

13-Mavzu: ABSORBTSIYA JARAYONI. SUYQLIKLARNI HAYDASH.

Reja:

1. Absorbtsiya haqida umumiy tushunchalar.
2. Absorbtsiya jarayonining fizik asoslari.
3. Absorbtsiya jarayonini olib borish usullari.
4. Absorberlar konstruksiyalari.
5. Suyuqliklarni haydash.
6. Haydash va rektifikatsiya jarayonlarining nazariy asoslari.
7. Oddiy haydash va rektifikatsiyalash.

Gaz yoki bug'larni gaz yoki bug'li aralashmalardagi komponentlarining cuyuqlikda yutilish jarayoni **absorbtsiya** 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 tahsiriga qarab, absorbtsiya jarayoni 2 ga bo'linadi: fizik absorbtsiya; kimyoviy absorbtsiya (yoki xemosorbtsiya).

Fizik absorbtsiya jarayonida gazning suyuqlik bilan yutilishi paytida kimyoviy reaksiya yuz bermaydi, yahni kimyoviy birikma hosil bo'lmaydi. Agar, suyuqlik bilan yutilayotgan gaz kimyoviy reaksiyaga kirishsa, bunday jarayon **xemosorbtsiya** deyiladi.

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

Absorbtsiya jarayoni sanoat korxonalarida uglevodorodli gazlarni ajratish, sulg'fat, azot, xlorid kislotalar va ammiakli suvlarni olishda, gaz aralashmalaridan qimmatbaho komponentlarni ajratish va boshqa hollarda keng miqyosda ishlatiladi.

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

Gaz faza suyuqlik bilan o'zaro tahsiri natijasida ikkita faza ($F=2$) va uchta komponent, yahni 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 konsentratsiya. Demak, «gaz -suyuqlik» sistemada ikkala fazaning bosimi r , temperaturasi t va konsentratsiyasi x o'zgarishi mumkin. Absorbtsiya jarayoni o'zgarimas bosim va temperaturada borayotgan

bo'lsa, bir fazada tarqalayotgan moddaning har bir konsentratsiyasiga, ikkinchi fazadagi aniq konsentratsiya to'g'ri keladi.

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

$$p = Ex$$

yoki

$$x = \frac{P}{E} \quad (1)$$

bu yerda, r – muvozanat holatidagi eritmada x konsentratsiyali yutilayotgan gazning partial bosimi; Ye – Genri konstantasi.

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

$$\ln E = -\frac{q}{RT} + C \quad (2)$$

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

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

Dalg'ton qonuniga binoan, gaz aralashmasidagi komponentning partial bosimi, ushbu komponent molg' ulushining umumiy bosimga ko'paytirilganiga tengdir, yahni:

$$p = P \cdot y \quad \text{va} \quad y = \frac{P}{P} \quad (3)$$

bu yerda R – gaz aralashmasining umumiy bosimi; u – tarqalayotgan moddaning aralashmadagi konsentratsiyasi; molg' ulushi.

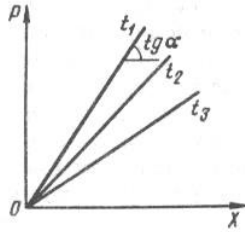
(2) va (3) tenglamalarini taqqoslab, quyidagi ifodaga kelamiz:

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

yoki fazaviy muvozanat konstantasi Ye/R ni m orqali belgilab, quyidagi ifodani

olamiz:

$$y = m \cdot x \quad (4)$$



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

(4) tenglama, gaz aralashmasi va suyuqlikda tarqalayotgan moddalarning muvozanat konsentratsiyalari 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. 1-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.

Absorbtsiya jarayoni nisbiy mol' konsentratsiyalarda ham hisoblanishi mumkin. Bunda, gaz fazasining suyuqlikdagi kichik konsentratsiyalari 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.

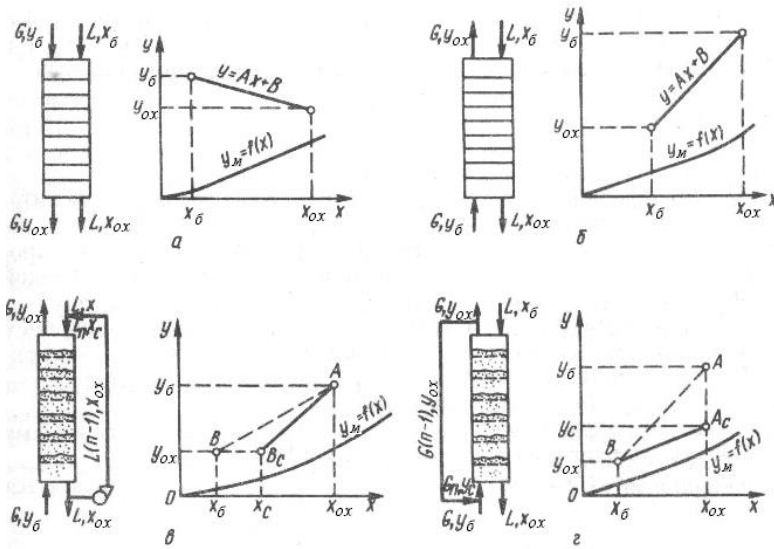
Yuqori konsentratsiyali eritmalar va katta bosimlarda gaz bilan suyuqlikning o'zaro muvozanat holati Genri qonuniga bo'ysunmaydi, chunki fazalarning muvozanat konsentratsiyalari orasidagi bog'liqlik egri chiziq bilan ifodalanadi.

Xalq xo'jaligining turli tarmoqlarida absorbtsiya jarayonini tashkil etishda quyidagi printsipl sxemalar qo'llaniladi:

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

Parallel yo'nalishli sxema 2a-rasmda ko'rsatilgan. Bunda gaz oqim va absorbent parallel (bir xil) yo'nalishda harakatlanadi. Absorberga kirishda, absorbtiv konsentratsiyasi katta bo'lgan gaz faza, absorbtiv konsentratsiyasi past bo'lgan suyuq faza bilan kontaktda bo'lsa, qurilmadan chiqishda esa - absorbtiv konsentratsiyasi kichik bo'lgan gaz faza, absorbtiv konsentratsiyasi yuqori bo'lgan suyuqlik bilan o'zaro tahsirda bo'ladi.

Qarama - qarshi yo'nalishli sxema 2b-rasmda ko'rsatilgan.



2-rasm. Absorbtsiya sxemalari va jarayonni u-x koordinatlarda tasvirlash. a - parallel; b - qarama - qarshi; v - absorbent retsirkulyatsiyasi bilan; g - absorbktiv retsirkulyatsiyasi bilan.

Ushbu sxemali absorberlarning bir uchida absorbtiv kontsentratsiyasi yuqori gaz va suyuqlik to'qnashuvda bo'lsa, ikkinchi uchida esa - kontsentratsiyalari past fazalar o'zaro tahsirda 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 retsirkulyatsiyali sxemalari (2v,g - rasm). Bunday sxemalarda absorbent ko'p marta o'tadi.

2v - rasmda absorbent bo'yicha retsirkulyatsiyali 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 kontsentratsiyali absorbent absorberdan chiqayotgan suyuq faza bilan aralashishi natijasida uning kontsentratsiyasi x_s ga ko'tariladi. Jarayonning ishchi chizig'i **u-x** diagrammada **AV** to'g'ri chizig'i bilan ifodalanadi. Absorbktivning aralashtirishdan keyingi kontsentratsiyasi 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:

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

bundan

$$x_c = \frac{x_{ox}(n - 1) + x_b}{n} \quad (5)$$

Gaz fazasi retsirkulyatsiyali absorbtsiya sxemasi 5g-rasmda keltirilgan. Ishchi chiziq holati $A_s (u_s, x_{ox})$ va $V (u_{ox}, x_b)$ nuqtalari bilan belgilanadi. u_s kontsentratsiya moddiy balans tenglamasidan aniqlanadi:

$$y_c = \frac{y_{ox}(n - 1) + y_o}{n} \quad (6)$$

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

Absorptsiya 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. 3 - 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.

Absorptsiya jarayonida hosil bo'layotgan issiqlikni ajratib olish uchun trubalar taqsimlash moslamasi 2 dan oqib tushayotgan suv bilan yuvilib turadi. Sovutuvchi suvni bir mehyorda 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 eltkech yuboriladi.

4-rasmda tekis, parallel nasadkali absorber tasvirlangan.

Nasadkalar vertikal listlar ko'rinishida bo'lib, absorber hajmini bir nechta sektsiyaga 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 turbulizatsiyasi va unda uyurmalar hosil bo'lishidir.

Yupqa qatlamning o'rtacha tezligi ushbu tenglamadan topilishi mumkin:

$$w_{yp} = \sqrt[3]{\frac{gL_c^2}{3\rho\mu}} \quad (7)$$

bu yerda 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:

$$w = 1,5 \cdot w_{yp} \quad (8)$$

Yupqa qatlamning qalinligi:

$$\delta = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot L_c \cdot \mu}{g\rho^2}} \quad (9)$$

Yupqa qatlamning harakat tezligi Reynolg'ds kriteriysidan aniqlanadi:

$$Re = \frac{w_{yp} \cdot d_e \cdot \rho}{\mu} \quad (10)$$

bu yerda d_e – yupqa qatlamning ekvivalent diametri, m.

Yupqa qatlamning ekvivalent diametri:

$$d_e = \frac{4\Pi \cdot \delta}{\Pi} = 4\delta \quad (11)$$

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

Nasadkali absorberlar. Turli shaklli qattiq nasadkalar bilan to'ldirilgan vertikal tsilindrsimon 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-rasm).

Suyuqlik faza absorberning yuqori qismidan taqsimlash moslamasi 1 yordamida purkaladi va nasadka qatlamida gaz fazasi bilan o'zaro tahsir etadi. Qurilma samarali ishlashi uchun suyuq faza bir tekisda purkalishi va taqsimlanishi zarur. Bu turdagi absorberlarda nasadkalar ham suyuqlikni bir mehyorda 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 tahsiri ostida yemirilmaydigan bo'lishi; yengil va arzon bo'lishi kerak.

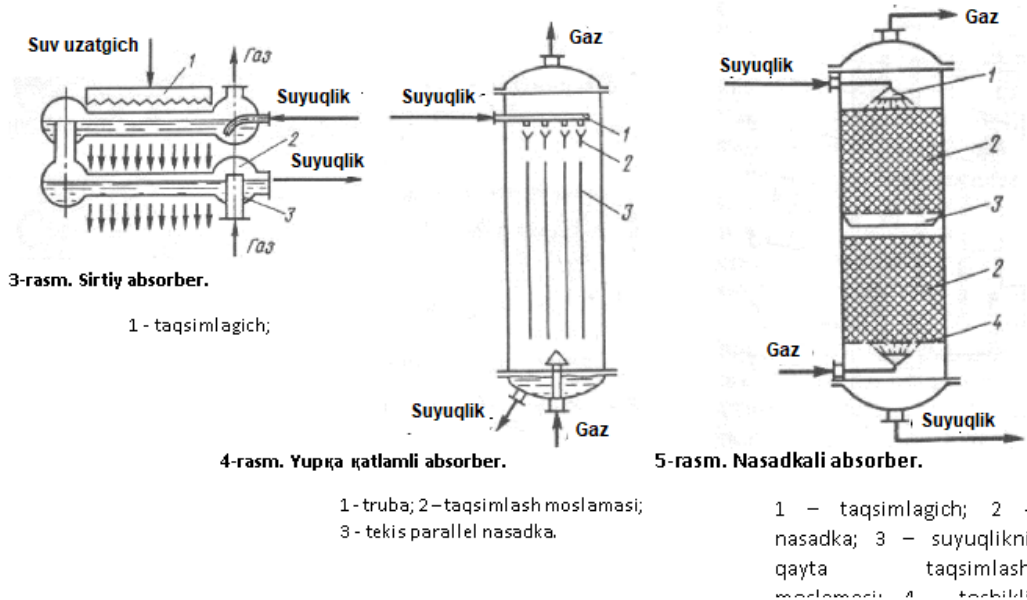
Sanoatda qo'llaniladigan nasadkalarining bahzi bir turlari va ularni qurilmada joylash usullari 5-rasmda keltirilgan. Bu nasadkalarining ichida eng keng tarqalgan nasadka Rashig halqalaridir. Undan tashqari, keramik jism, koks, maydalangan kvarts, polimer halqa, metall to'r va panjara, shar, propeller 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:

$$d_e = \frac{4V_{\delta x}}{a} \quad (12)$$

bu yerda $V_{\delta x}$ – bo'sh hajm, m^3/m^3 ; a - solishtirma yuza, m^2/m^3 .



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 sektsiyaga yuklanadi. Suyuqlikni bir tekisda taqsimlash uchun sektsiyalar orasida qayta taqsimlash moslamalari o'rnatiladi. Nasadkali kolonnalarda gaz va suyuqlik qarama - qarshi harakat qiladi.

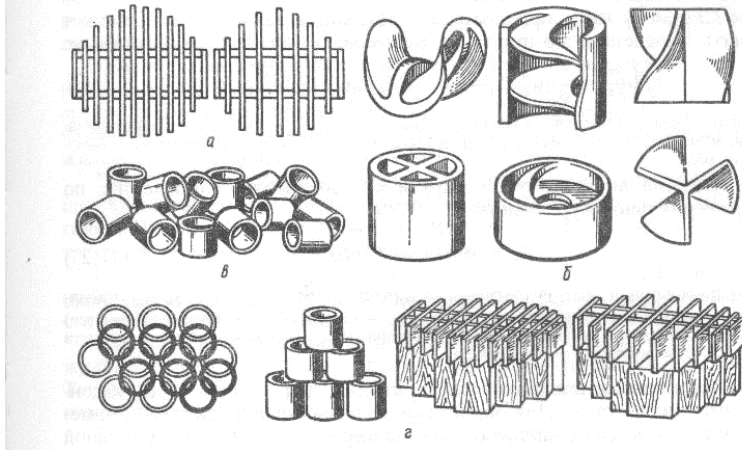
Gidrodinamik rejimlar. Absorbtsiya jarayonining samaradorligi gidrodinamik rejimlarga bog'liq. Bu rejimlar uzatilayotgan suyuqlik miqdori (namlash zichligi) va gaz oqimining tezligi bilan belgilanadi. Qurilmada ro'y beradigan rejimlar nasadka gidravlik qarshiligini gaz oqimining sohta tezligiga bog'liqlik funksiyasi sifatida tasvirlanadi (7-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, 7-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

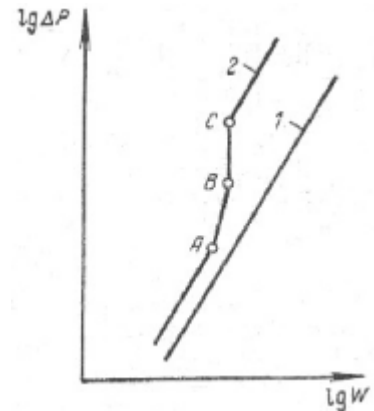
va undagi suyuqlik miqdori ortadi. SHu bilan birga fazalar orasidagi to'qnashish yuzasi ko'payadi, jarayonning samaradorligi bir-muncha kattaroq bo'ladi. Bu rejim ikkinchi o'tish nuqtasi (V) da tamom bo'ladi.

SHuni tahkidlash kerakki, osilib turish rejimida qatlamning sekin oqishi buziladi; uyurma va tomchilar hosil bo'ladi, yahni barbotaj holatiga o'tish sharoitlar tug'iladi. Yuqorida qayd etilgan massa almashinish jarayonini intensivlashtiradi.



6-rasm. Nasadka turlari.

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



7-rasm. Nasadka gidravlik

qarshiligining kolonnadagi gaz tezligiga bogliqligi.

1 - quruq nasadka;

2 - namlangan nasadka.

3 - rejim - **emulg'atsion 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 emulg'siya hosil bo'ladi. Mahlumki, qurilma ko'ndalang kesimida yuklangan nasadka qatlamining zichligi bir xil emas. SHuning uchun, qatlamning eng tor joylarida emulg'atsion rejim paydo bo'lib boshlaydi. Gaz uzatishni o'ta aniq rostlash yo'li bilan nasadka qatlamining butun balandligida emulg'atsion rejim o'rnatish mumkin. Kolonnaning gidravlik qarshiligi keskin ravishda ortadi (VS kesma).

SHuning uchun, yuqori bosimda ishlaydigan absorberlarda gidravlik qarshilikning tahsiri sust yoki bo'lmagani uchun absorbtsiya jarayoni emulg'atsion rejimda olib boriladi.

Emulg'atsion 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 emulg'atsion 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:

$$\lg\left(\frac{w_T^2 \cdot a}{gV_{bx}^3} + \frac{\rho_G}{\rho} \mu^{0,16}\right) = 0,076 - 1,75\left(\frac{L}{G}\right)^{0,25} \cdot \left(\frac{\rho_G}{\rho}\right)^{0,125} \quad (13)$$

bu yerda a - nasadkaning solishtirma yuzasi, m^2/m^3 ; V_{bx} - 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:

$$Re = 0,045 \cdot Ar^{0,57} \cdot \left(\frac{G}{L}\right)^{0,43} \quad (14)$$

bu yerda

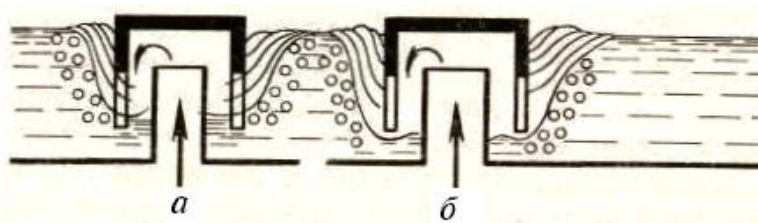
$$Re = \frac{wd_e \cdot \rho_G}{\mu_G}; \quad Ar = \frac{gd_e^3 \rho_G}{\mu_G^2} (\rho - \rho_G) \rho_G$$

w - gaz (yoki bug') optimal tezligi; d_e - nasadkaning ekvivalent diametri; ρ va ρ_G – suyuqlik va gazning zichligi; μ_G - 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 chiqa 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 absorptsiya jarayonida bir fazadan ikkinchisiga o'tgan massa miqdori ko'p bo'ladi.



8-rasm. Barbotaj jarayoni sxemalari.

- a - kichik tezlikda qalpoqchali nasadkadan gazning chiqishi;
- b - katta tezlikda qalpoqchali nasadkadan gazning chiqishi.

Absorberlarda gazlar yutilishi paytida ajralib chiqadigan issiqlikni neytrallash

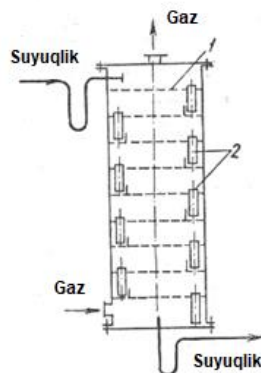
qiyin. Bunday qurilmalardagi issiqlikni kamaytirish va nasadkalar ho'llanishini oshirish maqsadida suyuqlikni nasos yordamida retsirkulyatsiya qilish zarur. Bu usulda ishlaydigan absorberlar tuzilishi murakkablashadi va narxi ortadi. Undan tashqari, ifloslangan suyuqliklarni ajratish uchun qaynovchi 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. 8-rasmda qalpoqchali nasadkadan gaz yoki bug'ning o'tishi tasvirlangan.

Barbotaj 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 xossalriga bog'liq.

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

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



9-rasm. Quyilish moslamali, tarelkali absorber.

9-rasmda quyilish moslamali, tarelkali absorber konstruktsiyasi tasvirlangan.

Ko'rinib turibdiki, quyilish trubasining pastki qismi quyida joylashgan tarelka ustidagi ostonaga tushib turadi va gidravlik tamba vazifasini bajaradi. Odatda, suyuq faza qurilmaning tepa qismidan tarelkaga uzatiladi va uning pastki qismidan chiqariladi. Gaz faza esa, qurilmaning pastidan uzatilib, tarelkalar orqali pufakchalar ko'rinishida chiqib ketadi. Tarelkada hosil bo'ladigan gaz – suyuqlik ko'pik

qatlamida asosiy issiqlik va massa berish jarayonlari yuz beradi. Absorbtsiya jarayonida tozalangan gaz qurilmaning tepa qismidan chiqib ketadi. Tarelka, quyilishi trubasi va ostona shunday joylashtiriladiki, suyuq faza albatta qarama - qarshi yo'nalishda harakat qiladi.

Tarelkali absorberlar gidrodinamik rejimi mag'lumki, istalgan konstruktsiyali tarelkalarining samaradorligi uning gidrodinamik rejimlariga uzviy bog'liqdir.

Gazning tezligiga va suyuqlikni purkash zichligiga qarab barbotajli tarelkalarining 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'shib oqimcha hosil qiladi. Tarelkadan mahlum bir masofada qatlam qarshiligi tufayli oqimcha buziladi va ko'p miqdordagi pufakchalarga ajrab ketadi. Natijada, "gaz – suyuqlik" dispers sistema, yahni 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 tahkidlash 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

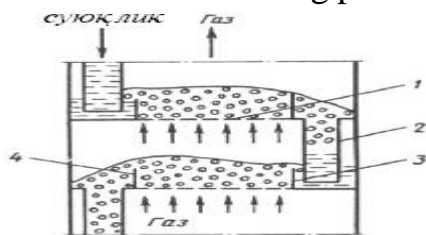
topiladi. So'ng esa, gazni ishchi tezligi topiladi.

Elaksimon tarelkali absorber. Bu turdagi qurilma 10-rasmda tasvirlangan.

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

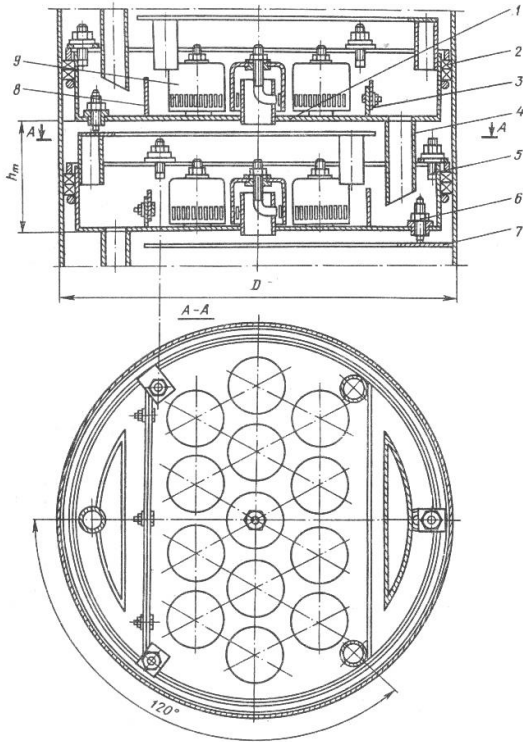
Odatda bu turdagi tarelka yuzasi

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 shtutserdan chiqadi.



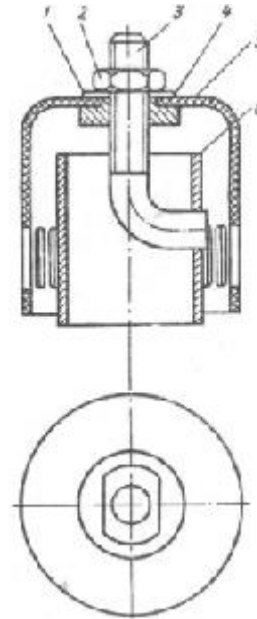
10-rasm. Elaksimon tarelkali kolonna.

Qalpoqcha tarelkali absorber. Bu turdagi qurilma 11-rasmdan keltirilgan bo'lib kapsula qalpoqcha va segment quyilish moslamasidan tarkib topgan. Tarelka



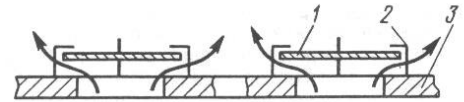
11-rasm. Qalpoqchali tarelka.

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



12-rasm. Kapsulali qalpoqcha.

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



13-rasm. Klapanli tarelka.

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

ko'plab diskdan iborat bo'lib, tayanch halqaga qistirma yordamida boltlar bilan mahkamlanadi.

Suyuq faza yuqorida joylashgan tarelkadagi ostona 3 dan o'tib, quyida o'rnatilgan tarelkaga tushadi. Tarelka yuzasida suyuqlikni bir mehyorda taqsimlash uchun ostona 8 xizmat qiladi. Suyuqlikni tarelka yuzasida bir xil balandlikda ushlab turish uchun rostlovchi ostona 3 dan foydalaniladi. Gaz tarelkalarga patrubka 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 patrubkasi 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 qalpoqchanning bo'ylama qirqimi 12 -

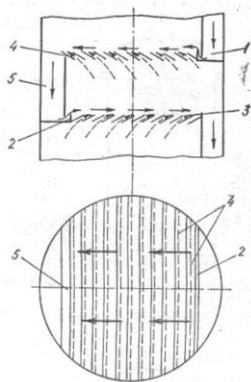
rasmda keltirilgan. Tarelka va qalpoqchanning pastki qismi orasidagi masofa vtulka 4 va gayka 2 yordamida amalga oshiriladi. Bu turdagi tarelkalar sanoatda keng ko'lamda qo'llaniladi. Elaksimom tarelkali absorberlarga qaraganda qalpoqchali qurilmalar gaz aralashmalari iflos bo'lganda ham uzoq muddatda 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: konstruksiyasi 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 elaksimom va qalpoqchali tarelkalarning yaxshi xossalarini o'zida mujassam qilgan (13-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 mehyorda, barqaror ishlaydi. Lekin, ularning gidravlik qarshiligi nisbatan yuqori.



14-rasm. Oqimchali tarelkalar.

1 - gidravlik tamba; 2 - quyiluvchi tÿsiq; 3 - tarelka; 4 - plastina; 5- quyilish moslamasi.

Oqimchali (yoki plastinali) tarelkalar. Bu turdagi tarelkalar qiya, parallel plastinalar ko'rinishida tayyorlanadi (14-rasm).

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

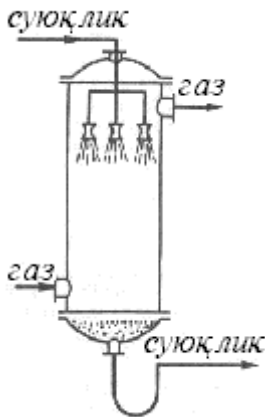
Yuqorida qayd etilgan tarelkalar samaradorligi gidrodinamik rejimlarga bog'liq. Gaz (yoki bug') tezligi va suyuqlik sarfiga qarab 3 xil rejimlar mavjud:

pufakchali, ko'pikli va oqimchali. Har 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 konstruksiyasi 15-rasm keltirilgan.

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



15-rasm. Purkovchi absorber.

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 absorbtsiya 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 tsilindrik qobiq ichida aylanadi. Natijada, disk yordamida suyuqlik mayda tomchilar shaklida atrofga sochiladi. Mexanik absorberlar ixcham va yuqori samarali.

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 **yengil uchuvchan**, past uchuvchanlikka ega komponent **qiyin uchuvchan** deb nomlanadi. Demak, yengil 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 yengil uchuvchan komponenti bilan boyitilgan **distillyat** va qiyin uchuvchan komponent bilan boyitilgan **kub qoldig'iga** ajraladi. Haydash jarayonida hosil bo'lgan bug' kondensator - deflegmatorga kondensatsiyalash natijasida distillyat olinadi. Qurilma kubida esa - kub qoldig'i qoladi.

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 yerda, K - komponentlar soni; F - fazalar soni.

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

Mag'lumki, 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.

Mag'lumki, ideal aralashmalar Raulg' qonuniga bo'ysinadi. Ushbu qonunga binoan, suyuqlik ustidagi toza komponentning bug' bosimi uning suyuqlikdagi molg' ulushiga proporsionaldir:

$$p_A = P_A \cdot x ; \quad p_B = P_B(1-x) \quad (15)$$

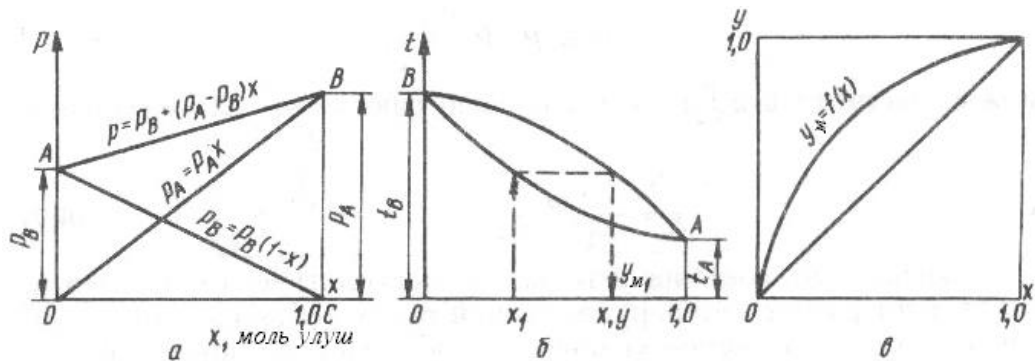
bu yerda r_A, r_V - A va V komponentlarning partial bosimi; $x, (1-x)$ - suyuq aralashmadagi A va V komponentlarning molg' ulush.

Dalg'ton qonuniga binoan sistemadagi umumiy bosim, partial bosimlar yig'indisiga teng:

$$P = P_A \cdot x + P_B(1-x) = P_B + (P_A - P_B) \cdot x \quad (16)$$

bundan

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



16-rasm. Ideal aralashmalar uchun suyuqlik-bug' muvozanat diagrammasi.

(17) va (18) tenglamalardan ko'rinib turibdiki, bir xil o'zgarmas temperaturada suyuqlik aralashmasi ustidagi komponentlar partsiyal va bug'larning umumiy bosimi yengil uchuvchan komponentning molg' ulushi x bilan to'g'ri chiziqli bog'liqlikda bo'ladi.

16-rasmda komponentlar partsiyal bosimi va umumiy bosim izotermalari tasvirlangan.

OV va SA to'g'ri chiziqlar komponentlar partsiyal 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.

Dalg'ton qonuniga ko'ra, bug'dagi komponentning partsiyal bosimi, undagi shu komponent molg' ulushiga proporsionaldir:

$$p_A = P \cdot y ; \quad p_B = P \cdot (1 - y) \quad (19)$$

bu yerda R - sistema umumiy bosim; u , $(1-u)$ - bug' aralashmasidagi A va V komponentlar molg' ulushi.

Muvozanat sharoiti uchun:

$$P_A \cdot x = P_A \cdot y ; \quad P_B(1-x) = P \cdot (1-y) \quad (20)$$

bundan

$$y = \left(\frac{P_A}{P} \right) x \quad \text{yoki} \quad 1 - y = \left(\frac{P_B}{P} \right) \cdot (1 - x) \quad (22)$$

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 (17b-rasm) suyuq aralashmaning qaynash temperaturasi, yuqori chiziq esa - bug' aralashmani kondensatsiyalash temperaturasi ifodalaydi. $x = 0$ va $x = 1,0$ da ordinata o'qlaridagi kesmalar, qiyin va yengil uchuvchan komponentlar qaynash temperaturasi ko'rsatadi.

Suyuqlikning mahlum tarkibi x_1 bo'yicha bug' tarkibini aniqlash uchun suyuqlik kontsentratsiyasiga tegishli abstsissa o'qidagi nuqtadan qaynash chizig'i bilan kesishguncha vertikal chiziq o'tkaziladi. So'ng esa, kesilish nuqtasidan bug' kondensatsiyalanish chizig'i bilan kesishguncha gorizontaal chiziq o'tkaziladi. Kesilish nuqtasining abstsissa o'qidagi qiymati bug'ning muvozanat tarkibi u_{r1} ni beradi.

17b-rasmda ko'rinib turibdiki, bir xil qaynash temperaturasida bug'dagi yengil uchuvchan komponent kontsentratsiyasi uning suyuqlik bug'lari muvozanat kontsentratsiyasidan katta bo'ladi. «Suyuqlik - bug'» sistemaning bu xossasi **Konovalovning birinchi qonuniga** bo'ysunadi, yahni 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 (17v-rasm).

$u_m = f(x)$ funktsiya quyidagi tenglamaga mos keladi

$$y = \frac{P_A \cdot x}{P} = \frac{P_A \cdot x}{P_B + (P_A - P_B) \cdot x} \quad (23)$$

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

Komponentlar nisbiy uchuvchanligi:

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

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

$$y = \frac{\alpha \cdot x}{1 + (\alpha - 1) \cdot x} \quad (24)$$

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

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

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

Raulg' qonuniga nisbatan og'ish manfiy yoki musbat bo'lishi mumkin. Agar, og'ish musbat bo'lsa, eritma ustida umumiy bosim Raulg' qonuni bo'yicha ideal eritma uchun hisoblangandan katta, manfiy og'ishida esa - kichik bo'ladi.

Musbat og'ishda umumiy bosim chizig'i ideal eritmanikidan yuqori, manfiy

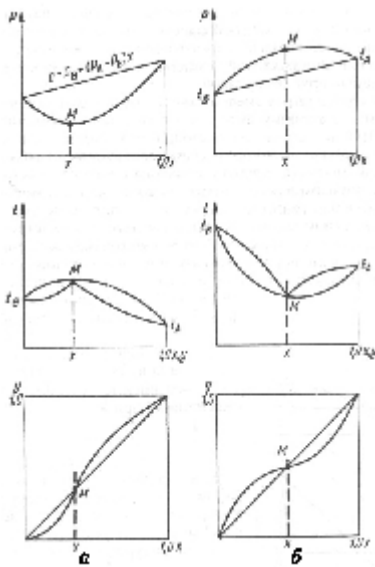
og'ishda - pastroqdan o'tadi.

Partsiyal bosimlarning kontsentratsiyaga bog'liqligi botiq yoki bo'rtiq chiziqlar orqali tasvirlanadi (18-rasm);

Haqiqiy eritmalar uchun fazaviy muvozanat diagrammalari tajribaviy ma'lumotlar asosida quriladi.

Muvozanat chizig'idan og'ishning son qiymatlari Raulg' qonunidan juda katta farq qilishi va bir qator eritmalar uchun ma'lum bir kontsentratsiyada qaynash temperaturasi o'zgarishga ega bo'lishi mumkin.

Konovalovning ikkinchi qonuniga binoan, suyuq eritma ustidagi muvozanat holatidagi bug'ning tarkibi suyuq eritma tarkibiga tengdir, yahni $u_m = x$ (19-rasmdagi M nuqta). Bunday aralashmalar **azeotrop** eritmalar deb nomlanadi. Azeotrop eritmalar maksimal va minimal qaynash temperaturali bo'lishi mumkin.



19-rasm. Haqiqiy eritmalarining fazaviy diagrammalari.
a - manfiy oqish;

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

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

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

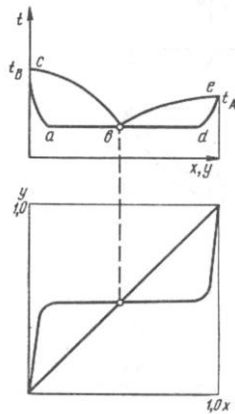
a) ikki komponentli eritmaning qaynash temperaturasi (yoki bosimi) ortganda, bug'lar tarkibida bug'lanishi uchun katta energiya talab etuvchi komponentning nisbiy miqdori oshadi;

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

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

Bir-birida erimaydigan yoki qisman eriydigan suyuqlik aralashmalari. Agar, A va V komponentlar bir-birida to'liq erisa, komponentlar molekularining o'zaro tortishish kuchlari nolga teng bo'ladi. Bunda, har bir komponent o'zini mustaqil tutadi va quyidagi bosimda qaynaydi:

$$P = P_A + P_B$$



20-rasm. Qisman eriydigan aralashmalarning fazaviy diagrammalari.

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

Aralashmaning qaynash temperaturasi t_{ar} suyuq aralashmaning tarkibiga bog'liq emas (20-rasm *avd* chiziq).

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

Tabiatda bir - birida absolyut erimaydigan moddalar kamdan-kam uchraydi. Agar, qisman eriydigan suyuqlik aralashmalarida qaynash temperaturasi *ac* yoki *dc* chizig'i bo'ylab

eritmaning asosiy komponentining qaynash temperaturasigacha o'zgaradi.

Bug'ning kondensatsiyalanish temperaturasi *sb* va *yeb* chiziqlari bo'ylab o'zgaradi. Diagrammadagi *b* nuqtada $u_0 = R_a/R = \text{const}$ tarkibli bug' kondensatsiyalanadi.

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: fraktsiyali haydash; deflegmatsiya bilan haydash; suv bug'i bilan haydash; molekulyar haydash.

Fraktsiyali haydash Bu usul haydash kubidagi eritmani asta-sekin bug'latish yo'li bilan olib boriladigan ajratish jarayonidir (21-rasm).

Jarayon davomida hosil bulayotgan bug' kondensator 2 ga uzatiladi va u yerda kondensatsiyalanib, 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 yengil uchuvchan komponent miqdori va distillyat tarkibidagi miqdori maksimal qiymatdan minimalgacha kamayadi. SHuning uchun, har xil tarkibli distillyat fraktsiyalari turli yig'gichlarga ajratib olinadi. Har xil tarkibli mahsulot olishga mo'ljallangan eritmalarni ajratib olish usuli *fraktsiyali 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 eritmalarni ajratish imkoniyatini yaratadi, chunki bu usulda qaynash temperaturasi pasayadi. SHuning uchun ham bu usulda haydash davrida past temperaturali suv bug'laridan foydalaniladi.

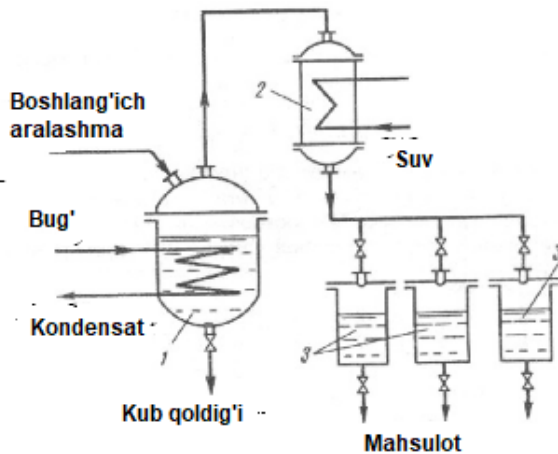
Distillyatning o'rtacha tarkibi moddiy balans tenglamasidan aniqlanadi:

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

bundan

$$x_{dyp} = \frac{Fx_f - Wx_w}{F - W} \quad (25)$$

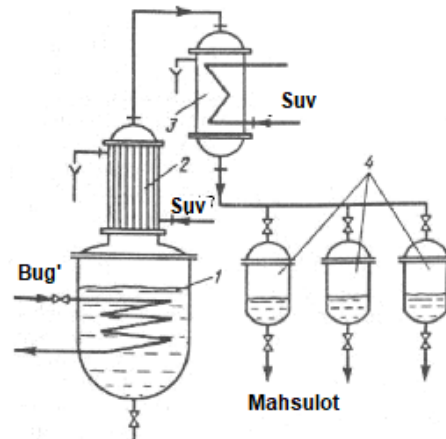
bu yerda F - boshlang'ich eritma miqdori; x_f - boshlang'ich eritma konsentratsiyasi; W - kub qoldig'i miqdori; x_w - kub qoldig'i konsentratsiyasi.



21-rasm. Oddiy haydash qurilmasi.

1 - kub; 2 - kondensator;

3 - distillyat yig'gichlar.



22-rasm. Deflegmatsiyali oddiy

haydash qurilmasi. 1 - kub; 2 -

deflegmator; 3 - kondensator; 4 -

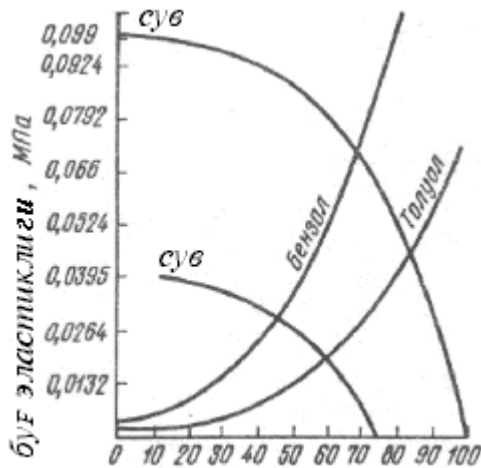
yig'gichlar.

Deflegmatsiya bilan haydash Bu usul eritmalarni ajratish darajasini ko'tarish uchun qo'llaniladi (22-rasm).

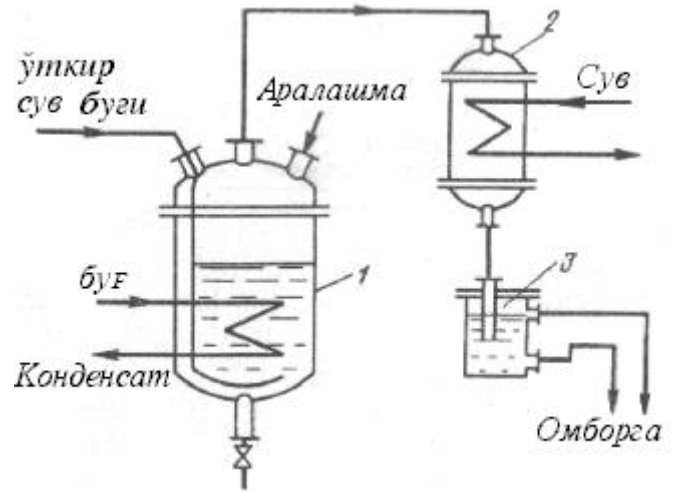
Bu usulda, kub 1 da hosil bo'lgan bug'lar deflegmator 2 ga uzatiladi va u yerda qisman kondensatsiyalanadi. Qisman kondensatsiyalanish davrida qiyin uchuvchan komponent miqdori ko'p bo'lgan flegma hosil bo'ladi va qaytadan kubga tushiriladi. Kub 1 ga tushish vaqtida ko'tarilayotgan bug'lar bilan o'zaro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

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

Suv bug'i bilan haydash Eritmalar qaynash temperaturasini pasaytirish uchun



23-rasm. Suv bug'i bilan haydash paytida Qaynash temperaturasini aniqlash diagrammasi.



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

jarayonni vakuum ostida tashkil etish usuli oldindan ma'lum edi. Lekin, eritmalar suv bug'i bilan haydash usulida ham qaynash temperaturasini 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.

23-rasmda suv bug'i bilan oddiy haydash davrida qaynash temperaturasini aniqlash diagrammasi keltirilgan. Bu diagrammada qaynash temperaturasiga suv bug'ining elastiklik egri chizig'i bilan turli suyuqliklar elastiklik egri chiziq-lari 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 $r = 0,0395$ MPa da 46°S atrofida, bosim $r = 0,1$ MPa da toluol uchun esa - 85°S .

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

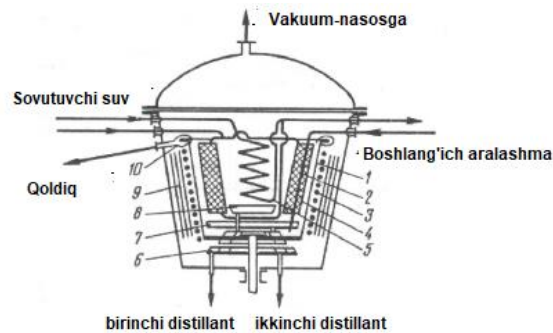
Boshlang'ich eritma kub 1 ga yuklanadi va uning g'ilofiga suv bug'i yuboriladi. So'ng, kub ichidagi eritmaga barboter orqali kuchli suv bug'i haydaladi. Eritmaning qaynash paytida hosil bo'lgan bug'lar kondensator 2 ga uzatiladi va undan keyin separator 3 da kondensat ajratiladi. Separatordan suv chiqariladi, suvda erimaydigan yengil uchuvchan komponent esa maxsus idishga yig'iladi. Odatda bu usul muvozanat bo'lmagan sharoitlarda amalga oshiriladi.

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

Ushbu jarayon o'ta past vakuumda, yag'ni bosim $1,31 \dots 0,131$ 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 kondensatsiyalash yuzalarida ro'y beradi. SHuni alohida ta'kidlash kerakki, ular orasidagi masofa odatda 20...30 mm, yag'ni molekullarning erkin harakati uzunligidan kam bo'lishi kerak. Bunday holatda issiq yuzadan ko'tarilayotgan yengil uchuvchan komponent molekullari sovuq yuzaga urilishi bilan kondensatsiyalanadi. Bug'lanish va kondensatsiyalanish yuzalari o'rtasidagi temperaturalar farqi 100°S atrofida.



25-rasm. Molekulyar haydash qurilmasi.

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

25-rasmda molekulyar haydash qurilmasining sxemasi keltirilgan.

Boshlang'ich eritma qurilmaga truba 2 orqali rotor 1 ning tubiga uzatiladi. Rotordagi eritma markazdan qochma kuch tag'sirida konus yuzasi bo'ylab yupqa qatlam holida tarqaladi. Bug'lanish yuzasidan ajralib chiqqan molekullar kondensatsiyalanish yuzasiga qarab yunaladi.

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

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

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

SHunday qilib, bug' yengil uchuvchan komponent bilan, kolonnadan pastga oqib tushayotgan suyuqlik esa - qiyin uchuvchan komponent bilan boyitiladi. Bug'

va eritmaning ko'p marta to'qnashishi hisobiga distillyat butunlay yengil uchuvchan, kub qoldig'i esa - qiyin uchuvchan komponentdan tarkib topgan bo'ladi.

Rektifikatsiya jarayonini hisoblashda quyidagi tahminlar qabul qilinadi:

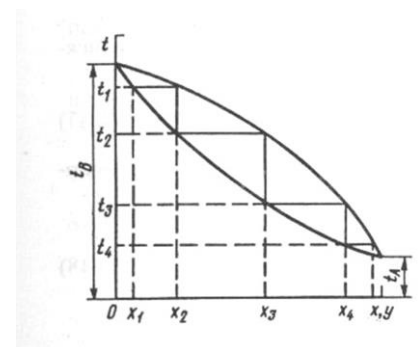
a) 1 kmolg' bug' kondensatsiyalanish davrida 1 kmolg' suyuqlik bug'lanadi. Demak, rektifikatsion kolonnaning istalgan ko'ndalang kesimida harakatlanayotgan bug'ning miqdori bir xildir;

b) deflegmatorda kondensatsiyalanayotgan bug'ning tarkibi o'zgarmaydi. Demak, rektifikatsion kolonnadan chiqib ketayotgan bug'ning tarkibi distillyatnikiga teng ($u_d = x_d$) bo'ladi;

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

Ko'pincha rektifikatsiya jarayoni $t - x, y$ diagramma yordamida tasvirlanadi (26-rasm).

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



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

Nazorat uchun savollar.

1. Absorbtsiya jarayoni.
2. Absorbtsiya jarayonining fizik asoslari qanday?
3. Absorbtsiya jarayonini olib borish usullari qanday amalga oshiriladi?
4. Absorberlar konstruksiyalarini ishlash prinsiplari qanday?
5. Suyuqliklarni haydash qanday amalga oshiriladi?
6. Past va yuqori temperaturada qaynaydigan komponentlarni tushuntiring.
7. Haydash va rektifikatsiya jarayonlarining nazariy asoslari qanday?
8. Oddiy haydash va rektifikatsiyalash asosiy vazifalari.
9. Binar aralashmani tushuntiring.
10. Dal'ton qonunini tushuntiring.