrammada ho'l termometr temperaturasi aniqlash

$I - x$ diagramma yordamida, nam havoning istalgan ikki parametri orqali qolgan parametrlarini topish mumkin. Masalan: havo temperaturasi $t = 55^\circ\text{S}$ va nisbiy namligi $\varphi = 70\%$ bo'lgan parametrlar uchun nuqta A ni aniqlaymiz (5.93a-rasm). Bu nuqta uchun nam saqlash parametri $x = 0,0608$ kg namlik/kg quruqhavo va entalpiyasi $I = 207,25$ kJ/kg quruqhavo.

Shudring nuqtasi. Havoning o'zgarmas nam saqlash parametrda sovishi, uning suv bug'lari bilan butunlay to'yinishi natijasida, havo eki gaz tarkibidagi suv bug'larining kondensastiyalanishi ro'y beradi. Ushbu temperatura shudring nuqtasi deb nomlanadi.

5.93b-rasmda A nuqtaga mos boshlang'ich parametrli havo uchun shudring nuqta V ni grafik usulda aniqlash tasvirlangan. Shudring nuqtasi $\varphi = 100\%$ va nam saqlash x_1 larning kesilish nuqtasi V orqali o'tgan izoterma t_r sifatida aniqlanadi. **Ho'l termometr temperaturasi.** Havoning nam material bilan izotermik o'zaro ta'siri natijasida havo soviydi. Bunda, havo materialga o'z issiqligini beradi va nam materialdan havoga o'tayotgan suv bug'larining entalpiyasi hisobiga o'z entalpiyasini o'rtiradi. Bunday sharoitda temperatura pasayadi, entalpiya esa o'zgarmas bo'ladi. Ushbu izoentalpiya jarayoni havoning suv bug'lari bilan to'liqto'yingunga qadar boradi, ya'ni $\varphi = 100\%$ ga erishadigan temperaturagacha. $I - x$ diagrammada A nuqtadan $\varphi = 100\%$ chizig'ida V nuqta bilan kesishguncha $I = \text{const}$ chizig'i o'tkaziladi (5.93v-rasm). Nuqta V orqali o'tadigan, izoentalpiya sharoitida havoning sovish chegarasiga to'g'ri keladigan izoterma t_{MT} - xul termometrning temperaturasi deb nomlanadi.

Quritish potentsiali. Havo temperaturasi t_v va ho'l termometr temperaturasi t_{MT} larning farqi quritish potentsiali ε deb ataladi. Ushbu ko'rsatkich havoning materialdan namlikni yutish qobiliyatini xarakterlaydi. Quritish potentsiali qanchalik katta bo'lsa, materialdan namlikning bug'lanish tezligi shunchalik yuqori bo'ladi. Agar, $t_v = t_{MT}$ bo'lsa, quritish potentsiali $\varepsilon = 0$.

5.41. Quritish jarayoni statikasi

Har bir qattiqnam material atrof muhitdan namlikni yutish yoki uni atrof muhitga berish qobiliyatiga ega. Nam materialni o'rab turgan muhit tarkibi faqat suv bug'i yoki suv bug'i - gaz aralashmasidan iborat bo'lishi mumkin. Havo bilan aralashma hosil qilgan suv bug'ining parstial bosimini r_b deb belgilaymiz. Material tarkibidagi namlikka tegishli suv bug'inig bosimi deb nomlanadi.

Material bilan nam havo o'zaro ta'siri paytida sistema 3 holatda bo'lishi mumkin:

1. Quritilayotgan nam materialdagi suv bug'ining bosimi r_o , materialni o'rab turgan havo yoki gazdagi parstial bosimdan katta, ya'ni $p_o > p_b$. Bunday holda materialdan namlik atrof muhitga desorbstiya qiladi, ya'ni quritish jarayoni sodir bo'ladi. Quritilayotgan materialdagi suv bug'ining bosimi p_o material namligi,

temperatura va namlikning materialga bogʻlanish usuliga bogʻliq;

2. Atrof muhitdagi bugʻning parstial bosimi, uning nam materialdagi bosimidan katta, yaʼni $p_b > p_o$. Bu holda, material va namlik orasida sorbstiya jarayoni yuz beradi, yaʼni material namlanishi roʻy beradi;

3. Nam material va atrof muhitdagi suv bugʻlarining bosimi bir-biriga teng, yaʼni $p_o = p_b$. Bunday holda sistema dinamik muvozanatda boʻladi. Dinamik muvozanat boshlanishiga toʻgʻri keladigan material namligi muvozanat namligi W_M deb nomlanadi. Muvozanat namlik suv bugʻining parstial bosimi p_b yoki unga proporsional boʻlgan havoning nisbiy namligi ϕ ga bogʻlikdir.

Muvozanat namligining $t = \text{const}$ da ϕ ga bogʻliqligi *sorbstiya izotermasi* deb ataladi va koʻpincha tajribaviy yoʻl bilan topiladi.

Quritish jarayonida material sirtidagi bugʻ bosimi kamayib boradi va muvozanat namligiga intiladi. Namlash jarayonida esa aksincha boʻladi, yaʼni material sirtidagi bugʻ bosimi ortib borib, muvozanat namligiga intiladi.

Material namligi erkin va bogʻlangan holda boʻlishi mumkin.

Erkin namlik deb materialdan bugʻlanayotgan namlikning bugʻlanish tezligi suvning erkin yuzadan ($p_o = p_i$) bugʻlanish tezligiga teng boʻlgan namlik tushuniladi. Malumki, materialdagi bogʻlangan namlikning bugʻlanish tezligi erkin yuzadan suvning bugʻlanishi tezligidan har doim kichik boʻladi. Bunda, $p_o < p_b$ bu erda p_i - suv bugʻining toʻyinish bosimi.

Material tarkibidagi namlikni xarakterlash uchun material namligi W (%) va nam saqlash x (kg namlik/kg quruqhavo) degan tushunchalar qoʻllaniladi.

Material namligi materialning umumiy miqdori yoki uning tarkibidagi absolyut quruqmodda miqdoriga nisbatan hisoblanishi mumkin.

5.42. Material bilan namlikning bogʻlanish usullari

Material bilan namlikning bogʻlanishi klassifikastiyasi akad. Rebinder P.A. tomonidan ishlab chiqilgan boʻlib, unga bogʻlanish energiyasi asos qilib olingan. Ushbu bogʻlanish quyidagi shakllarda boʻlishi mumkin:

- namlikning kimyoviy bogʻlanishi, kimyoviy reakstiya natijasida hosil boʻladi;
- namlikning fizik-kimyoviy bogʻlanishi, yarim oʻtkazuvchan qobiqcha orqali gaz molekulalarining adsorbstiyasi natijasida hosil boʻladi;
- namlikni fizik-mexanik bogʻlanishi, mikrokapillyar ($r < 10^{-7}$), makrokapillyarlar ($r > 10^{-7}$) tomonidan bugʻlarni yutishda, hamda gel hosil boʻladi;

Sirti namlik eng oson, kimyoviy bogʻlangan namlik esa, eng qiyin yoʻqotiladi.

Kimyoviy bogʻlangan namlik gidrooksid suvi koʻrinishida boʻlib, gidratastiya reakstiyasi natijasida gidrooksid va kristallogidrat tipidagi birikmalar tarkibiga kirib oladi. Ushbu namlikni qizdirish yoʻli bilan yoʻqotish mumkin.

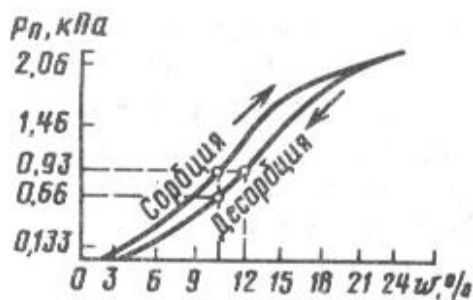
Fizik-kimyoviy bogʻlanish shakllari turli-tuman boʻladi:

Adsorbstion bogʻlangan namlik. Ushbu namlik atrof muhit va kolloid zarrachani ajratib turuvchi chegara yuzasida ushlanib turadi. Kolloid zarrachalar katta yuza va yuqori adsorbstion qobiliyat tuzilishga ega. Adsorbstion namlik molekulyar kuchli maydon yordamida tortilib turadi. Adsorbstion namlik yoʻqotilishi davrida issiqlik ajrab chiqadi va u gidratastiya issiqligi deb nomlanadi.

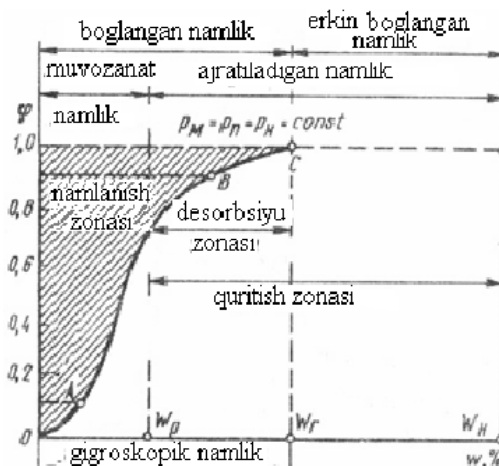
Osmotik bogʻlangan namlik yoki boʻrtish namligi material skeleti ichida boʻladi va osmotik kuchlar yordamida ushlanib turiladi.

Kapillyar - bogʻlangan namlik mikro va makrokapillyarlar ichida boʻladi. Ushbu namlik material bilan mexanik bogʻlanishda boʻladi va nisbatan oson bartaraf etiladi.

Namlikning material bilan bogʻlanishi qanchalik mustahkam boʻlsa, material yuzasidagi bugʻ bosimi shunchalik kam boʻladi. Eng mustahkam bogʻlanish gigroskopik moddalarda boʻladi.



5.94-rasm. Krahmal namligining sorbsiya - desorbsiya izotermalari.



5.95-rasm. Qotirilgan non namligining sorbsiya - desorbsiya izotermalari.

Material bilan namlik bog'lanish turlarini xarakterlash uchun sorbsiya - desorbsiya izotermalari qo'llaniladi. 5.94-rasmda sorbsiya va desorbsiya izotermalari keltirilgan.

Desorbsiya egri chizig'i (desorbsiya izotermasi) nam kraxmaldan namlik yo'qotilishi davri uchun qurilgan, ya'ni uni quritish jarayonida.

Sorbsiya egri chizig'i kraxmalni namlash davri uchun qurilgan va sorbsiya izotermasi deb nomlanadi. Sorbsiya va desorbsiya egri chiziqlari o'ziga xos shakldagi **gisterezis halqasi** deb ataladi.

Gisterezis hodisasidan ushbu xulosa qilish mumkin: bir xil qiymatga ega bo'lgan muvozanat namlikka erishish uchun havoning nisbiy namligi, quritish jarayonida materialni namlash jarayoniga nisbatan katta bo'lishi zarur.

Buni, quritilayotgan material kapillyarlarida havo borligi ya'ni havoning kapillyar devorlarida sorbsiyalanishi bilan tushuntirish mumkin.

Oziq- ovqat mahsulotlarining sorbsiya-desorbsiya xarakteristikalarini, ya'ni havo namligi va uning temperaturasi aniqlash imkonini beradi.

Sorbsiya izotermalari tahlili yordamida material bilan namlikning bog'lanish usulini bilish mumkin. 5.95-rasmda qotirilgan non sorbsiya izotermalari keltirilgan. Mahsulotning boshlang'ich namligi W_b , oxirgisi esa - $W_{ox} = W_m$ (bu erda W_m -muvozanat namligi). Material namligining W_b dan W_{ox} gacha o'zgarish oraligi **quritish sohasi** deyiladi. Bu sohada materialdan chiqadigan namlik yo'qotiladi. Gigroskopik namlik W_g dan W_{ox} gacha bo'lgan oraliqdesorbsiya sohasi deb ataladi. Muvozanat namlik egri chizig'ining yuqorisida sorbsiya, ya'ni material namlanish, sohasi bo'ladi. Materialning nam holati (material tarkibida erkin bog'langan namlik) va gigroskopik holatlarini (materialda faqat bog'langan namlik) gigroskopik namlik ajratib turadi.

Nisbiy namlik $\phi = 0,4$ bo'lganda, izoterma absstissa o'qiga nisbatan bo'rtiqko'rinishga ega. Ushbu holat monomolekulyar adsorbsiyaga xosdir. Material bilan namlik bog'lanishini engish uchun monomolekulyar adsorbsiyada juda katta miqdorda issiqlik sarflanishi zarur. Nisbiy namlik $\phi = 0,1...0,9$ oralig'ida izotermaning **AV** bo'lagi ordinata o'qiga nisbatan bo'rtiqko'rinishga ega. Ushbu holat polimolekulyar adsorbsiyaga xosdir. Bu namlikni yo'qotish uchun monomolekulyar adsorbsiyada namlikni yo'qotishga sarflanadigan issiqlik miqdori nisbatan kam bo'ladi.

Izotermaning **VS** ($\phi = 0,9...1,0$) bo'lagi mikrokapillyar ($r < 10^{-8}$ cm) lardagi namlikni ifodalaydi.

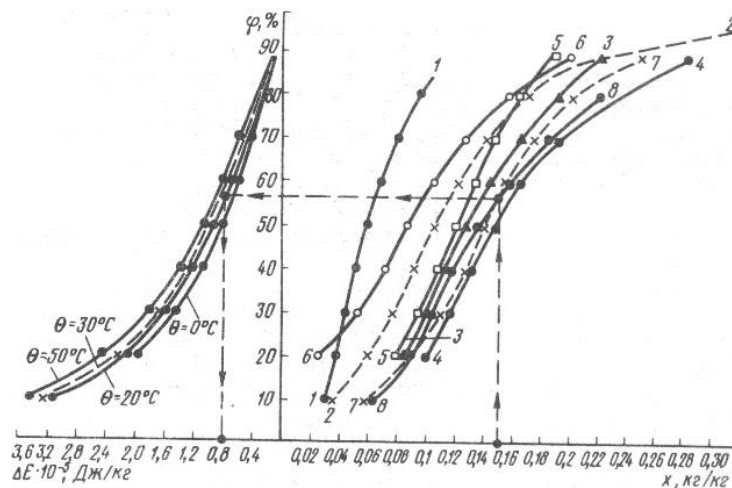
Mexanik bog'langan erkin namlik materialdan mexanik usulda ajratib olinishi mumkin.

Materialni suv bilan bog'lanishi natijasida uning ustidagi suv bug'larining bosimi pasayadi. Shuning uchun, erkin energiya ham kamayadi.

O'zgarmas temperaturada erkin energiya yoki bog'lanish energiyasining kamayishi ish bilan ifodalanadi. Bu ish 1 mol suvni materialdan ajratish uchun sarflanadi va uni akad. Rebinder P.A. tomonidan keltirilgan chiqarilgan formula yordamida topish mumkin:

$$E = RT \ln \frac{P_T}{P_M} = -RT \ln \phi \quad (5.205)$$

bu erda r_t - to'yingan suv bug'i bosimi; r_m - namligi x bo'lgan material ustidagi suv bug'ining muvozanat parstial bosimi; ϕ - havoning nisbiy namligi.



5.96-rasm. Turli mahsulotlarda namlikni bog'lanish energiyasini aniqlash chizmasi.

1 - pista ($t=20^{\circ}\text{S}$); 2 - bug'doy ($t=50^{\circ}\text{S}$); 3 - makkajo'kori ($t=20^{\circ}\text{S}$);
4 - javdari bug'doy ($t=0^{\circ}\text{S}$); 5 - tozalangan guruch ($t=20^{\circ}\text{S}$); 6 - un ($t=24^{\circ}\text{S}$);
7 - makkajo'kori krahmali ($t=20^{\circ}\text{S}$); 8 - makaron ($t=30^{\circ}\text{S}$).

Material bilan namlik bog'lanishi qanchalik mustahkam bo'lsa, shunchalik r_m kattaligi kichik bo'ladi. Erkin suvni ajratish davrida, $r_t = r_m$ bo'lgani uchun (5.205) formula quyidagi ko'rinishni oladi:

$$E = RT \ln 1 = 0$$

Materialni quritish jarayonida bog'lanish energiyasi asta-sekin ko'payib boradi, chunki material namligi kamayishi bilan adsorbtsion bog'langan namlik ulushi ortadi.

5.96-rasmda ayrim oziq-ovqat mahsulotlar muvozanat namliklarining egri chiziqlari, hamda turli temperaturalarda bog'lanish energiya funktsiyalari keltirilgan.

Ushbu grafikdan foydalanib, bog'lanish energiyasi va bog'langan namlikni yo'qotish uchun zarur ish miqdorini aniqlash mumkin.

Quritish jarayonidagi umumiy issiqlik sarfi:

$$Q = Q_{\text{oyz}} + Q_{\text{oh}}$$

bu erda Q_{bug} - erkin namlikni bug'lanishi uchun sarflanadigan issiqlik; Q_{bn} - bug'langan namlikni yo'qotish uchun sarflanadigan issiqlik.

5.43. Quritish jarayoni kinetikasi

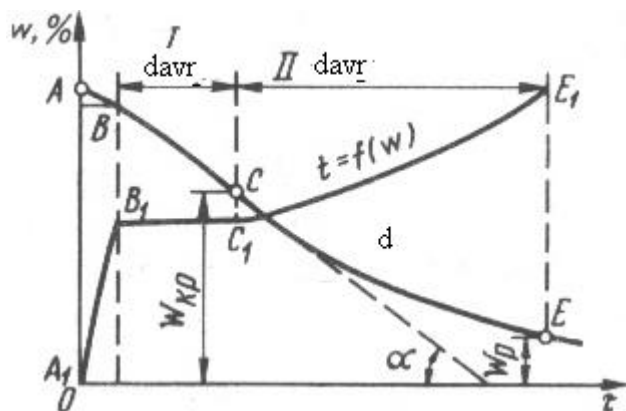
Yuqorida qayd etilgandek, quritish jarayoni murakkab issiqlik va massa almashinish jarayondir. Materialdagi namlik uning ichidan fazalarni ajratib turuvchi yuzaga massa o'tkazuvchanlik, ajratib turuvchi yuzadan gaz oqimi yadrosiga esa - konvektiv diffuziya hisobiga o'tkaziladi.

Material tarkibidagi namlikning diffuziyasi na faqat nam saqlash gradienti, balki temperatura gradienti ham ta'siri ostida ro'y beradi.

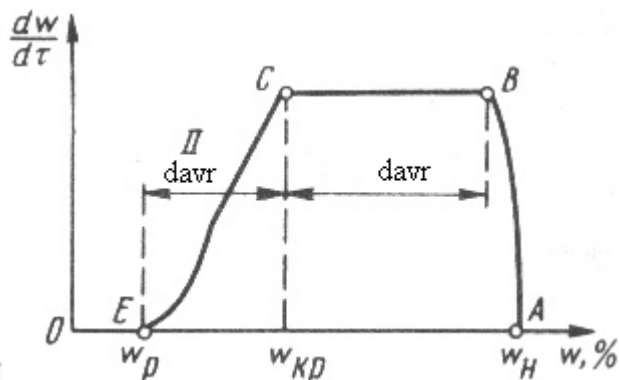
Materialdagi diffuziyani analitik usulda ifodalash juda qiyin masala. Ma'lumki, Quritish jarayoni tezligi material bilan namlikning bog'lanish shakli va unda namlikning diffuziya mexanizmiga bog'liq. quritish jarayoni kinetikasi materialning nam saqlashi yoki o'rtacha namligining ma'lum vaqtdan keyin o'zgarishi bilan xarakterlanadi.

Odatda, quritish tezligini tajribaviy usulda topish uchun quritish egri chizig'i quriladi, so'ng u differentsiallanib quritish tezligining egri chizig'i hosil qilinadi.

5.97-rasm material namligi W va qurish vaqti τ orasidagi bog'liqlik tasvirlangan.



5.97-rasm. Quritish egri chizigi.



5.98-rasm. Quritish tezligining egri chizig'i.

Undan tashqari, rasmda material temperaturasi namlikka bog'liqligi ham keltirilgan.

Tipik quritish egri chizig'i quritish jarayonining turli davrlarini ifodalovchi bir necha qismdan iborat.

Jarayon boshlanishida nam material qiziydi va undan namlik bug'lanib chiqa boshlaydi.

Materialning quritish temperaturasi qizishi AV kesma bilan ifodalanadi. Undan so'ng, o'zgaras quritish tezligi davri (VS kesma), ya'ni I davr, boshlanadi. Bu davr qiyalik burchagi α ning o'zgaras tangensli to'g'ri chizig'i (VS kesma) bilan ifodalanadi va S nuqtada yakunlanadi. Ushbu davrda materialning temperaturasi termometrning ho'l temperaturasi (temperatura egri chizig'idagi V_1S_1 kesma) qiymatiga teng bo'ladi. O'zgaras quritish tezligi davrida uzatilayotgan issiqlik, materialdagi erkin namlikni bug'lanishiga sarflanadi. Ushbu, o'zgaras quritish tezlikli davr to'g'ri chiziq bilan ifodalanadi va u birinchi kritik tezlik W_{kr} ga etganda tamom bo'ladi.

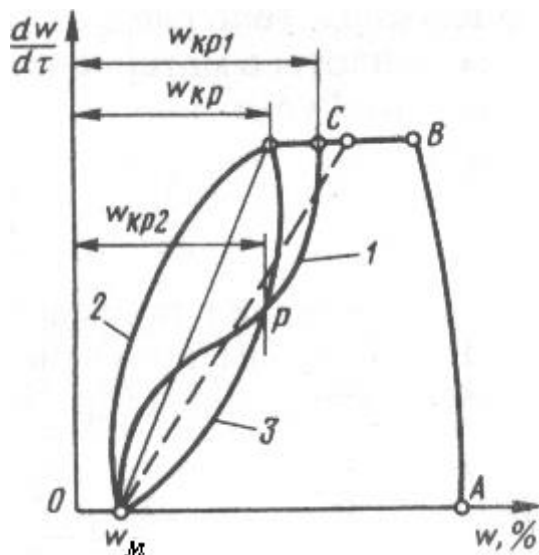
W_{kr} dan boshlab esa kamayuvchi tezlik davri boshlanadi, ya'ni material namligi asta - sekin kamayadi va u SE kesma bilan ifodalanadi. Bu davrda materialdagi temperaturasi S_1E_1 egri chiziq bo'ylab ko'tariladi. Quritish jarayoni oxirida material namligi asimptotik ravishda muvozanat namligi W_M ga yaqinlashib boradi. Material W_M namlikka erishishi bilan undan namlik chiqishi to'xtaydi. Ushbu daqiqada material temperaturasi uni o'rab turgan issiqlik eltich temperaturasi (E_1 nuqta) teng bo'ladi. Lekin, muvozanat namligiga erishish uchun ancha vaqt zarurdir.

Quritish tezligi vaqt birligida namlik o'zgarishini ifodalaydi, ya'ni $dW/d\tau$ (%/soat) yoki $dx/d\tau$ (c^{-1}).

Quritish tezligi bo'yicha ma'lumotlar asosida quritish tezligining egri chiziqlari quriladi (5.98-rasm).

VS gorizontal kesma quritish jarayonining birinchi, SE esa - ikkinchi davrdagi tezligini ko'rsatadi.

Jarayonning birinchi davrida erkin bog'langan namlik yo'qotiladi va uning tezligi tashqi diffuziya zonasidagi massa almashinish qarshiligi, ya'ni konvektiv massa berish koeffitsienti bilan aniqlanadi. Birinchi kritik tezlikka oid S nuqtada material tashqi yuzasidagi namlik gigroskopik namlikka teng bo'lib qoladi. W_{kr} dan boshlab materialdan bog'langan namlik haydalib boshlanadi va jarayon tezligi ancha susayadi. Shuni alohida ta'kidlash kerakki, quritish tezligi egri chiziqlarining ko'rinishi 5.98-rasmda keltirilgandan ancha farq qilishi mumkin. Namlikning material bilan bog'lanish shakllariga qarab, ikkinchi davrning o'zi bir necha davrdan iborat bo'lishi mumkin (5.99-rasm).



5.99-rasm. Kapillyar – g'ovakli materiallarning quritish tezligi egri chiziqlarining tasviri.

Rasmdagi egri chiziq1 tipik kapillyar - g'ovakli jismlar uchun xosdir. Chiziqning tepa qismi kapillyar, pastki qismi esa - W_{kr} ga teng adsorbtsion namlikni yo'qotish tezligini ifodalaydi. Egri chiziq2 gazlama va yupqa listli materiallar, 3 esa - keramik materiallarni quritish jarayonini xarakterlaydi.

Quritish tezligi jarayonning muhim texnologik parametri bo'lmish - quritish intensivligini aniqlash imkonini beradi.

Material namligining bug'lanish intensivligi, quritilayotgan material yuzasi birligidan vaqt birligida chiqarib yuborilayotgan namlik miqdori bilan belgilanadi, ya'ni:

$$m = \frac{W}{F\tau}$$

bu erda τ - quritish jarayonining umumiy davomiyligi.

Qattiqnam materialda namlikning diffuziyasi 5.6-rasmda keltirilgan. Qattiqmaterial ichidan tashqi yuzasiga namlikning

tarqalishi massa o'tkazuvchanlik usulida boradi. Fazalarni ajratib turuvchi yuzadan gaz oqimi yadrosiga namlikning tarqalishi esa, konvektiv diffuziya usulida o'tadi.

Ma'lumki, kapillyar - g'ovakli materiallarda moddaning tarqalishi konstantrastrasiya va temperatura gradientlari ostida bo'lishi mumkin. Temperatura gradienti ta'sirida kattiqmaterialda ro'y beradigan namlikning tarqalishi termodiffuziya hisobiga bo'ladi. Agar, materialni quritish qattiqrejimlarda olib borilsa, ya'ni temperaturalar gradienti salmoqli bo'lganda, termodiffuziya hodisasi namoyon bo'ladi.

$r = \text{const}$ bo'lganda, massaviy oqimni ushbu tenglama bilan ifodalash mumkin:

$$i = \frac{dW}{Fd\tau} = \pm k \rho_{akm} \left(\frac{\partial x}{\partial l} + \delta \frac{\partial t}{\partial l} \right) \quad (5.206)$$

bu erda k - massa o'tkazuvchanlik koeffitsienti, m^2/soat ; ρ_{akm} - absolyut quruqmaterial zichligi, kg/m^3 ; x - materialning nam saqlashi, kg/kg -quruqmaterialga; l - izokonstantrastion yuza normal; δ - termonamlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti, K^{-1} ; t - temperatura, K .

(5.206) tenglamaning birinchi qo'shiluvchisi konstantrastrasiya gradienti ta'sirida, ikkinchisi esa - temperatura gradienti ta'sirida modda uzatilishini xarakterlaydi.

Tenglamadagi kinetik k va δ koeffitsientlar temperatura va jism namligi funktsiyasidir. Shuning uchun, nam materialda namlikning tarqalishini unda issiqlik almashinish bilan birgalikda qarash kerak. Issiqlik almashinish Furening issiqlik o'tkazuvchanlik qonuni bilan ifodalanadi.

$$\frac{dQ}{Fd\tau} = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n}$$

Yuqorida keltirilgan massa va issiqlik o'tkazuvchanlik tenglamalar asosida A.V. Likov tomonidan kapillyar - g'ovakli jismda issiqlik va massa almashinishning differensial tenglamalar sistemasi keltirib chiqarilgan:

$$\frac{\partial x}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial l} \left(k \frac{\partial x}{\partial l} + k \delta \frac{\partial t}{\partial l} \right) \quad c \rho_{akm} \frac{\partial t}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial l} \left(\lambda \frac{\partial t}{\partial l} \right) + \varepsilon \frac{\partial x}{\partial \tau} \quad (5.207)$$

bu erda $\varepsilon = dx/dx$ - fazaviy o'zgarish kriteriysi; r - bug'lanish issiqligi, kJ/kg .

Ushbu tenglamadagi λ , s , ε va r koeffitsientlar o'zgaruvchi kattaliklar bo'lib, jismning namligi va temperaturasi bog'liq.

(5.207) dagi birinchi tenglama qattiqjismda namlik va temperatura gradientlari ta'sirida nam saqlashning o'zgarish tezligini ifodalaydi. Ikkinchi tenglama esa, issiqlik o'tkazuvchanlik va ichki bug'lanish hisobiga temperatura maydoni o'zgarish tezligini xarakterlaydi.

Konvektiv quritishda moddalar diffuziyasi yo'nalishiga qarshi yo'nalgan termodiffuziya oqimi massa o'tkazuvchanlik tezligini pasaytiradi.

Materialdagi noturg'un konstantrastrasiya va temperatura maydonlarini topish uchun differensial tenglamalar sistemasini echish kerak. Quritish jarayonini bunday hisoblash usuli, kerakli namlikka erishish vaqtini va quritkich o'lchamlarini aniqlash, nazariy jihatdan o'rindir.

Lekin, differensial tenglamalar sistemasini echish uchun massa va issiqlik o'tkazish koeffitsientlarini material namligi va temperaturaga bog'likligini bilish zarur. Yuqorida qayd etilgan hamma koeffitsientlar, s va r dan tashqari, x va t ga bog'liqligi juda murakkabdir.

Prof. A.N. Planovskiy tomonidan quritish jarayonini faqat massa o'tkazuvchanlik koeffitsienti k orqali hisoblash mumkinligi isbotlangan. Unga binoan, (5.207) ning birinchi tenglamasi ushbu ko'rinishni oladi:

$$\frac{\partial x}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial l} \left(k^* \cdot \frac{\partial x}{\partial l} \right) \quad (5.208)$$

bu erda k^* - ham termodiffuziya, ham massa o'tkazuvchanlikni xarakterlovchi koeffitsient bo'lib, faqat material namligiga bog'liq.

Agar, namlikning ma'lum oralig'ida $k = \text{const}$ va $\delta = \text{const}$ deb qabul qilsak, (5.208) chiziqli tenglama ko'rinishiga keladi:

$$\frac{\partial x}{\partial \tau} = k \frac{\partial^2 x}{\partial l^2} \quad (5.209)$$

Quritish jarayonining boshlang'ich shartlariga, qattiq materialda namlikning bir tekisda tarqalishi, ya'ni $\tau = 0$ bo'lganda $x = x_b = \text{const}$ to'g'ri keladi.

(5.208) va (5.209) tenglamalar tahlilidan quyidagi ko'rinishdagi kriterial formula keltirib chiqariladi:

$$E = f(Bi_{\Delta}, Fo_{\Delta}) \quad (5.210)$$

bu erda E - materialdagi namlikning o'lhamsiz konstentrastiyasi, ya'ni:

$$E = \frac{x - x_m}{x_0 - x_m}$$

bu erda x_m - materialdagi namlikning muvozanat konstentrastiyasi; $Vi_d = \beta l / (k \cdot \rho_k)$ - Bio diffuzion kriteriysi; $Fo_d = k \tau l^2$ - Fure diffuzion kriteriysi.

Noto'g'ri geometrik shakldagi jismlar uchun (5.210) tenglama $G_1, G_2, \dots, G_n$ parametrik kriteriyalar bilan to'ldirilishi mumkin.

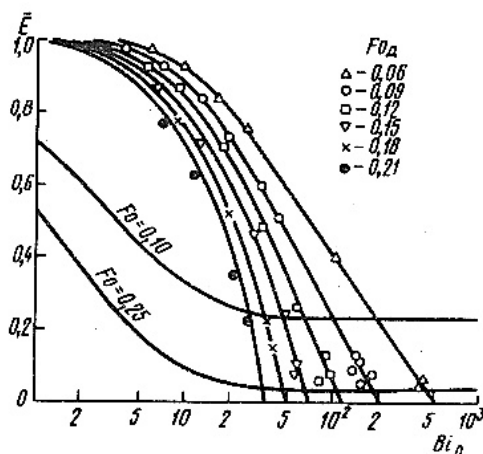
Agar materialning issiqlik - fizik xossalari va jarayon davomida temperaturaning o'zgarishi ma'lum bo'lsa, quritish kinetikasi prof. A.N.Planovskiy va prof. S.P.Rudobashta tomonidan taklif etilgan issiqlik o'tkazuvchanlik tenglamalari asosida hisoblash usulidan foydalanilish mumkin. Lekin, Fure tenglamasi va massa o'tkazuvchanlik tenglamalari orasidagi o'xshashlik rasmiy xarakterga ega. $Fo = const$ chiziqlarining turli xarakteri temperatura o'tkazuvchanlik koeffistienti a ning t dan va massa o'tkazuvchanlik koeffistienti k^* ning x dan bog'liqliligi orasida prinsipial farqborligini ko'rsatadi (5.100-rasm)

$Fo_d = const$ egri chiziqlar $k = f(x)$ funktsiyani xarakterlaydi.

To'g'ri geometrik shaklli jism va cheksiz oqim uchun (5.200) tenglamaning umumiy echimi ushbu ko'rinishda bo'ladi:

$$E = \frac{x - x_m}{x_0 - x_m} = \sum_1^{\infty} A_n \exp(-\mu_n^2 Fo_{\Delta}) \quad (5.211)$$

bu erda $A = f(Bi_d, \mu_n)$ - jism shakli, chegaraviy va boshlang'ich shartlariga bog'liq bo'lgan jism funktsiyasi; μ_n - xarakteristik tenglamalar ildizlari.



5.100-rasm. Issiqlik o'tkazuvchanlik tenglamasini echishga oid $Fo_d = const$ va $Fo = const$ chiziqlari.

Kapillyar-g'ovakli jismda massa o'tkazuvchanlik bo'yicha ma'lumotlar bo'lsa, (5.211) tenglamadan i - intervalda quritish vaqtini aniqlash mumkin

(bu erda $k_i = const$):

$$\tau_i = \sum_1^n \frac{\ln \prod_1^3 \frac{\beta_{j,i}}{E_i}}{k_i \sum_{j=1}^n \frac{\mu_j^2}{R_j^2}} \quad (5.212)$$

bu erda $\mu_{j,i}$ va $\beta_{j,i}$ - j - yo'nalishda jism yuzasi shakliga va namlik o'zgarishining i - oralig'idagi Bi_m ning kattaligi.

Amaliyotda quritish vaqtini aniqlash uchun kinetika va quritish tezligi egri chiziqlaridan yoki kinetik tenglamalardan foydalaniladi.

Kinetik tenglamalar yordamida quritkichning asosiy o'lchamlari hisoblanadi. Davriy qurilmalarda - quritish jarayoni davomiyligi, uzluksiz ishlaydigan quritgichlarda - materialni quritish vaqti yoki fazalar o'zaro ta'sir uchun zarur yuza aniqlanadi.

Umumiy holatda davriy jarayonlar uchun umumiy quritish vaqti quyidagi tenglamadan hisoblanadi:

$$\tau_{ym} = \tau_1 + \tau_2 \quad (5.213)$$

bu erda τ_1 - birinchi davrda quritish davomiyligi, soat; τ_2 - ikkinchi davrda quritish davomiyligi, soat.

τ_1 ning qiymati massa o'tkazishning asosiy tenglamasidan aniqlanadi:

$$\tau_1 = \frac{W}{\beta_x \cdot F \cdot \Delta x_{yp}} \quad \text{yoki} \quad \tau_1 = \frac{W}{\beta_p \cdot F \cdot \Delta P_{yp}} \quad (5.214)$$

bu erda x_{ur} - jarayonning o'rtacha harakatga keltiruvchi kuchi.

$$\Delta x_{yp} = \frac{\Delta x_0 - \Delta x_{ox}}{2,3 \lg \frac{\Delta x_0}{\Delta x_{ox}}} \quad \text{yoki} \quad \Delta P_{yp} = \frac{\Delta P_0 - \Delta P_{ox}}{2,3 \lg \frac{\Delta P_0}{\Delta P_{ox}}}$$

bu erda $\Delta x_b = (x_{tuy} - x_b)$ - quritish jarayonidagi to'yingan havo nam saqlashi va ishchi nam saqlashlarning boshlang'ich farqi, kg/kg quruqhavo; $\Delta x_{ox} = (x_{tuy} - x_{ox})$ jarayon oxiridagi nam saqlashlar farqi, kg/kg quruqhavo; $\Delta R_b = (R_{tuy} - R_b)$ quritish jarayonidagi to'yingan havo parstial bosimi va ishchi parstial bosimlarning farqi; $\Delta R_{ox} = (R_{tuy} - R_{ox})$ - jarayon oxiridagi parstial bosimlar farqi.

Quritish jarayonining birinchi davri uchun kinetik qonun massa berish tenglamasi bilan ifodalanishi mumkin:

$$W = \beta_x F (x_{myu} - x) \cdot \tau; \quad W = \beta_p F (p_{myu} - p) \cdot \tau \quad (5.215)$$

bu erda W - bug'latilgan suyuqlik miqdori, kg; F - fazalar o'zaro ta'sir yuzasi, m²; x_{tuy} - material tashqi yuza temperaturasi to'yingan havo nam saqlashi, kg/kg quruqhavo; x - havoning haqiqiy nam saqlashi, kg/kg quruqhavo; β - massa berish koeffitsienti, kg/(m²·soat·Pa); r_{tuy} - material yuzasi atrofidagi to'yingan havo suv bug'larining bosimi, Pa; r - havodagi suv bug'ining parstial bosimi, Pa.

Quritish jarayonining birinchi davrida massa berish koeffitsientini hisoblash uchun quyidagi tahminiy formuladan foydalanish mumkin:

$$Nu = 2 + A Re^n \cdot Pr^{0,33} \cdot Gu^{0,133} \quad (5.216)$$

bu erda $Gu = (T_c - T_m)/T_c$ - Guxman kriteriysi; T_s - muhit temperaturasi, K; T_m - material tashqi yuzasining temperaturasi, K. Formuladagi konstanta A va daraja ko'rsatkichi n Reynolds kriteriysiga bog'liq, ya'ni

Re	A	n
200...25000	0,385	0,57
25000...70000	0,102	0,73
70000...315000	0,025	0,9

Nu , Re va Pr kriteriylaridagi parametrlar gaz oqimining o'rta temperaturasi hisoblanadi.

Quritish jarayoni ikkinchi davrining davomiyligini hisoblash uchun Shervud - Likov tahminiy usulidan foydalansa bo'ladi. Lekin, quritish tezligining egri chizig'i to'g'ri chiziq tenglamasi bilan ifodalanish sharti bajarilishi zarur. Ikkinchi davr uchun kinetik qonun ushbu ko'rinishga ega:

$$-\frac{dW}{Fd\tau} = K(x - x_m) \quad (5.217)$$

bu erda K - quritish tezligi koeffitsienti; x - materialning shu ondagi namligi, kg/kg quruqhavo; x_m - materialning muvozanat namligi, kg/kg quruqhavo.

Lekin, quritish tezligining x_{kr} va x_{ox} oralikdagi o'zgarishi to'g'ri chiziqli qonunga bo'ysinmaydi. Shuning uchun, (5.217) tenglama 40...60% xatolik beradi.

Moddiy balans tenglamasini hisobga olsak:

$$dW = Gdx = KF(x - x_m) \cdot d\tau$$

bu erda G - quritilayotgan material massasi, kg.

Matematik o'zgartirishlardan so'ng ushbu ko'rinishga erishamiz:

$$2,3 \lg \frac{x_{kp} - x_m}{x_{ox} - x_m} = \frac{KF}{G} \tau \quad (5.218)$$

Oxirgi tenglamadan ikkinchi davrdagi quritish jarayoni davomiyligini aniqlash mumkin:

$$\tau_2 = \frac{G}{KF} 2,3 \lg \frac{x_{kp} - x_m}{x_{ox} - x_m} \quad (5.219)$$

Agar quritish jarayoni uzluksiz bo'lsa, birinchi va ikkinchi davrlarni o'tkazish uchun zarur bo'lgan fazalar to'qnashish yuzasini ushbu tenglamadan topamiz:

$$F_{ym} = F_1 + F_2 \quad (5.220)$$

bu erda F_1 - birinchi davrdagi gaz va materiallar o'zaro ta'sir yuzasi, m²; F_2 - ikkinchi davrdagi fazalar to'qnashish yuzasi, m².

W/τ ni W_τ orqali belgilab, (5.213) va (5.214) tenglamalardan F_1 ni topamiz:

$$F_1 = \frac{W_\tau}{\beta_p \cdot \Delta P_{yp}} = \frac{W_\tau}{\beta_x \cdot \Delta x_{yp}} \quad (5.221)$$

G/τ ni G_τ deb belgilab, (5.219) tenglamadan ushbu ko'rinishni olamiz:

$$F_2 = \frac{G_\tau}{K} 2,3 \lg \frac{x_{kp} - x_M}{x_\theta - x_M} \quad (5.222)$$

Shunday qilib, quritish jarayoni tezligini oshiruvchi omillarga quyidagilar kiradi:

- a) jarayon temperaturasi ko'tarish;
- b) quritilayotgan material ustidagi bo'shliqda bosimni pasaytirish;
- v) issiqlik eltkich nam saqlashini kamaytirish;
- g) material ustidagi issiqlik eltkich tezligini oshirish;
- d) jarayon davomida materialni aralashtirish.

5.44. Quritkichning moddiy va issiqlik balanslari

Konvektiv quritish qurilmasi quritkich, transport moslamasi, ventilyator va kaloriferdan tarkib topgan deb faraz qilaylik (5.101-rasm).

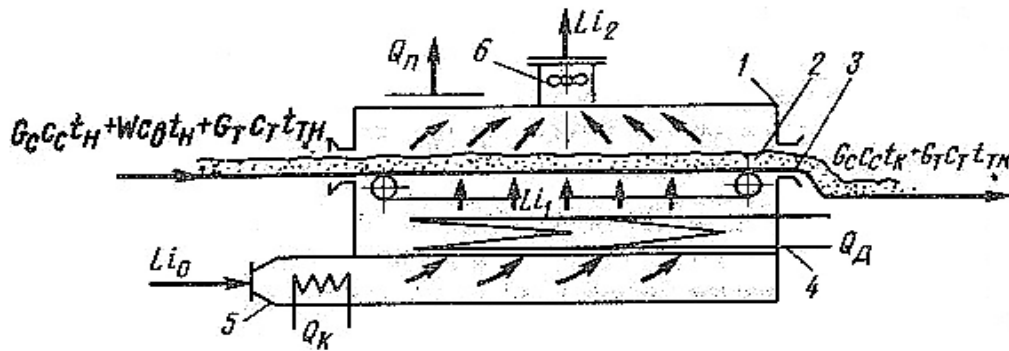
Quritishga uzatilayotgan nam materialning massaviy sarfini G_b (kg/soat), quritilgan material massaviy sarfini G_{ox} (kg/soat), materialning boshlang'ich va oxirgi namliklarini W_1 va W_2 (%), bug'langan namlik miqdorini W (kg/soat) deb belgilab olamiz.

Unda, jarayonning moddiy balansini ushbu tenglama ko'rinishida ifodalash mumkin:

$$G_\theta = G_{ox} + W \quad \text{yoki} \quad W = G_\theta - G_{ox} \quad (5.223)$$

Quruqmoddalar bo'yicha moddiy balansni quyidagi yozish mumkin:

$$G_\theta = (100 - W_1) = G_{ox} (100 - W_2) \quad (5.224)$$



5.101-rasm. Konvektiv quritkich shemasi.

1 - quritkich; 2 - nam material; 3 - lentali transporter; 4 - qo'shimcha kalorifer; 5 - asosiy kalorifer; 6 - ventilyator.

yoki

$$G_{ox} = G_\theta \frac{100 - W_1}{100 - W_2} \quad (5.225)$$

Bug'latilgan namlik miqdori esa, ushbu tenglamadan hisoblab aniqlanadi:

$$W = G_\theta \frac{W_1 - W_2}{100 - W_2} \quad (5.226)$$

Quritkichga uzatilayotgan gaz yoki absolyut quruqhavo miqdorini L (kg/soat), boshlang'ich nam saqlashini x_1 va oxirgisini x_2 deb belgilab olamiz.

Unda, namlik bo'yicha moddiy balans:

$$W + Lx_1 = Lx_2 \quad (5.227)$$

bundan quruqhavo sarfi:

$$L = \frac{W}{x_2 - x_1} \quad (5.228)$$

Havoning solishtirma sarfi (1 kg namlikni bug'latish uchun ketayotgan sarf) esa,

$$l = \frac{L}{W} = \frac{1}{x_2 - x_1} \quad (5.229)$$

Konvektiv quritishning issiqlik balansini ham 5.101-rasm asosida tuzamiz. Quritish vaqtida issiqlik va massa almashinish jarayonlari birgalikda o'tadi. Moddiy va issiqlik oqimlar orasida ma'lum bog'liqlik mavjud. Kontaktli quritish jarayonida issiqlik materialni qandaydir boshlang'ich quritish temperaturasiigacha isitish va quritish uchun sarflanadi.

Quritishga kirayotgan material miqdori $G_c + W$ (kg/soat) bo'lib, u massasi G_t bo'lgan konveyerda joylashgan. Quritkichga L (kg/soat) miqdorda absolyut quruqhavo uzatilmoqda. Kaloriferda isitilayotgan havoga Q_k (kJ/soat) miqdorda issiqlik uzatilsa, qurilmada esa unga qo'shimcha Q_d (kJ/soat) issiqlik beriladi.

Quritish jarayonida qatnashayotgan material, issiqlik eltkich va moslamalar parametrlarini quyidagicha belgilab olamiz:

- G_c - quritilayotgan material massasi, kg/soat;
- s_s - quritilgan material solishtirma issiqlik sig'imi, kJ/(k·K);
- s_T - transport moslamasining solishtirma issiqlik sig'imi, kJ/(kg·K);
- t_n - materialning quritishgacha bo'lgan temperaturasi, °S;
- s_v - suvning solishtirma issiqlik sig'imi, kJ/(kg·K);
- t_k - materialning quritilgandan keyincha temperaturasi, °S;
- t_{tn}, t_{tk} - transport moslamasining quritkichga kirishdan avvalgi va undan chiqqandan keyingi temperaturalari, °S;
- I_0 - quritkichga kirayotgan havoning solishtirma entalpiyasi, kJ/kg;
- I_1 - kaloriferda isitilayotgan havoning solishtirma entalpiyasi, kJ/kg;
- I_2 - quritkichdan chikayotgan havoning solishtirma entalpiyasi, kJ/kg;
- Q_p - atrof muhitga issiqlikning yo'qotilishi, kJ/kg.

Jarayonning issiqlik balans tenglamasini quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$LI_0 + Q_k + Q_n + G_c c_c t_n + W c_s t_n + G_T c_T t_{mk} = LI_2 + G_c c_c t_k + G_T c_T t_{mk} + Q_n \quad (5.230)$$

Ushbu tenglamadan quritish uchun kerakli issiqlik sarfini aniqlash mumkin:

$$Q = Q_k + Q_n = L \cdot (I_2 - I_0) + G_c c_c (t_k - t_n) + G_T c_T (t_{mk} - t_{mn}) - W c_s t_n + Q_n \quad (5.231)$$

Agar, hamma issiqlik sarflarini bug'latilayotgan 1 kg namlikka nisbatan olib, tegishli belgilashlarni amalga oshirsak, (5.231) tenglama ushbu ko'rinishni oladi:

$$q = q_k + q_n = l \cdot (I_2 - I_0) + q_m + q_T + q_n - c_s t_n \quad (5.232)$$

Ushbu tenglamadan kaloriferdagi solishtirma issiqlik sarfini topamiz:

$$q_k = l \cdot (I_2 - I_0) + q_m + q_T + q_n - q_d - c_s t_n \quad \text{yoki} \quad q_k = l \cdot (I_2 - I_0) \quad (5.233)$$

Olingan q_k qiymatini (5.232) tenglamaga qo'yib, quyidagi ko'rinishga erishamiz:

$$l \cdot (I_1 - I_0) + q_d = l \cdot (I_2 - I_0) + q_m + q_T + q_n - c_s t_n$$

yoki

$$l \cdot (I_1 - I_0) = q_d + c_s t_n - q_m - q_T - q_n \quad (5.234)$$

Agar, $q_d = 0$ bo'lsa

$$l \cdot (I_2 - I_0) = c_s t_n - q_m - q_T - q_n$$

(5.234) tenglamaning o'ng tomonini

$$(q_d + c_s t_n) - (q_m + q_T + q_n) = \Delta \quad (5.234a)$$

deb belgilasak, ushbu ko'rinishga erishamiz:

$$l(I_2 - I_1) = \Delta$$

yoki

$$I_2 = I_1 + \frac{\Delta}{l} \quad (5.235)$$

Agar, (5.229) tenglamani inobatga olsak, ushbu tenglamaga erishamiz:

$$\frac{I_2 - I_1}{x_2 - x_1} = \Delta \quad (5.236)$$

oralik, biror ondagi qiymatlar uchun esa:

$$\frac{I - I_1}{x - x_1} = \Delta \quad (5.237)$$

(5.237) to'g'ri chiziq tenglamasi bo'lib, quritish jarayonining ishchi tenglamasi deb nomlanadi.

Shunday qilib, entalpiya va nam saqlashlar orasidagi bog'liqlik to'g'ri chiziq funktsiyasi bilan xarakterlanadi.

Quritish jarayonlarini tahlil qilish uchun nazariy quritkich tushunchasini kiritamiz. Quritishga uzatilayotgan material temperaturasi nolga teng, hamda material va transport vositalar isitilishi bo'lmagan qurilma, nazariy quritkich deb ataladi. Unda, (5.234a) tenglamaga binoan, $\Delta = 0$ bo'ladi. Bunda $I \neq 0$ va (5.235) tenglamadan nazariy quritish uchun $I_1 = I_2$ ekanligini aniqlaymiz. Shunday qilib, $I - x$ diagrammada jarayon $I = \text{const}$ chizig'i bilan tasvirlanadi. Nazariy quritkichda material namligining bug'lanishi faqat havoning sovishi hisobiga bo'ladi. Shuni alohida ta'kidlash kerakki, havo berayotgan issiqlik miqdori materialdan bug'langan namlik bilan birga qaytariladi.

Haqiqiy quritkichlarda havoning entalpiyasi ko'pchilik hollarda o'zgaruvchan bo'ladi.

Agar issiqlikning kirishi uning sarfidan katta ($q_D + c_v t_n > q_m + q_T + q_n$) bo'lsa, ya'ni $\Delta > 0$, unda (5.235)ga binoan $I_2 > I_1$ bo'ladi. Bunday hollarda quritkich iqtisodiy jihatdan tejamsiz rejimda ishlaydi, chunki hamma issiqlik foydali sarflanmaydi.

Agar, $\Delta < 0$ dan bo'lsa, unda $I_2 < I_1$ bo'ladi. Bunday hollarda quritkich tejamsiz va samarali ishlaydi.

Haqiqiy quritkichlarda $\Delta = 0$ bo'lgan tenglik hollari ham bo'lishi mumkin. Bunday holatda quritkichga kirayotgan issiqlik uning sarfiga tengdir, ya'ni, $q_D + c_v t_n = q_m + q_T + q_n$

Kontaktli quritkichda namlikni bug'latishi uchun zarur issiqlik fazalarni ajratib turuvchi devor orqali uzatiladi. Ushbu quritish jarayonida issiqlik eltich sifatida to'yingan suv bug'i ishlatiladi.

Uzatilayotgan issiqlik materialni quritish temperaturasigacha isitish va undan namlikni yo'qotish uchun sarflanadi, ya'ni $Q_{um} = Q_n + Q_s$.

Materialni isitish uchun issiqlik sarfi

$$Q_n = D_n (I'' - I') = G_c c_c (t_{cs} + t_K) + W c_s (t_{ch} - t_n) + Q_n \quad (5.238)$$

Quritish uchun zarur issiqlik sarfi

$$Q_c = D_c (I'' - I') = G_c c_c (t_{ck} + t_{ch}) + W (I_s - c_s t_{ch}) + Q_n \quad (5.239)$$

Bug'ning umumiy sarfi

$$D_{ym} = \frac{Q_{ym}}{I'' - I'} \quad (5.240)$$

Konvektiv quritish jarayonini $I - x$ diagrammada tasvirlash uchun havoning 2 ta boshlang'ich parametri t_1 va x_1 berilgan bo'lishi kerak. Jarayon tamom bo'lgandan so'ng, havoning oxirgi 3 ta parametrlaridan, ya'ni nisbiy namlik, temperatura yoki nam saqlashdan, bittasi qabul qilinadi.

Keyin, havoning boshlang'ich parametrlarini ifodalovchi va berilgan

($\varphi = \text{const}$, $t_2 = \text{const}$ yoki $x = \text{const}$) nuqtalar bo'yicha $I - x$ diagrammada quritish jarayonining ishchi chizig'i o'tkaziladi. Topilgan nuqta bo'yicha issiqlik eltich - havoning hamma oxirgi parametrlari, hamda uning sarfi va issiqlik miqdori aniqlanadi.

I-x diagrammada quritish uchun havo va issiqlikning sarfini aniqlash

Quritish jarayoni I-x diagrammada quyidagicha tasvirlanadi (5.102-rasm). Kaloriferga kirayotgan havoning temperaturasi t_0 va uning nisbiy namligi φ_0 bo'lgan parametrlari havo diagrammada A nuqta bilan ifodalanadi. Ushbu parametrlari havoning nam saqlashi x_0 .

Kaloriferda havoning t_0 dan t_1 temperaturagacha isishi o'zgarmas nam saqlash $x_0 = x_1$ da o'tadi va jarayon diagrammada vertikal kesma AV bilan ifodalanadi. Nuqta V ga izoterma t_1 to'g'ri keladi.

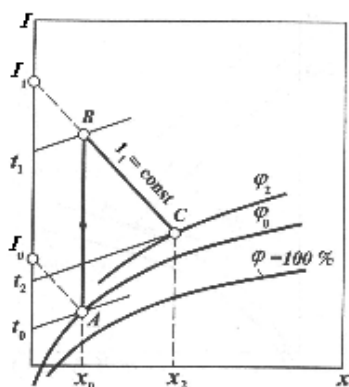
Quritish jarayonida havo holatining o'zgarishini quyidagi tenglama yordamida aniqlaymiz:

$$1 \cdot (I_1 - I_2) = \Delta \quad (5.241)$$

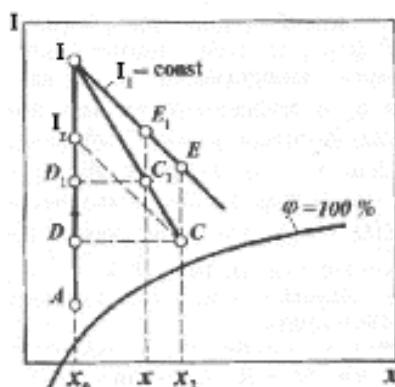
bu erda Δ -issiqlikning solishtirma sarfi.

Agar quritkichga qo'shimcha issiqlik uzatilmasa $Q_{qo'sh}=0$, unda

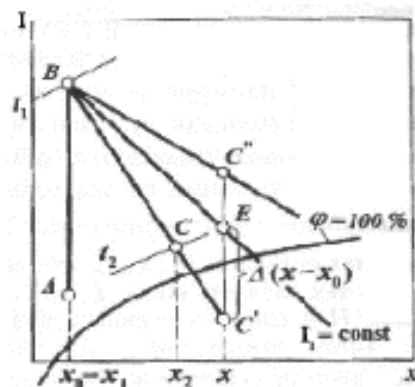
$$q_M + q_T + q_{yo'q} > q_W$$



5.102-rasm. I-x diagramda nazariy quritish jarayonining grafik tasviri.



5.103-rasm. Quritish jarayoni ishchi chizig'ini I-x diagrammada tasvirlash.



5.103a-rasm. I-x diagrammada quritish chizig'ini aniqlash.

ya'ni $\Delta > 0$. Quritkichdan chiqib ketayotgan issiqhavoning entalpiyasi unga kirayotgandan kichik ($I_2 < I_1$). Agar quritkichga qo'shimcha issiqlik $Q_{qo'sh}$ uzatilsa, unda

$$q_M + q_T + q_{yo'q} < q_{qo'sh} + q_W$$

ya'ni $\Delta < 0$. Quritkichdan chiqib ketayotgan havoning entalpiyasi ortib boradi ($I_2 > I_1$). Lekin, shunday quritish sharoitlarini tashkil etish mumkinki, unda

$$q_M + q_T + q_{yo'q} = q_{qo'sh} + q_W$$

ya'ni $\Delta = 0$ va $I_1 = I_2 = \text{const}$.

Quritkichda havo entalpiyasi o'zgarmasdan kechadigan jarayon nazariy quritish deb nomlanadi. I-x diagrammada nazariy quritish jaryoni V nuqtadan $I = \text{const}$ bo'ylab havoning yuqori nam saqlash qiymatlari o'ngga tomon yo'nalgan chizig'i bilan ifodalanadi. Ushbu chiziq S nuqtadagi izoterma t_2 yoki nisbiy namlik ϕ_2 to'xtaydi (5.102-rasm). Nuqta S ning absstissasi ishlatib bo'lingan issiqhavo nam saqlashi x_2 ni ko'rsatadi.

Agar, x_2 va x_0 ma'lum bo'lsa, havoning solishtirma sarfi I , uning sarfi $L = I \cdot W$ va kaloriferda o'zatilayotgan issiqlik miqdori $Q = L(I_1 - I_0)$ aniqlanishi mumkin. Hisoblashlarda ishlatiladigan hamma kattaliklar (x_0, x_2, I_0, I_1) I-x diagrammadan topiladi.

Agar, $\Delta \neq 0$ bo'lgan hollarda S nuqta $I = \text{const}$ chizig'idan yuqorida yoki pastda bo'ladi.

Avval $\Delta > 0$ bo'lgan sharoit uchun I-x diagrammada quritish chizig'ining shaklini ko'ramiz. Boshlang'ich ma'lumotlar bo'yicha nazariy quritishning chizig'i VS ni topamiz. Quritkichga ko'shimcha issiqlik uzatilganda ($\Delta > 0$), haqiqiy quritkichning chizig'i V nuqtadan boshlanib, $I_1 = \text{const}$ chizig'ining yuqorisidan o'tadi (5.103-rasm). Haqiqiy quritkich chizig'ini topish uchun VS kesmada ixtiyoriy S_1 nuqtani tanlaymiz va vertikal, gorizontal chiziqlar o'tkazib D, D₁ va E, E₁ nuqtalarni topamiz. VS₁E₁ va VSE, hamda VD₁S₁ va VDS uchburchaklarning o'xshashligidan quyidagi ifoda kelib chiqadi:

$$\frac{CE}{CD} = \frac{C_1 E_1}{C_1 D_1}$$

Nuqta E da havo entalpiyasi I_1 bo'lib, C da esa - I_2 bo'lgani uchun, ularga tegishli kesmalar $SE = I_1 - I_2$ va $DC = x_2 - x_1$ ga teng bo'ladi.

Demak,

$$\frac{CE}{CD} = \frac{I_1 - I_2}{x_2 - x_1}$$

Ammo, $\Delta = (I_1 - I_2) / (x_2 - x_1)$ ekanligini inobatga olsak, ya'ni

$$\frac{CE}{CD} = \Delta = \frac{I_1 - I_2}{x_2 - x_1}$$

Agar, S_1 nuqtaning koordinatlarining x va I deb belgilab olsak, unda tegishli kesmalar quyidagi ko'rinishni oladi:

$$S_1 E_1 = I_1 - I \quad \text{va} \quad C_1 D_1 = x - x_0$$

Yuqorida keltirilganlarni hisobga olsak, ushbu nisbatni olamiz:

$$\frac{CE}{CD} = \frac{C_1 E_1}{C_1 D_1} = \Delta = \frac{I_1 - I_2}{x_2 - x_0} = \frac{I_1 - I}{x - x_0}$$

yoki

$$I_1 - I = \Delta(x_2 - x_0)$$

Demak, VS quritish chizig'i Δ kattalikni havoning boshlang'ich parametrlari I_1 va x_0 , hamda koordinatlar I va x lar bilan bog'laydi.

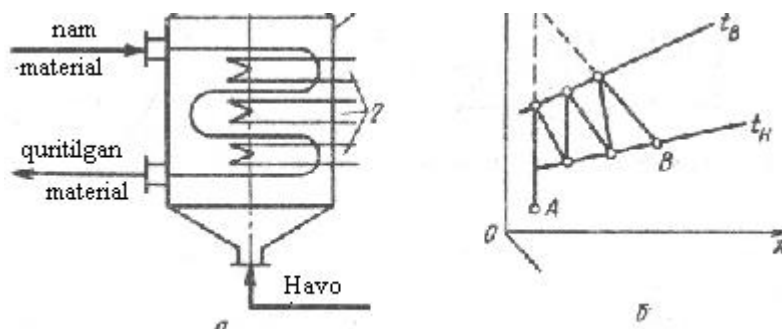
Shunday qilib, yuqorida keltirilganlarga asoslanib istalgan holat uchun quritish chizig'ining yo'nalishini topish mumkin.

Agar, $\Delta < 0$ bo'lsa, ya'ni quritgichda issiqlikning yo'qotilishi mavjud bo'lsa, haqiqiy quritgichning chizig'ini tuzish avvalgi misoldan (ya'ni $\Delta > 0$ bo'lgandagidan) farqqilmaydi (5.103a-rasm). Quritish chizig'i VS" kesma bilan ifodalanadi.

5.45. Quritish jarayonini tashkil etish usullari

Kimyo, oziq- ovqat va boshqa sanoatlarda havo qizdirilishi va bir marta quritish kamerasidan o'tishi kabi eng sodda quritish jarayonidan tashqari boshqa usullar yordamida ham jarayonni tashkil etish mumkin. Sanoat miqyosida quyidagi usullar qo'llaniladi: havoni ko'p marta oraliqisitish yo'li bilan quritish, ishlatilgan havoni qisman restirkulyastiya qilish yo'li bilan quritish, ishlatilgan havodan ko'p marta foydalanish yo'li bilan quritish.

Havoni ko'p marta oraliqisitish yo'li bilan quritish sxemasi 5.104-rasmda keltirilgan.



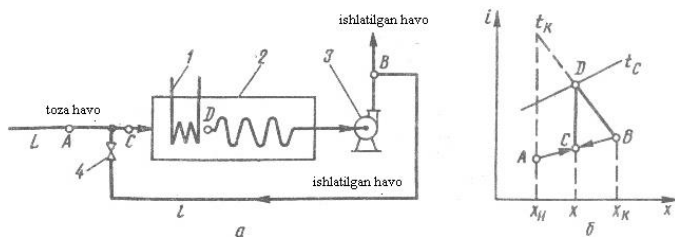
5.104-rasm. Havoni ko'p marta oraliq isitish yo'li bilan quritish shemasi (a) va jarayonning $I - x$ diagrammadagi (b) tasviri.
1 - quritish kamerasi; 2 - kalorifer.

Odatda, bu usulda havoning yuqori t_v va quyi t_n temperaturalari qabul qilinadi. Dastavval havo t_v temperaturagacha qizdiriladi va undan so'ng nam material bilan o'zaro ta'sirda bo'lib, t_n temperaturagacha soviydi. Keyin, kaloriferda havo yana t_v temperaturagacha qizdiriladi va yana material bilan o'zaro ta'sirda bo'lib t_n temperaturagacha soviydi va h. Bu holda havoning oxirgi temperaturasi V nuqta orqali aniqlanadi.

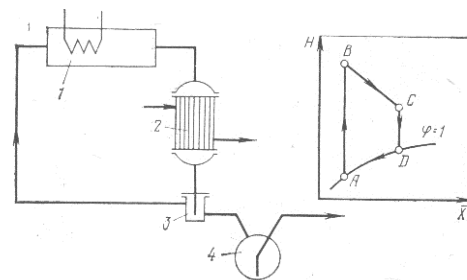
Quritishning bu usulida nam materialni nisbatan past temperaturali issiqhavo yordamida quritish imkoni bor. 5.104b-rasmdagi punktir chiziqlardan ko'rinib turibdiki, agar issiqlik eltich kameralar oraliq'ida qo'shimcha qizdirilmaganda, havoni t_i temperatura (S nuqta) gacha qizdirish zarur bo'lar edi.

Bu usulda yuqori temperaturalarga chidamli materiallar quritiladi.

Ishlatilgan havoni qisman restirkulyastiya qilish yo'li bilan quritish sxemasi 5.105-rasmda ko'rsatilgan. Diagrammada A nuqtani ifodalovchi parametrlil issiqhavo, ishlatib bo'lingan havo (AS va VS chiziqlar) bilan aralashadi va kaloriferda t_s temperaturagacha qizdiriladi. Undan keyin, qizdirilgan havo nam material bilan o'zaro ta'sir ettiriladi. Nam havoning so'nggi parametrlarini V nuqta xarakterlaydi.



5.105-rasm. Ishlatilgan havoni qisman recirkulyaciya qiladigan quritkich shemasi (a) va jarayonni i - x diagrammada tasvirlash (b).
1 - kalorifer; 2 - quritish kamerasi;
3 - ventilyator.



5.106-rasm. Ishlatilgan gazdan ko'p marta foydalanish usulida quritish shemasi.
1 - quritkich; 2 - kondensator-
sovutkich; 3 - suv ajratgich;
4 - yig'gich.

Oddiy quritish usuliga nisbatan bu usul pastroqtemperaturalarda, ya'ni t_k o'rniga t_s da va gaz oqimining yuqori tezliklarida o'tkaziladi.

Yuqorida qayd etilgan havoning parametrlari va uning quritgichdagi tezligi aralashish karraligi $n = V/L$ ga bog'liq. Stirkulyastiyali va stirkulyastiyasiz quritish usullari va havo holatining o'zgarish oraligi bir xil bo'lganda, issiqlik sarfi ham bir xil bo'ladi.

Ishlatilgan gaz ko'p marta foydalanish usulida quritish sxemasi 5.106-rasmda keltirilgan.

Qurituvchi gaz sifatida toza va qimmat gazlar, masalan vodorod, ishlatilganda ushbu usulni qo'llash maqsadga muvofiq. Bunday hollarda ishlatib bo'lingan gazni atmosferaga chiqarib bo'lmaydi. Shuning uchun, bu sxemalar yopiqstirkulyastiyali bo'ladi.

Suv bug'lari bilan to'yingan gaz kaloriferda qizdiriladi (AV kesma). Natijada uning nisbiy namligi pasayadi va quritish qobiliyati ortadi. Undan keyin, gaz va material o'zaro ta'sirda bo'ladi (VS kesma) va namlik bilan to'yingadi. So'ng esa, namlangan gaz shudring nuqtasigacha (SD kesma) sovutiladi. Lekin, namlangan gaz tarkibidagi bir qism namlik kondensastiyalanadi (DE kesma). Keyin esa, gaz qizdiriladi va yana quritkichga yo'naltiriladi.

Bu quritish usuli havoning past temperaturasi, yuqori boshlang'ich nam saqlash va nisbiy namliklari bilan xarakterlanadi. Undan tashqari, quritkichda gaz tezligi ham juda katta. Gaz tezligining yuqori bo'lishi massa berish koeffitsienti va birinchi davrda quritish tezligining ortishiga olib keladi.

Yuqorida qayd etilgan quritish usullari kerakli miqdordagi issiqlikni uzatish va mayin quritish rejimlarini ta'minlaydi.

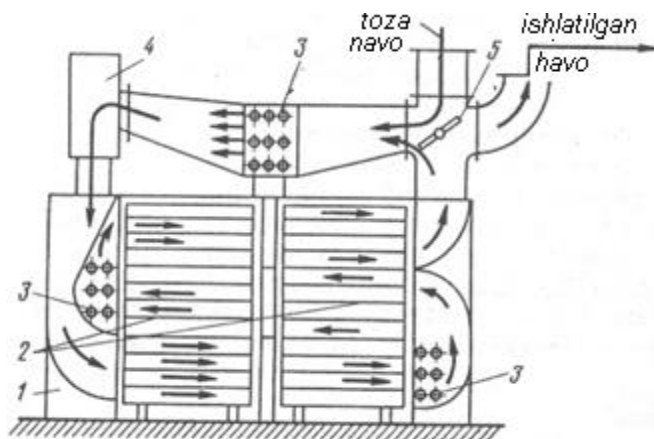
Shuni alohida ta'kidlash kerakki, u yoki bu quritish usuli jarayonni tezlashtirishi yoki sekinlashtirishi, uni o'tkazish sharoitiga ta'sir etishi mumkin. Lekin, issiqlik sarfiga salmoqli ta'sir etmaydi, chunki u qurituvchi gazning boshlang'ich va oxirgi parametrlari bilan aniqlanadi.

5.46. Quritkichlar konstrukstiyalari

Kimyo, oziq-ovqat va boshqa sanoatlarda qo'llaniladigan quritkichlar konstrukstiyalari turli - tumandir. Ular bir - biridan har xil belgilariga qarab farqlanadi. Qattiq, nam materialga issiqlik uzatish turiga qarab konvektiv, kontaktli va maxsus quritkichlarga bo'linadi. Issiqlik eltkich sifatida havo, gaz va bug' qo'llanilishi mumkin. Quritish kamerasidagi bosim kattaligiga qarab, vakuum va atmosfera bosimida ishlaydigan quritkichlarga bo'linadi. Jarayonni tashkil etish usuliga qarab, davriy va uzluksiz ishlaydigan quritkichlar bo'lishi mumkin. Undan tashqari, material va issiqlik eltkich harakatiga qarab parallel, qarama-qarshi va o'zaro kesishgan yo'nalishli quritkichlar tayyorlanadi. Yuqorida qayd etilganlardan ko'rinib turibdiki, quritkichlarni umumlashtiruvchi klassifikastiya qilish juda qiyin.

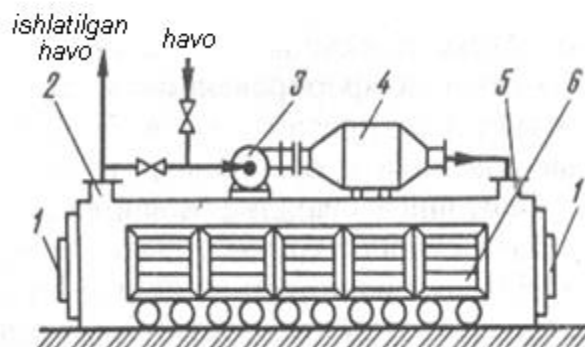
Shuning uchun, quyida issiqlikni uzatish va quritilayotgan material qatlamining holatiga qarab guruhlariga ajratilgan quritkichlar konstrukstiyalarini ko'rib chiqamiz.

Halqxo'jaligining turli sohalarida kamerali, tunnelli, lentali, shaxtali, sirtmoqli, mavhum qaynash qatlamli, barabanli, tebranma, jo'vali, purkovchi, pnevmatik, ikki pog'onali va boshqa quritkichlar qo'llaniladi.



5.107-rasm. Kamerali quritkich.

1 - qobiq; 2 - vagonetka;
3 - kalorifer; 4 - ventilyator; 5 - shiber.



5.108-rasm. Tunnelli quritkich.

1-eshikchalar; 2-gazohod; 3- ventilyator; 4-kalorifer; 5- qobiq;
6-materialli aravacha.

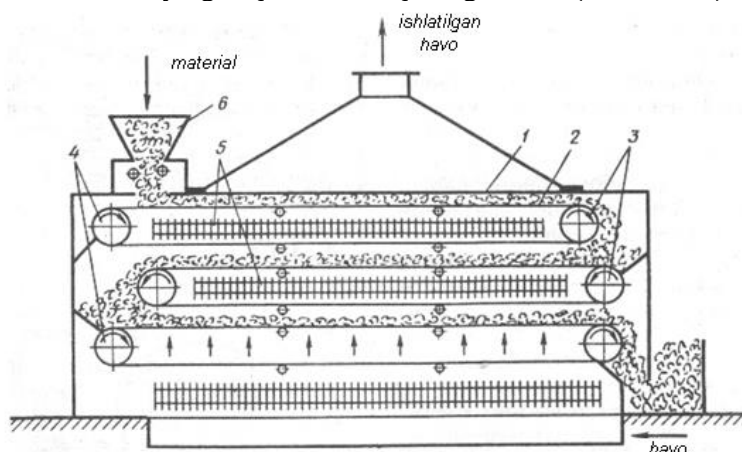
Kamerali quritkichlar konvektiv qurilmalar ichida eng sodda tuzilgan va qobiq1 ichida vagonetka 2 lar joylashgan bo'ladi.

Vagonetkalar tokchalarida nam material joylashtiriladi. Havo kaloriferda qizdirilib, ventilyator yordamida haydaladi va material ustidan yoki ichidan o'tib namlikni bug'latadi. Ishlatib bo'lingan havoning bir qismi yangi havo bilan aralashtiriladi. Bu turdagi quritkichlar, odatda atmosfera bosimida ishlaydi. Ular kichik korxonalarda mayin rejim va past temperaturada nam materiallarni quritish uchun mo'ljallangan. Afzalliklari: tuzilishi sodda va ta'mirlash oson. Kamchiliklari: kamerali quritkichlarning ish unumdorligi kichik va mahsulot qurishi bir tekisda emas.

Tunnelli quritkichlar. Jarayonni tashkil etish bo'yicha bu qurilmalar uzluksiz ishlaydigan quritkichlar qatoriga kiradi. Bu quritkichlar to'g'ri to'rtburchak ko'ndalang kesimli uzun kameradan iboratdir (5.108-rasm). Nam material yuklangan aravachalar temir relslar ustida harakatlanadi. Qurilmaning kirish va chiqish eshiklari zich yopiladi. Aravachalarning quritish kamerasida bo'lish vaqti quritish jarayoni davomiyligiga teng. Material yuklangan aravachalarning kameradan bir marta o'tishida nam material quritiladi. Issiqlik eltich kaloriferda qizdirilib, ventilyator yordamida qurilmaga uzatiladi.

Bu turdagi quritkichlarda issiqlik eltich qisman restirkulyatsiya qilinadi. Nam material va issiqlik eltich parallel yoki qarama – qarshi yo'nalishli bo'lishi mumkin. Ko'pincha kalorifer va ventilyator quritkichning yoniga yoki tomiga o'rnatiladi. Ishlatib bo'lingan havo quvur orqali atmosferaga chiqarib yuboriladi. Bu turdagi qurilmalarda, materialni aralashtirib bo'lmaydi va qurish bir tekisda emas; tunnelli quritkichlar o'lchami katta, donasimon materiallarni, sabzavot, meva, makaron va boshqa mahsulotlarni quritish uchun mo'ljallangan. Quritkich kamchiliklari: quritish tezligi kichik, jarayon uzoqmuddatda davom etadi va bir tekisda emas.

Lentali quritkichlar uzluksiz ishlaydigan quritkichlar qatoriga kiradi (5.109-rasm).



5.109-rasm. Lentali quritkich.

1 - qobiq; 2 - lentali konveyer; 3 - etaklovchi barabanlar;
4 - etaklanuvchi barabanlar; 5 - kalorifer; 6 - yuklovchi

Nam material qurilmaning tepa qismidagi bunker orqali yuklanadi va konveyerning yuqori lentasiga tushadi. Odatda, ikkita baraban orasiga tortilgan lenta teshikli bo'ladi va nam material uning ustida

harakatlanadi. Lentaning ikkinchi uchiga etganda, material pastki konveyerga to'kiladi. Eng pastki konveyerdan, quritilgan material chiqarish bunkeriga to'kiladi.

Quritilgan materialning bir lentadan ikkinchisi to'kilib o'tishi uning aralashishiga sababchi bo'ladi. Natijada, quritish tezligi ortadi. Ko'pincha bunday quritkichlar ko'p lentali qilib yasaladi.

Material va issiqlik eltich o'zaro kesishgan yo'nalishda harakatlanadi.

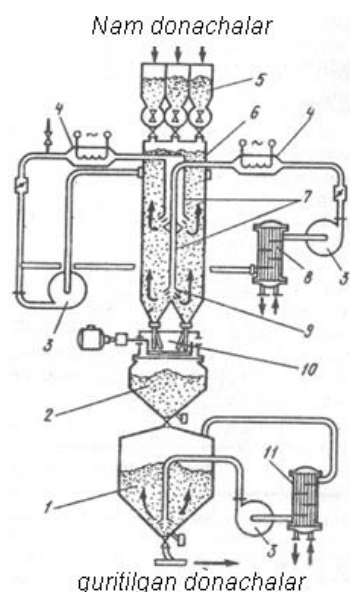
Shu bilan birga, parallel va qarama - qarshi yo'nalishli quritkichlar ham ishlab chiqariladi. Bunday quritkichlarda issiqlik eltich qisman restirkulyastiya qilinishi mumkin.

Havoni restirkulyastiya va oraliqqizdirilishi tufayli lentali quritkichlarda mayin quritish rejimlariga erishish mumkin.

Lentali quritkichlarning ayrim konstruktsiyalarida, bir tekisda quritishga erishish uchun, material qatlamini aralashtirish va qatlamni tekislash uchun lenta ustiga maxsus ag'diruvchi moslama o'rnatiladi.

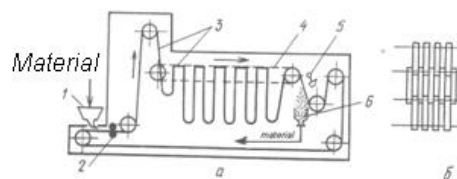
Quritkichning asosiy kamchiliklari: qo'pol, ko'p joy egallaydi, ta'mirlash va ekspluatatsiya qilish murakkab, ish unumdorligi kichik va issiqlik sarfi katta.

Shaxtali quritkichlar donador, sochiluvchan materiallarni quritish uchun ishlatiladi (5.110-rasm). Issiqlik eltichni uzatish uchun quritkichning o'qi bo'ylab trubalar o'rnatilgan.



5.110-rasm. Sochiluvchan, donador materiallarni quritish uchun shaftali quritkich.

1 - bunker - sovutkich; 2 - oraliq bunker; 3 - gazoduvka; 4 - kalorifer; 5 - bunker; 6 - shaft; 7 - issiqlik eltichni uzatish trubalari; 8 - kondensator-sovutkich; 9 - jalyuzlar; 10 - qadoqlagich; 11 - sovutkich.



5.111-rasm. Sirtmoqli quritkich (a) va to'rli lenta elementi (b).

1 - nam material ta'minlagich; 2 - isitiladigan juvalar; 3 - cheksiz to'rli lenta; 4 - zanjirli konveyer; 5 - tayanchli mexanizm; 6 - shnekli bunker.

Trubalarning ikkinchi uchida issiqlik eltichni bir xilda taqsimlash uchun jalyuzlar o'rnatilgan. Issiqlik eltichni uzatish va stirkulyastiya qilish sistemasi quritish hajmini ikkita zonaga bo'ladi. Birinchi zonada ikkinchisidan chiqayotgan issiqlikdan foydalaniladi. Birinchi zonada asosan sirtiy namlik, ikkinchisida esa - ichki namlik yo'qotiladi.

Ikkinchi zonaga yuborilayotgan issiqlik eltich dastavval shu zonadagi kondensatorda qisman quritiladi. Quritkichning tepa qismida ikkila oqim bir-biriga aralashib ketadi va kaloriferda qizdirilgandan so'ng, gazoduvka yordamida quritkichning birinchi zonasiga uzatiladi. Quritilgan materialni to'kish uzluksiz ishlaydigan tokchali qadoqlagich yordamida amalga oshiriladi.

Sirtmoqli quritkichlar pastasimon materiallarni uzluksiz quritishga mo'ljallangan qurilmalardir (5.111-rasm).

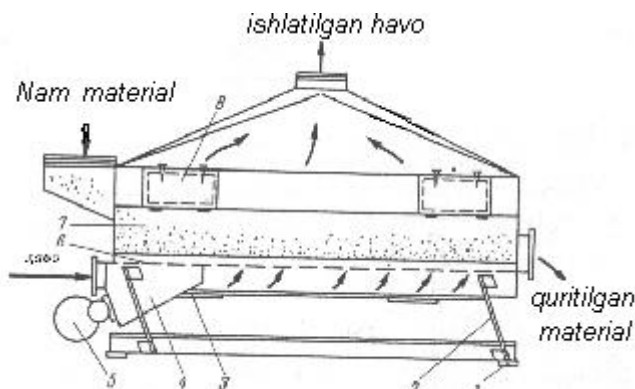
Sirtmoqli quritkichlarda material 5...20 mm li qatlamda, ikki tomonidan issiqhavo bilan isitiladigan juvalar qizdirilishi natijasida (masalan, qog'oz) quritiladi. Bu qurilmada kamerali quritkichga qaraganda jarayon tezligi yuqori. Quritkich kamchiliklari: konstruktsiyasi murakkab va ekspluatatsion sarflar katta.

Tebranma quritkichlar mayin dispers, polidispers, qumoq- qumoqva shular kabi boshqa, ya'ni mavhum qaynashga moyil bo'lmagan, materiallarni quritish uchun mo'ljallangan. Dispers material qatlamiga past chastotali tebranishlar ta'siri qatlamdagi issiqlik va massa almashinish jarayonlarni intensivlaydi. Undan tashqari, tebranishlar o'zaro kesishgan yo'nalishli, yuqori samarador va ideal siqib chiqaruvchi quritkichlar

yaratish imkonini ochib beradi. Bu turdagi quritkichlarda temperatura va konstentrasiya maydonlari bir tekisda bo'ladi.

Tebranma mavhum qaynash qatlamini vertikal, gorizontal va novli qurilmalarda tashkil etish mumkin.

Kimyo va oziq- ovqat sanoatlarida novli quritkichlar eng keng tarqalgan. Lekin, shuni alohida qayd etish kerakki, bu qurilmalar kichik qiyalik burchak ostida o'rnatilgan bo'ladi (5.112-rasm).



5.112-rasm. Tebranma mavhum qaynash qatlamli quritkich.

- 1 - amortizator; 2 - prujina; 3 - to'kish lyuki; 4 - tebratkich;
5 - yuritkich; 6 - gaz taqsimlovchi teshikli panjara; 7 - tarnov;
8 - kuzatish oynasi.

Quritkich uzatmasi mayatnikli yuritkich - tebratkichdan iborat. Qatlam orqali o'tayotgan gaz oqimi va past chastotali tebranmalarning bir vaqtda ta'siri natijasida tebranma mavhum qaynash qatlami hosil bo'ladi. Bunday qatlamda massa va issiqlik almashinish juda yuqori bo'ladi.

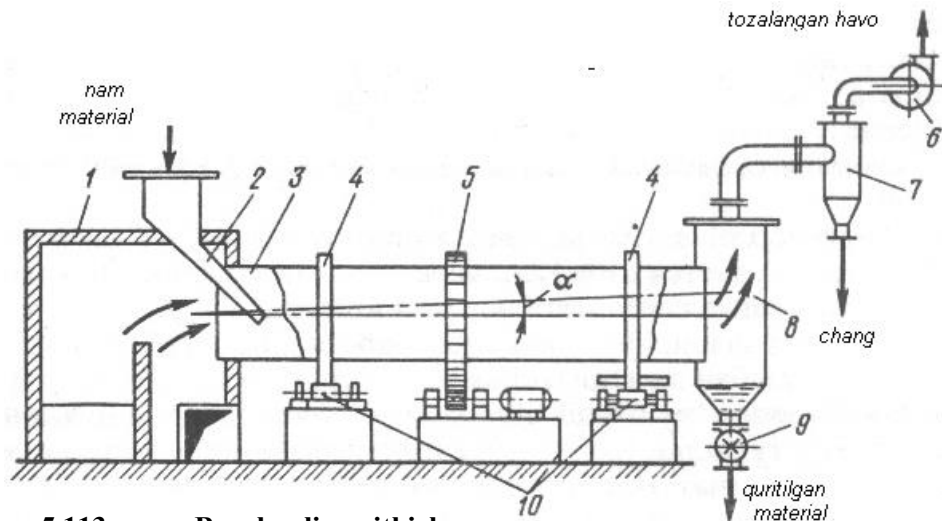
Barabanli quritkichlar uzluksiz ishlaydigan qurilmalar qatoriga kiradi va atmosfera bosimida donador, sochiluvchan materiallarni (mineral tuz, fosforit, qand lavlagi turpi, bug'doy, shakar va h.) quritish uchun qo'llaniladi. Issiqlik eltkich sifatida havo yoki tutun gazlari xizmat qiladi.

Barabanli quritkichlar ichi bo'sh stilindrik iborat bo'lib, ufqqa nisbatan kichik qiyalik burchagida o'rnatilgan bo'ladi (5.113-rasm).

Baraban bandaj va rolklarga tayanib turadi. Uning aylanishi elektr yuritkich va reduktor, hamda tishli g'ildirak yordamida amalga oshiriladi. Barabanning aylanish chastotasi $5...8 \text{ min}^{-1}$ dan oshmaydi. Quritkichga nam material ta'minlagich yordamida uzatiladi. Baraban aylanishi davrida material tepaga ko'tarilib pastga to'kiladi va bu jarayon uzluksiz davom etadi. Shu bilan birga, qurilma o'rnatilgani va ichiga maxsus nasadkalar joylanganligi sababli, quritilayotgan material to'kish bunkerlari tomoniga qarab harakatlanadi. Odatda nasadkalar stilindrik barabanning butun uzunligi bo'ylab joylashtiriladi. Baraban ichida material issiqlik eltkich bilan o'zaro ta'sirda bo'lib quritiladi.

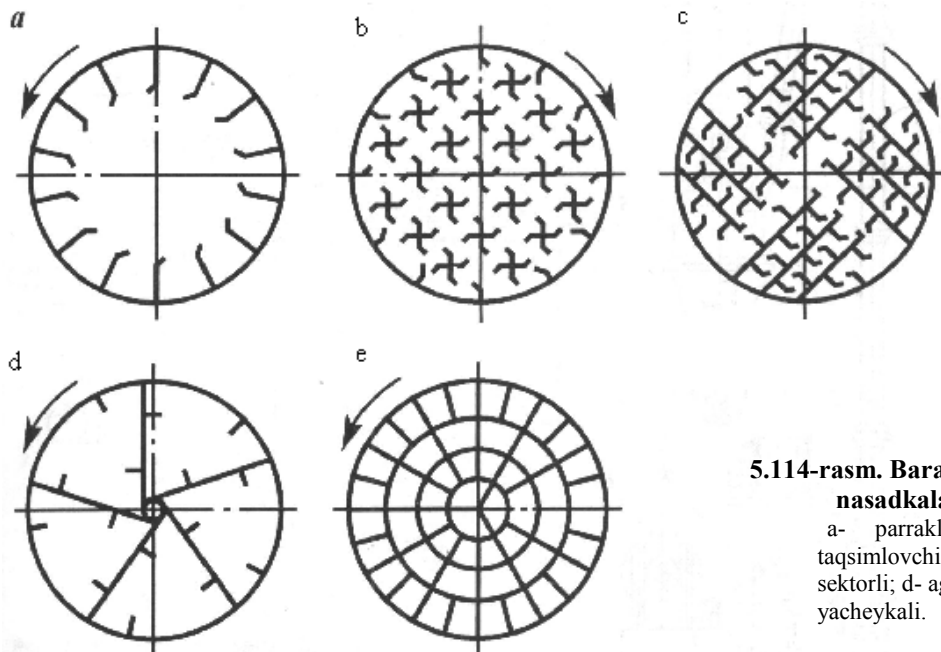
Material va qurituvchi eltkich bilan o'zaro ta'sir samarasini oshirish uchun turli xildagi nasadkalar mavjud.

Nasadkalar nam materialni bir tekisda tarqatadi va uni issiqlik eltkich bilan yuvilib turishini yaxshilaydi. Nasadka turi material xossalari qarang (5.114-rasm).



5.113-rasm. Barabanli quritkich.

1 - o'thona; 2 - bunker; 3 - baraban; 4 - bandaj; 5 - tishli g'ildirak;
6 - ventilyator; 7 - siklon; 8 - to'kish bunkeri; 9 - shlyuzli ta'minlagich; 10 -
tayanch roliklar.



5.114-rasm. Barabanli quritkich nasadkalarining asosiy turlari.

a- parrakli; b,v- hajmiy tipidagi, taqsimlovchi; g – ag'daruvchi, sektorli; d- ag'daruvchi, yopiq yacheykali.

Yirik bo'lakli va yopishib qolishga moyil materiallarni quritish uchun ko'taruvchi kurakchali nasadkalarni qo'llash maqsadga muvofiq. Mayda, sochiluvchan materiallarni quritish uchun esa, taqsimlovchi nasadkalar qo'llaniladi. Mayin dispers, kukunsimon, changiydigan materiallar esa ag'daruvchi nasadkali qurilmada quritiladi.

Issqlik eltich va material parallel va qarama-qarshi yo'nalishda harakatlanishi mumkin. Parallel yo'nalishli quritkichlarda material o'ta qizib ketish oldini olish mumkin, chunki issqlik eltich yuqori namlikka ega material bilan o'zaro ta'sirda bo'ladi. Quritilayotgan material tarkibidagi kukunsimon frakstiya uchib ketmasligi uchun ventilyator haydayotgan issqlik eltich tezligi 2...3 m/s dan oshmasligi kerak. Ishlatilgan gaz atmosferaga chiqarib yuborishdan avval stiklonda tozalanadi.

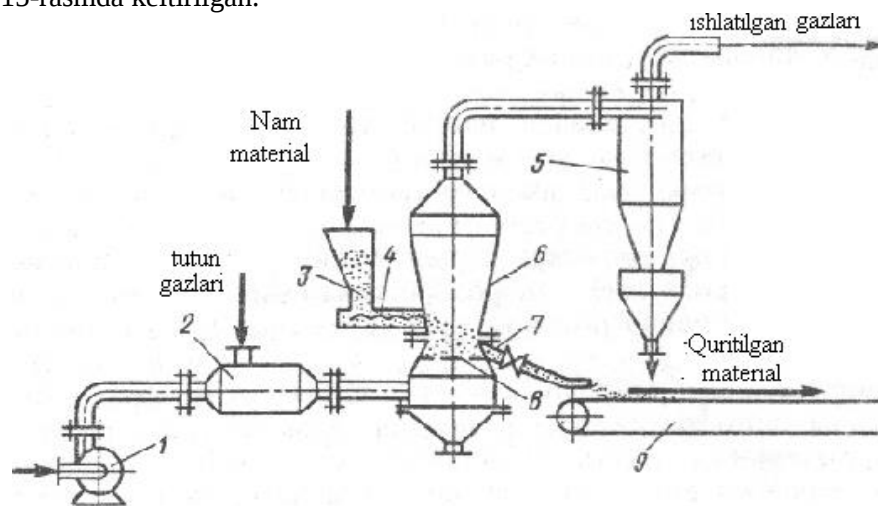
Barabanli quritkichlar diametri 1 dan 3,5 m gacha bo'ladi. Diametri 2,8, 3,0 va 3,5 m li barabanlarning uzunliklari 14, 20 va 27 m qilib yasaladi.

Undan tashqari barabanli vakuum-quritkichlar ham sanoatning turli sohalarida ishlatiladi. Ko'pincha bu qurilmalar davriy ishlaydigan bo'ladi. Ushbu quritkichlar issqlikka sezgir materiallardan suv va organik eritmalarini yo'qotish, hamda zaharli materiallarni quritish uchun qo'llaniladi.

Barabanli vakuum - quritkichlar gerbistid, zaharli dorilar, ba'zi bir polimerlarni ishlab chiqarish, hamda medistina, oziq-ovqat, kimyo va farmastevtika sanoatlarida ishlatiladi.

Mavhum qaynash qatlamli quritkichlar uzluksiz ishlaydigan qurilmalar qatoriga kiradi va mayda, sochiluvchan, donador nam materiallarni quritish uchun keng ko'lamda ishlatiladi. Bunday qurilmalarda sirtiy va bog'langan materiallarni suvsizlantirish mumkin. Mavhum qaynash qatlamli quritkichlar vertikal va

gorizontal, bir yoki bir necha sekstiyali qilib yasaladi. Uzlüksiz ishlaydigan, bir sekstiyali mavhum qaynash qatlamli quritkich 5.115-rasmda keltirilgan.



5.115-rasm. Bir sekstiyali mavhum qaynash qatlamli quritkich.

1 - ventilyator; 2 - kalorifer; 3 - bunker; 4 - shnek; 5 - ciklon; 6 - quritkich;
7 - to'kish patrubbkasi; 8 - gaz taqsimlovchi teshikli panjara; 9 - konveyer.

Nam material uzluksiz ravishda quritkichga uzatiladi. Kaloriferda qizdirilgan issiqlik eltkich ventilyator yordamida gaz taqsimlovchi teshikli panjara ostiga haydaladi. Quritish jarayoni ushbu panjara yaqinidagi zonada yuz beradi. Quritilgan material to'kish patrubbkasi orqali chiqariladi. Ishlatib bo'lingan gaz stiklonda tozalanib, quritkichdan atmosfera chiqazib yuboriladi.

Mavhum qaynash qatlamli quritkich kamchiliklari: materialni quritish bir tekisda emas. Bu kamchilikni bartaraf qilish uchun ko'p sekstiyali yoki o'zgaruvchan ko'ndalang kesimli quritkichlardan foydalaniladi.

Ushbu turdagi qurilmalarda material qurishi bir tekisda bo'ladi. Konussimon quritkichlarda tartibli stirkulyastiya vujudga keladi, ya'ni zarrachalar qurilmaning markaziy qismida tepaga ko'tariladi va chekka qismida esa - pastga qarab tushadi. Natijada material bir tekisda qiziydi va kameraning ishchi balandligi kamayadi.

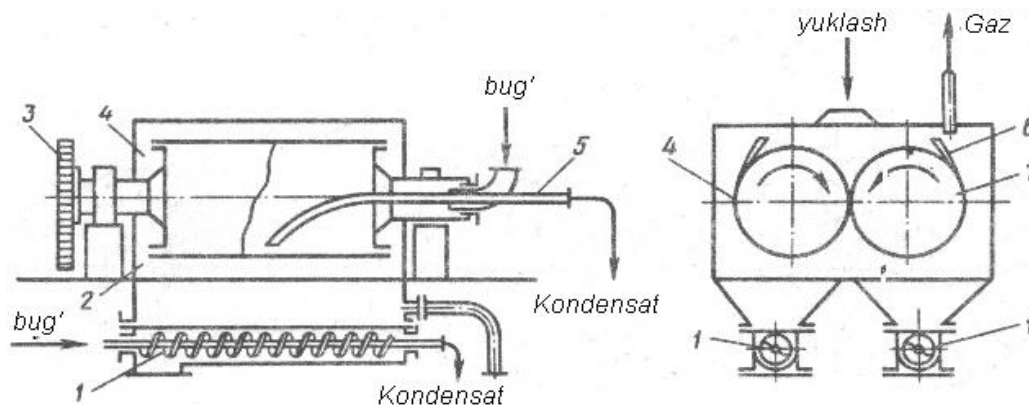
Hozirgi kunda mavhum qaynash qatlamli quritkichlar kimyoviy texnologiyada mineral va organik tuzlar, yopishib qolishga moyil, masalan sulfat ammoniy, polivinilxlorid, polietilen va boshqa polimerlarni, hamda pastasimon materiallar (pigment, anilinli bo'yovchi moddalar), eritmalar, suspenziyalarni quritish uchun ishlatiladi.

Juvali quritgichlar suyuqva pastasimon materiallarni atmosfera bosimi yoki vakuum ostida quritish uchun mo'ljallangan (5.116-rasm).

Juva bir - biriga qarab $2...10 \text{ min}^{-1}$ chastota bilan aylanadi. Ichi bo'sh juvaga stapfa orqali isituvchi bug' yuboriladi va issiqligini berib kondensatga aylanadi. Juvalar issiqsuv yoki yuqori temperaturali organik suyuqliklar yordamida qizdirilishi mumkin.

Material qurilmaning tepasidan, juvalar orasiga yuklanadi va uni yupqa qatlam bilan qoplaydi. Yupqa qatlam qalinligi juvalar orasidagi tirqish kattaligi bilan belgilanadi. Odatda, ushbu tirqish eni $0,5...1,0 \text{ mm}$ bo'ladi. Materialning kirishi yupqa qatlamda, juvaning to'liq aylanishida sodir bo'ladi.

Juvadagi material qatlamining qalinligi qanchalik kichik bo'lsa, u shunchalik tez va bir tekisda quriydi. Lekin, quritish davomiyligi kam bo'lgani uchun, ko'pincha qo'shimcha quritish talab etiladi. Quritilgan material pichoqyordamida juvadan kesib olinadi.

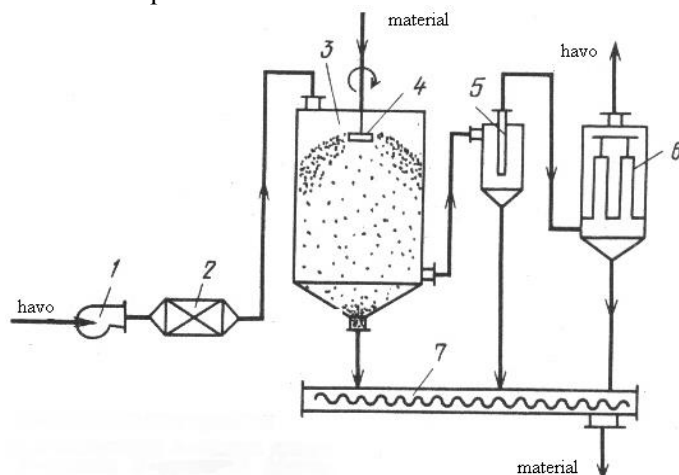


5.116-rasm. Juvali quritkich.

1 - shnekli nov-quritkich; 2 - qobiq; 3-uzatma; 4 - etaklovchi juva; 5 - sifon trubkasi; 6 - pichoq;
7 - etaklanuvchi juva.

Purkovchi quritkichlar eritma, suspenziya va pastasimon materiallarni quritish uchun qo'llaniladi. Purkab quritish usulida sut kukuni, sut-sabzavot konsentratlari, xamirturish, tuxum kukuni va boshqa mahsulotlar olinadi.

Bunday quritkichlarda material maxsus moslamalarda purkaladi va issiqlik eltich oqimida quritiladi (5.117-rasm). Materialning quritish zonasida bo'lish vaqti juda qisqa, lekin yuqori darajada maydalanganligi va namlikning bug'lanish tezligi kattaligi, uning tez qurishiga olib keladi. Shuning uchun, purkovchi quritkichlarda yuqori temperaturali issiqlik eltichlarni qo'llash mumkin.



5.117-rasm. Purkovchi quritkich.

1 - ventilyator; 2 - kalorifer; 3 - quritish kamerasi; 4 - disk;
5 - siklon; 6 - engli filtr; 7 - quritilgan materialni to'kuvchi shnek.

Quritish natijasida olingan mahsulot bir xil dispers tarkibli, sochiluvchan va mayda dispers bo'ladi.

Purkovchi quritkichlar kamchiliklari: gabarit o'lchamlari va energiya sarfi katta.

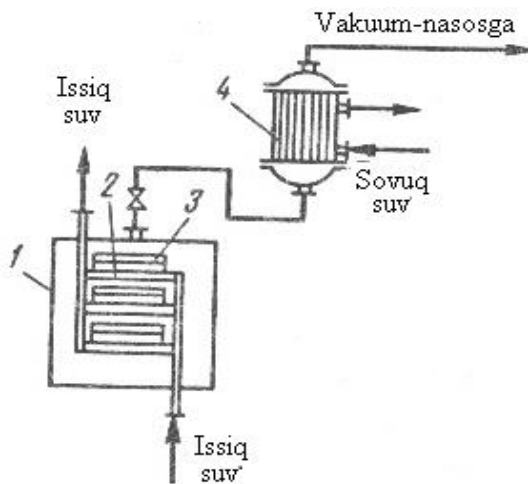
Materialni purkash mexanik yoki pnevmatik purkagichlar yordamida, hamda aylanish chastotasi $4000...20000 \text{ min}^{-1}$ bo'lgan markazdan qochma diskda amalga oshiriladi. Quritkichda materialning bo'lish vaqti 50 s dan ortmaydi. Shu qisqa vaqt ichida issiqlik va massa almashinish jarayoni yuz beradi. Purkovchi quritkichlarda fazalar parallel va qarama-qarshi yo'nalishda harakatlanishi mumkin. Bunday quritkichlar afzalliklari: yuqori temperaturali issiqlik eltichlarni ham qo'llash mumkin.

Kamchiliklari: issiqlik eltich sarfi katta bo'lgani uchun energiya va metall sarfi ham nisbatan yuqori; solishtirma namlik olish ko'rsatkichi juda past, ya'ni 20 kg/m^3 ; material quritkich devorlariga yopishib qoladi; issiqlik eltich tezligi nisbatan kichik, chunki katta tezliklarda mayda zarrachalar uchib ketadi.

Sublimatsiyali quritkichlar. Turli materiallardagi muz agregat holatidagi namligini vakuum ostida bug'ga (suyuqagregat holatidan sakrab) aylantirib suvsizlantirish jarayoni sublimatsiyali quritish deb nomlanadi. Sublimatsiyali quritish yuqori vakuum, qoldiqbosim $133,3...13,3 \text{ Pa}$ ($1,0...0,1 \text{ mm sim.ust.}$) bo'lgan oralik va past temperaturalarda o'tkaziladi.

Sublimatsiya quritish jarayonida material yuzasidan namlikning bug' agregat holatida tarqalish mexanizmi o'ziga xos effuziya usulida boradi. Effuziya usulida bug' molekularining erkin harakati davrida molekularlar bir-biri bilan o'zaro to'qnashmaydi.

Sublimatsiyali quritkich quritish kamerasi, kondensator-muzlatgich va vakuum nasosdan tarkib topgan (5.118-rasm.)



5.118-rasm. Sublimatsiyali quritkich

1 - quritish kamerasi; 2 - plita; 3 - tunuka tova; 4 - kondensator-muzlatkich.

navbatma-navbat ishlaydi, ya'ni bittasida kondensatsiya va muzlatish sodir bo'lsa, ikkinchisida hosil bo'lgan muz eritib yo'qotiladi.

Materialdan namlikni chiqarib yuborish jarayoni 3 bosqichdan iborat:

1) quritish kamerasida bosim pasayishi bilan namlik o'z - o'zidan muzlaydi va materialdan chiqqan issiqligi hisobiga muzdan bug'ga aylanadi. Bu bosqichda 15% namlik yo'qotiladi;

2) namlikning asosiy qismi sublimatsiya yo'li bilan quritish jarayonining o'zgarish tezlik davrida yo'qotiladi;

3) qoldiqnamlik materialdan issiqlik yordamida yo'qotiladi.

Sublimatsiyali quritish oz miqdorda past temperaturali (40...50°S) issiqlik eltich sarflanadi. Lekin, umumiy energiya va ekspluatatsion sarflar boshqa quritish (dielektrik quritishdan tashqari) usullariga qaraganda yuqori.

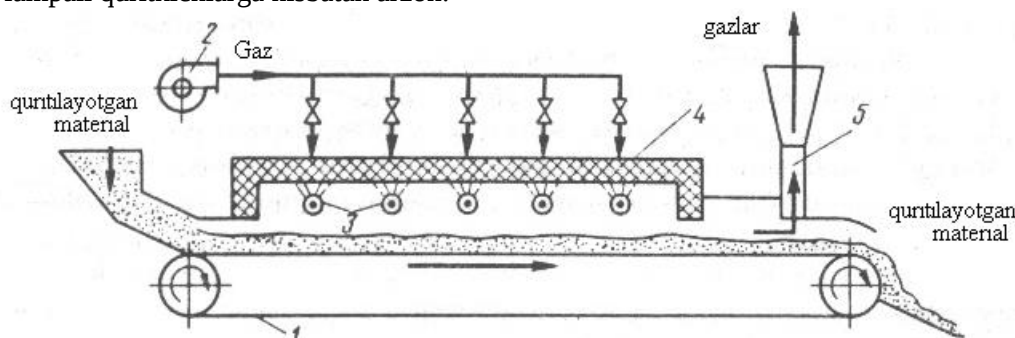
Shuning uchun, bu quritish usuli qimmatbaho moddalar, yuqori temperaturaga chidamsiz va biologik xossalari uzoqmuddat davomida saqlanib turishi kerak bo'lgan materiallarni (go'sht, meva, sabzavot, medistina va farmastevtika mahsulotlari) quritish uchun ishlatiladi.

Energiya sarfi bo'yicha sublimatsiyali quritish, atmosfera bosimida quritishga yaqinroqturadi.

Termoradiatsiyali quritkichlar. Bu quritkichlarda material tarkibidagi namlikni bug'latish uchun zarur issiqlik infraqizil nurlar orqali uzatiladi. Issiqlik infraqizil nurlanishga moslangan lampalar yoki o'ta qizdirilgan keramik yoki metall yuzalardan tarqaladi. Infraqizil nurlanishli lampalar oddiy yoritish lampalaridan qizdirish temperaturasi bilan farqqiladi. Nurlanish oqimini nam materialga yo'naltirish uchun parabola shaklli reflektorlar ishlatiladi.

Ushbu usulda quritish davrida material yuza birligiga kontaktli quritishga qaraganda vaqt birligida ancha ko'proq issiqlik to'g'ri keladi. Natijada, jarayon intensivlashadi. Masalan, yupqa qatlamli materiallarni infraqizil nurlar yordamida quritish davomiyligi 30...100 martagacha qisqaradi.

Gaz bilan isitiladigan radiatsiyali quritkich tuzilishi 5.119-rasmda keltirilgan. Bunday quritkichlar tuzilishi sodda va lampali quritkichlarga nisbatan arzon.



5.119-rasm. Radiatsiyali quritgich.

1-konveyer; 2-gazoduvka; 3-gaz gorelkasi; 4-nur tarqatgich; 5-chiqish

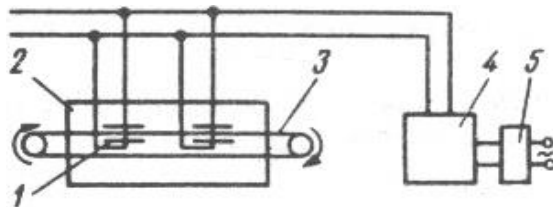
Nur tarqatuvchi qurilmaning pastki qismida gaz yoqiladi. Gaz yonishi oqibatida nur tarqatuvchi qurilma qiziydi, so'ngra infraqizil nurlarni tarqatadi. Nur tarqatgich nam material xossalriga qarab tanlanadi. Yuqori

sifatli mahsulot olish uchun murakkab jarayonlardan (masalan, radiastiyali va konvektiv usullarni bir vaqtda qo'llash) foydalaniladi.

Namlikning termodiffuzion oqimi material sirtidan namlik diffuziyaga halaqit bermasligi, hamda termoradiastiyali quritish jarayonini intensivlash uchun quritkich osstilyastiyali rejimda ishlashi kerak.

Termoradiastiyali quritkich tuzilishi ixcham, yupqa qatlamli materiallarni quritishda yuqori samara beradi. Lekin, uning energiya sarfi nisbatan kup, ya'ni 1 kg namlikni bug'latish uchun 1,5...2,5 kVt-soat energiya zarur.

Yuqori chastotali (dielektrik) quritkichlar qalin qatlamli materiallarni quritish uchun mo'ljallangan. Bu quritish usulida materialning yuzasi va qalinligi bo'ylab temperatura va namlikni rostlash mumkin. Ushbu quritkichda plastmassa va dielektrik xossalarga ega bo'lgan materiallarini, hamda oziq-ovqat mahsulotlarini quritish mumkin.



5.120-rasm. Yuqori chastotali quritkich.

1-kondensator plastinkasi; 2-quritish kamerasi; 3-lentali konveyer;
4-lampali. yuqori chastotali generator; 5-to'g'rilagich.

Dielektrik quritkichlar lampali yuqori chastotali generator, quritkich va lentali konveyerdan tarkib topgan (5.120-rasm).

Chastotasi 50 Gst li o'zgaruvchan tok to'g'rilagich orqali generatorga uzatiladi. Generatorda tok yuqori chastotali tokka aylantiriladi. So'ng, bu tok lentali konveyerning ikki tomonida joylashgan kondensator plastinkalariga yuboriladi.

Kondensator plastinalari zaryad ishoralari o'zgarishi bilan yuqori chastotali maydon ta'sirida material ion va elektronlari sinxron ravishda harakat yunalishi o'zgaradi. Dipol molekulalar aylanma harakatlansa, elektr zaryadlar siljishi tufayli qutbsiz molekulalar qutblanadi.

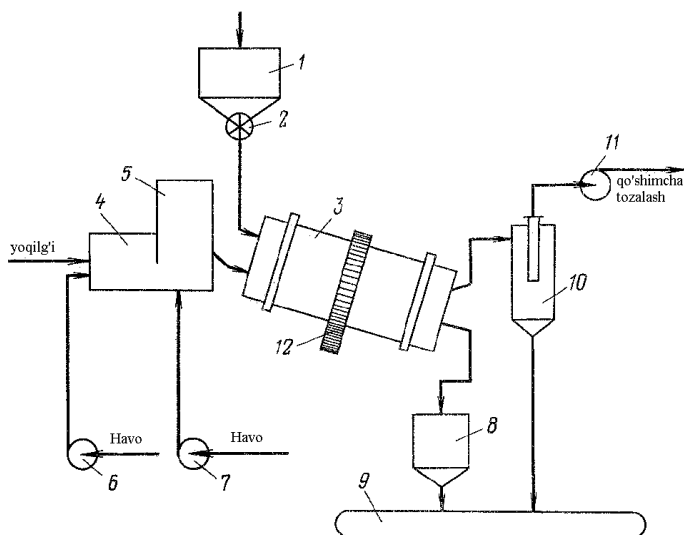
Yuqorida qayd etilgan hodisalar oqibatida materialda issiqlik ajrab chiqadi va u qiziydi. Elektr maydon kuchlanishini o'zgartirib quritish tezligini rostlash mumkin.

Bu usulda namlik va temperatura gradientlarning yo'nalishi bir xil bo'ladi. Natijada, namlikning diffuziyasi tezlashadi. Shuning uchun bu quritish usuli tezligi, konvektiv quritish tezligidan ancha katta.

Dielektrik quritish jarayonini o'tkazish uchun ko'p miqdorda energiya zarur. 1 kg namlikni bug'latish uchun 2,5...5 kVt-soat energiya sarflanadi.

Bu turdagi quritkichlar tuzilishi murakkab va qimmat. Shuning uchun, yuqori chastotali quritkichlar qimmatbaho materiallarni suvsizlantirish uchun ishlatish maqsadga muvofiq, ya'ni iqtisodiy jihatdan samarali.

5.47. Quritgichlarni hisoblash



5.121-rasm. Barabanli quritgichning prinsipial sxemasi.

1 - bunker; 2 - ta'minlagich; 3 - qurituvchi baraban; 4 - o'thona;
5 - aralashtirish kamerasi; 6,7,11 - ventilyatorlar; 8 - oraliq bunker;
9 - transporter; 10 - siklon; 12 - tishli uzatma

Bu qurilmalar atmosfera bosimda uzluksiz ravishda turli sochiluvchan va donasimon materiallarni tutunli gazlar yoki issiqhavo bilan quritish uchun ishlatiladi. Ular stilindrsimon korpusdan iborat bo'lib, gorizontga nisbatan juda kichik og'ish burchagida joylashtiriladi. Baraban ikkita rolikli tayanchlarga joylashtirilgan bo'lib, elektr yuritkich va reduktor yordamida aylantiriladi. Aylanish soni 5-8 ayl/min. Baraban ichida nasadkalar o'rnatilgan bo'lib, ular fazalararo ta'sir yuzasini oshirish uchun qo'llaniladi. Nasadkalar barabanning ko'ndalang kesimi bo'yicha materialni bir me'yorda tarqatish va aralashtirishni ta'minlaydi. Material va issiqlik eltich bir-biriga nisbatan to'g'ri yo'nalishda berilsa, barabanning ichida material o'ta qizib ketmaydi, chunki bu sharoitda yuqori temperaturali issiqlik eltich katta namlikka ega bo'lgan material bilan o'zaro ta'sirda bo'ladi. Barabanli quritgichlar uzunligi L va tashqi diametri D bo'yicha tanlanadi.

Nam material bunker 1 dan ta'minlagich 2 orqali aylanib turgan baraban 3 ga beriladi. Material bilan bir xil yo'nalishda barabanga issiqlik eltich beriladi. U yoqilg'i o'txonasi 4 da yonishida hosil bo'lgan gazlarni aralashtirish kamerasi 5 da havo bilan aralashtirish natijasida hosil bo'ladi. Havo o'txona va aralashtirish kamerasiga ventilyatorlar 6 va 7 yordamida beriladi (5.121- rasm).

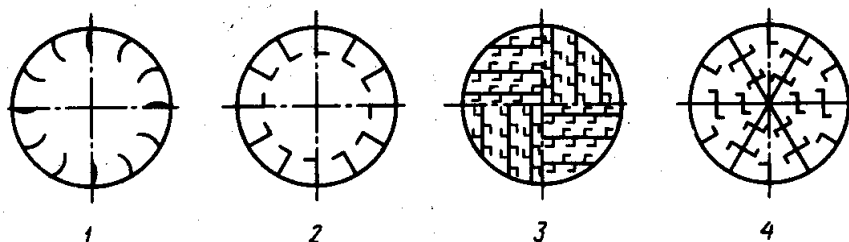
Quritilgan material barabanning boshqa tomonidan bunker 8 ga tushadi va undan transporter 9 ga o'tadi.

Ishlatilgan gazlar atmosferaga chiqarib yuborishdan avval mayda zarrachalardan stiklon 10 da tozalanadi va kerak bo'lsa yana qo'shimcha tozalaniladi.

Qurituvchi eltich baraban orqali ventilyator 11 yordamida uzatiladi. Uzatilish davrida uncha katta bo'lmagan siyraklanish hosil bo'ladi va bu esa qurituvchi agentning barabanli quritgich teshiklari orqali yuqotilishiga yo'l qo'ymaydi.

Baraban elektr yuritkich va tishli uzatma 2 yordamida aylantirib turiladi.

Barabanning ichida materialni bir me'yorda tarqatish, aralashtirish va yo'naltirish uchun nasadka joylashtirilgan. Quritilayotgan material donalarining o'lchamiga va xossalariga qarab, xar-xil nasadkalardan foydalaniladi. Katta bo'lakli va yopishib qolish xususiyatiga ega bo'lgan materiallarni quritishda ko'taruvchi parrakli nasadkalar, yomon sochiluvchan va katta zichlikka ega bo'lgan katta bo'lakli materiallarni quritish uchun sektorli nasadka; kichik bo'lakli, tez sochiluvchan materiallarni quritishda tarqatuvchi nasadka ishlatiladi; mayda qilib ezilgan, chang hosil qiluvchi kukun materiallarni berk yacheykali, dovonsimon nasadkalar bo'lgan



5.122-rasm. Barabanli quritgich nasadkalarining turlari va ularning to'ldirilish koefficientlari β .

1 - ko'taruvchi - parrakli, $\beta = 12\%$; 2 - huddi avvalgidek, $\beta = 14\%$;
3 - taqsimlovchi, $\beta = 20,6\%$; 4 - taqsimlovchi, yopiq yacheykali, $\beta = 27,5$.

barabanlarda quritish maqsadga muvofiqdir. Ayrim sharoitlarda murakkab nasadkalardan foydalansa ham bo'ladi (5.122-rasm).

I. Quritish qurilmasining hisobi

1. Qurilmaning quritilgan modda bo'yicha unumdorligi:

$$G = 10 \text{ t/soat}$$

2. Material zarrachalarining o'lchamlari (NaCl):

$$d = 2,0-1,5 \text{ mm} \quad - 25\%$$

$$d = 1,5-1,0 \text{ mm} \quad - 75\%$$

3. Materialning namligi (NaCl):

$$\text{boshlang'ich} \quad w_1 = 6,0\%$$

$$\text{oxirgi} \quad w_2 = 0,2\%$$

4. Boku shahri uchun nam havoning parametrlari

	yanvar	iyul
temperatura	$t = +3,4^\circ\text{S}$	$t = +25,3^\circ\text{S}$

nisbiy namlik	$\phi_0 = 82\%$	$\phi_0 = 65\%$
---------------	-----------------	-----------------

5. Issiq havoning temperaturasi

$$\text{barabanga kirishda} \quad - t = 160^\circ\text{C}$$

$$\text{barabandan chiqishda} \quad - t = 60^\circ\text{C}$$

1. Moddiy balans

Moddiy balans tenglamasidan quritish davomida bug'latilgan namlik W miqdorini aniqlaymiz.

$$W = G_k \cdot \frac{w_1 - w_2}{100 - w_1}$$

$$G_2 = 10 \text{ m/coam} = \frac{10 \cdot 1000}{3600} = 2,778 \text{ kg/c}$$

$$W = 2,778 \cdot \frac{6 - 0,2}{100 - 6} = 0,171 \text{ kg/c}$$

II. Quritishga sarflangan havo va issiqlikni aniqlash

Quritkichning ichki issiqlik balansini yozamiz:

a) Qish fasli uchun:

$$\Delta = c \cdot \theta_l + q_k - (q_{mp} + q_m + q_u)$$

Bu erda:

s - suvning issiqlik sig'imi, $s = 4190 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$;

q_k - qo'shimcha ichki kalorifer bergan issiqlik miqdori, $q_k = 0$;

q_{tr} - transport qurilmalari bilan kirgan issiqlik miqdori, $q_{tr} = 0$;

q_y - atrof muhitga yo'qotilgan issiqlik miqdori, taxminan isitishga sarflangan issiqlik miqdorining 10% ni olsa bo'ladi;

q_m - moddani isitishga sarflangan issiqlik miqdori,

$$q_m = G_k \cdot c_m \cdot (\theta_2 - \theta_1) / W$$

θ_2 - moddaning quritgichdan chiqishdagi temperaturasi qurituvchi agent nam havoning ho'l termometr temperaturasi teng deb olamiz.

$$\theta_2 = t_x = 42^\circ\text{S}$$

Ramzinning $I - x$ diagrammasidan aniqlanadi.

s_m - materialning issiqlik sig'imi [6]:

$$c_m = \frac{c_{Na} + c_{Cl}}{M_{(NaCl)}}$$

$$Na = 26,0 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}; \quad Cl = 26,0 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$$

$$s_m = (26+26)/56 = 0,88 \text{ kJ/kg} \cdot K$$

$$q_m = 2,778 \cdot 0,88 \cdot (42 - 3,4)/0,171 = 551,83 \text{ kJ/kg} \cdot K$$

$$\Delta = 4,19 \cdot 3,14 - 551,83 - 22,6 = -560,185 \text{ kJ/kg} \cdot K$$

Quritish jarayoniga sarflangan solishtirma havo va issiqlik sarflarini aniqlash uchun **I - x** diagrammada quritish jarayoni ifodalanadi (5.123-rasm).

Boku shaxri uchun havoning o'rtacha temperaturasi va nisbiy namligi aniqlanadi

a) Qish fasli uchun $t_o = +3,4^\circ S$ va $\phi_o = 82\%$.

Shu parametrlar bo'yicha diagrammada "**A**" nuqta topiladi, ya'ni kaloriferga kirayotgan havoning parametrlarini ko'rsatuvchi nuqtani topamiz. "**A**" nuqtadan, ya'ni o'zgarmas nam saqlash chizig'i bo'yicha to'g'ri chiziqo'tkazib, berilgan quritish temperaturasi bilan kesishgan "**V**" nuqtani topamiz. Bu nuqta kaloriferda isitilgan va quritgichga kirayotgan havoning parametrlari $x_1 = x_o$, t_1 , I_1 - larni ko'rsatadi. **AV** chiziqhavoni kaloriferda isitish jarayonini ifodalaydi. Kaloriferda havo qizdirilganda uning nam saqlashi o'zgarmaydi. "**V**" nuqtadan I_1 chizig'ini - o'zgarmas entalpiya chizig'ini o'tkazamiz. Shu I_1 chizig'ida ixtiyoriy bir nuqta "**e**" olinadi va undan **AV** chizig'iga perpendikulyar tushiriladi va hosil bo'lgan "**f**" deb belgilaymiz. So'ng **ef** kesmaning uzunligi o'lchanadi - **ef** = 2,4 sm = 24 mm. Nihoyat, quritishning ideal jarayondan farqi **eE** kesmaning uzunligi hisoblanadi.

$$eE = ef \cdot \frac{\Delta}{M} = 24 \cdot \frac{(-560,185)}{1250} = 10,75 \text{ mm}$$

bu erda $M = 1250$ - **I - x** diagramma masshtabi.

Diagrammada **eE** kesmani "**e**" nuqtadan pastga $x = \text{const}$ chiziq bo'yicha o'tkazamiz, chunki $\Delta < 0$. "**V**" nuqtadan "**E**" nuqta orqali to'g'ri chiziqo'tkazib, berilgan $t_2 = 60^\circ S$ chizig'i bilan kesishguncha davom ettiramiz. Kesishgan nuqtani "**S**" deb belgilaymiz va bu nuqta quritish qurilmasidan chiqayotgan havoning parametrlari x_2 , t_2 , I_2 , ϕ_2 ni ko'rsatadi:

$x_2 = 0,029 \text{ kg/kg}$ va $I_2 = 136 \text{ kJ/kg}$ (**I - x** diagrammadan topiladi).

Qish faslida quritish jarayoniga ketgan solishtirma havo sarfi:

$$x_o = x_1 = 0,003 \text{ kg/kg} \quad l = \frac{I}{x_2 - x_o} = \frac{I}{0,029 - 0,003} = 38,46 \text{ kg/kg}$$

Havoning umumiy sarfi

$$h = l \cdot W = 38,46 \cdot 0,171 = 6,58 \text{ kg/c}$$

Sarflangan solishtirma issiqlik miqdori esa:

$$I_o = 11 \text{ kJ/kg} \quad q = \frac{I_2 - I_o}{x_2 - x_o} = \frac{136 - 11}{0,029 - 0,003} = 4707,69 \text{ kJ/kg}$$

va umumiy issiqlik sarfi:

$$Q = q \cdot W = 4807,69 \cdot 0,171 = 622,12 \text{ kVt}$$

Kaloriferdagi issiqlik sarfi:

$$q_k = \frac{I_1 - I_o}{x_2 - x_o} = \frac{169 - 11}{0,029 - 0,003} = 6076,9 \text{ kJ/kg}$$

$I_1 = 169 \text{ kJ/kg}$ - **I - x** diagrammadan topiladi.

b) Yoz fasli uchun.

$$\Delta = s \cdot \theta_1 + q_k - (q_{tp} + q_m + q_y)$$

$$s = 2,95 \cdot 4,19 = 12,36 \text{ kJ/kg} \cdot K$$

$$q_k = 0; \quad q_{tr} = 0; \quad q_m = G_2 \cdot c_m \cdot (\theta_2 - \theta_1) / W;$$

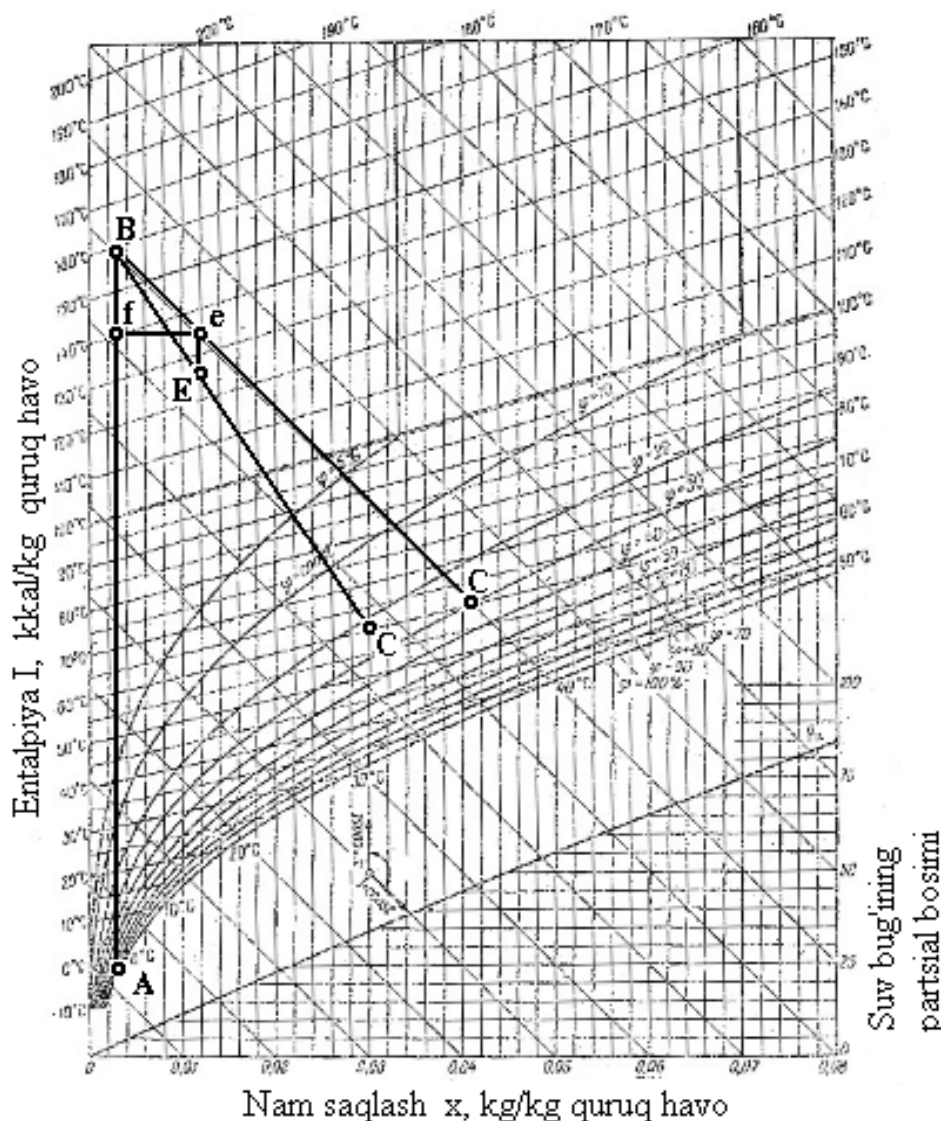
$$\theta_2 = 42^\circ S = t_m \text{ (I - x diagrammadan)}$$

$$\theta_1 = t_o = 25,3^\circ \text{ (Boku shaxri uchun)}$$

$$q_m = 2,778 \cdot 0,88 \cdot (42 - 25,3) / 0,171 = 238,746 \text{ kJ/kg}$$

$$\Delta = 12,36 \cdot 42 - 238,746 - 23,87 = 257,77 \text{ kJ/kg}$$

Nam havo parametrlarini, havoning solishtirma va issiqlik sarfini yoz fasli uchun aniqlaymiz. Buning uchun $I - x$ diagrammada quritish jarayonini ifodalaymiz.



5.123- rasm. Nam havoning $I - x$ diagrammasi

$$ef = 94 \text{ mm}; \quad M = 1250; \quad Ee = ef \cdot \frac{\Delta}{M} = 94 \cdot \frac{257,77}{1250} = 19,5 \text{ mm}$$

So'ng, $I - x$ diagrammadan:

$$x_0 = 0,014 \text{ kg/kg}; \quad x_2 = 0,0525 \text{ kg/kg}; \\ I_0 = 55 \text{ kJ/kg}; \quad I_1 = 192 \text{ kJ/kg}; \quad I_2 = 195 \text{ kJ/kg}.$$

$$l = \frac{I}{x_2 - x_0} = \frac{I}{0,0525 - 0,014} = 25,98 \text{ kJ/kg}$$

$$L = l \cdot W = 25,98 \cdot 0,171 = 4,13 \text{ kg/s}$$

$$q = \frac{I_2 - I_0}{x_2 - x_0} = \frac{195 - 55}{0,0525 - 0,014} = 3381,64 \text{ kJ/kg}$$

$$Q = q \cdot W = 3381,64 \cdot 0,171 = 578,26 \text{ kWt}$$

$$G_2 = 10 \text{ m} / \text{coam} = \frac{10 \cdot 1000}{3600} = 2,778 \text{ kg} / \text{c}$$

$$q_k = \frac{I_1 - I_0}{x_2 - x_0} = \frac{162 - 55}{0,0525 - 0,014} = 3309,18 \text{ kJ} / \text{kg}$$

Yoz va qish fasllari uchun topilgan sarflarni solishtiramiz:

$$L_{kish} = 6,58 \text{ kg/s} > L_{ez} = 4,13 \text{ kg/s}$$

$$Q_{kish} = 822,12 \text{ kVt} > Q_{ez} = 578,26 \text{ kVt}$$

II. Barabanli quritkichning asosiy o'lchamlarini aniqlash

Barabanning hajmini topamiz:

$$V_{\text{gap}} = \frac{W}{A_v} \cdot 3600 = \frac{0,171 \cdot 3600}{7,2} = 85,5 \text{ m}^3$$

bu erda A_v - barabanning namlik bo'yicha kuchlanishi, $A_v = 7,2 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{soat})$ [16,128].

Barabanning hajmi bo'yicha 9.3-jadvaldan barabanning asosiy o'lchamlarini [128], ya'ni N 7208. Ushbu sonli barabanning asosiy parametrlari quyidagicha:

- barabanning ichki diametri, m	2,8
- barabanning uzunligi, m	14
- devorlarninig qalinligi, mm	14
- quritish hajmi, m.	86,2
- yacheykalar soni, dona	51
- aylanish tezligi, ayl/min	5
- umumiy massasi, t	70
- iste'mol qilinadigan quvvat, kVt	25,8

Havoning barabandagi haqiqiy tezligi ushbu formulada aniqlanadi:

$$w_x = V_x / (0,785 \cdot d^2)$$

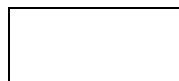
bu erda V_x - qurituvchi eltkichning barabandan chiqishdagi hajmi sarfi:



$$V_x = 6.58 \cdot 22,4 \cdot \frac{273 + 110}{273} \cdot \left(\frac{1}{29} + \frac{0,016}{16} \right) = 7,31 \text{ m}^3/\text{c}$$

$$w_x = 7,31 / (0,725 \cdot 2,8^2) = 1,2 \text{ m/c}$$

Materialning barabanda o'rtacha bo'lish vaqti :



G_m - barabandagi materialning sarfi:

$$G_m = V \cdot \beta \cdot \rho_m$$

bu erda V - quritgichning hajmi, $86,2 \text{ m}^3$; ρ_m - materialning «to'kma» zichligi $\rho_m = 1200 \text{ kg/m}^3$ [6,16]; β - barabanning to'ldirilish darajasi, ushbu misoldagi nasadka uchun 12% [128].

$$G_m = 86,2 \cdot 0,12 \cdot 1200 = 12412,8 \text{ kg}$$

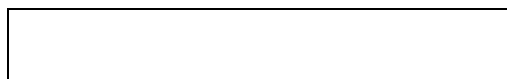
unda:

$$\tau = \frac{12412,8}{2,778 + 0,171/2} = 4335 \text{ c}$$

Barabanning og'ish burchagini quyidagi formulada aniqlanadi:



bu erda l - barabanning uzunligi, 14 m; n - aylanishlar soni, 5 ayl/min; d - barabanning diametri, 2,8 m.



Agar α^I ning qiymati juda kichik bo'lsa (0,5 dan kam), barabanning aylanish soni n kamaytiriladi va hisob qaytariladi.

Materialning eng kichik zarrachalari qurilmadan havo bilan chiqib ketmasligi uchun, uning tezligini hisoblaymiz. Buning uchun moddaning chiqib ketish tezligini, ya'ni erkin uchish tezligini topamiz:

$$w_3 = \frac{\mu_{yp}}{d \cdot \rho_{yp}} \cdot \left(\frac{Ar}{18 + 0,575\sqrt{Ar}} \right)$$

bu erda ρ_{ur} - qurituvchi eltkichning zichligi.

$$\rho_{yp} = [M_x \cdot (p_o - p) + M_c \cdot p] \cdot \frac{T}{v_o \cdot p_o \cdot (T + t_{yp})}$$

r - nam havodagi bug'larning parstial bosimi.

$$p = \frac{x/M_c \cdot p_o}{l/M_x + x/M_c}$$

$r_o = 10^5$ Pa, chunki qurilma atmosfera bosimi ostida ishlaydi.
qurilmaga kirishdagi:

$$p_1 = \frac{0,003/18 \cdot 10^5}{l/29 + 0,003/18} = 480,81 \text{ Pa}$$

qurilmadan chiqishidagi:

$$p_2 = \frac{0,029/18 \cdot 10^5}{l/29 + 0,029/18} = 4463,64 \text{ Pa}$$

unda o'rtacha r

$$r = (480,81 + 4463,64) / 2 = 2472 \text{ Pa}$$

va zichlik:

$$\rho_{yp} = [29 \cdot (10^5 - 2472) + 18 \cdot 2472] \cdot \frac{273}{22,4 \cdot 10^5 \cdot [273 + 110]} = 0,91 \text{ kg/m}^3$$

Arximed kriteriysini aniqlaymiz:

$$Ar = d^3 \cdot \rho_3 \cdot \rho_{yp} \cdot g / \mu_{yp}^2$$

bu erda ρ_3 - quritilayotgan material zarrachalarining zichligi, $\rho_3 = 2165 \text{ kg/m}^3$ [129]; μ_{ur} - havoning o'rtacha temperaturadagi qovushoqligi, $\mu_{ur} = 0,022 \cdot 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ [130].

$$Ar = \frac{(1 \cdot 10^{-3})^3 \cdot 2165 \cdot 0,91 \cdot 9,8}{(0,022 \cdot 10^{-3})^2} = 39891468 \cdot \frac{10^6}{10^9} = 3,99 \cdot 10^4$$

va chiqib ketish tezligi

$$w_2 = \frac{0,022 \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 10^{-3} \cdot 0,91} \cdot \left(\frac{3,99 \cdot 10^4}{18 + 0,575 \cdot \sqrt{3,99 \cdot 10^4}} \right) = 7,3 \text{ m/s}$$

Havoning qurilmadagi tezligi 1,2 m/s va bu 7,3 m/s dan ancha kam. Demak, zarrachalar qurilmadan havo bilan chiqib ketmaydi, chunki $w_x < w_{ch}$.

Agar bu son aksincha kattaroq bo'lsa, havo tezligi kamaytiriladi va hisob qaytadan o'tkazilishi kerak.

III. Quritish qurilmasining gidravlik hisobi.

Issiq eltkich quritgich ichida va kanallarda harakat qilganda gidravlik qarshiliklar hosil bo'ladi. Ular ishqalanish ΔR_n , mahalliy $\Delta R_{m,k}$, quritgichning ichidagi ΔR_k , kalorifer qarshiliklardan va chang tozalovchi qurilma qarshiliklaridan hosil topadi:

$$\Delta R = \Delta R_n + \Delta R_{m,k} + \Delta R_k + \Delta R_{kal} + \Delta R_{ch}$$

1) Ishqalanish qarshiliklari tufayli yo'qotilgan bosimni aniqlaymiz:

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

λ - ishqalanish qarshiligi koefitsienti, va u xarakat rejimiga bog'liq:

$$Re = \frac{w \cdot d \cdot \rho}{\mu}$$

w - qurituvchi eltkichning trubadagi tezligi, odatda uni 10 - 20 m/s atrofida olish mumkin [5,129]; d - trubaning diametri, sekundli sarf tenglamasidan aniqlaymiz,

$$d = \sqrt{\frac{V_c}{0,785 \cdot w}}$$

V_c - qurituvchi eltkichning sekundli hajmiy sarfi:

$$V_c = \frac{L}{\rho}$$

ρ - havoning zichligi, odatda u atrof muhit temperaturasi olinadi.

$t_o = +3,4^\circ\text{S}$ (Boku shahri uchun qish faslida).

$$\rho = \frac{M \cdot 273}{22,4 \cdot (273 + t)} = \frac{29 \cdot 273}{22,4 \cdot (273 + 3,4)} = 1,28 \text{ кг/м}^3$$

va unda

$$V = \frac{6,58}{1,28} = 5,14 \text{ м}^3/\text{с}$$

Trubaning diametri:

$$d = \sqrt{\frac{5,14}{0,785 \cdot 20}} = 0,570 \text{ м}$$

va

$$Re = \frac{20 \cdot 0,57 \cdot 1,28}{\mu} = \frac{20 \cdot 0,57 \cdot 1,28}{0,017 \cdot 10^{-3}} = 858353$$

ya'ni turbulent rejim [6,130]:

$$\lambda = 0,11 \cdot (e + 68/Re)^{0,25}$$

$$e = \frac{\Delta}{d}; \quad \Delta = 0,08; \quad e = 0,0002$$

$$\lambda = 0,11 \cdot \sqrt[4]{0,0002 + 68/858353} = 0,0142$$

Bu erda l - trubaning uzunligi. Ventilyator joylashishiga qarab olinadi, bizning misol uchun $l = 2 \text{ m}$ deb hisoblaymiz (5.121-rasm).

$$\Delta P_u = 0,0142 \cdot \frac{2}{0,57} \cdot \frac{20^2 \cdot 1,28}{2} = 12,78 \text{ Па}$$

2) Mahalliy qarshiliklarni engishda yo'qotilgan bosim:

$$\Delta P_{\text{м.к}} = \sum \xi \cdot \frac{w^2 \cdot \rho}{2}$$

Bu erda $\sum \xi$ - mahalliy qarshilik koeffitsientlarini ilovadagi 5-7 jadvaldan aniqlaymiz [5]:

1. Trubaga kirish	$\xi = 0,5$
2. Trubadan chiqish	$\xi = 1,0$
3. To'g'ri burchak (90°) ostida trubaning burilishi	$\xi = 1,1$
4. Normal ventilyator	$\xi = 5,5$
ikkita bo'lgani uchun	$5,5 \cdot 2 = 11$

$$\Delta P_{\text{м.к}} = (0,5 + 1 + 1,1 + 11) \cdot \frac{20^2 \cdot 1,28}{2} = 3481,6 \text{ Па}$$

Chang tozalagich sifatida stiklon olsak:

$$\Delta P_u = \xi \cdot w_{\text{ex}}^2 \cdot \rho / 2;$$

$$\rho = \frac{M \cdot 273}{22,4 \cdot (T + t)} = \frac{29 \cdot 273}{22,4 \cdot (273 + 60)} = 1,1 \text{ кг/м}^3$$

$\xi = 6$ stiklon ATI uchun [127],

$$\Delta P_y = 6 \cdot 20^2 \cdot 1,1/2 = 1320 \text{ Pa}$$

Quritish barabanining qarshiligi $\Delta R_b = 100 \text{ Pa}$ [19] va kaloriferning qarshiligi $\Delta R_k = 200 \text{ Pa}$ [19,128].

$$\Delta R = 12,76 + 3481,6 + 200 + 100 + 1320 = 5798,36 \text{ Pa}$$

IV. Ventilyatorni tanlash

Ventilyator asosan ikki parametr: havoning hajmiy sarfi va nabori orqali tanlanadi:

$$V_c = \frac{h_{max}}{\rho} = \frac{6,58}{1,28} = 5,14 \text{ m}^3/\text{c}$$

$$H = \frac{\Delta P}{\gamma} = \frac{\Delta P}{\rho \cdot g} = \frac{5498,36}{1,28 \cdot 9,8} = 439,87 \text{ m}$$

Bu parametrlar orqali [127] yoki ilovadagi 15 jadvaldan [5] gazoduvka TV - 450 - 1,08 ni tanlaymiz, u $V = 5,86 \text{ m}^3/\text{c}$ va $\Delta R = 6000 \text{ Pa}$ ga to'g'ri keladi.

Gazoduvkaning AO2-82-2 markali elektr yuritkichi $N = 55 \text{ kVt}$ quvvatga ega.

V. Kalorifer hisobi

Nam havoni isitish uchun ko'pincha bug' bilan ishlaydigan plastinali kaloriferlar ishlatiladi. Kaloriferni tanlash uchun isitish yuzasini aniqlash kerak:

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

bu erda Q - havoni isitishga sarflangan issiqlik miqdori:

$$Q = G \cdot (t_1 - t_2) \cdot s_x$$

bu erda s_x - havoning issiqlik sig'imi, $s_x = 0,241 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$ [25]; $t_1 = 160^\circ\text{C}$; $t_2 = 3,4^\circ\text{C}$.

$$Q = 6,58 \cdot 0,24 \cdot (160 - 3,4) = 248,3 \text{ kJ/s}$$

bu erda k - bug'dan havoga issiqlik o'tkazish koeffitsienti $k = 40 \text{ Wt/(m}^2 \cdot \text{K)}$; Δt_y - o'rtacha temperaturalar farqi. Bug'ning temperaturasi $t_1 \cdot (160^\circ)$ dan 20° balandroqolamiz [5, 127].

Bug' kondensatga aylanganda uning temperaturasi o'zgarmaydi.

$$\begin{array}{ccc} \text{bug'} & & \text{havo} \\ 3,4^\circ & \longrightarrow & 160^\circ \quad 180^\circ \longrightarrow 180^\circ \\ \Delta t_{ka} = 180 - 3,4 = 176,6^\circ\text{C} & \Delta t_{ka} = \frac{176,6}{20} = 8,83 > 2 \\ \Delta t_{ku} = 180 - 160 = 20^\circ\text{C} & \Delta t_{ku} = 20 \end{array}$$

va

$$\Delta t_{yp} = \frac{\Delta t_{ka} - \Delta t_{ku}}{2,3 \cdot \lg \frac{\Delta t_{ka}}{\Delta t_{ku}}} = \frac{176,6 - 20}{2,3 \cdot \lg 8,83} = \frac{156,6}{2,3 \cdot 0,946} = 71,2^\circ\text{C}$$

$$F = \frac{248,3 \cdot 10^3}{40 \cdot 71,2} = 87,2 \text{ m}^2$$

Ushbu yuza bo'yicha KFS - 11 kalorifer tanlaymiz va undan ikki dona olishimiz kerak [127].

KFS - 11 ning xarakteristiklari:

- issiqlik almashinish yuzasi	- $F = 54,6 \text{ m}^2$
- massasi	- $m = 244,45 \text{ kg}$
- balandligi	- $h = 1160 \text{ mm}$
- eni	- $l = 960 \text{ mm}$
- ko'ndalang kesim yuzasi, m^2 :	
havo bo'yicha	- $0,638 \text{ m}^2$
isitgich bug' bo'yicha	- $0,0122 \text{ m}^2$

VI. Quritkichning mexanik hisobi.

Baraban devorlarining qalinligi

$$\delta = 0,007 \cdot D_{bar} = 0,007 \cdot 2814 = 19 \text{ mm}$$

Barabanning aylanish tezligi.

$$n = (m \cdot k \cdot L_{bar}) / (\tau \cdot D_{bar} \cdot t_d \cdot \alpha)$$

m - nasadkaning turiga bog'liq koefitsient: **m** = 0,5; **k** = 0,5 - 2,0 [127,128]

$$(0,5 \cdot 2 \cdot 14) / (4335 \cdot 2,814 \cdot \text{tg} 24,4) = 0,05 \text{ ayl/c}$$

Odatda, qumni quritishda **n** = 3,8 ayl/min qabul qilinadi

Barabanni aylantirishga sarflangan quvvat:

$$N = 0,078 \cdot D_{bar} \cdot L_{bar} \cdot \rho \cdot \sigma \cdot n$$

σ - quvvat koefitsienti, nasadka turiga va barabanning to'ralik koefitsientiga bog'liq **σ** = 0,071 [85,127].

$$N = 0,078 \cdot 2,814^3 \cdot 14 \cdot 1200 \cdot 0,071 \cdot 3 = 6,22 \text{ kVt}$$

KRISTALLANISH

5.48. Umumiy tushunchalar

Eritmalardan erigan qattiq komponentlarni kristall holda ajratib olish **kristallanish** jarayoni deb nomlanadi.

Kristallanishga teskari jarayon **eritish** jarayoni deyiladi.

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, medistina, farmastevtika, 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 etishtirish.

Kristallanish jarayonida turli o'lchamli kristallar, ya'ni sochiluvchan mahsulot olinadi.

Har bir 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 tutgan kristall **kristallogidratlar** deyiladi.

Kristallanish jarayoni ro'y berishi uchun boshlang'ich eritma o'ta to'yingan holatda bo'lishi kerak. Agar, eritmada erigan modda konstantriyasi 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 ajrab chiqishi tugagandan keyin to'yingan eritma qoladi.

Sanoat texnologik jarayoni 3 bosqichdan iborat: 1) kristallanish; 2) kristallarni eritmalardan ajratish; 3) kristallarni yuvish va quritish.

5.49. 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 konstantriyasi 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 (5.124-rasm).

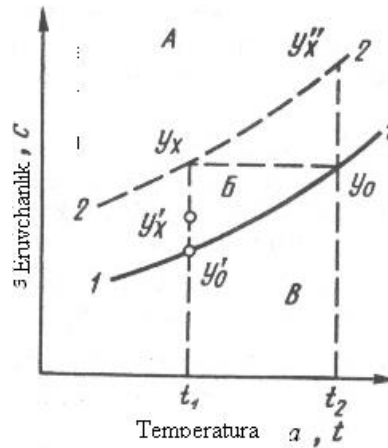
Konstantriyasi labil (o'zgaruvchan) zonaga to'g'ri keladigan eritmalar juda tez kristallanadi. Metastabil zonaga oid konstantriyasi eritmalar esa - nisbatan sekin kristallanadi, chunki jarayon tezligi eritma temperaturasi, issiqlikni ajratib olish yoki erituvchini bug'lanish tezligi, aralashtirish va boshqa omillarga bog'liq.

Agar, temperatura t_2 dan t_1 gacha o'zgarsa, eritmada juda kam miqdorda kristallar ajrab chiqadi va u eritma konstantriyasi $u_2 - u_0$ o'zgarishiga to'g'ri proporsionaldir. O'zgarma t_2 temperaturada erituvchining bir qismi yo'qotilgan taqdirda, o'ta to'yingan eritma olishga erishish mumkin. Bunda, konstantriyalar farqi $u_x - u_0$ ga proporsional miqdorda kristallar hosil bo'ladi. Demak, bunday eritmalar kristallanishi eritma temperaturasi 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.



5.124-rasm. Eritmalar holat diagrammasi.

1-1 - eruvchanlik egri chizig'i; 2-2 - metastabil soha chegarasi;
A - labil (o'zguruvchan) eritmalar zonas; B - metastabil eritmalar zonas;
V - barqaror eritmalar zonas.

Saxarozaning kristallanish jarayonini ko'rib chiqamiz. Kristallar o'lchami o'sishi jarayonida ular δ qalinlikdagi o'ta to'yingan, metastabil eritma chegaraviy qatlami bilan o'ralgan bo'ladi. Ushbu o'ta to'yingan eritmada ortiqcha saxaroza molekulalari tezda ajralib chiqadi va kristall yuzasiga yopishadi. Natijada, eritma u_n konstantastiyali holatiga o'tadi.

Lekin, kristallarni ma'lum bir masofada o'rab turgan eritmada konstantastiyasi u_p bo'lgan o'ta to'yingan saxaroza saqlanib turadi.

Konstantastiyalar farqi $u_p - u_n$ bo'lgani uchun eritmaning chegaraviy qatlami orqali saxaroza diffuziya qiladi. Kristall qirralariga yaqinlashgan, saxaroza molekulalari kristallik panjaraga o'tadi, ya'ni fazaviy o'tish sodir bo'ladi. Shunday qilib, kristallar o'sish 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'sish tezligi ushbu tenglama yordamida ifodalash mumkin:

$$\frac{dM}{d\tau} = \frac{D \cdot F (y_n - y_u)}{\delta} \quad (5.242)$$

bu erda dM - vaqt birligida kristallangan modda miqdori; D - diffuziya koeffitsienti; F - kristallanish yuzasi; u_p - o'ta to'yingan eritma hajmidagi modda konstantastiyasi; u_n - kristall sirti atrofida modda konstantastiyasi (odatda eritma konstantastiyasiga teng deb qabul qilinadi); δ - konstantastiyasi u_p dan u_n gacha o'zgaradigan eritma chegaraviy qatlamining qalinligi.

(5.242) tenglamani integrallasak, ushbu ko'rinishga ega bo'lamiz:

$$M = \frac{D \cdot (y_n - y_u) F \tau}{\delta}$$

Kristallanish tezligi esa:

$$\frac{M}{F \tau} = \frac{D \cdot (y_n - y_u)}{\delta} \quad (5.243)$$

Kristallar laminar rejimda o'ta to'yingan eritma bilan yuvilib turishini hisobga olsak, chegaraviy qatlam qalinligi ushbu ifodadan aniqlanadi:

$$\delta \approx \left(\frac{\mu}{v} \right)^{0.5} \quad (5.244)$$

bu erda μ - to'yingan eritmaning dinamik qovushoqligi; w - kristallarning eritmada harakat tezligi. Stoks qonuniga binoan $v = 1/\mu$

Eynshteyn nazariyasiga binoan diffuziya koeffitsientining absolyut temperatura T va qovushoqlik μ ga bog'liqligi quyidagi funktsiya bilan ifodalanadi:

$$D = \frac{kT}{\mu} \quad (5.245)$$

bu erda k - diffuziyanayotgan modda tabiatiga bog'liq o'zgarmas kattalik.

(5.244) va (5.245) tenglamalarni (5.243) ga qo'ysak, ushbu ko'rinishga erishamiz:

$$\frac{M}{F\tau} = \frac{kT(y_n - y_u)}{\mu^2} \quad (5.246)$$

$\mu^2=1$ bo'lganda, koeffitsient $k = 2318$. Unda, (5.246) tenglama ushbu ko'rinishni oladi:

$$\frac{M}{F\tau} = \frac{2318 \cdot (y_n - y_u)}{\mu^2} \quad (5.247)$$

bu erda $M/(F\tau)$ - saxarozaning kristallanish tezligi, $\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$; $u_p - u_n$ - konstantarstiyalar farqi, gramm 100 g eritmaga; μ - to'yingan eritmaning dinamik qovushoqligi, $\text{mPa} \cdot \text{s}$.

Kristallanish tezligini belgilovchi asosiy omillar: eritmaning o'ta to'yinish darajasi; temperatura; kristallanish markazlarining hosil bo'lishi; aralashtirish intensivligi; eritmada qo'shimcha moddalar borligi va h.

Kristallanish jarayoni 2 bosqichdan 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 induktion 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 kristallik 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 silliqlanishi 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.

5.50. 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 foydalanadi: eritmalardagi erituvchining bir qismini bug'latish; eritma temperaturasini o'zgartirib kristallash; kombinastiyalangan 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 eritma tarkibidagi aralashmalar ham quyuvlashadi.

Qurilma ichida qattiq moddalar yopishib yoki cho'kib qolmasligi uchun eritmaning sirkulyatsiya tezligi ko'paytiriladi.

Kristallarni ajratish va yuvish filtr yoki stentrifugalarda 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 eruvchanlikli 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. Sovutuvchi eltkich sifatida suv ishlatiladi. Havo yordamida sovutilganda jarayon nisbatan sekin boradi, lekin yirik va bir jinsli kristallar hosil bo'ladi. Manfiy eruvchanlikli eritmalarni kristallash uchun eritma qizdirilishi zarur.

Kombinastiyalangan usullarga vakuum ostida, erituvchining bir qismini issiqlik eltkich yordamida bug'latib kristallash va frakstiyali 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 (tahminan 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 sovutish yo'li bilan erishiladi, chunki konstantstratiya bunda sezilar - sezilmas o'zgaradi. Erituvchi eritmaning fizik issiqligi hisobiga, hamda kristallanish jarayonida ajralib chiqayotgan issiqlik hisobiga bug'lanishi mumkin. Eritmaning sovutish 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.

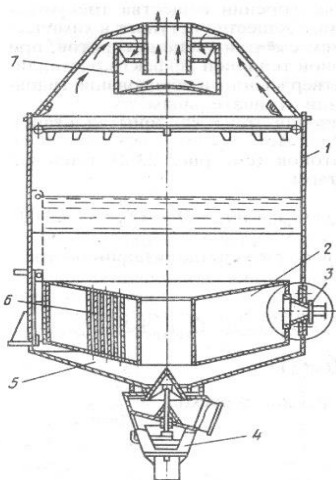
Erituvchining bir qismini issiqlik eltkich yordamida bug'latib kristallash. Bu usulda erituvchining bir qismi eritma ustida harakatlanayotgan havo yordamida bug'lanadi va eritma sovutiladi.

Frakstiyali kristallash. Agar eritma tarkibida ajratiladigan moddalar bir nechta bo'lsa, uni frakstiyali kristallash usulida qayta ishlanadi. Bu usulda eritma temperatura va konstantstratiyasini o'zgartirish yo'li bilan kristallar ketma - ket cho'ktiriladi va ajratib olinadi.

5.51. Kristallizatorlar konstrukstiyalari

Ishlash prinsipiga qarab kristallizatorlar davriy va uzluksiz qurilmalarga bo'linadi. Uzluksiz ishlaydigan qurilmalar o'z navbatida erituvchining bir qismini bug'latuvchi va eritmani sovutuvchi kristallizatorlarga ajraladi. Undan tashqari, mavhum qaynash qatlamli kristallizatorlar ham bo'ladi.

Tabiiy sirkulyatsiyali, davriy ishlaydigan, osma isituvchi kamerali vakuum - kristallizator 5.125-rasmida tasvirlangan.



5.125-rasm. Osma isituvchi kamerali vakuum - kristallizator.

1 - qobiq; 2 - isituvchi kamera; 3 - bug'ni uzatish moslamasi; 4 - sirkulyatsion truba; 5 - konussimon tub; 6 - isituvchi truba; 7 - inersion separator

Isituvchi kamera konussimon teshikli panjara va trubalar o'ramidan tarkib topgan. Trubalar ushbu panjaraga razvaltsovka usulida mahkamlangan.

Isituvchi kameraning o'qi bo'ylab sirkulyatsion truba joylantirilgan. Qurilma qobig'i va isituvchi kamera orasida halqasimon bo'shliq bo'lib, unda utfel sirkulyatsiya qiladi. Qurilmada temperaturalar farqi tufayli chiziqli uzayishlar paydo bo'ladi. Shu sababli, bug'ni uzatish uchun temperatura deformastiyalarini 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 membrana yordamida birlashtiriladi. Utfel sirkulyatsiyasini yaxshilash maqsadida isituvchi kamera ostiga bug' yordamida puflash qo'llaniladi.

Vakuum-kristallizatorlarda qo'llaniladigan isituvchi kamera konstrukstiyalari turli bo'lishi mumkin. Hozirgi kunda eng keng tarqalgan isituvchi kamera konstrukstiyasi - bu osma kameralardir. Ularning teshikli panjarasi konussimon, sferik va boshqa murakkab shaklli bo'lishi mumkin. Isituv 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 konstruktsiyasi 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.

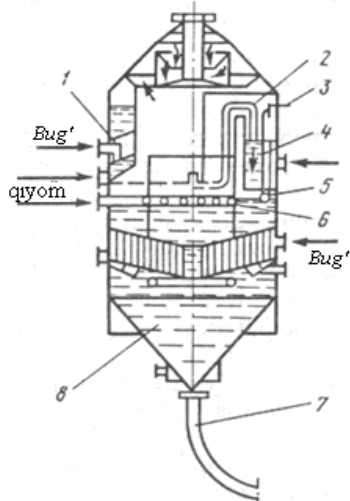
5.126-rasmda qand ishlab chiqarish sanoatida qo'llaniladi uzluksiz ishlaydigan kristallizator konstruktsiyasi keltirilgan. Quyuqlashtirgich va kristall generatorlari halqasimon segment ko'rinishida yasalgan bo'lib, isitish yuzalari zarur o'lchamdagi trubalardan hosil qilingan. Qurilmaning boshqa qismlaridan quyuqlashtirgich 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 stilindrik ko'rinishda bo'lib, stilindrik va radial to'siqlar yoradamida 4 ta bo'limga ajratilgan bo'ladi.

Turg'un rejim o'rnatilgandan so'ng, qiyom (patoka) quyuqlashtirgich va kristall o'stirish kamerasiga o'zatiladi.

Quyuqlashtirgichdagi yuqori bosimda va kristall hosil bo'lish temperaturasidan $10...15^{\circ}\text{S}$ yuqori temperaturada qiyom konstantasiyasi oshiriladi. So'ng esa, quyuqlashtirilgan eritma kristall generatoriga yuboriladi va u erda qaynaydi. Natijada eritmadagi erituvchining bir qismi bug'lanadi va temperaturasi pasayadi. Bu hol o'ta to'yinish koeffitsientining keskin o'sishiga olib keladi. Qiyomning sirkulyatsiyasi davrida intensiv ravishda kristallar hosil bo'lib boshlaydi. Quyuqlashtirgichdagi qiyomning o'ta qizish kattaligi va kristall generatoriga uzatilayotgan bug' miqdori bilan kristallar tarkibini rostlash mumkin.

Kristall generatorida olingan utfel va qiyom uzluksiz ravishda kristall o'stirish kamerasining birinchi bo'limiga uzatiladi. Utfel esa birinchi bo'limdan to'rtinchisiga oqib o'tadi, qaynatib quyultiriladi va to'kish moslamasi orqali uzluksiz ravishda chiqarib turiladi.

Qurilma ishlashi avtomatik ravishda boshqariladi.

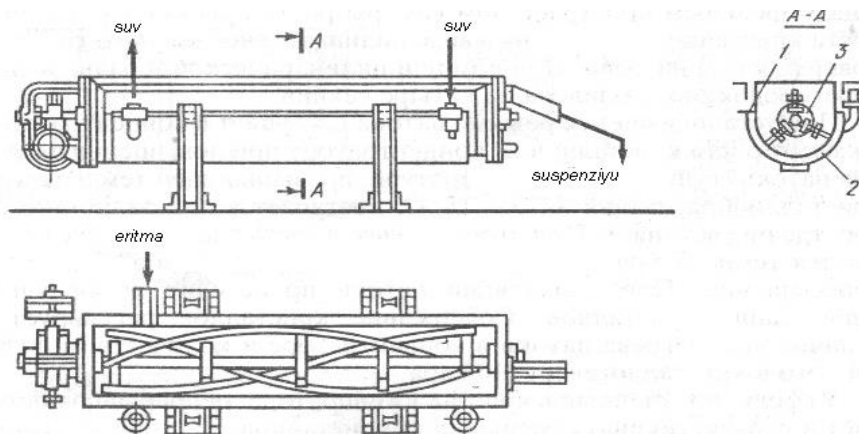


5.126-rasm. Uzluksiz ishlaydigan kristallizator.

1 - quyuqlashtirgich; 2 - truba; 3 - truba holatini rostlovchi g'ildirak (shturval); 4 - kristall generatori; 5 - quyilish trubalari; 6 - barboter; 7 - to'kish moslamasi; 8- kristallar

Davriy ishlaydigan kristallizatorlar mexanik aralashtirgichli va zmeevikli vertikal, stilindrik qurilmalardir. Bunday qurilmalarda kristallash jarayoni va eritmani sovitish bir vaqtda olib boriladi.

Lentali aralashtirgichli tog'orasimon tipdagi kristallizator 5.127-rasmda ko'rsatilgan. Ayrim hollarda lentali aralashtirgich o'rniga uzluksiz vint shaklidagi shnekli aralashtirgich o'rnatilishi mumkin.



.127-rasm. Lenta aralashtirgichli kristallizator.

1 – tog'orasimon qobiq; 2 - suvli g'ilof; 3 - aralashtirgichlar.

Bu turdagi kristallizatorlarda olingan kristallar o'lchami 0,5...6 mm dan oshmaydi. Tog'orasimon kristallizatorlar tuzilishi sodda, ekspluatatsiya qilish qulay va ishonchliligi yuqori.

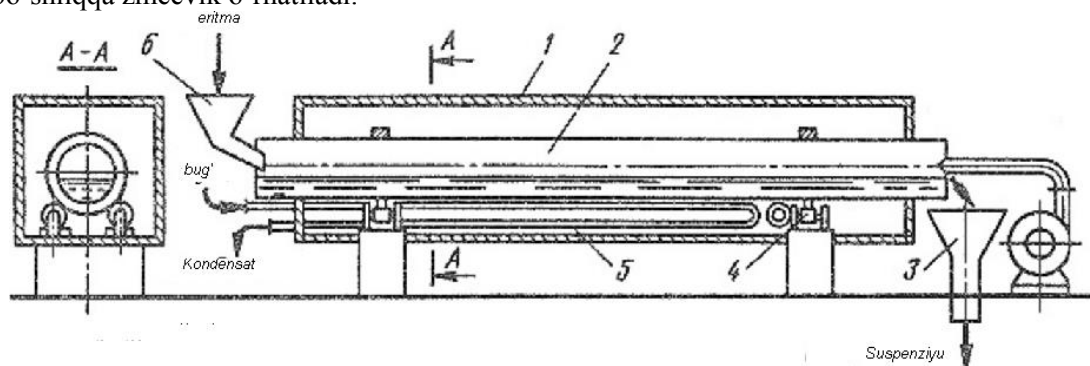
Barabanli kristallizatorlar tarkibida suv yoki havoli sovitish moslamali bo'ladi. Havo yordamida sovutilganda, eritmadan havoga issiqlik berish koeffitsienti kichik bo'ladi.

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'nalishi bo'ylab, ufq chizig'iga nisbatan ma'lum qiyalik burchagida o'rnatiladi (5.128-rasm).

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.

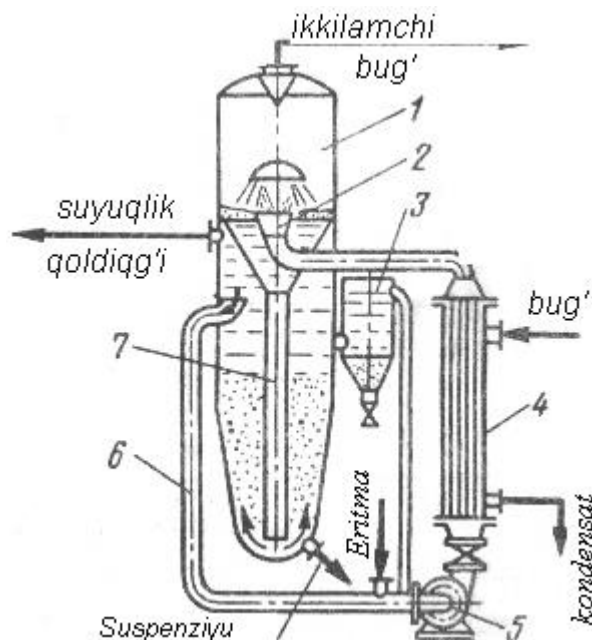
Baraban qobiq ichiga joylashtirilgan bo'lib, ular orasidagi halqasimon bo'shliqqa sovuqlik eltkichlar, ya'ni suv yoki havo yuboriladi. Eritma va sovuqlik eltkich qarama - qarshi yo'nalishda harakatlanadi. 1 m³ eritmani sovitish uchun taxminan 5 m³ suv sarflanadi. Qurilma devorlarida kristallar cho'kib yoki yopishib qolish oldini olish maqsadida barabanning pastki qismi qizdirib turiladi. Buning uchun qobiq va baraban orasidagi bo'shliqqa zmeevik o'rnatiladi.



5.128-rasm. Barabanli kristallizator.

1 - qobiq; 2 - baraban; 3 - suspenziya; 4 - g'ildirakcha; 5 - zmeevik; 6 - voronka.

Mavhum qaynash qatlamli kristallizatorlar kristallash jarayonini intensiv rejimlarda o'tkazish imkoniyatini beradi (5.129-rasm).



5.129-rasm. Mavhum qaynash qatlamli kristallizator.

1 - qobiq; 2- qaynash trubasi; 3- yig`gich; 4 - issiqlik almashinish qurilmasi; 5 - nasos;
6 - sirkulyacion truba; 7 - markaziy trubalar.

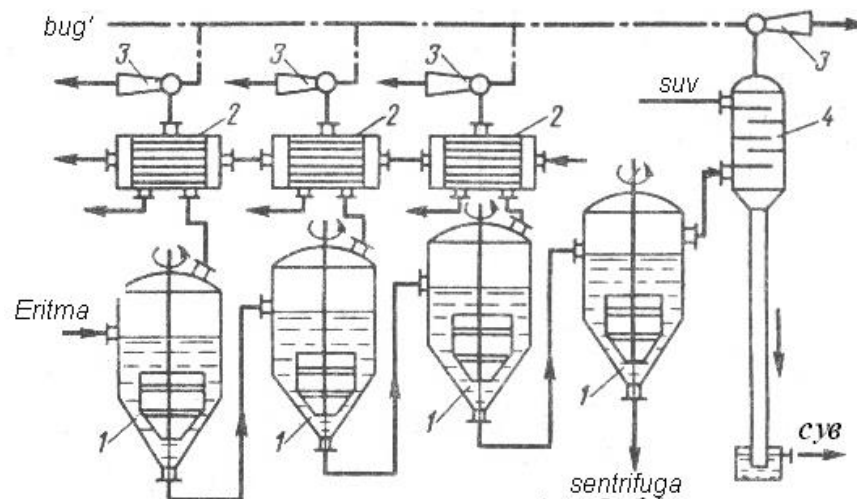
Kristallanish jarayoni erituvchining bir qismini bug`latib yo`qotish yoki eritmani sovitish usullarida tashkil etilishi mumkin.

Sirkulyacion trubada boshlang`ich eritma sirkulyatsiya qilayotgan kristallari ajratib olingan eritma qoldig`i bilan aralashadi. So`ng, aralashma issiqlik almashinish qurilmasida qizdiriladi, qaynash trubasi orqali qurilmaga o`tadi va u erda intensiv ravishda qaynab bug` hosil qiladi. Jarayon mobaynida hosil bo`lgan o`ta to`yingan eritma kristallizatorning pastki qismiga tushadi. Bu erda, eritmaning sirkulyatsiyasi hisobiga mavhum qaynash qatlami paydo bo`ladi. Hosil bo`lgan yirik (2 mm gacha) kristallar qurilma tubiga cho`kadi va ular chiqarib yuboriladi.

Mayda kristallar esa, jarayonda qatnashib, o`shishda davom etadi yoki yig`gich 3 orqali chiqariladi.

Mavhum qaynash qatlamida suspenziyaning intensiv aralashishi tufayli eritmada moddaning diffuziya tezligi ortadi va kristallarning o`shish jarayoni tezlashadi. Bunda, eritmaning o`ta to`yinish darajasi kamayadi va kristallarning o`shish tezligi kristallash markazlari hosil bo`lish tezligiga nisbatan katta bo`ladi. Mavhum qaynash qatlamida kristallash jarayonida boshqa usullarga nisbatan yaxshi granulometrik tarkibli kristallar olinadi.

**Ko`p korpusli vakuum – kristallash qurilmasi** 5.130-rasmda keltirilgan. Odatda bunday qurilmalar tarkibida 3...4 ta aralashtirgichli vakuum kristallizator bo`ladi. Eritma, har bir quyidagi joylashgan korpusdan yuqoridagi korpusga vakuum hisobiga so`rib olinadi. Har bir korpus sirtiy kondensator va bug` oqimchali nasos bilan ta`minlangan. Oxirgi korpusdagi vakuum, barometrik kondensator yordamida hosil qilinadi. Sirtiy kondensatorlar boshlangich eritma yordamida sovitiladi. Suspenziya esa, oxirgi korpusdan chiqariladi.



5.130. Ko'p korpusli vakuum-kristallash qurilmasi.

1 - vakum-kristallizatorlar; 2 - sirti kondensatorlar;
3 - bug'oqimchali nasos; 4 - barometrik kondensator.

Ko'p korpusli vakuum - kristallizatorlar tuzilishi sodda, iqtisodiy jihatdan samarador va yirik, ko'p tonnajli korxonalarda ishlatiladi.

5.52. 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 konsentrastiyalari, massaviy ulushlar; $a = M/M_{kr}$ - erigan absolyut quruq modda molekulyar massasining kristallogidratning molekulyar massasiga nisbati; suv molekularini qo'shmasdan kristallash uchun $M = M_{kr} \cdot a = 1$; 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:

$$G_{\delta} = G_{kp} + G_k + W \quad (5.248)$$

Erigan absolyut quruq modda buyicha moddiy balans ushbu ko'rinishda bo'ladi:

$$G_{\delta} x_{\delta} = G_{kp} a + G_m x_m \quad (5.249)$$

Agar, $a=1$ bo'lsa, bug'latilgan erituvchining massasi ushbu formuladan topiladi:

$$W = \frac{G_{kp}}{G_{\delta} \left(1 - \frac{x_{\delta}}{x_m} \right)} \quad (5.250)$$

(5.248) va (5.250) formulalardan foydalanib hosil bo'lgan kristallar massasini aniqlash mumkin:

$$G_{kp} = \frac{G_{\delta} (x_m - x_{\delta}) - W \cdot x_m}{x_m - a} \quad (5.251)$$

Eritmadagi erituvchini bug'latmasdan kristallashda $W=0$ bo'ladi. Bu usulda olingan kristallar miqdori:

$$G_{kp} = \frac{G_{\delta} (x_{\delta} - x_m)}{a - x_m} \quad (5.252)$$

Agar $a=1$ bo'lsa:

$$G_{kp} = \frac{G_{\delta} (x_{\delta} - x_m)}{1 - x_m}$$

Erituvchini bug' holatiga o'tkazish uchun sarflangan gaz miqdori ushbu tenglamadan hisoblanadi:

$$L = \frac{W}{x_2 - x_1} \quad (5.253)$$

ISSIQLIK BALANSI.

Eritmadagi erituvchining bir qismini bug`latib kristallash. Issiqlik balansini tuzish uchun ushbu belgilashlarni kiritamiz:

D - isituvchi bug` sarfi, kg/s;  $i_n, i_{kr}, i_m, i_{vb}, i', i''$  - eritma, kristall, kristallari ajratib olingan eritma qoldig`i, ikkilamchi bug`, isituvchi bug` va kondensatlarning solishtirma entalpiyasi, kJ/kg; r_{kr} - kristallarning kristallik panjarasi hosil qilish issiqligi, kJ/kg; Δq - eritmani x_b dan x_m gacha konstantrlashning issiqlik effekti.

Eritmani kristallash jarayonida kristallik panjarasi hosil bo`ladi va ma`lum miqdorda issiqlik (qotib qolish issiqligi) ajralib chiqadi. Moddalarni eritish jarayonida esa, issiqlik sarflar zarur bo`ladi.

Agar, eritilayotgan modda erituvchi bilan kimyoviy reaksiyaga kirishib gidratlar hosil qilsa, unda issiqlik ajralib chiqadi.

Qotish issiqligi va gidratlar hosil bo`lishiga qarab kristallanishning summar issiqlik effekti musbat yoki manfiy bo`ladi.

Yuqorida qabul qilingan belgilashlarni hisobga olsak, kristallanish issiqligi $Q_{kr} = Q_{kr} \cdot r_{kr}$, gidratlash issiqligi esa - $Q_G = \pm \Delta q G_m x_m$.

Issiqlik balansini quyidagi tenglik bilan ifodalash mumkin:

$$G_\delta i_p + G_{kp} \cdot r_{kp} \pm \Delta q G_m x_m + Di'' = G_{kp} \cdot i_{kp} + G_m \cdot i_m + Wi_{BT} + Di' + Q_n \quad (5.254)$$

Bundan, kristallash uchun zarur bo`lgan bug` sarfini aniqlash mumkin:

$$Q = D(i'' - i') = G_{kp} \cdot i_{kp} + G_m \cdot i_m + Wi_{BT} + Q_n - G_m \cdot r_{kp} \pm \Delta q G_m x_m \quad (5.255)$$

Eritmani sovitish jarayonidagi sovuq suvning massaviy sarfi:

$$G_{cy8} = \frac{Q_{coe}}{G_m c_m (t_{ox} - t_\delta)} \quad (5.256)$$

Sovuq havoning sarfi esa:

$$L = \frac{Q_{coe}}{i_{ox} - i_\delta} \quad (5.257)$$

bu erda t_b, t_{ox} - suvning boshlang`ich va oxirgi temperaturalar, °S;  $i_b, i_{ox}$  - havoning boshlang`ich va oxirgi entalpiyalari, kJ/kg.

Kristallizatorlarning isitish va sovitish yuzalari issiqlik almashinish qurilmalarini hisoblash formulalari bo`yicha olib boriladi.

9 – bob. KIMYOVIY JARAYONLAR

9.1. Umumiy tushunchalar

Kimyoviy aylanishlarni o'tkazish uchun mo'ljallangan qurilmalar **reaktorlar** deb ataladi. Kimyoviy texnologiyaning jarayon va qurilmalari orasida kimyoviy reaktorlar va ularda kechadigan jarayonlar alohida o'rin tutadi. Ushbu jarayonlar kimyo sanoatining asosidir.

Kimyoviy aylantirishlar quyidagi xosligi bilan xarakterlanadi:

a) gidrodinamik, issiqlik va massa almashinish hodisalari, hamda kimyoviy kinetika qonunlari kimyoviy jarayonlar kechish qonuniyatlarini belgilaydi;

b) kimyoviy-texnologiya jarayonlarining kechishiga katta ta'sir etuvchi omillar kimyoviy jarayonlar uchun muhit ahamiyatga ega; reaksiyalarni bir vaqtda parallel va ketma-ket kechishida temperatura va aralashtirish kabi omillar mahsulot sifatiga salmoqli ta'sir etadi;

v) umuman olganda, jarayon tezligi eng sekin o'tadigan bosqich bilan belgilanganligi sababli, kimyoviy jarayonlar diffuzion, kinetik va oralik sohalarida kechishi mumkin.

Agar jarayon tezligi massa almashinish (diffuziya) tezligi bilan belgilansa, jarayon **diffuzion** sohada o'tadi. Agar jarayon tezligi faqat kimyoviy aylanishlar tezligi bilan belgilansa, jarayon **kinetik** sohada boradi. Agar kimyoviy reaksiya va diffuziya tezliklari taxminan bir xil bo'lsa, jarayon **oralik** sohada kechadi. Lekin, sanoat qurilmalarida kimyoviy jarayonlarning tezligi faqat issiqlikni uzatish yoki ajratib olish tezliklari bilan ham belgilanishi mumkin.

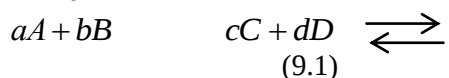
Ko'pincha reaktorlar sifatida maxsus, o'ta murakkab konstruktsiyali qurilmalar qo'llaniladi.

9.2. Kimyoviy aylanishlar davridagi muvozanat

Odatda, yangi reaktorlar yaratish uchun loyihachiga reaksiya yo'nalishi va oxirgi konstantastiyalar berilgan bo'ladi. Shunga qaramasdan, loyihachi kimyoviy muvozanat nazariyasining (fizik kimyo fanining kimyoviy termodinamika qonuniyatlari) asosiy holatlarini bilishi zarur.

Massalar ta'sir qonuni. Ma'lumki, kimyoviy reaksiyalar qaytar bo'lishi mumkin, ya'ni boshlang'ich moddalar o'zaro kimyoviy ta'siri (to'g'ri reaksiya) bilan birga, reaksiya mahsulotlarining o'zaro kimyoviy ta'sirida boshlang'ich moddalar hosil bo'lishi (teskari reaksiya) mumkin. To'g'ri reaksiya o'tib borishi bilan uning tezligi kamaysa, shu davrda mahsulot ortishi bilan teskari reaksiya tezligi o'sadi. To'g'ri va teskari reaksiya tezliklari tenglashishi bilan kimyoviy muvozanat holati boshlanadi. Tashqi sharoitlar buzilmasdan turganda muvozanat aralashmadagi moddalar tarkibi va konstantastiyasi o'zgarmas bo'ladi. Tashqi sharoitlarning cheksiz kichik o'zgarishi, muvozanat holatini cheksiz o'zgarishiga olib keladi. Demak, kimyoviy reaksiyalar termodinamik muvozanat holatida borishi va ularga termodinamik muvozanatning umumiy shartlarini qo'llash mumkin.

Kimyoviy reaksiyada qatnashayotgan moddalarning parstial bosimlari yoki muvozanat konstantastiyalari o'rtasidagi bog'liqlik massalar ta'sir qonuni bilan ifodalanadi. Muvozanat holatidagi gomogen gazli kimyoviy reaksiya uchun:



agar, reaksiya komponentlari - ideal gazlar bo'lsa, quyidagi tenglama to'g'ri keladi:

$$\frac{p_C^c \cdot p_D^d}{p_A^a \cdot p_B^b} = K_p \quad (9.2)$$

bu erda **a, b, c, d** - **A, V, S, D** moddalarning stexiometrik koeffitsientlari;

r_i - tegishli stexiometrik koeffitsientlar darajasidagi **A, V, S, D** komponentlarning parstial bosimlari.

O'zgarmas **K_p** ning qiymati **muvozanat konstantasi** deb ataladi. Ushbu konstanta faqat temperaturaga bog'liq va boshlang'ich aralashma komponentlarning parstial bosimi va bosimlar yig'indisiga bog'liq emas. (9.2) tenglama massalar ta'sir qonunining ifodasi bo'lib, uning miqdoriy ifodasi va keltirib chiqarilishi 1867 yili Guldberg va Vaaglar tomonidan taklif etilgan.

Haqiqiy gazlar uchun komponentlar parstial bosimlarini har bir **i** - komponentning uchuvchanligi **f_i** bilan almashtirish kerak. Bunda, muvozanat konstantasi **K_f** ham komponentlarning uchuvchanligi orqali ifodalanadi.

Muvozanat konstantasi konstantastiyalar yordamida ham ifodalanishi mumkin:

$$\frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b} = K_c \quad (9.3)$$

Ideal bo'lmagan eritmalar uchun muvozanat konstantasi K_a komponent a ning faolligi orqali ham ifodalanishi mumkin.

Suyultirilgan eritmalar uchun $a_i = s_i$ va $K_s = K_a$.

Parstial bosim va mol ulushlar (K_N) orqali ifodalangan muvozanat konstantalari o'zaro quyidagicha bog'langan:

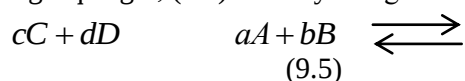
$$K_p = K_c (RT)^{\Delta n} = K_N P^{\Delta n} \quad (9.4)$$

bu erda Δn - reaksiya gazsimon qatnashchisining mol soni o'zgarishi; R - sistemadagi umumiy bosim; K - gaz doimiysi; T - temperatura, K .

Agar, reaksiya gazsimon moddaning mol ulushi o'zgarishsiz o'tsa, ya'ni $\Delta n = 0$ bo'lsa, unda $K_R = K_S = K_N$ bo'ladi.

Shuni alohida ta'kidlash kerakki, umumiy holda K_N miqdoriy jihatdan K_R dan farq qiladi va temperatura, hamda sistemadagi bosimga bog'liqdir.

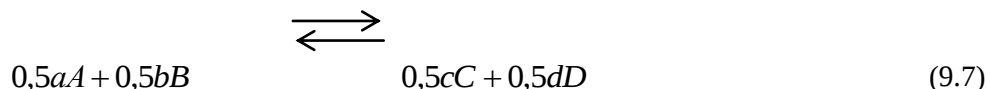
Muvozanat konstantasining son qiymati reaksiyaning yo'nalishi va qaysi miqdorlari uchun stexiometrik tenglama yozilganiga bog'liq. Agar, (9.1) reaksiya tenglamasini teskari yo'nalish uchun yozsak, ya'ni:



unda, muvozanat konstantasi quyidagiga teng bo'ladi:

$$K_p' = \frac{1}{K_p} \quad (9.6)$$

Agar, (9.1) tenglamadagi stexiometrik koeffitsientlarni 2 barobar kamaytirsak, unda quyidagi ifodaga erishamiz:



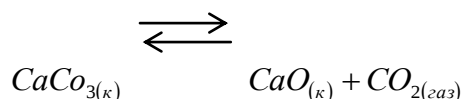
unda, muvozanat konstantasi K_p'' quyidagicha ko'rinishni oladi:

$$K_p'' = K_p^{0,5} \quad (9.8)$$

Agar, muvozanat sistemasiga, masalan (9.7)ga qo'shimcha ma'lum miqdorda A komponent kiritilsa, u V modda bilan reaksiyagi kirishib, qo'shimcha miqdorda S va D moddalar hosil qiladi. Natijada muvozanat holatiga erishiladi va S , D moddalarning parstial bosimlari boshlang'ich holatdagidan ancha ko'payadi. Modda V ning bosimi kamayadi, A niki esa - ortadi. Muvozanat holatiga erishilgandan so'ng, reaksiyada qatnashayotgan hamma moddalar parstial bosimlarining nisbati muvozanat konstantasi K_R ning son qiymatiga yana to'g'ri keladi.

Geterogen reaksiyalar uchun muvozanat konstantalari gazsimon komponentlar parstial bosimi yoki haqiqiy gazlar uchun gazsimon komponent uchuvchanligi orqali ifodalanadi. Erimaydigan va uchuvchan bo'lmagan fazalar kondensatlari muvozanatga ta'sir etmaydi.

Har bir qattiq faza gazsimon faza tarkibiga kiradigan to'yingan bug` hosil qiladi deb tahmin qilish mumkin. Masalan, ushbu reaksiyani ko'rib chiqamiz:



Ushbu holatda 2 ta qattiq va 1 ta gazsimon fazalar mavjud. Sistemadagi moddalar parstial bosimlari p_{CaO} , p_{CaCO_3} , p_{CO_2} . Unda, massalar ta'sir qonuniga binoan:

$$\frac{p_{CaO} p_{CO_2}}{p_{CaCO_3}} = const \quad (9.9)$$

O'zgarmas temperaturada qattiq faza ishtirok etgan sistemada moddaning to'yingan bug` bosimi o'zgarmas, va p_{CaO} / p_{CaCO_3} nisbati o'zgarmas kattalikdir.

Shunday qilib, yuqorida qayd etilganlarni quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$p_{CO_2} \left(\frac{p_{CaCO_3}}{p_{CaO}} \right) = const = K_p$$

ya'ni, ushbu reaksiyada muvozanat konstantasi karbonat angidrid gazining bosimiga teng.

Jarayonni amalga oshirish imkoniyati izobar-izotermik (ΔG) yoki izoxor-izotermik (ΔF) potentsiallar kattaliklari bilan belgilanadi. Standart sharoitda ular muvozanat konstantasi bilan belgilanadi. Standart sharoitda quyidagi bog'liqlikda bo'ladi:

$$\begin{aligned}\Delta G^0 &= -RT \ln K_p \\ \Delta F^0 &= -RT \ln K_C\end{aligned}\quad (9.10)$$

Agar, $\Delta G^0 < 0$ bo'lsa, standart sharoitda reaksiya boradi; agar $\Delta G^0 > 0$ bo'lsa, reaksiya bormaydi. Xuddi shunday, agar $\Delta F^0 < 0$ bo'lsa, reaksiya to'g'ri, $\Delta F^0 > 0$ bo'lsa - teskari yo'nalishda boradi.

Nostandard sharoitda jarayon yo'nalishini aniqlash uchun **kimyoviy reaksiya izotermalari tenglamasidan** foydalanish mumkin:

$$\Delta G^0 = RT \ln \frac{p_C^c \cdot p_D^d}{p_A^a \cdot p_B^b} - RT \ln K_p \quad (9.11)$$

$$\Delta F^0 = RT \ln \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b} - RT \ln K_C \quad (9.12)$$

(9.11) tenglamaning o'ng qismidagi birinchi hadi boshlang'ich sistema komponentlarining parstial bosimini ifodalaydi; (9.12) tenglamaning o'ng tomonidan birinchi hadi esa - boshlang'ich aralashmadagi komponentlar konstantastiyasini ko'rsatadi. $\Delta G^0 < 0$ va $\Delta F^0 > 0$ bo'lganda, reaksiya to'g'ri, $\Delta G^0 > 0$ va $\Delta F^0 < 0$ bo'lganda esa - teskari yo'nalishda boradi.

Jarayonni amalga oshirish imkoniyatlari va reaksiya to'liq borishiga ta'sir etuvchi omillar. Termodinamik hisoblarga ($\Delta G^0 < 0$) qaramasdan reaksiya bormasa, demak uni sekinlashturuvchi qandaydir omillar bor. Bunday hollarda ushbu omilni engish, yani reaksiya tezligini oshirish zarur.

Jarayon termodinamikasi va kinetikasiga reagentlar temperaturasi, bosimi va konstantastiyasi kabi omillar ta'sir etadi. Faqat reaksiya tezligiga ta'sir etuvchi omil, bu katalizatorlar bo'lib, lekin ular muvozanat konstantasi qiymatini o'zgartirmaydi.

Kimyoviy muvozanatning temperaturaga miqdoriy bog'liqligini **Vant-Goffning izobar** tenglamasidan topish mumkin:

$$\frac{d \ln K_p}{dT} = \frac{\Delta H}{RT^2} \quad (9.13)$$

bu erda N - entalpiya o'zgarishi yoki o'zgarimas bosimdagi reaksiyaning issiqlik effekti.

(9.13) tenglamani kichik temperaturalar oralig'ida integrallasak, ushbu ko'rinishga erishamiz:

$$\ln \frac{K_{pT_2}}{K_{pT_1}} = \frac{\Delta H}{R} \cdot \frac{T_2 - T_1}{T_2 \cdot T_1} \quad (9.14)$$

Xuddi shunday qilib, Vant-Goffning izoxor tenglamasini keltirib chiqarish mumkin:

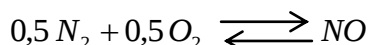
$$\ln \frac{K_{CT_2}}{K_{CT_1}} = \frac{\Delta U}{R} \cdot \frac{T_2 - T_1}{T_2 \cdot T_1} \quad (9.15)$$

bu erda ΔU -sistema ichki energiyasining o'zgarishi yoki o'zgarimas hajmdagi reaksiyaning isciqlik effekti.

Temperatura o'sishi bilan K , ortishi yoki kamayishi mumkin, lekin jarayon tezligi ko'pchilik hollarda ortadi.

Bosim o'sishi bilan konstantastiya ortadi. Shuning uchun, ko'pincha reaksiya tezligi ortadi. Agar, jarayon hajm o'sishi bilan kechayotgan bo'lsa, unda umumiy natija qanday bo'lishi noma'lum. Bunday hollarda qandaydir bir optimal qiymatni qabul qilish kerak.

Muvozanat o'zgarishini hisoblash uchun muvozanat konstantasi va boshlang'ich moddalar mol soni ma'lum bo'lishi kerak. So'ng, muvozanatdagi har bir modda miqdorini mol miqdori orqali ifodalab olamiz. Masalan,



Reaksiya uchun 2500K da $K_r=0,0455$. Agar, boshlang'ich aralashmada 21% kislorod va 79% azot bo'lsa, muvozanat aralashmadagi NO konstantrasiyasi (mol%) aniqlansin.

Stexiometrik tenglamaga binoan muvozanat aralashma tarkibidagi azot konstantrasiyasini $(79-x)$, kislorod konstantrasiyasini $(21-x)$ va NO konstantrasiyasini $2x$ ga teng deb qabul qilamiz. Muvozanat aralashma tarkibini massalar ta'sir qonuniga binoan quyidagicha ifodalash mumkin:

$$K_p = 0,0455 = \frac{[NO]}{[N_2]^{0,5} \cdot [O_2]^{0,5}} = \frac{2x}{(79-x)^{0,5} \cdot (21-x)^{0,5}}$$

Ushbu tenglamani x ga nisbatan echsak, uning qiymatini topamiz. Muvozanat aralashmada NO ning miqdori $2x$ ga teng, yani 1,8%

9.3. Kimyoviy jarayonlar kinetikasi

Har doim ham kimyoviy jarayonlarning o'tish tezligi kimyoviy aylanishlar tezligi bilan belgilanmaydi. Ayrim hollarda jarayon tezligi issiqlikni uzatish va ajratib olish tezligi yoki massaning bir fazadan ikkinchisiga tarqalish tezligi bilan aniqlanadi. Bunday holatlarda reaktorlar issiqlik yoki massa almashinish qonunlari bilan topiladigan o'lchamlarga ega bo'lishi kerak. Juyida, kimyoviy aylanishlarning kinetik qonuniyatlarini ko'rib chiqamiz.

Kimyoviy reaksiyalar tezligi. Kimyoviy kinetikaning asosiy qonuni (postulati)ga binoan, o'zgaras temperaturada gomogen reaksiya tezligini ushbu formuladan topish mumkin:

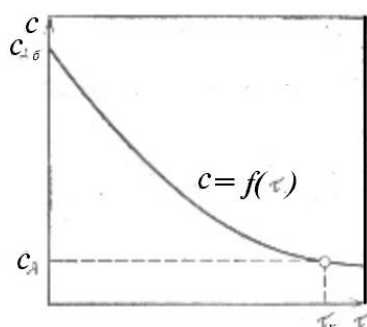
$$w = Kc_A^{V_A} \cdot c_B^{V_B} \quad (9.16)$$

Oddiy holatlarda V_A va V_B daraja qiymatlari stexiometrik koeffitsientlarga teng.

O'zgaras temperaturadagi har bir reaksiya uchun proporsionallik koeffitsienti K o'zgaras kattalikdir. Ushbu proporsionallik koeffitsient **reaksiyaning tezlik konstantasi** deb nomlanadi. Uning kattaligi reaksiyaga kirishayotgan moddalar konstantrasiyalari birga teng bo'lgan reaksiya tezligiga teng. Reaksiya darajasi va uning molekulyarligi degan ikkita tushunchani farqlash kerak, chunki ular, bir xil emas.

Reaksiya darajasi (9.16) kinetik tenglama konstantrasiyalaridagi daraja ko'rsatkichlarining yig'indisi bilan aniqlanadi. Kimyoviy kinetika bo'yicha reaksiya darajalarini aniqlash usullari maxsus adabiyotlarda keltirilgan.

Oddiy reaksiya molekulyarliligi - bu kimyoviy o'zaro ta'sirda qatnashayotgan boshlang'ich modda molekulalarining soni. Reaksiyalar monomolekulyar, bimolekulyar va hokazo bo'ladi. Bir vaqtda 3 tadan ortiq molekulalarning to'qnashish ehtimoli juda kam. Shuning uchun, ko'ninga past molekulyarli reaksiyalar bo'ladi.



9.1-rasm. Reaksiyaga kirishayotgan moddalar konsentratsiyasi c ning vatq t ga bog'liqligi.

Moddaning reaksiya mahsulotiga aylanish jarayonini ko'rib chiqamiz (9.1-rasm)

Ko'rinib turibdiki, 0 dan τ_{ox} oralikda konstantrasiya s_{AB} dan s_A gacha kamayadi:

$$\frac{c_{A0} - c_A}{c_{A0}} = 1 - \frac{c_A}{c_{A0}} = x \quad (9.17)$$

Ushbu nisbat **aylanish darajasi** deb nomlanadi. (9.17) nisbatdan quyidagi ko'rinishdagi tenglikni olamiz:

$$c_A = c_{A0}(1-x) \quad \text{ba} \quad dc_A = -c_{A0}dx \quad (9.18)$$

Kamayuvchi modda bo'yicha reaksiya tezligi quyidagiga teng:

$$w = -\frac{dc_A}{d\tau} = Kc_A \quad (9.19)$$

Yuqorida qayd etilganlarni hisobga olsak:

$$-\frac{dc_A}{d\tau} = c_{A0}K(1-x) \quad (9.20)$$

yoki

$$\frac{dx}{d\tau} = K(1-x) \quad (9.21)$$

Fizik manosiga ko'ra, $(1-x)^n$ kattalik ushbu daqiqada jarayonni harakatga keltiruvchi kuchi. Turli darajali reaksiyalar uchun kinetik tenglamalar quyidagi differensial shaklda yozish mumkin:

nol va birinchi darajali reaksiyalar uchun:

$$\frac{dx}{d\tau} = K_0; \quad \frac{dx}{d\tau} = K_1(1-x) \quad (9.22)$$

ikkinchi va n - darajali reaksiyalar uchun:

$$\frac{dx}{d\tau} = K_2(1-x)^2; \quad \frac{dx}{d\tau} = K_n(1-x)^n \quad (9.23)$$

Uzluksiz jarayonlar harakatga keltiruvchi kuchi. Prof. Planovskiy A.N. tomonidan yaratilgan uzluksiz jarayonlar nazariyasiga binoan, reakstion qurilmalar 3 ga bo'linadi: ideal (to'liq) siqib chiqaruvchi; ideal (to'liq) aralashish; ikkila tip oralig'idagi reaktorlar.

Ideal siqib chiqaruvchi reaktorlarda vaqt o'tishi bilan harakatga keltiruvchi kuch Δs asta-sekin kamayadi. Agar, Δs kamaysa, jarayon tezligi ham kamayadi. Bunday hollarda harakatga keltiruvchi kuch o'rtacha logarifmik kattalik sifatida topiladi.

Ideal aralashish yoki oralik tipidagi uzluksiz ishlaydigan reaktorning harakatga keltiruvchi kuchining ideal siqib chiqaruvchi qurilmaning harakatga keltiruvchi kuchiga nisbati ideal siqib chiqarish qurilmasidagi jarayon davomiyligi $\tau_{id.s}$ ning ideal aralashish τ_{ar} yoki oralik tipidagi reaktordagi jarayon davomiyligi τ_{or} nisbatiga teng kattalikka reaktorning **konstentrastion foydali ish koeffitsienti** η_s deb nomlanadi.

Agar,

$$\eta_c = \frac{\tau_{u\partial.c}}{\tau_{ap}} \quad \text{ba} \quad \eta_c = \frac{\tau_{u\partial.c}}{\tau_{op}} \quad (9.24)$$

Ideal siqib chiqarish va aralashish qurilmalaridagi qaytmas kimyoviy reaksiyalar tezliklarini taqqoslaymiz. Nol darajali reaksiya qurilmalari uchun

$$\tau_{u\partial.c} = \frac{x}{K_0} \quad \text{ba} \quad \tau_{ap} = \frac{x}{K_0} \quad (9.25)$$

Demak, $\eta_c = 1$ ya'ni, nol darajali reaksiyaning tezligi aralashtirishga bog'liq emas.

Birinchi darajali reaksiya uchun

$$\tau_{u\partial.c} = \frac{1}{K_1} \ln \frac{1}{1-x} \quad (9.26)$$

Ideal aralashtirish qurilmasida jarayon o'zgarmas va oxirgi aylanish darajasida boradi.

Unda

$$\frac{dx}{d\tau} = \frac{x}{\tau_{ap}} = K_1(1-x) \quad (9.27)$$

yoki

$$\tau_{ap} = \frac{x}{K_1(1-x)} \quad (9.28)$$

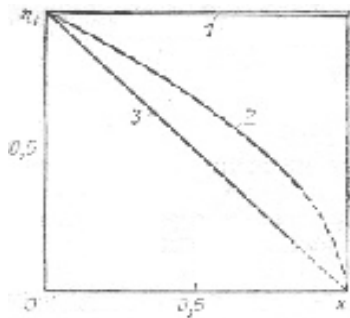
Bundan

$$\eta_c = \frac{1-x}{x} \cdot \ln \frac{1}{1-x} \quad (9.29)$$

Xuddi shunday, ikkinchi darajali reaksiya uchun

$$\eta_c = 1-x \quad (9.30)$$

9.2-rasmda ideal aralashtirish qurilmasi foydali ish ko'ffistientining aylanishi va reaksiya darajalariga bog'liqligi ko'rsatilgan. Rasmdan ko'rinib turibdiki, aylanish va reaksiya darajasi ortishi bilan qurilma foydali ish ko'ffistienti kamayadi. Ya'ni, aylanish va reaksiya darajalari qanchalik katta bo'lsa, kimyoviy aylanish tezligiga aralashtirish shunchalik salbiy ta'sir ko'rsatadi.



9.2-rasm. Ideal aralashtirish qurilma f.i.k. η_s ning reaksiyalar aylanish darajasiga bog'liqligi.

1-nol darajali; 2-birinchi darajali;
3-ikkinchi darajali.

Shunday qilib, agar reaksiya tezlik ko'ffistienti K ning o'zgarmas kattaligida, ideal aralashtirish qurilmasining aylanish tezligi ideal siqib chiqarish qurilmasinikidan kam; bir xil aylanish darajasiga erishish uchun siqib chiqarish qurilmanikiga qaraganda, ideal aralashish qurilmasida ko'proq vaqt bo'lishi zarur.

Ikkilamchi maxsulotlar hosil bo'lishiga η_s ning ta'siri. Ma'lumki, reaktorlarda asosiy reaksiya bilan birga qo'shimcha reaksiyalar (parallel va ketma-ket) boradi. Ideal aralashish qurilmasida foydali ish ko'ffistientining asosiy va ikkilamchi mahsulotlar nisbatiga ta'sirini ko'rib chiqamiz. Ideal siqib chiqarish qurilmasida mahsulot A dan mahsulot X hosil bo'lish tezligi (9.31), mahsulot X dan mahsulot Y hosil bo'lish tezligi esa (9.32) tenglamadan aniqlanadi:

$$\frac{dx}{d\tau} = K_x(a - x) \quad (9.31)$$

$$\frac{dy}{d\tau} = K_y(x - y) \quad (9.32)$$

bu erda a - boshlang'ich modda A ning miqdori; x - hosil bo'lgan mahsulot X ning miqdori; u - Y mahsulotga aylangan X modda miqdori.

(9.31) va (9.32) tenglamalarni solishtirib, ushbu ko'rinishga erishamiz:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{K_y}{K_x} \cdot \frac{x - y}{a - x} \quad (9.33)$$

Tezlik ko'ffistientlar nisbatini $K_y/K_x = B$ deb belgilab, (9.33) tenglamani echsak:

$$y_{ox} = x_{ox} - \frac{(a - x_{ox})^B - (a - x_{ox})}{1 - B} \quad (9.34)$$

bu erda u_{ox} va x_{ox} - u va x parametrlarning oxirgi qiymatlari.

Ideal aralashish qurilmalari uchun :

$$\frac{x}{\tau_{ap}} = K_x(a - x); \quad \frac{y}{\tau_{ap}} = K_y(x - y)$$

yoki

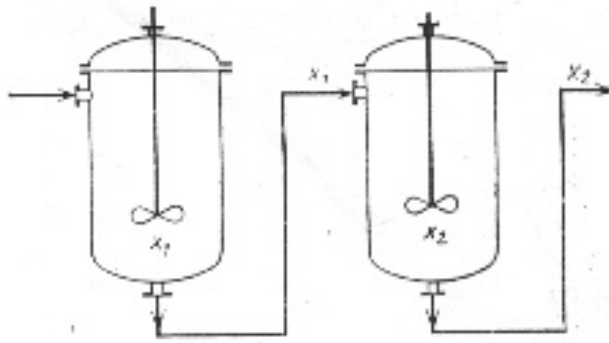
$$\frac{y}{x} = B \frac{x - y}{a - x}; \quad y_{ox} = \frac{Bx_{ox}^2}{(a - x_{ox}) - Bx_{ox}} \quad (9.35)$$

Ideal aralashish qurilmasida u_{ox} qiymati yuqori bo'ladi. Demak, foydali ish ko'ffistientning kamayishi jarayon davomiyligi τ ning ortishiga va mahsulot sifatining yomonlashishiga (ikkilamchi mahsulot o'sishiga) olib keladi.

Qurilmalarni seksiyalash - foydali ish ko'ffistientni oshirishning asosiy usuli. Qandaydir kimyoviy jarayonni o'tkazish uchun ideal aralashish ikkita qurilmasi ketma-ket ulangan deb, faraz qilaylik (9.3-rasm).

Birinchi qurilmada aylanish darajasi x_1 , ikkinchisida esa - x_2 . Reaksiyada qatna-shayotgan moddalarning umumiy vaqti $\tau = \tau_1 + \tau_2$ (bu erda τ_1 va τ_2 - birinchi va ikkinchi qurilmalarda moddaning bo'lish vaqti). Shunday qilib, birinchi darajali reaksiya uchun:

$$\tau = \frac{x_1}{K \cdot (1 - x_2)} + \frac{x_2 - x_1}{K \cdot (1 - x_2)} \quad (9.36)$$



9.3-rasm. Ikkita ketma-ket ulangan ideal aralashish qurilmasidan iborat agregat sxemasi.

Ko`rinib turibdiki,  $\tau$  yuklamaning taqsimlanish funkstiyasi.  $x_2$  ni o`zgarmas deb, τ ning minimal qiymatini (9.36) tenglamani differentsiallab topamiz:

$$\frac{dx}{d\tau} = \frac{1}{K(1-x_2)^2} - \frac{1}{K(1-x_2)} = 0 \quad (9.37)$$

bundan

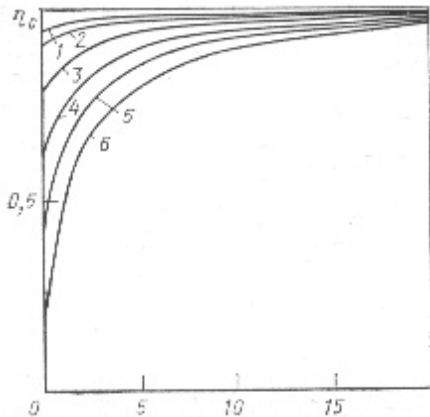
$$K \cdot (1-x_1)^2 = K(1-x_2); \quad x_1 = x_2 - x_1 + x_1^2 \quad (9.38)$$

Tegishli o`zgartirishlardan so`ng quyidagi ko`rinishni olamiz:

$$\frac{x_1}{1-x_2} = \frac{x_2 - x_1}{1-x_2} \quad (9.39)$$

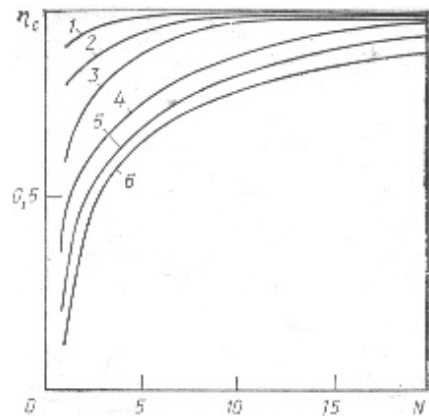
Bundan, $\tau_1 = \tau_2$ yoki $V_{a1} = V_{a2}$ ekanligi kelib chiqadi. Shunday qilib, qurilmalar hajmlari tengligi optimal nisbatdir.

9.4 va 9.5 - rasmlarda qurilma foydali ish koefhistientiga seksiyalar soni va aylanish darajasining ta`sirlari ko`rsatilgan.



9.4-rasm. Seksiyalar soni N va aylanish darajasi x larning reaktor f.i.k. η_s ga ta`siri (birinchi darajali reaksiya uchun)

1- $x=0,1$; 2- $x=0,2$; 3- $x=0,3$;
4- $x=0,4$; 5- $x=0,5$; 6- $x=0,6$.



9.5-rasm. Seksiyalar soni N va aylanish darajasi x larning ikkinchi darajali reaksiya berayotgan

kurilmaning f.i.k. η_s ga ta`siri.
1- $x=0,1$; 2- $x=0,2$; 3- $x=0,3$;
4- $x=0,4$; 5- $x=0,5$; 6- $x=0,6$.

Rasmlardan ko`rinib turibdiki, reaktorning foydali ish koefhistienti seksiyalar soni  $N$  va aylanish darajasi  $x$  ga bog`liq. Shuni alohida ta`kidlash kerakki, reaksiyaning darajasi qanchalik katta bo`lsa, uning qurilma foydali ish koefhistientiga ta`siri ham keskin ravishda ortadi. Agar,  $N=\infty$  bo`lsa, sistema ideal siqib chiqarish qurilmasiga mos keladi. $N=8...10$ bo`lganda, reaktor ideal siqib chiqarish rejimida ishlaydi.

Ko`p seksiyali reaktorlarning foydali ish koefhistientini quyidagi empirik formuladan topish mumkin:

$$\eta_{CN} = 30 \frac{mN}{30 + (m-1)N} \quad (9.40)$$

Ushbu formuladagi m quyidagi tenglamadan topiladi:

$$m = \frac{30\eta_{C1}}{1 - \eta_{C1}}$$

bu erda η_{s1} - bir seksiyali qurilma foydali ish koeffitsienti.

Reaksiya tezligi koeffitsientiga temperatura ta'siri. Ushbu ta'sir Arrenius qonuniga bo'ysunadi va quyidagicha ifodalanadi:

$$K = z_0 \exp\left(-\frac{E}{RT}\right) \quad (9.41)$$

bu erda z_0 - o'zgarmas, proporsionallik konstantasi (molekulalarning o'zaro to'qnashuv omili); E - reaksiyaga kirishayotgan moddalarning faollanish energiyasi; R - gaz doimiysi.

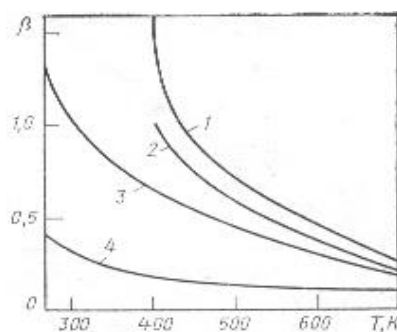
Ushbu tenglamadan quyidagi ko'rinishni olish mumkin:

$$\ln \frac{K_2}{K_1} = \frac{E}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \quad (9.42)$$

bu erda K_1 va K_2 - absolyut temperaturalar T_1 va T_2 ga tegishli tezlik koeffitsientlari.

$K_{t+10}/K_t = \beta$ nisbat reeaksiya tezligining **temperaturaviy koeffitsienti** deb nomlanadi.

9.6-rasmda faollashish energiyasi va temperaturaning, koeffitsient β ga ta'siri ko'rsatilgan. Rasmdan ko'rinib turibdiki, faollashish energiyasi ortishi va temperatura kamayishi bilan β ning miqdori ortadi. Agar, β



9.6-расм. Реакция тезлиги температуравий коэффиценти β нинг температура T ва фаоллашиш энергияси E га таъсири

= 2...4 bo'lsa, jarayon kinetik zonada, $\beta=1,2...1,5$ da esa - diffuzion zonada boradi.

9.4. Kimyoviy jarayonlar moddiy va issiqlik balanslari

Moddiy balans. Qayta ishlanayotgan va hosil qilinayotgan materiallar miqdorini aniqlash uchun kimyoviy jarayonning moddiy balansi tuziladi. Yuqorida qayd etilgan miqdorlarni bilish reaktorning asosiy o'lchamlarini aniqlash, issiqlik balansini tuzish va hisoblashlarni o'tkazish uchun zarur.

Olinayotgan moddalar miqdori vaqtga (kg/sutka, kg/soat, kg/s) yoki ishlab chiqilayotgan mahsulot massasiga nisbatan aniqlanishi mumkin.

Moddiy balans tuzish uchun (9.1) stexiometrik tenglama asos bo'la oladi. Agar, reaksiya chapdan o'ngga qaytmas kechayotgan bo'lsa, unda jarayon oxirida A modda to'liq sarflanadi, ya'ni $G_A=0$.

Unda, modda V ning sarfi quyidagiga teng bo'ladi:

$$G_B = G_A \left(\frac{b \cdot M_B}{a \cdot M_A} \right) \quad (9.43)$$

Hosil bo'layotgan S va D moddalar uchun esa:

$$G_C = G_A \left(\frac{c \cdot M_C}{a \cdot M_A} \right); \quad G_D = G_A \left(\frac{d \cdot M_D}{a \cdot M_A} \right) \quad (9.44)$$

bu erda M_A , M_V , M_S , M_D - o'zaro ta'sirdagi moddalar massalari; G - asosiy, boshlang'ich mahsulot (masalan, A) miqdori.

Moddiy balansning hisoblash natijalari, odatda ushbu ko'rinishda keltirilishi mumkin (9-1 jadval):

9-1 jadval

Moddalar	Miqdorlar
A	G_A
B	$G_A(bM_B/aM_A)$
Kirayotgan moddalar jami:	$G_A + G_A(bM_B/aM_A)$
C	$G_A(cM_C/aM_A)$
D	$G_A(dM_D/aM_A)$
Hosil bo'layotgan mahsulotlar jami:	$G_A(cM_C/aM_A) + G_A(dM_D/aM_A)$

Issiqlik balansi. Kimyoviy jarayon issiqlik balansi quyidagi umumiy ko'rinishida yozilishi mumkin:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q_4 + Q_5 \quad (9.45)$$

bu erda Q_1 - qayta ishlanayotgan material bilan kirayotgan issiqlik; Q_2 - issiqlik eltkichdan qayta ishlanayotgan moddaga berilayotgan issiqlik; Q_3 - jarayonning issiqlik effekti; Q_4 - reaksiyada qaynayotgan materiallar bilan chiqib ketayotgan issiqlik; Q_5 - atrof muhitga yo'qotilayotgan issiqlik.

Qayta ishlanayotgan materiallar bilan olib kirilayotgan va reaksiya mahsulotlari bilan chiqib ketayotgan issiqlik miqdori quyidagi tenglikdan topilishi mumkin:

$$Q = \sum G \cdot c \cdot t \quad (9.46)$$

bu erda G - modda massasi; s - material solishtirma issiqlik sig'imi; t - temperatura.

Reaksiyaning issiqlik effekti Gess qonuniga binoan hisoblanadi:

$$q = \sum q_K - \sum q_H \quad (9.47)$$

bu erda q_r - reaksiya issiqlik effekti; $\sum q_n$ - kimyoviy reaksiyaga kirishayotgan, birikmalar hosil bo'lish issiqliklarining yig'indisi; $\sum q_k$ - kimyoviy ta'sir natijasida hosil bo'layotgan birikmalar hosil bo'lish issiqliklarning yig'indisi.

Reaksiya issiqligi q maxsus adabiyotlarda 20°S uchun keltirilgan bo'ladi. Bundan yuqori temperaturadagi qiymatini topish uchun Kirxgof qonunidan foydalanish mumkin. Uning matematik talqini ushbu tenglama ko'rinishida bo'ladi:

$$\frac{dq}{dT} = \Delta c_p \quad (9.48)$$

bu erda Δs_r - olingan mahsulot va boshlang'ich moddalar issiqlik sig'imlarining farqi (stexiometrik koeffitsientlar hisobga olingan).

Issiqlik sig'imning temperaturaga bog'liqligi ushbu ko'rinishdagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$c_p = a + bT + cT^2 + \dots \quad (9.49)$$

bu erda a , b , c - empirik konstantalar; T - temperatura.

Demak, Δs_r ning temperaturaga bog'liqligi ham (9.49) tenglamaga o'xshash funktsiya bilan ifodalanadi:

$$\Delta c_p = a_1 + b_1T + c_1T^2 + \dots \quad (9.50)$$

Ushbu tenglamaga binoan, Kirxgof qonunini ifodalovchi tenglik quyidagicha yozilishi mumkin:

$$\frac{dq}{dT} = a_1 + b_1T + c_1T^2 + \dots \quad (9.51)$$

bu erda a_1 , b_1 , c_1 - olingan mahsulot va boshlang'ich moddalar formulalaridagi tegishli a , b , c koeffitsientlarning farqiga son jihatdan teng koeffitsientlar.

(9.51) tenglamani integrallash, reaksiya issiqlik effekti va temperatura orasidagi bog'liqligining quyidagi ko'rinishini beradi:

$$q = a_1T + \frac{1}{2}b_1T^2 + \frac{1}{3}c_1T^3 + \dots + C \quad (9.52)$$

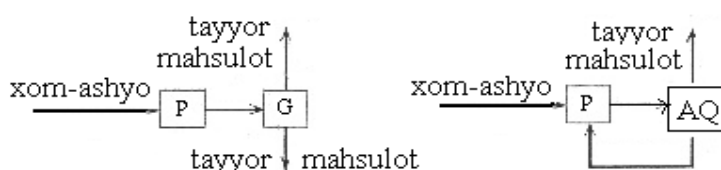
20 yoki 25°C temperaturadagi reaksiya issiqligini q_0 orqali belgilab olsak, integrallash o'zgaras kattaligi S ni hisoblash osonlashadi:

$$C = q_0 - \left(a_1T + \frac{1}{2}b_1T^2 + \frac{1}{3}c_1T^3 + \dots \right) \quad (9.53)$$

Agar, S ning qiymati (9.53) dan aniqlansa, istalgan T temperaturadagi reaksiyaning issiqlik effekti (9.52) tenglamadan aniqlanadi.

9.5. Kimyoviy jarayonlar prinsipial sxemalari

Kimyoviy jarayonlarning hamma prinsipial sxemalarini 2 guruhga ajratish mumkin: bir bosqichli (9.7a-rasm) va restirkulyatsiyali (9.7b-rasm).



9.7-rasm. Kimyoviy jarayonlar prinsipial sxemalar.

a - bir bosqichli; b - resirkulyatsiyali.

Bir bosqichli sxemalarda xom-ashyo reaktor R ga uzatiladi va u erda to'liq o'zgarish ro'y beradi. Jarayonda hosil bo'lgan moddalar tozalash qurilmasi T ga yuboriladi. Ushbu qurilmada u tayyor mahsulot va aralashmalarga ajratiladi.

Sirkulyatsiyali sxemada ham xom-ashyo reaktor R ga uzatiladi va u erda qisman o'zgarishga uchraydi. Shuning

uchun, u yana qayta ishlanadi. Bunday holda reaktor R ga boshlang'ich va qayta ishlashgan xom-ashyo aralashmasi yuklanadi va uning optimal darajada qayta ishlashiga erilishadi. So'ng, tayyor mahsulot va reaksiyaga kirishmagan xom-ashyo aralashmasi reaktordan ajratish qurilmasi AK_d ga uzatiladi. Unda, tayyor mahsulot aralashma tarkibidan ajratib olinadi. Reaksiyaga kirishmagan xom-ashyo qaytadan reaktorga yuboriladi. Birinchi va ikkinchi guruh sxemalaridagi qurilmalarni hisoblash usullari har xil. Birinchi guruh sxemalaridagi qurilmalar jarayonning berilgan boshlang'ich va oxirgi parametrlari bo'yicha hisoblanadi. Ikkinchi guruh sxemalaridagi qurilmalar esa, bir necha variant bo'yicha hisoblanadi va faqat texnik-iqtisodiy taqqoslashgina reaktor va ajratish qurilmasidagi jarayonlarning optimal parametrlarini aniqlash imkonini beradi.

9.6. Reaktorlar konstruktsiyalari

Jarayonni tashkil etish bo'yicha reaktorlar 3 guruhga bo'linadi:

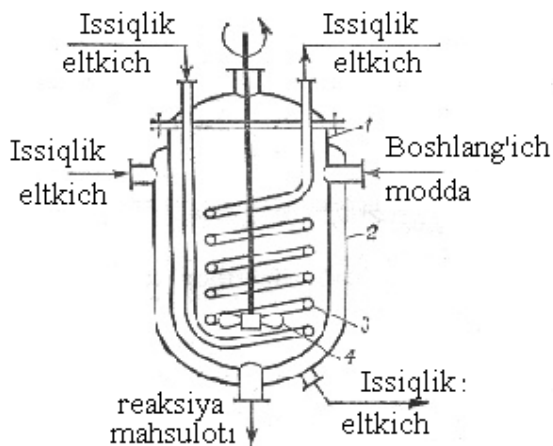
Davriy ishlaydigan reaktorlarda jarayonning hamma bosqichlari har xil vaqtda ketma-ket kechadi (9.8-rasm).

O'zaro ta'sirdagi moddalar konstantriyasiining o'zgarish xarakteri reakstion hajm-ning hamma nuqtalarida bir xildadir. Lekin, hajmning biror nuqtasi uchun vaqt bo'yicha turlicha bo'ladi. Bu turdagi qurilmada reaksiya davomiyligini bevosita o'lchash mumkin, chunki reaksiya vaqti va reakstion hajmda reagentlarning ta'sir vaqti bir xil. Davriy qurilmalarda texnologik jarayon parametrlari vaqt o'tishi bilan o'zgaradi.

Bunday reaktorlar ish unumdorligi kichik va ularni avtomatlashtirish, hamda rostlash qiyin.

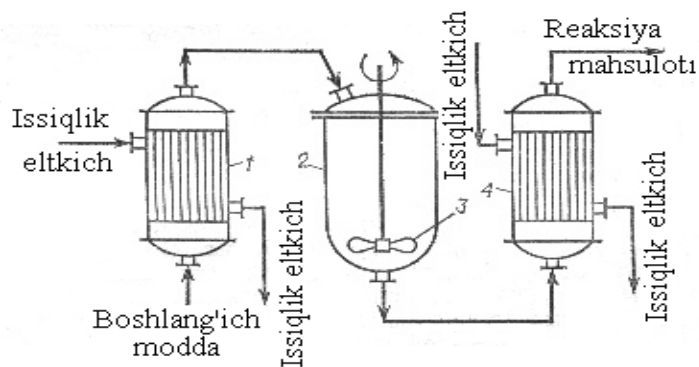
Uzluksiz ishlaydigan reaktorda kimyoviy aylanish jarayonining hamma bosqichlari parallel va bir vaqtda yuz beradi (9.9-rasm).

O'zaro ta'sirdagi moddalar konstantriyasiining o'zgarish xarakteri har bir daqiqada reakstion hajmning turli nuqtalarida har xil. Lekin, hajmning biror nuqtasi uchun vaqt bo'yicha o'zgarasdir. Bu turdagi qurilmada reaksiya davomiyligini bevosita o'lchash mumkin emas, chunki uzluksiz ishlaydigan qurilmalarda reaksiya vaqti va reakstion hajmda reagentlarning ta'sir vaqti turlicha. Umumiy holda, moddalarning reaktorda bo'lish vaqti aralashtirish intensivligi, oqimlar tarkibiga bog'liq va har bir qurilma uchun alohida bo'ladi.



9.8-rasm. Davriy reaktor.

1-qobiq; 2-g'ilof; 3-zmeevik;
4-aralashtirgich

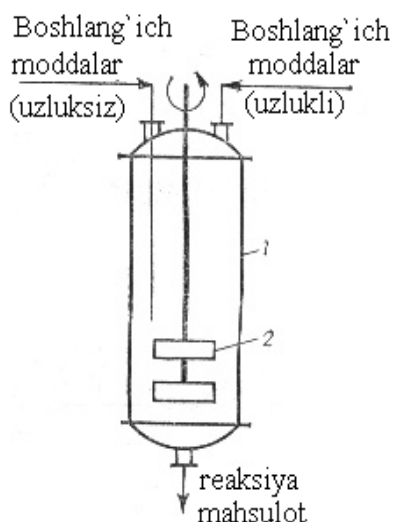


9.9-rasm. Uzlüksiz ishlaydigan reaktor

1,4-isitkichlar; 2-reaktor; 3-aralashtirgich.

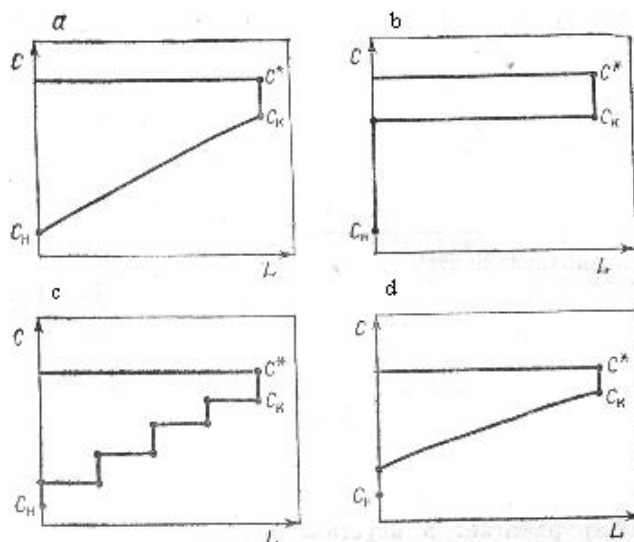
Bu turdagi reaktorlarning ish unumdorligi katta, ularni ekspluatatsiya qilish oson va avtomatlashtirishga moyil.

Yarim uzluksiz reaktorlar noturg'un sharoitda ishlaydi, ya'ni ba'zi bir reagentlar uzluksiz, boshqalari esa - davriy uzatiladi (9.10-rasm).



9.10-rasm. Yarim uzluksiz ishlaydigan reaktor.

1-qobiq; 2-aralashtirgich.



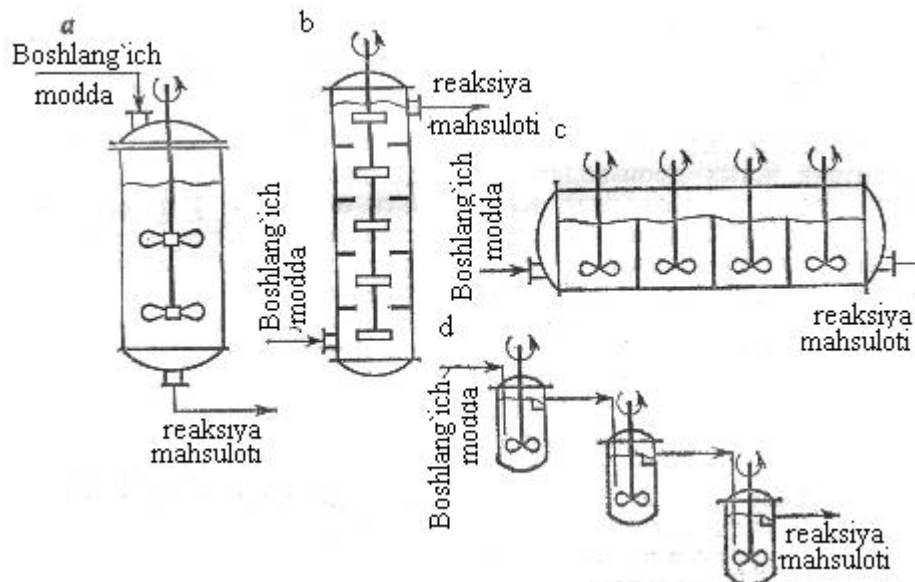
9.11-rasm. Turli tipdagi reaktorlarda moddalar konsentratsiyasining o'zgarish xarakteri.

a-siqib chiqarish qurilmasi; b-aralashish qurilmasi; c-ko'p sektsiyali, aralashish qurilmasi; d-oraliq tipdagi qurilma; C -biror ondagi konsentratsiya; C_H -boshlang'ich konsentratsiya; C_K -oxirgi konsentratsiya; C^* -muvozanat konsentratsiya; L -qurilma uzunligi.

Ushbu turdagi reaktorlar kichik tonnajli ishlab chiqarish korxonalarida, ayniqsa ekzotermik reaksiya o'tkazish zarur bo'lgan jarayonlarda qo'llanilishi maqsadga muvofiq.

Gidrodinamik rejimga qarab, reaktorlar 3 guruhga bo'linadi.

Ideal aralashish reaktorlarida reagentlar oqimi butun reakstion hajmda bir zumda va bir tekisda aralashadi. Demak, bunday reaktorlarda aralashmaning tarkibi va temperaturasi butun reakstion hajmda bir xil deb hisoblash mumkin. Bu turdagi reaktorlar qatoriga kichik hajmdagi aralashtirgichli, stirkulyastiyali, mavhum qaynash qatlamli qurilmalar kiradi (9.11, 9.12-rasmlar).

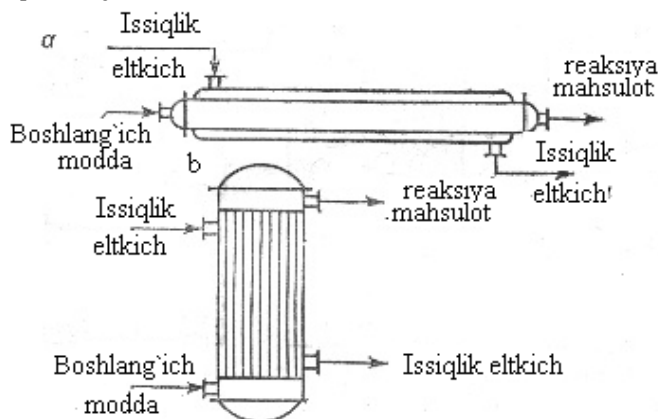


9.12-rasm. Aralashish reaktorlari.

a-bir pog'onali qurilma; b-vertikal, ko'p pog'onali qurilma; c-gorizontaal, ko'p seksiyali qurilma; d-aralashish qurilmasi batareyasi.

Ideal siqib chiqarish reaktorlarida reagentlarning harakati porshensimon xarakterda bo'lib, ya'ni qurilmadan o'tayotgan har bir oldin uzatilgan hajm, keyingi uzatilgan bilan aralashmasdan, siqib chiqariladi. Natijada, qurilmaning markaziy qismi va devor atrofidagi aralashmaning tarkibi va temperaturasi bir-biridan farq qiladi. Undan tashqari, qurilmaga kirish va chiqish konstantrasiya va temperaturasi orasida sezilarli katta farq bo'ladi. Bu turdagi reaktorlarga qobiq-trubali, ya'ni kolonnali qurilmalar kiradi (9.11, 9.13 rasmlar).

Oralik gidrodinamik rejimli reaktorlar juda keng tarqalgan. Ushbu turdagi qurilmalarda tez-tez ideal aralashish rejimidan chetga chiqish rejimlari sodir bo'ladi. Bunday holatlarda reagentlarning aralashmaydigan zonalari paydo bo'lishi va boshqa salbiy hodisalar hosil bo'ladi.



9.13-rasm. Siqib chiqarish reaktori.

1-bir trubali qurilma; 2-ko'p trubali qurilma.

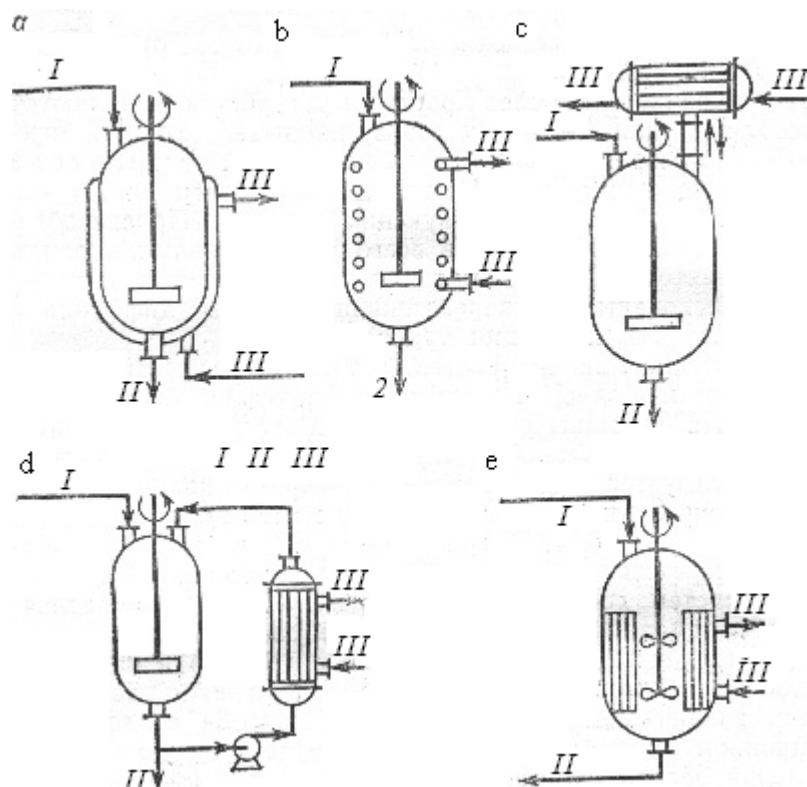
9.7. Reaktorlarning aralashtirish va issiqlik almashinish moslamalari

Reaktorning normal ishlashi, yuqori ish unumdorlik va oliy sifatli mahsulot olishga erishish uchun undagi moddalarni aralashtirish eng asosiy shartlardan biridir.

Aralashtirish usullari va uni konstruktiv jihozlash o'zaro ta'sirdagi moddalarning agregat holatiga bog'liq.

Aralashtirish. Gazlarni aralashtirish uchun qo'llaniladigan eng sodda moslamalar qatoriga soplo, injektor, labirintli va kaskadli aralashtirgichlar kiradi. Odatda, aralashtirish moslamalari reaktor bilan bir qobiqda o'rnatiladi.

«Suyuqlik-suyuqlik» va «suyuqlik-qattiq jism» sistemalarini aralashtirish uchun mexanik usuldan foydalanish yuqori samara beradi. Buning uchun parrakli, turbinali, yakorli va shneklar, hamda pnevmatik aralashtirgichlar ishlatiladi. «Gaz-qattiq jism» sistemasida sifatli aralashtirishga erishish uchun jarayon mavhum qaynash yoki harakatchan qatlamda o'tkaziladi.



9.14-rasm. Aralashish reaktorining issiqlik almashinish moslamalari.

I-boshlang'ich moddalar, II-reakciya mahsuloti, III-issiqlik eltich;

a-g'ilofli qurilma; b-ichki zmeevikli qurilma; v-tashqi deflegmatorli qurilma; g-tashqi issiqlik almashinish qurilmali; d-ichki issiqlik almashinish qurilmali.

Issiqlik almashinish. Kimyoviy reaktorlarni turli usullarda isitish yoki sovitish mumkin. Reaktordagi issiqlik almashinish usulini tanlash kimyoviy jarayonning o'tkazish temperaturasi, hamda issiqlik eltichning fizik, issiqlik-diffuzion va kimyoviy xossalari bog'liq. Sanoat miqyosida isitish va sovitishning 2 ta, ya'ni bevosita va bilvosita usullari bor.

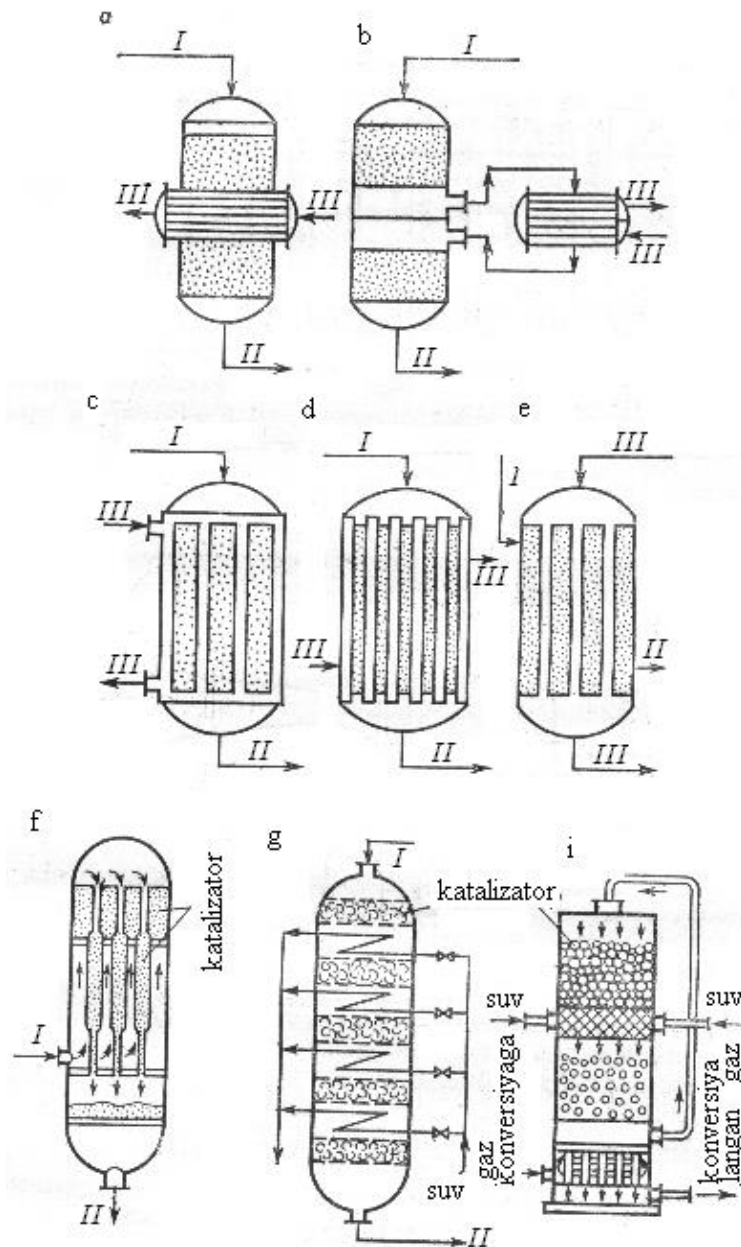
Bevosita issiqlik almashinishda aralashma va issiqlik eltich quyidagi variantlardan birida issiqlik uzatiladi:

- 1) issiqlik bevosita reaktorda beriladi, masalan, ekzotermik reaksiya yoki elektrik razryad yo'li bilan;
- 2) issiqlikning uzatilishi reakstion aralashmaning birorta komponentini qisman yoki to'liq bug'latish orqali yoki endotermik reaksiya yo'li bilan;
- 3) reakstion hajmda issiqlik eltichning stirkulyastiyasi hisobiga issiqlik uzatish.

Bilvosita issiqlik almashinishda issiqlik eltich va reagentlar qo'zg'almas devor yordamida ajratilgan bo'ladi. Issiqlik almashinish yuzalari turli geometrik shaklda (zmeevik, g'ilof, halqa va hokazo) bo'lishi mumkin.

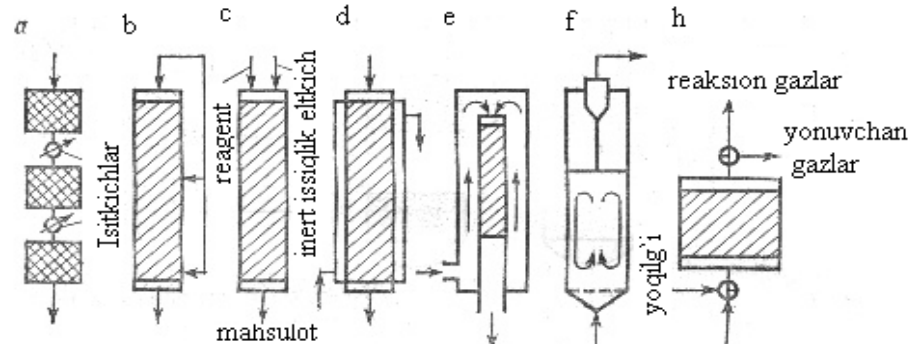
Odatda reaktorni isitish yoki sovitish uning tashqarisidagi g'ilof orqali amalga oshiriladi.

9.14...9.17-rasmlarda issiqlik almashinishni tashkil etish va issiqlik almashinish moslamalari, hamda reagentlarni aralashtirish uchun mo'ljallangan ayrim moslamalar keltirilgan.



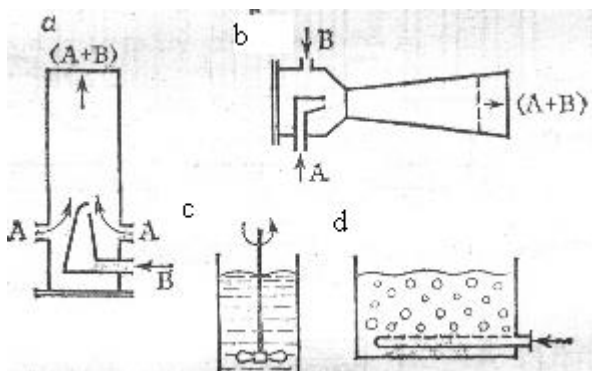
9.15-rasm. Siqib chiqarish reaktorining issiqlik almashinish moslamalari.

I-boshlanlich moddalar, II-reaksiya mahsuloti, III-issiqlik eltich; a-ichki issiqlik almashinish moslamali; b-tashqi issiqlik almashinish moslamali; c-trubalarida katalizator to'ldirilgan qurilma; d-trubalararo bo'shlig'i katalizator bilan to'ldirilgan qurilma; e-kombinatsiyalangan tipdagi qurilma; j-tokchali va katalizator qatlamlari orasida sovitish moslamali qurilma; z- katalizator qatlami orasiga suv purkovchi moslamali qurilma.



9.16-rasm. Eritmada optimal temperatura hosil qilish usullari.

a-adiabatik seksiyalarga ajratish; b-sovuq reagentlar qo'shib; c-inert, issiqlik eltich qo'shib; d-bilvosita issiqlik almashinish; e-reagent bilan bevosita issiqlik almashinish; f-harakatchan (mavhum qaynash) qatlamli; h-regenerativ issiqlik almashinish



9.17-rasm. Kimyoviy reaktorlar aralashtiruvchi moslamalarining turlari.
a-soplo; b-oqimchali;
c-aralastirgich; d-barboter.

9.8. Reaktorlarni hisoblash

Reaktorning asosiy o'lchamlari (hajmi, fazalarning to'qnashish yuzasi) quyidagi umumiy nisbatdan aniqlanadi:

$$A = \frac{M}{DK} \quad (9.54)$$

bu erda M - kimyoviy o'zgarishga uchragan yoki bir fazadan ikkinchisiga o'tgan material miqdori (uzatilayotgan yoki ajratib olinayotgan issiqlik miqdori); D - jarayonning harakatga keltiruvchi kuchi; K - jarayonning tezlik koeffitsienti.

Kimyoviy jarayonning qaysi omili hal etuvchi bo'lishiga qarab, reaktor asosiy o'lchami jarayon davomiyligi (agar jarayon kinetik zonada bo'lsa), moddaning bir fazadan ikkinchisiga tarqalish tezligi (agar jarayon diffuzion zonada bo'lsa) yoki issiqlik uzatilishi (ajratib olinishi) orqali aniqlanadi. Oxirgi ikki usulda esa, reaktor xuddi issiqlik va massa almashinish qurilmasi kabi hisoblanadi. Bundan keyin, faqat jarayon davomiyligi orqali reaktorlarning asosiy o'lchamini hisoblashni ko'rib chiqamiz.

Davriy, ideal aralashish reaktorlari. Eng oddiy reaktor zmeevik yoki g'ilofli qozon va aralashtirgichlardan tarkib topgan bo'ladi. Aralashtirgich aralashmani intensiv qorishtiradi va hajmning istalgan nuqtasida bir xil konsentratsiya bo'lishini ta'minlaydi, ya'ni konsentratsiya faqat vaqt o'tishi bilan o'zgaradi.

Reaktorlarni hisoblash uchun quyidagi parametrlar berilgan bo'ladi: vaqt birligidagi ish unumdorligi va jarayon davomiyligi $\Delta\tau$. Agar, jarayon davomiyligi $\Delta\tau$ topib olinsa, qurilmada bir sutkada ishlab chiqariladigan mahsulot partiyalarining soni β ni aniqlash juda oson.

$\Delta\tau$ ni soatda ifodalab, quyidagi nisbatni olamiz:

$$\beta \Delta\tau = 24 \quad \text{ba} \quad \beta = \frac{24}{\Delta\tau} \quad (9.55)$$

Bir sutkada ishlab chiqariladigan partiyalar soni α esa ushbu nisbatdan topiladi:

$$\alpha = \frac{V_{CYT}}{V_a} \quad (9.56)$$

bu erda V_{sut} – bir sutkada qayta ishlanayotgan materialning hajmi.

(9.55) va (9.56) tenglamalardan quyidagi bog'liqlikni topish mumkin:

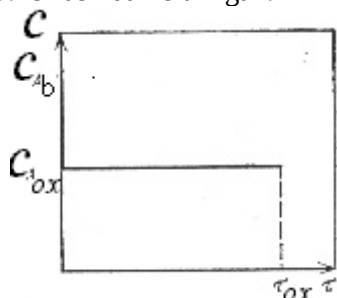
$$\frac{\alpha}{\beta} = \left(\frac{V_{CYT}}{24} \right) \cdot \frac{\Delta\tau}{V_a} = n \quad (9.57)$$

bu erda n - parallel ishlayotgan qurilmalar soni.

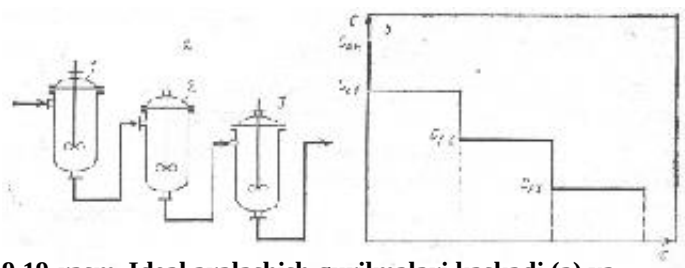
Agar, qurilmalarning ishchi hajmi V_a ni qabul qilib olsak, qurilmalar soni n ni aniqlash mumkin. Agar, bitta qurilma ($n=1$) qo'llash maqsadga muvofiq bo'lsa, unda (9.57) tenglamadan uning ishchi hajmini aniqlash mumkin:

$$V_a = \frac{V_{CYT} \cdot \Delta\tau}{24} \quad (9.58)$$

Uzluksiz ishlaydigan ideal aralashish reaktorlari. Ideal aralashish reaktorlarida material hajmining hamma nuqtalarida va vaqt o'tishi bilan konsentrastiyalar o'zgarmasdir. Bunday turdagi reaktorlar uchun $s - \tau$ diagramma 9.18-rasmda keltirilgan.



9.18-rasm. Ideal aralashish reaktorida konsentrastiya c ning vaqt t ga bog'liqligi.



9.19-rasm. Ideal aralashish qurilmalari kaskadi (a) va unda konsentrastiya c ning vaqt t ga bog'liqligi (b).

Rasmdan ko'rinib turibdiki, bunday qurilmalarda konsentrastiya boshlang'ich qiymat s_A dan oxirgi konsentrastiya $s_A=s_{ox}$ ga bir zumda tushadi. Ushbu holat, birinchi darajali reaksiyalar uchun moddalar o'zaro ta'sir vaqti va reaktorning ishchi hajmi ushbu tenglamalardan topiladi:

$$\tau_{ap} = \frac{x_{ox}}{K_1(1-x_{ox})}; \quad V_a = V_\tau \cdot \tau_{ap} \quad (9.60)$$

bu erda x_{ox} - qurilmadagi modda konsentrastiyasi ($s_A=s_{ox}$); $V_\tau - \tau$ vaqt ichida qayta ishlangan hajm.

Ma'lumki, ideal aralashish qurilmalari juda kichik foydali ish koeffistienti bilan xarakterlanadi. Demak, boshqa sharoitlar bir xil bo'lganda, uning hajmi maksimal qiymatga ega.

Ideal aralashish reaktorlar kaskadi. Ideal aralashish qurilmalarining foydali ish koeffistientini oshirish maqsadida ulardan kaskad qilinadi (9.19-rasm).

Kaskaddagi reaktorlar sonini aniqlash uchun grafik usulidan foydalanish maqsadga muvofiq (9.10-rasm). Birinchi darajali reaksiya uchun birinchi reaktorda boshlang'ich aylanish darajasi x_b dan x_1 gacha oshadi. Unda, abc uchburchakdan:

$$\frac{ac}{ab} = \frac{x_2 - x_1}{w} = tg \alpha \quad (9.61)$$

bu erda $w=\Delta x/\Delta \tau$ - reaksiya tezligi; $tg \alpha - bc$ chizig'ining reaksiya tezligi o'qiga qiyaligi;

Nuqta b dan absstissa o'qi bilan kesishguncha to'g'ri chiziq o'tkazib, konsentrastiya x_1 ni topamiz. Shu nuqtadan tezlik egri chizig'i bilan kesishguncha vertikal chiziq o'tkazib d nuqtani aniqlaymiz. Hosil qilingan d nuqtadan a burchak ostida absstissa o'qi bilan tutashguncha to'g'ri chiziq o'tkazib x_2 topamiz. Xuddi shuni bir necha marta qaytarsak, x_b-x_{ox} oralikda siniq, pog'onali chiziq hosil bo'ladi.

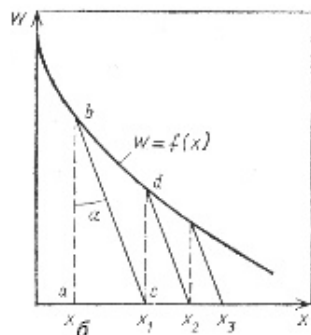
Siniq chiziqdagi pog'onalar soni kaskaddagi reaktorlar sonini bildiradi. Grafikdagi α burchak quyidagicha aniqlanadi:

$$\frac{x_2 - x_1}{w} = tg \alpha = \tau \quad (9.62)$$

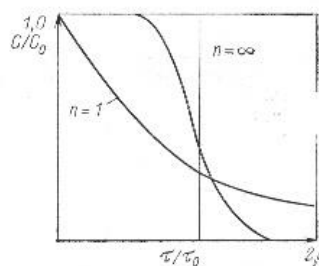
Lekin, $\tau = V_a/V_\tau$, demak

$$tg \alpha = \frac{V_a}{V_\tau}$$

Odatda, hisoblashlarni o'tkazish uchun V_τ ning qiymati berilgan bo'ladi. V_a ning qiymati esa, tanlab olinadi, so'ng pog'onali siniq chiziq quriladi va undan kaskaddagi reaktorlar soni topiladi.



9.20-rasm. Kaskaddagi reaktorlar sonini aniqlashning grafik usuli.



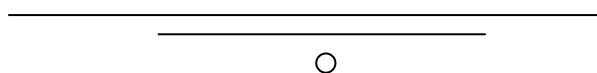
9.21-rasm. F - diagramma (mavhum pog'onalar soni n bo'lganda moddalarning yuvilib ajrash egri chiziqlari).

Ideal siqib chiqaruvchi reaktorlar. Bunday reaktor modeli sifatida uzunligi l ning diametri D nisbati juda katta ($l/D > 20$) bo'lgan trubalar namuna bo'la oladi. Ushbu reaktorning har bir ko'ndalang kesimining radiusi bo'ylab konstantirastiya bir tekisda (ideal aralashish) bo'ladi. Lekin, reaktorda bo'ylama aralashish yuz bermaydi. Bunday sharoitda konstantirastiya s_A ning o'zgarishi xuddi shu turdagi davriy ishlaydigan qurilmaniki kabi va son jihatdan bir xil bo'ladi. Buning uchun 9.11-rasmdagi absstissa o'qida τ emas, reaktor uzunligi l qo'yilishi kerak.

Qurilmaning ishchi hajmi ushbu tenglamadan topiladi:

$$V_a = V_{cek} \cdot \tau \quad (9.63)$$

bu erda τ - jarayon davomiyligi va u yuqorida keltirilgan kimyoviy kinetika tenglamalaridan aniqlanadi.



A D A B I Y O T L A R

1. Yusupbekov N.R, Nurmuhamedov H.S., Zokirov S.G., Ismatullaev P.R., Mannonov U.V. Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarining asosiy jarayon va qurilmalarini hisoblash va loyihalash. – T.: Jahon, 2000. – 231 b.
2. Kasatkin A.G. Osnovnie prostessi i apparati ximicheskoy texnologii. - M.: Ximiya, 1973. – 752 s.
3. Planovskiy A.N., Nikolaev P.I. Prostessi i apparati ximicheskoy i nefteximicheskoy texnologii. - M.: Ximiya, 1987. – 496 s.
4. Stabnikov V.N., Lisyanskiy V.M., Popov V.D. Prostessi i apparati piщevix proizvodstv. - M.: Agropromizdat, 1985. – 503 s.
5. Yusupbekov N.R., Nurmuhamedov X.S., Ismatullaev P.R. Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarning jarayon va qurilmalari fanidan hisoblar va misollar. - Toshkent: Nisim, 1999. – 351 s.
6. Salimov Z., Tuychiev I.S. Ximiyaviy texnologiya prestesslari va apparatlari.- Toshkent: $\square$ qituvchi, 1987. – 408 b.
7. Sokolov R.S. Ximicheskaya texnologiya. – M.: Vldos, 2000. – t.1-2.– 814 s.
8. Nurmuxamedov X.S. Nauchnie osnovi sozdaniya prestessov i apparatov dlya sushki i granulirovaniya zernisto-voloknistix materialov. – Diss.... dokt. tex. nauk, Tashkent, TashXTI, 1993. – 440 s.

MUNDARIJA

KIRISH	3
1. «Jarayon va qurilmalar» fanining mazmuni va mohiyati	3
2. «Jarayon va qurilmalar» fanini kelib chiqishi va rivojlanishi.	4
3. Asosiy texnologik jarayonlar klassifikatsiyasi.	5
5-bob. MASSA ALMASHINISH JARAYONLARI	
MASSA ALMASHINISH ASOSLARI	
5.1. Umumiy tushunchalar	6
5.2. Massa o`tkazish kinetikasi	6
5.3. Massa almashinish jarayonining moddiy balansi	8
5.4. Massa o`tkazishning asosiy qonunlari	8
5.5. Qattiq jism ishtirokida massa almashinish	11
5.6. Konvektiv diffuziyaning differentsial tenglamasi	14
5.6.1. Massa almashinish jarayoni mexanizmi	16
5.6.2. Massa o`tkazish va berish koeffitsientlari o`rtasidagi bog`liqlik ..	17
5.6.3. Massa almashinish jarayonlarining modellari	18
5.6.4. Massa almashinish jarayonlarini harakatga keltiruvchi kuch	19
5.7. Massa almashinish qurilmalarining asosiy o`lchamlarini hisoblash	22
ABSORBTSIYA	
5.8. Umumiy tushunchalar	26
5.9. Absorbtsiya jarayonining fizik asoslari	26
5.10. Absorbtsiyaning moddiy balansi va kinetik qonuniyatlari	27
5.11. Absorbtsiya jarayonini olib borish usullari	29
5.12. Absorberlar konstruktivlari	30
5.13. Absorberlarni hisoblash	37
HAYDASH VA REKTIFIKATSIYA	
5.14. Umumiy tushunchalar	41
5.15. Haydash va rektifikatsiya jarayonlarining nazariy asoslari.	42
5.16. Oddiy haydash	44
5.17. Rektifikatsiya	47
5.17.1. Rektifikatsiya jarayonining moddiy va issiqlik balanslari	48
5.17.2. Uzlusiz ishlaydigan rektifikatsion kolonnaning issiqlik balansi	49
5.17.3. Haqiqiy flegma soni	50
5.17.4. Rektifikatsion kolonna ishchi balandligi va tarelkalar sonini hisoblash	51
5.18. Rektifikatsiya jarayonini tashkil etish usullari	51
5.19. Rektifikatsion kolonnalarni hisoblash	53
«SUYUQLIK–SUYUQLIK» SISTEMASIDA EKSTRAKSIYALASH	
5.20. Umumiy tushunchalar	56
5.21. «Suyuqlik - suyuqlik» sistemasining muvozanati ..	56
5.22. Ekstraksiya jarayonida massa o`tkazish	58
5.23. Ekstraksiya jarayonini tashkil etish usullari	59
5.24. Ekstraktorlar konstruktivlari	62
5.25. Ekstraktorlarni hisoblash	67
«QATTIQ JISM – SUYUQLIK» SISTEMASIDA EKSTRAKSIYALASH	
5.26. Umumiy tushunchalar	74
5.27. Eritish jarayoni statikasi va kinetikasi	74
5.28. Ishqorlab ajratish ekstraktorlarining konstruktivlari	76

5.29.	Eritkichlarni hisoblash	79
ADSORBTSIYA		
5.30.	Umumiy tushunchalar	30
5.31.	Adsorbentlar turlari va xarakteristikalar	31
5.32.	Adsorbstiya jarayoni muvozanati	83
5.33.	Adsorbstiya statikasi va kinetikasi	84
5.34.	Adsorbstiya jarayonini tashkil etish usullari	85
5.35.	Desorbstiya	86
5.36.	Adsorberlar konstrukstiyalari	87
5.37.	Adsorberlarni hisoblash	91
5.38.	Ion almashinish jarayon va qurilmalari	93
QURITISH		
5.39.	Umumiy tushunchalar	98
5.40.	Ramzinning nam havo I-x diagrammasi	98
5.41.	Quritish jarayoni statikasi	101
5.42.	Material bilan namlikning bog`lanish usullari	102
5.43.	Quritish jarayoni kinetikasi	104
5.44.	Quritkichning moddiy va issiqlik balanslari	109
5.45.	Quritish jarayonini tashkil etish usullari	113
5.46.	Quritkichlar konstrukstiyalari	116
5.47.	Quritkichlarni hisoblash	122
KRISTALLANISH		
5.48.	Umumiy tushunchalar	132
5.49.	Kristallanish statikasi va kinetikasi	132
5.50.	Kristallanish usullari	134
5.51.	Kristallizatorlar konstrukstiyalari	135
5.52.	Kristallizatorlarni hisoblash	139
9-bob. KIMYOVIY JARAYONLAR		
9.1.	Umumiy tushunchalar	141
9.2.	Kimyoviy aylanishlar davridagi muvozanat	141
9.3.	Kimyoviy jarayonlar kinetikasi	144
9.4.	Kimyoviy jarayonlar moddiy va issiqlik balanslari	148
9.5.	Kimyoviy jarayonlar printsiplial sxemalari	150
9.6.	Reaktorlar konstrukstiyalari	150
9.7.	Reaktorlarning aralashtirish va issiqlik almashinish moslamalari .	152
9.8.	Reaktorlarni hisoblash	155
A D A B I Y O T L A R		
		158