

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

QARSHI MUHANDISLIK IQTISODIYOT INSTITUTI

"Geologiya va konshilik" FAKULTETI

"Asosiy texnologik jarayonlar va qurilmalar" fanidan

MA'RUZALAR MATNI

5630100- Atrof - muhit muxofazasi va ekologiya ta'lim yunalishi talabalari uchun

Qarshi - 2018 y.

Fanning modulli elektiron o'quv-uslubiy majmuasi "Kimyoviy texnologiya", "Atrof muhit muxofazasi" ta'lim yo'nalishi uchun "Asosiy texnologik jarayonlar va qurilmalar" fanidan O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi qoshidagi Koordinasion Kengash tomonidan tasdiqlangan namunaviy dastur asosida tuzilgan.

Tuzuvchilar:

Xolbayev B.M "Atrof muhit
himoyasi va ekologiya" kafedrası mudiri
Shomurotov B.H "Atrof muhit
himoyasi va ekologiya" kafedrası stajyor-o'qituvchisi.

Taqrizchilar:

Fanning modulli elektiron o'quv-uslubiy majmuasi "Atrof muhit himoyasi va ekologiya" kafedrası yig'ilishida (bayon №____, ____ 2018y)_____ fakulteti uslubiy komissiyasida (bayon №____,____ 2018y) va instiyut Uslibiy Kengashida (bayon №____, ____ 2018y) muhokama etilgan va o'quv jarayonida foydalanishga tavsiya qilingan.

O'quv-uslubiy boshqarma boshlig'i: _____ O.D.Raximov

Fakultet kengashi raisi: _____ Avloqulov M

Kafedra mudiri: _____ B.Xolbayev

MUNDARIJA

№	I. Ma'ruza mavzulari	Reja soati
1	1-Ma'ruza: Asosiy qonun qoidalar. Modda va energiyaning saqlanish qonunlari.	2
2	2-Ma'ruza: Jarayonlar va qurilmalarni modellashtirish asoslari.	2
3	3-Ma'ruza: O'lchamlarni tahlil qilish	2
4	4- Ma'ruza: Texnika gidravlika asoslari.	2
5	5-Ma'ruza: Turli jinsli sistemalarning turlari va ularni ajratish usullari.	2
6	6-Ma'ruza: Filtrlash jarayoni.	2
7	7-Ma'ruza: Markazdan qochma kuch ta'sirida cho'ktirish.	2
8	8-Ma'ruza: Suyuqlik muhitlarida aralashtirish	2
9	9-Ma'ruza: Gazlarni changdan tozalash.	2
10	10-Ma'ruza: Gazyuvuvchi qurilmalar.	2
11	11-Ma'ruza: Issiqlik almashinish jarayonlari. Issiqlik o'tkazish asoslari.	4
12	12-Ma'ruza: Issiqlikning nurlanishi.	2
13	13-Ma'ruza: Issiqlik almashinish qurilmalari.	2
14	14-Ma'ruza: Qobiq - trubali issiqlik almashinish qurilmalarini hisoblash tartibi	2
15	15-Ma'ruza: Issiqlik almashgichlarda konstruktiv hisoblash tartibi. Kondensatorni hisoblash	4
16	16-Ma'ruza: Bug'latish jarayoni	2
17	17-ma'ruza Modda almashinish jarayonlari	4
18	18-ma'ruza Modda o'tkazish jarayonining tenglamasi	4
19	19-ma'ruza Absorbsiya jarayoni	4
20	20-Ma'ruza Suyuqliklarni haydash	2
21	21 - Ma'ruza Ekstraksiya jarayoni	2
22	22-ma'ruza Adsorbsiya jarayoni	2
23	23-Ma'ruza Kristallanish jarayoni	4
24	24-Ma'ruza Materiallarni maydalash	2
II. LABORATORIYA ISHI		
25	1-Suyuqlikning oqish rejimini aniqlash	3
26	2-Suyuqlik harakat qilayotgan trubalarning mahalliy va ishqalanish qarshiliklarini aniqlash	9
27	3-Suyuqliklarning tezligi va sarfini Pito-Prandtl naychasi bilan o'lchash	17
28	4-Suyuqlikning oqishi	23
29	5-Mavhum qaynash qatlamining gidrodinamikamikasi	28

30	6-Markazdan kochma nasoslarni xarakteristikasi	34
31	7-Filtrlash doimiysini aniqlash	40
32	8-“Truba ichida truba” tipidagi issiqlik almashinish qurilmasining issiqlik berish koeffitsiyentini aniqlash	47
33	9-Erkin konveksiya jarayonida xavoning issiqlik berish koeffitsiyentini aniqlash	55
34	10-Eritmalarning temperatura depressiyasini aniqlash.....	60
35	11-Quritish qurilmasida qurish jarayonini tasvirlash	65
35	12-Quritish jarayonining kinetikasi	72
36	13-Quritish qurilmasida qurish jarayonini tasvirlash	79
37	14-Quritish jarayonining kinetikasi	93
38	15-Aktivlangan ko‘mir halkasimon va yarim sfera katlamli adsorber gidrodinamikasi	101
39	16-Markazdan qochma ventilyatorning xarakteristika- larini aniqlash.	107
40	17-Zarrachalarning uchib chikish tezligini aniklash	113
41	18-Qatlamdagi qattik zarrachalarning dispersligini aniqlash ...	118
42	19-Barcha laboratoriya mashg‘ulotlarni EXM da modellashtirish.....	126
	Adabiyotlar ruyxati.....	137

ANNOTASIYA

Zamonaviy rivojlanish bilan bog'liq hayotimizda texnikaning mukammallashuvi kimyo mahsulotlari va jarayonlari bilan uzviy bog'liq. Fan va texnikaning dolzarb yo'nalishlari bo'lgan biologiya, tibbiyot, fizika, elektrotexnika, energetika, radiotexnika, mashinasozlik, qurilish sohalari va qishloq xo'jaligi rivojlanishi kimyoning yutuqlariga tayanadi.

Hozirgi kunda Respublikamizda bir necha kimyo korxonalari mavjud bo'lib, turli – tuman moddalar – mineral o'g'itlar, sulfat kislota, o'simliklarni himoya qilish vositalari, plastmassa, sintetik smolalar, sement, sun'iy tola, lok bo'yoqlar va bir qator mahsulotlar ishlab chiqariladi.

Ishlab chiqarish mahsulotlari ko'payishi bilan bir qatorda kimyo va texnologiya fani oldida bir qancha yechimini topishi kerak bo'lgan muammolar turibdi. Bularga quyidagi ilmiy yo'nalishlar kiradi:

- yangi konstruksion va funksional organik va noorganik materiallar, elastomerlar, sun'iy va sintetik tolalar, ularni korroziya va emirilishidan saqlash usullari;

- yangi yuqori samarali kimyoviy texnologiya jarayonlari, jumladan katalitik, membranali, elektrokimyoviy jarayonlar, kimyoviy reaksiyalarni yuqori energiya va fizik metodlar yordamida tezlatish;

- mineral xom ashyolar, neft, gaz va qattiq yoqilg'i moddalarni chuqur va kompleks kimyoviy qayta ishlash bilan bog'liq bo'lgan yangi jarayonlar;

- kimyoviy analizning yangi instrumental usullari, kimyoviy jarayonlar va material hamda buyumlar xossalariining diagnostikasi;

- kimyoviy energetika, yangi kimyoviy tok manbalarini va energiyani boshqa holatga o'tkazish tizimlarini yaratish;

- kimyoviy texnologiya jarayonlarining xavfsizligi va atrof muhitni muxofaza qilish;

- kimyoviy informatika.

Bu ulkan muammolarni echishda etuk muhandis kadrlarning roli muhim ahamiyatga ega.

АННОТАЦИЯ

С развитием химической технологии наряду с быстрым ростом числа химических производств происходит все возрастающая их типизация, т.е. в различных производствах усиливается применение аналогичных технологических приемов, аппаратов и способов осуществления процессов. В своем непрерывном развитии наука о процессах и аппаратах, обобщая теоритические и экспериментальные методы исследования основных процессов, является генератором новых идей, ускоряющих научно технический прогресс химической технологии.

"Процессы и аппараты химической технологии", которая включает гидродинамические, тепловые, диффузионные, холодильные и механические процессы и аппараты. Взаимосвязь процессов и комплектование аппаратов в технологические схемы можно изучить на сравнительно небольшом количестве

производств, но имеющих наибольшее народнохозяйственное значение или комбинируемых с узкой специальностью будущего специалиста.

A N N O T A S T I A

The development of modern sciences are connected with chemical production and processes. The directions of science and technologi such as biologu, medicine physics electrical engineering, power engineering, rediotechnique, mashine building, construction branches and agricultural development include successes in the field of chemistry.

There are a lot of chemical enterprises in our Republic at the present time. Different substances mineral fertilizers, suephurd acid protecteng plants plastics, synthetic resins (tars) cement, artificial fibre, loc paints and other productions are produced in them.

Increasing the productions and at the same time many complicated proplems are appearing nowadays.

The signifecant role of experienced engineers is nesessary in order to solve these great problems.

1-Ma'ruza:

Asosiy qonun qoidalar. Modda va energiyaning saqlanish qonunlari

R E J A:

1.1. «Jarayonlar va qurilmalar» fanining mazmuni. «Jarayonlar va qurilmalar» fanining kelib chiqishi va rivojlanishi.

1.2. Asosiy jarayon turlari.

1.3. Modda va energiyaning saqlanish qonunlarini balans shaklida ifodalanishi. Sistema muvozanat qonunlari.

1.4. Modda va energiyaning o'tkazish qonunlari.

1.5. Mukammal qurilmalar yaratish asoslari. Kimyoviy qurilmalar tayyorlash uchun materiallar.

Tayanch iboralar: gidrodinamika, gidrostatika, diffuzion, absorblash, adsorblash, ekstrasiyalash, balans, kondensasiya, kinetik, faza, gidromexanik, korroziya, ultratovush

1.1. Jarayonlar va qurilmalar fanining mazmuni. «Jarayonlar va qurilmalar» fanining kelib chiqishi va rivojlanishi

Kimyoviy texnologiya fanining asosiy maqsadi – tabiiy va sun'iy xom ashyolarning eng tejimli va ekologik jihatdan toza kimyo usullari yordamida qayta ishlab, kerakli materiallar hamda mahsulotlar olishdan iborat.

Kimyo sanoati korxonalarida turli texnologik jarayonlar amalga oshiriladi. Bu jarayonlar davomida xom ashyo va materiallarning ichki tuzilishi, tarkibi, agregat holatlari o'zgaradi. Kimyoviy texnologik jarayonlar kimyoviy reaksiyalar va turli fizik – kimyoviy jarayonlardan iborat; ya'ni suyuqlik va qattiq materiallarni uzatish, qattiq moddalarni maydalash va saralash, gazlarni siqish va uzatish, moddalarni isitish va sovitish, suyuqliklarni aralashtirish, har xil jinsli aralashmalarni ajratish, eritmalarni bug'latish, ho'l materiallarni quritish va boshqalar. Bu texnologik jarayonlar turli ishlab chiqarishlarda ishlash prinsiplari bir xil bo'lgan mashina va qurilmalarda olib boriladi.

Kimyo texnologiyasining turli tarmoqlari uchun umumiy bo'lgan jarayon va qurilmalar asosiy jarayonlar va qurilmalar deb yuritiladi.

«Jarayonlar va qurilmalar» kursida asosiy jarayonlarning nazariyasi, ushbu jarayonlar amalga oshiriladigan mashina va qurilmalarning tuzilish prinsiplari va ularni hisoblash uslublari o'rganiladi.

Kimyo sanoati XVIII asrning oxiri XIX asrning boshlarida paydo bo'ldi va xalq xo'jaligining muhim tarmog'iga aylandi. «Jarayonlar va qurilmalar» fanining kelib chiqishi kimyo sanoatining rivojlanishi bilan bog'liq.

Yangi kimyo ishlab chiqarishlarini ilmiy asosda tuzib chiqishda, yuqori unumli qurilmalar yaratishda, texnologiya jarayonlarini jadallashtirishda «jarayonlar va qurilmalar» fanining ahamiyati juda katta.

O'zbekistonda «Jarayonlar va qurilmalar» fanining rivojlanishida Toshkent kimyo–texnologiya instituti qoshidagi «Kimyoviy texnologiya jarayonlari va qurilmalari» kafedrasining hissasi katta. Bu kafedra 1940 yilda tashkil etilgan bo'lib, kafedra xodimlari tomonidan changlarni tozalash, pnevmotransport, absorblash,

adsorblash, ekstraksiyalash va quritish jarayonlarini turli usullar bilan jadallashtirishning (pulsasion va vibrasion tebranishlar, o'zgaruvchan elektromagnit maydoni, harakatchan nasadkalar, mavhum qaynash holati, qattiq faza qatlamining geometrik shaklini o'zgartirish yordamida) nazariy va amaliy asoslari yaratildi, sochiluvchan qattiq moddalarning gidromexanik, issiqlik – fizikaviy va diffuzion xossalari aniqlandi, yuqori samarali qurilmalar kashf etildi.

Kimyo sanoatida turli–tuman texnologiya jarayonlari ishlatiladi. Ayrim xususiyatlariga qarab bunday jarayonlar bir necha sinflarga bo'linadi.

1.2. Asosiy jarayon turlari

Asosiy jarayonlar texnologik jarayonlarni harakatlantiruvchi kuchiga qarab 6 guruhga bo'linadi:

1. Mexanik jarayonlar;
2. Gidromexanik jarayonlar;
3. Issiqlik almashinish jarayonlari;
4. Modda almashinish jarayonlari;
5. Kimyoviy jarayonlar;
6. Sovutish jarayonlari.

Mexanik jarayonlar qattiq materiallarni mexanik kuch ta'sirida qayta ishlash bilan bog'liq. Bunday jarayonlarga maydalash, saralash, uzatish, aralashtirish kabilar kiradi. Bu jarayonlarning tezligi qattiq jismlarning mexanik qonuniyatlari bilan ifodalanadi. Bunda harakatlantiruvchi kuch vazifasini mexanik bosim kuchi va markazdan qochma kuch bajaradi.

Suyuq va gazsimon sistemalardagi harakat (aralashtirish, filtrlash, cho'ktirish) bilan bog'liq jarayonlar gidromexanik jarayonlarni tashkil etadi. Bunday jarayonlarning tezligi gidromexanika qonunlari bilan aniqlanadi.

Gidromexanik jarayonlarning harakatlantiruvchi kuchi–gidrostatik va gidrodinamik bosim kuchidir.

Issiqlik almashinish jarayoni–haroratlar farqi mavjud bo'lganda bir (harorati yuqori) jismdan ikkinchi (harorati past) jismga issiqlikning o'tishidir. Bu guruhga isitish, sovitish, bug'latish, kondenslash, suniy sovuq hosil qilish jarayonlari kiradi. Jarayonning tezligi gidrodinamik rejimga bog'liq holda, issiqlik uzatish qonunlari bilan ifodalanadi. Issiqlik jarayonlarining harakatlantiruvchi kuchi sifatida issiq va sovuq muhitlar o'rtasidagi haroratlar farqi ishlatiladi.

Modda almashinish jarayonlari-bir yoki bir necha komponentlarning bir fazadan fazalarni ajratuvchi yuza orqali ikkinchi fazaga o'tishdir. Komponentlar bir fazadan ikkinchi fazaga molekulyar va turbulent diffuziyalar yordamida o'tadi. Shu sababli bu jarayonlar diffuzion jarayonlar deyiladi. Bu guruhga absorblash, adsorblash, suyuqliklarni haydash, ekstraksiyalash, kristallash, quritish jarayonlari kiradi. Jarayonlarning tezligi fazalarning gidrodinamik harakatiga bog'liq bo'lib, modda o'tkazish qonuniyatlari bilan ifodalanadi. Modda almashinish jarayonlarining harakatlantiruvchi kuchi fazalardagi konsentrasiyalarning farqi bilan belgilanadi.

Kimyoviy jarayonlar moddalarning o'zaro ta'siri natijasida yangi birikmalarning hosil bo'lishidir. Kimyoviy reaksiyalarda issiqlik va modda

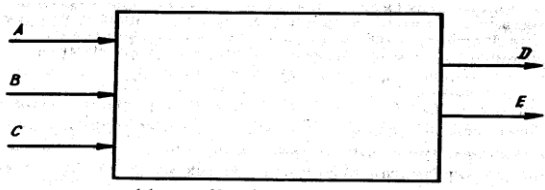
almashinish jarayonlari ham sodir bo'ladi. Bu guruhdagi jarayonlarning tezligi kimyoviy kinetika qonuniyatlari bilan ifodalanadi. Reaksiyalar tezligi moddalarning gidromexanik harakatiga, kimyoviy jarayonlarning harakatlantiruvchi kuchi esa reaksiyaga kirishayotgan moddalarning konsentrasiyasiga bog'liq bo'ladi.

Jarayonlar vaqt davomida parametrlarning o'zgarishiga qarab turg'un va turg'unmas bo'ladi. Tezlik va konsentrasiya, harorat kabi parametrlar vaqt davomida o'zgarsa, jarayon turg'unmas, agar bu parametrlar o'zgarmasa jarayon turg'un deyiladi.

1.3. Modda va energiyaning saqlanish qonunlarini balans shaklida ifodalanishi. Sistema muvozanat qonunlari

Kimyoviy texnologiyaning asosiy jarayonlari tezligi fizika, kimyo va fizik – kimyoning umumiy qonunlariga tayanadi. Bu qonunlarni ma'lum bir jarayonga tatbiq etish asosida jarayonning nazariyasi yaratiladi. Jarayon nazariyasini o'rganishda modda va energiyaning saqlanish va o'tkazish, shuningdek sistemaning muvozanat qonunlari katta ahamiyatga ega.

Modda va energiyaning saqlanish qonunlari moddiy va energetik balans shaklida ishlatiladi. Masalan, qurilmada qandaydir jarayon sodir bo'layapti. Bu qurilmaga jarayonda qatnashayotgan A, B va C komponentlar kiritilmoqda (1.1-rasm).



1.1 – rasm. Moddiy balans sxemasi.

Ushbu komponentlar gaz, bug', suyuqlik va qattiq holatda bo'lishi mumkin. Qurilmada ro'y bergan jarayon natijasida hosil bo'lgan moddalar D va E qurilmadan chiqadi. Modda va energiyaning saqlanish qonuniga asosan qurilmaga kiritilayotgan moddalarning massaviy yig'indisi qurilmadan chiqayotgan moddalarning massaviy yig'indisiga teng bo'lishi kerak, ya'ni:

$$m_A + m_B + m_C = m_D + m_E \quad (1.1)$$

bu erda : m_A, m_B, m_C, m_D, m_E – A, B, C, D, E komponentlarning massasi.

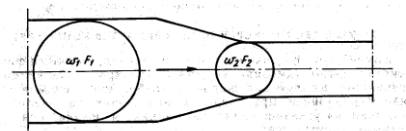
Bu tenglama moddiy balans tenglamasi deyiladi.

Harakatdagi oqim uchun moddaning saqlanish qonuni quyidagicha bo'ladi. Qurilmaning ikkita kesimi F_1 va F_2 orqali ω_1 va ω_2 tezlik bilan o'tayotgan oqim uchun quyidagi tenglamani yozamiz:

$$F_1 \omega_1 = F_2 \omega_2$$

(1.2)

(1.2.) tenglama uzluksizlik tenglamasi deyiladi.



1.2 – rasm. Harakatdagi sistemalar uchun oqimning uzluksizligi.

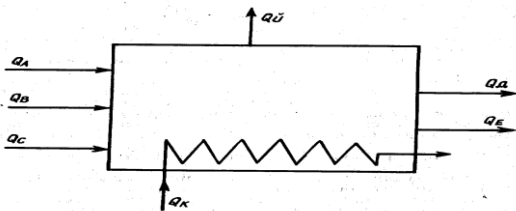
Qurilmaga kiritilayotgan yoki undan chiqayotgan modda o'zida ma'lum miqdorda energiya saqlaydi. Qurilmaga tashqaridan qo'shimcha energiya (masalan, elektr toki yordamida qizdirish) ham kiritilishi mumkin. Jarayon davomida energiyaning ma'lum bir qismi atrof muhitga tarqaladi (1.3-rasm). Energiyaning saqlanish qonuniga asosan quyidagi tenglikni yozamiz:

$$Q_A + Q_B + Q_C + Q_K = Q_D + Q_E + Q_{\text{it}} \quad (1.3)$$

bu erda Q_A, Q_B, Q_C – A, B, C komponentlari bilan qurilmaga kirgan issiqlik miqdori; Q_D, Q_E – D va E komponentlari orqali qurilmadan chiqqan issiqlik miqdori; Q_K – qurilmaga tashqaridan kiritilgan qo'shimcha issiqlik miqdori; Q_{it} – atrof muhitga tarqalgan issiqlik miqdori.

(1.3) tenglama energetik balansni ifodalaydi yoki xususiy holatda issiqlik balans ham deyiladi.

Moddiy va issiqlik balans tenglamalari texnologiya jarayonlarini o'rganishda ishlatiladi.



1.3-rasm. Energetik balans sxemasi.

Muvozanatda turgan sistemalarning holati vaqt davomida o'zgarmaydi. Bunday sistemalar qatoriga bir jinsli sistemalar (gaz, suyuqlik) kiradi, ularning hamma qismlarida bosim va harorat bir xil qiymatga ega bo'ladi. Sistemani muvozanatdan chiqarish uchun tashqaridan biror kuch ta'sir etish kerak (masalan, mexanik kuch yoki issiqlik ta'siri).

1.4. Modda va energiyaning o'tkazish qonunlari

Hisoblash ishlarida sistema holatini tashqi kuch ta'sirida qaysi yo'nalishda o'zgarishini bilish katta ahamiyatga ega. Bu borada Le-Shatele va Gibbs fazalar qoidasidan foydalaniladi.

Le-Shatele prinsipiga asosan sistema muvozanatdan chiqarilganda unda hosil bo'lgan kuchlar yo'nalishi sistemani muvozanatdan chiqarayotgan kuchlar yo'nalishiga qarama-qarshi bo'ladi.

Gibbsning fazalar qoidasi sistema komponentlari, fazalar soni va erkinlik darajasi soni o'rtasidagi bog'liqlikni ifodalaydi:

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

(1.4)

bu erda: Φ – fazalar soni; C – erkinlik darajasi soni; K – sistemadagi komponentlar soni.

Butun massa bo'yicha fizikaviy jihatdan bir jinsli bo'lgan ma'lum miqdordagi modda faza deb yuritiladi. Faza bir yoki bir necha komponentdan tashkil topadi. Komponent – toza kimyoviy birikma bo'lib, bir fazadan ikkinchi fazaga o'tishi mumkin.

Sistemaning holati bosim, harorat, konsentrasiya, solishtirma hajm parametrlar birligi orqali ifodalanadi.

Erkinlik darajasi–sistemaning hech narsaga bog'liq bo'lmagan parametrlar soni bo'lib, bu son orqali boshqa parametrlar qiymatini topish mumkin.

Le-Shatele prinsipi va Gibbsning fazalar qoidasiga misol tariqasida suv bilan to'ldirilgan yuqori qismida porshen bo'lgan yopiq idishni olaylik (porshen pastga qarab tushirilganda). Suvning ustki qismidan porshengacha bo'lgan oraliqda suv bug'i mavjud. Porshen pastga qarab tushirilganda bosim hosil bo'ladi. Le-Shatele qonuniga asosan, sistemada izotermik sharoit hosil bo'lganda, bosim ta'siriga qarama – qarshi jarayon - bug'ning kondenslanishi boshlanadi.

Gibbsning fazalar qoidasi ko'p fazali sistemalarda muvozanat sharoitini aniqlashga yordam beradi. Masalan, etil spirtining suvdagi eritmasi bilan to'ldirilgan yopiq idish bor. Bu sistemada fazalar soni 2 ta: bug' va suyuqlik. Komponentlar soni ham ikkita etil spirti va suv. U holda erkinlik darajasi 2 ga teng bo'ladi.

Kimyoviy texnologiya jarayonlarining asosini material oqimlar o'rtasidagi modda yoki energiya almashinuvchi tashkil etadi. Bu jarayonlar gidrodinamika va termodinamika qonunlariga bo'ysunadi. Jarayonlarni hisoblashda avval modda va energiyaning saqlanish qonunlariga asosan material va energetik oqimlarning miqdori aniqlanadi, so'ngra harakatlantiruvchi kuch aniqlanadi.

Ishlab chiqarishda har bir jarayonning tezligini oshirishga harakat qilinadi, bu esa qurilmalarning ish unumini ko'paytiradi. Asosiy jarayonlar kinetikasi quyidagi qonuniyatga asoslanadi: jarayonlarning o'tish tezligi harakatlantiruvchi kuchga to'g'ri va qarshilikka teskari proporsional. masalan, filtrlash jarayoni uchun quyidagi kinetik tenglamani yozamiz:

$$\frac{dV}{Fd\tau} = \frac{1}{R_1} \Delta P = K_1 \Delta P$$

(1.5)

bu erda V – filtrat miqdori; F – filtr yuzasining maydoni; τ -vaqt; R_1 – filtrning qarshiligi; $K_1 = \frac{1}{R_1}$ – filtrlovchi to'siqning o'tkazuvchanligi; ΔP – bosimlar farqi (harakatlantiruvchi kuch).

Issiqlik almashinish jarayonlari termodinamika qonunlariga asosan quyidagi kinetik tenglama bilan ifodalanadi:

$$\frac{dQ}{Fd\tau} = \frac{1}{R_2} \Delta t = K_2 \Delta t$$

(1.6)

bu erda: Q – o'tkazilgan issiqlik miqdori; F – issiqlik almashinish yuzasi; τ – vaqt; R_2 – issiqlik o'tkazishga bo'lgan qarshilik; $K_2 = \frac{1}{R_2}$ – issiqlik o'tkazish koeffisienti; Δt – haroratlar farqi (harakatlantiruvchi kuch).

Modda almashinish jarayoni uchun kinetik tenglama quyidagicha bo'ladi.

$$\frac{dM}{Fd\tau} = \frac{1}{R_3} \Delta C = K_3 \Delta C$$

(1.7)

bu erda: M – o'tkazilgan modda miqdori; F – modda almashinish yuzasi; R_3 – modda o'tkazishga bo'lgan qarshilik; $K_3 = \frac{1}{R_3}$ – modda o'tkazish koeffisienti; ΔC – konsentrasiyalar farqi (harakatlantiruvchi kuch).

Gidromexanik, issiqlik va modda almashinish jarayonlari uchun quyidagi umumiy kinetik tenglamani yozamiz:

$$\mathfrak{Z} = Kx$$

(1.8)

bu tenglamada $\mathfrak{Z}$ – jarayonning tezligi; x – harakatlantiruvchi kuch; K – kinetik koeffisient.

(1.8.) tenglama ma'lum bir harakatlantiruvchi kuch ta'sirida boradigan jarayonga mos keladi.

Agar sistemada bir vaqtning o'zida kompleks jarayonlar sodir bo'lsa, ularning ichidan asosiy jarayon ajratib olinadi. Asosiy jarayonning tezligi qolgan jarayonlarning tezligiga nisbatan katta bo'ladi.

1.5. Mukammal qurilmalar yaratish asoslari. Kimyoviy qurilmalar tayyorlash uchun materiallar

Kimyoviy texnologiyada ishlatiladigan qurilmalar qator talablarga (ishlatish sharoitlari, konstruktiv, estetik, iqtisodiy, texnika xavfsizligi) javob berishi kerak.

Birinchidan, qurilmada ma'lum bir jarayonni amalga oshirish uchun qulay shart sharoit mavjud bo'lishi kerak. Bu sharoitlar jarayonning turiga, jarayonda qatnashayotgan massalarning agregat holatiga, ularning kimyoviy tarkibi va fizik xossalriga bog'liq. Qurilmaning shakli texnologik jarayonni amalga oshirish uchun mos bo'lishi kerak.

Qurilmaning muhim parametrlaridan biri ish unumi hisoblanadi. Ish unumi deb vaqt birligi ichida qurilmada qayta ishlanadigan tayyor mahsulot miqdoriga aytiladi. Yana bir parametrlaridan biri qurilmaning samaradorligi. Qurilmaning samaradorligi deb qurilma ish unumini qurilmani xarakterlaydigan biror kattalikka nisbatiga aytiladi. Masalan: bug'latish qurilmasining samaradorligi 1 soatda bug'latilgan suv miqdorining $1m^2$ isitish yuzasiga nisbati orqali xarakterlanadi.

Qurilmaning ish unumini oshirish uchun qurilma ishini tezlatish zarur. Tezlatish usullari quyidagilar:

1) davriy jarayonlarni uzluksiz jarayon bilan almashtirish;

- 2) qurilma ish mexanizmlarining tezligini oshirish;
- 3) qurilmadagi gidravlik rejimlarni tezlatish;
- 4) yuqori harorat va katta bosimlarni qo'llash;
- 5) ultratovush, mexanik (pulsasion va vibrasion) tebranishlar, mavhum qaynash prinsipi, elektromagnit maydon ta'sirlaridan foydalanish;
- 6) yangi texnologiyalarni qo'llash.

Qurilmaning materiali korroziyaga chidamli, energiya kam sarflanadigan, uni tekshirish, tozalash, sozlash uchun qulay va mustahkam bo'lishi kerak.

Qurilmani loyihalash, tayyorlash, ishlatishda sarf-xarajati kamroq bo'lishi kerak.

Qurilma texnika xavfsizligi talabiga javob berishi, qurilmani xom–ashyo bilan to'ldirish va tayyor mahsulotni qurilmadan chiqarish boshqaruvchi xodim uchun qulay bo'lishi zarur.

Qurilma, mashina, asbob–uskunani tayyorlash uchun materiallar tanlashda undan foydalanishning o'ziga xos tomonlari va ish muhiti, harorat, borayotgan jarayon tasirida material fizik–kimyoviy xossalariining o'zgarishini bilish zarur. Standartlarga asoslangan holda material tanlanadi.

Material tanlashda dastlab jarayonning ish sharoitlari (harorat, bosim, kontakt bo'layotgan fazalarning konsentrasiyalari) aniqlanadi.

Qurilma yoki mashina uchun material tanlanayotganda quyidagi faktorlar hisobga olinishi kerak: materialning mexanik xossalari- chidamlilik chegarasi, nisbiy uzayishi, qattqlik; tayyorlash texnologiyasining qulayligi (masalan, payvandlash mumkinligi), emirilishga kimyoviy barqarorligi; issiqlik o'tkazuvchanligi.

Kimyoviy qurilmaga ishlatiladigan material korroziyaga chidamli bo'lishi kerak, bu kattalik qurilmaning uzoq vaqt ishlashini belgilaydi. Metallarning korroziyaga barqarorlik koeffisienti quyidagicha bo'ladi:

Barqarorlik gruppasi	Ball	Metallning korroziya tezligi, mm/yil
1. To'la barqarorlik	1	0,001 dan kam
2. Ancha barqarorlik	2 3	0,001 dan 0,005 gacha 0,005 dan 0,01 gacha
3. Barqarorlik	4 5	0,01 dan 0,005 gacha 0,005 dan 0,1 gacha
4. Pasaygan barqarorlik	6 7	0,1 dan 0,5 gacha 0,5 dan 1,0 gacha
5. Kam barqarorlik	8 9	dan 5 gacha 5 dan 10 gacha
6. Barqarorsiz	10	10 dan ko'p

Kimyoviy qurilmalarni tayyorlash uchun korroziya tezligi $0,1 \div 0,5 \text{ mm/yil}$ dan oshmaydigan kontruksiya materialidan foydalanish kerak.

10 balli shkala bo'yicha metallarning korroziya tezligi korroziyani metall ichiga kirib borishi bilan xarakterlanadi. Korroziya tezligi korroziya mahsulotlari olib tashlangandan keyin metall massasining kamayish miqdori bilan aniqlanadi va quyidagicha ifodalanadi:

$$\Pi = \frac{K \cdot 10^{-3}}{\rho}$$

(1.9)

bu erda Π – korroziya tezligi, mm/yil ; K – massa bo'yicha yo'qolishi, $\text{g/m}^2 \cdot \text{yil}$; ρ – metallning zichligi g/sm^3 .

Kimyoviy qurilmalar tayyorlashda har xil navli po'latlar, cho'yanlar, rangli metallar, qotishmalar, nometall va kompozision materiallar ishlatiladi.

Uglerodli po'latlar 3 ta guruhga bo'linadi:

A – mexanik xossalari bo'yicha etkazib beriladigan po'latlar;

B – kimyoviy tarkibi bo'yicha etkazib beriladigan po'latlar;

V – mexanik xossalari va kimyoviy tarkibi bo'yicha etkazib beriladigan po'latlar.

Hozirgi kunda kimyo sanoatida kam legirlangan, kremniy–marganesli po'lat navlari 16GC(3H) va 09Г2C(M) ko'p ishlatiladi, chunki bu material chidamli va mustahkam.

Korroziya muhitida ishlaydigan kimyoviy qurilmalarni ishlab chiqarishda nometall materialdan foydalaniladi, ya'ni plastmassa, shishali plastiklar, ko'mir grafitli material, keramika, farfor, kompozision material va boshqalar.

Bir qator kimyoviy qurilmalarda texnologiya jarayonlari yuqori yoki o'ta past haroratlarda olib boriladi. Bu jarayonlarni amalga oshirish uchun yuqori haroratli issiqlik tashuvchi yoki harorati 00S dan kam bo'lgan sovutuvchi agentlardan foydalaniladi.

NAZORAT SAVOLLARI

- 1.1. «Jarayonlar va qurilmalar» fanining ahamiyati nimadan iborat?
- 1.2. Asosiy jarayonning ifodalanishi va borishini tushuntiring.
- 1.3. Asosiy jarayonning turlari va ularga tushuncha bering.
- 1.4. Asosiy jarayonlar bir – biridan qanday farqlanadi?
- 1.5. Modda va energiyaning saqlanish qonunlarida balans tenglamalarini tushuntiring.
- 1.6. Sistemaning muvozanat qonunlari qaysi prinsiplar asosida tushuntiriladi?
- 1.7. Modda va energiyaning o'tkazish qonunlarini asosiy jarayonlarda qo'llang.
- 1.8. Mukammal qurilmalarni yaratishda qanday talablarga e'tibor berish zarur?
- 1.9. Kimyoviy qurilmalar tayyorlashda materiallarga qo'yiladigan talablar nimadan iborat?

2-Ma'ruza: Jarayonlar va qurilmalarni modellash asoslari

R E J A:

2.1. O'xshashlik nazariyasining ahamiyati.

2.2. O'xshashlik teoremlari.

2.3. O'xshashlik mezonlari.

Tayanch iboralar: mezon, kriterial, konvektiv, molekulyar

Adabiyotlar: 2,3.

2.1. O'xshashlik nazariyasining ahamiyati. Yangi texnologiya jarayonini tashkil etish uchun avval laboratoriya va sinov qurilmalarida tajriba olib boriladi. Sinov davomida tekshirilayotgan jarayonning texnikaviy jihatdan mukammal va iqtisodiy jihatdan tejimli ekanligi aniqlanadi. Sinov nihoyasida butun jarayonlarning bir xillik shartlariga muvofiq qurilmaning shakli va o'lchamlari, jarayonni olib borish sharoitlari, jarayonda qatnashayotgan moddalarning eng muhim o'zgarish koeffitsientlari, mahsulot chiqishi, xom ashyo va energiya sarfi kabi asosiy hal qiluvchi muammolar echi topiladi.

Olingan tekshirish va sinov natijalarini sanoat qurilmalarida sinab ko'riladi. Yangi qurilmalarni loyihalash va ishlatish uchun laboratoriya hamda tajriba sharoitlarida olingan hisoblash tenglamalar va bir xillik shartlarining qonuniyatlari muhim ahamiyatga ega. Barcha jarayon uchun tegishli hisoblash tenglamalarini matematik ifodalash orqali aniqlik kiritish murakkabroqdir. Ba'zi texnologiya jarayonlari fizika va kimyo qonunlari asosida differensial tenglamalar orqali ifodalanadi.

Differensial tenglamalarni o'xshashlik nazariyasi yordamida yechiladi. Yechimini topishda tajribaga asoslangan holda jarayonni xarakterlovchi o'zgaruvchan faktorlar orasidagi bog'liqlik aniqlanib, empirik tenglamalar tuziladi. bu tenglamalardan faqat aniq sharoitlarda foydalanish mumkin. Murakkab jarayon uchun esa umumiy bo'lgan qonuniyat va tenglamalar topish kerak. Chunki bu tenglama va qonuniyatlar yordamida biror xususiy tajriba natijalarini boshqa ko'pchilik jarayonlarni tekshirishga qo'llash kerak bo'ladi. Bu masalani esa tajriba natijalarining o'xshashlik nazariyasi yordamida, ularni qayta ishlash orqali yechiladi.

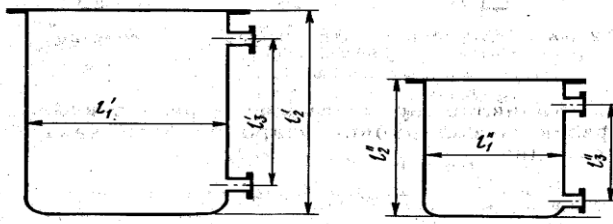
2.2. O'xshashlik teoremlari. O'xshashlik shartlariga ko'ra hodisalar 4 guruhga bo'linadi: geometrik o'xshashlik, vaqt bo'yicha o'xshashlik, fizik kattaliklarning o'xshashligi, boshlang'ich va chegara shartlarining o'xshashligi.

Agar sistemadagi jismlar tinch holatda turgan bo'lsa, geometrik bir xillikka asosan ikki o'xshash jismning geometrik o'lchov kattaliklari o'zaro parallel bo'lib (2.1–rasm), ularning nisbati o'zgarishsiz bo'ladi.

$$\frac{\ell_1}{\ell_1^{II}} = \frac{\ell_2}{\ell_2^{II}} = \frac{\ell_3}{\ell_3^{II}} = K_\ell = \text{const}$$

(2.1)

bu yerda K – geometrik o'lchov kattaliklari doimiyligi; $\ell_1^I, \ell_2^I, \ell_3^I, \ell_1^{II}, \ell_2^{II}, \ell_3^{II}$ -birinchi va ikkinchi idishlarning geometrik o'lchamlari;



2.1 –rasm. Geometrik o'xshash idishlar

Geometrik o'xshashlik bo'lganda vaqt bo'yicha bir xillik hosil bo'ladi. Bu bir xillikka asosan ikkita geometrik jismdagi nuqtalar o'xshash traektoriya bo'ylab vaqt birligida bir xil yo'l bosib o'tadi. Ularning uzaro bir–biriga nisbati o'zgarmas qiymatga teng :

$$\frac{T_1}{\tau_1} = \frac{T_2}{\tau_2} = \frac{T_3}{\tau_3} = \dots = \frac{T_n}{\tau_n} = L_\tau = const, \quad (2.2)$$

bu yerda $T_1, T_2, T_3, T_n, \tau_1, \tau_2, \tau_3, \tau_n$ –harakatdagi birinchi va ikkinchi jism vaqt intervalining o'zgarishi; L_τ – vaqt birliklari doimiyligi.

Fizik kattaliklar birligiga asosan, fazoda joylashgan ikki sistema fizik xossalarining o'zaro nisbati vaqt birligida o'zgarmas bo'ladi:

$$\frac{\mu_1^1}{\mu_1} = \frac{\mu_2^1}{\mu_2} = \frac{\mu_3^1}{\mu_3} = \dots = \frac{\mu_n^1}{\mu_n} = L_\mu = const, \quad (2.3)$$

bu yerda $\mu_1^1, \mu_2^1, \mu_3^1, \mu_1, \mu_2, \mu_3$ –birinchi va ikkinchi sistema xossalarining vaqt birligida o'zgarishi; L_μ – fizik kattalik doimiyligi.

O'xshash fazoda joylashgan jismlarning fizik xossalari vaqt bo'yicha bir xillikka ega bo'lishi uchun ularning boshlang'ich va chegara shartlari bir xil bo'lishi kerak.

O'xshashlik nazariyasi uchta teoremaga asoslanadi. Birinchi teoremani I.Nyuton kashf qilgan. Bu teoremaga asosan o'xshash hodisalar bir xil qiymatga ega bo'lgan o'xshashlik mezonlari bilan xarakterlanadi. Masalan, ikkita o'xshash sistemadagi (original va modeldagi) zarrachalarning mexanik harakati Nyuton o'xshashlik mezoni orqali quyidagicha ifodalanadi:

$$Ne = \frac{f\tau}{m\omega}$$

(2.4)

bu yerda f –kuch; m –zarrachaning massasi, τ - vaqt, ω - zarracha tezligi.

Ikkinchi teorema Bekingem, Federman va Afanaseva–Erenfest tomonidan asoslangan. Bu teoremaga ko'ra, biror jarayonga tasir etuvchi o'zgaruvchan parametrlarning bog'lovchi differensial tenglamalarining echimini o'xshashlik mezonlarining o'zaro bog'liqliklari orqali ifodalash mumkin.

Agar o'xshashlik mezonlari $\pi_1, \pi_2, \pi_3, \dots, \pi_n$ bilan belgilansa, u holda differensial tenglamaning echimi umumiy tarzda quyidagicha bo'ladi:

$$f(\pi_1, \pi_2, \pi_3, \dots, \pi_n) = 0$$

(2.5)

yoki

$$\pi_1 = f(\pi_2, \pi_3, \dots, \pi_n) \quad (2.6)$$

Bunday tenglamalar kriterial tenglamalar deb yuritiladi.

Uchinchi teorema M.V.Kirpichev va A.A. Guxman tomonidan aniqlangan.

Bu teorema xulosasi shundan iboratki, tajribada olingan hisoblash usullaridan amalda foydalanish mumkin degan qo'llanma ishlatiladi. Bu teoremaga asosan, son jihatdan teng aniqlovchi mezonlarga ega bo'lgan hodisalar o'xshash hisoblanadi. Masalan, (2.6) tenglamadagi π_1 – aniqlovchi mezondir.

2.3. O'xshashlik mezonlari. O'xshashlik mezonlari o'lchamsiz bo'lib, tekshirilayotgan jarayonni xarakterlaydigan fizik kattaliklardan tuziladi. Bu mezonlarga asos solingan olimlar nomlari bilan yuritiladi. Asosan o'xshashlik mezonlari uch guruhga bo'linadi:

- 1) gidromexanik
- 2) issiqlik
- 3) diffuzion o'xshashlik mezonlari.

Birinchi guruhga Reynolds, Eyler, Frud, Galiley, Gomoxron, Arximed va boshqa mezonlar kiradi. Reynolds mezoni :

$$Re = \frac{\omega d \rho}{\mu}, \quad (2.7)$$

bu erda ω - suyuqlik yoki gaz oqimining tezligi, m/s ; d – oqimning xarakterli o'lchami, m ; ρ – suyuqlik yoki gazning zichligi, kg/m^3 ; μ – muhitning dinamik qovushoqligi, $Pa \cdot s$.

Reynolds mezoni o'xshash oqimlardagi inersiya kuchlarining nisbatini va harakatning rejimini xarakterlaydi.

Eyler mezoni:

$$Eu = \frac{\Delta P}{\rho \omega^2}, \quad (2.8)$$

bu yerda ΔP - suyuqlik oqimidagi bosimning yo'qolishi, Pa .

Bu mezon o'xshash oqimlardagi suyuqlikning gidrostatik bosimi va inersiya kuchlari orasidagi o'zaro bog'lanishni va trubalarda suyuqlik harakat qilganda o'lchamsiz bosimning yo'qolishini ifodalaydi.

Frud mezoni :

$$Fr = \frac{\omega^2}{gl}, \quad (2.9)$$

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

Frud mezoni og'irlik kuchi ta'sirini xarakterlaydi va o'xshash oqimlardagi inersiya kuchining og'irlik kuchiga nisbatini ifodalaydi.

Galiley mezoni :

$$Ga = \frac{gl^3}{\gamma^2},$$

(2.10)

bu yerda γ – muhitning kinematik qovushoqligi, m^2 / s .

Bu mezon o'xshash oqimlardagi ishqalanish kuchlarinng og'irlik kuchlariga nisbatini belgilaydi.

Gomoxron mezoni :

$$Ho = \frac{\omega \tau}{l},$$

(2.11)

bu erda τ – vaqt, s.

Gomoxron mezoni o'xshash oqimlardagi harakatning turg'unmasligini aniqlaydi.

Arximed mezoni :

$$Ar = \frac{gl^3}{\gamma^2} \cdot \frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho_1},$$

(2.12)

bu yerda ρ_1 va ρ_2 – oqimning ikki nuqtasidagi suyuqlikning zichligi, kg / m^3 .

Arximed mezoni erkin konveksiyani ifodalab, muhitning ayrim nuqtalaridagi zichliklar farqi va ishqalanish ta'sirida hosil bo'lgan kuchlarning o'zaro ta'sirini belgilaydi.

Ikkinchi guruhga Nusselt, Fure, Pekle, Prandtl, Bio, Grasgof, Kutateladze va boshqa mezonlar kiradi.

Nusselt mezoni :

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

(2.13)

bu yerda α – issiqlik berish koeffisienti, $Vt / m^2 \cdot K$; λ -muhitning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffisienti, $Vt / m \cdot K$.

Nusselt mezoni o'xshash oqimlarning chegara qatlamidagi issiqlik berish tezligi va harorat maydoni o'rtasidagi bog'liqlikni ifodalaydi.

Fure mezoni:

$$Fo = \frac{a \tau}{l^2},$$

(2.14)

bu yerda a – harorat o'tkazuvchanlik koeffisienti, m^2 / s .

Fure mezoni issiqlik oqimlaridagi turg'unmas jarayonlarning o'xshashligini belgilab, jismning temperatura maydoni, fizik xossalari va o'lchamlari orasidagi bog'liqlikni ifodalaydi.

Pekle mezoni:

$$Pe = \frac{\omega l}{\alpha},$$

(2.15)

Pekle mezoni jarayonning gidrodinamik sharoitini va muhitning issiqlik xossalari belgilaydi. Bu mezon konvektiv issiqlik berish paytida konveksiya va issiqlik o'tkazuvchanlik usullari yordamida o'tkazilgan miqdorlar o'rtasidagi nisbatni xarakterlaydi.

Prandtl mezoni:

$$Pr = \frac{\gamma}{\alpha} = \frac{c\mu}{\lambda},$$

(2.16)

bu yerda c – suyuqlik yoki gazning issiqlik sig'imi, $J/kg \cdot K$.

Prandtl mezoni konvektiv issiqlik berish jarayonidagi muhitning fizik xossalari o'xshashligini xarakterlaydi.

Bio mezoni:

$$Bi = \frac{\alpha l_K}{\lambda_K},$$

(2.17)

bu yerda ℓ_K – qattiq jismning xarakterli o'lchami, m ; λ_K – qattiq jismning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffisienti, $W/(m \cdot K)$.

Bio mezoni ichki va tashqi termik qarshiliklarning nisbatini, qattiq jism ichidagi harorat maydoni va uning yuzasidagi issiqlik berish shartlari o'rtasidagi bog'liqlikni ifodalaydi. Hisoblashda $Bi < 0,1$ bo'lganda asosan tashqi termik qarshiliklar, $Bi > 100$ bo'lganda esa ichki termik qarshiliklar hisobga olinadi.

Grasgof mezoni:

$$Gr = \frac{gl^3}{\gamma^2} \beta \Delta t,$$

(2.18)

bu erda β – suyuqlikning hajm bo'yicha kengayish koeffisienti, $1/K$; Δt – qattiq jism va undan ma'lum masofadagi oqim temperaturalar orasidagi farq, K .

Grasgof mezoni erkin issiqlik konveksiyasini xarakterlab, ishqalanish kuchlari va noizotermik oqimning ayrim nuqtalaridagi turli zichliklar tasirida hosil bo'lgan ko'taruvchi kuch o'rtasidagi nisbatni belgilaydi.

Kutateladze mezoni:

$$Ku = \frac{r}{c\Delta t},$$

(2.19)

bu yerda r – faza o'zgarish issiqligi (masalan, bug'ning kondenslanishi vaqtida ajralgan issiqlik miqdori), J/kg ; c – suyuqlikning (masalan, kondensatning) issiqlik sig'imi, J/kg ; Δt – kondensat yupqa qatlami va devor ustidagi haroratlar farqi, K .

Kutateladze mezoni fazaning o'zgarish issiqligini birorta fazaning to'yinish haroratiga nisbatan o'ta qizitish yoki o'ta sovitish issiqligiga nisbatini ifodalaydi.

Nusselt, Prandtl, Fure, Bio, Pekle mezonlari uchinchi guruh, ya'ni diffuzion o'xshashlik mezonlarini xarakterlaydi:

$$Nu' = \frac{\beta l}{D},$$

(2.20)

$$Pr' = \frac{\gamma}{D},$$

(2.21)

$$Fo' = \frac{rD}{l^2},$$

(2.22)

$$Bi' = \frac{\beta l_K}{D_K},$$

(2.23)

$$Pe' = \frac{\omega l}{D},$$

(2.24)

bu yerda β – modda berish koeffisienti, m/s ; D – diffuziya koeffisienti, m^2/s ; D_K – qattiq jismdagi diffuziya koeffisienti, m^2/s ;

Nusselt mezoni o'xshash sistemalardagi fazalar chegarasida modda berish jarayonining tezligini ifodalaydi. Prandtl mezoni oqimning faqat fizik kattaliklarini o'z ichiga oladi. Fure mezoni konsentrasiya maydoni o'zgarish tezligi, jismning fizik xossalari va o'lchamlari oralig'idagi bog'liqlikni ifodalaydi. Bu mezondan turg'unmas jarayonlarni hisoblashda foydalaniladi. Bio mezoni ichki va tashqi diffuzion qarshiliklarning nisbatini belgilaydi. Pekle mezoni o'xshash sistemalarda konvektiv va molekulyar diffuziyalar yordamida o'tkazilgan moddalar miqdorining nisbatini belgilaydi.

NAZORAT SAVOLLARI

- 2.1. O'xshash hodisalar necha guruhga bo'linadi?
- 2.2. O'xshashlik nazariyasi nechta teorema asosida tushuntiriladi?
- 2.3. O'xshashlik mezonlari nechta guruh asosida tushuntiriladi?
- 2.4. Birinchi guruh mezonlari asosida qanday holatlar aniqlanadi?
- 2.5. Ikkinchi guruh mezonlari asosida qanday holatlar aniqlanadi?
- 2.6. Uchinchi guruh mezonlari asosida qanday holatlar aniqlanadi?

3- Ma'ruza: O'lchamlarni tahlil qilish

REJA:

- 3.1. O'xshashlik nazariyasini differensial tenglamalar orqali tushuntirilishi.
- 3.2. O'lchov birliklarini asosiy o'lchamlar orqali ifodalanishi.
- 3.3. Modellastirishda mavjud bo'lgan shart - sharoitlar.
- 3.4. Modellastirish tartibi.

Tayanch iboralar: differensial, kriterial, kompleks, simpleks, original, model, me'yor.

Adabiyotlar: 1,2,3,4,5.

3.1. O'xshashlik nazariyasini differensial tenglamalar orqali tushuntirilishi

O'xshashlik nazariyasini asosini differensial tenglamalar tashkil etadi. Ammo o'ta murakkab jarayon uchun differensial tenglama tuzib bo'lmaydi. Bunday jarayonlar uchun kriterial tenglamalar tuzishda o'lchamlarni tahlil qilish usulidan foydalaniladi. Ushbu usuldan foydalanish uchun quyidagi shartlarga rioya qilish lozim. Jarayonni tajriba yo'li bilan dastlabki o'rganish paytida uning tezligi yoki harakatlantiruvchi kuchiga ta'sir etuvchi muhitning asosiy fizik kattaliklari va qurilmaning muhim parametrlari aniqlangan bo'lishi zarur.

Masalan, truba orqali suyuqlikning harakati tadqiq qilinganda trubaning ichidagi bosim farqi ΔP ga uning diametri d va uzunligi ℓ , suyuqlikning zichligi ρ , qovushqoqligi μ va tezligi ω ta'sir etishi ma'lum bo'lgan, ya'ni:

$$\Delta P = f / \omega, \rho, \mu, \ell, d /$$

(3.1)

Ushbu tenglamani quyidagicha yozish ham mumkin:

$$\Delta P = c \omega^x \rho^y \mu^z \ell^v d^r ,$$

(3.2)

bu yerda c – doimiy qiymat.

3.2. O'lchov birliklarini asosiy o'lchamlar orqali ifodalanishi

Agar kattaliklarning o'lchov birliklarini asosiy o'lchamlar orqali ifodalansa, u holda daraja ko'rsatkichlari (x, y, z va hokazo)ning qiymatlarini aniqlash imkoniyati paydo bo'ladi. CH sistemasida asosiy birlamchi o'lchamlar qatoriga quyidagilar kiradi: uzunlik ℓ , massa M , vaqt T , harorat Θ , tok kuchi I , nur kuchi J . Shunday qilib:

$$[\Delta P] = \left[\frac{H}{m^2} \right] = \left[\frac{\kappa z \cdot M / c^2}{m^2} \right] = \left[\frac{\kappa z}{m \cdot c^2} \right] = [ML^{-1}T^{-2}];$$

(3.3)

$$[\omega] = \left[\frac{M}{c} \right] = [LTX^{-1}];$$

$$[P] = \frac{\kappa z}{m^3} = [ML^{-3}]; \quad [\mu] = \left[\frac{H \cdot C}{m^2} \right] = \left[\frac{\kappa z \cdot M / c^2 \cdot c}{m^2} \right] = \left[\frac{\kappa z}{m \cdot c} \right] = [ML^{-1}T^{-1}];$$

$$[\ell] = [m] = [L];$$

$$[d] = [m] = [L];$$

(3.3) tenglamani quyidagicha yozish mumkin:

$$[\Delta P] = c[\omega]^x \cdot [\rho]^y \cdot [\mu]^z \cdot [L]^v \cdot [d]^r$$

(3.4)

(3.4) tenglama tarkibidagi kattaliklarni ularning o'lcham birliklari orqali ifodalab, quyidagi ifodaga ega bo'lamiz:

$$ML^{-1}T^{-2} = c[LT^{-1}]^x \cdot [ML^{-3}]^y \cdot [ML^{-1}T^{-1}]^z \cdot [L]^v \cdot [L]^r$$

(3.5)

Bir xil kattaliklarni o'zaro birlashtiramiz, u holda:

$$ML^{-1}T^{-2} = L^{x-3y-z+v+r} T^{-x-z} M^{y+z}$$

(3.6)

Agar tenglamaning ikkala qismidagi asosiy birliklarning daraja ko'rsatkichlarini o'zaro teng deb olinsa, quyidagi tenglamalar sistemasiga erishiladi:

$$-1 = x - 3y - z + v + r,$$

$$-2 = -x - z,$$

$$1 = y + z.$$

(3.7)

Bu sistemadagi uchta tenglama bo'yicha 5 ta noma'lum bor. Ushbu tenglamalarni quyidagicha echish mumkin:

$$x = 2 - z$$

$$y = 1 - z$$

$$r = -v - z$$

(3.8)

Daraja ko'rsatkichlari x, y va r ni tenglamaga qo'yish orqali quyidagiga ega bo'lamiz:

$$\Delta P = c \omega^2 \omega^{-z} \rho^{1-z} \mu^z \ell^v d^{-v-z}$$

(3.9)

yoki

$$\frac{\Delta P}{\rho \omega^2} = c \left(\frac{\omega d \rho}{\mu} \right)^{-z} \left(\frac{\ell}{d} \right)^v$$

(3.10)

(3.10) kriterial tenglamasi truba ichidagi suyuqlik harakatini ifodalaydi. Ushbu kriterial tenglama tarkibiga ikkita o'lchamsiz kompleks va bitta simpleks kiradi.

O'lchamlarni tahlil qilish usuli yordamida ushbu kompleks va simplekslarning ko'rinishlari aniqlangan:

$$\text{Eyler mezoni } Eu = \frac{\Delta P}{\rho \omega^2};$$

$$\text{Reynolds mezoni } Re = \frac{\omega d \rho}{\mu}; ;$$

$$\text{Geometrik o'xshashlik mezoni } \Gamma = \frac{\ell}{d}.$$

(3.10) tenglamani quyidagicha ifodalash mumkin:

$$Eu = c Re^{-z} \Gamma^v$$

(3.11)

3.3. Modellastirishda mavjud bo'lgan shart – sharoit

Modellastirishning asosini katta o'lchamli sanoat qurilmalarida kechadigan murakkab jarayonlarni uning o'rnini bosishi mumkin bo'lgan kichik obekt timsolida o'rganish tashkil etadi. Modellastirishning asosiy maqsadi modelda o'lchab olingan

parametrlar asosida ishlab chiqarish sharoitdagi obektda yuz berishi mumkin bo'lgan holatni oldindan aniqlab berishga qaratiladi.

Modellashtirishda quyidagi shart–sharoitlar bajarilishi kerak:

a) modelda o'tkaziladigan tajribalar qisqa vaqtda olib borilishi, bu tajribalar esa originaldagiga nisbatan oddiy, qulay, arzon va xavfsiz bo'lishi zarur;

b) bir manoli qoidalar–algoritmalar ma'lum bo'lishi kerak, bu algoritmalar yordamida modeldagi sinov natijalari asosida originalning parametrlari hisoblanadi;

v) modelning tarkibi, tuzilishi va vazifasi modellashtirishning asosiy maqsadlariga to'g'ri kelishi kerak, chunki hech bir model originalni to'la holda qaytarishi qiyin.

Modellarni yaratish o'xshashlik qoidalari va o'xshashlikning uchta teoremasiga asoslanadi. Hozirgi kunda modellashtirish nazariyasi ikki xil yo'nalishga asoslanadi: 1) fizik; 2) matematik modellashtirish.

Fizik modellashtirishda model obekt bilan bir xil tabiatga ega bo'lishi va uning xususiyatlarini qaytarishi lozim. Masalan, sanoat pechida metallardan tayyorlangan katta valni qizitish jarayoni o'rniga laboratoriya sharoitida (ya'ni modelda) boshqa metallardan qilingan valni qizitish jarayonini tadqiqot qilish. Modelda ushbu valni qizitish jarayoniga fizik parametrlarning hamda model o'lchamlarining ta'siri o'rganiladi. So'ngra modelda olingan natijalardan obektda yuz beradigan jarayonni hisoblashda va uni tashkil etishda foydalaniladi.

Matematik modellashtirishda texnologiya jarayonining fizik–kimyoviy, gidrodinamik va konstruktiv kattaliklarini o'zaro bog'laydigan tenglamalar tuziladi. Matematik modellashtirishda elektron hisoblash mashinalaridan foydalaniladi.

3.4. Modellashtirish tartibi

Asosan modellashtirish quyidagi tartibda olib boriladi:

1. O'rganilayotgan jarayon differensial tenglamalar va bir xil ma'noli shart–sharoit qoidalari bilan ifodalaniladi;
2. O'xshashlik mezonlari keltirib chiqariladi, ularning ichidan aniqlovchi mezon ajratib olinadi hamda shu aniqlovchi mezonning boshqa mezonlar bilan bog'laydigan funksional tenglamasi tuziladi;
3. Model va originaldagi aniqlovchi kriteriylarning o'zaro tengligini hisobga olgan holda har bir fizik kattalik uchun o'xshashlik doimiyliklari yoki konstantalari aniqlanadi;
4. Olingan natijalar asosida shunday model tayyorlanadiki, uning ish hajmi sanoat qurilmasining ish hajmiga geometrik o'xshash bo'lishi kerak, model masshtabini tanlashda qurilmaning o'lchami va ish unumdorligi shunday hisobga olinishi kerakki, bunday holatda ish muhitlarining tegishli tezligi, sarfi, harorati va boshqa kattaliklari ta'minlanishi zarur;
5. Tajribalar o'tkazishda aniqlovchi mezonlarning o'zgarish chegaralari modelda ham, originalda ham bir meyorda bo'lishi kerak.

NAZORAT SAVOLLARI

3.1. O'xshashlik nazariyasi qanday tenglamalar orqali tushuntiriladi?

- 3.2. O'lchov o'lchamlari orqali qanday tushunchaga ega bo'linadi?
- 3.3. O'lchamlarni tahlil qilish usullari nimadan iborat?
- 3.4. Modellash tirishni bajarishda qanday shart – sharoit mavjud bo'lishi lozim?
- 3.5. Modellash tirish nazariyasi qanday yo'nalishga asoslanadi?
- 3.6. Modellash tirish qanday ko'rinishda amalga oshiriladi?

4-Ma'ruza: Texnika gidravlika asoslari

RE J A:

- 4.1. Gidromexanik jarayonlar haqida tushuncha.
- 4.2. Gidrostatik bosim.
- 4.3. Nyuton va nonyuton suyuqliklar.
- 4.4. Reynolds rangli eritma asosidagi tajribasi.
- 4.5. Reynolds mezon.

Tayanch iboralar: gradient, bingam, dilatant, suspenziya, mavhumplastik, turbulent, perimetr, pulsasiya, izotrop, anizotrop.

Adabiyotlar: 2,3.

4.1. Gidromexanik jarayonlar haqida tushuncha

Gidromexanika – suyuqlikning muvozanatini va harakatini hamda suyuqlik bilan unga to'la yoki qisman cho'ktirilgan jism o'rtasidagi o'zaro ta'sirini o'rganuvchi fan.

Gidromexanik jarayonlar asosan: a) suyuqliklar, gazlar, ularning aralashmalarini truboprovodlar va qurilmalar orqali siljitish; b) har xil jinsli sistemalarni turli usullar bilan ajratish (cho'ktirish, sinflash, filtrlash, sentrifugalash); v) suyuq muhitlarni aralashtirish; g) qattiq jismlarni havo oqimi yordamida uzatish (pnevmatransport); d) mavhum qaynash qatlamining hosil bo'lishi kabilarni o'z ichiga oladi.

Bu jarayonlarning tezligi gidromexanika qonunlari bilan ifodalanadi. Gidromexanika qonunlari gidravlika fanida o'rganiladi.

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

Suyuqliklar oquvchanlik xususiyatiga ega bo'lib, molekulyar kuchlar ta'siri ostida shar shaklini oladi. Moddalarning suyuq holatini gaz holat bilan qattiq holat oralig'i deb qaraladi.

Suyuqlik va gazlarning harakat tezliklari tovush tezligidan past bo'lgani uchun ularning harakat qonunlari bir xil. Shuning uchun gidravlikada suyuqlik deyilganda gaz ham, suyuqlik ham tushuniladi. Ularni bir–biridan ajratish uchun suyuqliklar tomchili, gazlar esa elastik suyuqlik deb qaraladi.

Suyuqlik va gazlar quyidagi xossalari bilan bir–biriga o'xshaydi :

- 1) suyuqliklar xuddi gazlar kabi ma'lum shaklga ega emas, uning fizik xossalari barcha yo'nalishda bir xil, ya'ni izotropdir;
- 2) gazlarning qovushqoqligi kichik bo'lib, suyuqliklarnikiga yaqinlashadi;

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

Ba'zi suyuqliklarning qovushqoqligi juda kichik bo'lib, temperatura va bosim ta'siri natijasida o'z hajmini juda kam miqdorda o'zgartiradi, bunday suyuqliklar ideal suyuqliklar deyiladi. Elastik suyuqliklarning hajmi temperatura va bosim ta'sirida keskin o'zgaradi.

Gidrodinamikani o'rganish masalalari uch turga bo'linadi: ichki, tashqi va aralash. Suyuqlik va gazlarning truba va kanallar bo'yicha harakati gidrodinamikaning ichki vazifasini, qattiq zarrachalarning gaz yoki suyuq muhitdagi harakati tashqi vazifani, suyuqlik va gazlarning qattiq jism qatlami orqali harakati esa aralash vazifani tashkil etadi.

4.2. Hidrostatik bosim

Sirt va hajm kuchlarining ta'sirida suyuqlikning ichida gidrostatik bosim paydo bo'ladi. Tinch turgan suyuqlik hajmidan elementar yuza ΔF ni ajratib olamiz. Ushbu yuzaning turgan holatidan tashqari unga normal bo'yicha yo'nalgan ma'lum bir kuch ΔP ta'sir qiladi. Ushbu kuchning elementar yuzaga nisbati $(\Delta P / \Delta F)$ o'rtacha gidrostatik bosimni tashkil etadi:

$$P_{yp} = \frac{\Delta P}{\Delta F}$$

(4.1)

Elementar yuzaning ayrim nuqtalaridagi haqiqiy bosim esa turlicha bo'lishi mumkin, ya'ni bir nuqtada ko'proq boshqasida kamroq.

Elementar yuzaning qiymati nolga yaqinlashganda kuchning yuzaga nisbati berilgan nuqtadagi haqiqiy gidrostatik bosim deb ataladi:

$$P = \lim_{\Delta F \rightarrow 0} \frac{\Delta P}{\Delta F} \quad (4.2)$$

Ko'pincha gidrostatik bosimni o'lchashda suyuqlikning erkin yuzasiga ta'sir qilayotgan atmosfera bosimi hisobga olinmaydi. Bunda atmosfera bosimidan ortiqcha bo'lgan, manometrik bosim aniqlanadi. Manometrik bosim suyuqlikdagi absolyut va atmosfera bosimi o'rtasidagi ayirmaga teng:

$$P_{man} = P_{abs} - P_{atm}$$

Manometrik bosim texnik atmosfera bilan o'lchanib, ortiqcha bosimni tashkil etadi. Texnik atmosfera absolyut bosimni tashkil etadi.

Agar jarayon siyraklashgan sharoitda (vakuumda) ketsa, vakuumning qiymati atmosfera bosimi bilan suyuqlikdagi absolyut bosimning orasidagi ayirmaga teng bo'ladi:

$$P_{vak} = P_{atm} - P_{abs} \quad (4.4)$$

P_{vak} ning qiymati noldan atmosfera bosimi o'rtasidagi chegarada o'zgarishi mumkin. Texnik atmosferada bosim $1 \text{ kgk} / \text{sm}^2$ ga teng.

4.3. Nyuton va nonyuton suyuqliklari

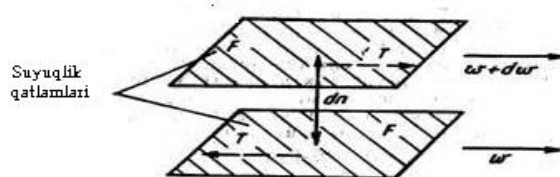
Suyuqliklarning umumlashgan mexanik xossalari nyuton suyuqliklari orqali tushuntiriladi. Berilgan harorat va bosimda nyuton suyuqliklarining qovushqoqligi o'zgarmas qiymatga ega bo'ladi.

Murakkab qovushqoqlikka, oqish sharoitlariga bog'liq suyuqliklar, masalan polimer eritmasi, bo'yoq, sellyuloza, pasta, suspenziya kabi suyuqliklar nonyuton suyuqliklar deyiladi, bunday suyuqliklarning qovushqoqlik qiymati siljish tezligiga va uning davomiyligiga qarab o'zgaradi.

Nyutonning ishqalanish qonunini quyidagicha yozish mumkin:

$$\frac{T}{F} = \tau = \mu \frac{d\omega}{dn} \quad (4.5)$$

bu yerda τ – siljish kuchlanishligi (ichki ishqalanish kuchlanishligi), Pa . Bu tenglamadagi τ ning qiymati doimiy musbat bo'ladi.

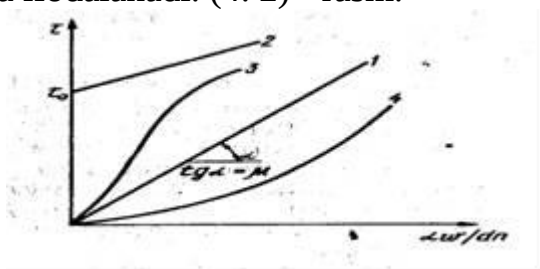


4.1-rasm. Qovushqoqlikni aniqlash

Agar bir–biriga nisbatan harakat qiluvchi suyuqlik qatlamlari yuzasi F ga normal o'tkazish paytida uning yo'nalishini tezlik kamroq tomonga qarab olinsa, u holda tezlik gradientining qiymati doimo manfiy bo'ladi. U holda (4.5) tenglama quyidagicha yoziladi:

$$\tau = -\mu \frac{d\omega}{dn}$$

Bu tenglama Nyutonning ichki ishqalanish qonunini ifoda qiladi. Bu qonunga ko'ra, suyuqlikning oqishi paytida uning qatlamlari o'rtasida paydo bo'lgan ichki ishqalanish kuchlanishligi normal bo'yicha olingan tezlik gradientiga to'g'ri proporsional. Bunday bog'liqlik oqish egri chizig'i deyiladi va grafik shaklida quyidagi tarzda ifodalanadi. (4. 2) - rasm:



4.2-rasm. Oqish egri chiziqlari. Suyuqliklar: 1- nyuton; 2-bingam; 3– mavhumplastik 4– dilatant.

Nyuton suyuqliklar uchun τ bilan $\frac{d\omega}{dn}$ o'rtasidagi bog'liqlik to'g'ri chiziqni tashkil etadi. Bu chiziq qiyalik burchagining tangensi dinamik qovushqoqlik koeffisientiga teng bo'ladi.

Bingam yoki plastik suyuqliklar qatoriga suspenziyalar, ho'l qum, loy, pastalar kiradi. Siljish kuchlanishi kichik qiymatga ega bo'lganda bunday suyuqliklar oqmaydi (2–chiziq), faqat ularning shakli o'zgaradi. $\tau > \tau_0$ bo'lganda oqish boshlanadi va keyinchalik plastik suyuqliklar o'zining xossalari bo'yicha nyuton suyuqlikka o'xshab qoladi. Plastik suyuqliklar uchun oqish egri chizig'ining tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$\tau - \tau_0 = \mu_{ni} \frac{d\omega}{dn}$$

bu yerda μ_{ni} – proporsionallik koeffisienti (yoki plastik qovushqoqlik).

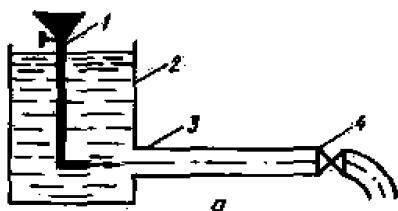
Mavhum plastik suyuqliklar (masalan, polimerlarning eritmaları, sellulozalar, assimetrik zarrachali suspenziyalar siljish kuchlanishligi juda kichik qiymatga teng bo'lgandayoq oqa boshlaydi (3–эгри чизик) biroq ularning qovushqoqlik koeffisienti tezlik gradientining ortishi bilan kamayib boradi. Dilatant suyuqliklar (masalan, kraxmal suspenziyasi, tarkibida qattiq jism zarrachalari ko'p bo'lgan turli elimlar)da esa tezlik gradientining ortishi bilan qovushqoqlik koeffisienti ortib boradi (4–egri chiziq).

Mavhumplastik va dilatant suyuqliklar tuyuladigan qovushqoqlik (μ_{ω}) bilan xarakterlanadi:

$$\mu_{\omega} = \frac{\tau}{d\omega / dn} \quad (4.8)$$

4.4. Reynolds rangli eritma asosidagi tajribasi

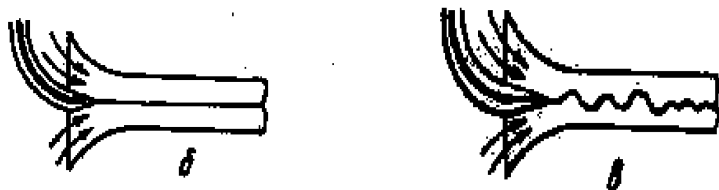
Reynolds rangli eritmalar misolida suyuqlik oqimi harakatini o'zgarishi ikki xil rejimda bo'lishini aniqladi; ya'ni laminar va turbulent. Tajriba qurilmasi quyidagicha:



4.3–rasm: a) qurilma chizmasi; 1–rangli suyuqlik yuboriladigan naycha; 2–suyuqlik to'ldirilgan idish; 3–suyuqlik oqadigan truba; 4–suyuqlik harakatini rostlab turuvchi kran.

б) trubadagi suyuqlikning laminar harakati;

в) trubadagi suyuqlikning turbulent harakati.



4.3- rasm. Reynolds tajribasi.

Rezervuarda suvning sathi bir xil ushlab turiladi. Unga gorizontal shisha truba biriktirilgan. Shisha trubadagi oqim harakatini kuzatish uchun uning o'qi buylab rangli suyuqlik yuboriladigan naycha o'rnatilgan. Suvning trubadagi tezligi kran orqali rostlanadi.

Suv oqimining tezligi kichik bo'lganda rangli suyuqlik suvga aralashmasdan to'g'ri chiziq bo'ylab gorizontal ip shaklida harakat qiladi. Chunki kichik tezlikda suvning zarrachalari bir–biriga aralashmasdan parallel holda tartibli harakat qiladi. (4.3- rasm, b) bunday harakat laminar rejim deyiladi.

Trubadagi suv oqimi tezligi keskin ko'paytirilsa, rangli eritma truba bo'ylab to'lqinsimon harakat qilib, suvning butun massasiga aralashib ketadi (4.3- rasm, v). Bu vaqtda suv zarrachalari ham bir–biri bilan aralashib, tartibsiz to'lqinsimon harakat qiladi. Bunday oqim turbulent yoki uyurma rejim deyiladi.

4.5. Reynolds mezon

Reynolds tajriba asosida tezlik, truba diametri, suyuqlikning qovushqoqligi va zichligini o'zgartirib, Reynolds mezonini yaratdi. Bu o'zgaruvchan kattaliklar asosida o'lchamsiz kompleks keltirib chiqardi, ya'ni:

$$Re = \frac{\omega d \rho}{\mu} = \frac{\omega d}{\gamma} \quad (4.9)$$

bu yerda ω – oqimning o'rtacha tezligi, m/s ; d – oqimning aniqlovchi chiziqli o'lchami (dumaloq kesimli truboprovod uchun uning diametri), m ; ρ – suyuqlikning zichligi, kg/m^3 ; μ – qovushqoqlikning dinamik koeffitsiyenti, $Pa \cdot s$; γ – qovushqoqlikning kinematik koeffisienti, m^2/s .

Reynolds mezon harakat rejimini aniqlash bilan birga oqim harakatidagi qovushqoqlik va inersiya kuchlarining o'zaro nisbatini ham aniqlaydi. Suyuqliklarning harakat rejimi Reynolds mezonining kritik qiymati Re_{kp} bilan aniklanadi. To'g'ri va tekis yuzali trubalardagi suyuqlik oqimi uchun $Re_{kp} = 2300$ ga teng. Agar $Re_{kr} < 2300$ bo'lsa, laminar rejim, $Re_{kp} > 2300$ bo'lsa, to'lqinsimon harakat (turbulent rejim) bo'ladi. $Re_{kp} > 10000$ bo'lganda turg'un turbulent rejim bo'ladi. $Re_{kp} = 2300 - 10000$ chegarada o'zgarsa o'tish sohasi bo'lib, bunda bir vaqtning o'zida trubada ikki xil harakat mavjud bo'ladi, ya'ni truba o'rtasida suyuqlik turbulent, devor yaqinida laminar harakatda bo'ladi.

Suyuqliklar harakatini dumaloq kesim yuzali trubalardan tashqari har xil kanallarda aniqlash uchun Re mezonidagi diametr o'niga ekvivalent diametr kattaligi ishlatiladi, u holda

$$Re = \frac{\omega d_s \rho}{\mu}; \quad d_s = \frac{4S}{\Pi} \quad (4.10)$$

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

Diametr d ga teng bo'lgan dumaloq kesim yuzali truba uchun $d_s = d$.

Agar kanalning kesim yuzasi tomonlari a va b teng bo'lgan to'rtburchaklik bo'lsa, u holda:

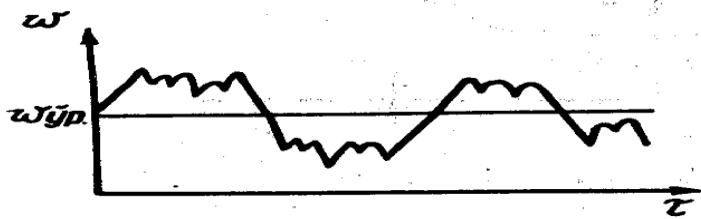
$$d_g = \frac{4S}{\Pi} = \frac{4a\bar{b}}{2a + 2\bar{b}} = \frac{2a\bar{b}}{a + \bar{b}} \quad (4.11)$$

Reynolds mezonining kritik qiymati turli sharoitlarga bog'liq, ya'ni suyuqlikning trubaga qanday yul bilan kirishi, truba devorlarining g'adir-budurligi, uning shakli kabi.

Oqimning turbulentlik darajasi pulsasiya tezligining jadalligi bilan belgilanadi. Pulsasiyaning jadalligi haqiqiy oniy tezlikning o'rtacha tezlikka nisbatan vaqt davomida o'zgarishi bilan ifodalanadi (4.4-rasm). Ushbu tezlik o'zgarishini koordinata o'qlari yo'nalishi bo'yicha taqsimlash mumkin:

$$\Delta\omega_x, \Delta\omega_y, \Delta\omega_z$$

turbulentlik ikki xil: izotrop va anizotrop bo'ladi. Izotrop turg'unlikda tezlik pulsasiyalarining hamma yo'nalishlar bo'yicha o'zgarishlari ($\Delta\omega_x, \Delta\omega_y, \Delta\omega_z$) bir xil musbat va manfiy son qiymatga ega bo'lishi mumkin. Anizotrop turbulentlikda esa tezlik pulsasiyalarining hamma yo'nalishlar bo'yicha o'zgarishlari turlicha bo'lib, ularning son jihatdan bir xil bo'lishi ehtimoldan uzoq.



4.9- rasm. Oqim tezliklarining pulsasiyasi

4.4-rasm. Oqim tezliklarining pulsasiyasi ($\omega_{yp} = \omega + \Delta\omega$).

NAZORAT SAVOLLARI

- 4.1. Hidravlikada qanday qonunlar o'rganiladi?:
- 4.2. Gidrodinamika necha turga bo'linadi?
- 4.3. Hidrostatik bosimni formulalar asosida tushuntiring.
- 4.4. Nyuton suyuqliklarining xossalari haqida tushuncha bering.
- 4.5. Nyutonning ichki ishqalanish qonuni qaysi formula orqali aniqlanadi?
- 4.6. Qovushqoqlikni xarakterlovchi formulani tushuntirib bering.
- 4.7. Suyuqlik oqimining harakati necha xil tartibda harakatlanadi?
- 4.8. Reynolds mezonining o'lchamsiz kompleksi qanday aniqlanadi?
- 4.9. Reynolds mezoni harakat rejimining ifodalanishini tushuntiring.
- 4.10. Turbulentlik necha xil bo'ladi?

5-Ma'ruza: Turli jinsli sistemalarning turlari va ularni ajratish usullari

REJA :

- 5.1. Turli jinsli sistema turlari
 - 5.2. Turli jinsli sistemalarni ajratish
 - 5.3. Davriy ishlaydigan cho'ktirish qurilmasi
 - 5.4. Cho'kish yuzasini aniqlash
- Tayanch iboralar:** dispers, sentrifuga, inersiya, yarus, shlam.
- Adabiyotlar: 1,2,3,4,5,6,7,8.

5.1. Turli jinsli sistema turlari

Texnologik jarayonlar amalga oshishida turli jinsli sistemalar hosil bo'ladi. Turli jinsli sistema ikki yoki undan ortiq fazadan tarkib topadi. Zarrachalari juda maydalangan faza dispers yoki ichki faza deyiladi. Dispers faza zarrachalarini o'rab olgan fazasi dispersion yoki tashqi faza deyiladi.

Fazalarning fizik holatiga ko'ra turli jinsli sistemalar quyidagicha bo'ladi: suspenziya, emulsiya, ko'pik, chang, tutun, tuman.

Suspenziya suyuq va qattiq modda zarrachalaridan tarkib topgan bo'ladi. Suspenziya qattiq modda zarrachalarining o'lchamiga ko'ra quyidagi turlarga bo'linadi: dag'al suspenziya, ya'ni zarrachalar o'lchami $100\mu m$ dan ortiq; mayin suspenziya, ya'ni zarrachalar o'lchami $0,5-100\mu m$; loyqasimon suspenziya, ya'ni zarrachalar o'lchami $0,1-0,5\mu m$; kolloid eritmalar, ya'ni zarrachalar o'lchami $0,1\mu m$ dan kichik.

Emulsiyalar ikki xil o'zaro aralashtirilgan suyuqliklardan iborat bo'lib, bunda birinchi suyuqlikning ichida ikkinchi suyuqlikning tomchilari tarqalgan bo'ladi. Dispers fazaning konsentratsiyasi ortishi bilan fazalar inversiyasi (ya'ni o'zaro almashinishi) sodir bo'ladi.

O'z tarkibida gaz pufakchalari tutgan suyuq sistema ko'pik deyiladi. Gidromexanik va modda almashinish qurilmalarida suyuqlik qatlamidan gazning o'tish jarayonida ko'pikli qatlam hosil bo'ladi.

O'z tarkibida qattiq moddaning mayda zarrachalarini tutgan gaz sistema chang deyiladi. Chang qattiq moddalarni mexanik usullar bilan maydalash va bir joydan ikkinchi joyga uzatish paytida hosil bo'ladi. Chang tarkibidagi qattiq zarrachalar o'lchami $5-100\mu m$ oralig'ida bo'ladi.

Tutun tarkibida o'lchami $0,3-5\mu m$ ga teng bo'lgan qattiq modda zarrachalari bo'ladi. Tutunlar bug'larning suyuq yoki qattiq holatga kondensasiyalanish jarayoni orqali o'tishda hosil bo'ladi.

Tumanlar suyuqlik va gaz fazalardan tarkib topgan bo'ladi. Masalan, suv bug'larini havo yordamida sovutish jarayonida bug'ning kondensasiyalanishi natijasida tuman hosil bo'ladi. Tuman tarkibidagi suyuqlik zarrachalarining o'lchami $0,3-3\mu m$ ga teng.

5.2. Turli jinsli sistemalarni ajratish

Kimyoviy texnologiyada turli jinsli sistemalarni ajratish uchun quyidagi gidromexanik usullardan foydalaniladi; 1) cho'ktirish, 2) filtrlash, 3) sentrifugalash, 4) suyuqlik yordamida ajratish.

Og'irlik inersiya (jumladan, markazdan qochma kuch) yoki elektrostatik kuch yordamida suyuqlik va gazsimon sistemalar tarkibidagi qattiq yoki suyuq zarrachalarni ajratish cho'ktirish deb ataladi. Agar cho'ktirish og'irlik kuchi ta'sirida olib borilsa, bu jarayon tindirish deb yuritiladi. Tindirish asosan turli jinsli sistemalarni birlamchi ajratish uchun ishlatiladi.

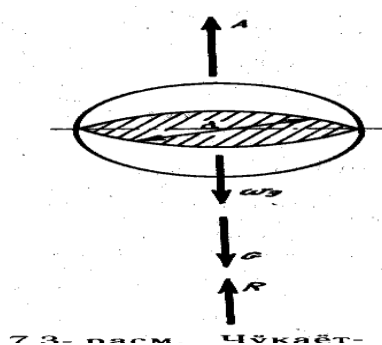
Filtrlash–suyuq va gazsimon aralashmalarni g'ovaksimon to'siq filtr yordamida ajratishdan iborat. Bu jarayonda g'ovaksimon to'siq suyuqlik yoki gazni o'tkazadi, muxitdagi qattiq modda zarrachalarini esa tutib qoladi. Filtrlash bosim yoki markazdan qochma kuch ta'sirida olib boriladi va asosan suspenziya hamda changlarni to'la tozalash uchun ishlatiladi.

Sentrifugalash–suspenziya va emulsiyalarni markazdan qochma kuch ta'sirida yaxlit yoki g'ovaksimon to'siqlar yordamida ajratish jarayonidir. Suyuqlik yordamida ajratish usuli deb gaz tarkibida bo'lgan qattiq zarrachalarni biror suyuqlik ishtirokida tutib qolish jarayoniga aytiladi. Bu jarayon og'irlik yoki inersiya kuchi ta'sirida olib boriladi va gazlarni tozalash uchun ishlatiladi. Ba'zan bu usuldan suspenziyalarni ajratishda foydalaniladi.

Cho'ktirish jarayonida changli gazlar, suspenziya va emulsiyalar tarkibidagi mayda qattiq zarrachalar og'irlik kuchi ta'sirida qurilma tubiga cho'kadi. Cho'ktirish jarayoni tindiruvchi qurilmalarda olib boriladi.

Sharsimon qattiq zarrachalarning suyuqlik muhitida erkin cho'kishini tekshirish orqali cho'ktirish tezligini aniqlash mumkin.

Bunda zarrachaga og'irlik kuchi G , ko'tarish kuchi A va muhitning qarshilik kuchi R ta'sir etadi (5.1- rasm).



5.1-rasm-Cho'kayotgan zarrachaga ta'sir qilayotgan kuchlar
 G – og'irlik kuchi;
 A – ko'tarish kuchi;
 R – qarshilik kuchi;
 d – zarrachaning diametri;
 ω – zarrachaning erkin tushish tezligi.

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

$$P = G - A = \frac{\pi d^3}{6} g / \rho_{\kappa} - \rho_{\mathcal{M}} /$$

(5.1)

bu erda d – zarracha diametri, m g – og'irlik kuchi tezlanishi, m/s^2 ; ρ_{κ} – zarracha zichligi, kg/m^3 ; $\rho_{\mathcal{M}}$ – muhit zichligi, kg/m^3 .

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

$$R = 3\pi d \mu \omega_{\mathfrak{z}}$$

(5.2)

bu yerda μ - muhitning dinamik qovushqoqligi, $Pa \cdot s$;

$\omega_{\mathfrak{z}}$ – zarrachaning erkin cho'kish tezligi, m/s .

Cho'kayotgan zarracha dastlab tezrok cho'kadi, bir ozdan so'ng muhitning qarshilik kuchi harakatlanuvchi kuchga tenglashganda o'zgarmas tezlik bilan bir xilda cho'ka boshlaydi. Shu o'zgarmas tezlik cho'kish tezligi deyiladi. Demak, zarracha o'zgarmas tezlikka ega bo'lganda $P = R$ bo'ladi.

P va R ning qiymatini tenglashtirib quyidagilarni olamiz:

$$\frac{\pi d^3}{6} g(\rho_{\kappa} - \rho_{\mathcal{M}}) = 3\pi d \mu \omega_{\mathfrak{z}},$$

bu yerdan cho'kish tezligi

$$\omega_{\mathfrak{z}} = \frac{d^2 g(\rho_{\kappa} - \rho_{\mathcal{M}})}{18\mu}$$

(5.3)

Bu (6.3) tenglama Stoks tenglamasi deyiladi va $Re \leq 2$ bo'lganda ishlatiladi. Cho'kish tezligining qiymati muhitning qovushqoqligi va qattiq zarrachaning o'lchamiga bog'liq. Cho'kish jarayonini tezlashtirish uchun suspenziyaning harorati texnologiya tomonidan mumkin bo'lgan darajagacha qizdiriladi, chunki haroratning ko'tarilishi bilan qovushqoqlik pasayadi, natijada cho'kish jarayoni tezlashadi.

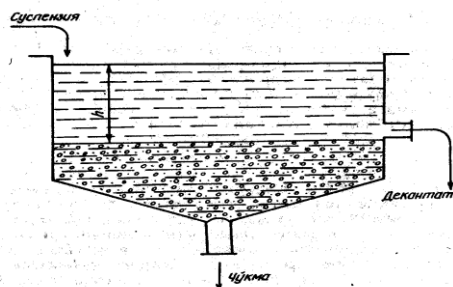
5.4. Davriy ishlaydigan cho'ktirish qurilmasi

Cho'ktirish jarayoni turli jinsli sistemalarni ajratishning oddiy usuli hisoblanadi. Cho'ktirish jarayoni cho'ktiruvchi yoki quyiltiruvchi qurilmalarda olib boriladi. Cho'ktirish qurilmalari davriy, uzluksiz va yarim uzluksiz rejimda ishlatiladigan qurilmalarga bo'linadi. Uzluksiz ishlaydigan cho'ktirish qurilmasi bir, ikki va ko'p yarusli bo'ladi.

Davriy ishlaydigan cho'ktirish qurilmasi konus asosli silindrsimon idish bo'lib, unga aralashma yuqoridan beriladi. Aralashma qurilmada ma'lum vaqt tindirilgandan so'ng (agar zarrachalar zichligi muhitning zichligidan katta, ya'ni $\rho_{\mathfrak{q}} > \rho_{\mathfrak{m}}$ bo'lsa) zarrachalar qurilmaning pastki qismiga cho'kadi. Qurilmaning yuqori qismida esa tozalangan va balandligi h ga teng bo'lgan qatlam hosil bo'ladi. Tozalangan mahsulot (dekantat) qurilmaning yon tomonida joylashgan shtuser orqali chiqarib olinadi,

so'ngra esa cho'kma tushiriladi. Shundan so'ng qurilma yuviladi va jarayon qaytadan boshlanadi.

Agar $\rho_q < \rho_m$ (masalan, sutlarni tindirish paytida) bo'lsa, dispers fazaning zarrachalari qurilmaning yuqorigi qismida yig'iladi. Qurilmaning pastki qismida esa tozalangan qatlam hosil bo'ladi.



5.2–rasm.
Davriy
ishlaydigan
cho'ktiruvchi
qurilma

5.5. Cho'kish yuzasini aniqlash

Cho'ktirish qurilmalarini hisoblash orqali cho'kish yuzasi aniqlash mumkin.

Cho'ktirish qurilmalarida cho'ktirish natijasida ma'lum vaqt τ davomida quyushtirilgan suspenziya (shlam) qatlami va balandligi h ga teng bo'lgan tozalangan suyuqlik qatlami hosil bo'ldi deylik. Cho'ktirish yuzasi F (m^2) bo'lganda olingan toza suyuqlik hajmi hF (m^3) ga teng bo'ladi. Vaqt birligi ichida tozalangan suyuqlik hajmi esa:

$$V = \frac{hF}{\tau}, m^3 / s$$

(5.4)

ω_3 tezlik bilan cho'kayotgan qattiq zarrachalar τ vaqt davomida $\omega_3 \tau$ masofani bosadi. Bu masofa h ga teng. Shunga ko'ra

$$\omega_3 \cdot \tau = h$$

ning qiymatini (5.4) tenglamaga qo'yib, quyidagi ifodani olamiz:

$$V = \frac{\omega_3 \tau F}{\tau} = F \omega_3$$

(5.5)

Demak, ushbu tenglamaga muvofiq, cho'ktirish qurilmasining ish unumi cho'ktirish yuzasiga to'g'ri proporsional bo'lib, qurilmaning balandligiga bog'liq emas. (5.5) tenglamadan kerak bo'lgan cho'ktirish yuzasini topamiz:

$$F = \frac{V}{\omega_3}$$

Tozalangan suyuqlikning zichligi ρ_c bo'lsa, u holda $V = \frac{G_2}{\rho_c}$, bundan

$$F = \frac{G_2}{\rho_c \omega_3}$$

(5.6)

bu yerda G_2 – tozalangan suyuqlikning miqdori, kg / s ;

$$G_2 = G_1 \left(1 - \frac{x_1}{x_2}\right);$$

G_1 – qurilmaga berilayotgan suspenziya miqdori, kg/s ; x_1 – suspenziyadagi quruq moddalarning og'irlik jihatdan olingan ulushi; x_2 – cho'kmadagi quruq moddalarning og'irlik jihatdan olingan ulushi.

G_2 – ning qiymati (6.6) tenglamaga quyib quyidagi ifodani olamiz:

$$F = \frac{G_1}{\rho_c \omega_3} \left(1 - \frac{x_1}{x_2}\right) \quad (5.7)$$

$\frac{x_1}{x_2} = \beta$ desak, u holda

$$F = \frac{G_1}{\rho_c \omega_3} / 1 - \beta / \quad (5.8)$$

(5.7)-tenglamani keltirib chiqarishda cho'ktirish qurilmasidagi suyuqlik harakatining xarakteri hisobga olinmagan.

Haqiqiy qurilmada suyuqlik harakati rejimlarining o'zgarishi va boshqa faktorlarning ta'siri natijasida cho'kish jarayoni bir xil bormaydi. Shu sababli (5.8) tenglama bilan topilgan nazariy yuzani 30–35%ga ko'paytirish kerak. Demak, hisoblangan yuza qiymatini 1,3 ga teng bo'lgan tuzatish koeffisientiga ko'paytirish kerak. Shunga ko'ra cho'kish yuzasi yoki qurilmaning ko'ndalang kesimi quyidagicha aniqlanadi:

$$F = \frac{1,3G_1}{\rho_c \omega_3} (1 - \beta) \quad (5.9)$$

(5.9) tenglamadagi ω_3 kattalik zarrachalarning erkin tushish tezligi bo'lib, agar siqilgan holatda cho'kish yuz berayotgan bo'lsa ω_3 o'rniga ω_x ishlatiladi.

Cho'ktirish qurilmasining balandligi odatda hisoblanmaydi va 2,5;3,5 ga teng qilib olinadi.

NAZORAT SAVOLLARI

- 5.1. Turli jinsli sistema deb nimaga aytiladi va ularning turlari haqida tushuntiring?
- 5.2. Turli jinsli sistemani qanday usullar yordamida ajratiladi?
- 5.3. Qattiq zarrachani cho'kish tezligi qanday aniqlanadi?
- 5.4. Stoks tenglamasi orqali muhitning qaysi holati aniqlanadi?
- 5.5. Cho'kish tezligi qaysi formula yordamida ifodalanadi?
- 5.6. Cho'ktirish qurilmalari necha xil rejimda ishlaydi?
- 5.7. Cho'kish yuzasini qanday aniqlash mumkin?
- 5.8. Stoks tenglamasi yordamida jarayonning qaysi holati aniqlanadi?

6-Ma'ruza: Filtrlash jarayoni

RE J A:

- 6.1. Filtrlash jarayoni haqida tushuncha
- 6.2. Filtratning gidravlik qarshiligini aniqlash

6.3. Filtratning unumdorligini aniqlash

6.4. Filtrlash doimiyliigi

6.5. Filtrlash qurilmalari

6.6. Filtrlash siklini aniqlash

Tayanch iboralar: inert gaz, sentrifuga, vakuum, deformasiya, model, kompressor, press, patron..

Adabiyotlar: 2,3,4,5,6,7,8.

6.1. Filtrlash jarayoni haqida tushuncha

Suspenziya va changli gazlarni to'siqlar orqali o'tkazib tozalash jarayoni filtrlash deyiladi. Filtr to'siqlar zarrachalarni tutib qolib, suyuqlik yoki gazni o'tkazib yuborish qobiliyatiga ega. Filtr to'siqlar yoki filtr sifatida mayda teshikli to'rlar, turli gazlamalar, sochiluvchan materiallar (qum, maydalangan ko'mir, bentonitlar), keramik buyumlar ishlatiladi.

Filtr to'siqlar quyidagi talablarga javob berishi kerak. Filtrlovchi material g'ovaksimon tuzilishga ega bo'lib, g'ovaklarning o'lchami shunday bo'lishi kerakki, bunda cho'kma zarrachalari to'siqning ustida qolishi kerak. Filtr muhit ta'siriga kimyoviy barqaror, yuqori haroratga bardoshli, mexanik jihatdan pishiq bo'lishi lozim. Filtr to'siqning ustida hosil bo'lgan cho'kma ham filtrlovchi material vazifasini bajaradi.

Filtrlash paytida qo'shimcha material sifatida aktivlangan ko'mir, maydalangan asbest, diatomit, perlit kabilar ishlatilishi mumkin. Qo'shimcha material filtrlanishi lozim bo'lgan suspenziyaga qo'shiladi yoki filtrning ish yuzasi bunday materiallar bilan qatlam hosil qilib qoplanadi. Qo'shimcha material cho'kma bilan aralashib, uning g'ovakligini oshiradi va gidravlik qarshiligini kamaytiradi.

Filtrlash paytida suspenziya tarkibidagi mayda zarrachalar filtrlovchi materialning ustki qismida cho'kma holida yoki filtrlovchi materialning o'zida teshiklarni to'ldirgan holda o'tirib qolishi mumkin. Bu xususiyatlarga ko'ra filtrlash jarayoni ikkiga bo'linadi: a) cho'kma qatlami hosil qilish yo'li bilan filtrlash; b) filtrlovchi materialning teshiklarini to'ldirish orqali filtrlash.

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

Filtrlash jarayonining unumdorligi va olinadigan filtratning tozaligi asosan, filtr to'siqlarining xususiyatiga bog'liq. Filtr to'siqlarning teshiklari katta va gidravlik qarshiligi kichik bo'lishi zarur. Filtr to'siqlar tuzilishiga qarab egiluvchan va egilmas bo'ladi.

Filtr to'siqlardan oldingi va keyingi bosimlar farqi yoki filtrlovchi materialga suyuqlik bosimini hosil qiluvchi markazdan qochma kuchlar filtrlash jarayonining harakatlantiruvchi kuchi vazifasini bajaradi. Harakatlantiruvchi kuchlar turiga qarab filtrlash ikki guruhga bo'linadi: 1) bosimlar farqi ta'sirida filtrlash; 2) markazdan qochma kuchlar ta'sirida filtrlash (sentrifugalash).

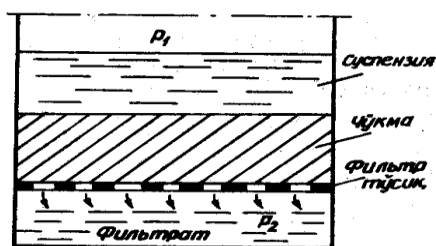
Filtr to'siqning ikkala tomonidagi bosimlar farqi quyidagi usullar bilan hosil qilinishi mumkin: a) suspenziya ustunining massasidan foydalanish ($\Delta P_{0,05mPa}$ gacha); b) vakuum hosil qilish ($\Delta P_{0,05-0,09mPa}$ gacha); v) suyuqlikni nasoslar yordamida haydash ($\Delta P_{0,5mPa}$ gacha); g) siqilgan havo berish ($\Delta P_{0,05-0,3mPa}$ gacha).

Sanoatda filtrlashdan so'ng quyidagi jarayonlar amalga oshiriladi: 1) cho'kmani yuvish; 2) cho'kmani oddiy havo (yoki inert gazlar) yordamida dudlash; 3) cho'kmani issiq havo yordamida quritish.

Filtrlash jarayoni uch xil rejimda olib boriladi: 1) doimiy o'zgarmas bosimlar farki bilan filtrlash ($\Delta P = const$); 2) doimiy filtrlash tezligi bilan filtrlash ($dV/d\tau = const$); 3) bir vaqtning o'zida bosimlar farqi va filtrlash tezligi o'zgarib turgan holatda filtrlash.

6.2. Filtratning gidravlik qarshiligini aniqlash

O'zgarmas bosimlar farqi ta'sirida cho'kma qatlami hosil qilish yo'li bilan filtrlash jarayonining modelini ko'rib chiqamiz (6.3 – rasm).



6.3 – rasm. Filtrlash jarayonining sxemasi.

Bu model bo'yicha filtr to'siq va cho'kmaning hamma kanallari (yoki g'ovaklari) teng qiymatli bo'lib, filtrat ushbu kanallar bo'ylab laminar rejim bilan harakat qiladi. Bunday holatda filtratning kanallar bo'ylab o'tishiga bo'lgan gidravlik qarshilikni Gagen – Puazeyl tenglamasi yordamida aniqlash mumkin:

$$\Delta P = \frac{32L\mu\omega}{d^2},$$

(6.10)

bu yerda ΔP – bosimlar farqi; L – cho'kma va filtr to'siq kanallarining uzunligi; d – ushbu kanallarning diametri; ω – filtratning kanallardagi harakat tezligi; μ – filtratning qovushqoqligi.

Filtr to'siqning yuzasini F bilan, to'siqdagi hamma ko'ndalang kesimning umumiy yuzasini S bilan belgilasak, u holda: $S = aF$ yoki $F = \frac{S}{a}$, bu erda $a < 1$ – umumiy yuzaga nisbatan ulushni bildiradi.

Gagen – Puazeyl tenglamasining chap va o'ng tomonlarini F va $d\tau$ larga ko'paytirib, quyidagi ifodaga erishamiz:

$$\Delta P F d\tau = \frac{32L\mu\omega}{d^2} \times \frac{S}{a} d\tau$$

$$\text{yoki } \Delta P d\tau = \frac{32L\mu}{d^2 a} \times \frac{\omega S d\tau}{F}$$

bu yerda $\frac{32L\mu}{d^2\pi} = R$ – berilgan suspenziya uchun o'zgarmas qiymatga ega bo'lib, filtrlash jarayonining qarshiligini belgilaydi; $\frac{\omega S d\tau}{F} = dV_\phi$ – filtr to'siqning $1m^2$ yuzasidan qisqa vaqt $d\tau$ davomida yig'ilgan filtratning hajmini bildiradi.

Bunday holatda filtrlash tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\frac{dV_\phi}{F d\tau} = \frac{\Delta P}{R} \quad (6.11)$$

bu yerda $\frac{dV_\phi}{F d\tau} = W$ – filtrlash tezligi.

Tajribalardan ma'lumki, har bir vaqt momentidagi filtrlash tezligi bosimlar farqiga to'g'ri proporsional, suyuqlik muhit qovushqoqligiga, cho'kma va filtr to'siqning umumiy gidravlik qarshiligiga teskari proporsional. Shu sababli (6.11) tenglamani to'ldirib, boshqa ko'rinishda yozamiz:

$$\frac{dV_\phi}{F d\tau} = \frac{\Delta P}{\mu / R_\phi + R_{\phi.m} /} \quad (6.12)$$

bu yerda ΔP – bosimlar farqi, Pa ; R_{ch} – cho'kma qatlamining qarshiligi, m^{-1} ; μ – suspenziyaning qovushqoqligi, $Pa \cdot s$.

6.3. Filtratning unumdorligini aniqlash

Filtrlash tezligini aniqlash uchun (6.12) tenglikni integrallab, cho'kmaning gidravlik qarshiligi bilan olinayotgan filtrat hajmi orasidagi bog'liqlikni bilish lozim. Tenglamani integrallashda filtr to'siqlarning qarshiligi o'zgarmas deb olinadi, chunki qattiq zarrachalar filtrning teshiklarini to'ldirmaydi. Shuning uchun filtr to'siqlarning qarshiligi e'tiborga olinmaydi. Bunda cho'kma qatlamining balandligi ortib boradi. Cho'kma gidravlik qarshiligining qiymati esa noldan maksimumgacha o'zgaradi. Shuning uchun tezlik cho'kmaning gidravlik qarshiligi va filtrat hajmiga bog'liq bo'ladi.

Cho'kmaning hajmini (V_{ch}) filtrat hajmiga (V_f) nisbatini x_0 bilan belgilaymiz.

$$\frac{V_{ch}}{V_f} = x_0 \quad \text{bu erda} \quad V_{ch} = x_0 \cdot V_f$$

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

$$x_0 V_f = h_{ch} F$$

Bu tenglamadan cho'kma qatlamining balandligini topish mumkin:

$$h_{ch} = x_0 \frac{V_f}{F} \quad (6.13)$$

Cho'kma qatlamining qarshiligi quyidagicha aniqlanadi:

$$R_{ch} = r_0 h_{ch} = r_0 x_0 \frac{V_f}{F}$$

(6.14)

r_0 – cho'kmaning hajm jihatdan olingan solishtirma qarshiligi ($1m$ qalinlikda bo'lgan cho'kma qatlamining filtrat oqimiga ko'rsatgan qarshiligi), m^{-2} .

(6.14) tenglikdagi R_{ch} ning qiymatini (7.12) tenglamaga quyib, quyidagi ifodalarga erishamiz:

$$\frac{dV_f}{Fd\tau} = W \frac{\Delta P}{\mu(ch_o x_o \frac{V_f}{F_{11}} + R_{f.T.})}$$

(6.15)

bu tenglik filtrlash jarayonining asosiy tenglamasi deyiladi.

Agar filtr to'siqlarning gidravlik qarshiligi hisobga olinmasa, $R_{f.T.} = 0$ va (7.15) tenglamaga (7.13) tenglikdagi x_0 ning qiymatini qo'ysak, u holda quyidagi ifoda kelib chiqadi:

$$r_0 = \frac{\Delta P}{\mu h_{ch} W}$$

(6.16)

Agar $\mu = 1N \cdot s / m^2$, $h_{ch} = 1m$, $W = 1m / s$ bo'lsa, qovushqoqligi $1N \cdot s / m^2$ bo'lgan suspenziya $1m$ qalinlikdagi cho'kma qatlamida filtrlanganda cho'kmaning hajm jihatdan olingan solishtirma qarshiligining miqdori bosimlar farqiga teng bo'ladi.

Agar (6.15) tenglamani bosimlar farqi bir xil rejimda ishlaydigan $\Delta P = const$ filtrlar uchun integrallasak, quyidagi ifodaga erishiladi:

$$\int_0^V V dV = \frac{\Delta P F^2}{\mu r_0 x_0} \int_0^\tau d\tau$$

(6.17)

$$\frac{V^2}{2} = \frac{\Delta P F^2}{\mu r_0 x_0} \tau,$$

(6.18)

$$V = F \sqrt{\frac{2\Delta P \tau}{\mu r_0 x_0}},$$

(6.19)

(6.19) tenglama orqali vaqt davomida olingan filtratning hajmini yoki uning unumdorligini aniqlash mumkin. Bu tenglamadan ko'rinadiki, bosimlar farqi bir xil bo'lganda filtrlash vaqti qancha ko'p bo'lsa, shuncha ko'p filtrat olinadi.

6.4. Filtrlash doimiyligi

(6.19) tenglamadagi bosimlar farqi ΔP , suspenziyaning qovushqoqligi μ , cho'kmaning solishtirma qarshiligi r_0 , cho'kma va filtrat hajmining nisbatlari x_0 , faqat tajriba orqali aniqlanadi. Shu sababli ular orasidagi o'zaro bog'lanish filtrlash doimiyligi K orqali ifodalanadi:

$$K = \frac{2\Delta P}{\mu u_o x_o}$$

(6.20)

Filtrlash doimiyligini hisoblashda bosimlar farqi, cho'kmaning tarkibi va suspenziyalarning qovushqoqligini hisobga olinadi. Shunga ko'ra, filtr to'siqlarning gidravlik qarshiligini doimiy kattalik C bilan belgilash mumkin:

$$C = \frac{R_{\phi m}}{r_o x_o}$$

(6.21)

Filtr to'siq va filtrlash doimiylarning qiymatlarini (6.15) tenglamaga qo'ysak:

$$V^2 + 2VC = K\tau$$

(6.22)

tenglamaga ega bo'lamiz. Bu tenglamadagi K va C filtrlash jarayonining doimiy kattaliklari deyiladi. Doimiylik C filtr to'siqning gidravlik qarshiligini, K doimiyliги esa filtrlash jarayonining rejimini hamda cho'kma va suyuqlikning fizik xossalarini ifodalaydi.

Filtrlash doimiyliklari tajriba yo'li bilan topiladi. Buning uchun suspenziya doimiy bosimlar farqi ΔP bilan ajratiladi. Filtratning hajmi V va vaqt τ o'lchab boriladi. Filtrlash tenglamasini differensiallab quyidagi ifodaga erishamiz:

$$2VdV + 2CdV = Kd\tau$$

(6.23)

Ushbu tenglamani dV va K ga bo'lib, quyidagi ko'rinishga ega bo'lamiz:

$$\frac{d\tau}{dV} = \frac{2}{K}V + \frac{2C}{K}$$

(6.24)

yoki

$$\frac{\Delta\tau}{\Delta V} \approx \frac{2}{K}V + \frac{2C}{K}$$

(6.25)

(6.25) tenglama $\Delta\tau/\Delta V$ va V o'rtasida to'g'ri bog'liqlik borligini belgilaydi.

6.5. Filtrlash qurilmalari

Kimyo va oziq-ovqat sanoatida ishlatiladigan filtrlar tozalanishi kerak bo'lgan muhitining xili, ishlash prinsiplari, filtr to'siqlarning turiga va ish bosimlarning miqdoriga qarab bir necha turga bo'linadi.

Texnologiya maqsadlariga ko'ra filtrlash qurilmalari ikki turga bo'linadi: 1) suyuqliklarni va 2) gazlarni tozalash filtrlari.

Bosim ostida ishlaydigan filtrlar bir necha turga ya'ni gidrostatik bosim, nasos yoki kompressor yordamida hosil qilinadigan bosim, siyraklanish (vakuum) va markazdan qochma kuch ta'sirida hosil bo'lgan bosimlar ta'sirida (ostida) ishlaydigan qurilmalarga bo'linadi.

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

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

1. Harakatsiz filtrlash yuzasiga ega bo'lgan filtrlar (donasimon to'siqli filtrlar, ramali va kamerali filtr presslar).
2. Harakatli filtrlash yuzasiga ega bo'lgan filtrlar (barabanli vakuum filtrlar, diskli va lentali filtrlar).

Bundan tashqari filtrlar ishlash rejimiga ko'ra davriy va uzluksiz ishlaydigan bo'ladi. Harakatsiz filtrlari yuzasiga ega bo'lgan filtrlar davriy ishlaydi. Harakatli filtrlash yuzasiga ega bo'lgan filtrlar esa uzluksiz ishlaydi.

Davriy ishlaydigan ramali filtr-presslar sanoatda keng qo'llaniladi, chunki bunday qurilmalar oddiy tuzilishga ega va ularni yuqori bosimda ishlatish mumkin (odatda $0,3-0,5\text{mPa}$).

Filtr pressning ishlashi quyidagicha: Dastlab suspenziya kanalcha orqali ramaning ichiga kirib, filtrlovchi materialdan o'tadi, so'ngra yuzasidagi ariqchalar orqali pastga tushadi. Filtrat plitaning pastki qismida joylashgan kanalcha orqali chiqib, umumiy tarnovga tushadi. Ramaning ichki qismi cho'kma bilan to'lganda, suspenziya berish to'xtatiladi. Shundan so'ng yuvish uchun suv beriladi. Yuvish jarayoni tamom bo'lgach, qo'zg'aluvchan plita chapga burilib, cho'kma tushiriladi. Filtr pressning ish jarayoni quyidagicha: 1) ishga tayyorgarlik ko'rish; 2) filtrlash; 3) cho'kmani yuvish; 4) filtrdan cho'kmani ajratib olish.

Ramali filtr pressni afzalliklari: qurilma massasining birligiga nisbatan filtrlashning solishtirma yuzasi ancha katta; harakatlanuvchi qismlari yo'q; ayrim plitalarni ishlatmasdan qo'yish mumkin. Harakatlanuvchi kuchning qiymati katta bo'lganligi sababli filtr filtrlovchi yuza borligiga nisbatan yuqori ish unumdorlikka ega.

Ramali filtr – pressning kamchiliklari: filtrdan cho'kmani tushirish ancha mehnat talab qiladi; agar suspenziyadagi suyuqlik fazasi engil uchuvchan, zaharli yoki o't oluvchi xususiyatlarga ega bo'lsa filtr-pressdan foydalanish mumkin emas. Asosan konsentratsiyasi kam bo'lgan suspenziyalarni ajratish uchun ishlatiladi.

Patronli filtrlar. Bu filtrlarda silindrsimon korpusdagi maxsus metall to'siqqa metall yoki keramik trubalardan tayyorlangan, yuqori tomoni ochiq g'ovaksimon patronlar joylashtiriladi.

Patronlarga filtrlovchi gazlama (ya'ni «paypoqlar») kiydiriladi. Filtrga suspenziya bosim ostida ($0,2-0,4\text{mPa}$) beriladi, filtrat patronlardan o'tib, qurilmaning yuqorigi qismiga yig'iladi va shtuser orqali qurilmadan chiqariladi.

Mayda zarrachali suspenziyalarni ajratish uchun metallokeramik filtrlar ishlatilib, patronlarining diametri taxminan 60mm , uzunligi 700mm , va devorning qalinligi 3mm gacha bo'ladi. Patronlar devorining g'ovakligi 40% gacha bo'lib, g'ovaklarning o'lchami taxminan 6mm ga teng bo'ladi. Bunday filtrlarning qattiq zarrachalarni ushlab qolish qobiliyati 99% gacha etadi.

Patronli filtrlar odatda siqilgan havo yoki suv bug'i yordamida regenerasiya qilinadi.

Bundan tashqari, avtomatlashtirilgan kamerali filtr-press, barabanli vakuum filtr, lentali vakuum filtrlar mavjud.

6.6. Filtrlash siklini aniqlash

Filtr qurilmani hisoblashdan maqsad kerak bo'lgan filtrlash yuzasini topishdan iborat. Davriy ishlaydigan filtrlarni hisoblash uchun har bir siklning ish davrini bilish lozim. Filtrlashning har bir sikli quyidagi bosqichlardan iborat bo'ladi: 1) filtrlashning o'zi; 2) cho'kmani yuvish; 3) qo'shimcha ishlar) cho'kmani tushirish, gazlamani almashtirish).

Filtrlash siklining umumiy vaqti $T(s)$:

$$T = \tau + \tau_{yu} + \tau_q$$

(6.26)

bu yerda τ – filtrlash uchun ketgan vaqt, s; τ_{yu} – cho'kmani yuvish uchun ketgan vaqt, s; τ_q – qo'shimcha ishlarni bajarish uchun ketgan vaqt, s.

Agar filtrlash yuzasini $F(m^2)$ bilan va filtrning solishtirma ish unumdorligini $V(m^3/m^2)$ bilan belgilasak, u holda bitta siklda olingan filtratning miqdori $V \cdot F(m^3)$ ga teng bo'ladi, filtrning ish unumdorligi esa $V(m^3/soat)$:

$$V = \frac{3600 \cdot v \cdot F}{T}$$

(6.27)

Zarur bo'lgan filtrlash yuzasi:

$$F = \frac{VT}{3600 \cdot v}$$

(6.28)

Uzluksiz ishlaydigan filtrlar (masalan, barabanli vakuum-filtr) uchun filtrlash siklining umumiy vaqti $T(s)$:

$$T = \frac{(\tau + \tau_{yu}) \cdot m}{m_f + m_{yu}}$$

(6.29)

bu yerda m – seksiyalarning umumiy soni; m_f – filtrlash sohasidagi seksiyalarning soni; m_{yu} – yuvish sohasidagi seksiyalarning soni.

Filtrlash uchun zarur bo'lgan vaqt quyidagi tenglama orqali hisoblanadi:

$$\tau = \frac{\mu q_0 h^2}{2 \Delta P x_0}$$

(6.30)

bu yerda μ – filtratning qovushqoqligi, $Pa \cdot s$; τ_0 – cho'kmaning solishtirma hajmiy qarshiligi, m^2 ; h_{ch} – cho'kmaning qalinligi, m ; ΔP – bosimlar farqi, Pa ; x – cho'kmaning hajmini filtrat hajmiga nisbati.

Cho'kmani yuvish uchun ketgan vaqt r_{yu} tajriba asosida aniqlanadi. Seksiyalarning soni qiymatlari m, m_f, m_{yu} odatda berilgan bo'ladi yoki tajriba asosida qabul qilinadi.

Barabanning bir marotaba aylanishida uning yuzasidan olingan filtratning hajmi $V(m^3)$ quyidagi nisbat asosida topiladi:

$$V = \frac{h_y S}{x_o}$$

(6.31)

bu yerda S – barabanning yuzasi, m^2 .

Filtrlash vaqti τ ga asosan barabanning suspenziyaga botirilish darajasi quyidagicha aniqlanadi:

$$\varphi = \frac{\tau}{T}$$

(6.32)

Barabanli vakuum filtrning filtrat bo'yicha ish unumdorligi $m^3/soat$ quyidagi tenglama yordamida topiladi:

$$Q = \frac{3600 \cdot V}{T}$$

(6.33)

NAZORAT SAVOLLARI

- 6.1. Filtr to'siqlar qanday talablarga javob berishi lozim?
- 6.2. Filtrlash jarayonida qanday cho'kmalar hosil bo'ladi?
- 6.3. Sanoatda filtrlashdan so'ng qanday jarayonlar amalga oshiriladi?
- 6.4. Filtratning gidravlik qarshiligi qaysi tenglama orqali aniqlanadi?
- 6.5. Filtrlash jarayonining asosiy tenglamasi qanday ifodalanadi va nimalarga bog'liq?
- 6.6. Filtrlash doimiyligi qaysi kattaliklar orqali ifodalanadi?
- 6.7. Filtrlash qurilmalari texnologik maqsadlarga ko'ra necha turga bo'linadi?
- 6.8. Filtrlar qanday rejimda ishlaydi?
- 6.9. Filrlash sikli necha bosqichdan iborat?
- 6.10. Filtrlash yuzasi qaysi formula asosida aniqlanadi?
- 6.11. Filtrat bo'yicha unumdorlik qaysi formula asosida hisoblanadi?

7-Ma'ruza: Markazdan qochma kuch ta'sirida cho'ktirish

R E J A:

- 7.1. Markazdan qochma kuch maydonida cho'ktirish
- 7.2. Sentrifuga turlari
- 7.3. Sentrifugalarni hisoblash
- 7.4. Davriy ishlaydigan sentrifugalarda quvvat sarfini aniqlash

Tayanch iboralar: inersion, pulsasion sapfa vali

Adabiyotlar: 1,2,3,4,5.

7.1. Markazdan qochma kuch maydonida cho'ktirish

Aralashma zarrachalarining o'lchami $d_z \prec 5\text{mkm}$ yoki ularning zichligi muhit zichligiga yaqin bo'lsa, bunday zarrachalarni suspenziya va emulsiya tarkibidan ajratib olish uchun markazdan qochma kuch maydonidan foydalaniladi. Bu jarayonda markazdan qochma kuchning qiymati og'irlik kuchiga nisbatan bir necha marta katta bo'ladi.

Markazdan qochma kuch maydoni ajralishi lozim bo'lgan oqimning aylanma harakati natijasida hosil bo'ladi. Markazdan qochma kuch maydoni gidrosiklon, cho'ktiruvchi sentrifuga va separatorlarda hosil qilinadi.

Aralashmaning aylanma harakati natijasida uning tarkibidagi zarrachaga markazdan qochma kuch ta'sir qiladi. Bu kuch cho'kish tezligiga yaqin tezlik bilan zarrachani markazdan qurilmaning chekkasi tomon otib yuboradi.

Bunda hosil bo'lgan markazdan qochma kuchning qiymati $C(H$ hisobida) quyidagicha aniqlanadi:

$$C = mn^2 / R = m\omega^2 R \quad (7.1)$$

bu yerda m – zarrachaning massasi, kg ;

ω – zarracha aylanishining burchak tezligi, s^{-1} ;

n – zarracha harakatining aylanma tezligi, ayl/s ;

R – zarracha aylanishining radiusi, m .

Markazdan qochma qurilmalardagi cho'kish samaradorligini aniqlash uchun markazdan qochma kuch qiymatini zarrachaga ta'sir qilayotgan og'irlik kuchi bilan solishtiriladi.

Og'irlik kuchi P (H hisobida) :

$$P = mg \quad (7.2)$$

G – erkin tushish tezlanishi, $g = 9,81m/s^2$.

Ikkala tenglamalarni echish natijasida quyidagi ifodaga erishamiz:

$$\frac{C}{P} = \frac{m\omega^2 R}{mg} = \frac{\omega^2 R}{g} = K_a \quad (7.3)$$

bu yerda $K_a = \frac{\omega^2 R}{g}$ – ajratish faktori.

Markazdan qochma qurilmalarda laminar rejim uchun cho'kish tezligini ajratish faktori hisobga olingan holatda Stoks tenglamasi yordamida topiladi:

$$\omega_q = \frac{d^2 g (P_k - P_m) \omega^2 R}{18\mu g} = \frac{d^2 \omega^2 R (P_k - P_m)}{18\mu} \quad (7.4)$$

Turbulent va oraliq rejimlar uchun cho'kish tezligini quyidagi tenglama orqali aniqlash mumkin:

$$\omega_q = \sqrt{\frac{4}{3} \cdot \frac{d}{\xi} \cdot \frac{\rho_k - \rho_M}{\rho_M} \omega^2 R} \quad ,$$

(7.5)

bu yerda ξ – muhitning qarshilik koeffisienti bo'lib, bu koeffisientning qiymati zarrachaning harakat rejimiga bog'liq bo'ladi.

Markazdan qochma kuchlar maydonidagi cho'kish jarayonida ajratish faktori va cho'kish tezligi o'zgarib turadi, chunki ular aylanish radiusiga ya'ni markazdan zarracha turgan joygacha bo'lgan masofaga bog'liq bo'ladi.

Bu masofa jarayon davomida o'zgarib turadi. Markazdan qochma kuchlar maydonida qattiq zarracha ketma –ket uchala rejim bo'ylab cho'kishi mumkin. Shuning uchun zarrachaning cho'kish vaqti ham turlicha aniqlanishi zarur. Cho'kish tezligi o'zgaruvchan qiymat bo'lganligi sababli vaqt quyidagicha topiladi:

$$\tau = \int_R^0 \frac{dR}{\omega_q}$$

(7.6)

7.2. Sentrifuga turlari

Emulsiyadagi suyuqlik tomchilarini va suspenziyadagi qattiq modda zarrachalarini markazdan qochma kuchlar maydonida ajratib olish jarayoni sentrifugalash deyiladi.

Sentrifugalarning asosiy qismi gorizontaal yoki vertikal o'qqa joylashgan katta tezlikda aylanuvchi baraban bo'lib, u elektr dvigatel yordamida aylanma harakatga keltiriladi. Markazdan qochma kuch ta'sirida suspenziyadagi qattiq modda zarrachalari cho'kmaga tushib, suyuq fazadan ajraladi. Suyuq faza fugat deyiladi. Hosil bo'lgan cho'kma baraban ichida qolib, suyuq faza esa ajratib olinadi.

Turli jinsli aralashmalarni ajratish prinsipiga ko'ra sentrifugalalar uch turga bo'linadi: 1) filtrlovchi sentrifugalalar; 2) cho'ktiruvchi sentrifugalalar; 3) tarelkali separatorlar.

Ajratish koeffisientiga ko'ra hamma sentrifugalalar ikki guruhga bo'linadi.

1) Normal sentrifugalalar ($K_A \leq 3600$). Bunday sentrifugalalar suspenziyalardan katta, o'rtacha va maydaroq zarrachalarni ajratish uchun ishlatiladi.

2) O'ta sentrifugalalar ($K_A > 3600$). Bunday sentrifugalalar mayda zarrachali suspenziyalarni va emulsiyalarni ajratish uchun ishlatiladi.

Filtrlovchi sentrifugalarning barabani g'ovaksimon turli metallardan ishlanib, uning yuzasiga mato qoplanadi. Filtrlovchi sentrifugalarda suspenziya yoki emulsiya markazdan qochma kuch ta'sirida baraban devorlariga qarab otiladi, bunda qattiq modda zarrachalari filtr materiallarning yuza qismida qolib, suyuq faza bu kuch ta'sirida cho'kma qatlami va filtr to'siqlardan o'tadi hamda barabandan uzluksiz chiqarib turiladi.

Cho'ktiruvchi sentrifugalarda baraban yaxlit metall plastinkalardan qilinadi. Bu sentrifugalarda baraban aylanishi natijasida markazdan qochma kuch ta'sirida suspenziya yoki emulsiya baraban devorlari tomon harakatlanadi. Zichligi katta

bo'lgan suyuqlik va qattiq fazalar baraban devorlari yaqinida, zichligi kamroq bo'lgan boshqa faza esa o'q atrofida yig'iladi.

Tarelkali separatorlar uzluksiz ishlaydigan cho'ktiruvchi o'ta sentrifugalarga qatoriga kiradi. Bunday sentrifugalarning rotori bo'lib, suyuqlik bir necha tarelkalarga tarqaladi va zarrachalarning cho'kishi laminar rejimda amalga oshiriladi. Tarelkali separatorlar emulsiyalarni ajratish va suyuqliklarni tindirish uchun ishlatiladi.

Ish rejimiga ko'ra sentrifugalarda davriy va uzluksiz bo'ladi. Baraban valining o'rnatilishi holatiga qarab gorizontaal va vertikal sentrifugalarda bo'ladi. Davriy ishlaydigan sentrifugalarda cho'kma qo'l yordamida, gravitasion kuch (yoki og'irlik kuchi) va pichoq bilan tushiriladi. Uzluksiz ishlaydigan sentrifugalarda cho'kma shnek yordamida, inersion va pulsasion kuchlar ta'sirida tushiriladi.

7.3. Sentrifugalarni hisoblash

Sentrifugalarda yuzaga chiqadigan markazdan qochma kuch $G(H$ hisobida) quyidagi tenglama bo'yicha aniqlanadi:

$$G = Mn^2R = M\omega^2R \approx 40Mn^2R \approx 20Mn^2D \quad (7.7)$$

bu yerda M – sentrifuga barabani ichida joylashgan cho'kma va suyuqlikni massasi, kg ; ω – burchak tezligi, s^{-1} ; $D = 2R$ – barabanning diametri, m ; R – barabanning radiusi, m ; n – sentrifuganing aylanish chastotasi, s^{-1} .

Sentrifugalash paytidagi filtrlashning bosimi (Pa hisobida) taxminan:

$$\Delta P_u = \frac{G}{F}$$

(7.8)

bu yerda G – (7.4) tenglama bo'yicha aniqlangan markazdan qochma kuch, H ; $F = \pi DH$ – o'rtacha filtrlash yuzasi, m^2 ; D – barabanning balandligi yoki filtrlash zonasining uzunligi, m .

ΔP_u ning qiymatini aniqroq qilib quyidagi tenglama bilan hisoblash mumkin:

$$\Delta P_u = 20\rho_c n^2 (R^2 - R_1^2) \cdot 5\rho_c n^2 (D_2^2 - D^2), \quad (7.9)$$

bu yerda ρ_c – suspenziyaning zichligi, kg/m^3 ; $D_1 = 2R_1$ – suyuqlik ichki qatlaminig diametri, m ; $D_2 = 2R_2$ – barabanning ichki diametri, m .

Sentrifugalash paytidagi filtrlash tezligi umumiy gidravlika qonuniga asosan quyidagi tenglama orqali ifodalanadi:

$$\frac{dV}{d\tau} = \frac{\Delta P_s}{R_s},$$

(7.10)

bu yerda ΔP_s – sentrifugalash paytidagi bosim farqi; $R_s = R_{Ch} + R_{F.t.}$ – sentrifugalash paytidagi umumiy qarshilik; R_{Ch} – cho'kmaning qarshiligi; $R_{F.t.}$ – filtrllovchi to'siqning qarshiligi.

Sentrifuga barabanining aylanishida hosil bo'lgan voronkaning chuqurligi h (m hisobida) taxminan quyidagi tenglama bilan aniqlasa bo'ladi:

$$h = 2n^2 R^2$$

$$V_s = 25,3\eta L n^2 R_0^2 \omega_E R,$$

(7.11)

bu yerda L – barabanning uzunligi, m ; R_0 – suspenziya halqasimon qatlamining ichki radiusi, m ; ω_E – zarrachaning cho'kish tezligi; η – sentrifuganing haqiqiy va nazariy ish unumdorliklarining nisbatini hisobga oluvchi koeffisient ($\eta = 0,4 \div 0,5$); k – suspenziyani berish vaqtini (ya'ni asli sentrifugalash vaqtini) sentrifuganing umumiy ishlash vaqtiga nisbati.

7.5. Davriy ishlaydigan sentrifugalarda quvvat sarfini aniqlash

Davriy ishlaydigan sentrifugalarning ishga tushirish paytidagi quvvatining sarfi quyidagi tenglamalar yordamida hisoblanadi.

Barabanning ishga tushirish paytidagi inersiyani engish uchun sarflangan ishning qiymati T_1 (J hisobida):

$$T_1 = \frac{\omega_2^2 M_B}{2}$$

(8.12)

bu yerda ω – tegishli aylanish chastotasiga etgan paytdagi barabanning turg'un aylanish tezligi (barabanning radiusi R_2 bo'lgan tashqi yuzasi bo'yicha), m/s ; M_B – barabanning massasi, kg .

Sentrifugani ishga tushirish paytidagi yuklash inersiyasini engish uchun sarf bo'lgan ish T_2 (J hisobida):

$$T_2 = \frac{0,75\omega_1^2 \rho V}{4}$$

(7.13)

bu yerda ω_1 – barabanning ichki radiusi R_1 bo'yicha aylanish tezligi m/s ; ρ – yuklangan materialning zichligi, kg/m^3 ; V – sentrifuga barabanining to'la hajmi, $V = \pi R_1^2 N, m^3$.

T_2 ni hisoblash paytida yuklangan materialning hajmini baraban umumiy hajmining yarmiga teng deb olinadi. Ishga tushirish paytidagi baraban va yuklash inersiyasini engish uchun sarf bo'lgan quvvat (Vt hisobida):

$$N_1 = \frac{T_1 + T_2}{\tau},$$

(7.14)

bu yerda τ – ishga tushirish davrining davomlilik, s (tajribalarga asosan $\tau = 1 \div 3 \text{ min}$).

Podshipniklardagi valning ishqalanishini engish uchun sarflangan quvvat N_2 (Vt hisobida):

$$N_2 = \lambda M \omega_s g,$$

(7.15)

bu yerda λ – ishqalanish koeffisienti ($\lambda = 0,07 \div 0,1$ – halqali moylanadigan oddiy podshipniklar uchun $\lambda = 0,03$ – sharikli podshipniklar uchun); M – sentrifuga hamma aylanuvchi qismlarning yuklangan material bilan birgalikda massasi, kg ; ω – sapfa valining aylanish tezligi, m/s .

Baraban devorining havo bilan ishqalanishini engish uchun sarflangan quvvat N_3 (Vt hisobida):

$$N_3 = 2,94 \cdot 10^3 \beta R_2^2 \omega_2^3 \rho_H$$

(7.16)

bu yerda ρ_x – havoning zichligi, kg/m^3 ; β – qarshilik koeffisienti ($\beta = 2,3$).

Davriy ishlaydigan sentrifuganing ishga tushirish paytidagi quvvatning to'la sarfi N_T (Vt hisobida):

$$N_T = N_1 + N_2 + N_3,$$

(7.17)

O'tkazish qurilmasining foydali ish koeffisienti η_y hisobiga olingandagi quvvatning to'la sarfi:

$$N = \frac{N_T}{\eta_y}$$

(7.18)

Sentrifugalar elektrodvigatellarni o'rnatish uchun zarur bo'lgan quvvatning sarfi aniqlanganda 10–20% zapas olinadi.

NAZORAT SAVOLLARI

- 7.1. Markazdan qochma kuchning qiymati qanday aniqlanadi?
- 7.2. Sentrifugalash jarayoni qanday suyuqliklarni ajratishda qo'llaniladi?
- 7.3. Sentrifugalar ajratish koeffisientiga ko'ra necha guruhga bo'linadi?
- 7.4. Sentrifuga qaysi tenglama asosida hisoblanadi?
- 7.5. Sentrifuganing foydali ish koeffisientini hisobga olgan holda quvvatning to'la sarfi qanday aniqlanadi?

8-Ma'ruza: Suyuqlik muhitlarida aralashtirish

REJA:

- 8.1. Aralashtirish jarayoni haqida tushuncha
- 8.2. Arashtirgich turlari
- 8.3. Mexanik aralashtirishdagi quvvat sarfi
- 8.4. Quvvat mezonining ifodalanishi

Tayanch iboralar: impuls, planetar, vibrasion, yakor, aylanish chastotasi, kompleks. Adabiyotlar: 2,3,4.

8.1. Aralashtirish jarayoni haqida tushuncha

Gidromexanik jarayonni asosiy mezoni suyuqlik bilan bog'liq sistemalardagi aralashtirish bo'lib, muhitga tashqi kuch ta'sirida qo'shimcha impuls berishga asoslangan. Aralashtirish jarayonida qurilma hajmidagi oquvchan muhit zarrachalarini bir–biriga nisbatan ko'p marotaba siljitish sodir bo'ladi.

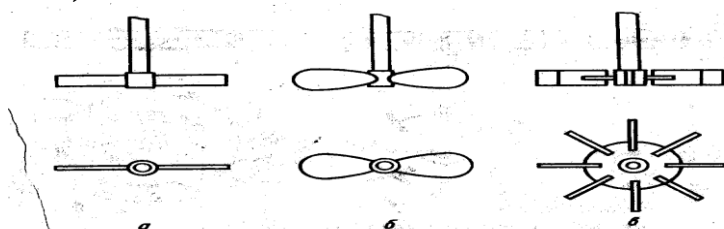
Aralashtirish quyidagi maqsadlar uchun ishlatiladi: a) qattiq zarrachalarni suyuqlik hajmida bir tekisda tarqatish (suspensiya hosil qilish); b) suyuqlik zarrachalarini tegishli o'lchamlargacha maydalash va ularni suyuqlik muhitda bir

tekisda tarqatish (emulsiya hosil qilish); v) gaz zarrachalarini suyuqlikda bir tekisda tarqatish (aerasiya); g) suyuqlikni isitish yoki sovutish jarayonlarini tezlashtirish; d) aralashadigan sistemalardagi (masalan, qattiq materiallarni suyuqlik yordamida eritish) modda almashinishini tezlashtirish.

Kimyo sanoatida aralashtirishning quyidagi usullaridan foydalaniladi: 1) mexanik; 2) sirkulyasion; 3) turbulizator yordamida; 4) pnevmatik. Bu usullarni tanlashda quyidagi shart-sharoitlar hisobga olinadi: aralashtirishning maqsadi; jarayonning asosiy xarakteristikalar (harorat, bosim); aralashadigan muhitning xossalari; qurilmaning ish unumdorligi.

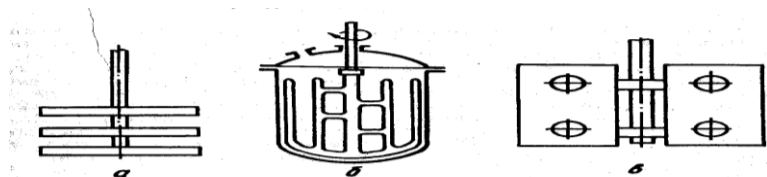
Sanoat ishlab chiqarishlarida aralashtirgichlar uch turga bo'linadi (8.1–rasm): 1) parrakli; 2) propellerli (vintli); 3) turbinali.

Parrakli aralashtirgich bir yoki bir nechta parrakdan iborat bo'ladi (8.1, 8.2 – rasmlar):



8.1– rasm. Aralashtirgich turlari:

a- parrakli; b- propellerli; v- turbinali.



8.2- rasm. Parrakli aralashtirgichning turlari:

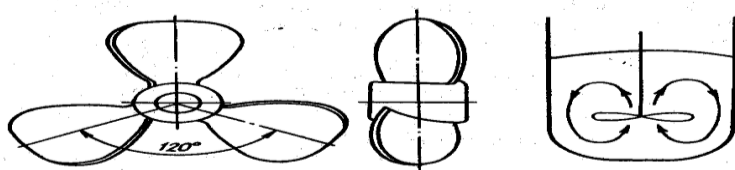
8.2-rasm. Parrakli aralashtirgichning turlari:

a - ramali; b - yakorli; v - yaproqsimon.

Bir parrakli oddiy aralashtirgichlar qovushqoqligi kichik bo'lgan suyuqliklarni aralashtirish uchun ishlatiladi. Qovushqoqligi katta bo'lgan suyuqliklarni aralashtirish uchun ko'p parrakli va maxsus tayyorlangan aralashtirgichlardan foydalaniladi. Cho'kma ajratuvchi sistemalarni aralashtirish uchun yakorli aralashtirgichlar ishlatiladi. Parrakli aralashtirgichlar minutiga martagacha aylanishi mumkin, odatda $n = 20 - 80 \text{ ayl/min}$.

Propellerli aralashtirgichning asosiy ish organi o'qqa urnatilgan propeller (yoki vint) dan iborat (8.3- rasm). O'q gorizontal, vertikal yoki qiya o'rnatilgan bo'lishi mumkin.

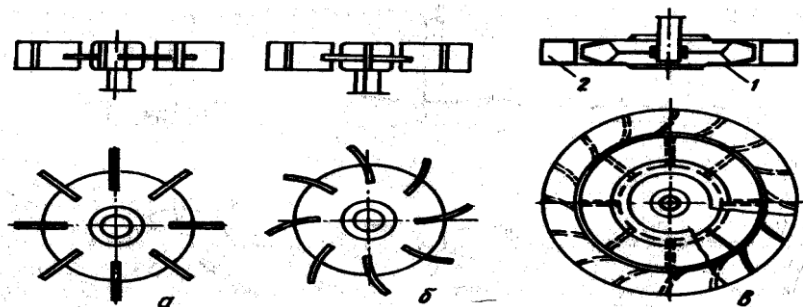
a) ramali; b) yakorli; v) yaproqsimon.



8.3-rasm. Propellerli aralashtirgich

Vintlar ikki yoki uch qanotli bo'ladi. Qanotlar suyuqlikda xuddi vint kabi harakat qiladi. Propellerli aralashtirgichlar harakatchan va qovushqoqligi bir oz katta bo'lgan suyuqliklarni aralashtirish uchun ishlatiladi. Vintli aralashtirgich quyidagi kattaliklarga ega: $d = 0,25 - 0,33$; $h = 0,5 - 1D$; $n = 150 - 1000 \text{ ayl/min}$. Vint qiya joylashtirilsa, aralashtirgichning samaradorligi ortadi.

Turbinali aralashtirgichning asosiy ish organi trubina g'ildiragi bo'lib, u vertikal o'qqa joylashtirilgan bo'ladi (8.4 – rasм).



8.4- расм. Турбинали аралаштиргич турлари:

8.4– расм. Турбинали аралаштиргич турлари.

а) Очиқ тўғри куракчали; б) очиқ қия куракчали; в) ёпиқ турбинали; 1- турбина; 2- йўналтиргич.

Suyuqlik aralashtirgichning markaziy teshikchalaridan kirib, u erda markazdan qochma kuch ta'sirida tezlanish olgan xolda g'ildirakdan radial yo'nalishda chiqib ketadi. G'ildirakda suyuqlik vertikal yo'nalishdan gorizontaal yo'nalishga o'tib, undan katta tezlik bilan chiqadi. Bunday suyuqlik aralashtirgich qovushqoqligi kam va katta bo'lgan ($\mu < 500 \text{ Pa} \cdot \text{s}$) suyuqliklarni aralashtirish uchun ishlatiladi. Turbinali aralashtirgich uchun $d = (0,15 - 0,6)$ va $n = 200 - 2000 \text{ ayl/min}$. Turbinali aralashtirgichda tarkibida o'lchami gacha etadigan zarrachalari bor suyuqliklarni aralashtirish mumkin.

8.2. Аралаштиргич турлари

Kimyo sanoatida bunday aralashtirgichlardan tashqari shnekli, lentali, planetar, vibrasion aralashtirgichlar ham mavjud. Bu aralashtirgichlar nyuton va nonnyuton suyuqliklarni aralashtirish uchun qo'llaniladi.

Hamma aralashtirgichlar aylanma harakat tezligining qiymatiga ko'ra ikki turga bo'linadi.: 1) sekin harakat qiluvchi; agar parrak chekkasining aylanma harakat tezligi 1 m/s atrofida bo'lsa, bunday aralashtirgichlar (masalan, yakorli, ramali va boshqa) sekin harakat qiluvchi aralashtirgich qatoriga kiradi. Tez harakat qiluvchi aralashtirgichlarni (masalan, vintli, turbinali va boshqa) aylanma harakat tezligi 10 m/s gacha etib boradi. Muhitdagi gidrodinamik rejimga ko'ra aralashtirgichning harakat qilish tezligini aniqlash mumkin. Turbulent va oraliq rejimda ishlatilayotgan aralashtirgichlar tez harakat qiluvchi, laminar rejimda ishlatilayotgani esa sekin harakat qiluvchi aralashtirgichlar deyiladi.

Aralashayotgan suyuqlikning gidrodinamik rejimi Reynolds mezonining boshqa ko'rinishi bilan aniqlanadi:

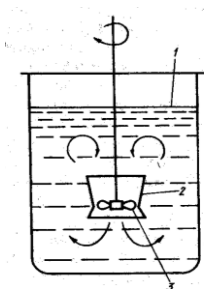
$$\text{Re}_M = \frac{\omega d \rho}{\mu} = \frac{\rho n d^2}{\mu}$$

(8.1)

bu yerda n – aralashtirgichning aylanish chastotasi, ayl/s ; ρ – aralashayotgan suyuqlikning zichligi, kg/m^3 ; μ – aralashayotgan suyuqlikning qovushqoqligi, $\text{Pa}\cdot\text{s}$; d – aralashtirgichning diametri, m .

8.3. Mexanik aralashtirishdagi quvvat sarfi

Aralashtirgichning aylanishi uchun zarur bo'lgan energiya ishqalanish kuchlarini engishga hamda uyurmalarining hosil bo'lishi va ularning buzilishiga sarflanadi. 5.5 – rasmda ichida aralashtirgich o'rnatilgan idish tasvirlangan:



5.5 – rasm. Aralashtirish uchun energiya sarfini aniqlash.

5.5–rasm. Aralashtirish uchun energiya sarfini aniqlash.

Mexanik aralashtirishdagi energiya sarfini aniqlash uchun o'lchamlarni analiz qilish usulidan foydalaniladi. Aralashtirgichning ishlashi uchun zarur bo'lgan N suyuqlikning zichligi ρ va qovushqoqlik μ , aylantirgichning aylanish chastotasi n va uning diametri d ga bog'liq. Bu kattaliklar o'rtasidagi kriterial bog'liqlikni aniqlaymiz.

Dastlabki funksional bog'lanish quyidagicha:

$$N = f(\mu, \rho, n, d)$$

(8.2)

yoki

(8.3)

$$N = C \mu^x \rho^y n^z d^\gamma$$

bu yerda S, x, y, z, γ – sonli koeffisient va daraja ko'rsatkichlari.

(8.2) tenglamada 5 ta o'zgaruvchi kattalik bor. Demak, π – teoremaga asosan, mezonlarning soni $5 - 3 = 25 - 3 = 2$. Ushbu tenglama tarkibidagi kattaliklarning o'lchov birliklarini yozamiz:

$$[N] = Vt = \frac{N \cdot m}{s} = \left(\frac{\text{kg} \cdot m}{s^2} \right) \frac{m}{s} = \frac{\text{kg} \cdot m^2}{s^3} ;$$

$$[\mu] = \frac{N \cdot s}{m^2} = \left(\frac{\text{kg} \cdot m}{s^2} \right) \frac{s}{m^2} = \frac{\text{kg}}{s \cdot m} ;$$

$$[\rho] = \frac{\text{kg}}{m^3} ; \quad [n] = \frac{1}{s} ; \quad [d] = m$$

O'lchamlarning tenglamasini tuzamiz:

$$\frac{\text{kg} \cdot m^2}{s^3} = \left(\frac{\text{kg}}{s \cdot m} \right)^x \left(\frac{\text{kg}}{m^2} \right)^y \left(\frac{1}{s} \right)^z (m)^\gamma .$$

Ushbu tenglamani boshqacha ko'rinishga keltiramiz:

$$kg \cdot m^2 \cdot s^{-3} = kg^{x+y} S^{-x3y+\gamma}$$

Asosiy birliklar uchun tenglamalar sistemasini tuzamiz:

$$kg \quad 1 = x + y$$

$$m \quad 2 = -x - 3y + \gamma$$

$$s \quad -3 = -x - z$$

Ushbu tenglamalarga kirgan qiymatlarni x orqali ifodalab quyidagilarga erishamiz:

$$y = 1 - x; \quad \gamma = 5 - 2x; \quad h = 3 - x$$

(8.3) tenglamani quyidagi ko'rinishda qayta yozamiz:

$$N = C \rho n^3 d^5 (\mu / \rho n d^2)^x$$

yoki

$$\frac{N}{\rho n^3 d^5} = C (\rho n d^2 / \mu)^{-x}$$

(8.4)

8.5. Quvvat mezonining ifodalanishi

O'lchamsiz kompleks $\frac{N}{\rho n d^5}$ Eyler mezon yoki quvvat mezon K deb ataladi.

Eu_m bilan, mezon $\frac{\rho n d^2}{\mu}$ Reynolds mezonining boshqa bir ko'rinishi bo'lib, Re_m bilan belgilanadi:

$$Eu_m = \frac{N}{\rho n d^5} = K_n$$

(8.5)

$$Re_m = \frac{\rho n d^2}{\mu}$$

(8.6)

Demak, mexanik aralashtirish paytidagi energiya sarfining umumiy tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$Eu_m = C Re_m^R$$

(8.7)

Koeffitsiyent C va daraja ko'rsatkichi R ning qiymatlari tajriba yo'li bilan aniqlanib aralashtirgichning turiga, qurilmaning tuzilishiga va aralashtirish jarayonining rejimiga bog'liq bo'ladi.

Agar qurilmadagi suyuqlikning balandligi H , uning diametri D ga teng bo'lmasa, (8.4) tenglama bo'yicha aniqlangan quvvatning qiymati tuzatish koeffisientiga ko'paytirilishi kerak:

$$f_n = \sqrt{\frac{H}{D}}$$

(8.8)

NAZORAT SAVOLLARI

- 8.1. Aralashtirish jarayoni nima uchun qo'llaniladi?
- 8.2. Aralashtirishning necha xil usuli mavjud?
- 8.3. Aralashtirgich turlari haqida tushuntiring.
- 8.4. Aylanma harakat tezligiga ko'ra aralashtirgichlar necha turga bo'linadi?
- 8.5. Aralashtirish uchun energiya sarfi qanday aniqlanadi?
- 8.6. O'lchamsiz kompleks yoki quvvat mezonini aniqlash formulasini tushuntiring.

9-Ma'ruza: Gazlarni changdan tozalash

R E J A:

- 9.1. Gazlarni changdan tozalash maqsadi
 - 9.2. Siklonning tuzilishi
 - 9.3. Siklonlardagi gaz aralashmalarini tozalanish darajasi
 - 9.4. Siklonlarni tanlash
- Tayanch iboralar:** separasion, seksiya, empirik, kollektor
- Adabiyotlar: 2,3,5.

9.1. Gazlarni changdan tozalash maqsadi

Kimyo sanoatida bir qator gazsimon turli jinsli sistemalar (changlar, tutunlar, tumanlar) hosil bo'ladi. Donador materiallarni yanchish, aralashtirish, uzatish, quritish jarayonlarida zarrachalarning o'lchami $3 \div 70 \text{ mkm}$ atrofida bo'lgan changlar paydo bo'ladi. Yoqilg'ini yoqish paytida tutun, bug'ni kondensasiyalashda esa tuman hosil bo'ladi. Tutun va tumanlar tarkibidagi qattiq va suyuqlik shaklidagi zarrachalarning o'lchami $0,3 \div 5 \text{ mkm}$ ga teng bo'ladi.

Texnologiya jarayonlarini to'g'ri amalga oshirish uchun sanoat gazlari va havo changdan tozalanishi zarur. Aralashtirgichlar, dispergatorlar, ko'pchilik modda almashinish qurilmalari, qator kimyoviy qurilmalar gaz tozalashning effektiv sxemalarisiz yaxshi ishlay olmaydi.

Gazlar: 1) gaz aralashmalaridan qimmatbaho mahsulotlarni ajratib olish; 2) jarayon ketishi paytida unga salbiy ta'sir qiluvchi va qurilma buzilishini tezlashtiruvchi moddalarni gaz aralashmalaridan chiqarib tashlash; 3) atrof-muhit havosining ifloslanishini kamaytirish uchun tozalanadi.

Sanoatda ishlab chiqarilgan gaz aralashmalarini tozalash uchun quyidagi usullardan foydalaniladi: 1) og'irlik kuchi ta'sirida cho'ktirish; 2) markazdan qochma, elektr va boshqa kuchlar maydonida cho'ktirish; 3) filtrlash; 4) gazlarni yuvish.

Gazlarni changdan tozalash uchun cho'ktirish kameralari, siklonlar, uyurmali chang ushlagichlar, skrubberlar, Venturi trubasi, filtrlar, rotasion qurilmalar, elektr filtrlar ishlatiladi.

Amalda gaz aralashmalaridagi mayda zarrachalarni birgina tozalash qurilmalarida butunlay ajratish mumkin emas. Shuning uchun ko'pincha ikki va ko'p bosqichli tozalash qurilmalari ishlatiladi, ya'ni avval katta zarrachalar chang cho'ktirish kameralarida, so'ngra mayda zarrachalar elektr filtrlarda cho'ktiriladi.

Har bir qurilmaning samaradorligi gaz aralashmalarining tozalanish darajasi bilan aniqlanadi:

$$n = \frac{G_1 - G_2}{G_1} \cdot 100\% = \frac{V_1 x_1 - V_2 x_2}{V_1 x_1} \cdot 100\% \quad (9.1)$$

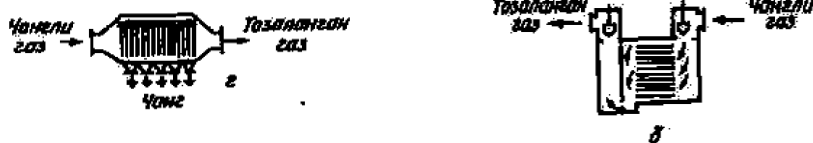
bu yerda G_1 va G_2 – tozalangan va tozalanmagan gaz aralashmalaridagi qattiq zarrachalar miqdori; V_1, V_2 – dastlabki va tozalangan gaz aralashmalarining hajmi; x_1 va x_2 – changli va tozalangan gaz aralashmalaridagi qattiq zarrachalar konsentrasiyalari, kg/m^3 .

Og'irlik kuchi ta'sirida changli gazlarni tozalash uchun davriy yoki yarim uzluksiz rejimda ishlaydigan turli chang cho'ktirish kameralari ishlatiladi. Chang cho'ktirish kameralari changli gazlarni (50–100 mkm) birlamchi tozalash uchun ishlatiladi. Bunday qurilmalarning tozalash darajasi 40–50% dan ortmaydi. Qattiq zarrachalarning yaxshi cho'kishi uchun gaz oqimining tezligi 3 m/s dan oshmasligi kerak.

Eng oddiy tuzilishga ega chang cho'ktirish kamerasida changli gaz oqimi separasion bo'shliqda sekin harakat qiladi, qattiq zarrachalar esa chang yig'adigan seksiyalardan biriga tushadi. Oddiy tuzilishga ega bo'lgan konstruksiyasi katta joyni egallaydi. Gaz oqimining sekin harakatini ta'minlash uchun separasion kameraning hajmi ancha katta bo'ladi (9.1-rasm, a)

To'siqlari bo'lgan kamerada gravitasion kuchdan tashqari inersion kuchdan ham foydalaniladi. Og'irlik va inersion kuchlar bilan birgalikda foydalanish qurilmalarning tozalash darajasini ko'paytirish lozim bo'ladi (9.1-rasm, b). Bunday holatda qurilmaning o'lchami ancha kamayadi.

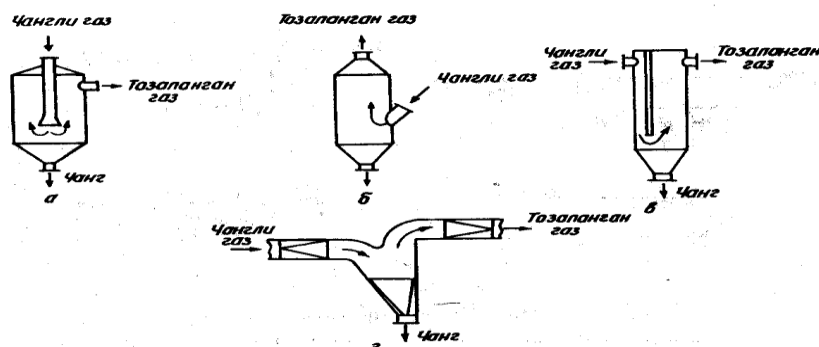
Inersion chang ushlagichning ishlash prinsipi quyidagicha: changli gaz oqimi yo'nalishning birdan o'zgarishi paytida, qattiq zarrachalarning zichligi havo zichligiga nisbatan taxminan 1000 marotaba katta bo'lganligi sababli, zarrachalar o'z inersiyasi bilan oldingi yo'nalishida harakatini davom ettirib, gazdan ajralgandan so'ng, chang yig'gichga tushadi, tozalangan gaz oqimi esa qurilmadan tashqariga chiqib ketadi.



9.1-rasm. Chang cho'ktirish kameralari:

a. gorizontal kamera; b. to'siqli kamera.

Ba'zi chang tutgichlar changli qoplar deyiladi. Uning ishlashi oddiy bo'lib, changli gaz kirish patrubkasi orqali pastga qarab harakatlanadi, so'ng gaz birdaniga yuqoriga buriladi, bunda chang gaz oqimidan ajralib, qurilmaning pastki qismiga tushadi.



9.2-расм. Инерцион чанг ушлагичлар:

9.2-рasm – Inersion chang ushlagichlar:

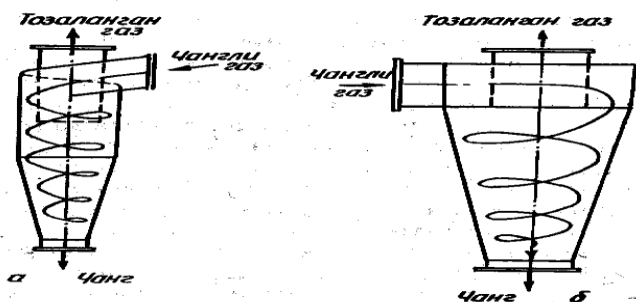
a) markaziy qismdan gaz beriladi. b) yon tomondan gaz beriladi

9.2. Siklonning tuzilishi

Oddiy cho'ktirish qurilmalarining o'lchami katta bo'lib, gazlarni tozalash darajasi kichik bo'lganligi sababli sanoatda gaz aralashmalarini tozalash uchun siklonlar ishlatiladi.

Siklonlar tuzilishiga ko'ra ikki turga bo'linadi: silindrli va konusli. Silindrli siklonlarda qobiqning silindrli qismi ancha uzun qilib konusli siklonlarda esa konussimon qismi ancha uzun qilib tayyorlangan bo'ladi. Silindrli siklonlar yuqori ish unumdorlikka, konusli siklonlar esa yuqori tozalash darajasiga ega. Biroq konusli qurilmalarda bosimning yo'qolishi ko'proq bo'ladi. Konusli siklonlarda yuqoridan pastga qarab ko'ndalang kesim yuzasining kamayib borishi sababli qurilma devori yaqinida chang zarrachalarining ajralishi tezlashadi. Silindrli siklonning diametri 2m dan, konusli siklonning diametri 2–3m dan ortmasligi kerak. Siklonning diametri 2–3m dan ortib ketsa, qurilmani tozalash darajasi kamayadi.

NIOGAZ siklonlarda changli gaz kiradigan patrubkalar qiya qilib joylashtirilgan. Ushbu siklonlarning uchta turi ko'p ishlatiladi. 1) qiyalik burchagi 24° ($StH-24$) – bunday siklonlar yuqori ish unumdorlikka va kichik gidravlik qarshilikka ega bo'lib, gaz oqimidagi katta o'lchamli changlarni tutish uchun ishlatiladi; 2) qiyalik burchagi 15° ($St-15$) – nisbatan kichik gidravlik qarshilikka ega bo'lib, yuqori darajadagi tozalashni ta'minlaydi; 3) qiyalik burchagi 11° ($StH-11$) – yuqori samaradorlikka ega va takomillashtirilgan chang ushlagich sifatida taklif etilgan.



9.3-рasm. NIOGAZ konstruksiyali siklon chizmasi:

a) silindrlı; b) konuslı.

Siklonlarni so'rish yoki haydash liniyalariga o'rnatga bo'ladi. Agar gaz oqimining tarkibiga abraziv yoki yopishuvchan zarrachalar bo'lsa, ventilyatorlarning ishlash muddatini uzaytirish uchun siklonlarni so'rish liniyasiga, ventilyatordan oldin joylashtirish lozim. Aks holda chang zarrachalari ventilyatorga kirib, uni tezda ishdan chiqarishi mumkin. Siklon bilan bunker juda zich qilib o'rnatilishi kerak, chunki oz miqdordagi havoning sistemaga tortilishi tozalash samaradorligini pasaytiradi.

Siklonda gaz tarkibidagi suv bug'larining kondensasiyaga uchrashiga yo'l qo'ymaslik uchun gazning harorati shudring nuqtasidan $10 \div 25^{\circ}S$ yuqori bo'lishligi kerak. Buning uchun siklonlar tegishli izolyasiya qatlami bilan qoplanadi, ayrim paytda ularning devorlari qizdiriladi.

Siklonlar tarkibida $400g/m^3$ gacha qattiq faza tutgan changli gazlarni tozalash uchun ishlatiladi. *NIIOGAZ* tomonidan ishlab chiqarilayotgan siklonlarning diametri $100 \div 1000mm$ ga, changli gazlarni tozalanish darajasi $30 \div 85\%$ ga teng. Changli gaz aralashmalaridagi qattiq zarrachalarning diametri kattalashgan sari gazlarning tozalanish darajasi $90 - 95\%$ gacha ortishi mumkin.

9.4. Siklonlardagi gaz aralashmalarini tozalanish darajasi

Siklonlarda gaz aralashmalarining tozalanish darajasi ajratish koeffisientiga bog'liq:

$$K_A = \frac{\omega^2}{rg}$$

(9.2)

bu yerda ω – gaz oqimining tezligi, m/s ; r – siklonning radiusi, g – erkin tushish tezlanishi, $g = 9,81m/s^2$.

Gazlarning tozalanish darajasini oshirish uchun siklonning radiusini kamaytirish yoki gaz oqimining harakat tezligini oshirish kerak. Ko'p miqdordagi changli gazlarni tozalash va ajratish tezligini oshirish uchun parallel ishlaydigan siklonlar guruhi yoki batareyali siklonlar ishlatiladi.

Parallel ishlaydigan siklonlar guruhi qo'llanilganda siklonlar umumiy chang yig'adigan bunkerga, changli gaz beriladigan va tozalangan gaz yuboriladigan kollektorlarga ega bo'ladi. Bitta katta siklon o'rniga bir necha kichik diametrli siklonlardan foydalanish afzalliklari: 1) gazning chiziqli tezligi bir xil bo'lgan sharoitda kichik diametrli siklonda kuchli markazdan qochma kuchlar paydo bo'ladi, natijada chang ushlanish darajasi yuqori bo'ladi; 2) katta diametrli siklonlarning balandligi ham katta bo'lganligi sababli ularni joylashtirish qiyin, kichik diametrli siklonlarni joylashtirish esa ancha qulay.

Siklonlarni ikki usul bilan joylashtirish mumkin: juft – juft qilib va aylana uzunligi bo'yicha. Juft–juft qilib joylashtirilganda siklonlarning soni 2 ta, aylana bo'ylab joylashtirilganda siklonlarning soni $10 - 14$ ta bo'lishi mumkin. Bunda hamma siklonlar gaz beriladigan vertikal truba atrofida joylashtiriladi. Lekin siklonlar guruhining tozalash darajasi bu guruhga kirgan bitta siklonning tozalash darajasiga teng bo'ladi.

9.5. Siklonlarni tanlash

Siklonlarni tanlashda empirik yo'l bilan olingan natijalarga asoslanadi. Siklonni qandaydir mahalliy qarshilik deb olinsa, u holda siklonning gidravlik qarshiligi gaz oqimining tezlik bosimiga teng bo'ladi:

$$\Delta P = \xi \frac{\rho \omega_F^2}{2}$$

(9.3)

bu yerda ξ – siklonning qarshilik koeffisienti; ρ – siklondan o'tayotgan gazning zichligi, kg/m^3 ; ω_ϕ – siklon silindrsimon qismining to'la ko'ndalang kesimiga nisbatan olingan gazning fiktiv tezligi, m/s ($\omega_\phi = 2,5 \div 4 m/s$).

Gazning fiktiv tezligi quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

$$\omega_F = \sqrt{\frac{2\Delta P}{\xi \rho}}$$

(9.4)

ξ va $\Delta P/r$ ning qiymatlari turli konstruksiyali siklonlar uchun spravochniklarda beriladi. Siklon silindr qismining diametri sarf tenglamasi yordamida topiladi:

$$D = \sqrt{\frac{V}{0,785 \cdot \omega_\phi}}$$

(9.5)

bu yerda V – siklondan o'tayotgan gazning hajmiy sarfi, m^3/s .

NAZORAT SAVOLLARI

- 9.1. Gazlar nima uchun changdan tozalanadi?
- 9.2. Gazlarni changdan tozalashda qaysi qurilmalardan foydalaniladi va tozalanish darajasi qanday aniqlanadi?
- 9.3. Chang cho'ktirish kamerasining ishlash jarayonini tushintiring?
- 9.4. Siklonlar necha guruhga bo'linadi?
- 9.5. Siklonlarda gaz aralashmasining tozalanish darajasi qanday aniqlanadi?
- 9.6. Siklonlar qanday usulda joylashtiriladi?

10-Ma'ruza: Gazyuvuvchi qurilmalar

R E J A:

- 10.1. Gaz yuvuvchi qurilmalar sinflari
 - 10.2. Venturi skrubberi
 - 10.3. Elektrofiltirlarni qo'llanilishi
- Tayanch iboralar: skrubber, pnevmatik, konfuzor, diffuzor, izolyator.
Adabiyotlar: 2,3,4.

- 10.1. Gaz yuvuvchi qurilmalar sinflari

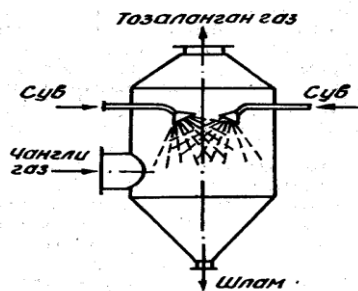
Gazyuvuvchi qurilmalardan foydalanilganda changli oqim tomchi yoki plynka holatidagi suyuqlik bilan kontaktda bo'ladi. Hidrofill xossali chang suyuqlik yuzasiga yopishib, u bilan birga qurilmadan tashqariga chiqariladi. Gaz yuvish usulida juda kichik zarrachalar tutib qolinadi ($0,1\text{mkm}$ gacha), juda yuqori tozalash imkoniyati mavjud (99% gacha). Chang yuvishning kamchiligi – ifloslangan suv hosil bo'lib, bu oqindi suvlarni tozalash kerak. Gazyuvuvchi qurilmalarni gazlarni sovutish yoki namlash, chang bilan birgalikda tomchi va tumanlarni tutib qolish; gaz qo'shimchalarni absorblash kabi maqsadlarda ham ishlatish mumkin.

Gazyuvuvchi qurilmalarni kamchiligi: a) qurilma va truboprovodlar yuzalariga chang zarrachalarining yopishib qolishi; b) suyuqlik (odatda suv) ning sarfi ancha katta; c) gazlarni, ayniqsa agressiv gazlarni, tozalash uchun qurilma va truboprovodlarni korroziyadan himoya qilish talab qilinadi; d) past temperaturada (0° dan kam) ishlatish mumkin emas, chunki suv muzlab qoladi; e) katta tezlik bilan ishlaydigan qurilmalar uchun qo'shimcha tomchi ushlagichni o'rnatish talab qilinadi.

Gazyuvuvchi qurilmalar quyidagi sinflarga bo'linadi: 1) fazalar kontakt yuzasining turiga ko'ra; suyuqlik sochib beruvchi qo'zg'almas va qo'zg'aluvchan nasadkali, tarelkali (barbotajli va ko'pikli) (plyonkali), suv plynkali siklonlar va uyurmali chang ushlagichlar); 2) ish prinsiplariga ko'ra: gravitasion, markazdan qochma, zarba inersion, oqimchali va mexanik gazyuvuvchi qurilmalar; 3) energiya sarfiga ko'ra uch guruhga bo'linadi: past bosimli chang ushlagichlar – gidravlik qarshiligi 1500Pa gacha (suyuqlikni sochib beruvchi, tarelkali, markazdan qochma), o'rta bosimli chang ushlagichlar – qarshiligi $1500\text{--}3000\text{Pa}$ gacha (nasadkali mexanik, zarba inersion), yuqori bosimli qurilmalar (Venturi trubasi, dezintegratorlar).

Gazyuvuvchi qurilmalarda mexanik (markazdan qochma, ulratovushli), pnevmatik (suyuqlikning sochilishi gaz yordamida amalga oshiriladi) va elektr forsunkalar ishlatiladi. (forsunka – suyuqliklarni purkab beruvchi asbob). Mexanik forsunkalar ko'p tarqalgan bo'lib, tuzilishi sodda, narxi arzon, ishlatilishi qulay. 1m suyuqlikni o'lchami $0,001\div 3,5\text{mm}$ gacha bo'lgan tomchilar holatida sochish uchun $2\div 20\text{kvt}$ energiya sarf bo'ladi.

Skrubber qurilmalari ichi bo'sh qobiqdan iborat bo'lib, ularning pastki qismiga changli gaz beriladi, yuqorigi qismida forsunkalar yordamida suv sochib beriladi. Gaz yuqoridan pastga yo'nalgan suv tomchilariga nisbatan qarama – qarshi harakat qiladi. Tomchilar tozalangan gaz bilan chiqib ketmasligi uchun ularning o'lchami ancha katta bo'lishi kerak. Forsunkalar $0,3\div 0,4\text{MPa}$ bosim bilan ishlaydi. Agar gazning tezligi 5m/s dan ko'p bo'lsa, scrubberdan so'ng tomchi ushlagich o'rnatiladi. Zarrachaning o'lchami 10mkm dan katta bo'lganda qurilmaning tozalash darajasi 99% ni tashkil etadi, zarrachaning o'lchami kichiklashishi bilan chang tutgichning tozalash darajasi tezda kamayadi. Suyuqlikni sochib beruvchi scrubberlar katta o'lchamli changlarni ushlash, gazlarni sovutish va kondensasiyalash uchun ishlatiladi. Qurilmaning balandligi diametriga nisbatan 2,5 marta katta bo'ladi. Suvning solishtirma sarfi $0,5\text{dan } 8\text{l/m}^3$ gacha boradi (10.1-расм).



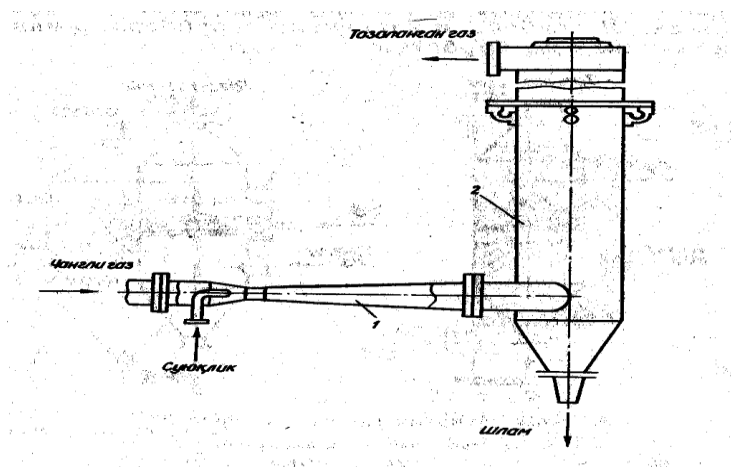
10.1- rasm. Ichi bo'sh
forsunkali skrubber.

10.2. Venturi skrubberi

Bunday qurilma suyuqlikni sohib beruvchi truba (Venturi trubasi) va suyuqlik tomchilarini gaz oqimidan ajratadigan separatoridan tashkil topgan. (11.2-rasm). Venturi trubasi 1 torayuvchi qism (konfuzor), qisqa silindrsimon qism (bo'g'iz) va kengayib boruvchi diffuzorlardan tuzilgan. Suyuqlik maxsus sohib beruvchi qurilma yoki mexanik forsunka yordamida konfuzor (yoki bo'g'iz) ga beriladi. Trubaning xarakteristikasi quyidagicha: konfuzorning qiyalik бурчаги $25-28^{\circ}$; diffuzorning qiyalik burchagi $6-7^{\circ}$; bo'g'izning uzunligi diametrning $0,15-0,5$ ulushi; bo'g'izning diametri truboprovod diametrining $0,4-0,5$ ulushi. Bosim yo'qolishini kamaytirish uchun Venturi trubasining ichki yuzasi mexanik qayta ishlash yo'li bilan silliqlantiriladi.

Gaz-suyuqlik oqimining bo'g'izdan keyin diffuzorga o'tib, kengayishi paytida suyuqlikning qo'shimcha mayda tomchilariga ajralishi sodir bo'ladi. Bu erda suyuqlik tomchilari chang zarrachalarini o'zi bilan birga olib ketadi. Tomchilarning gaz oqimidan ajralish jarayoni siklon – tomchi ushlagich (2) da ro'y beradi.

Bo'g'izdagi gazning tezligi $60-150\text{ m/s}$ ga etadi. Suyuqlik ortiqcha bosim ($0,03-0,1\text{ MPa}$) bilan beriladi. Diffuzorning oqim tezligi 25 m/s gacha kamayadi. Siklonda gaz – suyuqlik oqimining tezligi $4-5\text{ m/s}$ 1 мм ni tashkil etadi. Venturi qurilmasida gaz tarkibidagi o'lchami dan kichik bo'lgan qattiq zarrachalar to'planadi. Tozalash darajasi 99% gacha etadi, lekin qurilmaning gidravlik qarshiligi katta ($2200-12800\text{ Pa}$).



10.2- rasm. Venturi skrubberi

10.3. Elektrofiltarlarni qo'llanilishi

Cho'ktirish qurilmalari – siklonlarda, engli filtrlarda skrubberlarda og'irlik kuchi va markazdan qochma kuchlar ta'sirida o'ta mayda zarrachalarni cho'ktirish mumkin emas.

Elektrofiltirlar yordamida gaz tarkibidagi eng kichik, shuningdek submikronli (ўлчами 0,005mkm dan katta) zarrachalarni ushlash mumkin. Elektrofiltirlarning gaz aralashmalarini ajratish darajasi 99,9%ni tashkil etadi, gidravlik qarshiligi 100–150Pa gacha bo'ladi, changli gazning harorati –20 dan +500°S gacha bo'lishi mumkin. Elektrofiltarning kamchiligi: yuqori metall ushlashlik; o'lchamlari katta; ish rejimini o'zgarishiga ta'sirchan.

Elektrofiltirlar nurlanuvchi (manfiy zaryadlangan) va cho'ktiruvchi (musbat zaryadlangan) elektrodlardan tashkil topgan bo'ladi. Ikkita elektrodlar o'rtasida yuqori kuchlanishli ($V = 35000 \div 70000V$) elektr maydoni hosil bo'ladi. Nurlanuvchi elektrod sim shaklida, cho'ktiruvchi elektrod esa truba yoki plastinka shaklida tayyorlanadi. Ushbu elektrodlar oralig'idagi masofa 100–200mm bo'ladi.

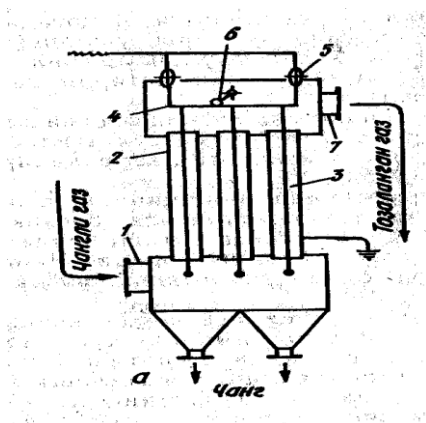
Tarkibida qattiq zarrachalari bo'lgan gaz oqimi yukori kuchlanishli elektr maydondan o'tganda ionizasiya hodisasiga uchraydi, ya'ni uning molekulalari musbat va manfiy zaryadlangan zarrachalarga ajraladi. Bunda butunlay ionlashgan gaz qatlami chug'lanib, nur va chirsillagan ovoz chiqaradi. Bu sim nurlanuvchi elektrod deyiladi. Manfiy zaryadlangan changning elektrodleri nurlanuvchi elektroddan musbat zaryadlangan cho'ktiruvchi

i elektrodleriga tomon harakat qilganda o'z yo'lida qattiq zarrachalarga uchraydi va ularni zaryadlaydi. Zaryadlangan zarrachalar cho'ktirish elektroddiga yaqinlashganda o'zining zaryadini beradi va og'irlik kuchi ta'sirida cho'kadi.

Elektrofiltirlar yuqori kuchlanishli o'zgarmas tokda ishlaydi, chunki tok o'zgaruvchan bo'lganda zaryadlangan zarrachalar o'z harakat yo'nalishini o'zgartirib, cho'ktirish elektrodlerida cho'kishga ulgurmay, gaz bilan qurilmadan chiqib ketishi mumkin. O'zgarmas tok kuchlanishi 220–500V bo'lgan o'zgaruvchan tokdan kuchaytiruvchi transformator va to'g'rilagich yordamida olinadi. Elektrofiltarning nurlanuvchi elektrodleri tok manbaining manfiy qutbiga, cho'ktiruvchi elektrodleri esa musbat qutbiga ulanadi.

Cho'ktirish elektrodining tayyorlanishiga qarab trubali va plastinkali elektrofiltrlar bo'ladi, lekin ular ishlash rejimi bilan farq qilmaydi. Masalan, trubali elektrofiltrlarda trubalarning diametri 150–300mm bo'lib, ularning o'rtasidan 2mm li simlar tortilgan, ular nurlanuvchi elektrod vazifasini bajaradi. Tozalanishi kerak bo'lgan gaz qurilmasining pastki qismidan berilib, trubalarning ichidan pastdan yuqoriga qarab harakat qiladi va tozalangandan so'ng yuqoridan chiqib ketadi. Manfiy elektrodlar (ya'ni simlar) umumiy ramaga osilgan bo'lib, ramalar esa izolyatorlarning ustiga o'rnatilgan. Elektrodarga o'tirib qolgan changlar maxsus mexanizmlar yordamida tebrantirilib, qurilmaning pastki konus qismiga tushiriladi (10.3 – rasm)

Elektr cho'ktirish qurilmasining ishlash prinsipi changli gazlarning xususiyati, tarkibi va temperaturasiga bog'liq. Harorat va havoning molekulyar og'irligi ortishi bilan sistemadan o'tayotgan tokning miqdori ko'payib boradi. Chang zarrachalarining kattaligi kamayishi bilan qurilmaning foydali ish ko'effisienti kamayadi.



10.3-rasm.
Elektrofiltr trubali:

- 1-Changli gaz kiradigan shtuser;
- 2- Cho'ktiruvchi elektrod;
- 3-Nurlanuvchi elektrod;
- 4-Rama;
- 5-Izolyatorlar;
- 6-Silkituvchi qurilma;
- 7-Gaz chiqadigan shtuser

Elektrofiltrlarning gidravlik qarshiligi juda kichik (10–15mm sim ustuni). Bunday filtrlar eng samarali hisoblanib, katta hajmdagi changli gazlarni ajratish uchun ishlatiladi. Elektrofiltrlar elektrodning o'rnatilishiga ko'ra gorizontaal va vertikal holda bo'ladi. Gaz aralashmasi tarkibidagi zarrachalarning holatiga ko'ra quruq va nam elektrofiltrlar bo'lishi mumkin.

Elektrofiltrlar gaz tarkibidagi o'ta mayda zarrachalar va tomchilarning konsentratsiyasi kam bo'lgan paytda ularni to'la tozalash uchun ishlatiladi.

NAZORAT SAVOLLARI

- 10.1. Gazyuvuvchi qurilmalarning sinfi necha turga bo'linadi?
- 10.2. Gazyuvuvchi qurilmalar qanday tartibda ishlaydi?
- 10.3. Elektrofiltrlarning ishlash jarayonini tushuntiring?
- 10.4. Elektrofiltrlar qanday tayyorlanadi?
- 10.5. Elektr cho'ktirish qurilmasining ishlash tartibi qaysi ko'rsatkichlarga bog'liq?

11-Ma'ruza: Issiqlik almashinish jarayonlari. Issiqlik o'tkazish asoslari

R E J A:

- 11.1. Issiqlikning tarqalishi
- 11.2. Issiqlik o'tkazuvchanlik
- 11.3. Fure qonuni
- 11.4. Silindrsimon devorning issiqlik o'tkazuvchanlik tenglamasi

Tayanch iboralar: konduksiya, konveksiya, gradient

Adabiyotlar: 3,4,5,7,8,9

11.1. Issiqlikning tarqalishi

Har xil haroratga ega bo'lgan jismlarda issiqlik energiyasini biridan ikkinchisiga o'tishi issiqlik almashinish jarayoni deyiladi. Issiqlik almashinish jarayonining harakatlantiruvchi kuchi «issiqlik» va «sovuqlik» jismlarning harorati o'rtasidagi farq hisoblanadi. Issiqlik almashinishida qatnashadigan jismlar issiqlik tashuvchilar deyiladi. Issiqlik tarqalishining uchta asosiy turi bor: issiqlik o'tkazuvchanlik, konveksiya va issiqlikning nurlanishi.

Bir-biriga tegib turgan kichik zarrachalarning tartibsiz harakati natijasida yuz beradigan issiqlikning o'tish jarayoni issiqlik o'tkazuvchanlik deyiladi (konduksiya). Gaz va suyuqliklarda molekulalarning harakati natijasida yoki qattiq jismlarda kristal panjaradagi atomlarning tebranishi ta'sirida shuningdek, metallarda erkin elektronlarning diffuziyasi oqibatida issiqlik o'tkazuvchanlik sodir bo'ladi.

Gaz yoki suyuqliklarda makroskopik hajmlarning harakati va ularni aralashtirish natijasida yuz beradigan issiqlikning tarqalishi konveksiya deyiladi. Konveksiya ikki xil (erkin va majburiy) bo'ladi. Gaz yoki suyuqlikning ayrim qismlaridagi zichlikning farqi natijasida hosil bo'ladigan issiqlikning almashinishi tabiiy yoki erkin konveksiya deyiladi. Tashqi kuchlar ta'sirida (masalan, suyuqliklarni nasoslar yordamida uzatish yoki ularni mexanik aralashtirgichlar bilan aralashtirish paytida) majburiy konveksiya paydo bo'ladi.

Issiqlik energiyasining elektr magnit to'lqin yordamida tarqalishi issiqlikning nurlanishi deyiladi. Har qanday jism o'zidan energiyani nurlanish qobiliyatiga ega. Nurlangan energiya boshqa jismga yutiladi va qaytadan issiqlikka aylanadi. Natijada nur bilan issiqlik almashinish jarayoni sodir bo'lib, u o'z navbatida nur chiqarish va nur yutish jarayonlaridan tashkil topadi.

Qurilmalarning ishlash rejimiga ko'ra jarayonlar ikki xil bo'ladi. Uzluksiz ishlaydigan qurilmalarning turli nuqtalaridagi harorat vaqt davomida o'zgarmaydi, bunday qurilmalarda ketayotgan jarayon turg'un bo'ladi. Noturg'un jarayonlarda (davriy ishlaydigan issiqlik almashinish qurilmalarida) harorat vaqt davomida o'zgarib turadi (masalan, isitish yoki sovitish paytida).

Issiqlik almashinish paytida harorati yuqori bo'lgan jismning berilgan issiqlik miqdori (Q_1) harorati past bo'lgan jismni isitish uchun (Q_2) sarf bo'ladi. Issiqlikning

yo'qolishi hisobga olinmagan holatda, issiqlik balansining tenglamasini quyidagicha yozish mumkin:

$$Q = Q_1 = Q_2 \quad (11.1)$$

bu yerda Q – qurilmaning issiqlik sarfi, J

Harorati yuqori bo'lgan issiqlik tashuvchining miqdorini G_1 , uni qurilmaga kirishdagi issiqlik ushlashini $\mathfrak{T}_{1B}$ va qurilmadan chiqishdagi issiqlik ushlashini I_{1K} , harorati past bo'lgan issiqlik tashuvchining miqdorini G_2 , uning boshlang'ich issiqlik ushlashini $\mathfrak{T}_{2B}$ va oxirgi issiqlik ushlashini $\mathfrak{T}_{2K}$ bilan belgilaymiz. Issiqlik almashinish jarayonining issiqlik balansi tenglamasi quyidagicha bo'ladi:

$$Q = G_1(I_{1B} - I_{1K}) = G_2(I_{2K} - I_{2B}) \quad (11.2)$$

Agar issiqlik almashinish jarayoni issiqlik tashuvchilarning agregat holati o'zgarmagan sharoitda sodir bo'lsa, issiqlik tashuvchi jismlarning issiqlik saqlashi (yoki entalpiyasi) solishtirma issiqlik sig'imi c ni harorati t ga ko'paytmasiga teng bo'ladi:

$$\mathfrak{T} = ct \quad (11.3)$$

Solishtirma issiqlik sig'imi – modda birligi haroratini $1^\circ K$ ga o'zgartirish uchun zarur bo'lgan issiqlik miqdoridir; o'lchov birligi $J/(kg \cdot K)$, u holda issiqlik balansining tenglamasi:

$$Q = G_1 c_1 (I_{1B} - I_{1K}) = G_2 c_2 (I_{2K} - I_{2B}) \quad (11.4)$$

bu yerda c_1 va c_2 – harorati yuqori va past bo'lgan issiqlik tashuvchilarning o'rtacha solishtirma sig'imlari, $J/(kg \cdot K)$; t_B va t_K issiqlik tashuvchilarning boshlang'ich va keyingi harorati.

Agar issiqlik almashinish issiqlik tashuvchining agregat holati o'zgaradigan sharoitda (bug'ning kondenslanishi, suyuqlikning bug'lanishi) sodir bo'lsa, issiqlik balansini tuzish paytida jarayon davomida yuz beradigan qo'shimcha issiqlik effekti hisobga olinadi. Masalan, to'yingan bug'ning kondenslanish jarayoni bo'yicha issiqlik balansi tuzilayotgan paytda $\mathfrak{T}_{1B}$ uchun kondensatorga kirayotgan bug'ning issiqlik saqlashi, $\mathfrak{T}_{1K}$ uchun esa qurilmadan chiqayotgan bug' kondensatning issiqlik saqlashi hisobga olinadi. Agar o'ta qizdirilgan bug'ning kondenslanishini ko'rib chiqsak, bunday sharoitda qurilmaning issiqlik sarfi Q uch qismdan tashkil topishi mumkin: 1) bug'ni t_B haroratidan to'yinish harorati $t_{to'y}$ gacha sovutilganda ajralib chiqqan issiqlik Q_{QIZD} ; 2) kondenslanish issiqligi Q_{KOND} ; 3) kondensatni sovitish paytida ajralib chiqqan issiqlik Q_{SOV} . Bunday sharoitda issiqlik balansining tenglamasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$Q = G(I_{1B} - I_{1K}) = Q_{KIZD} + Q_{KOND} + Q_{COB} = Gc_B(t_B + t_{TVH}) + G_q + Gc_K(t_K - t_{COB}) \quad (11.5)$$

bu yerda c_b va c_K – bug' va kondensatning solishtirma issiqlik sig'imi, $J/(kg \cdot K)$; r – (kondenslanish bug'lanish) ning solishtirma issiqligi, J/kg ; t_K Ba t_{sov} – kondensatning dastlabki va sovitilgandan keyingi harorati, K .

11.2. Issiqlik o'tkazuvchanlik

Suyuqliklar va qattiq jismlar – dielektriklarda issiqlik o'tkazuvchanlik yonma – yon joylashgan zarrachalar atom va molekularning issiqlik harakati ta'sirida energiya almashinishiga asoslangan. Metallarda issiqlikning almashinishi asosan erkin elektronlarning diffuziyasi orqali boradi. Gazlarda issiqlik o'tkazuvchanlik molekula va atomlarning o'zaro to'qnashuvi va ularning diffuziyasi ta'sirida yuz beradi.

Harorat maydoni va gradienti. Jismning hamma nuqtalaridagi harorat qiymatlarining yig'indisi harorat maydonini tashkil etadi. Harorat maydoni turg'un va turg'unmas bo'ladi. Agar har bir nuqtadagi harorat vaqt davomida o'zgarmasa, bunday harorat maydoni turg'un, harorat vaqt o'tishi bilan o'zgarsa, noturg'un harorat maydoni deb yuritiladi.

Harorat maydoni umumiy holatda quyidagi funksional bog'liklik bilan ifodalanadi:

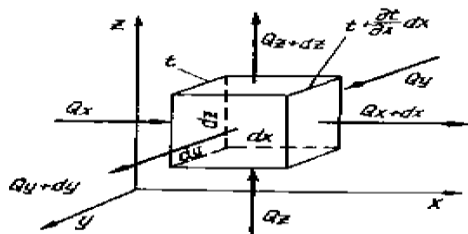
$$t = \tau(x, y, z) \quad (11.6)$$

bu yerda t – tekshirilayotgan nuqtadagi harorat; x, y, z – tekshirilayotgan nuqtaning koordinatalari; τ – vaqt.

Koordinatalarning soniga ko'ra, harorat maydoni bir, ikki, uch o'lchamli bo'lishi mumkin. Bir xil haroratga ega bo'lgan nuqtalarning geometrik o'rni izotermik yuza deyiladi. Harorat bir izotermik yuzadan ikkinchi izotermik yuza yo'nalishiga qarab o'zgaradi (11.1-rasm). Haroratlarning eng ko'p o'zgarishi izotermik yuzalarga o'tkazilgan normal chiziqlar bo'yicha yuz beradi.

Haroratlar farqi (Δt) ning izotermik yuzalar oralig'idagi normal bo'yicha olingan masofa (Δn) ga nisbati harorat gradienti ($gradt$) deb ataladi:

$$gradt = \lim_{\Delta n \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta t}{\Delta n} \right) = \frac{\partial t}{\partial n} \quad (11.7)$$



11.1-rasm. Harorat bir izotermik yuzadan ikkinchi izotermik yuza yo'nalishiga qarab o'zgarishi

Harorat gradienti nolga teng bo'lmagan taqdirda ($gradt \neq 0$) issiqlik oqimi yuzaga keladi. Bunda issiqlik oqimining yo'nalishi harorat gradienti chizig'i bo'yicha boradi, ammo harorat gradientiga qarama qarshi yo'nalgan bo'ladi:

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

11.3. Fure qonuni

Bu qo'nunga ko'ra, issiqlik o'tkazuvchanlik orqali o'tgan issiqlik miqdori dQ harorat gradientiga $\left(\frac{\partial t}{\partial n}\right)$, vaqtga $(d\tau)$ va issiqlik oqimi yo'nalishiga perpendikulyar bo'lgan maydon kesimiga (dF) proporsionaldir, ya'ni:

$$dQ = \lambda \frac{\partial t}{\partial n} dF d\tau \quad (11.8)$$

Agar $\frac{Q}{F\tau} = q$ deb olinsa, u holda:

$$q = \lambda \frac{\partial t}{\partial n}$$

(11.9)

bu yerda q – issiqlik oqimi zichligi; λ – issiqlik o'tkazuvchanlik koeffisienti.

Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffisienti quyidagi o'lchov birligiga ega:

$$[\lambda] = \left[\frac{dQ \cdot \partial n}{\partial t \cdot dF \cdot d\tau} \right] = \left[\frac{J \cdot m}{grad \cdot m^2 \cdot s} \right] = \left[\frac{Wt}{m \cdot K} \right]$$

Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffisienti issiqlik almashinish yuzasi birligidan ($1m^2$) vaqt birligi davomida (τ) izotermik yuzaga normal bo'lgan $1m$ uzunlikka to'g'ri kelgan haroratlarning bir gradusga pasayishi vaqtida issiqlik o'tkazuvchanlik yo'li bilan berilgan issiqlik miqdorini belgilaydi.

Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffisientining qiymati moddaning tuzilishi va uning fizik kimyoviy xossalariga, haroratga bog'liq.

11.4. Silindrsimon devorning issiqlik o'tkazuvchanlik tenglamasi

Uzunligi L , ichki radiusi r_i va tashqi radiusi r_r ga teng bo'lgan silindrsimon devorning issiqlik o'tkazuvchanligini ko'rib chiqamiz (11.2- rasm). Ichki va tashqi devordagi haroratlari o'zgarmas hamda ular t_{D1} va t_{D2} ga teng deb olinadi ($t_{D1} > t_{D2}$).

Biror kesim uchun silindrsimon devorning yuzasi $F = 2\pi r L$. F ning qiymatini Fure tenglamasiga (11.8) qo'yib, bir o'lchamli maydon uchun quyidagi ifodani olamiz:

$$Q = -\lambda 2\pi r L \tau \frac{dt}{d\delta},$$

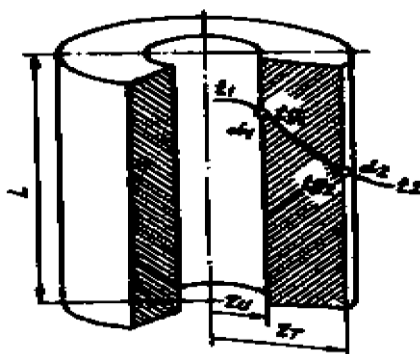
bu yerda $\delta = r_m - r_u$; $d\delta$ o'rniga $d\tau$ ni qo'yish mumkin:

$$Q = -\lambda 2\pi r L \tau \frac{dt}{dr}$$

yoki

$$\frac{dr}{r} = -\lambda \frac{2\pi L \tau}{Q} dt$$

(11.10)



11.2-rasm. Silindrsimon devorning issiqlik o'tkazuvchanligi

Bu (11.10) tenglamani r_I dan r_T gacha va t_{D1} dan t_{D2} gacha chegaralar bo'yicha integralaymiz:

$$\int_{r_I}^{r_T} \frac{dr}{r} = -\lambda \frac{2\pi\tau}{Q} \int_{t_{D1}}^{t_{D2}} dt,$$

bundan

$$\ln \frac{r_T}{r_I} = -\frac{\lambda 2\pi L \tau}{Q} (t_{D1} - t_{D2})$$

yoki $r_T / r_I = d_T / d_I$ hisobga olinsa:

$$Q = \frac{2\pi L \tau (t_{D1} - t_{D2})}{\frac{1}{\lambda} 2,3 \lg d_T / d_I}$$

(11.11)

bu yerda d_T / d_I – silindrsimon devorning tashqi va ichki diametrlarining nisbati.

Bu tenglama turg'un issiqlik rejimi uchun silindrsimon devorning issiqlik o'tkazuvchanligini ifodalaydi va harorat egri chiziq bo'yicha o'zgaradi.

Bir necha qatlamli silindrsimon devordan issiqlik o'tkazuvchanlik yo'li bilan berilgan issiqlik miqdorini quyidagi tenglama orqali hisoblash mumkin:

$$Q = \frac{2\pi L \tau (t_{D1} - t_{D2})}{\sum_{i=1}^{i=n} \frac{1}{\lambda_i} 2,3 \lg \frac{d_{i+1}}{d_i}}$$

(11.12)

NAZORAT SAVOLLARI

11.1. Issiqlikning tarqalish turlari.

11.2. Issiqlik balans tenglamasi qanday tuziladi?

11.3. Solishtirma issiqlik sig'imi deganda nimani tushunasiz?

11.4. Gazlarda issiqlik o'tkazuvchanlik qaysi hodisa orqali kuzatiladi?

- 11.5. Fure qonuni orqali issiqlik o'tkazuvchanlik ko'effisienti qanday aniqlanadi?
 11.6. Silindrsimon devorning issiqlik o'tkazuvchanligi qanday aniqlanadi?

12-Ma'ruza: Issiqlikning nurlanishi

REJA:

- 12.1. Nurlanish yordamida issiqlik almashinish
 12.2. Stefan- Bolsman qonuni
 12.3. Konvektiv issiqlik almashinish
 12.4. Konvektiv issiqlik almashinishning kriterial tenglamasi
 Tayanch iboralar: diatermik, konveksiya, mezon, kriterial
 Adabiyotlar: 2,3,4

12.1. Nurlanish yordamida issiqlik almashinish

Nurlanish yordamida issiqlik almashinishi jism ichki energiyasini elektr magnit to'lqin orqali tarqalishiga asoslangan. Nurlanayotgan jismdan ajralgan elektr magnit to'lqinning vakuumdagi tezligi nurning tezligiga teng. ($C = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$). Elektr magnit to'lqin boshqa biror jismda yutilganida qaytadan molekulalarning issiqlik harakati energiyasiga aylanadi. Issiqlik nurlanishining to'lqin uzunligi $700 - 4 \cdot 10^5 \text{ nm}$ chegarasida o'zgaradi. Nurlanish tezligi harorat oshishi bilan ko'payadi.

Agar jismning yuzasiga Q_H miqdorida nurlangan issiqlik tushsa, uning faqat bir ulushi Q_A jism tomonidan yutiladi va issiqlik energiyasiga aylanadi, boshqa ulushi Q_R jismning yuzasidan qaytariladi, energiyaning qolgan ulushi Q_D esa jism orqali o'tib ketadi. Demak:

$$Q_H = Q_A + Q_R + Q_D \quad (12.1)$$

yoki

$$\frac{Q_A}{Q_H} + \frac{Q_R}{Q_H} + \frac{Q_D}{Q_H} = 1 \quad (12.2)$$

(12.2) tenglamadagi birinchi bo'linma jismning nurlangan issiqliqni yutish qobiliyatini, ikkinchi bo'linma qaytarish qobiliyatini, uchinchi bo'linma esa jismning o'zidan nurlangan issiqlikni o'tkazib yuborish qobiliyatini bildiradi. Agar

$$\frac{Q_A}{Q_H} = A, \quad \frac{Q_R}{Q_H} = R \quad \text{ba} \quad \frac{Q_D}{Q_H} = D, \text{ bo'lsa demak, quyidagiga ega bo'lamiz:}$$

$$A + R + D = 1$$

(13.3)

A, R va D ning son qiymatiga ko'ra, jismlar quyidagi turlarga bo'linadi:

1) agar $A=1$ ($R=D=0$) bo'lsa u holda jismga tushayotgan nurlangan energiyaning hammasi yutiladi. Bunday jism absolyut qora jism deyiladi;

2) agar $R=1$ ($A=D=0$) bo'lsa, jismga tushayotgan nurlangan energiyaning hammasi qaytariladi. Bunday jism absolyut oq jism deb yuritiladi;

3) agar $D=1$ ($A=R=0$) bo'lsa, jismning yuzasiga tushayotgan nurlangan energiyaning hammasi jismdan o'tib ketadi. Bunday jism diatermik jism deb ataladi.

Tabiatda absolyut qora yoki absolyut oq diatermik jismlar yo'q, A, R, D o'rtasidagi bog'liqlik jismning tabiatiga, yuzasining xarakteri va uni temperaturasiga bog'liq. Qattiq jismlar va suyuqliklar uchun $D=0$ va $A+R=1$ bo'ladi. Gazlar esa asosan diatermik jismlar qatoriga kiradi.

Haqiqiy sharoitda jismlar yuzasiga nur holida tushgan energiyaning bir ulushi yutiladi, yana bir ulushi qaytariladi, qolgan qismini esa jism o'zidan o'tkazib yuboradi. Bunday jismlar kulrang jismlar deb yuritiladi.

12.2. Stefan – Bolsman qonuni

Biror jismning yuza birligi F dan vaqt birligi τ davomida to'lqin uzunligining hamma intervali bo'yicha ($\lambda=0$ dan $\lambda=\infty$ gacha) nurlangan energiyaning miqdori jismning nur chikarish qobiliyati E deb ataladi.

$$E = \frac{Q_H}{F\tau}$$

(12.4)

bu yerda Q_H – jism tomonidan nurlangan energiya.

Jismning nur chikarish xususiyatining to'lqin uzunligi intervaliga nisbati nurlanish intensivligi deyiladi:

$$\mathfrak{I} = \frac{dE}{d\lambda}$$

(12.5)

Oxirgi tenglamani integrallash natijasida jismning nur chikarish xususiyati va nurlanish intervali o'rtasidagi bog'liqlikni aniqlash mumkin:

$$E = \int_{\lambda=0}^{\lambda=\infty} I \cdot d\lambda$$

Nurlanish umumiy energiyasining absolyut temperatura va to'lqin uzunligiga bog'liqligini Plank nazariy yo'l bilan kashf etgan:

$$E = \int_{\lambda=0}^{\lambda=\infty} \frac{c_1 \lambda^{-5}}{e^{\frac{c_2}{\lambda T}} - 1} d\lambda$$

(12.6)

(12.6) tenglamadagi doimiylar ushbu qiymatlarga ega: $c_1 = 3,22 \times 10^{-16} \text{ Vt} / \text{m}^2$ va $c_2 = 1,24 \cdot 10^{-2} \text{ Vt} / \text{m}^2$.

Oxirgi tenglamani ixchamlashtirib quyidagi bog'liqlikni olamiz:

$$E_0 = K_0 T^4$$

(12.7)

bu yerda E_0 – absolyut qora jismning nur chiqarish qobiliyati, Vt/m^2 ; K_0 – absolyut qora jismning nur chiqarish doimiyligi, $K_0 = 5,67 \cdot 10^{-8} Vt/m^2 \cdot K^4$; T – jism yuzasining absolyut harorati, K .

(12.7) tenglama Stefan–Bolsman qonuni deb ataladi. Bu qonun Plank tenglamasining hosilasi hisoblanadi. Bu qonunga ko'ra, absolyut qora jismning nur chiqarish xususiyati yuza absolyut temperaturasining to'rtinchi darajasiga proporsionaldir. Stefan – Bolsman qonuni kul rang jismlar uchun quyidagi ko'rinishga ega:

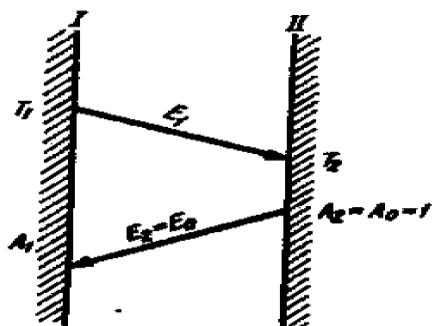
$$E = \varepsilon C_0 \left(\frac{T}{100} \right)^4 ,$$

(12.8)

bu yerda ε – kul rang jismning nisbiy nur chiqarish koeffisienti; C_0 – absolyut qora jismning nur chiqarish koeffisienti, $C_0 = 5,67 Vt/m^2 \cdot K^4$.

Kulrang jismning nisbiy nur chiqarish koeffisienti materialning tabiati, uning rangi, harorati, yuzasining holatiga bog'liq bo'lib, uning qiymati 1 dan kichik bo'ladi. 0,055 ÷ 0,95 chegarada o'zgaradi.

Kirxgof qonuni. Bu qonun kulrang jismning nur chiqarish va nurni yutish xususiyatlari o'rtasidagi bog'liqlikni ifodalaydi. O'zaro parallel joylashgan kulrang 1 va absolyut qora II jismlarni olib ko'ramiz (12.1- rasim).



12.1 – rasim. Kirxgof qonunini aniqlash

Bir jism yuzasidan chiqarilgan nur ikkinchi jismning yuzasiga tushadi. Kulrang jismning yutish qobiliyatini A_1 bilan belgilaymiz. Absolyut qora jism uchun $A_2 = A_0 = 1$. Kulrang jism harorati absolyut qora jism haroratidan yuqori deb olamiz, ya'ni $T_1 > T_2$. Bunda kulrang jismning yuza birligidan (vaqt birligida) nurlanish orqali berilgan issiqlikning miqdori quyidagicha topiladi:

$$q = E_1 - E_0 \cdot A_1$$

(12.9)

Ikkala jismning harorati bir xil bo'lganda issiqlik muvozanati yuzaga keladi ($q = 0$):

$$E_1 - E_0 \cdot A_1 = 0$$

bundan

$$\frac{E_1}{A_1} = E_0$$

Natijada o'zaro parallel joylashgan bir qator jismlar uchun quyidagi ifodani yozish mumkin:

$$\frac{E_1}{A_1} = \frac{E_2}{A_2} \dots = \dots \frac{E_n}{A_n} = E_o = f(T)$$

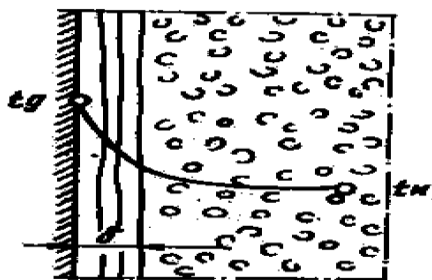
(12.10)

(12.10) tenglama Kirxgof qonunini ifodalaydi. Bu qonunga asosan ma'lum harorat uchun ixtiyoriy bir jismning nur chiqarish qobiliyatini uni nur yutish qobiliyatiga bo'lgan nisbati o'zgarmas miqdor bo'lib, bu miqdor absolyut qora jismning nur chiqarish qobiliyatiga teng.

12.3. Konvektiv issiqlik almashinish

Konveksiya–suyuqlik yoki gaz katta zarrachalarining siljishi paytida issiqlik haroratlari turlicha bo'lgan bir qismidan boshqa qismiga o'tishidir. Konveksiya faqat harakat qilayotgan muhitda sodir bo'ladi, chunki issiqlikning tarqalishi muhitning siljishi bilan bog'liq.

Suyuqlik yoki gaz oqimi va ularga tegib turgan jism yuzasi oralig'idagi issiqlikning tarqalishi konvektiv issiqlik almashinish yoki issiqlikning berilishi deb ataladi. Suyuqlik muhiti ikki qatlamdan iborat bo'ladi: chegara qatlami va oqimning markazi. Qattiq jism yuzasidagi haroratini t_D , oqim markazidagi haroratni t_M , chegara qatlamining qalinligini δ bilan belgilaymiz.



12.2-rasm. Konvektiv issiqlik almashinishida haroratlarning o'zgarishi.

Issiqlikning qattiq jism yuzasidan suyuqlik muhitiga berilish jarayoniga oqimning harakat rejimi katta ta'sir ko'rsatadi.

Konveksiya ikki turga bo'linadi: tabiiy va majburiy. Suyuqlikning «issiq» va «sovuq» qismlaridagi zichliklar farqi ta'sirida tabiiy konveksiya yuzaga keladi. Majburiy konveksiya tashqi kuchlar (nasos, ventilyator, aralashtirgich) ta'sirida hosil bo'ladi.

Suyuqlik turbulent rejim bilan harakatlenganda issiqlik almashinish jarayoni ancha tez boradi, laminar rejimda esa sekin ketadi.

Ньютон қонуни. Konvektiv issiqlik almashinishning asosiy qonuni Nyutonning sovitish qonuni hisoblanadi. Bu qonunga asosan issiqlik almashinish yuzasidan atrof muhitga (yoki, aksincha biror muhitdan qattiq jism yuzasiga) berilgan issiqlik miqdori dQ devorning yuzasiga (dF), yuza va muhit haroratlarning farqiga ($t_D - t_M$) hamda jarayonning davomliligiga ($d\tau$) to'g'ri proporsional:

$$dQ = \alpha(t_D - t_M)dFd\tau$$

(12.11)

bu yerda α - issiqlik berish koeffisienti.

Issiqlik berish koeffisienti quyidagi o'lchov birligiga ega:

$$[\alpha] = \left[\frac{dQ}{dF d\tau(t_D - t_M)} \right] = \left[\frac{J}{m^2 \cdot s \cdot \text{grad}} \right] = \left[\frac{Wt}{m^2 K} \right]$$

Uzluksiz issiqlik almashinish jarayoni uchun (12.11) tenglama quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$Q = dF(t_D - t_M)$$

(12.12)

Issiqlik berish koeffisienti α devorning $1m^2$ yuzasidan suyuqlikka (yoki muhitdan $1m^2$ yuzali devorga) 1s vaqt davomida, devor va suyuqlik temperaturalarning farqi $1^\circ S$ бўлганда berilgan issiqlikning miqdorini bildiradi. Bu koeffisientning miqdori suyuqlikning tezligi ω , uning zichligi ρ , qovushqoqligi μ , muhitning issiqlik – fizik xossalari (solishtirma issiqlik sig'imi c , issiqlik o'tkazuvchanlik koeffisienti λ , suyuqlikning hajmiy kengayish koeffisienti β , devorning shakli, o'lchami) tuba uchun d – diametr, L – uzunlik va uning g'adir – budurligiga ε_0 bog'liq, ya'ni

$$\alpha = f(\omega, \rho, \mu, c, \lambda, \beta, d, L, \varepsilon_0)$$

(12.13)

12.4. Konvektiv issiqlik almashinishning kriterial tenglamasi

Konvektiv issiqlik almashinishning kriterial tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega:

$$Nu = f(Fo, Pe, Ho, Re, Fr, \Gamma_1, \Gamma_2, \dots, \Gamma_n)$$

(12.14)

$Nu = \frac{d\ell}{\lambda}$ – Nusselt mezoni: α – issiqlik berish koeffisienti; ℓ – aniqlovchi geometrik o'lcham; λ – muhitning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffisienti. Nusselt mezoni asosiy aniqlovchi mezon bo'lib, devor va oqim chegarasidagi issiqlikning o'tish tezligini ifodalaydi.

$Fo = \frac{a\tau}{\ell^2}$ – Fure mezoni: α – harorat o'tkazuvchanlik koeffisienti; τ – jarayonning davomlilikligi. Fure mezoni noturg'un issiqlik jarayonlarida harorat maydonining o'zgarish tezligi, muhitning o'lchami va fizik kattaliklari o'rtasidagi bog'liqliklarni belgilaydi.

$Pe = Re Pr \frac{\omega\ell}{a} = \frac{\omega\ell c\rho}{\lambda}$ – Pekle mezoni: ω – oqimning tezligi; c – solishtirma issiqlik sig'imi; ρ – muhitning zichligi. Pekle mezoni konvektiv issiqlik o'tkazuvchanlik usullari yordamida o'tkazilgan issiqlik miqdorining nisbati ifodalaydi.

$Ho = \frac{\omega\tau}{\ell}$ – Gomoxron mezoni. Bu mezon o'xshash oqimlardagi noturg'un harakatning xarakterini hisobga oladi.

$Re = \frac{\omega \ell \rho}{\mu} = \frac{\omega \ell}{\gamma}$ - Reynolds mezon: μ, γ - muhitning dinamik va kinematik qovushqoqlik koeffitsienti. Reynolds mezon oqimdagi inersiya va ishqalanish kuchining nisbatini aniqlaydi.

$Fr = \frac{\omega^2}{g \ell}$ - Frud mezon: g - erkin tushish tezlanishi. Frud mezon og'irlik kuchining suyuqlik harakatiga ta'sirini ifodalaydi.

$\Gamma_1 = \frac{L_1}{L_0}, \Gamma_2 = \frac{L_2}{L_0}, \dots, \Gamma_n = \frac{L_n}{L_0}$ - geometrik o'xshashlik mezonlari;

$L_1, L_2, \dots, L_n$ - issiqlik almashinishda qatnashayotgan devor yoki yuzaning asosiy geometrik o'lchami, L_0 - xarakterli o'lcham, diametr trubalar uchun xarakterli.

NAZORAT SAVOLLARI

- 12.1. Issiqlikning nurlanishi jismlarda qanday holatda kuzatiladi?
- 12.2. Nurlangan energiya miqdori qaysi formula orqali aniqlanadi?
- 12.3. Kirxgof qonuni qaysi jismlarning nur chiqarish va nur yutish qobiliyatini aniqlaydi?
- 12.4. Konvektiv issiqlik almashinish jarayonini tushuntiring?
- 12.5. Nyutonning sovutish qonuni orqali qanday jarayon aniqlanadi?
- 12.6. Konvektiv issiqlik almashinish jarayonining kriterial tenglamasini tushuntiring?

13-Ma'ruza: Issiqlik almashinish qurilmalari

R E J A:

- 13.1. Issiqlik almashinish qurilmalari turlari
- 13.2. Qobiq trubali qurilmalarni konstruksiyasiga ko'ra qo'llanish turlari
- 13.3. Boshqa turli issiqlik almashinish qurilmalari
- 13.4. Havo bilan sovutiladigan qurilmalar

Tayanch iboralar: Rekuperativ; regenerativ; kompensator, gorelka, zmeevik, sirkulyasiya.

Adabiyotlar: 1,2,3,4,5

13.1. Issiqlik almashinish qurilmalari turlari

Kimyo sanoatida mahsulotlarni issiqlik ta'sirida qayta ishlash jarayonidan keng foydalaniladi. Bu narsa quyidagi maqsadlarda olib boriladi: 1) jarayon haroratini berilgan darajada ushlab turish; 2) sovuq mahsulotni isitish yoki issiq mahsulotni sovitish; 3) bug'ni kondensasiyalash; 4) eritmalarni quyiltirish va boshqalar.

Bu jarayonlar alohida olingan issiqlik almashinish qurilmalarida yoki texnologiya qurilmasining o'zida amalga oshiriladi.

Issiqlik almashinish qurilmalari asosan ikkiga bo'linadi: issiqlik almashinish qurilmalarining o'zi va reaktorlar. Issiqlik almashinish qurilmalarida issiqlik

almashinish jarayoni asosiy jarayon hisoblanadi. Reaktorlarda esa fizik–kimyoviy jarayonlar asosiy hisoblanib, issiqlik almashinish esa yordamchi jarayondir.

Kimyo, neft kimyosi, neftni qayta ishlash korxonalarida ishlatiladigan texnologik uskunalarning katta qismini issiqlik almashinish qurilmalari tashkil qiladi.

Sanoatda turli-tuman issiqlik almashinish qurilmalari ishlatiladi. Ish prinsipiga ko'ra issiqlik almashgichlar uchga bo'linadi: 1) rekuperativ; 2) regenerativ; 3) aralashtiruvchi.

Rekuperativ (yoki yuzali) issiqlik almashgichda issiqlik tashuvchi agent bir – biri bilan devor orqali ajratilgan va issiqlik birinchi issiqlik tashuvchi muhitdan ikkinchisiga ularni ajratuvchi devor orqali o'tadi.

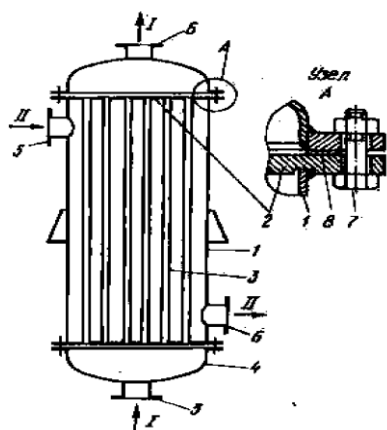
Regenerativ issiqlik almashgichda qattiq jismdan tarkib topgan bir xil yuza navbat bilan turli issiqlik tashuvchi agentlar orqali kontaktda bo'ladi. Qattiq jism unga tegib o'tgan issiqlik tashuvchidan issiqlik olib isiydi; boshqa issiqlik tashuvchi o'tganda esa qattiq jism o'z issiqligini unga berib soviydi. Demak, regenerativlarda issiqlik tashuvchi agentlarning harakatidan tashqari qattiq jismning mavjud bo'lishi zarur.

Aralashtiruvchi qurilmalarda issiqlik tashuvchi agentlarning o'zaro uchrashuvi va aralashuvi natijasida issiqlikning almashinish yuz beradi.

Qobiq – trubali issiqlik almashgichlar. GOST 9929–82ga asosan qobiq–trubali issiqlik almashinish qurilmalari po'latdan quyidagi tiplar bo'yicha tayyorlanadi: *H* – qo'zg'almas truba to'rlari bilan; *K* – harorat yuqori bo'lganda qobiq va trubalarning uzayishini hisobga oluvchi va qobiqda joylashgan kompensator bilan; *II* – harakatchan qalpoqchali; *U* – simon trubali; *IIIK* – harakatchan qalpoqchali va undagi kompensator bilan.

Misli qobiq trubali qurilmalar GOST 11971–77ga asosan ikki tipda (*H* va *K*) ko'rinishda tayyorlanadi. Qobiq trubali qurilmalar issiqlik almashgich, sovitgich, kondensator va bug'latgich sifatida ishlatilishi mumkin, ular bir va ko'p yo'lli qilib tayyorlanadi.

Bunday issiqlik almashgichlar qobiq ichiga joylashgan trubalar to'plamidan iborat bo'lib, trubalarning uchi to'rlarga mahkamlangan bo'ladi. (13.1-pacm).



13.1 –rasm 1-qobiq; 2-truba to'rlari; 3-trubalar; 4-qopqoq; 5,6 –issiqlik tashuvchi agentlar kiradigan va chiqadigan shtuser 1;7-bolt; 8-qistirma.

Qurilmaning yuqorigi va pastki qismlaridagi qopqoq flanes yordamida truba to'riga biriktiriladi. Yukorigi va pastki kopqoqlarga isitilayotgan yoki sovitilayotgan agentlarni berish uchun shtuser mo'ljallangan. Issiqlik tashuvchi agentning birinchisi trubaning ichidan, ikkinchisi esa truba va qurilmaning ichki devori oralig'idagi bo'shliqdan o'tadi. Bir yo'nalishli qobiq-trubali issiqlik almashinish qurilmasida isitiluvchi gaz yoki suyuqlik qopqoqdagi patrubka orqali bitta trubadan kirib, o'sha trubadan chiqib ketadi. Asosan bu tipdagi isitgichlarda isitilayotgan va issiqlik berayotgan muhit bir-biriga qarshi yo'nalishda harakat qiladi. Isituvchi agent doim isitgichning yuqorigi qismidan va isitilayotgan muhit esa qurilmaning pastki qismidan trubalar ichiga beriladi. Bu muhitning yo'nalishi isitgichdagi yo'nalishga mos keladi, chunki isitilayotgan vaqtda harorat ortishi va kamayishi bilan ularning zichligi o'zgaradi. Masalan, bug' o'z issiqligini berib sovishi natijasida uning zichligi oshib, pastga qarab harakatlanadi. Muhitning bu yo'nalishida ularning tezligi bir xil taqsimlanib, qurilmaning ko'ndalang kesimida issiqlik almashinish o'zgarmas bo'ladi.

Bu issiqlik almashgichlarda suyuqlikning sarfi kam bo'lganda ularning trubadagi tezligi kichik bo'lib, issiqlik almashinish koeffisienti kam bo'ladi. Issiqlik tashuvchi agentning tezligini oshirish uchun ko'p yo'lli isitgichlar ishlatiladi.

Kimyo sanoati tarmoqlarida 2,4,6 yo'lli issiqlik almashgich ishlatiladi. Yo'llarning soni ortishi bilan gidravlik qarshilik ortib, issiqlik almashinish qurilmasining konstruksiyasi murakkablashadi.

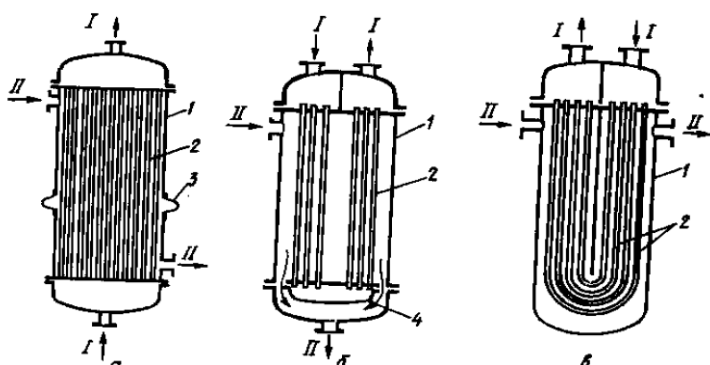
Bir yo'lli va ko'p yo'lli qobiq – trubali issiqlik almashgich vertikal va gorizontal holatda bo'ladi. Vertikal issiqlik almashinish qurilmalarini ishlatish qulay, ularning tuzilishi sodda va kam joyni egallaydi. Gorizontal issiqlik almashinish qurilmalari ko'pincha ko'p yo'lli qilib tayyorlanadi.

13.2. Qobiq trubali qurilmalarni konstruksiyasiga ko'ra qo'llanish turlari

Qobiq-trubali qurilmalarda qobiq bilan trubalar orasidagi temperaturaning farqiga qarab truba va qobiqning uzayishi har xil bo'ladi. Shuning uchun qobiq-trubali qurilmalar konstruksiyasiga ko'ra ikki xil bo'ladi: 1) qo'zg'almas turli issiqlik almashgichlar; 2) kompensasiyalovchi qurilmali issiqlik almashgichlar.

Qo'zg'almas turli issiqlik almashgichda issiqlik ta'sirida truba va qobiq har xil uzayadi, shu sababli bunday qurilmalar trubalar va qobiq o'rtasidagi temperaturalar farqi katta bo'lmaganda (50°S gacha) ishlatiladi.

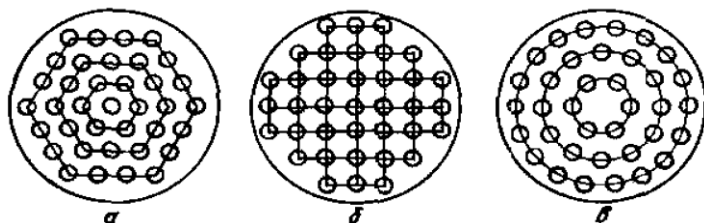
Haroratlar farqi 50°S dan katta bo'lganda truba va qobiqning har xil uzayishini yo'qotish uchun linza kompensatorli, harakatchan truba turli, u – simon trubali issiqlik almashinish qurilmalari ishlatiladi (13.2-rasm).



13.2-rasm. Qobiq va trubalarning turlicha uzayishini kompensasiya qiladigan qobiq – trubali issiqlik almashgichlar

a) linza kompensatorli; б) harakatchan qalpoqchali; в) u – simon trubali; 1 – qobiq; 2 – trubalar; 3 – linzali kompensatorlar; 4 – harakatchan qalpoqcha.

Qobiq trubali issiqlik almashgichlarda trubalar turga uch xil usul bilan joylashtiriladi; a) to'g'ri oltiburchakning qirralari bo'ylab; б) konsentrik aylanalar bo'yicha; в) kvadratning tomonlari bo'ylab (13.3- rasm)



13.3-rasm.Trubalarni truba to'rlariga joylashtirish usullari:

- a) to'g'ri oltiburchakning qirralari bo'ylab;
- b) kvadratning tomonlari bo'ylab;
- v) konsentrik aylanalar bo'ylab.

Qobiq – trubali qurilmalarda yuqori issiqlik berish ko'effisientiga erishish uchun issiqlik tashuvchi agentlarning tezligi ancha katta bo'lishi kerak: gazlar uchun $8-30\text{m/s}$, suyuqliklar uchun eng kami bilan $1,5\text{m/s}$.

Qobiq trubali issiqlik almashinish qurilmalarini afzalliklari: ixcham, metall kam sarf qilinadi, issiqlik almashinish yuzasi katta, trubalarning ichini tozalash oson.

Bu qurilmalarni kamchiliklari: issiqlik tashuvchilarni katta tezlik bilan o'tkazish qiyin, trubaning tashqarisidagi bo'shliqni tozalash va tuzatish imkoni kam.

13.3. Boshqa turli issiqlik almashinish qurilmalari.

Qo'sh trubali, namlovchi va zmeevikli issiqlik almashgichlar. Qo'sh trubali issiqlik almashgichlarni «truba ichida truba» tipidagi issiqlik almashgich deb ham yuritiladi. Bunday qurilmalar bir necha elementdan tuzilgan. Har bir element katta diametrli tashqi truba va konsentrik holda joylashgan ichki trubadan iborat. Ichki trubadan isitilayotgan muhit harakatlanisa, trubalararo bo'shliqdan esa sovitilayotgan agent harakatlanadi.

Qo'sh trubali issiqlik almashgichlar yig'ma yoki noyig'ma holida bir va ko'p oqimli qilib tayyorlanadi.

Bir oqimli noyig'ma (ya'ni qismlarga ajratilmaydigan) issiqlik almashgich bir necha elementdan tuzilgan bo'lib, har bir element tashqi (yoki qobiq sifatidagi) truba va (yoki issiqlik almashuvchi) trubadan iborat bo'ladi.

Noyig'ma qurilmalarda trubalar qo'zg'almas qilib joylashtirilgan bo'ladi. Shuning uchun bunday issiqlik almashgichlardan trubalar gorelka, zmeevik, sirkulyasiya. orasidagi farq 70°S gacha qo'llanish mumkin. Trubalar haroratlari o'rtasidagi farq ancha katta bo'lsa ($> 70^{\circ}\text{S}$) va trubalararo bo'shliqni mexanik usul bilan tozalash zarur bo'lganda, kompensasiya moslamali issiqlik almashgichlar ishlatiladi.

Bu tipdagi qurilmalarning afzalliklari: issiqlik tashuvchi agentlar katta tezlikka ega bo'lganligi uchun issiqlik o'tkazish koeffisientining qiymati ham katta, qurilmani tayyorlash oson, gidravlik qarshiligi kam.

Kamchiliklari: bu tipdagi qurilmalar issiqlik almashinish ko'rsatkichlari bir xil bo'lgan sharoitda qobiq-trubali qurilmaga nisbatan o'lchami katta bo'ladi va tayyorlanishi uchun ko'p metall sarflanadi.

Namlovchi issiqlik almashgichlar tashqi tomonidan suyuq holdagi issiqlik (odatda suv) tashuvchi bilan namlanib turuvchi zmeeviklardan iborat. Purkab beruvchi tarnov orqali suv yuqorigi trubaga berilib, undan keyin pastki trubaga tushadi. Ketma – ket hamma trubalardan o'tgach, suv trubalarning tagida joylashgan yig'gichga tushadi. Odatda bunday sovitkichlar ochiq havoda joylashtirilgan bo'ladi.

Afzalliklari: sovituvchi suvning sarfi kam, tuzilishi sodda va arzon, trubalarni tozalash oson.

Bu qurilmalar suyuqlik yoki gazlarni sovitish hamda bug'larni kondensasiyalash maqsadida ishlatiladi.

Zmeevikli issiqlik almashgichlar $25\div 75\text{mm}$ ли трубалардан тайёрланган спиралсимон змеевиклар суюқлик билан тўлдирилган идишда ўрнатилади. Ботирилган змеевик трубаларидан газ ёки буғ ҳаракатланади. Змеевикли иссиқлик алмашгичнинг диаметри идишнинг ўлчамига кўра $300\div 2000\text{mm}$ ga teng bo'lishi mumkin.

Suyuqlik bilan to'ldirilgan idishning hajmi katta va idish ichidagi suyuqlikning tezligi juda kichik bo'lgani uchun zmeevikning tashqi devori tomondagi bug' bilan suyuqlik orasidagi issiqlik berish koeffisienti ham kichik qiymatga ega bo'ladi. Qurilmaning hajmini kamaytirish va suyuqlikning tezligini oshirish uchun uning ichiga stakanga o'xshash idish tushiriladi.

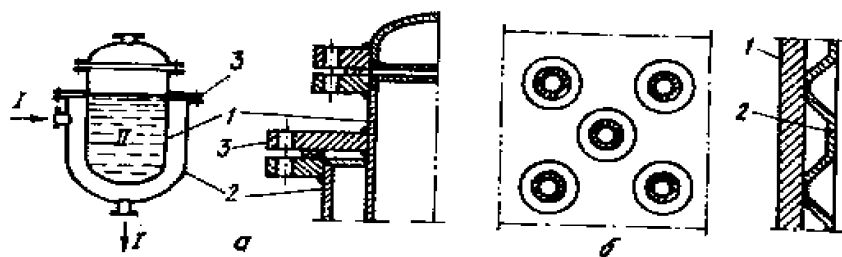
Zmeevik trubalarida harakatlanayotgan bug' bosimi $0,2\div 0,5\text{MPa}$ gacha bo'lganda zmeevik uzunligining truba diametriga nisbati $200\div 245$ bo'lishi kerak. Agar bu nisbatning miqdori katta bo'lsa, bug' kondensati zmeevik trubalarning pastki qismida yig'ilib, issiqlik almashinish tezligi kamayadi va gidravlik qarshilik ortib ketadi.

Afzalligi: tuzilishi sodda, tayyorlash oson, issiqlik almashinish yuzasini almashtirish qulay, idishdagi suyuqlikning hajmi katta bo'lganligi sababli rejimning o'zgarishlariga uncha sezgir emas.

Kamchiliklari: o'lchami va gidravlik qarshiligi katta, idishdagi suyuqlikning tezligi kam bo'lganligi uchun zmeevikning tashqarisidagi issiqlik berish koeffisienti kichik, trubalarning ichki yuzasini tozalash qiyin.

G'ilofli va gorelkali issiqlik almashgichlar. G'ilofli issiqlik almashgichlarda isitish yoki sovitish boshqa jarayonlar bilan (masalan kimyoviy) birgalikda olib boriladi. Bunday qurilmalarda issiqlik almashinish yuzasi vazifasini reaktorning devori bajaradi. G'ilof (2) qobiq (1) ga flaneslar (3) yordamida biriktirilgan. Qurilma devorining tashqi yuzasi va g'ilof oralig'idagi bo'shliqda (1) issiqlik tashuvchi agent sirkulyasiyada bo'ladi. Qurilmaning ichida esa (II) issiqlik tashuvchi agent bor. Bu tipdagi qurilmalarning yuzasi chegaralangan ($10m^2$ gacha) bo'lib, g'ilofdagi ortiqcha bosim $1MPa$ dan oshmasligi kerak.

Yuqori bosimlarda ($7,5MPa$ gacha) ishlash uchun g'ilofni ko'p sondagi teshiklari bo'lgan listlardan qilinadi; bunda listlarning chekkalari teshiklarning perimetrlari bo'ylab egiladi, qurilma qobig'iga payvandlanadi (13.4 – rasm, a,b).

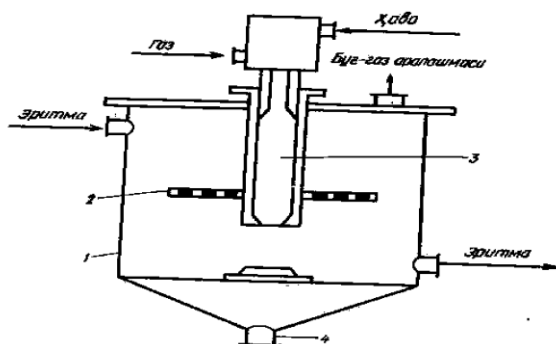


13.4 – rasm. G'ilofli qurilma. a) past bosimlar uchun 1- qobiq; 2-g'ilof; 3-flanes

Gorelkali issiqlik almashgichlarda yonish mahsulotlari to'g'ridan-to'g'ri isitilayotgan suyuqlik bilan kontaktda bo'ladi (13.5 – rasmi). Suyuqlik bilan to'ldirilgan idish (1) ga gorelka (3) tushirilgan bo'ladi. Gaz bilan havo aralashmasi gorelkada yonadi. Yonish mahsulotlari to'r (2) orqali o'tganida barbotaj jarayoni yuz berib, gaz oqimi mayda pufakchalarga ajraladi. Pufakchalar suyuqlik yuzasiga ko'tarilib o'z issiqligini suyuqlikka beradi hamda shu paytning o'zida suv bug'lari bilan to'yinadi. Oqibat issiqlik berish koeffisientining qiymati ancha ko'payadi. Shtuser (4) qurilmani suyuqlikdan bo'shatish uchun xizmat qiladi.

Yonish mahsulotlari to'g'ridan-to'g'ri suyuqlik bilan kontaktga uchraganda issiqlikning yo'qolishi juda kam bo'ladi. Suyuqlikning qaynashi uchun botirilgan gorelka qo'llanilgan paytda yoqilg'ining yonish issiqligidan foydalanish koeffisienti 95–96% ga etadi.

Gorelkali qurilmalar bug'latish qurilmalarida korroziyaga aktiv suyuqliklarni quyiltirish uchun ishlatiladi.



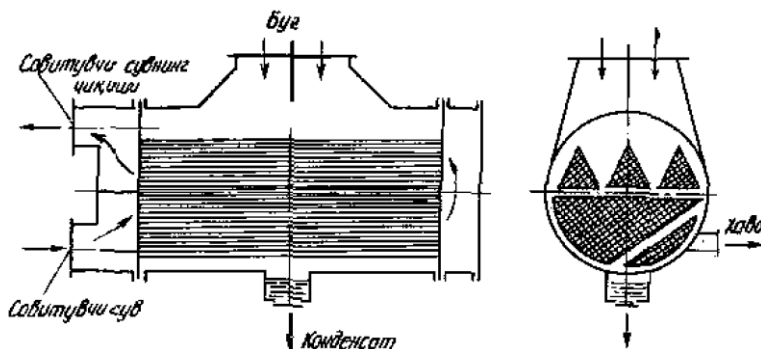
13.5–rasm. Botirilgan gorelkali issiqlik almashinish qurilmasi. b) yuqori bosimlar uchun 1-qobiq; 2-to'r; 3-gorelka; 4-shtuser.

13.4. Havo bilan sovutiladigan qurilmalar

Kimyo va neft kimyosi sanoatida issiqlik almashinish qurilmalarining bir qismini kondensator va sovutgichlar tashkil etadi. Havo yordamida sovutiladigan qurilmalardan sovutkichlar–kondensatorlar sifatida foydalanish quyidagi afzalliklarga ega:

1. suvni tayyorlash va uni uzatish bilan bog'liq bo'lgan sarflarga ehtiyoj qolmaydi;
2. ta'mirlash ishlari ancha osonlashadi, narxi esa kamayadi;
3. trubalarning havo aylanib o'tadigan tashqi yuzasini maxsus tozalashga ehtiyoj qolmaydi;
4. sovitish jarayonini boshqarish osonlashadi.

Havo bilan sovutiladigan qurilma quyidagicha tuzilgan: karkasning ustiga bir necha issiqlik almashinish bo'limlari, ya'ni trubalar o'rami joylashtirilgan. Trubalar ichki qismidan kondenslash (yoki sovitish) zarur bo'lgan suyuqlik o'tkaziladi. Ventilyator orqali havo haydaladi. Ventilyator elektrdvigatel bilan birga alohida ramaga o'rnatilgan. Ventilyatorning ustiga suvni sohib beradigan kollektor (yoki forsunkalar) joylashtirilgan. Truba o'raining yuqori qismida qiya qilib joylashtirilgan to'siqlar bor. Ventilyatorning tagida esa himoya qiluvchi to'r o'rnatilgan. Ventilyator bilan haydaladigan havo issiqlik almashinish seksiyalariga kirib, qirrali trubalarning tashqi yuzasini aylanib o'tadi; bunda trubalarning ichidan harakatlanayotgan muhit soviydi yoki kondenslanadi (13.6 – rasm).



13.6 - rasm. Gorizontaal qobiq- trubali kondensator

Yozda, ya'ni atrof-muhitning harorati yuqori bo'lganda, suvni sohib beruvchi forsunkalar avtomatik ravishda ishga tushadi. Tashqi harorat past bo'lganda (qishda)

elektrodvigatel va ventilyatorni o'chirib qo'yish mumkin, bunda kondenslanish yoki sovitish tabiiy konveksiya ta'sirida yuz beradi.

Qish paytida kondenslanayotgan mahsulot o'ta sovib ketishi mumkin. Bu holatni oldini olish uchun issiqlik almashinish seksiyalarining tagiga qirrali trubalardan qilingan zmeevikli isitgich o'rnatiladi.

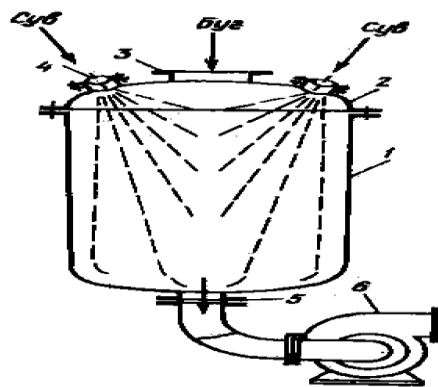
Havo bilan sovitiladigan qurilmalarda ish g'ildiragining diametri 7m gacha bo'lgan ventilyatorlar qo'llaniladi. Ventilyatorlarning g'ildiraklari payvandlangan alyuminiy yoki stekloplastdan, diffuzor esa qalinligi 2mm bo'lgan listli po'latdan tayyorlanadi.

Yuzali va aralashtiruvchi kondensatorlar. Bug' yoki gazning suyuq holatga o'tish jarayoni kondenslanish jarayoni deyiladi. Kondenslanish jarayoni olib boriladigan qurilmalar kondensatorlar deyiladi. Suv, ba'zi paytda havo sovituvchi agent hisoblanadi.

Kondensatorlar yuzali va aralashtiruvchi bo'ladi. Yuzali kondensatorlarda kondensasiyalanayotgan bug' va sovituvchi suv o'zaro issiqlik o'tkazuvchi devor orqali ajratilgan bo'ladi. Aralashtiruvchi kondensatorlarda esa bug' suv bilan to'g'ridan – to'g'ri aralashish natijasida kondensasiyalashga uchraydi.

Yuzali kondensatorlarda to'yingan bug' bir xil haroratida (t_D) kondensasiyalanadi. Bunda bug' yashiringan bug'latish issiqligini beradi. Kondensatning haroratini t_R deb olsak, u holda ($t_D - t_M$) kondensatning sovish darajasini belgilaydi. Kondensatning sovish darajasi devorning haroratiga, issiqlik almashinish yuzasining joylashuviga, bug'dagi havo va kondensasiyalashga uchramaydigan gazlarning miqdoriga, bug'ning sarfiga bog'liq.

Aralashtiruvchi kondensatorlar vakuum ostida ishlaydigan turli qurilmalarda siyraklanish hosil qilish uchun ishlatiladi. Bularagi vakuumni ko'paytirish uchun sovituvchi suvning temperaturasini kamaytirish va kondensatordan gazlarni



tashqariga chiqarish zarur. (13.6 – rasm).

13.6-rasm. To'g'ri yo'nalishli aralashtiruvchi kondensator: 1.Kondensator qobig'i; 2.Qopqoq; 3. Bug'ning kirishi uchun patrubka; 4.Sochib beruvchi soplo; 5.Suv, kondensat va havoni chiqarish uchun patrubka; 6. Nasos.

Bug' va suvning o'zaro harakatiga ko'ra aralashtiruvchi kondensatorlar qarama-qarshi va to'g'ri yo'nalishli bo'ladi. Nam to'g'ri yo'nalishli aralashtiruvchi kondensator qobig'iga (1) qopqoq (2)dagi patrubka (3)orqali kondensasiyalanishi lozim bo'lgan bug' kiritiladi. Sovituvchi suv soplo (4)orqali sohib beriladi. Isitilgan suv kondensat

va havo bilan birga patrubka (5) orqali nam havo nasosi (6) yordamida tashqariga chiqariladi.

NAZORAT SAVOLLARI

- 13.1. Issiqlik almashinish qurilmalari nechaga bo'linadi?
- 13.2. Ish jarayoniga ko'ra issiqlik almashinish qurilmalari necha turga bo'linadi?
- 13.3. Qobiq trubali issiqlik almashinish qurilmasining ishlash jarayoni qanday bo'ladi?
- 13.4. Qobiq trubali qurilmalarning konstruksion turlari va qo'llanilishi.
- 13.5. Qobiq trubali qurilmalarning afzalligi va kamchiligi nimalardan iborat?
- 13.6. Qo'sh trubali issiqlik almashgichlar qanday tayyorlanadi?
- 13.7. Namlovchi issiqlik almashgichlar ish jarayonining afzalligi nimadan iborat?
- 13.8. G'ilofli va gorelkali issiqlik almashgichlarda bosim farqi qanday bo'ladi?
- 13.9. Gorelkali issiqlik almashgichlar qanday maqsadlarda qo'llaniladi?
- 13.10. G'ilofli issiqlik almashgichlar yuqori bosimda qanday ko'rinishda qo'llaniladi?
- 13.11. Havo bilan sovutiladigan qurilmalarning afzalliklari nimadan iborat?
- 13.12. Kondensasiyalansh jarayoni deganda nimani tushunasiz va qanday qurilmalarda amalga oshiriladi?
- 13.13. Aralashtiruvchi kondensatorlarda nima hosil bo'ladi?
- 13.14. Kondensasiyalanayotgan mahsulot sovib ketmasligi uchun qanday choralar qo'llaniladi?
- 13.15. Aralashtiruvchi kondensatorlar necha xil yo'nalishda ishlaydi?

14-Ma'ruza: Qobiq - trubali issiqlik almashinish qurilmalarini hisoblash tartibi

R E J A:

- 14.1. Issiqlik almashinish qurilmalarini hisoblash
- 14.2. Isitilayotgan eritmaning fizik kattaligini topish
- 14.3. Issiqlik o'tkazish koeffisientini aniqlash
- 14.4. Kondensatning fizik-kimyoviy kattaliklari

Tayanch iboralar: turbulent, kriterial, mezon

Adabiyotlar: 1,2,3,4,5.

14.1. Issiqlik almashinish qurilmalarini hisoblash

Issiqlik almashinish qurilmalarini loyihalashda hisoblash tartibi besh qismdan iborat: 1) issiqlik hisobi; 2) konstruktiv hisoblash; 3) gidravlik hisobi; 4) mexanik hisoblash; 5) texnikaviy – iqtisodiy hisoblash.

Hisoblashlar bir necha variantlardan iborat bo'lib, eng maqbuli belgilarning birortasi bo'yicha olib boriladi: foydali ish koeffisienti, qyuzaga sarflanadigan energiya miqdori, eng maqbullikning texnik-iqtisodiy mezon.

Uzluksiz ishlaydigan, bug'–suyuqlik muhitiga moslangan trubali isitgichning hisobini ko'rib chiqamiz. Qurilmaning issiqlik hisobi konstruktiv va gidravlik hisoblash bilan uzluksiz bog'liklikda olib boriladi.

Issiqlik hisobi. Qurilmaning issiqlik hisobidan asosiy maqsad zarur bo'lgan issiqlik almashinish yuzasi F ni topish. F ni aniqlash uchun issiqlik tashuvchi agentlarning sarfi, ularning dastlabki va oxirgi haroratlari berilgan bo'ladi.

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

Hisoblash uchun quyidagi boshlang'ich ma'lumotlar berilgan bo'lishi kerak:

- 1) Isitilayotgan eritmaning mikdori G , kg/s .
- 2) Eritma konsentratsiyasi, %.
- 3) Eritmaning boshlang'ich va oxirgi harorati t_b, t_o .
- 4) Isitgichning turi- vertikal, gorizonttal, yo'llar soni.
- 5) Isituvchi bug' bosimi P , Pa yoki harorati t , $^{\circ}S$.
- 6) Po'lat trubalarning ichki va tashqi diametri d_i va d_T , mm .
- 7) Truba uzunligi ℓ , m .
- 8) Eritmaning harakat tezligi ω , m/s .
- 9) Isitish yuzasidan foydalanish koeffitsienti, φ .

Hisoblash quyidagi tartibda olib boriladi.

Isitgichning harorat shartlarini aniqlash. To'yingan bug' bosimi P ga ko'ra uning to'yinish harorati t_x maxsus qo'llanmalardan topiladi. Isitishning boshlanishida temperaturalarning maksimal (yoki katta) farqi:

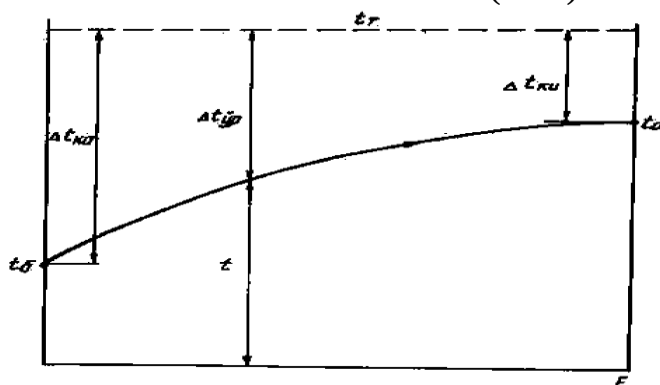
$$\Delta t_{ka} = t_r - t_o$$

(14.1)

Isitishning oxiridagi muhit haroratlarning minimal (yoki kichik) farqi:

$$\Delta t_{kich} = t_r - t_o$$

(14.2)



14.1 – rasm. Yuzali issiqlik almashgichni hisoblash grafigi

Δt_{Ka} va Δt_{Kich} larning qiymati 14.1– rasmdan aniqlanadi. O'rtacha haroratlarning farqi quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

$$\Delta t_{yp} = \frac{\Delta t_{Ka} - \Delta t_{Kich}}{2,3 \lg \frac{\Delta t_{Ka}}{\Delta t_{Kich}}}$$

(14.3)

$\frac{\Delta t_{Ka}}{\Delta t_{Kich}} < 2$ bo'lsa, $\Delta t_{o'r}$ quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$\Delta t_{o'r} = \frac{\Delta t_{Ka} + \Delta t_{Kich}}{2}$$

(14.4)

Isitilayotgan muhitning o'rtacha harorati :

$$T = t_{\tau} - \Delta t_{yp}$$

(14.5)

14.2. Isitilayotgan eritmaning fizik kattaligini topish

O'rtacha harorat (va eritmaning konsentratsiyasi) bo'yicha maxsus qo'llanmadagi jadvallardan foydalanib berilgan issiqlik tashuvchi agentlarning fizik miqdori topiladi:

qovushqoqlik μ $Pa \cdot s$ ёки γ , m^2 / s ;

zichlik ρ , kg / m^3 ;

solishtirma issiqlik sig'imi c , $J / (kg \cdot K)$;

issiqlik o'tkazuvchanlik λ , $Wt / (m \cdot K)$;

harorat o'tkazuvchanlik a , m^2 / s ;

Prandtl soni $Pr = \frac{\gamma}{a}$.

Issiqlik miqdori va bug' sarfini aniqlash. Suyuqlikni isitish uchun ketgan issiqlik miqdori (Q) quyidagi tenglamadan topiladi:

$$Q = xGc(t_o - t_b)$$

(14.6)

bu yerda $x = 1,02 \div 1,05$ – issiqlikning yo'qotilishini hisobga oluvchi koeffisient;
 G – suyuqlik sarfi, kg / s ; C – eritmaning o'rtacha solishtirma issiqlik sig'imi, $J / (kg \cdot K)$; t_o – suyuqlikning oxirgi harorati, $^{\circ}C$; t_b – suyuqlikning boshlang'ich harorati, $^{\circ}S$.

Bug' sarfi (kg / s) quyidagicha topiladi:

$$D = \frac{Q}{i - \Theta}$$

(14.7)

i – isituvchi bug'ning entalpiyasi, Θ – kondensatning entalpiyasi, J / kg ;

$$\Theta = t_{\tau} - (2 \div 5^{\circ}C)$$

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

14.3. Issiqlik o'tkazish koeffisientini aniqlash

Bir va ko'p qavatli tekis yuzalar uchun issiqlik o'tkazish koeffisienti K , $Wt / (m^2 \cdot K)$ quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum r_d + \frac{1}{\alpha_2}},$$

(14.8)

bu erda α_1 - va α_2 – issiq va sovuq issiqlik tashuvchilar uchun issiqlik berish koefitsientlari, $Vt/m^2 \cdot K$; $\sum r_d$ – devor (devor va iflosliklar qatlamlari bilan birgalikda) termik qarshiliklarning yig'indisi, $(m^2 \cdot K)/Vt$.

(14.8) tenglamadan, trubaning ichki diametri d_i ni uning tashqi diametri d_T ga nisbati $\frac{d_i}{d_T} > 0,5$ bo'lgan sharoitda, silindrsimon yuzalar uchun K ni hisoblashda foydalanish mumkin.

Silindrsimon yuzalar (trubalar) uchun issiqlik o'tkazish koefitsienti $1m$ truba uzunligiga nisbatan olinadi $K_R Vt/(m \cdot \mu \cdot K)$ va quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$K_R = \frac{\pi}{\frac{1}{\alpha_1 d_i} + \sum \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_T}{d_i} + \frac{1}{\alpha_2 d_T} + \sum \frac{r_z}{d_z}}$$

(14.9)

bu yerda λ - devor materialining issiqlik o'tkazuvchanlik koefitsienti, $Vt/(m \cdot K)$; r_z – iflosliklarning termik qarshiliklari, $(m^2 \cdot K)/Vt$; d_z – trubaning iflosliklar bilan qoplangan diametri, m .

Devordagi iflosliklarning issiqlik o'tkazuvchanligi ($1/r_z$) issiqlik tashuvchining turiga, uning harorati va tezligiga hamda devor materialiga, isituvchi muhitning haroratiga, cho'kma yoki korroziya mahsulotining turiga bog'liq bo'ladi. r_z ning aniq qiymatini faqat tajriba yo'li bilan aniqlanadi. Iflosliklarning issiqlik o'tkazuvchanligi ($1/r_z$) to'g'risidagi taxminiy qiymatlar tegishli adabiyotlarda keltirilgan.

Issiqlik berish koefitsientlari α_1 va α_2 kriterial tenglamalar yordamida topiladi. Masalan, bizning misol uchun balandligi H bo'lgan vertikal trubalar o'rami tashqi yuzasida bug'dan devorga berilayotgan issiqlik berish koefitsienti α_1 quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

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

(14.10)

14.4. Kondensatning fizik – kimyoviy kattaliklari

Kondensatning fizik–kimyoviy kattaliklari λ, μ, ρ yupqa qatlam (plyonka) ning o'rtacha harorati $t_{suyuq} = \frac{t_T + t_D}{2}$ bo'yicha topiladi. Kondensasiyalanish issiqligi τ to'yinish harorati t_T ga qarab aniqlanadi. Haroratlar farqi quyidagi ayirmaga teng:

$$\Delta t = t_T - t_D,$$

bu yerda t_D – devorning harorati.

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

$$\alpha = 0,728^4 \sqrt{\frac{\lambda^3 \rho^2 r_g}{\mu t d}}$$

(14.11)

bu yerda d - trubaning diametri.

Hisoblash tenglamasini topish uchun avval Reynolds mezoni Re aniqlanadi. Masalan, noturg'un turbulent rejimda ($Re = 10^4$) to'g'ri truba ichidagi majburiy harakat paytidagi issiqlik berish koeffisienti α ni aniqlash uchun quyidagi kriterial tenglamadan foydalanish mumkin.

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

(14.12)

yoki

$$\frac{\alpha d_E}{\lambda} = 0,023 \left(\frac{\omega d_E}{\nu} \right)^{0,8} \left(\frac{c\mu}{\lambda} \right)^{0,4}$$

(14.13)

bu yerda $d_E = 4S / \Pi$ – ekvivalent diametr, S – oqim ko'ndalang kesimining yuzasi, Π – kesimning ho'llangan perimetri (dumaloq kesimli trubalar uchun d_E trubaning ichki diametriga teng bo'ladi); ω – issiqlik tashuvchi muhitning o'rtacha tezligi; λ, γ, c, μ – issiqlik tashuvchi agentning fizik-kimyoviy kattaliklari, ularning son qiymatlari muhitning o'rtacha harorati bo'yicha tegishli qo'llanmalardan topiladi.

(16.12) tenglama to'g'ri truba uzunligi L ni uning diametri d ga nisbatan $L/d > 50$ bo'lgan sharoit uchun qo'llash qulay.

Oralik rejim uchun ($2300 < Re < 10^4$) aniq tenglamalar ishlab chiqilmagan. Taxminiy hisoblashlar uchun quyidagi tenglamadan foydalanish mumkin.

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

(14.14)

Laminar rejim uchun ($Re < 2300$) quyidagi kriterial tenglamadan foydalanish mumkin:

$$Nu = 0,17 Re^{0,33} Pr^{0,43} Gr^{0,1} \left(\frac{Pr}{Pr_D} \right)^{0,25}$$

(14.15)

bu yerda $Gr = \frac{g \ell^3 \beta^2 \Delta t}{\gamma^2}$ – Grasgoff mezoni; ℓ - aniqlovchi geometrik o'lcham (truba uchun uning diametri, tekis vertikal yuza uchun – uning balandligi); β – suyuqlikning hajmiy kengayish koeffisienti; Δt – devor va suyuqlik (yoki teskari) haroratlari oralig'idagi farq; Pr – suyuqlikning o'rtacha harorati bo'yicha hisoblangan Prandtl soni; Pr_D – suyuqlikning devor o'rtacha harorati bo'yicha hisoblangan Prandtl soni. So'ngra α ning qiymati Nusselt mezoni orqali topiladi:

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

NAZORAT SAVOLLARI

- 14.1. Issiqlik almashinish qurilmalarining hisoblash tartibi necha qismdan iborat?
- 14.2. Isitkichning temperatura shartlari qanday aniqlanadi?
- 14.3. Issiqlik o'tkazish koeffisienti qanday usul bilan hisoblanadi?
- 14.4. Hisoblash tenglamasini topishda qaysi mezonlardan foydalaniladi?
- 14.5. Kondensatning fizik-kimyoviy kattaliklari qanday aniqlanadi?

15-Ma'ruza: Issiqlik almashgichlarda konstruktiv hisoblash tartibi. Kondensatorni hisoblash

R E J A:

- 15.1. Isitish yuzasini topish
- 15.2. Trubalarni to'rda joylashtirish usullari
- 15.3. Qurilmaning to'la balandligini topish
- 15.4. Mahalliy qarshiliklar koeffisientini aniqlash
- 15.5. Yuzali kondensatorlarni hisoblash tartibi
- 15.6. Barometrik kondensatorni hisoblash tartibi

Tayanch iboralar: konstruktiv, patrubka, kamera, laminar, avtomodel, seksiya, barometrik, entalpiya, vakuum, shtuser.
Adabiyotlar: 1,2,3,4,5.

15.1. Isitish yuzasini topish

Issiqlik almashgichning isitish yuzasi $F(m^2)$ issiqlik o'tkazishning umumiy tenglamasidan topiladi:

$$F = \frac{Q}{K\Delta t_{o'r}}$$

(15.1)

Bu yuza uchun qabul qilingan isitgichning sxemasi trubalarning diametri va uzunligiga ko'ra joylashtiriladi.

Konstruktiv hisoblashning umumiy maqsadi issiqlik almashinish qurilmasining asosiy o'lchamlarini topishdan iborat. Bunda quyidagilar aniqlanadi: qurilma trubali qismining o'lchamlari, trubalarning soni, to'rda trubalarning joylashuvi, qurilma diametri, qurilma balandligi, patrubkalar diametri.

Qurilma trubali qismining o'lchamlarini aniqlash. Bitta yo'ldagi trubalarning ko'ndalang kesimini topamiz:

$$f_T = \frac{G}{\rho \omega},$$

(15.2)

bu yerda G – suyuqlikning sarfi, kg/s ; ρ – suyuqlikning zichligi, kg/m^3 ; ω – suyuqlikning tezligi, m/s .

Bitta yo'ldagi trubalarning soni:

$$n_1 = \frac{f_T}{0,785 \cdot d_i^2}$$

(15.3)

d_i – trubaning ichki diametri, m .

Hamma yo'ldagi trubalarning uzunligi:

$$L = \frac{F}{\pi d_x n_1}$$

(15.4)

bu yerda F – isitkichning isitish yuzasi, m^2 ; d_h – trubalarning hisobiy diametri, m ; d_h ning qiymati α_1 va α_2 ning nisbatlariga bog'liq. Agar $\alpha_1 \approx \alpha_2$ бўлса, $d_h = 0,5(d_i + d_T)$; $\alpha_1 \geq \alpha_2$ бўлса, $d_h = d_T$; $\alpha_1 \leq \alpha_2$ bo'lsa, $d_h = d_i$.

Yo'llar soni:

$$Z = \frac{L}{\ell}$$

(15.5)

bu yerda ℓ – trubalarning qabul qilingan uzunligi ($\ell = 1 \div 3m$).

To'rda joylashgan trubalarning umumiy soni:

$$n = Z \cdot n_1,$$

(15.6)

15.2. Trubalarni to'rda joylashtirish usullari

Trubalar to'rda uch xil usul bilan joylashtirilishi mumkin: to'g'ri oltiburchaklarning qirralari bo'ylab; kvadratning tomonlari bo'ylab; konsentrik aylanalar bo'ylab. Ko'pincha birinchi usuldan foydalaniladi. Bunda to'rdagi trubalarning soni quyidagicha aniqlanadi:

$$n_0 = 3a(a-1) + \frac{3}{4}(\delta-1) + 1$$

(15.7)

a – katta oltiburchakning bitta tomonida joylashgan trubalar soni; $\delta = 2a - 1$ – katta oltiburchakning diagonal bo'ylab joylashgan trubalar soni.

Trubalar oltiburchakning qirralari bo'yicha joylashtirilganda to'rning bir qismi foydalanilmay qoladi. Shu sababli, agar $a > 8$ bo'lganda, qo'shimcha yana m miqdordagi trubalarni joylashtirish imkoniyati paydo bo'ladi. Bunda umumiy trubalarning soni ko'payadi:

$$n = n_0 + m$$

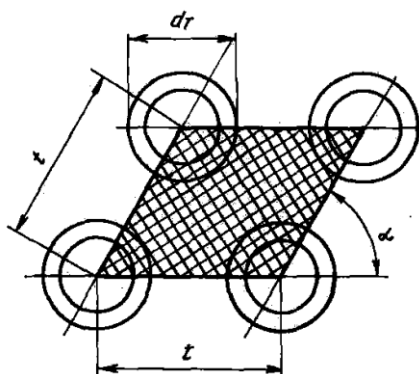
(15.8)

Odatda $m = (0,1 \div 0,18)n$.

Qurilma qobig'ining ichki diametrini aniqlash. Qobiq ichiga joylashtirilgan trubali to'rning maydoni quyidagi tenglama orqali topiladi:

$$\Phi = \Phi_F + \Phi_E = \frac{\Phi_F}{\psi}$$

(15.9)



15.1-rasm. Bitta truba uchun trubali to'ring foydali maydonini aniqlash.

bu erda Φ_F – trubalar tomonidan egallangan foydali maydon; Φ_E – trubalar joylashmagan erkin maydon; Ψ – truba to'ridan foydalanish koeffisienti; oltiburchaklar qirralari bo'yicha joylashtirilganda $\psi = 0,6$ – ko'p yo'lli, $\psi = 0,9$ – bir yo'lli qurilmalar uchun.

Bitta trubaning foydali maydoni (15.1-rasm) $t \sin \alpha$ ga teng (t trubalarнинг жойланиш қадами, $\alpha = 60^\circ$ – truba qatorlarining markaziy chiziqlari hosil qilgan burchak). Bunda hamma trubalar n uchun trubali to'ring maydoni:

$$\Phi = \frac{nt^2 \sin \alpha}{\Psi}$$

(15.9)

(15.9) tenglamaga asosan bitta yo'lli trubalarning isitish yuzasi ($d_{x1} = d_T$ bo'lganda):

$$F = n\pi d_T \ell$$

(15.10)

bundan

$$n = \frac{F}{\pi d_T \ell},$$

(15.11)

Agar $\Phi = \frac{\pi l^2}{4}$ hisobga olinganda qobiqning ichki diametri D_0 (m hisobida) quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$D_0 = \sqrt{\frac{4\Phi}{\pi}} = \sqrt{\frac{4nt^2 \sin \alpha}{\pi \psi}} = \sqrt{\frac{4Ft^2 \sin \alpha}{\pi \psi \pi d_T l}} = 0,635 \frac{t}{d_T} \sqrt{\frac{F d_T \sin \alpha}{l \psi}} \quad (15.12)$$

15.3. Qurilmaning to'la balandligini topish

Issiqlik almashinish qurilmasining balandligi (yoki uzunligi) quyidagi tenglama bilan topiladi:

$$H = \ell + 2\delta + 2h$$

(15.12)

bu yerda ℓ – trubalarning uzunligi; δ – to'ring kalinligi, m; h – kiruvchi va chiquvchi kameralarning balandligi, m.

Patrublikalarning diametrini aniqlash. Patrublikalarning ichki diametri berilgan muhitning sarfiga va harakat tezligiga qarab aniqlanadi:

$$D_p = \sqrt{\frac{4V}{\pi\omega}}$$

(15.13)

bu yerda V – muhitning sarflanish miqdori, m^3/s ; ω – muhitning harakat tezligi, m/s .

Hisoblashlar uchun quyidagi tezlik qiymatlaridan foydalanish mumkin: suyuqliklar $0,1 \div 2,5 m/s$; gazlar $2 \div 20 m/s$; suv bug'i $15 \div 60 m/s$.

Gidravlik hisoblashdan asosiy maqsad issiqlik almashinish qurilmasidagi ishqalanish hamda mahalliy qarshiliklarni engish uchun ketgan bosimni va ish muhitini qurilmadan o'tkazish uchun kerak bo'lgan quvvatni topishdan iborat.

Qobiq-trubali issiqlik almashgichning trubali qismi hamda ko'ndalang to'siqlari bo'lmagan trubalararo bo'shlig'i uchun gidravlik qarshilik ($\Delta P, Pa$) ni quyidagi tenglama orqali aniqlash mumkin:

$$\Delta T = \Delta P_i + \Delta P_{mq} = \Delta P = \Delta P_i + \Delta P_{mq} = \lambda \frac{Zl}{d_e} \rho \frac{\omega^2}{2} + \xi \frac{\rho \omega^2}{2}$$

(15.14)

bu yerda ΔP_i – ishqalanish qarshiliklarini engish uchun yo'qotilgan bosim, Pa ; ΔP_{mq} – mahalliy qarshiliklarni engish uchun yo'qotilgan bosim, Pa ; λ – ishqalanish koeffisienti; ℓ – trubalarning bitta yo'li uzunligi, m ; Z – yo'llarning soni; d_e – ekvivalent diametr, m ; ρ – suyuqlik yoki gazning zichligi, kg/m^3 ; ω – oqimning tezligi, m/s . ξ – mahalliy qarshilik koeffisienti.

Ishqalanish koeffisienti λ muhitning harakat rejimiga va truba devorlarining g'adir-budirlik darajasiga bog'liq. Laminar rejimda ($Re < 2300$) g'adir – budurlik ishqalanish koeffisientiga amaliy jihatdan ta'sir qilmaydi va dumaloq kesimli trubalar uchun λ ning qiymati quyidagi tenglama bilan topiladi:

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

(15.15)

Turbulent rejimda ($2300 < Re < 10^4$) gidravlik tekis trubalar (shisha, mis, qo'rg'oshin) uchun:

$$\lambda = \frac{0,316}{Re^{0,25}}$$

(15.16)

Gidravlik g'adir- budir trubalar (po'lat, cho'yanli) uchun turbulent rejimda ($Re > 2300$) λ ni hisoblash uchun quyidagi tenglamadan foydalaniladi:

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

(15.17)

$Re > 10^5$ bo'lganda turbulent rejim o'ta rivojlangan bo'lib, λ ning qiymati Re ga bog'liq bo'lmay qoladi. Bunday holat avtomodel rejimi deb yuritiladi. Ushbu rejimda λ ning qiymati quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \lg \frac{3,7}{\varepsilon},$$

(15.18)

bu yerda $\varepsilon = k / d_E$, trubaning nisbiy g'adir-budirligi; d_E - trubaning ekvivalent diametri; k – truba yuzasining o'rtacha absolyut g'adir–budirligi, k ning taxminiy qiymati tegishli qo'llanmalarda berilgan bo'ladi.

Ekvivalent diametr d_E suyuqlik yoki gaz o'tadigan kanalning shakliga ko'ra o'zgaradi. Kanallar ko'ndalang kesimining shakliga ko'ra ekvivalent diametrning qiymati 15.1- jadvaldan foydalanib hisoblanadi:

15.1- jadval Ekvivalent diametrning qiymatini aniqlash

Ko'ndalang kesimning shakli	eslatma
Halkasimon $D - d_i$	D – tashqi diametr, d_i – ichki diametr
Kvadrat a	a – kvadratning tomoni
To'g'ri turtburchakli $\frac{2a}{a + \varepsilon}$	a – to'g'ri to'rtburchakning tomonlari
Trubalar orasidagi bo'shliq $\frac{D^2 - nd}{D - nd}$	D – qurilmaning ichki diametri. d – trubalarning tashqi diametri. n – trubalar soni

15.4. Mahalliy qarshiliklar koefitsientini aniqlash

Mahalliy qarshiliklar koefitsientlarining qiymati tajriba yo'li bilan aniqlanadi va tegishli qo'llanmalarda berilgan bo'ladi. Qobiq-trubali issiqlik almashinish qurilmalari uchun hisoblash paytida mahalliy qarshiliklar koefitsientining qiymatini quyidagicha olish mumkin:

Trubali bo'shliq

Kiruvchi yoki chiquvchi kamera - 1,5

Yo'llar yoki seksiyalar oralig'ida 180° ga burilishi - 2,5

Trubalaraga kirish yoki ulardan chiqish - 1,0

Trubalararo bo'shliq.

Trubalararo bo'shliqqa kirish yoki undan chiqish -1,5

Trubalararo bo'shliqdagi to'siq orqali 180° ga burilish - 1,5

Trubalararo bo'shliqda 90° ga burilish - 1,0

Issiqlik almashgich uchun ΔP ning qiymati aniqlangandan so'ng, suyuqlikni qurilma orqali haydash uchun kerak bo'lgan nasosning quvvati ($N, \kappa Bm$) topiladi:

$$N = \frac{G \Delta P}{1000 \rho \eta},$$

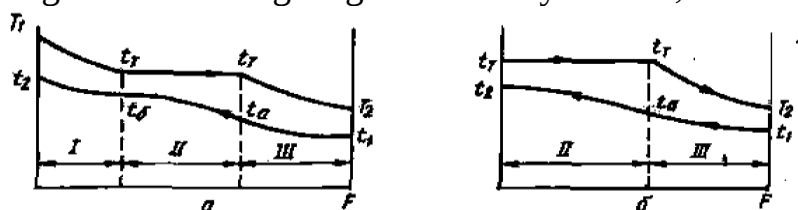
(15.19)

bu yerda G – suyuqlik sarfi, kg/s ; ρ – suyuqlik zichligi, kg/m^3 ; ΔP – nasos tomonidan hosil qiladigan bosim farqi, Pa ; η – nasosning foydali ish koefitsienti.

Issiqlik almashinish qurilmalarni loyihalashda issiqlik, konstruktiv va gidravlik hisoblashlardan so'ng mexanik hisoblashlar amalga oshiriladi.

15.5. Yuzali kondensatorlarni hisoblash tartibi

Yuzali kondensatorni hisoblashda bug'ning holatiga ahamiyat beriladi. Odatda kondensasiyalashga yuborilgan suv bug'i ikki xil ko'rinishda bo'ladi: a) o'ta qizigan bug'; b) to'yingan bug'. Kondensiyalanish paytida haroratning o'zgarishi 15.2 – rasmda berilgan. O'ta qizigan bug'ni kondensasiyalashda issiqlik almashinish yuzasi (15.2- rasm, a) shartli ravishda uch sohaga bo'linadi: I – o'ta qizigan bug'ning sovishi; II- bug'ning kondensasiyalanishi; III- kondensatning sovishi. To'yingan bug'ni kondensasiyalashda issiqlik almashinish yuzasi (15.2-rasm, b) shartli ravishda ikki sohaga bo'linadi: bug'ning kondensasiyalanishi; kondensatning sovishi.



15.2-rasm. Kondensasiyalashda ish – muhitining o'zgarishi. a-o'ta qizigan bug'ning kondensasiyalanishi;

b- to'yingan bug'ning kondensasiyalanishi; I – bug'ning sovish sohasi; II- kondensasiyalanish sohasi; III- kondensatning sovish sohasi.

To'yingan bug'ning kondensasiyalanishi doimiy harorat t_T da yuz beradi. Har bir zonada issiqlik sarfi $Q(Vt)$ har bir soha uchun alohida topiladi:

$$Q_{II} = Dr = Wc(t_2 - t_a),$$

(15.20)

(15.21)

$$Q_{III} = Dc_1(t_T - T_2) = Wc(t_a - t_1),$$

bu erda D – kondensasiyalanayotgan bug'ning sarfi, kg/s ; c_1 – kondensatning solishtirma issiqlik sig'imi, $J/(kg \cdot K)$; W – sovituvchi suvning sarfi, kg/s ; c – sovituvchi suvning solishtirma issiqlik sig'imi, $J/(kg \cdot K)$; t_T – kondensasiyalanish harorati, $^{\circ}S$; T_2 – kondensatning sovish harorati, $^{\circ}S$; t_1 va t_2 – sovituvchi suvning boshlang'ich va oxirgi harorati, $^{\circ}S$; t_a – suvning kondensasiyalanish va sovish shartli chegarasidagi harorat, $^{\circ}S$.

(15.20) va (15.21) tenglamalardan quyidagi ifodaga erishamiz:

$$\frac{t_2 - t_a}{t_a - t_1} = \frac{Q_{II}}{Q_{III}}$$

(15.22)

Ushbu tenglamadan t_a qiymati aniqlanadi. So'ngra sohalar bo'yicha haroratlar farqi, issiqlik o'tkazish koeffisienti va isitish yuzasini aniqlash imkoniyati paydo bo'ladi:

$$F_{II} = \frac{Q_{II}}{K_{II} \Delta t_{II}}; \quad F_{III} = \frac{Q_{III}}{K_{III} \Delta t_{III}}$$

(15.23)

O'ta qizigan bug'ning kondensasiyalanishini ko'rib chiqamiz. Muhit qarama-qarshi harakat qilganda, agar isitish devori yuzasining harorati t_d kondensasiyalanish harorati t_T dan yuqori bo'lsa, I sohada o'ta qizigan bug'ning faqat sovishi yuz beradi, bunda bug'dan devorga bo'lgan issiqlik berish koeffisienti xuddi gazlar kabi aniqlanadi. $t_d = t_N$ bo'lganda kondensasiyalanish jarayoni boshlanadi.

Birinchi soha uchun issiqlik sarfi quyidagicha topiladi:

$$Q_1 = Dc_b (T_1 - t_T)$$

(15.24)

bu erda c_b - o'ta qizigan bug'ning o'rtacha solishtirma issiqlik sig'imi $J/(kg \cdot K)$. Δt_1 va K_1 ning qiymati topilgandan so'ng I soha uchun issiqlik almashinish yuzasi aniqlanadi:

$$F_1 = \frac{Q_1}{K_1 \Delta t_1}.$$

(15.25)

Kondensatorning umumiy issiqlik almashinish yuzasi:

$$F = F_I + F_{II} + F_{III},$$

bu yerda F_{II} va F_{III} - bug'ning kondensasiyalanish va kondensatning sovish sohasining yuzalari (15.23) tenglamalari orqali aniqlanadi.

15.6. Barometrik kondensatorni hisoblash tartibi

Barometrik kondensatorni hisoblashda quyidagilar aniqlanadi: 1) sovituvchi suvning sarfi; 2) kondensatorning o'lchami; 3) tokchalar soni; 4) barometrik trubalar o'lchami; 5) tortib olinishi zarur bo'lgan havo miqdori.

Kondensatorning issiqlik balansi quyidagi ko'rinishga ega:

$$D(i - ct_2) = Wc_c(t_2 - t_1)$$

(15.26)

bu yerda D - bug' sarfi, kg/s ; W - sovituvchi suv sarfi, kg/s ; i - bug'ning solishtirma entalpiyasi, $J/(kg \cdot K)$; c - kondensatning solishtirma issiqlik sig'imi, $J/(kg \cdot K)$; t_1 - sovituvchi suvning harorati, $^{\circ}S$; t_2 - barometrik suvning harorati, $^{\circ}S$; c_c - suvning solishtirma issiqlik sig'imi, $J/(kg \cdot K)$.

(15.26) tenglamadan sovituvchi suvning solishtirma sarfini ($1kg$ bug'ni kondensasiyalash uchun sarf bo'lgan kg hisobidagi suvning miqdori) aniqlash mumkin:

$$m = \frac{W}{D} = \frac{i - ct_2}{c_c(t_2 - t_1)}$$

(15.27)

Odatda $m = 15 \div 60 kgsuv/kgbug$. Qabul qilingan m ning qiymatiga asosan suvning sarfi topiladi: $W = mD$.

Kondensatorning o'lchami uning diametri D_k ga qarab topiladi. Kondensatorning diametrini hisoblash uchun bug'ning tezligini $W = 35 \div 55 \text{ m/s}$ ga teng deb olamiz. Bug' o'tishi uchun bo'g'liq yuza kondensator ko'ndalang kesimi yuzasining 30–37% iga teng bo'ladi.

Tokchalar soni odatda 5–7ta olinadi. Yuqorigi tokchalar orasidagi masofa $h_{\min} = 0,6D_k$; pastki tokchalar orasidagi masofa esa $h_{\max} = 0,6D_k$; ўртача $h_{o'r} = 0,4D_k$ ga teng deb olinadi.

Shtuserlarning diametri tezlikka nisbatan qabul qilinadi: bug' uchun tezlik 40–50 m/s, havo uchun 15 m/s, sovuq suv uchun 1 m/s. Barometrik trubadagi suvning tezligi 1–2 m/s.

Barometrik kondensatorda bug'ning kondensasiyalanishi vakuum (yoki siyraklanish) ta'sirida boradi. Odatda kondensatordagi absolyut bosimning qiymati 0,1–0,2 at vakuum 0,8–0,9 at teng bo'ladi. Barometrik trubaning balandligi (m) quyidagi tenglik bilan aniqlanadi:

$$H = h_B + h_D + 0,5 \quad (15.28)$$

bu erda h_B – kondensatordagi vakuum qiymatini (yoki kondensatordagi bosim va atmosfera bosimi o'rtasidagi ayirmani) muvozanatda ushlab turish uchun zarur bo'lgan barometrik trubadagi suv ustuni, m ; h_D – barometrik trubada dinamik bosim hosil qilish uchun (ya'ni suyuqlikning trubadagi harakatini ta'minlash uchun) zarur bo'lgan suv ustuni, m ; 0,5 m – qo'shimcha balandlik, bu balandlik bosim atmosfera bosimidan ortib ketganda kondensatorning bug' shtuseriga suv kirib ketishining oldini olish uchun qo'shiladi.

h_B ning (m) qiymati quyidagi nisbat orqali aniqlanadi:

$$h_B = 10,33 \frac{B}{760}, \quad (15.29)$$

bu yerda B – kondensatordagi siyraklanishning qiymati, mm simob ustuni.

h_d balandligi (m) quyidagi tenglama yordamida topiladi:

$$h_d = \frac{\omega}{2g} \left(2,5 + \lambda \frac{H}{d} \right), \quad (15.30)$$

bu yerda ω – suyuqlikning barometrik trubadagi tezligi, m/s ; d – barometrik trubaning diametri, m ; λ – ishqalanish koeffisienti.

680 mm simob ustuniga teng vakuumga erishish uchun barometrik trubaning uzunligi 11 m ga teng bo'ladi.

Barometrik trubaning diametri quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

$$d = \sqrt{\frac{0,004(D + N)}{3,14 \cdot 3600 \cdot \omega}}; \quad (15.31)$$

bu yerda D – kondensasiyalanayotgan bug' miqdori, $kg/soat$; ω – suyuqlikning barometrik trubadagi tezligi, m/s ; W – suv sarfi, $kg/soat$.

Bug'ning tarkibida havo borligi kondensasiyalanish jarayonida issiqlik berish koeffisientini anchaga pasaytiradi, natijada qurilmaning ish unumdorligi kamayadi. Shu sababli havo kondensatordan vakuum–nasos yordamida uzluksiz ravishda so'rib turilishi kerak. So'rib olinishi kerak bo'lgan havoning hajmi (m^3 / s) quyidagi tenglama orqali topiladi:

$$V = MD \frac{273 + t}{760 - B},$$

(15.32)

$M = 0,0688$ – bug'dagi gaz miqdorini xarakterlovchi koeffisient; t – nasosga kirayotgan havo harorati, odatda $t = 25^{\circ}S$; B – kondensatordagi siyraklanish (vakuum), $B = 660...680$ mm simob ustuni.

NAZORAT SAVOLLARI

- 15.1. O'ta qizigan bug'ni kondensasiyalashda issiqlik almashinish yuzasi shartli ravishda necha sohaga bo'linadi?
- 15.2. Birinchi soha uchun issiqlik sarfi qanday aniqlanadi?
- 15.3. Barometrik kondensatorni hisoblash orqali nimalar aniqlanadi?
- 15.4. Barometrik trubaning diametri qanday aniqlanadi?
- 15.5. Isitish yuzasi qanday aniqlanadi?
- 15.6. Trubalarning to'rda joylashish tartibini tushuntiring?
- 15.7. Qurilmaning balandligi qanday usulda aniqlanadi?
- 15.8. Ishqalanish koeffisienti nimalarga bog'liq?
- 15.9. Mahalliy qarshiliklar koeffisienti qanday aniqlanadi?

16- Ma'ruza: Bug'latish jarayoni

Reja:

- 16.1. Jarayon haqida tushuncha
- 16.2. Bug'latish jarayonini amalga oshirilishi
- 16.3. Ko'p korpusli bug'latish qurilmalarining tuzilishi
- 16.4. Ko'p korpusli bug'latish qurilmalarining moddiy va issiqlik balans tenglamalari
- 16.5. Harorat umumiy foydali farqini aniqlash
- 16.6. Korpuslarning optimal sonini aniqlash

Tayanch iboralar: Ekstra-bug', vakuum, agent, balans, separator, emulsiya, sirkulyasiya, depressiya, interval, optimal.

Adabiyotlar 2, 3, 4, 5, 6, 7.

16.1. Jarayon haqida tushuncha

Uchuvchan bo'lmagan moddalar eritmalarini uning tarkibidagi erituvchini qaynatish paytida chiqarib yuborish yo'li bilan quyushtirish jarayoni bug'latish deb yuritiladi. Agar bug'lanish jarayoni qaynash haroratidan past haroratda suyuqlikning yuzasida ro'y bersa, bug'latish jarayonida esa bug' eritmaning butun hajmidan ajralib chiqadi.

Kimyo sanoatida ishqor, tuz va boshqa moddalarning suvli eritmaları, ayrim mineral va organik kislotalar, ko'p atomli spirtlar hamda shu kabi bir qator suyuq eritmalar bug'latiladi. Ba'zan bug'latish yordamida toza erituvchilar ham olinadi.

Bug'latish jarayonida isituvchi agent sifatida asosan suv bug'i ishlatiladi, bunday bug' birlamchi bug' deb yuritiladi. qaynayotgan eritmani bug'latish paytida hosil bo'lgan bug' ikkilamchi bug' deb ataladi. Eritmani bug'latish uchun zarur bo'lgan issiqlik miqdori devor orqali beriladi. Faqat ayrim hollarda eritmani suyultirish uchun kerak bo'lgan issiqlik tutun gazlari yoki boshqa gazsimon issiqlik tashuvchi agentlarning suyuqlik bilan o'zaro kontakti orqali beriladi.

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

Vakuum ostida bug'latish qator afzalliklarga ega: jarayonni ancha past haroratda olib borish mumkin, bu hol ayniqsa yuqori haroratda parchalanib ketishi mumkin bo'lgan moddalar eritmalarini quyuqlashtirishda juda qo'l keladi. Bundan tashqari, vakuum ta'sirida isituvchi agent va eritma harorati o'rtasidagi foydali farq ko'payadi, bu esa qurilmaning isitish yuzasini kamaytirishga olib keladi, vakuum bilan bug'latish uchun nisbatan past parametrli (harorat va bosim) isituvchi agentdan foydalanish mumkin. Vakuum ishlatilganda ikkilamchi bug'dan qaytadan birlamchi bug' sifatida foydalanish imkoni tug'iladi.

Vakuum ostida bug'latish kamchiliklardan xoli emas: vakuumni ishlatish bug'latish qurilmasining narxini oshiradi; vakuum hosil qilish uchun kondensator, tomchi ushlagich va vakuum-nasoslar kerak bo'ladi, bundan tashqari, qurilmani ishlatish uchun zarur bo'lgan sarf ham ko'payadi.

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

Sanoatda bug'latish jarayoni bir va ko'p korpusli qurilmalarda amalga oshiriladi. Asosan ko'p korpusli, ya'ni bir necha apparatlardan tashkil topgan bug'latish qurilmalari ishlatiladi. Ko'p korpusli qurilmalarning faqat birinchi korpusiga isituvchi (birlamchi) bug' beriladi, keyingi korpuslarni isitish uchun esa oldingi korpuslardan chiqqan ikkilamchi bug' ishlatiladi. Natijada isituvchi bug'ning umumiy sarfi kamayadi.

Ishlash rejimiga ko'ra bug'latish qurilmalari davriy va uzluksiz bo'ladi. Kichik masshtabdagi ishlab chiqarishlarda va ayrim vaqtda, eritmalarini yuqori konsentrasiyalargacha bug'latishda davriy ishlaydigan bug'latish qurilmalari ishlatiladi.

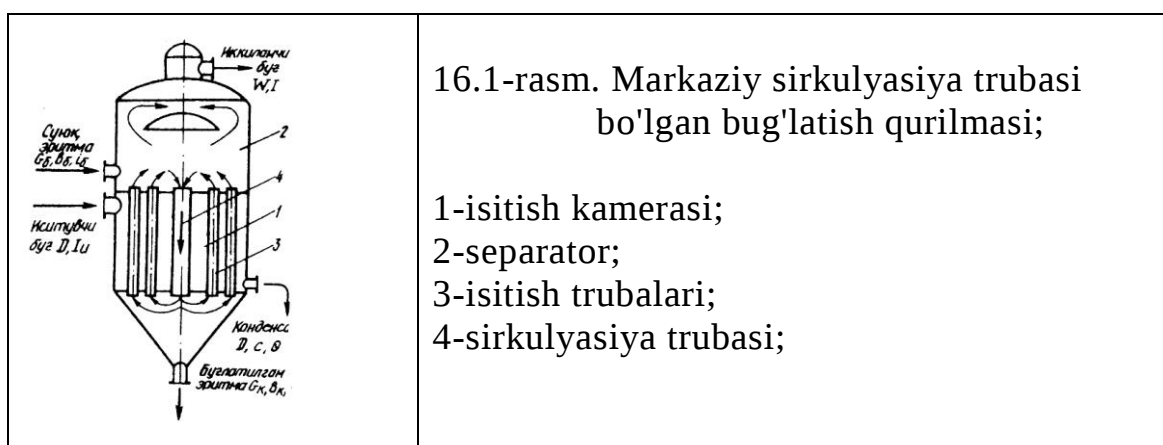
Kimyo sanoatida asosan uzluksiz ishlaydigan bug'latish qurilmalari ishlatiladi. Zamonaviy buqlatish qurilmalari ancha katta isitish yuzasiga ega, ba'zan bitta korpusning isitish yuzasi $2500m^2$ dan ortib ketadi.

16.2. Bug'latish jarayonini amalga oshirilishi

Markaziy sirkulyasiya trubasi bo'lgan uzluksiz ishlaydigan bug'latish qurilmasining ishlash prinsipini ko'rib chiqamiz (16.1- rasm). Qurilma asosan isitish kamerasi va separatoridan iborat. 16.1-rasmda tasvirlangan sxemada isitish kamerasi va separator bitta korpusda joylashgan. Isitish kamerasi separatoridan alohida joylashgan bo'lishi ham mumkin. Bunda isitish kamerasi va separator truba orqali birlashgan bo'ladi. Kamera odatda to'yingan suv bug'i bilan isitiladi. Bug' trubalar tashqarisidagi bo'shliqqa kiradi, bu erda kondensasiyalanish jarayoni yuz beradi va ajralib chiqqan issiqlik truba devorlari orqali eritmaga beriladi. Hosil bo'lgan kondensat kameraning pastki qismida joylashgan patrubka orqali tashqariga chiqariladi.

Bug'latilayotgan eritma isitish trubalari orqali yuqoriga ko'tariladi, bunda eritma qaynaydi, natijada ikkilamchi bug' hosil bo'ladi. Separatorida bug' suyuqlikdan ajratiladi. Suyuqlik tomchilaridan ajralgan ikkilamchi bug' separatorning yuqorigi qismidan tashqariga chiqariladi. Suyuqlikning bir qismi markaziy sirkulyasiya trubasi orqali qurilmaning pastki qismiga tushadi. Markaziy trubadagi suyuqlik eritma va isitish trubalari ichidagi bug'- suyuqlik emulsiyasi zichliklari o'rtasidagi farq ta'sirida uzluksiz ravishda sirkulyasiya bo'lib turadi. quyuqlashtirilgan eritma qurilmaning pastki qismida joylashgan patrubka orqali tashqariga chiqariladi.

Ayrim bug'latish qurilmalarida markaziy sirkulyasiya trubasi bo'lmaydi. Bug'latish jarayoni vakuum ostida olib borilsa, ikkilamchi bug' vakuum-nasos yordamida kondensatorga so'rib turiladi.



Моддий баланси tenglamasi. (16.1-rasmga asosan) b_o (1% hisobidagi massaviy) konsentratsiyali va kg/s hisobidagi G_b miqdorli dastlabki eritma bug'latish qurilmasiga kiradi, quyuqlashtirilgan eritmaning miqdori $G_K kg/s$, uning oxirgi konsentratsiyasi esa b_K (%) ga teng. Agar qurilmadan chiqarilayotgan erituvchi (ikkilamchi bug')ning miqdori $W(kg/s)$ bo'lsa, u holda qurilmaning moddiy balansini quyidagi tenglama bilan ifodalaymiz.

$$G_K = G_b + W$$

(16.1)

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

$$\frac{G_{\sigma} e_{\sigma}}{100} = \frac{G_{\kappa} e_{\kappa}}{100}$$

(16.2)

Amaliy hisoblashlarda dastlabki eritma sarfi G_b ning konsentrasiyasi b_{σ} va quyuvlashgan eritmaning kerakli konsentrasiyasi b_K berilgan bo'ladi. Bunda (16.1) va (16.2) tenglama orqali qurilmaning ish unumi topiladi.

Quyuvlashtirilgan eritma bo'yicha:

$$G_K = \frac{G_b b_b}{b_k}$$

(16.3)

Bug'latilayotgan suv bo'yicha:

$$W = G_b - G_K = G_b \left(1 - \frac{b_b}{b_k} \right)$$

(16.4)

16.3. Ko'p korpusli bug'latish qurilmalarining tuzilishi

Bug'latish jarayoni har xil bug'latgichlarda olib boriladi. Bug'latish qurilmalari isituvchi yuzaning konstruksiyasi va joylashuvi, issiqlik tashuvchi agentlarning yo'nalishi, sirkulyasiya turi va rejimi hamda boshqa bir kator omillarga ko'ra bir necha turlarga ajratiladi:

Isitish kamerasining konstruksiyasiga binoan bug' qobiqli, zmeevikli, osma holatda va boshqa ko'rinishda bo'lgan isitish kamerali bug'latgichlar;

Isitish yuzasining joylashuviga nisbatan vertikal, gorizontal va qiya burchakli bug'latgichlar;

Isituvchi agentning turiga ko'ra bug', gaz, yuqori haroratli isituvchi agent yoki elektr bilan isitiladigan bug'latgichlar;

Sirkulyasiya rejimi va xarakteriga ko'ra tabiiy, majburiy hamda bir va ko'p karrali sirkulyasiyaon bug'latgichlar;

Eritmani qurilmaga berib turish rejimiga ko'ra davriy va uzluksiz ishlaydigan bug'latgichlar;

Qurilmadagi bosimning qiymatiga ko'ra atmosfera bosimi, ortiqcha bosim, vakuum bilan ishlaydigan bug'latgichlar;

Korpuslarning soniga ko'ra bir va ko'p korpusli bug'latish qurilmalari;

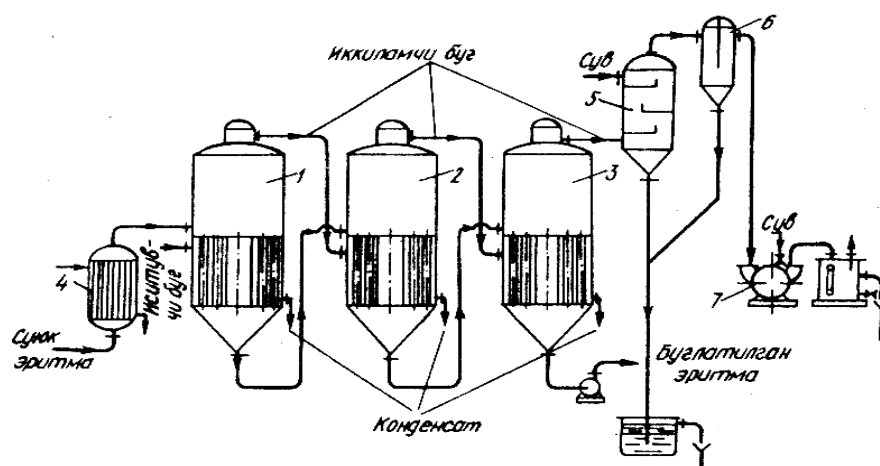
Eritma va isituvchi agentning o'zaro yo'nalishiga ko'ra bir xil, qarama-qarshi, murakkab yo'nalishli hamda eritma bilan parallel ta'minlanuvchi bug'latgichlar.

Oxirgi korpusdan chiqayotgan ikkilamchi bug'ning bosimiga ko'ra, ko'p korpusli bug'latish qurilmalari vakuum (siyraklanish) bilan va yuqori bosim ostida

ishlashi mumkin. Isituvchi bug' va bug'lanayotgan eritma oqimlarining o'zaro harakatiga ko'ra ko'p korpusli bug'latish qurilmalari bir necha sxemalarga bo'linadi:

- bir xil yo'nalishli ko'p korpusli bug'latish qurilmalari;
- qarama-qarshi yo'nalishli ko'p korpusli bug'latish qurilmalari;
- eritma bilan uzluksiz parallel ta'minlanadigan bug'latish qurilmalari;
- murakkab sxemali;
- ekstra-bug' ajratib olinadigan ko'p korpusli bug'latish qurilmalari.

Sanoatda asosan bir xil yo'nalishli qurilmalar ishlatiladi. (16.2-rasm), chunki bunday qurilmalar eng tejamli hisoblanadi. Bunday qurilmalarda kichik parametrlil suv bug'idan foydalanish mumkin. Ayrim vaqtda qurilmaning birinchi korpusini isitish uchun bug' turbinalarida ishlatilib bo'lingan suv bug'idan foydalansa bo'ladi.



16.2-rasm. Bir xil yo'nalishli uchta korpusdan iborat bug'latish qurilmasi.

1, 2, 3-bug'latish qurilmalari; 4-isitkich; 5-barometrik kondensator; 6-tomchi ushlagich; 7-vakuum-nasos.

Ko'p korpusli bug'latish qurilmasida korpuslarning soni ortib borishi bilan 1_{K2} suvni bug'latish uchun zarur bo'lgan isituvchi bug'ning sarfi kamayib boradi. Biroq, korpuslar sonining ortishi bilan haroralarning yo'qotilishi ko'payadi. Issiqlik o'tkazish jarayonining yaxshi ketishi uchun har bir korpusda haroratlarning foydali farqi (isituvchi bug' va qaynayotgan eritma haroratlarning farqi) ma'lum qiymatga ega bo'lishi shart. Bu farq tabiiy sirkulyasiya bilan ishlaydigan qurilmalar uchun kamida $5-7^{\circ}S$ va majburiy sirkulyasiya bilan ishlaydigan qurilmalar uchun kamida $3^{\circ}S$ bo'lishi kerak.

Korpuslar soni juda ko'payib ketsa, haroratlar yo'qotilishining yig'indisi qurilmadagi haroratlarning umumiy farqiga teng yoki undan ham ortib ketishi mumkin. Bunda eritmalarini bug'latish mumkin bo'lmay qoladi.

16.4. Ko'p korpusli bug'latish qurilmalarining moddiy va issiqlik balans tenglamalari

Bir korpusli bug'latish qurilmasining moddiy balans tenglamasi (16.4) ga asosan ko'p korpusli bug'latish qurilmasining modddiy balansini tuzish mumkin;

$$W = G_b \left(1 - \frac{b_b}{b_k} \right) \quad (16.5)$$

bu erda W – hamma korpuslarda bug'langan suvning umumiy miqdori; G_b - dastlabki eritma sarfi; b_b – dastlabki eritmaning konsentrasiyasi; b_k – oxirgi korpusdan chiqayotgan quyuqlashgan eritmaning konsentrasiyasi.

(16.1) va (16.2) tenglamalarga asosan ko'p korpusli bug'latish qurilmasining har bir korpusidan chiqayotgan eritmalarning konsentrasiyalarini aniqlash mumkin.

Birinchi korpus uchun:

$$e_1 = \frac{G_{\sigma} e_{\sigma}}{G_{\sigma} - W_1} \quad (16.6)$$

Ikkinchi korpus uchun:

$$b_2 = \frac{G_b b_b}{G_b - W_1 - W_2} \quad (16.7)$$

Uchinchi korpus uchun:

$$b_2 = \frac{G_b b_b}{G_b - W_1 - W_2 - W_3} \quad (16.8)$$

n- korpus uchun:

$$b = \frac{G_b b_b}{G_b - W_1 - W_2 - \dots - W_n} \quad (16.9)$$

Bug'langan suvning umumiy miqdori hamma korpuslardan ajralib chiqqan ikkilamchi bug'lar miqdorining yig'indisiga teng:

$$W = W_1 + W_2 + W_3 \dots - W_n \quad (16.10)$$

Issiqlik balansini hisoblash uchun uch korpusli bir xil yo'nalishda ishlaydigan va «ekstra-bug'» ajratib olinadigan vakuum-bug'latish qurilmasining issiqlik balansini ko'rib chiqamiz: qurilmaning birinchi korpusi to'yingan suv bug'i bilan isitiladi. Bu birlamchi bug'ning sarfi $D(kg/s)$, uning entalpiyasi $I_i(kJ/kg)$, harorati $\theta(^{\circ}S)$. Birinchi korpusdan so'ng $E_1(kg/s)$ va ikkinchi korpusdan keyin $E_2(kg/s)$ miqdorda «ekstra-bug'» ajratib olinadi. Birinchi korpusdan ikkinchi korpusga isitish uchun berilayotgan ikkilamchi bug'ning miqdori $(W_1 - E_1)$ va ikkinchi korpusdan uchinchi korpusga berilayotgan ikkilamchi bug'ning miqdori esa $(W_2 - E_2)$ ga teng, bu erda W_1 va $W_2(kg/s)$ – birinchi va ikkinchi korpuslarda bug'latilgan suvning massasi.

Bir korpusli bug'latish qurilmasining issiqlik balansi tenglamasi (16.6) ga asosan ko'p korpusli bug'latish qurilmasining issiqlik balansi tenglamalari quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

Birinchi korpus uchun:

$$Q_1 = D(J_u - c^{\circ}\Theta_1) = G_{\sigma}c_{\sigma}(t_{k_1} - t_{\sigma}) + W_1(J_1 - c_1^{\circ}t_k) + Q_{\text{конц.12}} + Q_{\ddot{u}_1} \quad (16.11)$$

Ikkinchi korpus uchun:

$$Q_2 = (W_1 - E_1)(J_1 - c_1^{\circ}\Theta_2) = (G_{\sigma} - W_1)c_1(t_{k_1} - t_{k_2}) + W_2(J_2 - c_2^{\circ}t_{k_2}) + Q_{\text{конц.2}} + Q_{\ddot{u}_2} \quad (16.12)$$

Uchinchi korpus uchun:

$$Q_3 = (W_2 - E_2)(J_2 - c_2^{\circ}\Theta_3) = (G_{\sigma} - W_2)c_2(t_{k_2} - t_{k_3}) + W_3(J_3 - c_3^{\circ}t_{k_3}) + Q_{\text{конц.3}} + Q_{\ddot{u}_3} \quad (16.13)$$

bu erda $t_b c_b$ – dastlabki eritmaning harorati va o'rtacha solishtirma issiqlik sig'imi; $t_{K_1}, t_{K_2}, t_{K_3}$ – eritmaning korpuslar bo'yicha qaynash harorati; c_1, c_2, c_3 – eritmaning korpuslar bo'yicha o'rtacha issiqlik sig'imi; Q_1, Q_2, Q_3 – isituvchi bug' bilan vaqt birligi ichida korpuslarga kiritilgan issiqlik miqdori; c_1', c_2', c_3' – isituvchi bug' kondensatining korpuslar bo'yicha o'rtacha solishtirma issiqlik sig'imi; c_1'', c_2'', c_3'' – suvning o'rtacha solishtirma issiqlik sig'imi (0S dan korpuslardagi eritmaning tegishli qaynash haroratlari oralig'ida); $Q_{\text{kons1}}, Q_{\text{kons2}}, Q_{\text{kons3}}$ – eritmaning korpuslar bo'yicha quyuqlashtirish issiqliklari; Q_{Y1}, Q_{Y2}, Q_{Y3} – korpuslardan issiqlikning atrof muhitga yo'qotilishi.

Umumiy holda n ta korpusli bug'latish qurilmasi uchun issiqlik balansi tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$Q_n = (W_{n-1} - E_{n-1})(J_{n-1} - c_n^{\circ}\Theta_1) = (G_{\sigma} - W_1 - W_2)c_{n-1}(t_{k_n} - t_{k_n}) + W_n(J_n - c_n^{\circ}t_{k_n}) + Q_{\text{конц.}n} + Q_{\ddot{u}_n} \quad (16.14)$$

Bug'latish qurilmasidagi isituvchi bug' va eritma oqimlarining harakat turiga ko'ra va boshqa shart-sharoitlarga asosan issiqlik balansi tenglamasini tashkil etuvchilarning qiymati o'zgarishi mumkin. Agar eritma birinchi korpusga qaynash haroratigacha qizdirilgan holda berilsa (ya'ni $t_b = t_{K1}$), bunda $G_b c_b = (t_{K1} - t_{\sigma}) = 0$ bo'ladi. Korpuslardan atrof muhitga yo'qotilgan issiqlik sarfi Q_1, Q_2 va Q_3 ni 3–5% deb olish mumkin. Ba'zan (masalan, isituvchi bug' va eritma oqimlari bir xil, ya'ni parallel yo'nalishda bo'lgan vakuum-bug'latish qurilmalarida) issiqlik balansining ayrim tashkil etuvchilari manfiy qiymatga ega bo'lishi ham mumkin.

Issiqlik balansi tenglamalari yordamida ko'p korpusli bug'latish qurilmasining har bir korpusi uchun issiqlik sarfi va isituvchi bug'ning kerakli miqdori aniqlanadi.

Haroratning umumiy foydali farqini aniqlash. Moddiy oqimlar bir xil yo'nalishga eta bo'lgan ko'p korpusli bug'latish qurilmasining umumiy haroratlari farqi

Δt_0 birinchi korpusni isituvchi birlamchi bug'ning harorati T_1 va kondensatorga tushgan ikkilamchi bug'ning to'yinish harorati T'_{kond} o'rtasidagi farqqa teng:

$$\Delta t_0 = T_1 - T'_{kond}$$

(16.15)

Ko'p korpusli bug'latish qurilmasidagi haroratlarning umumiy foydali farqi $\sum \Delta t_0$ ni aniqlashda korpuslardagi haroratlar yo'qotilishining yig'indisi $\sum \Delta$ hisobga olinadi:

$$\sum \Delta t_0 = T_1 - T'_{kond} - \sum \Delta$$

(16.16)

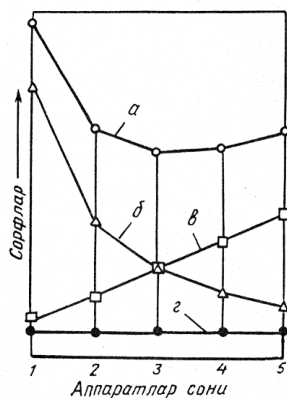
Qurilmadagi korpuslarning oralig'ida ularning ishlash rejimiga ko'ra haroratning umumiy foydali farqi taqsimlanishi kerak. $F = \frac{Q}{K\Delta t}$ tenglamaga binoan issiqlik sarfi Q va issiqlik o'tkazish koeffisienti K ning qiymati berilgan taqdirda qurilmaning isitish yuzasi (haroratlarning foydali farqi Δt ga bog'liq bo'ladi. Masalan, quyuqlashayotgan eritma qovushqoqligining ortishi bilan issiqlik o'tkazish koeffisienti K ning kamayishini haroratlarning foydali farqi ning qiymatini oshirish yo'li bilab qoplash mumkin.

Shunday qilib, bug'latish qurilmasi korpuslarining issiqlik sarfi berilganda qurilmaning umumiy isitish yuzasi- haroratlarning umumiy foydali farqining korpuslar bo'yicha taqsimlanishiga ham bog'liq bo'ladi. $\sum \Delta t$ ning qiymatini korpuslar bo'yicha turli usullar bilan taqsimlash mumkin.

Korpuslarning optimal sonini aniqlash. Ko'p korpusli bug'latish qurilmasida korpuslarning soni ortib borishi bilan $1K\epsilon$ suvni bug'latish uchun zarur bo'lgan isituvchi bug'ning sarfi kamayib boradi. Biroq korpuslar sonining ortishi bilan haroratlarning yo'qotilishi ko'payadi. Issiqlik o'tkazish jarayonining yaxshi ketishi uchun har bir korpusda haroratlarning foydali farqi (isituvchi bug' va qaynayotgan eritma haroratlarining farqi) ma'lum qiymatga ega bo'lishi shart. Bu farq tabiiy sirkulyasiya bilan ishlaydigan qurilmalar uchun kamida $5-7^\circ S$ va majburiy sirkulyasiya bilan ishlaydigan qurilmalar uchun kamida $3^\circ S$ bo'lishi kerak.

Korpuslarning soni juda ko'payib ketsa, haroratlar yo'qotilishining yig'indisi qurilmadagi haroratlarning umumiy farqiga teng yoki undan ham ortib ketishi mumkin. Bunda eritmalarni bug'latish mumkin bo'lmay qoladi.

Korpuslarning optimal sonini texnikaviy-iqtisodiy hisoblashlar yo'li bilan aniqlash maqsadga muvofiq. Bunday hisoblashlar elektron hisoblash mashinalarida ham bajarilishi mumkin. 16.3-rasmda korpuslarning optimal sonini grafik orqali topish ko'rsatilgan.



16.3-rasm. Bug'latish qurilmalarida korpusning optimal sonini aniqlash.

a-umumiy sarflar;
b-isituvchi bug'ning qiymati;
v-amortizasiya sarflari;
g-mehnat sarfi.

Vertikal o'qda 1_{K2} suvni bug'latish qiymati berilgan, gorizonttal o'qda esa korpuslarning soni ko'rsatilgan. Grafikdan ko'rinib turibdiki, korpuslarning soni ko'payishi bilan isituvchi bug'ning qiymati kamaymoqda (b — egri chizig'i), amortizasiya sarfi esa ko'paymoqda (v — chiziq), qurilmani ishlatish bilan bog'liq bo'lgan mehnat sarfi biroz o'zgarmoqda (g—chiziq).

1_{kg} suvni bug'latish bilan bog'liq bo'lgan umumiy sarfni belgilovchi egri chiziqning (a) minimumiga to'g'ri kelgan korpuslarning soni, taxminan, optimal deb olinadi.

Odatda ko'p korpusli bug'latish qurilmalaridagi korpuslarning soni 2 tadan kam va 5–6 tadan ortiq bo'lmaydi. Ko'pincha korpuslarning optimal soni 3–4 ta bo'ladi.

NAZORAT SAVOLLARI

- 16.1. Bug'latish jarayoni nima maqsadda qo'llaniladi?
- 16.2. Bug'latish qurilmalari qanday tuzilishga ega?
- 16.3. Moddiy va issilik balans tenglamalari qanday ifodalandi?
- 16.4. Umumiy va foydali haroratlar farqi qanday aniqlanadi?
- 16.5. Ko'p korpusli bug'latish qurilmalarini hisoblash tartibi.
- 16.6. Korpuslarning optimal soni qanday aniqlanadi?

17-ma'ruza Modda almashinish jarayonlari

Reja:

- 17.1. Modda almashinish jarayonining turlari
- 17.2. Fazalar tarkibini ifodalash usullari
- 17.3. Jarayonning ish chizig'i tenglamasi
- 17.4. Modda o'tish yo'llari
- 17.5. Modda o'tkazish jarayonini ifodalovchi tenglamalar
- 17.6. Modda berish tenglamasi

Tayanch iboralar: binar, diffiziya, inert tashuvchi, ekstraksiya, komponent.

Adabiyotlar 2, 3,4,5,6,7.

17.1. Modda almashinish jarayonining turlari

Bir yoki bir necha komponentlarni binar yoki ko'p komponentli aralashmalarda bir fazadan ikkinchi fazaga o'tishi ro'y bergan jarayonlar modda almashinish jarayonlari deb yuritiladi (masalan gaz yoki gaz fazasiga o'tishi). Moddalarning bir fazadan ikkinchi fazaga o'tishi molekulyar yoki turbulent diffiziya orqali o'tishi mumkin. Shuning uchun bu jarayonlar diffuzion jarayonlar deb atalishi ham mumkin.

Modda almashinish jarayonlari aktiv komponent va inert tashuvchi fazalar bilan xarakterlanadi. Aktiv komponent – bu fazadan fazaga o'tuvchi modda, inert tashuvchilarning miqdori esa jarayon davomida o'zgarmaydi.

Modda almashinish jarayonlarining harakatlantiruvchi kuchi-konsentrasiyalar farqidir.

Modda almashinish jarayonlarining ikki turi bo'lishi mumkin:

1- bir tomonlama jarayonlar- modda bir fazadan ikkinchi fazaga o'tishi bilan jarayon to'xtaydi; va 2 –ikki tomonlama jarayonlar- bunda modda bir fazadan ikkinchi fazaga ikkinchi o'tishi bilan bir vaqtda teskari harakat ham boradi.

Modda almashinish jarayonlari uch bosqichda o'tadi. 1-bosqich- aktiv komponent birinchi faza ichida tarqalib, konsentrasiyasi yuqori joydan, konsentrasiyasi kam joyga harakat qiladi.

Moddaning bir faza ichida tarqalishi modda berish jarayoni deyiladi. 2-bosqich modda ajratuvchi yuza orqali o'tishi. 3-bosqich –modda ajratuvchi yuza yaqinidan ikkinchi fazaning markaziga o'tadi – bu ikkinchi faza ichida modda berish jarayoni yuz beradi, ya'ni

birinchi bosqich – bir faza ichida modda berilishi;

ikkinchi bosqich- ajratuvchi yuza orqali modda o'tish;

uchinchi bosqich – ikkinchi faza ichida modda berilishi.

Moddaning bir fazadan ajratuvchi yuza orqali ikkinchi fazaga o'tishi modda o'tkazish jarayoni deb ataladi.

Sanoatda bir necha modda almashinish jarayonlari uchraydi:

1. Absorbsiya. Gaz aralashmasidan biror moddaning suyuq fazaga o'tishi. Absorbsiya ikki bo'lishi mumkin: fizik absorbsiya – bu gazning suyuqlikda oddiy erishi; va –xemosorbsiya- gaz suyuqlikda yutilganda kimyoviy birikma hosil bo'lishi. Absorbsiya jarayonida aktiv komponent gaz fazadan suyuq fazaga o'tadi (17.1a-rasm). Bu jarayonda ikki faza va aktiv komponent bor, va jarayon uch bosqichda o'tadi – gaz fazasida modda berilishi, ajratuvchi yuza orqali aktiv komponent o'tishi va suyuq fazadan modda berilishi. Masalan, ammiakni suvda yutilishi.

2. Suyuqliklarni haydash. Suyuq va bug' fazalar orasida komponentlar o'zaro almashinish yo'li bilan suyuq aralashmalarni komponentlarga ajratish jarayoni haydash jarayoni deyiladi. Bu jarayon issiqlik ta'sirida olib borilib, komponentlarning qaynash harorati har-xil bo'lganiga asoslanadi. Oddiy qaynash yoki murakkab haydash (rektifikasiya) jarayonlariga bo'linadi. Suyuq aralashmalar qaynatilganda oldin kichik haroratda qaynaydigan komponent bug'lanadi va shu asosdga suyuq

aralashmani komponentlarga ajratish mumkin. Bu jarayonda modda suyuq fazadan bug' fazasiga o'tishi hosil bo'ladi.

3. Ekstraksiya. Ekstraksiyaning ikki turi bor, 1-suyuqlik-suyuqlik sistemasidagi ekstraksiya (17.1 g-rasm). Bunda biror suyuqlikda eritilgan moddani boshqa suyuqlik yordamida ajratib olinadi. Aktiv komponent birinchi suyuqlikdan ikkinchi suyuqlikka o'tadi. Bu jarayon moddani turli suyuqlikda har xil erish kobiliyatiga egaligiga asoslanadi. Masalan, yod suvda eritilgan bo'lib, yodni ajratib lozim bo'lsa, bu eritmaga boshqa erituvchi qo'shiladi va bu ikkinchi erituvchida yod yaxshiroq erishi kerak. (masalan, organik erituvchilardan efir)

Qattiq modda - suyuqlik sistemasida o'tadigan ekstraksiya. Qattiq materiallardagi bir yoki bir necha komponentni erituvchi yordamida ajratib olish (17.1 d-rasm) . Aktiv komponent qattiq fazadan suyuq fazaga o'tadi (masalan, chigitdan o'simlik yog'ini ajratib olish).

4. Adsorbsiya. Gaz, bug' yoki suyuq aralashmalardan bir yoki bir necha komponent g'ovakli qattiq modda bilan yutilishi. (17.1 b-rasm). Juda katta aktiv yuzaga ega bo'lgan qattiq moddalar adsorbent (yutuvchi komponent) sifatida ishlatilish mumkin. Masalan, aktivlangan ko'mir. Bu qattiq faza bo'lsa, ikkinchi faza gaz yoki havo hamda aktiv komponent masalan, aseton bug'lari.

5. Quritish. Qattiq moddalar tarkibidagi namlikni bug' shaklida ajratib chiqarish quritish jarayoni deyiladi. (17.1 v-rasm). Bu erda aktiv komponent – suv bug'i qattiq fazadan gaz fazasiga o'tadi. Bu erda aktiv komponent – suv bug'i qattiq fazadan gaz fazasiga o'tadi. Bu jarayonda harakatlantiruvchi kuch - gaz bilan qattiq fazadagi namlikning konsentrasiyalar farqi. Bu farq harorat ortishi bilan ko'payadi, shuning uchun bu jarayon issiqlik va modda almashinish jarayoni deyiladi.

6. Kristallanish. Suyuq eritmalar tarkibidagi qattiq fazani kristall shaklida ajratib olish kristallanish jarayoni deb yuritiladi. Bu jarayonda suyuq fazadan modda qattiq fazaga o'tishi ro'y beradi.

7. Eritish jarayoni. Bu jarayon kristallanish jarayonining teskarisi bo'lib, qattiq modda suyuq fazaga o'tadi. Bu jarayon suyuqlik–suyuqlik sistemasidagi ekstraksiya jarayonini ham eslatadi.

17.2. Fazalar tarkibini ifodalash usullari

Aktiv komponentning konsentrasiyasi turlicha ifodalanilishi mumkin:

1. Hajmiy konsentrasiya – bu berilgan moddaning hajm birligiga to'g'ri kelgan miqdori, kg/mol ; $kmol/m$. kg/m^3 ; $kmol/m^3$.

2. Massaviy yoki mol qismlari bilan ifodalash – bu berilgan modda massasining butun fazaning massasiga nisbati, kg/kg ; $kmol/kmol$.

3. Nisbiy konsentrasiya – berilgan modda massasining inert tashuvchi moddaning massasiga nisbati, kg/kg ; $kmol/kmol$. kg/kg ; $kmol/kmol$.

Ikki faza berilgan bo'lsin–suyuq faza C va gaz faza Γ . Aktiv komponent faqat gaz fazada bo'lsa va uning konsentrasiyasi y . Fazalar to'qnashganda aktiv komponent gaz fazadan suyuq fazaga o'ta boshlaydi. Aktiv komponentning suyuq fazasidagi konsentrasiyasini x deb belgilaymiz. Bir necha vaqt o'tgandan keyin teskari jarayon: suyuq fazadan gaz fazasiga o'tish jarayoni ham boshlanadi. Teskari

jarayonning tezligi tarqatuvchi moddaning suyuq fazasidagi konsentrasiyasi ortishi bilan ortib boradi. Bir muddat vaqt o'tgandan so'ng gaz fazadan suyuq fazaga aktiv komponentning o'tish tezligi teskari harakat tezligiga teng bo'lib koladi. Bunda fazalar o'rtasida dinamik muvozanat hosil bo'ladi. Muvozanat paytida $\bar{x}$ ning har bir qiymatiga tegishli aniq muvozanat konsentrasiyasi $\bar{y}^*$ to'g'ri keladi. Shunindek, $\bar{y}$ ning har bir qiymatiga ma'lum muvozanat konsentrasiyasi $\bar{x}^*$ to'g'ri keladi (17a - rasm).

Muvozanat paytida fazalardagi tarqaluvchi aktiv komponentning konsentrasiyalari o'rtasida umumiy bog'liqlik bor.

$$\bar{y}^* = f(\bar{x}) \quad (17.1)$$

$$\text{yoki} \quad \bar{x}^* = f(\bar{y}) \quad (17.2)$$

bu yerda m - tarqalish koeffisienti, fazalar muvozanati doimiyligi (konstantasi) deb yuritiladi. Bu koeffitsiyent bosim, harorat va sistemaning fizik – kimyoviy xossalriga bog'liq. Bundan tashqari, $m = \bar{y}^* / \bar{x}$ tarqaluvchi komponentning fazalardagi konsentrasiyalar nisbatiga teng va muvozanat chizig'ining yotig'ligi burchagi tangensiga teng. Muvozanat chizig'i to'g'ri yoki egri chiziq bo'lishi mumkin. (17.1) ba (17.2) tenglamalar grafikda muvozanat chizig'i bilan ifodalanadi va modda o'tkazish turiga ko'ra har xil ko'rinishga ega bo'lishi mumkin (17.2- rasm). Bu yerda y – aktiv komponentning suyuqlikdagi va x – gaz fazasidagi konsentrasiyalari.

17.3. Jarayonning ish chizig'i tenglamasi

Ish chiziq tarqaluvchi komponentning suyuq va gaz fazalaridagi konsentrasiyasini haqiqiy o'zgarishini ko'rsatadi. Ish chiziq tenglamasi uzluksiz ishlaydigan modda almashinish qurilmasidagi moddiy balansidan keltirib chiqariladi (17.2-rasm). Qurilmada qarama – qarshi yo'nalishida 2 faza , cyюк L va gaz faza G harakat qiladi.

Tarqaluvchi komponentning suyuqlikdagi konsentrasiyasi x va gazdagi konsentrasiyasi y .

Umumiy moddiy balans tenglamasini yozamiz:

$$G_b + L_b = G_k + L_k$$

(17.4)

G_b, G_k – gaz fazaning boshlang'ich va oxirgi sarfi;

L_b, L_k – suyuq fazaning boshlang'ich va oxirgi sarfi;

Tarqaluvchi komponent bo'yicha moddiy balans:

$$G_b \bar{y}_b + L_b \bar{x}_b = G_k \bar{y}_k + L_k \bar{x}_k$$

(17.5)

Qurilmaning ixtiyoriy bir kesimi uchun moddiy balans tuzamiz; umumiy moddiy balans va tarqaluvchi komponent bo'yicha olingan moddiy balans tenglamalari quyidagicha ifodalanadi:

$$G_b + L = G + L_k$$

(17.6)

$$G_b \bar{y}_b + L \bar{x} = G y + L_k \bar{x}_k$$

(17.7)

bu yerda $(L_k \bar{x}_k - L \bar{x})$ - suyuq fazaga o'tgan modda miqdori

$(G_b y_b - G y)$ gaz fazadan o'tgan modda miqdoriga teng.

(17.8) tenglamadan y ni aniqlaymiz:

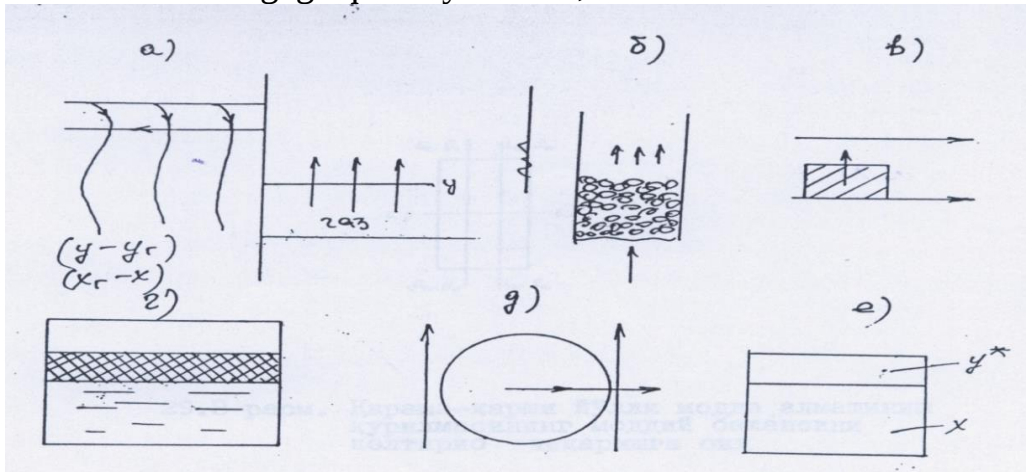
$$y = \frac{L}{G} \bar{x} + \frac{G_b \bar{y}_b - L_k \bar{x}_k}{G}$$

(17.9)

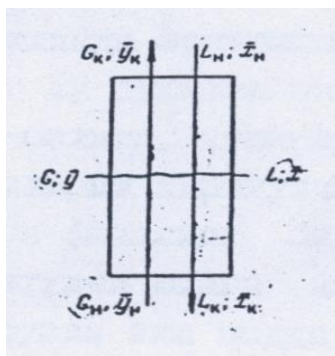
(17.9) tenglama qurilmaning ixtiyoriy bir kesimi uchun fazalardagi tarqaluvchi komponentning ish konsentratsiyalari o'rtasidagi bog'liqlikni ko'rsatadi va ish chiziq tenglamasini bildiradi. Bu tenglama to'g'ri chiziq tenglamasi bo'lib, $(y = Ax + B)$, $A = L/G$ - ish chizig'i yotig'lik burchagining tangensiga teng, $\Sigma = (G_b y_b - L_k x_k / G)$ - esa ordinata o'qidan ajratgan qirqimini ko'rsatadi.

Muvozanat va ish chiziqlarining $\bar{y} - \bar{x}$ diagrammasida o'zaro joylanishidan modda almashinish jarayonining yo'nalishini aniqlash mumkin.

Ish chiziq muvozanat chizig'idan yuqori bo'lsa $y > y^*$ modda gaz fazadan suyuq fazaga o'tadi. Ish chiziq muvozanat chizig'idan pastroq joylashgan bo'lsa $(y < y^*)$ modda suyuq yoki qattiq fazadan gaz fazasiga o'tadi. Modda doim ish chizig'idan muvozanat chizig'iga qarab yo'naladi, har bir bir sistema muvozanatga intiladi.



17.1 –расм. Qattiq materiallardagi bir yoki bir necha komponentni erituvchi yordamida ajratib olish



17.2- расм. Qarama-qarshi yo'lli modda almashinish qurilmasining moddiy balansini keltirib chiqarishga oid.

17.4. Modda o'tish yo'llari

Modda bir faza ichida tarqalishi va bir fazadan ikkinchi fazaga o'tishi molekulyar diffuziya hamda konvektiv o'tish orqali o'tadi. Konvektiv o'tish esa molekulyar va turbulent diffuziya hisobiga o'tadi.

Molekulyar diffuziya holati—mayda zarrachalarning tartibsiz harakati ta'sirida moddaning o'tishi hisoblanadi. Molekulyar diffuziya Fikning birinchi qonuni bilan ifodalanadi. Bu qonunga ko'ra, elementar yuza dF dan ma'lum vaqt $d\tau$ ichida tarqalgan moddaning miqdori dM uning konsentrasiya gradienti dc/dn ga to'g'ri proporsional bo'ladi:

$$dM = -D \cdot dF \cdot dE \cdot dc / dn; \quad M = -DFEdc / dn \quad (17.10)$$

Tenglamaning o'ng tomonidagi minus ishora molekulyar diffuziyaning tarqaluvchi komponent konsentrasiyasi kamayishi tomon o'tishini ko'rsatadi. Tenglamadagi proporsionallik koeffisienti D molekulyar diffuziya koeffisienti deb ataladi va yuza birligidan vaqt birligi ichidagi konsentrasiya gradienti 1ga teng bo'lganda tarqalgan moddaning massasini ko'rsatadi:

$$D = [Mdn / F \cdot \xi dc] = kg \cdot m^3 / m^2 \cdot c \cdot kg / s$$

Diffuziya koeffisienti fizik konstanta-o'zgarimas kattalik bo'lib, moddaning diffuziya yo'li bilan qo'zg'almas muhitga kirish qobiliyatini belgilaydi. Diffuziya koeffisienti muhitning va tarqaluvchi moddaning fizik xossalariga, harorat va bosimga bog'liq bo'lib, gidrodinamik sharoitga bog'liq emas.

Turbulent diffuziya -bu moddaning bir fazadan ikkinchi fazaga muhitning harakati natijasida o'tishi. Turbulent diffuziyaning tezligi oqimning turbulentlik darajasiga, jarayondagi gidrodinamik sharoitga bog'liq. Turbulent diffuziya molekulyar diffuziyaning tenglamasiga analogiya bo'yicha aniqlanadi:

$$dM = -\xi df \cdot dt \cdot dc / dn$$

Ya'ni turbulent diffuziya orqali o'tgan modda miqdori yuza, vaqt va konsentrasiya gradientiga to'g'ri proporsional- turbulent diffuziya koeffisienti va yuza birligidan vaqt birligi ichida konsentrasiya gradienti birga teng bo'lganda turbulent diffuziya yo'li bilan o'tgan moddaning massasini ko'rsatadi. Turbulent diffuziya koeffisienti molekulyar diffuziya koeffisienti kabi m^2 / s da o'lchanadi. Ularning farqi shundaki, turbulent diffuziya koeffisienti o'zgaruvchan kattalik bo'lib, uning qiymati jarayonning gidrodinamik sharoitlariga bog'liq (ya'ni, oqimning tezligiga

bog'liq) va turbulent diffuziya orqali o'tgan modda miqdori molekulyar diffuziya orqali o'tgan modda miqdoridan ancha katta.

Bir fazadan ikkinchi fazaga modda o'tishi molekulyar va turbulent diffuziya orqali o'tadi. Modda o'tkazish jarayoni uch bosqichda o'tishini ko'rdik. Birinchi faza ichida modda berilishi, fazalararo ajratuvchi yuza orqali o'tishi va ikkinchi faza ichida modda berilishi, bu jarayonlar juda murakkab bo'lib, modda o'tkazishning nazariy masalalari aniq chiqarilmagan. Bir necha soddalashtirilgan modellar taklif qilingan.

Bu modellar bir necha taxminlarga asoslangan:

a) qarshilik fazalardagi va chegaradagi qarshiliklardan iborat, lekin chegaradagi qarshilikni hisobga olmasa bo'ladi;

b) fazalar orasidagi ajratuvchi yuzada fazalar muvozanatda bo'ladi;

Modellarining eng oddiysi: Modda o'tkazishning Lyuis va Uitmanning ikki plyonkali modeli. Bu modelga ko'ra har bir faza qo'zg'almas yoki laminar harakat qiluvchi plyonka (gaz yoki suyuqlikning) yupqa qatlami bilan chegaralanadi. Plyonkada modda faqat molekulyar diffuziya hisobiga o'tadi, va modda berishga bo'lgan butun qarshilik shu plyonkalarda yig'ilgan. Shu sababli faqat plyonkalarda konsentrasiya gradienti bo'ladi. Bir fazadan ikkinchi fazaga o'tayotgan modda miqdorini aniqlash uchun quyidagi tenglamadan foydalaniladi:

$$m = D_1 / \delta_1 F \xi(y - y_u) = D_2 / \delta_2 \cdot f \cdot \xi(x_u - x) \quad (17.11)$$

Bu moddaning kamchiligi chegara yaqindagi haqiqiy gidrodinamik sharoit, turbulent diffuziya yo'li bilan o'tgan moddaning qismi, sistemaning fizik va geometrik kattaliklari hisobga olinmaydi (17.3-rasm).

Diffuziya chegara qatlamli model (Landau, Levich). Bu modelga ko'ra, modda o'tkazish turbulent diffuziya orqali o'tadi. (17.4-rasm). Turbulent diffuziya qovushoq qatlamda kamayib boradi. Bu erda ishqalanish kuchlari ta'sirida harakat laminar rejimga yaqinlashadi, molekulyar diffuziya yo'li bilan o'tadigan modda qismi ortadi va faqat yupqa diffuziya qatlamda modda molekulyar diffuziya orqali o'tadi. Modda o'tkazishning asosiy qarshiligi ana shu qatlamda yig'ilgan. Bu qarshilikni kamaytirish uchun fazalarning harakat tezligini oshirib plyonkaning qalinligini kamaytirish kerak.

Kontakt yuzasini yangilash modeli (Xigbi, Dankverte). Bu modelga ko'ra, modda o'tishi molekulyar diffuziya orqali o'tadi. Jarayon noturg'un bo'lib, kontakt yuzasi tezda o'zgarib turadi. Gaz yoki suyuqlikni bir qismi kontakt yuzasiga kelib boshqa fazaga yaqinlashganda modda o'tkazish yuz beradi, shuning uchun turbulent pulsasiya natijasida ikkinchi qismga keladi va shunday davom etadi.

Shunday qilib, kontakt yuzasi doim yangilanib turadi va modda o'tkazish tezligi yuzaning yangilanish tezligiga bog'liq bo'ladi.

17.5. Modda o'tkazish jarayonini ifodalovchi tenglamalar

Konvektiv modda o'tishining differensial tenglamasi:

$$\partial_0 / \partial t + \omega_x \partial_0 / \partial x + \omega_y d_0 / \partial y + \omega_z \partial_0 / \partial z = D(\partial^2 c / \partial x^2 + \partial^2 c / \partial y^2 + \partial^2 c / \partial z^2)$$

ёки

$$\frac{\partial c}{\partial t} + \omega g v a d = D \cdot \Delta^2 \cdot c$$

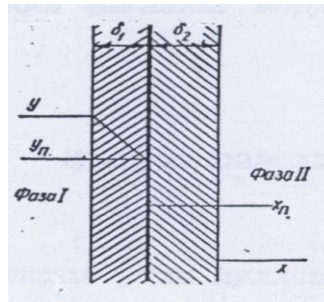
(17.12)

Tenglamadagi birinchi son $\partial c / \partial t$ vaqt birligida konsentrasiya o'zgarishini ko'rsatadi va noturg'un jarayonlarni ifodalaydi. Ikkinchi son fazalar harakati natijasida o'tgan moddani, ya'ni turbulent diffuziya qismini ko'rsatadi; uchinchi son esa molekulyar diffuziyasi natijasida o'tgan moddani ko'rsatadi. Bu tenglama harakatda bo'lgan muhitdagi komponentning tarqalish qonunini ko'rsatadi.

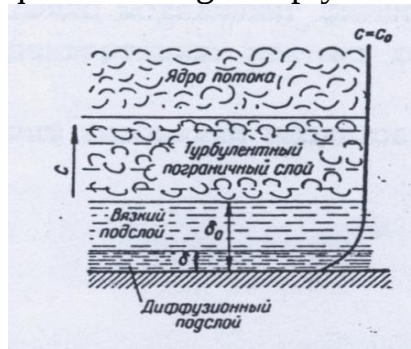
Agar muhit qo'zg'almas bo'lsa, ya'ni $w_x = w_y = w_z = 0$ bo'lsa, tenglamadagi ikkinchi son qisqartiriladi:

$$\partial c / \partial t = D(\partial^2 c / \partial x^2 + \partial^2 c / \partial y^2 + \partial^2 c / \partial z^2)$$

Birinchi tenglamada konsentrasiyadan tashqari tezlik ham o'zgaruvchan parametr bo'lgani uchun bu tenglamani echishda gidrodinamik tenglamalari (Nave-Stoks tenglamalari) bilan birgalikda echilishi kerak. Unda hosil bo'lgan tenglamalar sistemasi konvektiv modda o'tishining matematik modelini beradi. Bu tenglamalar sistemasining yechimi murakkab va shu sababli amalda hisoblash ishlarida empirik tenglamalardan foydalaniladi.



17.3- rasm. Modda o'tkazish qurilmasining ikki plyonkali modellari



17.4- rasm. Oqimning tarkibida va muhitda konsentrasiyaning o'zgarishi (Landau va Levich)

17.6. Модда бериш тенгламаси

Bir faza ichida modda tarqalishi modda berish jarayoni deb yuritiladi va bir faza ichida tarqalgan moddaning massasi M , yuza F , vaqt t va konsentrasiyalar farqi

$(y - y_i)$ ga to'g'ri proporsional deb olinadi va unda modda berish tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$M = \beta_y F \tau (y - y_i) - \text{gaz uchun}$$

$$M = \beta_x \tau (x_{ch} - x) - \text{suyuq faza uchun} \quad (17.13)$$

Proporsionallik koeffitsiyentlari β_x, β_y – modda berish koeffitsiyenti deb ataladi va vaqt birligida yuza birligidan, konsentrasiyalar farqi birga teng bo'lganda o'tgan modda massasini ko'rsatadi.

$$\beta_y = M / F \tau (y - y_u)$$

$$\beta_x = \omega / f \tau (x_{ch} - x); [kg / m^3 s \cdot kg] = [m / s]$$

$$(17.14)$$

Modda berish koeffitsiyenti moddaning fizik xossalariga (ρ, μ) muhitning gidrodinamik rejimiga (Re) qurilmaning konstruktiv tuzilishiga va uning o'lchamlariga bog'liq bo'lgan kinetik va o'zgaruvchan kattalik. Shu sababli β ning qiymatini o'lchash yoki hisoblash ancha murakkab bo'lib, o'xshashlik nazariyasi orqali aniqlanadi. Differensial tenglamalar sistemasidan o'xshashlik nazariyasi yordamida modda o'tkazish jarayonini ifodalovchi o'zgaruvchan parametrlar o'rtasidagi bog'liqlik topiladi:

$$Nu' = f(Re, Pe, Fo', \Gamma_1, \Gamma_2)$$

$$(17.15)$$

Bu tenglama modda berishning umumiy kriterial tenglamasi deb ataladi. Bu yerda formula asosiy aniqlanuvchi kriteriy bo'lib, undan modda berish koeffitsiyenti topiladi.

$$Nu' = \frac{\beta \cdot l}{D}$$

$$(17.16)$$

Nu -kriteriysi fazalar chegarasidagi modda o'tkazish intensivligini ko'rsatadi va fazaning markazidan modda o'tish tezligining diffuziya qatlamidagi modda o'tish tezligiga nisbati bilan aniqlanadi.

Fure kriteriysi

$$Fo' = \frac{\pi D}{l^2} \quad (17.17)$$

Fo – bu kriteriy noturg'un jarayonlarni ifodalaydi.

Pekle kriteriysi:

$$Pe' = \frac{\omega l}{D} \quad (17.18)$$

Pe – bu kriteriy konvektiv va molekulyar diffuziyalar orqali o'tgan modda masalarining nisbatiga teng.

Odatda Pekle kriteriysi o'rniga Prandtl kriteriysi ishlatiladi

$$\text{Pr}' = \frac{Pe'}{Re'} = \frac{\frac{\omega l}{D}}{\frac{\omega l}{\nu}} = \frac{\nu}{D} = \frac{\mu}{\rho D}$$

(17.19)

Bu kriteriy modda o'tkazish jarayoniga moddaning fizik xossalari ta'sirini hisobga oladi.

Turg'un modda berish jarayonlarida $Fr = 0$, va umumiy kriterial tenglama soddalashadi.

$$Nu = A \left(\frac{\mu}{\rho D} \right)^m \left(\frac{\omega l \rho}{\mu} \right)^n \left(\frac{l_1}{l_0} \right)^p \left(\frac{l_2}{l_0} \right)^q$$

(17.20)

Modda berish intensivligi, ya'ni modda berish koeffitsiyenti gidrodinamik rejimga (Re), moddaning fizik xossalriga (Fr), qurilmaning tuzilishi va o'lchamlariga bog'liq. Bu yerdagi koeffitsiyentlar A, m, n, p, q – tajriba yo'li bilan aniqlanadi.

NAZORAT SAVOLLARI

- 17.1. Modda almashinish jarayonining fizik ma'nosi?
- 17.2. Jarayonni harakatga keltiruvchi kuch nima?
- 17.3. Molekulyar diffuziya nima?
- 17.4. Turbulent diffuziya nima?
- 17.5. Modda almashinish turlari?
- 17.6. Fazalar muvozanati qanday ifodalanadi?
- 17.7. Jarayon ish chizig'ining tenglamasi qaysi ko'rinishda bo'ladi?
- 17.8. Muvozanat diagrammasi qanday ko'rinishda bo'ladi?
- 17.9. Moddaning konvektiv o'tish yo'llari?
- 17.10. Diffuziya koeffitsiyenti nima?
- 17.11. Turbulent diffuziya nima?
- 17.12. Nazariy modellar qanday taxminlarga asoslangan?
- 17.13. Lyuis va Untmenlarning ikki plyonkali modeli nimani o'rgatadi.
- 17.14. Landau va Levich modelining fizik ma'nosi nima?
- 17.15. Xigbi va Dankvertening kontakt yuzasini yangilash modelining ma'nosi?

18-ma'ruza Modda o'tkazish jarayonining tenglamasi

Reja:

- 18.1. Modda o'tkazish jarayoni
- 18.2. Modda o'tkazishning harakatlantiruvchi kuchi

18.3. Modda o'tkazish birligining balandligi

Tayanch iboralar: kriteriy, turg'un, konstanta, additivlik

Adabiyotlar: 1,2,3,4,5

18.1. Modda o'tkazish jarayoni

Moddaning bir fazadan ikkinchi fazaga ajratuvchi yuza orqali o'tishi modda o'tkazish jarayoni deb yuritiladi. Bir fazadan ikkinchi fazaga o'tgan moddaning massasi M , yuza F , vaqt τ va o'rtacha konsentrasiyalar farqi $(y - y^*)$ ga to'g'ri proporsional.

$$\begin{aligned} M &= K_y F \tau (y - y^*) \\ M &= K_x F \tau (x^* - x) \end{aligned} \quad (18.1)$$

Bu ikkala tenglama ham bir jarayonni ifodalaydi, birinchisi moddaning gaz fazasidagi konsentrasiyasi orqali va ikkinchisi aktiv komponentning suyuq fazadagi konsentrasiyasi orqali yozilgan.

y^*, x^* - berilgan sistemadagi muvozanat konsentrasiyasi;

y, x - fazalardagi moddaning ish konsentrasiyasi;

K_y, K_x - modda o'tkazish koeffisienti;

$(y - y^*)$ va $(x^* - x)$ - jarayonning harakatlantiruvchi kuchi bo'lib, bu son jarayon davomida o'zgarib turadi, shuning uchun hisoblashlarda o'rtacha konsentrasiyalar farqi qo'llaniladi.

$$\begin{aligned} M &= K_y \cdot F \cdot \Delta y; & M &= K_x \cdot F \Delta x \\ (18.2) \end{aligned}$$

K_y, K_x - modda o'tkazish koeffisientlari vaqt birligida fazalarning kontakt yuzasi birligidan, harakatlantiruvchi kuch birga teng bo'lganda fazadan fazaga o'tgan moddaning massasini ko'rsatadi.

$$\begin{aligned} M &= K_y \cdot F \cdot \tau (y - y^*); & M &= K_x \cdot F \cdot \tau (x^* - x) \\ (18.3) \quad & m / s, kg / (m^2 \cdot s), kg / [m^2 \cdot s (molulushlar)] s / m. \end{aligned}$$

Modda o'tkazish va modda berish koeffitsiyentlari o'rtasidagi bog'liqlikni aniqlash uchun fazalarni ajratuvchi yuzada muvozanat holat o'rnatilgan deb faraz qilinadi. Bu esa fazalarni ajratuvchi chegaradan moddaning o'tishiga qarshilik yo'q degan ma'noni bildiradi. Natijada fazaviy qarshiliklarning additivlik qoidasi kelib chiqadi. Bu qoidaga asosan K va β o'rtasida quyidagi bog'liqliklar bor:

$$\frac{1}{K_y} = \frac{1}{\beta_y} + \frac{m}{\beta_x} \quad (18.4)$$

$$\frac{1}{K_x} = \frac{1}{\beta_x} + \frac{1}{\beta_y \cdot m}$$

(18.5)

bu yerda m – muvozanat chizig'i qiyaligi burchaginig tangensi.

Bu tenglamalarning chap tomonlari moddaning bir fazadan ikkinchi fazaga o'tishi uchun umumiy qarshilikni, o'ng tomonlari esa fazalardagi modda berish jarayonlari qarshiliklarining yig'indisini bildiradi. Shu sababli (18.4) va (18.5) tenglamalar diffuziya qarshiliklarining additivlik tenglamalari deb yuritiladi.

18.2. Modda o'tkazishning harakatlantiruvchi kuchi

Modda o'tkazish jarayonining harakatlantiruvchi kuchning qiymati fazalar harakatining o'zaro yo'nalishiga va ularning o'zaro kontakt qilish uslubiga bog'liq. Modda o'tkazishning o'rtacha harakatlantiruvchi kuchi umumiy tenglama bilan aniqlanadi.

$$\Delta Y_{o'r} = (y - y_{ch}) / \int_{y_b}^{y_o} dy (y - y^*) \quad \text{yoki} \quad \Delta X_{o'r} = (x_{ch} - x_b) / \int_{x_b}^{x_o} dx (x^* - x)$$

(18.6)

Agar muvozanat chizig'i to'g'ri chiziq bo'lsa, o'rtacha harakatlantiruvchi kuch issiqlik almanish jarayoniga analogiya bo'yicha ikki xil tenglama bilan aniqlanishi mumkin (18.1-rasm)

O'rtacha logarifmik

$$Y = \frac{(y_b - y_b^*) - (y_o - y_o^*)}{2,3 \lg \frac{(y_b - y_b^*)}{(y_o - y_o^*)}} = \frac{(\Delta y_b - \Delta y_b^*)}{2,3 \lg \frac{\Delta y_{kat}}{\Delta y_{kich}}}$$

(18.7)

Agar $\Delta y_{KA} / \Delta y_{KII} < 2$ bo'lsa, o'rtacha harakatlantiruvchi kuch o'rtacha arifmetik qiymat bo'yicha topiladi:

$$\Delta Y_{o'r} = \frac{\Delta y_{kat} - \Delta y_{kich}}{2} \quad \Delta X_{o'r} = \frac{\Delta x_{kat} - \Delta x_{kich}}{2}$$

(18.8)

Modda o'tkazish jarayonlarining harakatlantiruvchi kuchi modda o'tkazish birligi soni orqali ham ifodalash mumkin. Bu sonni aniqlash uchun moddiy balans tinglamasini yozamiz.

$$M = -G \cdot dy$$

(18.9)

bu erda $M - \Phi_y$ fazadan Φ_x fazaga o'tgan modda miqdori. Xuddi shu modda massasini modda o'tkazishning asosiy tenglamasi orqali aniqlasa bo'ladi.

$$M = K \cdot F(y - y^*)_y$$

(18.10)

Bu tenglamalarni tenglashtirib

$$-Gdy = K_y F(y - y^*)_y$$

O'zgaruvchan parametrlarni ajratib, tenglamani integrallaymiz:

$$\int_{y_B}^{y_O} \frac{dy}{y - y^*} = \int_{y_B}^{y_O} \frac{K_y \cdot F}{G} \quad \text{yoki} \quad \int_{y_O}^{y_B} \frac{dy}{y - y^*} = \frac{K_y}{G} \cdot F$$

(18.11)

bu erda $\int_{y_O}^y \frac{dy}{y - y^*} = \eta_{oy}$ modda o'tkazish birligining umumiy soni deb yuritiladi va konsentratsiyaning jarayondagi haqiqiy o'zgarishini jarayonning harakatlantiruvchi kuchiga nisbatini ko'rsatadi, bu son jarayonning o'ziga xos foydali ish ko'effitsiyenti hisoblanadi.

$$n = y_B - y_O / \Delta y_y \quad \text{va} \quad n_{ox} = x_O - x_B / x_y$$

(18.12)

Modda o'tkazish birligining umumiy soni harakatlantiruvchi kuch birligiga mos kelgan ish konsentrasiyasining o'zgarishini belgilaydi.

18.3. Modda o'tkazish birligining balandligi

Moddiy balansdan bir fazadan ikkinchi fazaga o'tgan moddaning massasini aniqlaymiz:

$$M = G(y_{\delta} - y_O)$$

(18.13)

bu yerda G – gaz fazaning sarfi; y_B va y_O gaz fazasidagi dastlabki va oxirgi konsentrasiyalari.

Modda o'tkazishning asosiy tenglamasidan ham shu massani aniqlaymiz.

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

(18.14)

F – fazalar orasidagi kontakt yuza, $F = aSH$, a – a-hajm birligiga to'g'ri kelgan fazalarning kontakt yuzasi, m^2 / m^3 ; S – ko'ndalang kesim yuzasi, (m^2) ; (m^2) ; H – qatlam balandligi

$$G(y_{\delta} - y_O) = K \cdot a \cdot S \cdot H \cdot \Delta y_y$$

(18.15)

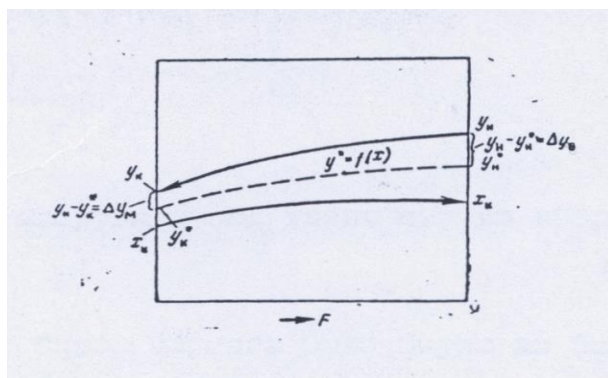
$$H = \frac{G}{KaS} \cdot \frac{y_{\delta} - y_O}{\Delta y_y} = h_{oy} \cdot \eta_{oy}$$

(18.16)

O'tkazish birligining balandligi η_{oy} jarayonning samaradorligini ko'rsatadi va bitta o'tkazish birligining soniga to'g'ri kelgan qurilma balandligini ko'rsatadi:

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

(18.17)



18.1-rasm. Modda almashinish jarayonining o'rtacha harakatlantiruvchi kuchini aniqlashga oid.

NAZORAT SAVOLLARI

- 18.1. Modda o'tkazish jarayonini ifodalovchi qanday tenglamalarni bilasiz?
- 18.2. Modda berish tenglamasi qanday ko'rinishga ega?
- 18.3. Modda berish koeffitsienti qaysi parametrlarga bog'liq va uning birligi?
- 18.4. Nu, Fo, Pe, Pr kriteriylarining fizik ma'nosi va formulalari qanday yoziladi?
- 18.5. Modda o'tkazish jarayonining qanday tenglamalarini bilasiz?
- 18.6. Jarayonni harakatga keltiruvchi kuchi nima?
- 18.7. Modda o'tkazish birligi nima?

19-ma'ruza Absorbsiya jarayoni

Reja:

- 19.1. Absorbsiya jarayoni. Jarayonning moddiy balansi
 - 19.2. Absorberlarni tuzilishi
 - 19.3. Nasadkali absorberlarni hisoblash elementlari
- Adabiyotlar: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

Tayanch iboralar: xemosorbsiya, absorber, nasadka, barbotaj, , klapan.

19.1. Absorbsiya jarayoni. Jarayonning moddiy balansi

Bug', bug'-gaz aralashmalaridagi bir yoki bir necha komponentlarni suyuqlikda yutilishi absorbsiya deb ataladi. Masalan, NH_3, CO_2, SO_3 suvda yutilishi. Yutilayotgan gaz – absorbtiv, yutuvchi suyuqlik–absorbent deyiladi. Fizik absorbsiya va kimyoviy absorbsiya (xemosorbsiya) bo'lishi mumkin: fizik absorbsiya –gazni suyuqlikda oddiy erishi, agar suyuqlikda gaz eritilganda kimyoviy birikma hosil bo'lsa- xemosorbsiya sodir bo'ladi. Fizik absorbsiya qaytar jarayon bo'lib, suyuqlikda yutilgan erigan moddaning ajratib olish mumkin. Bu teskari jarayon-desorbsiya deb ataladi. Absorbsiya gaz aralashmalaridan kerakli qimmatbaho moddalarni ajratib olish uchun, aralashmalarni zaharli moddalardan tozalash uchun va tayyor mahsulot olish uchun ishlatiladi.

Absorbsiya jarayoni absorberlarda olib boriladi.

Absorbsiya jarayonining moddiy balansi:

$$G(y_b - y_o) = L(x_b - x_o) \quad (19.1)$$

G - inert gazning sarfi, kmol/s; y_o, y_b - gaz aralashmasidagi absorbtivning dastlabki va oxirgi konsentratsiyasi, kmol/kmol inert gazga nisbatan; L - absorbent sarfi; x_b va x_o - absorbentning konsentratsiyasi, kmol/kmol.

Absorbent sarfi quyidagicha aniqlanadi:

$$L = G \frac{y_b - y_o}{x_o - x_b}; \quad (19.2)$$

Absorbentning solishtirma sarfi kmol kmol inert gazga nisbatan aniqlanadi:

$$L = \frac{L}{G} = \frac{y_b - y_o}{x_o - x_b} \quad (19.3)$$

Bu tenglamani boshqacha ko'rinishda yozish mumkin:

$$y_b - y_o = L(x_o - x_b) \quad (19.4)$$

Haqiqiy yutilgan modda miqdorini to'la yutilish paytidagi modda miqdoriga nisbati ajratib olish darajasi deb ataladi:

$$\varphi = \frac{G(y_b - y_o)}{Gy_b} = \frac{y_b - y_o}{y_b} \quad (19.5)$$

Absorbsiya jarayonining ish chizig'ini chizishda fazalarning absorberga kirishdagi (y_b, x_b) va undan chiqishdagi tarkiblarini (y_o, x_o) bilish kerak. Odatda gaz va suyuqlikning dastlabki tarkiblari (y_b, x_b) va ajratib olish darajasi φ berilgan bo'ladi. So'ngra y_o ning qiymati aniqlanadi.

Fizik absorbsiya modda o'tkazish jarayoni asosiy tenglamasi bilan ifodalanadi:

$$M = K_y \cdot F \cdot \tau \cdot \Delta y_{o'r} \quad (19.6)$$

K_y - absorbsiya koeffitsiyenti.

Absorbsiya koeffitsiyenti modda o'tkazish qarshiligining teskari qiymati hisoblanadi. Suyuq chegara qatlamdagi modda o'tkazishga bo'lgan qarshilikni $1/\beta_c$, gaz chegara qatlamdagi qarshilikni esa $1/\beta_r$ bilan belgilasak, modda o'tkashizning quyidagi tenglamasiga erishamiz:

$$K_y = \frac{1}{\frac{1}{\beta_y} + \frac{m}{\beta_x}} \quad (19.7)$$

Absorbsiyaga ko'rsatilgan qarshilik esa:

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

(19.8)

Absorbsiya koeffitsiyenti gazning suyuqlikda eruvchanligiga bog'liq.
Agar gaz suyuqlikda yaxshi eruvchan bo'lsa:

$$m \rightarrow 0, \quad \frac{m}{\beta_x} \rightarrow 0$$

$$\frac{1}{K_y} \approx \frac{1}{\beta_y}, \quad K_y = \beta_y$$

(19.9)

Absorbsiyaga ko'rsatilgan qarshilik asosan gaz fazasida bo'ladi, va absorbsiya koeffitsiyenti gaz fazasidagi modda berish koeffitsiyentiga teng bo'ladi. Masalan, ammiak NH_3 ni suvda eritilishi Agar, gaz suyuqlikda yomon eruvchan bo'lsa:
 $m \rightarrow \infty$

$$\frac{m}{\beta_x} \gg \frac{1}{\beta_y}; \quad \frac{1}{K_y} = \frac{m}{\beta_x} \quad x = \frac{1}{m} \beta_x$$

(19.10)

Butun qarshilik suyuq fazasida bo'ladi. Masalan, CO_2 suvda erishi.

Agar gaz suyuqlikda o'rtacha eruvchan bo'lsa:

$$\frac{1}{K_y} = \frac{1}{\beta_y} + \frac{m}{\beta_x} \quad K = \frac{1}{\frac{1}{\beta_y} + \frac{m}{\beta_x}}$$

(19.11)

Modda berish koeffitsiyentlari kriterial tenglamalar orqali topiladi:

$$Nu = \Delta Re^m (Fr)^n; \quad Nu = \frac{\beta_y^* l}{D}; \quad Nu = \Delta Re^m (Fr)^n; \quad Nu = \frac{\beta_x^* l}{D} \quad (19.12)$$

19.2. Absorberlarni tuzilishi

Absorbsiya jarayonlari olib boriladigan qurilmalar absorber deb ataladi. Absorberlarda suyuqlik bilan gazning kontakt yuzasi katta bo'lishi kerak. Bu kontakt yuzani hosil qilishga ko'ra absorberlar bir necha turga bo'linadi-sirti yoki plyonkali, nasadkali, tarelkali yoki barbotajli (19.1- rasm).

Sirti absorberlarda juda tez harakatlanayotgan suyuqlik yuzasidan gaz o'tadi. Kontakt yuzasi kichik bo'lgani uchun jarayonning samaradorligi va unumdorligi kam. Plyonkali absorberda (19.2-rasm) suv trubalar yuzasidan bir me'yorda yupqa plyonka holda pastga harakat qiladi. Gaz pastdan tepaga harakat qiladi. Modda o'tkazish, ya'ni gazni suyuqlikda yutilishi shu plyonkada ro'y beradi. Tuzilishi sodda, lekin metall sarfi katta.

Nasadkali absorber. Nasadka bu xar xil shakldagi qattiq kismlar- yupqa maydalangan kvars polimer halqalar, metaldan tayyorlangan to'rlar, sharlar va

halqalar, egarsimon elementlar va Rashig halqalar ishlatiladi. Bu balandligi diametriga teng bo'lgan ichi bo'sh silindrlar hisoblanadi.

Nasadka gaz va suyuqlik orasidagi kontakt yuzasini ortirish uchun qo'llaniladi. Nasadkalar maksimal solishtirma yuzaga ega bo'lishi kerak, sochilib beriluvchi suyuqlik bilan yaxshi aralashishi lozim, gaz oqimiga nisbatan kam qarshilik ko'rsatishi zarur, suyuqlikni bir xil tarqatishi, kimyoviy va mexanik jihatdan mustahkam, solishtirma og'irligi kam va narxi arzon bo'lishi kerak. (19.2-rasm)

Nasadkalar quyidagi ko'rsatkichlar bilan xarakterlanadi; 1) solishtirma yuza $Q - m^2 / m^3$; $1m^3$ hajmga ega bo'lgan nasadkaning yuzasini bildiradi.

2) Erkin hajm $y, m^3 / m^3 - 1m^3$ hajmdagi nasadkadagi bo'shliq hajmini ko'rsatadi;

3) Nasadkaning massasi; 4) Nasadkaning balandligi N, m .

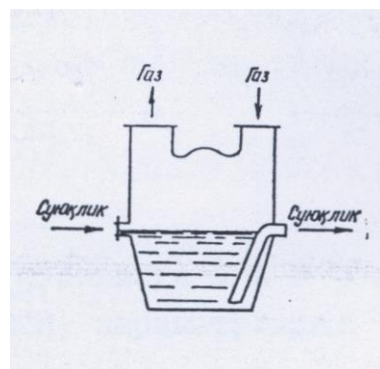
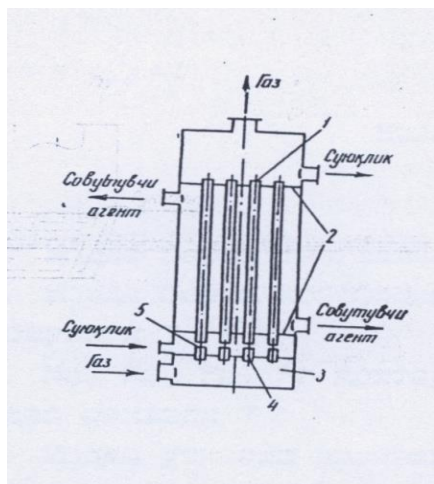
Nasadkali kolonnalarda gaz va suyuqlik qarama-qarshi harakat qiladi. Gaz to'ring tagidan beriladi va nasadka orqali tepaga harakat qiladi (19.3-rasm). Nasadka yuzasida gaz bilan suyuqlik uchrashib, shu erda absorbsiya yuz beradi.

Absorbsiyaning samaradorligi qurilmadagi gidrodinamik rejimga bog'liq. Bu rejim berilayotgan suyuqlik miqdoriga (namlanish zichligiga) va gaz harakati tezligiga bog'liq.

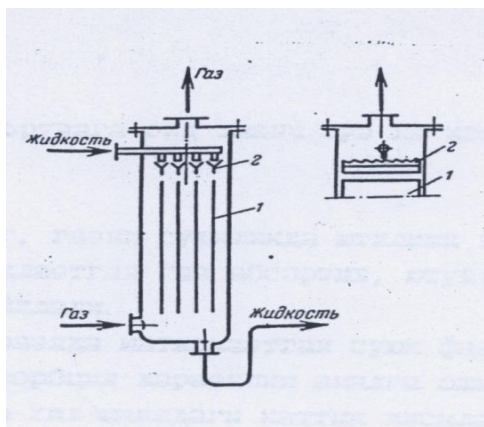
1. Plyonkali rejim-gazning tezligi kichik va berilayotgan suyuqlik miqdori kam bo'lganda ro'y beradi. Suyuqlik nasadka bo'ylab yupqa qatlam plyonka shaklida oqib tushadi. Bu rejimda fazalararo kontakt yuza kichik va jarayonning samaradorligi kam bo'ladi (19.4-rasm)

2. Oraliq rejim, bunda suyuqlik miqdori va gaz tezligi bir oz kattaroq bo'lib, suyuqlik harakatiga ishqalanish natijasida gaz to'sqinlik qiladi, plyonka qalinligi ortadi, suyuqlik va gaz orasidagi kontakt yuzasi ham ortadi, jarayonning samaradorligi bir muncha kattaroq bo'ladi.

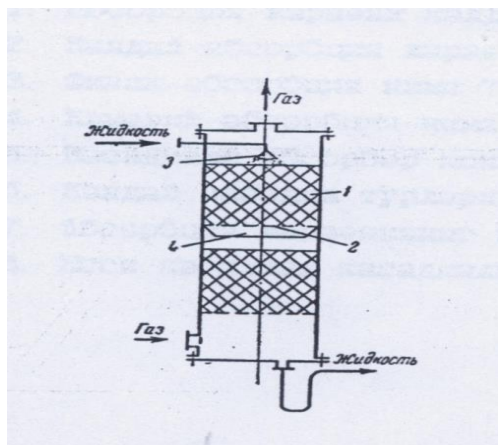
3. Emulgasion rejim. Berilayotgan suyuqlik miqdori va gaz harakati tezligi ancha ortadi. Bunda qarshilik ko'payadi va suyuqlik tezligi kamayadi. Nasadka ichida gaz suyuqlik aralashmasi hosil bo'ladi. Jarayonning eng katta samaradorligiga erishiladi. Lekin gidravlik qarshilik juda katta bo'ladi. Suyuqlik miqdori va gaz tezligi yanada oshirib borilsa u holda suyuqlik nasadka bo'ylab oqib tushmay qoladi va gaz bilan qurilmadan chiqib ketadi. Bunda jarayon to'xtaydi. 1-quruq nasadka qarshiligi; 2- ho'llangan nasadka qarshiligi; A-plyonkali rejim; V-oraliq rejim; S-emulgasiya rejimi.



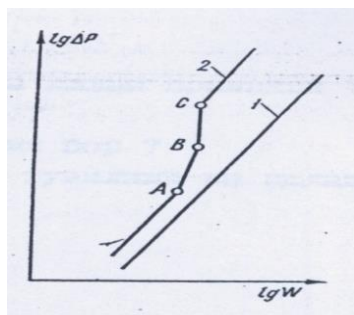
19.2—rasm. Sirti /a/ va plyonkali /b/ absorber. 1—trubalar; 2—truba to'rlari; 3-kamera;
4—gaz beriladigan shtuser; 5—absorbent teshigi.



19.3- rasm. Yassi parallel nasadkali absorber: listli nasadka; 2-taqsimlovchi moslama



19.4-rasm. Nasadkali absorber: 1-nasadka; 2-tayanch panjara; 3-suyuqlikni sochish (taqsimlash); 4-suyuqlikni qayta sochuvchi taqsimlagich



19.5-rasm. Nasadka gidravlik qarshiligi bilan kolonnadagi gaz oqimi.

19.5 Nasadkali absorberlarni hisoblash elementlari

Absorbsiya kolonnasining diametri sekundli sarf tenglamasidan aniqlanadi:

$$V_s = W_F \cdot F = W_F \frac{\pi \cdot d^2}{1} \quad D = \sqrt{\frac{4 \cdot V_s}{\pi \cdot \omega}}$$

(19.13)

bu erda W_F – fiktiv tezlik.

Namlash zichligi-kolonnaning bir m^2 yuzasiga to'g'ri kelgan suyuqlik miqdori:

$$U = \frac{L}{F} = \frac{L}{0,785 \cdot D^2} \quad (19.14)$$

Nasadkali kolonnaning gidravlik qarshiligi

$$\Delta F_x = \Delta F_q \cdot 10$$

(19.15)

ΔF_x – ho'llangan nasadkaning qarshiligi;

ΔF_q – quruq nasadkaning qarshiligi;

U - namlash zichligi;

Σ - tajriba koeffisienti, nasadkaning turiga bog'liq.

$$\Delta F_Q = \lambda \frac{h}{d_E} \cdot \frac{w^2 \cdot \rho}{2} \quad (19.16)$$

λ – qarshilik koeffitsiyenti, N - nasadka balandligi, d_E – nasadka oralig'ining ekvivalent diametri, W - haqiqiy tezlik.

$$W = \frac{w_F}{V_B} \quad d_E = \frac{V_B}{a}$$

W_F – fiktiv tezlik, V_B – bo'sh hajm, a - solishtirma yuza.

Nasadkaning balandligi modda o'tkazish tenglamasidan topiladi:

$$M = K_y \cdot F \cdot \tau \cdot \Delta Y_{o'r}; \quad F = S \cdot H \cdot a; \quad H = \frac{m}{K_y \cdot S \cdot a \cdot \Delta Y_{o'r}}$$

(19.17)

Nasadkali absorberlarning afzalligi – tuzilishi sodda, ishlatilishi qulay va ishonchli. Kamchiligi – gidravlik qarshilik katta, unumdorligi rejimga bog'liq, ifloslangan gazlar bilan ishlab bo'lmaydi.

Tarelkali absorberlar vertikal kolonnadan iborat bo'lib, ichki qismiga uning balanligi bo'ylab bir xil oraliqda gorizontol to'siqlar, ya'ni tarelkalar o'rnatilgan (19.5-rasm) tarelkalar orqali gaz va suyuqlik bir –biri bilan o'zaro to'qnashib, ularning harakati boshqariladi. Gazlarning suyuqlikdan o'tishi barbotaj deyiladi va tarelkali kolonnalar barbotajli kolonnalar ham deyiladi. Tarelkalar elaksimon, qalpoqchali, klapanli, plastinali bo'lishi mumkin.

Bu kolonnalarning samaradorligi gidrodinamik rejimga bog'liq. Gazlarning tezligi va suyuqliklarning tarelkalarda taqsimlanishga ko'ra tarelkali absorberlar uch xil rejimda ishlashi mumkin.

1. Pufakli rejim. Gazning tezligi kichik bo'lganda u suyuqlik qatlamidan alohida pufakchalar holida o'tadi. Bunda gaz bilan suyuqlikning kontakt yuzasi kichik bo'ladi, qurilmaning samaradorligi ham kam bo'ladi.

2. Ko'pikli rejim. Gazning sarfi va tezligi ortganda tarelkalarda suyuqlik–gaz dispers sistemasi, yoki ko'pik hosil bo'ladi. Bunda fazalararo kontakt yuzasi gaz

pufaklari, gaz oqimi va suyuqlik tomchilarining yuzasi bilan hosil qilinadi. Bu yuza juda katta bo'lib, jarayonning samaradorligi ham katta.

3. Oqimli rejim. Gaz tezligi yana ham ko'paytirilsa, gaz oqimi kuchayib suyuqlik qatlamidan oqim holida to'g'ri o'tib ketadi va suyuqlik bilan yaxshi aralashmaydi. Bunda kontakt yuzasi kamayib ketadi va samaradorlik ham kamayadi.

NAZORAT SAVOLLARI

- 19.1. Absorbsiya jarayoni deb qanday jarayonga aytiladi?
- 19.2. Qanday absorbsiya jarayonining turlarini bilasiz?
- 19.3. Fizik absorbsiya nima?
- 19.4. Kimyoviy absorbsiya nima?
- 19.5. Nasadkali absorber konstruksiyasi va ishlash prinsipi?
- 19.6. Qanday nasadka turlarini bilasiz?
- 19.7. Absorbsiya jarayonining nechta ish rejimi bor?
- 19.8. Yassi parallel nasadkali absorber tuzilishi va ishlash prinsipi.
- 19.9. Tarelkali absorberlar necha xil rejimda ishlaydi?
- 19.10. Nasadkali absorberni hisoblash ketma-ketligi nimalarni hisoblashdan iborat?

20-Ma'ruza Suyuqliklarni haydash

Reja:

- 20.1. Suyuqliklarni haydash jarayoni
- 20.2. Muvozanat chizig'i
- 20.3. Rektifikasiya jarayoni

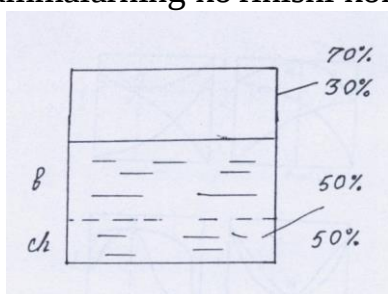
20.4. Haydash jarayonida qo'llaniladigan qurilmalar

Tayanch iboralar: Azeotrop sistema, komponent, suyuqliklarni haydash, engil uchuvchan, rektifikasiya, deflegmator, flegma.

Adabiyot: 1,2,3,4,5,6,7,8

20.1. Suyuqliklarni haydash jarayoni

Ikki yoki bir necha komponentlardan tashkil topgan bir jinsli suyuqlik aralashmasining komponentlarining bir xil haroratda turlicha uchuvchanlikga ega bo'lishiga asoslanib ajratish-haydash deb ataladi. Past haroratda qaynaydigan komponent-engil uchuvchan va yuqori haroratda qaynaydigan komponent kam uchuvchan komponent deyiladi. Suyuqliklarni haydash Konovalovning 1-qonunga asoslanadi. Bu qonunga ko'ra qaynayotgan aralashma bilan muvozanatda bo'lgan bug' doim engil uchuvchan komponent bilan boyiydi. Masalan, 50% suv + 50% spirt eritmasi berilgan bo'lsa, bu eritma qaynatilganda hosil bo'lgan bug' engil uchuvchan komponent bilan boyiydi, ya'ni hosil bo'lgan bug'ning tarkibi, masalan, 70%+30% suvdan iborat bo'lishi mumkin (20.1-rasm). Haydash jarayoni tarkib harorat, entalpiya-harorat va muvozanat chizig'i diagrammalari bilan ifodalanadi. Bu diagrammalarning ko'rinishi komponentlarning bir-birida erish qobiliyatiga bog'liq.



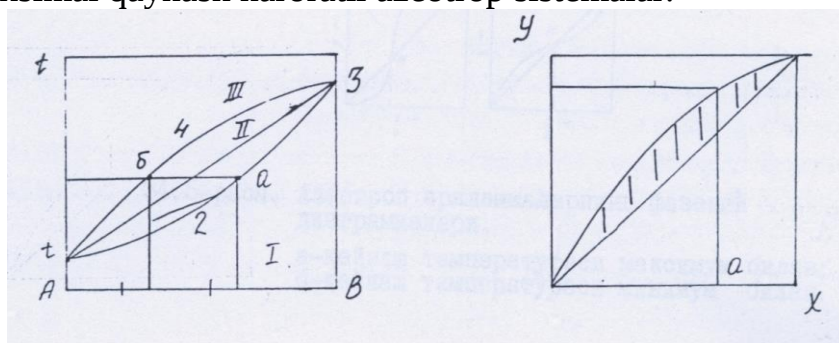
20.1-rasm (70% + 30% suv eritmasi

Bu qobiliyatga ko'ra suyuqliklar:

- 1) komponentlar o'zaro to'la va istalgan nisbatlarda eriydigan (a) a) suv- spirt;
- 2) qisman eriydigan (b) efir-suv;
- 3) erimaydigan suyuqliklarga bo'linadi (v) skipidar-suv.

O'zaro to'la eriydigan suyuqliklar 3 gruppaga bo'linadi:

- 1-o'zgarmas qaynash haroratiga ega bo'lmagan suyuqliklar (ideal suyuqliklar);
- 2- minimal qaynash haroratiga ega bo'lgan azeotrop ya'ni alohida qaynatilmaydigan suyuqliklar;
- 3- maksimal qaynash haroratli azeotrop sistemalar.



20.2-rasm. O'zgarmas qaynash haroratiga ega bo'lmagan suyuqliklarning diagrammalari

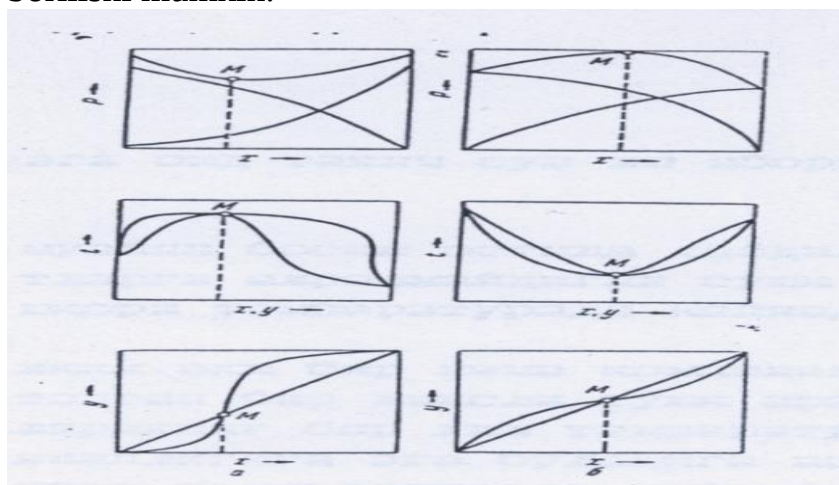
(A + B) aralashmasi, A – engil uchuvchan komponent. B – yuqori haroratda qaynaydigan suyuqlik. Vertikal o'qda harorat quyilgan A – 1EY komponentning qaynash harorati. B – 3 – ikkinchi suyuqlikning qaynash haroratini ko'rsatadi. 1 – 2 – 3 chizig'i aralashmaning tarkibiga ko'ra qaynash harorati, 1 – 4 – 3- aralashma bilan muvozanatda bo'lgan bug'ning harorati (kondensatlanish chizig'i). 1 – 2 – 3 chizig'idan

pastgi qismda I bo'lim, faqat suyuqlik bo'lishi mumkin, bug' yo'q, II –bo'limda bug' suyuqlik aralashmasi. Bu erda haydash jarayoni ro'y beradi. III –bo'limda, 1–4–3 chizig'idan balandda, faqat bug' fazasi bo'lishi mumkin. $a-b$ chizig'i o'zgarmas harorat-izoterma chizig'i, suyuq faza tarkibi va shu tarkibidagi suyuqlik bilan muvozanatda bo'lgan bug'ning tarkibini ko'rsatadi.

20.2. Muvozanat chizig'i

Binar eritmalarining muvozanat chizig'i tajriba yo'li bilan aniqlanadi (20.3-rasm). Vertikal o'qda EV komponentning bug'dagi konsentratsiyasi. Gorizonttal o'qda $X-EV$ komponentning suyuq fazasidagi konsentratsiyasi. Muvozanat chizig'i diagonal chizig'iga yaqinlashgan sari bug' fazasining tarkibi va suyuqlikning tarkibi yaqinlashadi va ularni ajratish qiyinlashadi. Bu diagrammalar o'zgarmas bosimda $P = const$ da olingan.

Mavhum qaynash haroratiga ega bo'lgan azeotrop sistemalar. Bu sistemalar $HNO_3 + H_2O$ aralashmasi misol bo'lishi mumkin (20.4-rasm). Ma'lum bir tarkibda bu aralashma o'zgarmas qaynash haroratiga ega bo'lib, bu harorat YUK komponentning qaynash haroratidan ham baland bo'ladi. HNO_3 ning 68% ajraladi, 32%-ajralmaydi. Bu aralashma o'zgarmas qaynash haroratiga ega va haydash shu tarkibgacha olib borilishi mumkin.

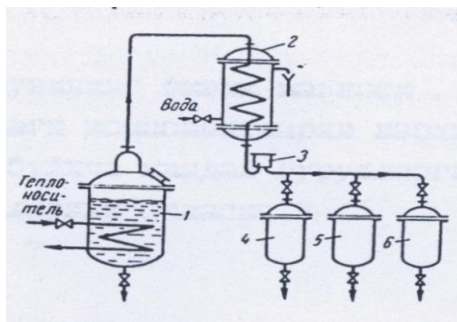


20.3-rasm. Azeotrop aralashmalarning fazoviy diagrammalari. a-qaynash harorati maksimum bilan; b-qaynash harorati minimum bilan;

Haydash turlari . Oddiy haydash; 2) suv bug'i bilan haydash; 3) molekulyar haydash; 4) murakkab haydash-rektifikasiya; 5) haydashning maxsus turlari.

Aralashma komponentlarining uchuvchanliklari o'rtasida farq ancha katta bo'lsa, yoki birlamchi ajratish uchun va murakkab aralashmalarni keraksiz qo'shimchalaridan tozalash uchun qo'llaniladi (20.4-rasm).

Aralashma haydash kubiga solinadi. Qobig'iga bug' berilib, aralashma qaynatiladi, hosil bo'lgan bug' sovitgichda kondensatlanadi, distillyat idishga yig'iladi. Haydash jarayonining dastlabki paytida ajratish yaxshi o'tadi, vaqt o'tishi bilan bug'ning tarkibi yomonlashib boradi, shunga ko'ra hosil bo'lgan distillyat har xil idishlarga yig'iladi.



20.4-rasm. Davriy ishlaydigan fraksiyalı haydash qurilmasi. 1- haydash kubi; 2- sovutkich; 3-kuzatish fonari; 4-6-distillyat yig'ıladigan idish.

20.3. Rektifikasiya jarayoni

Rektifikasiya jarayoni bir jinsli aralashmalarning ajratish turi bulib, bug' va suyuq fazalarning o'zaro ko'p marotaba kontaktiga asoslangan. Rektifikasiya jarayoni kolonnali qurilmada olib boriladi. Bir tarelkada o'tayotgan jarayonni ko'rib chiqamiz.

Yuqoridan (A+B) aralashmasi beriladi. Pastdan shu tarkibidagi bug' ko'tariladi. Bug' tarelkaga o'tib suyuqlikga kiradi va bu erda kondensatlanadi. Bunda issiqlik ajralib chiqadi va shu issiqlik ta'sirida yana bir muncha bug' ajralib chiqadi, lekin bu bug'ning tarkibi boshqa bo'ladi. Yangi ajralib chiqqan bug'da *EV* komponentning konsentrasiyasi kattaroq bo'ladi. Bu bug' keyingi tarelkaga o'tadi va u erda jarayon takrorlanadi. Suyuqlikda esa *EV* komponentning konsentrasiyasi kamayadi va bu suyuqlik pastki tarelkaga o'tadi. Shunday qilib, bug' tarelkadan tarelkaga o'tishi bilan *EV* komponent bilan boyib boradi. Kerakli tarelkalar sonini hisoblab kolonnani yuqori qismida toza *EV* komponent olishimiz mumkin va kolonnaning tubida esa ikkinchi komponent qoladi.

Ko'p komponentli aralashmalar ajratish uchun bir kolonna etarli emas. Umumiy holda ko'p komponentli aralashma haydalganda kolonnalar soni komponentlar sonidan bitta kam bo'ladi.

$$A + B + C \quad K = 3 \quad n = K - 1 = 2 \text{ soni} \quad (20.1)$$

Rektifikasiya jarayonlarini o'tkazishda asosan nasadkali, tarelkali kolonnalar ishlatiladi. Bu qurilmalar davriy va uzluksiz bo'lishi mumkin.

Vakuum ostida o'tadigan rektifikasiya uchun plyonkali va rotorli kolonnalar qo'llaniladi.

Nasadkali va barbotajli kolonnalar absorberlarga o'xshash bo'lib ulardan - deflegmator va qoida qaynatgich borligi bilan farqlanadi. Undan tashqari, rektifikasiya kolonnalarda issiqlikning yo'qotilishini oldini olish uchun ular izolyasiya qilingan bo'lishi kerak.

Qaynatgich sifatida zmeevikli, kojuxtrubali yoki boshqa isitgichlar qo'llaniladi. Bu erda kub qoldig'ining bir qismi bug'latilib qurilmaga beriladi. Ular kolonnaning ichiga joylashtirilishi mumkin yoki tashqarida bo'lsa kolonnadan pastroq joylashtirilishi kerak, tabiiy sirkulyasiya hosil kilish uchun.

Deflegmatorlar-kojux trubali sovitgich bo'lib kolonnadan chiqqan bug'ni kondensasiyalashga va flegma hosil qilish uchun qo'llaniladi.

Uzlüksiz ishlaydigan rektifikasion kolonna kolonna sxemasi quyidagicha ishlaydi: $(A+B)$ aralashmasi ta'minlovchi tarelkaga beriladi. Bu kolonnaning pastgi qismining yuqori tarelkasi. Pastdan tepaga qarab bug' beriladi. Bug' tarelkadan ko'tarilib EY komponent bilan boyiydi. Kolonnaning tepasida 100% EY komponent yig'iladi va bu bug' deflegmatorga beriladi. Deflegmator sovuq suv bilan sovitiladi. Hosil bo'lgan suyuqlik ajratkichda ikki qismga bo'linib bir qismi kolonnaga qaytariladi, bu qism flegma deb ataladi, ikkinchi qismi esa tayyor mahsulot sifatida idishlarga yig'iladi. Flegma kolonnaning eng yuqori tarelkasiga berilib suyuq fazaning pastga yo'nalgan oqimini hosil qiladi. Kolonnaning pastgi qismida toza holdagi kam uchuvchan komponentga yaqin bo'lgan suyuqlik yig'iladi. Bu suyuqlikni bir qismi qaynatgichda bug'latilib kolonnaga beriladi va bug'ni yuqoriga yo'nalgan oqimini hosil qiladi. Shu bug' rektifikasiya sarflanadigan butun issiqlik miqdorini ta'minlaydi.

Rektifikasiya jarayoni flegma soni bilan xarakterlanadi va flegma miqdori bilan kolonnaning ishi boshqariladi. Flegma soni 1kmol tayyor mahsulotga to'g'ri kelgan flegma miqdorini ko'rsatadi.

$$R = \frac{F}{D} \quad (20.2)$$

Bu son 1 dan katta bo'ladi. Kolonnaning tepa qismidan chiqayotgan bug'ning tarkibida EY komponentning konsentrasiyasi kam bo'lsa flegma miqdorini orttirish kerak.

20.4. Rektifikasiya kolonnasining hisoblash elementlari

Rektifikasiya kolonnasining tarelkalar sonini aniqlash uchun kolonnaning yuqori va pastki qismlari uchun ish chizig'i aniqlanadi. Buning uchun bu qismlar uchun moddiy balans tuziladi (20.3-rasm).

G – bug' miqdori, F – flegma miqdori, D – distillyat miqdori.

Umumiy moddiy balans:

$$G = F + D \quad (20.3)$$

EY bo'yicha moddiy balans:

$$G_y = F_x + D_x \quad (20.4)$$

Bug' tarkibidagi EY konsentrasiyasini aniqlaymiz:

$$y = \frac{F}{F + D} X + \frac{Dx_D}{F + D} (G = F + D) \quad (20.5)$$

Tenglamaning o'ng va chap tomonlarini D ko'paytiramiz va bo'lamiz:

$$y = \frac{R}{R+1} X + \frac{x_D}{R+1} \frac{F}{D} = R \quad (20.6)$$

R – flegma soni. Hosil bo'lgan tenglama kolonnaning yuqori qismining ish chizig'i. Bu tenglama to'g'ri chiziq tenglamasi $y = A_x + B_x$ va

$$A = \frac{R}{R+1}$$

(20.7)

ish chizig'ining og'ish burchagi tangensi, $\frac{x_D}{R+1} = B$ chiziqning ordinata o'qi bo'yicha ajratgan kesmasi.

Kolonnaning pastki qismi uchun moddiy balans: 20.4-rasm

$$L + F = G + W \quad (20.8)$$

$$(L + F)X = G_y + WX_w$$

L – berilayotgan suyuqlik miqdori, W – kolonnaning pastki qismida yig'ilgan kam uchuvchan komponentni miqdori (kub qoldig'i).

Berilayotgan suyuqlik miqdori asosan distillyatga va kub qoldig'iga bo'linadi:

$$L = D + W; \quad W = L - D$$

$$\frac{L}{D} = f \quad y = \frac{L+F}{F+D}x - \frac{L-D}{F+D}x_D$$

(20.9)

(20.9) kolonnaning pastki qismining ish chizig'i. U ham to'g'ri chiziq tenglamasi:

$$y = \frac{f+R}{R+1}x - \frac{1-f}{R+1}x_w; \quad \frac{R+f}{R+1} = A' = \operatorname{tg} \alpha$$

$$\frac{1-f}{F+1}x_w = B'$$

(20.10)

Bu tenglamalarni echish uchun flegma sonini aniqlash kerak.

Flegma sonini aniqlash uchun $(a - \epsilon'')$ chiziqning og'ish burchak tangensini aniqlaymiz:

$$\operatorname{tg} \alpha' = \frac{ae}{B''C} = \frac{Y_D - Y_f}{X_D - X_f}$$

(20.11)

Bu kolonnaning yuqori qismining ish chizig'i bo'lgani uchun kolonnaning yuqori qismining ish chizig'i tenglamasini ko'rib chiqamiz:

$$\frac{R}{R+1}x + \frac{X_D}{R+1} \quad \operatorname{tg} \alpha' = \frac{R_{\min}}{R_{\min} + 1} = \frac{Y_D - Y_f}{X_D - X_f}$$

EY konsentrasiyasini distillyatning bug' va suyuq fazalarida bir xil deb olsak:

$$x_D = y_D \quad R_{\min} = \frac{X_D - Y_f}{Y_f + X_f}$$

(20.12)

minimal flegma sonini aniqlaydik:

Flegma soni ortishi bilan qurilmaning balandligi kamayadi, isituchi bug' sarfi esa ortadi. $R_{\min}$ – tarelkalar soni juda kata, n maksimal $\Delta y - 0$; $\Delta Y = 0$ energiya sarfi kam.

$R \rightarrow$ kolonnani balandligi kichik, lekin $D=0$ kolonna o'z-o'ziga ishlaydi, tayyor mahsulot chiqmaydi $\Delta Y_{o'r} = R_{\max}$.

Haqiqiy flegma soni taxminiy usul bilan aniqlanadi:

$$R_x = R_{\min} \beta_R$$

(20.13)

β_R – flegmaning ko'proq olinishini hisobga oluvchi koeffitsient.

Tarelkalar sonini aniqlashning eng oddiy usuli-muvozanat chizig'i orqali aniqlash hisoblanadi. Buning uchun oddiylashtirish usulidan foydalanamiz:

$$X_D = Y_D; X_w = Y_w \quad G = \text{const} \quad \text{deb hisoblanadi.}$$

1. Muvozanat chizig'i quriladi.
2. Flegmaning minimal soni aniqlanadi.
3. Flegmani haqiqiy soni aniqlanadi.
4. Flegma sonini bila turib β aniqlanadi.
5. Bu sonlar diagrammaga masshtab bo'yicha qo'yiladi.
6. Jarayonning oxirgi nuqtasi N – topiladi-bu nuqta $X_D = Y_D$ shartga ko'ra diagonalda bo'ladi.
7. Kolonnaning yuqori qismining chizig'i quriladi.

Buning uchun N va β nuqtalar birlashtiriladi. Jarayonning boshlang'ich nuqtasi ish chizig'ining X_f chizig'i bilan to'qnashgan nuqtasida bo'ladi (0). 8. Jarayonning kolonnani pastki qismidagi oxirgi nuqtasini aniqlaymiz $M(X_w = Y_w)$. Kolonnaning pastki qismining ish chizig'ini quramiz. Konsentrasiyaning o'zgarish pog'onalarining soni aniqlanadi. Bu pog'onalarining gorizontaal kesmalar soni nazariy tarelkalar soni n ni beradi. Tarelkalarning haqiqiy soni n aniqlanadi:

$$n_{x1} = \frac{n_H}{\eta}$$

(20.14)

Azeotrop sistema - muayyan bosim ostida haydalganda komponentlarga ajralmaydigan suyuq aralashma.

Kam uchuvchan - yuqori haroratda qaynaydigan komponent.

Suyuqliklarni haydash -ikki yoki bir necha komponentlardan tashkil topgan bir jinsli suyuq aralashma komponentlarining bir xil haroratda turlicha uchuvchanligiga ega bo'lishiga asoslanib ajratish.

Yengil uchuvchan - past haroratda qaynaydigan komponent.

NAZORAT SAVOLLARI

- 20.1. Konovalov 1-qonunining fizik manosi .
- 20.2. Aralashma tarkibidagi komponentlarni izohim nimadan iborat ?
- 20.3. Suyuqliklar erishi bo'yicha qanday guruhlariga bo'linadi.
- 20.4. Qanday haydash turlarini bilasiz ?
- 20.5. Oddiy haydash nima ?
- 20.6. Rektifikatsiya jarayoni qanday amalgam oshiriladi?

21 - Ma'ruza Ekstraksiya jarayoni

Reja:

21.1. Ekstraksiya jarayoni haqida tushuncha

21.2. Modda o'tkazish jarayonining tezligi

21.3. Qattiq va suyuq fazalarni o'zaro ta'sirlashish usullari

21.4. Ekstraksiya qurilmalarining tuzilishi

Adabiyotlar:1,3,4,5,6,7,8

Tayanch iboralar: ekstraksiyalash

21.1. Ekstraksiya jarayoni haqida tushuncha

Eritmalar yoki qattiq moddalar tarkibidan bir yoki bir necha komponentlarni erituvchilar yordamida ajratib olish jarayoni ekstraksiyalash deb ataladi. Bu jarayon ikki turga bo'linadi- suyuqliklarni ekstraksiyalash va qattiq materiallarni ekstraksiyalash.

G'ovaksimon murakkab qattiq moddalar tarkibidan bir yoki bir necha komponentlarni erituvchilar yordamida ajratib olish jarayoni qattiq jism - suyuqlik sistemasida ekstraksiyalash deb ataladi. Ekstraksiyalash ishqor, kislota, tuzlarni, qand, o'simlik moylar, sharbatlar, vitaminlar, turli dorilar, rangli va nodir metallarni olishda ishlatiladi.

Ekstraksiyalash paytida kerakli komponent qattiq fazadan diffuziya orqali suyuq fazaga o'tadi. Buning uchun shu moddani eritadigan tegishli erituvchi tanlab olinishi kerak. Ekstraksiya jarayoni ikki bosqich: 1) moddaning qattiq materiallar ichki qismidan tashqi yuzasiga diffuziya yo'li bilan o'tishi 2) moddaning diffuziya jarayoni tufayli qattiq jism yuzasidan chegara qatlam orqali suyuq fazaga o'tishidan iborat. Bu jarayon noturg'un bo'lib, vaqt bo'yicha o'zgaradi.

Modda qattiq moddaning qo'zg'almas qatlam ichida o'tishi noturg'un jarayon bo'lib, uning konsentratsiyasi qattiq modda ichida ham vaqt bo'yicha, ham qalinligi bo'yicha o'zgaradi.

$$C = f(x), \quad C = f(\tau)$$

Vaqt o'tishi bilan chegaradagi aktiv komponent suyuqlikga o'tadi va qattiq modda ichida konsentratsiya gradienti va modda o'tkazuvchanlik hosil bo'ladi.

$$M = -KF\tau \frac{dc}{dx}$$

(21.1)

Bu tenglama chegaradagi modda o'tishini ifodalaydigan tenglamalar bilan birgalikda echilishi kerak. Chegaradan modda o'tishini xarakterlovchi tenglamalar ikki tenglama birgalikda ko'rilganda chiqariladi.

$$\frac{\partial^2 c}{\partial \tau} = K \left(\frac{\partial c}{\partial x} + \frac{\partial c}{\partial y} + \frac{\partial c}{\partial z} \right)$$

$$M = -KF\tau \frac{\partial c}{\partial x}$$

(21.2)

$$-K \frac{\partial c}{\partial x} = \beta \Delta c; \quad \frac{\beta \ell}{K} = Bi'$$

Harakatga keltiruvchi kuch $C - C^*$

$$\frac{C - C_{ep}}{C_{\delta} - C^*} = f\left(Bi', Fo' \frac{x}{\delta}\right)$$

(21.3)

Qattiq jism ichida modda berish jarayoni quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$M = -RF \cdot dc / dn$$

(21.4)

Ikkinchi bosqich: $M = \beta \tau F (C_r - C^*) = \beta F \tau \Delta C$

Bu tenglamalarni o'zaro tenglashtirib fazalarni ajratuvchichegaradagi modda berishning differensial tenglamasini olamiz:

$$-K \frac{dc}{dn} = \beta \Delta c$$

(21.5)

Bu tenglamani o'xshashlik nazariyasi yordamida o'zgartirib o'xshashlik kriteriysi - Bio kriteriysini topamiz:

$$Bi' = \frac{\beta \ell}{K}$$

Bu kriteriy tashqi va ichki diffuziyalar tezligi nisbatini ko'rsatadi. Bu son kichik bo'lsa, modda o'tkazish jarayonining tezligi tashqi diffuziya tezligi bilan o'lchanadi. Bio kriteriysi soni katta bo'lsa modda o'tkazish jarayonining tezligi ichki diffuziya ya'ni modda o'tkazuvchanlik orqali aniqlanadi.

21.2. Modda o'tkazish jarayonining tezligi

1. Tashqi diffuziya tezligi modda o'tkazuvchanlikga nisbatan ancha katta bo'lsa ekstraksiya tezligi modda o'tkazuvchanlik orqali aniqlanadi va ajratilgan modda miqdori:

$$M = G = \frac{D_u r}{R} F \Delta c \tau$$

(21..6)

G – ajratilgan modda miqdori, kg; R – qattiq zarrachaning o'lchami, m; F – kontakt yuzasi, m^2 ; ΔC – konsentrasiyalar farqi; D_{uq} – ichki diffuziya koeffitsiyenti.

2. Modda o'tkazuvchanlik tezligi modda berish tezligiga nisbatan ancha katta bo'lsa modda o'tkazish tezligi modda berish tezligi asosida hisoblanadi va ajratilgan modda miqdori quyidagicha aniqlanadi:

$$G_1 = \frac{D_T}{B} F \Delta c \tau \quad \frac{D_T}{\delta} = \beta$$

(21.7)

D_T – tashqi diffuziya koeffisienti; ΔC – ΔC -chegara qatlam va suyuqlik orasidagi konsentrasiyalar farqi; δ – plyonka qalinligi.

3. Modda o'tkazuvchanlik va modda berish jarayonlarning tezligini o'zaro solishtirish mumkin bo'lsa, modda o'tkazishning tezligini aniqlashda ikkala koeffisientlar D_T va D_M hisobiga olinadi.

$$G = \frac{D_u r}{R} F \tau (c_1 - c_2)$$

(21.8)

$$G_2 = \frac{D_1}{S} F \tau (c_2 - c_3) \quad C_1 - C_r = \frac{GR}{F \tau D_{ur}}$$

(21.9)

$$C_1 - C_3 = \frac{G \delta}{F \tau D_{ur}} \quad C_1 - C_3 = \frac{GR}{F \tau} \left(\frac{R}{D_{ur}} + \frac{\delta}{D_T} \right)$$

(21.10)

$$G = \frac{1}{\frac{R}{D_{ur}} + \frac{\delta}{D_1}} (C_1 - C_3) F \tau$$

(21.11)

Ekstraksiya jarayoniga qattiq jismning kimyoviy tarkibi, uning o'lchamlari, ichki tuzilishi (kanallarning tuzilishi- ochiq, yoki bir tomonlama berk qattiq jism yaqinidagi gidrodinamik holat, diffuziya qatlamining qalinligi va haroratlari ta'sir ko'rsatadi.

21.3. Qattiq va suyuq fazalarni o'zaro ta'sirlashish usullari

1. Cheklangan hajmli davriy jarayon mexanik yoki pnevmatik aralashtirgichli qurilmalarda olib boriladi. Shunga ko'ra intensiv aralashtirish yoki sekin aralashtirish usullari qo'llaniladi. Intensiv aralashtirishda qattiq modda zarrachalari o'zgaruvchan tezlikda tez harakat qiladi. Tezlik yo'nalish va kattaligi bo'yicha o'zgaradi va oqimdan biri tezroq, biri sekinroq harakat qiladi.

Natijada qattiq zarrachalarning inersiyasiga bog'liq bo'lgan oqim bilan zarrachalar yuvilishining o'zgaruvchan tezligi hosil bo'ladi. Bu inersiya rejimi bo'lib, bunda ekstraksiyalash yoki eritish jarayonlarini tezlatish uchun kerakli sharoit tug'iladi.

Jarayon sekin aralashtirishda olib borilganda qattiq zarrachalar mavhum qaynash holda bo'ladi va ularning harakati og'irlik kuchlari ta'sirida o'tadi. Bu kuch inersiya kuchidan ancha kam bo'lgani sababli oqim bilan zarrachalarni yuvilish tezligi kamroq bo'ladi.

Jarayon davom etishi bilan harakatlantiruvchi kuch kamayib boradi. Umuman davriy jarayonlarning hamma kamchiliklari ushbu holda ham saqlanib qoladi. Qattiq zarrachalar va suyuqlik bu vaqtda bir idishda bo'lib ular aralashtirgich yordamida yaqin kontaktda bo'ladi. Bunday jarayonda qattiq zarrachalarda ajralayotgan

modddaning konsentrasiyasi kamayib boradi, suyuqlikda esa ortib boradi. Jarayon noturg'un jarayonlarga kiradi.

Suyuqlik qattiq modda qatlamidan filtrlanib o'tadi. Bunda ekstraksiya jarayoni bo'lsa qatlam balandligi o'zgarmaydi. Eritish jarayonida esa qatlam balandligi kamayib boradi. Jarayon juda sekin kechadi, lekin moddalarni ajratish va filtrlash uchun qo'shimcha qurilma kerak bo'lmaydi. Qattiq modda zarrachalari bir tekis o'lchamli bo'lishi kerak.

2. Qo'zg'almas qatlamli jarayonda donasimon qattiq zarrachalar qatlamidan suyuqlik (erituvchi) o'tadi. Bu jarayon ham noturg'un bo'lib ajralayotgan modddaning konsentrasiyasi o'zgarib turadi.

3. To'g'ri yoki qarama-qarshi yo'nalishli uzluksiz jarayonni eritish va ekstraksiyalash usuli birin-ketin ulangan aralashtirgichli qurilmalarda uzluksiz olib borilishi mumkin. Bunda to'g'ri yo'nalishli va qarama-qarshi yo'nalishli jarayon o'tkazilishi mumkin. Qattiq modda va eritgich aralashmasi o'z-o'zidan qurilmadan qurilmaga o'tadi. To'g'ri yo'nalishda ΔC kamayib boradi. Qarama-qarshi yo'nalishda yangi eritma ekstraksiyalangan modda bilan to'qnashadi va konsentrasiyasi yuqori bo'lgan eritma yangi qattiq modda bilan to'qnashadi va ΔC yanada ortadi. Qattiq jism zarrachalari va erituvchi uzluksiz berilib turadi. Qurilmaning har bir kesimida o'zgarmas konsentrasiya hosil bo'ladi. Jarayon turg'un, uzluksiz.

21. 4. Ekstraksiya qurilmalarining tuzilishi

Ekstraktorlar quyidagi talablarga javob berishi kerak: 1. Qurilmaning solishtirma unumdorligi katta bo'lishi kerak. 2. Hosil bo'lgan eritmaning konsentrasiyasi iloji boricha yuqori bo'lishi kerak. 3. Oxirgi eritmaning hajm birligiga to'g'ri kelgan energiya sarfi kam bo'lishi kerak.

Ekstraksiyalash va eritish jarayonlarining qurilmalari davriy va uzluksiz bo'lishi mumkin. To'g'ri va qarama-qarshi yo'nalishli, aralashtirgichli va mavhum qaynash va qo'zg'almas qatlamli. Davriy ishlaydigan qurilmalarning unumdorligi kichik bo'lganligi sababli ular kichik hajmli ishlab chiqarishlarda ishlatiladi.

Qo'zg'almas qatlamli davriy ishlaydigan ekstraktorlar- diffuzorlar deb yuritiladi. Qo'zg'almas qatlamli qurilmalarning eng oddiysi ochiq- nutch filtrga o'xshash bo'lgan-ochiq idish bo'lib unda to'siq, setka va unga qattiq modda joylashgan bo'ladi. Tepadan pastga qarab eritgich filtrlanib qatadi va oqim bilan zarrachalarni yuvib o'tish tezligi suyuqlanish tezligi bilan bir xil bo'ladi. Jarayon tezligi va konsentrasiya kichik.

Konsentrasiya ortishi va unumdorlikni ortishi uchun germetik yopiq qurilmalarda bosim ostida o'tkaziladi. Bu qurilma yopiq nutch filtrga o'xshash bo'ladi. Diffuzorda qattiq modda qo'zg'almas qatlamda bo'lib erituvchi yuqoridan beriladi va qatlamdan o'tadi. Suyuqlik qurilmani bir tekisda to'ldirib qurilmada aralashmaydi. Va suyuqlik konsentrasiyasi tepadan pastga qarab ortib boradi. Bu diffuzorlarning bir nechtasini 10-15 ketma-ket bir-biriga ulanib batareya hosil qilinsa uzluksiz ish texnologiyasini hosil qilsa bo'ladi. Diffuzorlarni bir-biriga shunday ulash kerakki, zarur bo'lganda har birini alohida to'xtatish mumkin bo'lsin.

Hozirgi zamon uzluksiz ishlaydigan ekstraktorlar to'g'ri yo'nalishli qarama-qarshi va aralash yo'nalishli bo'lishi mumkin konstruktiv belgilariga ko'ra shnekli, rotasion, lentali, ko'p pog'onali bo'ladi.

Shnekli ekstraktorlar kamchiligi-qattiq moddaning maydalanishi, shnekli qurilmalar to'g'ri yoki qarama-qarshi yo'nalishda ishlashi mumkin. Ular ishonchli, unumdorligi yuqori, lekin metall sarfi katta, katta joy egallaydi, energiya sarfi yuqori.

Mavhum qattiq qatlamli qurilmalar. Bu qurilmalarning tuzilishi sodda, vazni engil. Jarayonning tezligi katta, ajratish darajasi yuqori.

21.5. Ekstraktorlarni hisoblash elementlari

1. Moddiy balans: G_b – ekstraksiyalashga beriladigan modda miqdori, x_b – undagi ajratilayotgan modda konsentratsiyasi, W_b – erituvchi miqdori, y_b – ajratilayotgan moddaning undagi konsentratsiyasi, W_0 – ekstrakt miqdori, y_0 – uning konsentratsiyasi, G_0 – qattiq moddaning qoldiq miqdori, x_0 – va ajratilayotgan moddaning undagi konsentratsiyasi bo'lsa, unda

Umumiy moddiy balans tenglamasi:

$$G_b + W_b = G_0 + W_0:$$

va ajratilayotgan modda bo'yicha moddiy balans tenglamasi:

$$G_b x_b + W_b y_b = G_0 x_0 + W_0 y_0; G_0 = G_b \quad (21.12)$$

va $y_b = 0$ deb olsak,

$$G_b(x_b - x_0) = W_0 y_0 \quad \text{ba} \quad y_b = 0$$

Issiqlik balansi:

Issiqlik kirishi	!	sarflanishi
-----!		

1. Qattiq modda bilan $G_b c_b$! Qattiq modda bilan: $G_0 c_0$

2. Erituvchi bilan $W_b c_w T_w$! Eritma bilan $W_0 c_w T_0$

3. Ekstraksiyaga berilayotgan ! yo'qotilgan issiqlik miqdori
 issiqlik miqdori: Q_{quyuq} ! $Q_{yo'q}$

!

Issiqlik balansi tenglamasi: !

$$G_b c_b + W_b c_w T_w + Q_{quyuq} = G_0 c_0 + W_0 c_w T_0 + Q_{yo'q} \quad (21.13)$$

Bu issiqlik balansi tenglamasida erish issiqligi hisobiga olinmagan. Ekstraktorni asosiy o'lchamlarini aniqlash. Ekstraktorning asosiy o'lchamlarini

aniqlash uchun muvozanat va ish chiziqlari quriladi. Konsentrasiya o'zgarish pog'onalarining soni aniqlanadi. $x - y$ koordinatalarida muvozanat chizig'i diagonal chiziqni tashkil qiladi. Ish chizig'i esa boshlang'ich y_b, x_b va oxirgi x_o, y_o konsentraciyasi bo'yicha aniqlanadi. Ushbu diagramma bo'yicha pog'onalar sonini aniqlab, uni ekvivalent balandlik $h_{\text{ЭКВ}}$ qiymatiga ko'paytiriladi.

$$h = nh_{\text{ЭКВ}}$$

21.6. Suyuqliklarni ekstraksiyalash

Suyuqliklarni ekstraksiyalash bu diffuziya jarayoni bo'lib, ikki bir-birida erimaydigan suyuqlik ishtirokida o'tadi va bu suyuqliklar orasida ajratilayotgan modda tarqaladi. Erituvchi suyuqlik-ekstragent, hosil bo'lgan yangi eritma - ekstrakt va dastlabki eritmaning qoldigi - rafinat deb ataladi. Hosil bo'lgan ekstrakt va rafinat bir-biridan tindirish, sentrifugalash va boshqa usullar bilan ajratiladi.

S-S sistemalarning muvozanati. Ajratilayotgan komponentning fazalar bo'yicha tarqalishi muvozanat sharti orqali aniqlanadi. Eng oddiy holatda, agar erituvchi va dastlabki suyuqlik bir-birida butunlay erimagan holda bo'lsa, muvozanat sharti quyidagicha bo'ladi: $y = mx$ va muvozanat holi tarqalish koeffisienti orqali ifodalanadi.

$$m = \frac{y^*}{x}$$

(21.14)

y – ajralayotgan modddaning ekstraktidagi konsentraciyasi, x – ajratilayotgan modddaning rafinatdagi konsentraciyasi, m – tarqalish koeffisienti. m o'zgaruvchisi bo'lsa, muvozanat ekstrakt izotermasi orqali ifodalanadi. $y^* = f(x)$ va uni ko'rinishi tajriba orqali aniqlanadi.

Suyuqliklarni ekstraksiyalashda uchta komponent (A – ekstraksiyalanayotgan suyuqlik, B – ajratilayotgan komponent va C – erituvchi) ishtirok etadi, shu sababli bu jarayonni o'rganishda uchburchakli diagrammadan foydalaniladi (Gibbs eki Rozenbaum diagrammasi). Teng tomonli uchburchaklik, uning tomonlarida komponentlarning miqdori (% hisobida ko'rsatilgan). Uchburchaklikning qirralari toza holdagi A, B va C komponentlarga to'g'ri keladi. Uchburchaklikning tomonlarida esa binar aralashmalarga to'g'ri kelgan nuqtalar joylashgan. Uchburchaklikning ichidagi har bir nuqta uch komponentli aralashmaning tarkibini ifodalaydi.

Bu tarkibni aniqlash uchun nuqtadan uchburchaklik tomonlariga parallel qilib chiziqlar o'tkaziladi va tomonlarda A, B va C komponentlarning tarkibi aniqlanadi.

Suyuqliklar bir-birida qisman erigani uchun uchburchaklik diagrammada ikki qism - gomogen - bu erda uchchala komponent bir-birida butunlay eriydi, va geterogen qism - bu erda suyuqlik ikki fazaga - rafinat va ekstraktga bo'linadi.

Bu qismlar diagrammada $DRKFE$ chiziq binodal-chiziq bilan ajralgan; RF – chiziqlar esa muvozanat chizig'i - konodlar deb ataladi. Konodlarning og'ish burchagi tarqalish koeffisientiga bog'liq. Agar aralashma D nuqtasi bilan ifodalansa,

unga erituvchi qo'shilganda aralashma hosil bo'ladi va bu aralashma tarkibi M nuqtasi bilan ifodalanadi. Bu aralashma esa ikki fazaga bo'linadi.

$$\frac{GD}{GC} = \frac{MC}{MD}$$

Hosil bo'lgan ekstrakt va rafinat miqdorlari quyidagi nisbat orqali aniqlanadi: Richag qonuni bo'yicha ikki suyuqlikni aralashgani natijasida hosil bo'lgan suyuqlik tarkibini aniqlovchi nuqta shu ikkala suyuqlik tarkibini ifodalaydigan nuqtalarni birlashtiradigan chiziqda joylashgan bo'lib, bu chiziqni ikki qismga bo'ladi va bu qismlar suyuqliklar tarkibiga teskari proporsional bo'ladi:

$$\frac{GD}{GC} = \frac{MC}{MD} \quad \frac{GR}{GE} = \frac{ME}{MR}$$

Ekstraksiya jarayoni shu binodal chiziqdan pastroq joylashgan qismdagina olib borilishi mumkin.

Agar suyuqliklar bir-birida umuman erimasa, u holda turtburchak diagrammadan foydalansa bo'ladi.

X – ajralayotgan moddaning ekstraksiyalanayotgan suyuqlikdagi konsentrasiyasi; Y – erituvchidagi konsentrasiyasi.

Ekstraksiyalashning asosiy usullari. Ekstraksiyalash 2 bosqichdan iborat- aralashtirish va ajratish hamda

- 1) bir pog'onali;
- 2) ko'p pog'onali;
- 3) qarama-qarshi oqim bilan ekstraksiyalash bo'lishi mumkin.

Ekstraktorlar uch turga bo'linadi- 1) aralashtirgich - tindirish, 2)kolonnali,(nasadkali sochib beruvchi, polkali, tarelkali, va gravitasion markazdan qochma kuch ta'sirida ishlaydigan) ekstraktorlar.

Tindirgichlarning oddiysi gorizontal joylashgan idishdir.

Murakkablari gidrosiklon, sentrifuga, markazdan qochma va separatorlar

Anorganik moddalarni suvdagi eritmasidan ekstraksiyalashda bir yoki bir necha komponentni bir eritgich yordamida ajratsa bo'ladi.

Organik moddalar aralashmasidan ekstraksiyalashni 2 usuli bor. 1)bir eritgich bilan ekstraksiyalash: bu uch komponentli sistemani ajratish uchun: 2) 4 komponentli eritmalaridan ikki erituvchi yordamida ekstraksiyalash qo'llaniladi.

Bir erituvchi bilan ekstraksiyalash ko'p qo'llaniladi va buni bir necha turi bor. 1) bir bosqichli; ko'p bosqichli; qarama-qarshi oqimda; kesishgan oqimda;

Bir bosqichli ekstraktor 2 qismga bo'linadi 1) aralashtirgich. 2) ajratish. Ajratish tindirgichlarda olib boriladi. Tindirgichlar turlicha bo'lishi mumkin-oddiy gorizontal joylashgan idish;va murakkab- gidrosiklon, sentrifuga, markazdan qochma separatorlar.

Aralashtirgichlar-injektorli, diafragmali, markazdan qochma nasosli, oddiy ventilyatorlar bo'lishi mumkin.

Eng oddiy davriy ishlaydigan bir pog'onali ekstraktor. Odatda erituvchi ekstragentning zichligi berilgan suyuqlik zichligidan kichik bo'ladi va suyuqliklar ikki qatlamga bo'linadi.

Keyin suyuqliklar har xil idishga solinadi. Agar rafinatda ajratilayotgan moddaning konsentrasiyasi katta bo'lsa, unga yana ekstragent qo'shilib jarayon takrorlanadi.

NAZORAT SAVOLLARI

- 21.1. Ekstraksiya jarayoni haqida tushuncha bering?
- 21.2. Ekstraksiya jarayoni necha turga bo'linadi?
- 21.3. Qattiq va suyuq fazalarning o'zaro qanday ta'sirlashish usullari mavjud?
- 21.4. Qanday ekstraktorlarni bilasiz?
- 21.5. Suyuqliklarni ekstraksiyalash qanday amalgam oshiriladi?
- 21.6. Ekstraktorlarda qanday hisoblash ishlari olib boriladi?

22-ma'ruza Adsorbsiya

Reja:

- 22.1. Adsorbsiya jarayoni haqida tushuncha
- 22.2. Adsorbentlarni tanlash
- 22.3. Adsorbsiya jarayoni muvozanati
- 22.4. Adsorbsiya jarayoni kinetikasi
- 22.5. Desorbsiya
- 22.6. Adsorberlarning turlari
- 22.7. Adsorberlarni hisoblash

Adabiyotlar:1,2,3,4,5,6,7,8

Tayanch iboralar: adsorbent, adsorbtiv, adsorbat, xemosorbsiya, granulometrik, seolit, desorbsiya, regenerasiya.

22.1. Adsorbsiya jarayoni haqida tushuncha

Gaz yoki suyuq faza tarkibidagi bir yoki bir necha komponentlarni qattiq jism (adsorbent) yordamida yutilish jarayoni adsorbsiya deb ataladi. Gaz yoki suyuq faza tarkibida bo'lib, adsorbsiya paytida yutilayotgan modda adsorbtiv deb yuritiladi. Adsorbent tarkibiga yutilib bo'lgan modda esa adsorbat deyiladi.

Adsorbsiya jarayoni sanoatda gazlarni tozalash va quritish, eritmalarini tozalash va tindirish hamda gaz va bug' aralashmalarini ajratish uchun ishlatiladi. Masalan, havo va boshqa gazlar aralashmalaridan uchuvchan erituvchilarni ajratish, ammiakni kontakt apparatiga berishdan oldin tozalash, tabiiy gazni quritish, koks gazidan aromatik uglevodorodlarni ajratish, plastmassa va sintetik kauchuk ishlab chiqarishlarida adsorbsiya keng ishlatilmoqda. Bu usul yordamida xom ashyo va mahsulotlarning sifatini ham yaxshilash mumkin.

Sanoat gazlarini SO_2 , CS_2 , NO_2 , NO va boshqa shu kabi birikmalardan adsorbentlar yordamida tozalash atrof muhitni muhofaza qilishga xizmat qiladi.

Adsorbsiya jarayonlari odatda desorbsiya jarayonlari bilan bog'langan bo'ladi. Adsorbent tarkibidagi yutilgan moddani ajratib chiqarish va uni adsorbsiya jarayonida qaytadan ishlatish desorbsiya deyiladi.

Qattiq jismning yuzasiga ta'sir qilayotgan kuchlarning tabiatiga ko'ra adsorbsiya ikki xil bo'ladi: fizik adsorbsiya va xemosorbsiya. Fizik adsorbsiya molekulyar kuchlarning o'zaro ta'sir etishiga asoslangan. Xemosorbsiya esa kimyoviy kuchlarning o'zaro ta'sirlanishi orqali yuz beradi.

Yutilish jarayonlari qatoriga ion almashinish ham kiradi. Ion almashinish qattiq jism va suyuqlik o'rtasida yuz beradigan murakkab diffuzion jarayon hisoblanadi. Bu jarayonda qattiq jism (ionit yoki ion almashtirgich) o'zining tarkibidagi ionlarni eritmadagi tegishli ionlar bilan almashtiradi. Masalan, tabiiy birikmalar qatoriga kirgan alyumosilikatlarning kristall panjarasi tarkibidagi K, Na, Ca metall ionlari eritmada bo'lgan boshqa kationlar bilan o'rin almashinishi mumkin. Shunday qilib, eritma tarkibidan ajratib olinishi lozim bo'lgan ion adsorbentda yutiladi va so'ngra regenerasiya yo'li bilan ajratiladi.

Suyuqlik aralashmalarini ion almashinish yo'li bilan ajratib kimyo, neft kimyosi, oziq-ovqat sanoati va boshqa sohalarda ishlatilmoqda.

22.2. Adsorbentlarni tanlash

Sanoat miqyosida ishlatiladigan adsorbentlar quyidagi talablarga javob berishi kerak:

1) tanlovchanlik-aralashma tarkibidagi tegishli komponentni yutib olish va boshqa komponentlarga esa ta'sir qilmaslik; 2) maksimal adsorbsion hajm yoki aktivlik-adsorbentning massa yoki hajm birligida yutilgan adsorbtivning miqdori; 3) adsorbentni regenerasiya qilish paytida yutilgan moddaning to'la ajralib chiqishi; 4) adsorbent granulalarining kerakli mustahkamlikka ega bo'lishligi, chunki granulalarning buzilib ketishi jarayonning gidrodinamik holatini yomonlashtiradi; 5) yutilayotgan moddalarga nisbatan kimyoviy inertlikka ega bo'lishlik; 6) narxi arzon.

Adsorbentning tanlovchanligi va uning adsorbsion hajmi adsorbent va adsorbtivning tabiatiga va molekulalarining tuzilishiga bog'liq bo'ladi. Bunda adsorbentning solishtirma yuzasi (massa yoki hajm birligidagi adsorbentning yuzasi) va adsorbent g'ovaklarining o'lchamlari muhim ahamiyatga ega. Bu ikkala kattalik bir-biri bilan uzviy bog'langan. G'ovaklarning o'lchamlari qanchalik kichik bo'lsa, adsorbentning solishtirma yuzasi shunchalik katta bo'ladi. Bu holat adsorbent aktivligini kuchaytiradi.

Adsorbentning aktivligi adsorbsiya jarayonining shart-sharoitlari (harorat, bosim, adsorbtivning muhitdagi konsentrasiyasi) ga ham bog'liq bo'ladi. Haroratning kamayishi, bosimning ko'payishi (gaz va bug'lar uchun) va aralashmadagi kerakli komponentlar konsentrasiyasining ortishi bilan adsorbentning aktivligi kuchayadi.

Adsorbentlar zarracha ichidagi kapillyar kanallarining kattaligiga qarab shartli ravishda makro-, oraliq va mikrog'ovakli bo'ladi. Makrog'ovakli adsorbentlarning kapillyar kanallarining effektiv radiuslari dan katta, oraliq g'ovaklarniki dan gacha, mikrog'ovaklarniki esa bo'ladi.

Adsorbsiya jarayonining xususiyati adsorbent g'ovaklarining kattaligi bilan xarakterlanadi. Makrog'ovakli adsorbentlarning solishtirma yuzasi kichik bo'lgani uchun bunday adsorbentning devorlarida juda kam miqdorda modda yutiladi.

Makrog'ovakli adsorbentlarda yutilayotgan molekulalar ularning kanallari orqali uzatiladi.

Oraliq g'ovakli adsorbentlarning yuzasida adsorbsiya jarayoni davomida yutilayotgan modda molekulalarining kattaligi g'ovak teshiklaridan kichik bo'lgani uchun, yutilayotgan modda qatlami hosil bo'ladi.

Mikrog'ovakli adsorbentlarda teshiklarning kattaligi yutilayotgan molekulalarining kattaligiga teng bo'lib, adsorbsiya davomida mikrog'ovaklarning hajmlari yutilayotgan molekulalar bilan to'ladi.

Adsorbentlar o'z aktivligidan qat'iy nazar zichligi, ekvivalent diametri, uyilgan zichligi, mexanik mustahkamligi, granulometrik tarkibi, solishtirma yuzasi, g'ovakligi, qatlamdagi erkin hajm kabi kattaliklar bilan xarakterlanadi.

Sanoatda adsorbent sifatida aktivlangan ko'mir, qattiq g'ovaksimon moddalar, silikagel, sellyuloza, seolitlar, tuproq jinslari, ion almashinuvchi sun'iy smolalar (ionitlar) ishlatiladi.

Aktivlangan ko'mir va har xil organik xom ashyolar (yog'och, toshko'mir, qipiq hamda teri, qog'oz va go'sht ishlab chiqarishlari qoldiqlari)ni quruq haydash va so'ngra bug' yoki kimyoviy reagentlar ta'sirida qayta ishlash natijasida olinadi. Aktivlangan ko'mirning asosiy ko'rsatkichlari ularning turiga qarab quyidagi chegaralarda o'zgaradi: solishtirma yuza $600-1700\text{m}^2/\text{g}$, mikrog'ovaklarning hajmi $0,3-0,6\text{sm}^3/\text{g}$, uyilgan zichlik $380-600\text{kg}/\text{m}^3$. Bunday ko'mirlar o'lchami $1-7\text{mm}$ ga teng bo'lgan granula yoki o'lchami $0,15\text{mm}$ dan kam bo'lgan kukun holatida ishlatiladi.

Aktivlangan ko'mirning tarkibi bir xil, yaxshi regenerasiya qilinish qobiliyatiga ega, shu sababdan bunday adsorbentlarni ko'p marotaba ishlatish imkoniyati mavjud. Kamchiligi: narxi qimmat, yonuvchan. Aktivlangan ko'mir havoda 300°S haroratda yonadi. Ko'mir changlari esa 200°S yaqin haroratda yonadi va konsentratsiyasi $17-24\text{g}/\text{sm}^3$ bo'lsa, havodagi kislorod bilan portlovchi birikma hosil qiladi.

Adsorbent sifatida silikagellar ishlatiladi, kremniy ikki oksidini termik va kimyoviy qayta ishlash yo'li bilan olinadi. Silikagellarning g'ovaklik darajasi katta: solishtirma yuzasi $300-750\text{m}^2/\text{g}$; g'ovaklarning hajmi $0,28-0,9\text{cm}^3/\text{g}$; uyilgan zichlik $500-800\text{kg}/\text{m}^3$. Afzalligi: silikagelni olish jarayonida xohlagan tarkibga erishish mumkin; regenerasiya past harorat ($100-200^{\circ}\text{C}$)da olib boriladi; yonish qobiliyatiga ega emas, mustahkam, tannarxi kam.

Adsorbent sifatida alyumogel ishlatiladi, mineral xom ashyo hisoblangan alyuminiy gidrooksidini termik qayta ishlash natijasida olinadi. Alyumogel silikagellarga nisbatan g'ovaklarning kam solishtirma yuzasiga ega ($180-200\text{m}^2/\text{g}$), boshqa ko'rsatkichlar bo'yicha silikagellarga yaqin.

Adsorbent sifatida seolitlar ishlatiladi. Bunday adsorbentlar tarkibida ishqor va ishqoriy-er metallarning oksidlarini tutgan alyumosilikatlar hisoblanadi. Seolitlarning suvni yutish qobiliyati katta bo'lgani sababli ular gazlarni quritishda hamda suyuqlik va gazlarni tozalash uchun ishlatiladi. Seolit zarrachalarining kattaligi $2-5\mu\text{m}$, uyilish zichligi esa $600-800\text{kg}/\text{m}^3$ bo'ladi.

Sanoatda adsorbent sifatida eritmalarni har xil pigmentlardan tozalash uchun tuproq jinslari ishlatiladi. Tuproq jinslari tabiatda keng tarqalgan bo'lib, narxi arzon, uyilish zichligi $400-450 \text{ kg} / \text{m}^3$. Tuproq jinslarining solishtirma yuzasi boshqa sanoatda ishlatiladigan adsorbentlarga nisbatan ancha kichik ($35-150 \text{ m}^2 / \text{g}$).

Adsorbent sifatida ionitlar ishlatiladi, tabiiy va sun'iy holatda anorganik hamda organik birikmalar tarzida bo'lishi mumkin. Sanoatda ko'pincha zarrachalari sferik shaklda bo'lgan ion almashinuvchi smolalar (ionitlar) issiqlik va gidroelektrostansiyalarda suvlarni yumshatish hamda qand sharbatini har xil ionlardan tozalashda, sanoatning chiqindi suvlaridan qimmatbaho moddalarni ajratib olishda keng ishlatiladi.

Adsorbentlar statik va dinamik aktivlik bilan xarakterlanadi. Adsorbent ma'lum vaqt ishlagandan so'ng adsorbentivni to'la yutmay qo'yadi, bunda adsorbentiv adsorbent qatlamidan yutilmasdan o'tib ketadi. Bunday jarayon yutiluvchi komponentning o'tib ketishi deyiladi. Shu paytda qurilmadan chiqib ketayotgan gaz aralashmasida adsorbentivning miqdori ko'payib, muvozanat holatigacha boradi. Adsorbsiya jarayonining boshlanishidan adsorbentivning adsorbent qatlamidan o'tib ketishigacha bo'lgan vaqtda adsorbent massasi birligida yutilgan modda miqdori adsorbentning dinamik aktivligini belgilaydi.

Adsorbsiya jarayonining boshlanishidan to muvozanat holat yuz berguncha adsorbent massasi birligida yutilgan modda miqdori adsorbentning statik aktivligini xarakterlaydi. Dinamik aktivlik statik aktivlikdan kam bo'ladi. Shu sababli adsorbentning sarfi uning dinamik aktivligi bo'yicha topiladi.

22.3. Adsorbsiya jarayoni muvozanati

Adsorbsiya paytidagi muvozanat adsorbentning massa yoki hajm birligida yutilgan modda miqdorining harorat hamda yutilishi lozim bo'lgan moddaning bug'-gaz aralashmasidagi (yoki eritmadagi) konsentratsiyasiga bog'liqligi bilan xarakterlanadi.

Adsorbsiyadagi muvozanat konsentrasiyalari o'rtasidagi bog'liqlik quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$\bar{X}^* = f(\bar{Y}, T), \quad (22.1)$$

Agar harorat o'zgarmas bo'lsa

$$\bar{X}^* = \varphi(\bar{Y}), \quad (22.2)$$

bu erda $\bar{X}^*$ –gaz yoki suyuqlik fazasidagi adsorbentivning konsentrasiyasi bilan muvozanatda bo'lgan yutilayotgan komponentning adsorbentdagi nisbiy massaviy ulushi, $\text{kg adsorbentiv} / \text{kg adsorbent}$; $\bar{Y}$ –gaz yoki suyuqlik fazasidagi adsorbentivning nisbiy massaviy ulushi, $\text{kg adsorbentiv} / \text{kg gaz yoki suyuqlik fazasining tashuvchisi}$.

Adsorbentivning tarkibi $\bar{Y}$ ni uning bug'-gaz aralashmasidagi parsial bosimi orqali ifodalash mumkin:

$$\bar{X}^* = f'(P) \quad (22.3)$$

$\bar{X}^* = \varphi(\bar{Y})$ va $\bar{X}^* = f'(P)$ bog'liklar adsorbsiya paytidagi muvozanat chiziqlarini yoki adsorbsiya izotermalarini ifoda qiladi. Adsorbsiya izotermasi g'ovaksimon qattiq jismlarning adsorbsion xossalari belgilaydigan muhim xarakteristikasi hisoblanadi. Izotermaning konkret shakli adsorbent va yutilayotgan moddaning xossalari va ular o'rtasidagi o'zaro ta'sir qilish kuchlariga bog'liq bo'ladi.

Adsorbsiya jarayonining moddiy balansi uning davriy yoki uzluksiz rejimda olib borilishiga qarab tuziladi. Odatda jarayon uzluksiz ravishda olib borilganda qarama-qarshi oqimlardan foydalaniladi. Bunday jarayon uchun moddiy balans tenglamasi quyidagicha ifoda qilinadi:

$$L(a_o - a_{\bar{o}}) = G(c_{\bar{o}} - c_o)$$

(22.4)

bu erda L – adsorbentning sarfi, $\kappa z / c$; G – tashuvchi gazning sarfi, $\kappa z / c$; a_o va $a_{\bar{o}}$ – yutilayotgan moddaning adsorbentdagi boshlang'ich va oxirgi tarkibi; c_o – yutilayotgan moddaning adsorbsiya paytida chiqib ketayotgan gazlardagi o'rtacha tarkibi; $c_{\bar{o}}$ – adsorbentning tashuvchi gazdagi tarkibi.

Adsorbsiya jarayoni issiqlik ajralishi bilan boradi. Ajralib chiqqan issiqlik sistemadagi haroratning ko'tarilishiga olib keladi, bu holat adsorbentning aktivligini susaytiradi. Ushbu issiqlikning miqdori oqimning massaviy tezligi, uning issiqlik sig'imi va issiqlik o'tkazuvchanligiga hamda adsorbentning fizik xarakteristikalariga, atrof muhitga yo'qolgan issiqlikning miqdori va adsorbsiya issiqligiga bog'liq bo'ladi. Shuning uchun sanoat miqyosida adsorbsiya jarayoni amalga oshirilganda ajralib chiqqan issiqlikni sarflaydigan qurilmadan foydalaniladi.

22.4. Adsorbsiya jarayoni kinetikasi

Adsorbsiya jarayonidagi modda o'tkazish ikki bosqichdan iborat: tashqi diffuziya va ichki diffuziya. Tashqi diffuziyaning tezligi asosan jarayonning gidrodinamik holati bilan, ichki diffuziyaning tezligi esa adsorbentning tuzilishi va adsorbsion sistemaning fizik – kiyoviy xossalari bilan xarakterlanadi.

Tashqi modda o'tishning tezligi quyidagi bog'liqlik bilan aniqlanadi:

$$\frac{d_{\alpha}}{d_{\tau}} = \beta(C - C_{\bar{o}})$$

(22.5)

bu erda α - yutilgan moddaning miqdori; τ - vaqt; C - yutilayotgan komponentning bug'-gaz aralashmasi konsentrasiyasi; $C_{\bar{o}}$ - yutilayotgan komponentning adsorbent yuzasidagi konsentrasiyasi; β - adsorbentning hajm birligiga nisbatan olingan modda berish koeffitsienti.

Ichki modda o'tishining tezligi esa molekulyar diffuziya tenglamasi bilan ifodalanadi:

$$\frac{dc}{d\tau} = D_3 \left(\frac{d^2c}{dx^2} + \frac{d^2c}{dy^2} + \frac{d^2c}{dz^2} \right),$$

(22.6)

bu erda D_3 -diffuziyaning effektiv koeffisienti.

Ushbu tenglamani integrallash uchun boshlang'ich va chegara shartlarini hisobga olish kerak. Odatda jarayon davomida D_3 ning qiymati o'zgarmas deb olinadi.

Adsorbent donasining ichidagi modda o'tishning tezligi tashqi diffuziya orqali modda o'tishning tezligiga nisbatan anchagina kam bo'ladi, shu sababdan yutilayotgan moddaning adsorbent donasi yuzasidagi konsentrasiyasini adsorbentning aralashma hajmidagi konsentrasiyaga teng deb olinadi.

Kinetik koeffisient hisoblangan $\beta(c^{-1})$ ni aniqlash uchun adsorbsiyaning kinetikasini ifodalaydigan quyidagi kriterial tenglama tipidan foydalaniladi:

$$Nu' = A Re^m (Pr)^n$$

(22.7)

bu erda Nu' va Pr – Nusselt va Prandtl diffuzion mezoni; Re – Reynolds mezoni; A, m va n – tajriba yo'li bilan aniqlanadigan doimiy qiymatlar.

Masalan, aktiv ko'mir yordamida bug'larni adsorbsiyalash uchun ($d_3 = 1,7 \div 2,2 \text{ mm}$, $w_r = 0,3 \div 2 \text{ m/c}$) kriterial tenglama quyidagi aniq ko'rinishni egallaydi:

$$Nu' = 1,6 Re^{0,54}$$

(22.8)

bu erda $Nu' = \frac{\beta d_3^2}{D}$; $Re = \frac{w_r d_3}{\nu}$, D - jarayonning harorati bo'yicha adsorbentning gazdagi diffuziya koeffitsiyenti, m^2/c ; d_3 – adsorbent zarrachalarining o'rtacha diametri, m ; w_r – apparatning bo'sh kesimiga nisbatan hisoblangan bug'-gaz aralashmasining tezligi, m/c ; ν – gazning kinematik qovushqoqligi, m^2/c .

(22.8) tenglamadan adsorbsiyaning kinetik koeffisienti β topiladi:

$$\beta = \frac{1,6 D w_r^{0,54}}{\nu^{0,54} d_3^{0,46}}$$

(22.9)

Xoxlagan harorat va bosim qiymatlarida diffuziya koeffitsiyenti D quyidagi tenglama bo'yicha hisoblanadi:

$$D = D_0 \left(\frac{P_0}{P} \right) \left(\frac{T}{T_0} \right)^{3/2}$$

(22.10)

22.5. Desorbsiya

Yuqori aktivlikka ega bo'lgan adsorbentlar qimmatbaho materiallar qatoriga kiradi, shu sababli ulardan bir necha marotaba foydalanish maqsadga muvofiqdir. Buning uchun adsorbsiya jarayonidan so'ng adsorbent regenerasiya qilinadi, ya'ni unda yutilgan modda ajratib chiqariladi. Adsorbsiyaga teskari bo'lgan jarayon desorbsiya deb ataladi.

Adsorbent quyidagi usullar yordamida regenerasiya qilinishi mumkin: 1) adsorbentning haroratini ko'paytirish yoki uning ustidagi bosimni kamaytirish; 2) adsorbent qatlamidan isitilgan gaz yoki qizdirilgan bug'ni haydash; 3) adsorbentda yutilgan komponentlarni adsorbsion xossasi yuqori bo'lgan boshqa modda yordamida siqib chiqarish.

Harorat qancha yuqori bo'lsa, desorbsiya jarayoni shuncha tez va to'la boradi. Haroratni to'g'ri tanlash katta ahamiyatga ega. Tanlangan harorat yutilgan komponentlarni adsorbentdan to'la ajratib chiqarishni va adsorbentning o'ta qizib, parchalanib ketmasligini ta'minlashi zarur. Regenerasiya paytida adsorbentning aktivligi biroz kamayadi.

Yuqori haroratlarda oson parchalanib ketadigan moddalarni desorbsiya qilishda siqib chiqarish usulini qo'llash maqsadga muvofiq bo'ladi. Bunday usuldan harorat $40-80^{\circ}\text{C}$ bo'lganda foydalanish yaxshi samara beradi.

Har bir sharoit uchun tegishli harorat chegaralari qabul qilinadi. Masalan, gazlarni seolitlar yordamida quritilganidan so'ng, desorbsiya jarayoni (namlikni adsorbentdan ajratib chiqarish) ni amalga oshirish uchun harorat $300-400^{\circ}\text{C}$ dan ortmasligi kerak.

Adsorbentni to'la regenerasiya qilish uchun desorbsiyadan keyin adsorbentni quritish va so'ngra sovitish zarur. Shundan so'ng adsorbsiyaning yangi siklini boshlash mumkin.

Desorbsiya jarayoni adsorbsiyaga ko'ra ancha yuqori haroratlarda olib boriladi, shu sababdan desorbsiyaning vaqti adsorbsiyanikiga nisbatan kam bo'ladi.

22.6. Adsorber turlari

Ish rejimiga ko'ra adsorberlar davriy va uzluksiz bo'ladi. Adsorbent qatlamining xarakteriga ko'ra davriy adsorberlar o'zgarmas va mavhum qaynash qatlamli apparatlarga bo'linadi. Uzluksiz ishlaydigan apparatlar esa harakatchan va mavhum qaynash qatlamli bo'lishi mumkin.

22.1-rasmda davriy ishlaydigan vertikal adsorberning sxemasi ko'rsatilgan. Qobiq 3 ning ichidagi taqsimlovchi panjara 2 ning ustida qo'zg'almas adsorbent qatlami 4 mavjud. Gaz aralashmasi patrubka 6 orqali apparatga kirib, panjara 2 orqali adsorbent qatlamiga tarqaladi. Tegishli komponent gaz fazasidan qattiq yuzaga yutiladi. Tozalangan gaz patrubka 5 orqali apparatdan tashqariga chiqadi. Adsorbent lyuk 7 yordamida apparatga solinadi, lyuk 8 yordamida esa apparatdan tushiriladi. Desorbsiya qilish uchun taqsimlovchi qurilma (barbotyor) 1 yordamida o'tkir suv bug'i beriladi. Desorbsiya paytida adsorbentda yutilgan komponent suv bug'i tarkibiga o'tadi va bug'-gaz aralashmasi sifatida patrubka 10 orqali apparatdan chiqariladi. O'tkir bug'ning qisman kondensat patrubka 9 orqali apparatdan chiqib ketadi.

Davriy ishlaydigan gorizontal adsorberning sxemasi 22.1-rasmdan berilgan. Bu apparat ishlash prinsipi bo'yicha vertikal adsorberdan hech farq qilmaydi, faqat silindrsimon qobiq gorizontal joylashgan.

Davriy ishlaydigan adsorberlarda adsorbentning yutish sig'imidan to'la foydalanilmaydi. Desorbsiya jarayoni ham ushbu adsorberlarning o'zida olib boriladi.

Natijada apparatdan foydalanish darajasi kam bo'ladi. Bu kamchiliklardan uzluksiz ishlaydigan apparatlar xolidir.

Odatda davriy adsorbsiya jarayoni to'rtta bosqich bilan olib boriladi: 1) adsorbsiyaning o'zi; 2) desorbsiya; 3) adsorbentni quritish; 4) adsorbentni sovitish.

Bir necha (eng kami bilan ikkita) davriy ishlaydigan adsorberlardan tashkil topgan qurilmaning ishini uzluksiz rejimda uyushtirish mumkin. Bunda apparatlar ketma-ket adsorber yoki desorber vazifasini bajaradi.

22.2-rasmda mavhum qaynash katlamli adsorber uzluksiz rejimda ishlaydi. Apparat silindrsimon (1) qobiqdan iborat bo'lib, adsorbent uzluksiz ravishda gaz taqsimlovchi panjara (2) ustiga berilib turiladi. Gaz aralashmasi ma'lum kritik tezlik bilan panjaraning ostiga beriladi, so'ng adsorbent qatlamidan o'tib uni mavhum qaynash holatiga keltiradi. Adsorbsiya jarayonida tegishli komponentlar gaz aralashmasi tarkibidan qattiq fazaga yutiladi. Tozalangan gaz qurilmaning yuqorigi qismidagi shtuser orqali chiqib ketadi. Adsorbentning ortiqchasi tushirish trubasi orqali chiqib ketadi. Gaz oqimi bilan qo'shilib ketayotgan adsorbentning mayda zarrachalari separator (3) yordamida ajralib qatlamga qaytariladi. O'zida yutiluvchi modda tutgan adsorbent boshqa apparatda desorbsiya qilinadi. Regenerasiya qilingan adsorbent qaytadan ishlatiladi.

22.7. Adsorberlarni hisoblash

Davriy ishlaydigan adsorberlarda hisoblanilganda ularning diametri va balandligi topiladi. O'zgarmas katlamli adsorberning diametri quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

$$D = \sqrt{\frac{V}{0,785\omega_0}} \quad (22.11)$$

bu erda V - adsorbent qatlamidan o'tayotgan gaz aralashmasi yoki eritmaning hajmiy sarfi; ω_0 - gaz aralashmasi yoki eritmaning apparatning bo'sh kesimiga nisbatan olingan fiktiv yoki keltirilgan tezligi.

Gaz aralashmasi (yoki eritma) ning fiktiv tezligini to'g'ri tanlash muhim ahamiyatga ega. Agar adsorbsiya jarayonining intensivligi tashqi diffuziyaning tezligi orqali belgilansa, ω_0 ning ortishi bilan adsorbsiya tezligi ko'payadi, biroq bir vaqtning o'zida oqimni adsorbent qatlami orqali o'tkazish uchun zarur bo'lgan energiya sarfi ortadi. Shu sababdan har bir aniq sharoit uchun ω_{00} - ning optimal qiymati topiladi. Sanoat miqyosida ω_{00} ning qiymati 0,3 m/c dan ortmaydi.

Adsorberning balandligini aniqlash adsorbent qatlamining balandligi H ni aniqlash bilan bog'liq, qatlamning balandligi quyidagi tenglama orqali topiladi:

$$H = U(\tau_a + \tau_0) \quad (22.13)$$

bu yerda U - qatlamdagi bir xil konsentratsiyali adsorbsiya fronti (yoki modda o'tkazish zonasi) harakatining tezligi; τ_a - qatlamning adsorbsion harakati yoki himoya qilish vaqtining yuqolishi.

Modda o'tkazish zonasining o'zgarmas tezligi moddiy balans tenglamasiga asosan quyidagi orqali aniqlanadi:

$$U = \omega_0 \frac{C_b}{\varepsilon C_b + C_0^*} \quad (22.13)$$

bu erda C_0^* – adsorbentning oqimdagi dastlabki hajmiy konsentratsiyasi C_b bilan muvozanatda bo'lgan adsorbent qatlamining hajm birligidagi adsorbentning konsentratsiyasi; ε – adsorbent qatlamidagi erkin hajmning ulushi.

Adsorbsiya jarayonining effektivligi adsorbent qatlamiga gaz aralashmasi berilgandan tortib, to tegishli komponentning adsorbentda yutilmasdan qatlamning tashqi chetida paydo bo'lish momentigacha ketgan vaqt bilan ham xarakterlanadi. Vaqtning ushbu qiymati qatlamning yutilayotgan moddaga nisbatan himoya qilish vaqti deb yuritiladi. Qatlamning himoya qilish vaqti τ_a ni N.A.Shilov tomonidan tavsiya etilgan empirik tenglama orqali topish mumkin:

$$\tau_a = KH - \tau_0$$

(22.14)

bu erda $K = 1/U$ – qatlamning himoya qilish koeffisienti, $K\omega_0 = \text{const}$.

Amaliy hisoblashlarda qatlamni himoya qilish vaqtining yo'qolishi τ_0 ning qiymati tajriba natijalari asosida olingan quyidagi taxminiy bog'liqlik yordamida aniqlanadi:

$$\tau_0 \approx 0,5 \frac{H_0}{U}$$

(22.15)

bu yerda H_0 – modda o'tkazish zonasining balandligi.

Modda o'tkazish zonasining balandligi quyidagi tenglama orqali hisoblanadi:

$$H_0 = \frac{Un_{oy}}{K_{yv}}$$

(22.16)

bu yerda n_{oy} – gaz (yoki suyuqlik) fazasi bo'yicha hisoblangan umumiy o'tkazish soni; K_{yv} – gaz (yoki suyuqlik) fazasi bo'yicha hisoblangan modda o'tkazishning hajmiy koeffisienti.

Qatlamni himoya qilish vaqtining yo'qolishi τ_a ni kamaytirish uchun gaz aralashmasini qatlamga bir me'yorda berilishini ta'minlash va uning adsorbent zarrachalarini aylanib o'tish shart-sharoitlarini yaxshilash kerak. Masalan, adsorbsiya jarayonini mavhum qaynash holatida olib borilganda sharoitni shunday tanlash mumkinki, bunda $\tau_{0\min}$ bo'ladi.

Uzluksiz ishlaydigan adsorberlarning diametri davriy ishlaydigan adsorberlarning diametrini hisoblash kabi amalga oshiriladi. Adsorbent qatlamining kerakli balandligi (yoki hajmi) boshqa modda almashinish jarayonlari (absorbsiya, rektifikatsiya kabi) ga o'xshash modda o'tkazishning umumiy tenglamasiga asosan topiladi. Buning uchun modda o'tkazishning umumiy tenglamasini quyidagi differensial shaklga keltirish mumkin:

$$G_v d_y = K_{yv} (y - y^*) dV$$

(22.16)

O'zgaruvchan kattaliklarni ajratib va ularni O dan V gacha (bu erda V – adsorbent qatlamining hajmi) va y_b dan y_o gacha (bu yerda y_b va y_o – gaz aralashmasidagi ajratib olinayotgan komponentning boshlang'ich va oxirgi konsentratsiyalari) chegaralarda integrallab, quyidagi ifodaga erishamiz:

$$\frac{K_{yv}V}{G_v} = \int_{y_o}^{y_b} \frac{dy}{y - y^*}$$

(22.17)

bundan $\int_{y_o}^{y_b} \frac{dy}{y - y^*} = n_{oy}$ ekanligini hisobga olib (22.17) tenglamadan adsorbentning hajmini aniqlaymiz:

$$V = \frac{G_v n_{oy}}{K_{yv}},$$

(22.18)

bu yerda G_v – gaz aralashmasining hajmiy sarfi; n_{oy} – o'tkazish birligining soni bo'lib, quyidagicha aniqlanadi:

$$h_{oy} = \frac{HG}{K_y a S H} = \frac{G}{K_y a S}$$

(22.19)

bu yerda $K_y a$ – qurilmaning balandligi bo'yicha o'zgarmas qilib olingan modda o'tkazishning hajmiy koeffitsiyenti; H – qurilmaning ish balandligi; S – qurilmaning ko'ndalang kesim yuzasi; a – hajm birligiga to'g'ri kelgan fazalarning kontakt yuzasi; K_{yv} – modda o'tkazishning hajmiy koeffitsiyenti.

Qatlamning hajmi V va ko'ndalang kesimi S ga asosan uning balandligi (yoki uzunligi) topiladi:

$$H = \frac{V}{S}$$

(22.20)

Agar qurilma silindrsimon shaklga ega bo'lsa (22.20) tenglama quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

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

(22.21)

Ko'p kamerali mavhum qaynash qatlamli adsorberlar uchun har bir tarelkadagi qatlamning balandligi h_0 qabul qilinib (taxminan $h_0 = 50mm$), so'ngra apparatdagi tarelkalar soni aniqlanadi:

$$n = \frac{H}{h_0}$$

(22.22)

Adsorbentning sarfi moddiy balans tenglamasiga asosan aniqlanadi. Qarama-qarshi oqimli (qattiq faza yuqoridan pastga, gaz aralashmasi esa pastdan yuqoriga

qarab harakat qiladi) uzluksiz ishlaydigan qurilmalar uchun moddiy balans tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$L(a - a_b) = G(c - c_0)$$

(22.23)

bu yerda L va G – adsorbent va tashuvchi gazning sarfi; a_b va a – qurilmaga kirishda va uning xoxlagan kesimida olingan adsorbent tarkibidagi adsorbktivning konsentrasiyasi; c_0 va c – adsorberdan chiqayotgan va uning xoxlagan kesimi bo'yicha olingan oqimdagi adsorbktivning konsentrasiyalari.

Agar jarayon boshlanishi va oxiridagi adsorbktivning konsentrasiyalari aniq bo'lsa, ish chizig'ining og'ish burchagiga asosan adsorbentning minimal sarfi $L_{\min}$ ни аниқлаш мумкин:

$$\frac{L}{G} = \frac{C_b - C_0}{a_m - a_b}$$

(22.24)

bu erda a_m – adsorbent tarkibidagi adsorbktivning muvozanat konsentrasiyasi.

Adsorbentning haqiqiy sarfi $L_{\min}$ dan 10–30% ko'p bo'ladi. Hisoblashlarda adsorbentning haqiqiy sarfi $L \approx 1,2L_{\min}$ deb olinadi.

Desorberlarni hisoblashda jarayonning davomiyligi (davriy jarayonlar uchun) va desorbsiya qiluvchi agentlar (suv bug'i, havo kabilar) ning sarfi aniqlanadi. Ko'pincha bu qiymatlar tajriba natijalari asosida tanlab olinadi yoki tegishli tenglamalar asosida hisoblab topiladi.

NAZORAT SAVOLLARI

- 22.1. Adsorbsiya jarayoni haqida tushuncha tushuncha bering?
- 22.2. Adsorbentlarga qanday talablar qo'yiladi?
- 22.3. Adsorbsiya paytidagi muvozanat qanday xarakterlanadi?
- 22.4. Adsorbsiya jarayonidagi modda o'tkazish necha bosqichdan iborat?
- 22.5. Adsorberning qanday turlarini bilasiz?
- 22.6. Adsorberlarni hisoblash usullarini tushuntiring?

23-Ma'ruza Kristallanish jarayoni

Reja:

- 23.1. Kristallanish jarayoni haqida tushuncha
- 23.2. Kristallanish jarayonining nazariyasi
- 23.3. Kristallizatorlarning tuzilishi
- 23.4. Kristallizatorlarni hisoblash

Tayanch iboralar: azeotrop, sirt-aktiv moddalar, kristallogidrat, rombik, trigonal, tetragonal, geksagonal, kubik

Adabiyot: 1,2,3,4,5,6,7,8

23.1. Kristallanish jarayoni haqida tushuncha

Eritma yoki suyuq qotishma tarkibidagi qattiq fazani kristallar holida ajratib olish jarayoni kristallanish deb ataladi. Kristallanish jarayoni eritishning teskarisi hisoblanadi. Ikkala jarayon ham qattiq faza-suyuqlik sistemasida yuz beradi. Kristallanish jarayoni odatda suvli eritmadagi kristallanish lozim bo'lgan moddaning eruvchanligini kamaytirish orqali, ya'ni uning haroratini o'zgartirish yoki erituvchining bir qismini bug'latish yo'li bilan amalga oshiriladi. Suyuq qotishmalardan kristallarni ajratib olish uchun esa ular sovutiladi.

Kristallanish jarayoni eritmadagi qattiq faza eruvchanligining o'zgarishiga asoslangan. Harorat ortishi bilan moddalarning eruvchanligi ko'payib, ular yaxshi eruvchanlik xususiyatiga ega bo'ladi. Harorat ortishi bilan bazi moddalarning eruvchanligi kamayib ketadi va ular yomon eruvchan moddalar hisoblanadi.

Berilgan haroratda eritmaning qattiq faza bilan muvozanat holatida bo'lishi to'yingan eritma deyiladi. To'yingan eritma tarkibidagi erigan moddaning miqdori eruvchanlik darajasini belgilaydi. Eruvchanlik erigan moddaning va erituvchining xossasiga, haroratga hamda qo'shimcha komponentlarning borligiga bog'liq. To'yingan eritma o'z tarkibida imkoni boricha ko'p miqdorda erigan modda ushlaydi. Bu holatdagi eritma turg'un bo'ladi.

O'ta to'yingan eritma esa o'z tarkibida eruvchanlik xususiyatiga nisbatan ortiqcha miqdorda erigan modda ushlaydi. Shu sababli o'ta to'yingan eritmalar turg'un bo'lmaydi. Bunday eritmalaridan ortiqcha erigan moddalar kristall holida ajraladi, so'ngra esa eritma yana to'yingan holatga o'tadi.

Eritmalarning o'ta to'yinish holatiga quyidagi usullar bilan erishish mumkin: 1) ochiq idishda erituvchining bir qismini bug'latish (eritmaning temperaturasi uning qaynash haroratidan kam bo'lgan paytda, ya'ni $t < t_{qay}$); 2) bug'latish apparatida qaynayotgan eritmadagi erituvchining bir qismini bug'latish; 3) eritmaga suvni o'ziga tortuvchi moddalar qo'shish; 4) to'yingan eritmani sovitish (ko'pchilik tuzlarning eruvchanligi haroratning pasayishi bilan kamayadi.).

Kristallanish tezligi bir necha omillarga bog'liq bo'ladi: eritmaning o'ta to'yinishi darajasi, aralashtirish tezligi eritma tarkibida qo'shimchalarning borligi va hokazo. Ushbu jarayon odatda kristallanish markazlarining paydo bo'lish tezligiga harorat, mexanik kuchlar (masalan, aralashtirish, silkitish), apparat yuzasining g'adir-budirligi, aralashtirgichning turi, qo'shimcha moddalarning borligi (masalan, sirt-aktiv moddalari) va boshqa shu kabi omillar ta'sir qiladi.

Kristallanish tezligi doimiy kattalik emas; bu qiymat dastlab kattalashib boradi, so'ngra kamayadi. Haroratning ko'tarilishi bilan kristallarning o'sishi tezlashadi, chunki bunda diffuziya tezlashadi va eritmadagi yangi-yangi molekulalarning qattiq faza tomon siljishi osonlashadi.

Sanoatda kristallanish jarayoni quyidagi bosqichlarda boradi: 1) kristallanish; 2) hosil bo'lgan kristallarni eritmalaridan ajratib olish; 3) kristallarni yuvish va quritish.

Kimyoviy texnologiyada kristallanish jarayoni turli moddalarni toza holatda olish uchun keng qo'llaniladi. Oziq-ovqat sanoatida kristallanish jarayoni qand-shakar ishlab chiqarishda, glyukoza olishda, konditer sanoatida va boshqa sohalarda ishlatiladi.

Kristallanish moddalarni ajratishning boshqa usullariga nisbatan qator afzalliklarga ega: 1) energiya xarajatlari past, chunki moddalarning solishtirma suyulish issiqligi ularning bug'lanish solishtirma issiqligiga nisbatan 6-8 marotaba kam bo'ladi; 2) ish haroratlari past; 3) yaqin qaynovchi komponent va azeotrop aralashmalarni ajratish imkoniyati mavjud; 4) erituvchilarni ishlatishga ehtiyoj yo'q; 5) modda suyultirilgan holatdan kristall holatga o'tganida katta termodinamik ajratish koeffisientiga ega bo'lganligi sababli kristallanish jarayoni yuqori samaradorlikka ega.

23.2. Kristallanish jarayonining nazariyasi

Kristallanish jarayoni moddalarning turli suyuqliklarda (ya'ni erituvchilarda) eruvchanlik xossalariga asoslanadi. Noorganik moddalar uchun eng ko'p qo'llaniladigan erituvchilar qatoriga birinchi navbatda suv kiradi. Organik moddalarni eritish uchun esa uglevodorodlar, spirtlar, efirlar va boshqa organik erituvchilar ishlatiladi.

Eruvchanlik deb birorta moddaning erituvchidagi konsentrasiyasiga aytiladi. Odatda eruvchanlik $100g$, $1000g$ yoki $1000mol$ erituvchiga to'g'ri kelgan moddaning grammlar yoki mollar soni bilan ifoda qilinadi. Hisoblashlar uchun eruvchanlikni $1m^3$, $1l$ yoki $1kg$ eritmadagi moddaning kg yoki mollar hisobida olingan miqdori bilan o'lchash qulay hisoblanadi.

Eruvchanlikning ma'lum haroratlar chegarasida erigan modda va erituvchining xossalaridan bog'liqligi eruvchanlik egri chizig'i orqali ifoda qilinadi. Eritmalarning holat diagrammasida eruvchanlik chizig'ini haroratga bog'liqligi ko'rsatilgan. Grafikda: A-noturg'un zona (yoki o'ta to'yingan eritmalar zonasi); V-nisbatan turg'un zona; V-turg'un zona (yoki to'yinmagan eritmalar zonasi). χ_{13MA}

Nisbatan turg'un zonaning chegaralari eritmaning harorati t ga, uning sovutish tezligiga, aralashish darajasiga va boshqa omillarga bog'liq bo'ladi. Agar eruvchanlik egri chizig'i tik bo'lsa, haroratning biroz kamayishi bilan eritma nisbatan turg'un zonadan o'ta to'yingan eritmalar zonasiga o'tadi va bu erda qattiq fazaning ajralishi yuz beradi. Bunda eritmaning konsentrasiyasi pasayadi. Bu turdagi, yani to'yinishga yaqin bo'lgan eritmalarini sovitish orqali kristallantirish mumkin.

Agar eruvchanlik harorati t ning ortishi bilan sekin ko'paysa, eritmani o'ta to'yingan zonaga o'tkazish uchun uni sezilarli darajada sovitish zarur bo'ladi, bunday holatda kam miqdordagi qattiq fazaning ajralishi yuz beradi. Bunday eritmalarini kristallantirish uchun erituvchining bir qismini bug'lantirish kerak.

Kristallanish jarayonining tezligi eritmaning haroratiga, uning o'ta to'yinish darajasiga, kristall markazlarining paydo bo'lish tezligiga, aralashtirish darajasiga va boshqa omillarga bog'liq bo'ladi. Kristallanish markazlari o'ta to'yingan yoki o'ta sovigan eritmalarda o'z-o'zidan hosil bo'ladi. Bunday markazlarning hosil bo'lishi tezligini oshirish uchun haroratni ko'paytirish, aralashtirish, silkitish, sirt – aktiv moddalarni qo'shish maqsadga muvofiq bo'ladi. Amaliyotda kristallanish markazlarining paydo bo'lishini osonlashtirish uchun apparatga qo'shimcha kristallsimon moddaning mayda kukuni qo'shiladi.

Kristall kurtaklarining yaxshi o'sishi uchun ular malum o'lchamga ega bo'lishi kerak. Hosil bo'layotgan kurtakning o'lchami ancha kichik bo'lsa qaytadan molekulalarga parchalanib ketadi, agar o'lchami kattaroq bo'lsa kurtak saqlanib qoladi. Saqlanib qolishi mumkin bo'lgan kristall kurtaklarining o'lchami eritmaning to'yinish darajasiga, harorat hamda erigan modda va erituvchining xossalriga bog'liq bo'ladi. Hisoblashlar shuni ko'rsatadiki, qand ishlab chiqarishidagi vakuum – apparatlarida saqlanib qoladigan kristall markazlari (yoki kurtaklari) ning o'lchami eng kami bilan $0.7 \cdot 10^{-6} \text{ sm}$, kurtakdagi molekulalarining soni esa 200ta atrofida bo'lishi kerak. Hosil bo'layotgan kurtakning saqlanib qolish holatiga to'g'ri kelgan o'lchami kritik o'lcham deb ataladi.

Yagona olingan kristallning hosil bo'lishi quyidagicha boradi:

1) o'ta to'yingan eritmada kristallanish markazi (yoki kurtagi) ning paydo bo'lishi; 2) ushbu kristallanish kurtagi asosida kristallning o'sishi.

Kristall to'g'ri panjara sifatidagi fazaviy tuzilishga ega bo'lib, panjaraning tugunlarida kristallning tarkibiga kirgan ionlar, atomlar, yoki molekulalar joylashgan bo'ladi. Suvning molekulasini ko'pincha qattiq kristallning tarkibiga kirgan bo'ladi, bunday kristallni kristallogidrat deb ataladi. Kristall panjaralari simmetriyasining 32 ta ko'rinishi mavjud bo'lib, ular 7 guruhga bo'linadi. Bu guruhlar bir yoki bir necha o'xshash simmetriya elementlaridan iborat bo'ladi: 1) uch ponali; 2) ko'p ponali; 3) rombik; 4) trigonal; 5) tetragonal; 6) geksagonal va 7) kubik.

Kristallanishning shart-sharoitlari hosil bo'layotgan kristallarning shakli va o'lchamlari hamda hosil bo'layotgan mahsulotning tozalik darajasiga ta'sir qiladi.

Davriy kristallanish jarayoni ikki bosqich (kristallanish kurtaklarining hosil bo'lishi va ularning keyingi o'sishi) dan tashkil topgan. Uzluksiz kristallanishda esa ikkala bosqich bir vaqtning o'zida davom etadi.

Kristallanish jarayonining mexanizmini quyidagicha tasvirlash mumkin. O'ta to'yingan eritmada eng avvalo kristallanish markazlari hosil bo'ladi. So'ngra kristallarning o'sishi yuz beradi. Kristallarning yuzasida juda kichik qalinlikka ega bo'lgan chegara qatlam orqali kristallning yuzasiga va so'ngra uning tarkibiga o'tadi, natijada kristall qirralarining o'sishi yuz beradi. Bunda kristall atrofidagi qatlamda konsentratsiyaning kamayishi yuz beradi, o'ta to'yingan eritma to'yingan holatga o'tadi. Chegara qatlam juda yupqa bo'lib, unda modda molekulyar diffuziya orqali tarqaladi, shu sababdan bu qatlam kristallanayotgan moddaning to'yingan eritmadan kristallning yuzasiga o'tish uchun asosiy qarshilikni ko'rsatadi. Umuman olganda, kristallanish jarayoni ikki bosqichdan iborat: 1) molekulyar bosqich-kristallanish lozim bo'lgan moddaning to'yingan eritmadan chegara qatlam orqali kristallning yuzasiga o'tishi; 2) kinetik bosqich-molekulasining kristallning kristall panjarasi tarkibiga kirishi.

Birinchi diffuziya bosqichidagi modda almashinish jarayonini quyidagi tenglama orqali ifodalash mumkin:

$$M = \frac{D}{r}(c - c_1)$$

(23.1)

bu yerda M – o'ta to'yingan eritmaning asosiy massasidan chegara qatlam orqali kristallarning $1m^2$ yuzasiga $1s$ davomida o'tgan moddaning miqdori, $kg/m^2 \cdot s$; D – diffuziya koeffisienti; m^2/s ; r – o'sayotgan kristallni qoplab turgan diffuzion chegara qatlamning qalinligi; m ; $(c - c_1)$ – konsentrasiyalar ayirmasi, kg/m^3 ; c – o'ta to'yingan eritmaning konsentrasiyasi, kg/m^3 ; c_1 – o'ta to'yingan eritma va chegara qatlamdagi to'yingan eritma konsentrasiyalari (c va c_m) o'rtasidagi oraliq konsentrasiya, kg/m^3 .

Ikkinchi kinetik bosqichdagi kristallarning kristal panjarasi tarkibiga kirib joylashgan moddaning miqdori quyidagi tenglama bilan aniqlanishi mumkin:

$$M = K(c_1 - c_m)^2, \quad (23.2)$$

bu yerda c_m – chegara qatlamdagi to'yingan eritmaning konsentrasiyasi, kg/m^3 ; K – fazaviy o'zgarish tezligining doimiyligi, $m^4/s \cdot kg$.

Oxirgi ikkita tenglamalarda M va c_1 noma'lum. Bulardan c_1 ni qisqartirib, P.M.Silinning quyidagi tenglamasini yozamiz:

$$M = \frac{D}{r} \left\{ (c - c_m) + \frac{D}{2rK} - \sqrt{\frac{D}{rK} \left[(c - c_m) + \frac{D}{4rK} \right]} \right\} \quad (23.3)$$

Diffuziya koeffitsiyentining qiymati D absolyut harorat T va muhitning qovushqoqligi μ larga bog'liq bo'ladi. D ning qiymati Eynshteynning tenglamasiga asosan topiladi:

$$D = \frac{KT}{\mu}$$

(23.4)

Yuqori qovushqoqlikka ega bo'lgan eritmalarining kristallanishida D ning qiymati juda ham kichik bo'ladi. Bunda $\frac{D}{rK}$ nisbatining qiymati nulgga yaqinlashadi.

- 1) Kristallanish jarayoni haqida quyidagicha xulosa qilamiz:
- 2) Kristallanish yuzasi qancha ko'p bo'lsa, vaqt birligi ichida eritmadan qattiq fazaga shuncha ko'p modda o'tadi. Kristallar qancha kichik bo'lsa, ularning massa birligiga to'g'ri kelgan yuzasi shuncha ko'p bo'ladi. Shu sababdan kristallarning o'lchami kichik bo'lganda qattiq fazaning massasi tez ortib boradi.
- 3) Kristallanishning tezligiga eritmaning harorati katta tasir ko'rsatadi. Haroratning ortishi bilan eritmaning qovushqoqligi va diffuzion chegara qatlamning qalinligi kamayadi, oqibat natijada kristallanish tezligi ortadi. Masalan, harorat 20 dan $60^\circ C$ ga o'zgarganda saxarozaning kristallanish tezligi 12 marotaba ko'payadi.

Jarayonning harakatlantiruvchi kuchi $(c - c_m)$ ham kristallanish tezligiga ancha tasir ko'rsatadi. c va c_m konsentrasiyalari o'rtasidagi ayirma qancha katta bo'lsa, kristallanish jarayoni shuncha tez boradi. Biroq eritmaning o'ta to'yinish koeffisienti ancha katta bo'lsa, yangi kristallanish markazlari paydo bo'ladi, bunday holat maqsadga muvofiq bo'lmaydi.

Agar kristallanish aralashtirilib turilsa, prosessning tezligi ortadi, chunki bunday sharoitda diffuzion chegara qatlamning qalinligi kamayadi.

23.3. Kristallizatorlarning tuzilishi

Sanoatda kristallanish jarayonini amalga oshirish uchun turli apparatlar ishlatiladi. Ishlash prinsipiga ko'ra kristallizatorlar bir necha turga bo'linadi: 1) erituvchining bir qismini bug'latish yo'li bilan ishlaydigan kristallizatorlar; 2) eritmani sovitish bilan ishlaydigan kristallizatorlar; 3) sovituvchi qurilmasi bo'lmagan vakuum – kristallizatorlar; 4) mavhum qaynash qatlamli kristallizatorlar.

Barabanli kristallizatorlar sanoatda keng tarqalgan bo'lib, g'ilof 4 bilan ta'minlangan silindrsimon qobiq 3 dan iborat. Baraban bandajlar 1, tayanch g'ildirakchalari 5 va tojli shesternya 2 yordamida aylanma harakatga keladi. G'ilofga sovitish uchun suv yoki havo beriladi. Eritma va sovituvchi suv qarama-qarshi yo'nalishda harakat qiladi. Barabanli kristallizatorning diametri 1,5m va uzunligi 15m gacha bo'lganda uning qiyaligi 1:100 yoki 1:200, aylanish soni esa $10 \div 20$ ayl/min bo'ladi. Bunday qurilma yordamida mayda kristalli cho'kma olish mumkin. Kamchiligi- barabanning ichki yuzasiga kristallar yopishib qoladi.

Vakuum-kristallizatorda eritmani qisman bug'latish uchun bug'latish kamerasiga beriladi. Bug'latkichda vakuum-nasos va kondensator yordamida vakuum hosil qilinadi. Bug'latkichdan eritma barometrik truba orqali yig'gichga o'tadi. Hosil bo'lgan suv bug'lari vakuum-nasos orqali tortib olinadi. Cho'kmaga tushgan kristallar yig'gichning pastki qismidan tushiriladi. Kristallardan ajralgan eritma yig'gichning yuqorigi qismidan uzatiladi. Vakuum-kristallizatorlarda mayda o'lchamli kristallar olinadi.

Mavhum qaynash qatlamli kristallizatorda katta o'lchamli bir xil shakldagi kristallar olinadi. Bunday qurilmada kristallanish jarayoni eritma bir qismining bug'latilishi yoki eritmaning sovutilishi bilan olib boriladi. Qurilma qobiq trubali sovitkich va sirkulyasiya qiluvchi nasosdan iborat. Uzluksiz so'riluvchi truba orqali berilayotgan eritma qisman kristallardan ajralgan suyuqlik oqimi bilan aralashadi. Bu oqimning miqdori dastlabki berilayotgan eritmaning miqdoriga nisbatan bir necha marta ko'p bo'lgani uchun aralashgan eritmaning konsentratsiyasi va harorati kam o'zgaradi. Shu sababli sirkulyasiyali nasos orqali aralashgan eritmani sovitkichga uzatib sovutilganda, eritma kamroq to'yinadi. So'ngra eritma qurilmaning pastki qismiga berilib, kelayotgan issiqlik oqimi bilan qurilmadagi kristallar qaynab, to'yingan eritma hisobiga kristallar kattalashadi. O'z tarkibida juda mayda kristallarni ushlagan, qisman kristallardan ajralgan suyuqlik qoldig'i uzluksiz so'ruvchi trubaga tushib, berilayotgan eritma bilan aralashib yana nasos orqali uzatiladi va sikl qaytadan takrorlanadi. Hosil bo'lgan kristall mahsulotlari qurilmaning pastki qismidan ajratib olinadi.

23.4. Kristallizatorlarni hisoblash

Dastlab kristallizatorning moddiy balansi quyidagicha tuziladi: G_b – dastlabki eritmaning miqdori, kg; G_{kr} – kristallarning miqdori, kg; G_q – qoldiq eritmaning miqdori, kg; W – bug'lanish paytidagi ajralgan erituvchining miqdori, kg.

Davriy ishlaydigan kristallizator uchun jarayon so'nggida moddiy balans tenglamasi quyidagicha tuziladi:

$$G_b = G_{\kappa} + G_{\kappa r} + W$$

(23.5)

Kristallanayotgan moddaning tarkibini massaviy ulushlarda qabul qilamiz: B_b – dastlabki eritmada; B_{κ} – qoldiq eritmada; $B_{\kappa r}$ – kristallarda..

Agar modda suvsiz shaklda kristallanayotgan bo'lsa, u holda: $B_{\kappa r} = 1$. Kristallanish jarayonida kristallogidrat hosil bo'lsa, u holda:

$$B_{\kappa r} = \frac{M}{M_{\kappa r}} \quad (23.6)$$

bu yerda M – kristallanayotgan moddaning molekulyar massasi; $M_{\kappa r}$ – kristallogidratning molekulyar massasi.

Suvsiz kristallanayotgan modda uchun moddiy balans tenglamasini quyidagi ko'rinishda yozamiz;

$$G_b B_b = G_{\kappa} B_{\kappa} + G_{\kappa r} B_{\kappa r} \quad (23.7)$$

Erituvchining bir qismi bug'latilmaydigan kristallizatorlar uchun moddiy balans tenglamasi tuzilganda (23.7) tenglamadagi $W = 0$.

Agar erituvchining bir qismi ajratib olinishi lozim bo'lsa, avval bug'lanishi kerak bo'lgan erituvchining miqdori W qabul qilinadi. Erituvchining bir qismi ajratilgandan so'ng eritmadaagi kristallanayotgan komponentning oxirgi konsentrasiyasi B_0 ma'lum bo'lganda, W ning miqdorini quyidagi tenglama orqali aniqlash mumkin:

$$W = G_b \left(1 - \frac{B_0}{B_{\kappa r}} \right) \quad (23.8)$$

Agar kristallanish jarayonida eritma sovutilib, erituvchining bir qismi bug'latilsa, u holda issiqlik balansi quyidagicha tuziladi:

Issiqlikning kirishi (Vt)

Dastlabki eritma bilan $G_b c_b t_b$, bu yerda c_b – boshlang'ich eritmaning issiqlik sig'imi, $J/kg \cdot K$; t_b – uning harorati, $^{\circ}C$.

Kristallanish paytida ajraladi $G_{\kappa r} q_{\kappa r}$, bu yerda $q_{\kappa r}$ -kristallanish issiqligi, J/kg .

Issiqlikning sarfi (Vt)

Qoldiq eritma bilan $G_q c_q t_q$, bu yerda c_q -qoldiq eritmaning issiqlik sig'imi, $\frac{J}{kg \cdot K}$; t_q - uning harorati, $^{\circ}C$

Kristall modda bilan $G_{\kappa r} c_{\kappa r} t_{\kappa r}$, bu yerda $c_{\kappa r}$ -kristallarning issiqlik sig'imi, $\frac{J}{kg \cdot K}$; $t_{\kappa r}$ - kristallarning harorati.

Bug'langan eritma bilan $W i$, kristallarning harorati, qoldiq eritmaning haroratiga teng ($t_{\kappa r} = t_{\kappa}$)

Sovituvchi agent bilan $G_s c_s (t_0 - t_b)$, bu yerda i – erituvchi bug'larning entalpiyasi, J/kg . bu yerda G_s – sovituvchi agentning miqdori, kg/s ; c_s – sovituvchi agentning issiqlik sig'imi, $\frac{J}{kg \cdot K}$; t_b va t_0 – sovituvchi agentning boshlang'ich va oxirgi haroratlari, $^{\circ}C$.

Atrof-muhitga yo'qolishi Q_y

Issiqlikning kirishini va uning sarfini bir-biriga tenglab, quyidagi issiqlik balansi tenglamasini yozamiz:

$$G_b s_b t_b + G_{kr} q_{kr} = G_k s_k t_k + G_{kr} s_{kr} t_{kr} + Wi + G_s s_s (t_0 - t_b) + Q_y$$

Ushbu tenglama yordamida bug'latish yo'li ajratib olinadigan erituvchining miqdori $W(kg/s)$ yoki eritmaning haroratini tegishli qiymatgacha sovitish uchun zarur bo'lgan sovituvchi agentning miqdori $G_s(kg/s)$ aniqlanadi.

NAZORAT SAVOLLARI

- 23.1. Kristallanish jarayonining kimyoviy texnologiyadagi ahamiyati?
- 23.2. To'yingan eritma deganda qanday eritma tushuniladi?
- 23.3. Kimyoviy texnologiyada kristallanish jarayonining maqsadi va afzalligi?
- 23.4. Kristallanish jarayonining tezligi qanday faktorlarga bog'liq?
- 23.5. Kristallanish jarayonining mexanizmini tushuntiring?
- 23.6. Sanoatda qo'llaniladigan kristallizatorlar necha turga bo'linadi?
- 23.7. Kristallizatorlarni hisoblash usullarini tushuntiring?

24-Ma'ruza Materiallarni maydalash

Reja:

- 24.1. Mexanik jarayonlar haqida tushuncha
- 24.2. Maydalashning asosiy qonunlari
- 24.3. Maydalash mashinalarining turlari
- 24.4. Maydalash mashinalarini hisoblash

Tayanch iboralar: mexanika, deformasiya, sikl, gipoteza

Adabiyotlar: 1,2,3,4,5,6,7,8

24.1. Mexanik jarayonlar haqida tushuncha

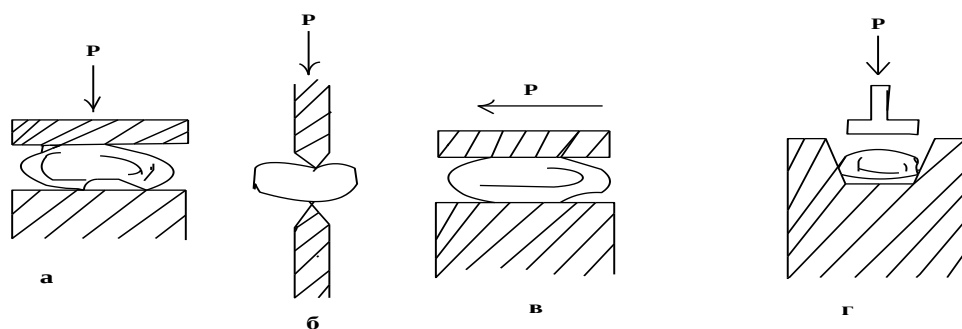
Kimyoviy texnologiyada mexanik jarayonlar alohida ahamiyatga ega. Mexanik jarayonlarning tezligi qattiq jism mexanikasi qonunlari bilan ifodalanadi. Bunday jarayonlar materiallarga mexanik kuch tasir qilishiga asoslanadi. Mexanik jarayonlar kimyo va boshqa sanoat korxonalarida ko'p ishlatiladi.

Moddalarning diffuziyasi bilan bog'liq bo'lgan jarayonlarning tezligi fazalarning o'zaro tasir qilish yuzasiga bog'liq. O'zaro tasir yuzasining katta bo'lishi fazalarning ichidagi modda tarqalishini va modda bir fazadan ikkinchi fazaga o'tishini tezlatadi. Yuza qattiqroq bo'lsa kimyoviy jarayon ham tezlashadi. Ayniqsa kimyoviy yoki diffuzion jarayonda qattiq faza qatnashsa o'zaro tasir yuzasini ko'paytirish alohida ahamiyatga ega. Qattiq fazaning yuzasini ko'paytirishga tashqi kuch tasirida zarrachalarni maydalash yo'li bilan erishiladi. Maydalash paytida material bo'laklarining o'lchami ancha kamayadi.

Qattiq materiallarni maydalash jarayoni shartli ravishda ikki turga bo'linadi. a) yanchish, ya'ni materialni mayda bo'laklarga bo'lish (yirik, o'rtacha va mayda); b)

maydalash (yupqa va o'ta yupqa). Umuman olganda materiallarni maydalash jarayoni ezish, yorish, eyilish va zarba berish usullari yordamida olib boriladi. Materialning fizik-mexanik xossalari va bo'laklarining o'lchamiga ko'ra u yoki bu usul tanlab olinadi. Masalan, qattiq va mo'rt material ezish va eyilish usuli yordamida maydalanadi.

Materiallarni yanchish odatda quruq usul bilan, yupqa maydalash esa ko'pincha ho'l usul bilan olib boriladi. Suv ishlatilganda chang hosil bo'lmaydi va maydalangan mahsulotni tashish osonlashadi.



24.1-rasm. Materiallarni maydalash usullari: a) ezish; b) yorish; v) yeyilish; g) zarba.

24.1-jadval. Maydalash jarayonining sinflarga bo'linishi

Maydalash turi	Bo'lakning o'rtacha o'lchami, mm		Maydalanish darajasi
	Maydalanishgacha	Maydalangandan so'ng	
Yirik yanchish	1500-300	300-100	2-6
O'rtacha yanchish	300-100	50-10	5-10
Mayda yanchish	50-10	10-2	10-50
Yupqa maydalash	10-2	2-0.75	100
O'ta yupqa maydalash	2-0.075	$7.5 \cdot 10^{-2} - 1 \cdot 10^{-4}$	-

Maydalash jarayonining samaradorligini aniqlash uchun maydalanish darajasi tushunchasi ishlatiladi. Bu ko'rsatkich maydalanishgacha bo'lgan material bo'lagining o'rtacha xarakterli o'lchami (d_o)ni maydalangan material bo'lagining o'rtacha xarakterli o'lchami (d_k)ga nisbati bilan belgilanadi:

$$i = \frac{d_{kat}}{d_{kich}}$$

(24.1)

Sharsimon bo'lakning xarakterli o'lchami sifatida diametr, kub shaklidagi bo'lak uchun esa-qirrasining uzunligi olinadi. Noto'g'ri geometrik shaklga ega bo'lgan bo'lakning o'rtacha qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$d_{\text{ox}} = \sqrt[3]{lbh} \quad (24.2)$$

bu yerda l , b , h -material bo'lagining o'zaro perpendikulyar yo'nalgan uchta tomonining maksimal o'lchami. Bu o'lchamlar ichida eng kattasi (l)-uzunlik, o'rtachasi (b)-kenglik, eng kichigi (h)-qalinlik.

Maydalangan bo'lakning o'rtacha xarakterli o'lchamini aniqlash uchun saralovchi g'alvir yordamida material bir necha fraksiyaga ajratiladi. Har bir fraksiyadagi eng katta va eng kichik bo'lakning o'rtacha o'lchami quyidagicha aniqlanadi:

$$d_{o'} = \frac{d_{\max} + d_{\min}}{2} \quad (24.3)$$

Aralashmadagi bo'lakning o'rtacha xarakterli o'lchami quyidagicha hisoblanadi:

$$d = \frac{d_{o'1}a_1 + d_{o'2}a_2 + \dots + d_{o'n}a_n}{a_1 + a_2 + \dots + a_n} \quad (24.4)$$

bu yerda $d_{o'1}$, $d_{o'2}$, $d_{o'n}$ -har bir fraksiyadagi bo'lakning o'rtacha o'lchami; a_1 , a_2 , ..., a_n - har bir fraksiya tarkibi, massaviy %.

Materiallarni maydalashga moslangan mashinalar shartli ravishda ikki guruhga bo'linadi: a) materiallarni yirik, o'rtacha va yirik, o'rtacha va mayda bo'laklarga ajratuvchi yanchish mashinalari; b) materiallarni yupqa maydalaydigan tegirmonlar. Umuman olganda maydalash mashinasi ochiq va chegaralangan sikl bilan ishlaydi. Ochiq sikl qo'llanilganda material maydalaydigan qurilma orqali bir marotaba o'tadi. Bunday sharoitda yirik va o'rtacha yanchish yuz beradi. Chegaralangan siklda esa maydalash mashinasidan chiqqan material turlarga ajratadigan qurilmaga yuboriladi. Bu qurilmada katta o'lchamli zarrachalar ajratib olinib, maydalash mashinasiga qaytariladi. Chegaralangan sikl materialni yupqa maydalashda ishlatilib, energiya sarfini kamaytirishga va maydalovchi mashinaning ish unumdorligini oshirishga olib keladi.

24.2. Maydalashning asosiy qonunlari

Material zarrachalarining o'zaro tortishish kuchini engish uchun maydalash paytida tashqi kuch ta'sir qilinadi. Qattiq material yanchilganda uning bo'laklari avval hajmiy deformasiyaga uchraydi, so'ngra hosil bo'lgan katta va kichik yoriqlar bo'ylab emirilib ketadi. Oqibatda yangi yuzalar hosil bo'ladi. Materialni yanchish uchun bajarilgan ish emirilayotgan bo'lakning hajmiy deformasiyasi va yangi yuza hosil qilish uchun sarflanadi.

Materialning yanchilishi paytida hajmiy deformasiya qilish uchun sarflangan ish emirilayotgan bo'lak hajmining o'zgarishiga mutanosib bo'lib, quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$A_D = k\Delta V,$$

(24.5) bu yerda k – mutanosiblik koeffisienti, qattiq jism hajmiy birligini deformasiya qilish uchun sarf bo'lgan ish; ΔV – emirilayotgan bo'lak hajmining o'zgarishi.

Yanchish paytida yangi yuzani hosil qilish uchun sarflangan ish A_{yu} quyidagicha topiladi:

$$A_{yu} = \sigma \Delta F, \quad (24.6)$$

bu yerda σ – mutanosiblik koeffisienti, qattiq jismda yangi yuza birligini hosil qilish uchun sarflangan ish miqdori; ΔF – qaytadan hosil bo'lgan yuza.

Yanchish uchun sarf bo'lgan tashqi kuchning to'la ishi Rebinder tenglamasi orqali topiladi:

$$A = A_D + A_{yu} = k\Delta V + \sigma \Delta F \quad (24.7)$$

Katta bo'laklarni kichik maydalanish darajasi bilan yanchish paytida yangi yuza hosil qilishga sarflangan ishni hisobga olmasa ham bo'ladi, chunki uning qiymati ancha kichik bo'ladi. Bunday holda yuqoridagi tenglamani quyidagicha o'zgartirish mumkin:

$$A = k\Delta V = k_1 d^3, \quad (24.8)$$

bu yerda k_1 – mutanosiblik koeffisienti; d – bo'lakning xarakterli o'lchami.

(24.8) tenglama Kik-Kirpichevning yanchish gipotezasini ifodalaydi. Bu gipotezaga ko'ra, qattiq materialni yanchish uchun sarflangan ish yanchilayotgan bo'lak hajmiga (yoki massasiga) mutanosib. Agar yanchish jarayoni yuqori maydalanish darajasi bilan olib borilsa, (24.7) – tenglamadagi hajmiy deformasiya uchun sarflangan ishni hisobga olmasa ham bo'ladi, chunki uning qiymati yangi yuza hosil qilishga sarflanayotgan ishga nisbatan ancha kamdir. Bunday holatda (24.7) tenglamani quyidagicha yozish mumkin:

$$A = \sigma \Delta F = \sigma_1 d^2, \quad (24.9)$$

bu yerda σ_1 – mutanosiblik koeffisienti.

(24.9) – tenglama Rittinger gipotezasini ifodalaydi. Bu gipotezaga ko'ra qattiq jismni yanchish uchun sarflangan ish yangi hosil bo'lgan yuzaga mutanosibdir.

(24.7)- tenglamaning o'ng tomonidagi ikkala tashkil etuvchilarni hisobga olish zarur bo'lgan paytda (maydalanishning o'rtacha darajalari uchun) Bond quyidagi tenglamani tavsiya etgan:

$$A = k_2 \sqrt{d^3 \cdot d^2} = k_2 d^{2,5}$$

(24.10) Bond tenglamasiga asosan bitta bo'lakni yanchish uchun sarflangan ish uning hajmi va hosil bo'lgan yangi yuza o'rtasidagi o'rtacha geometrik qiymatga mutanosibdir.

Yanchish mashinalari (yoki tegirmonlar) ning birorta materialni maydalash uchun sarf qiladigan quvvati tajriba yo'li bilan aniqlanadi. Buning uchun boshqa maydalash mashinasining ana shu materialni maydalash paytida olingan tajriba natijalaridan foydalaniladi.

24.3. Maydalash mashinalarining turlari

Sanoatda qattiq jismlarni maydalash jarayoni turli mashina va tegirmonlarda olib boriladi. Yirik yanchish uchun yassi qismli va konusli mashinadan foydalaniladi, bunday mashinalar yordamida bo'laklarning o'lchami 1500mm dan kam bo'lmagan material maydalanib, hosil bo'lgan bo'laklarning o'lchami 100–300mm atrofida bo'ladi.

Yirik yanchishdan so'ng material qaytadan o'rtacha va mayda yanchishga moslangan mashinalarga yuboriladi, bunday holatda donalarning o'rtacha o'lchami taxminan 100mm dan 10–12mm gacha kamayadi. O'rta va mayda yanchish uchun vallari bo'lgan, zarba-markazdan qochma va qiya konusli yanchish mashinalari ishlatiladi.

Barabanli va halqa tegirmonlarda material yupqa maydalanadi (o'rtacha o'lchami 10–12mm dan 2–0,075mm gacha). Yassi qismli yanchgichning yassi qismlari davriy ravishda o'zaro yaqinlashganda material ezish, yorish va qisman yoyilish prinsiplari asosida maydalanadi. Konusli yanchish mashinalari bir-biriga nisbatan eksentrik holatda aylanadigan ikkita konuslar oralig'ida materialni sinish, ezish va qisman eyilish prinsiplari yordamida maydalashga asoslangan. Valli yanchgichlarda material bir-biriga qarama-qarshi yo'nalgan vallar oralig'ida eziladi. Agar vallar bir xil tezlikka ega bo'lsa materialning eyilishi ham yuz beradi. Shnekli yanchish mashinalarida material kesish va qisman eyilish jarayonida maydalanishga uchraydi. Bolg'ali yanchgichda qattiq jism bolg'alarining zarbasi va eyilish ta'sirida maydalanadi.

Sharli tegirmonlar materialni asosan yupqa va o'ta yupqa maydalash uchun ishlatiladi. Bunday mashinalar aylanuvchi yoki vibrasiya qilinadigan barabandan iborat bo'lib, ularning ичига майдаланиши лозим бўлган материал юборилади; материал доналари ўзаро to'qnashib, zarba va ishqalanish kuchi asosida maydalanib ketadi. G'ildirakli tegirmonlar mayda yanchish yoki ayrim materiallar (shamot, kvars, loy-tuproq kabilar) ni dag'al yanchish uchun ishlatiladi. Dag'al yanchishda maydalanishidan tashqari zichlanish, eyilish yuz beradi hamda materiallarning birgalikdagi aralashmasi hosil bo'ladi. Dezintegratorlar va aerodastali tegirmonlarning ishlash prinsiplari materialga zarba berish prinsipiga asoslangan. Purkovchi tegirmonlar materiallarni o'ta yupqa maydalash uchun mo'ljallangan.

Bunday mashinalarning ishlash prinsipi katta tezlik bilan harakat qilayotgan havo oqimining tarkibidagi qattiq zarrachalarning bir-biriga va kamera devorlariga urilishi hamda ishqalanishi oqibatida maydalanish yuz beradi.

24.4. Maydalash mashinalarini hisoblash

Maydalash mashinalarini hisoblashning asosiy maqsadi maydalangan zarrachalarning o'lchamlarini, ish unumdorligi va talab qilinadigan quvvatni topishdan iboratdir. Hisoblash tartibi qurilmaning turiga va uning asosiy parametrlariga bog'liq bo'ladi.

Valli, yassi yuzali va konusli yanchish mashinalarining asosiy parametrlari quyidagi tartibda aniqlanadi:

Vallarning yuzasi tekis va taram-taram bo'lgan yanchish mashinalari uchun material dastlabki bo'lagi o'lchamining maksimal qiymati $d_{\delta_{max}}$ quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

$$d_{\delta_{max}} = \frac{D(1-f) + a}{f}, \quad (24.11)$$

bu yerda D – valning diametri, m ; a – vallar o'rtasidagi tor tirqich, m ; f – vallarning materialni ushlab olish koeffisienti (tekis yuzali vallar uchun $f = 0.954$, taram-taram yuzali vallar uchun esa $f = 0.92$).

Valli yanchish mashinalarining ish unumdorligi ($G, kg/s$) quyidagi tenglama bilan topiladi:

$$G = aL\omega\rho_T\mu, \quad (24.12)$$

bu yerda L – valning uzunligi, m ; ω – valning aylanma xarakat tezligi, m/s ; ρ_T – to'kilgan holatdagi materialning zichligi, kg/m^3 ; μ – vallar oralig'ini material bilan to'lish darajasini xarakterlaydigan koeffisient (tekis va taram-taram yuzli vallar bo'lgan yanchish mashinalari uchun $\mu = 0.25$, tishli vallari bo'lgan mashinalar uchun esa $\mu = 0.5 - 1.12$).

Maydalangan material chiqadigan tirqishning boshqa qiymatlari uchun yanchish mashinasining ish unumdorligi ($V_a, m^3/s$) quyidagi tenglama yordamida aniqlanadi:

$$V_a = VK_T \left(1 + \frac{\Delta a}{a}\right)$$

(24.13)

bu yerda V – yanchish mashinasining jadvaldan olingan ish unumdorligi, m^3/s ; Δa – maydalangan material chiqadigan tirqish kengligining o'zgarishi, mm ; K_T – materialning tolqon bo'lish qobiliyatini belgilovchi koeffisient.

Materialning tolqon bo'lish qobiliyatini xarakterlovchi koeffisient maydalash qurilmasining tadqiqot qilinayotgan material bo'yicha olingan solishtirma ish unumdorligi (q_m) ni ushbu qurilmaning etalon material bo'yicha erishilgan solishtirma ish unumdorligi (q_e) ga nisbati bilan ifodalanadi:

$$K_T = \frac{q_s}{q_e}$$

(24.14)

Maydalash qurilmasining solishtirma ish unumdorligi quyidagicha topiladi:

$$q_m = \frac{m}{V_s t}$$

(24.15)

bu yerda m – material massasi, kg ; V_s – maydalash qurilmasi hajmi, m^3 ; t – maydalangan material zarrachasi o'lchamini ma'lum bir qiymatga erishguncha ketgan jarayonning davomliligi, s .

K_T ning son qiymati materialning turiga bog'liq bo'lib, quyidagicha o'zgaradi: yumshoq materiallar $K_T = 1,2$; o'rtacha pishiqlikka ega materiallar $K_T = 1$; pishiq materiallar $K_T = 0,9$; juda pishiq materiallar $K_T = 0,8$.

Materiallarni yanchish uchun zarur bo'lgan energiya quyidagi tenglama yordamida aniqlanadi (N, Vt):

$$N = \frac{3(K_\sigma \sigma_s)^2 G}{2E\rho_m} (i - 1),$$

(24.16)

bu yerda K_σ – material bo'lagining pishiqlik koeffisienti; σ_s – materialning siqilishdagi pishiqlik chegarasi, Pa ; E – materialning elastiklik moduli, Pa ; G – ish unumdorlik, kg/s ; ρ_m – material zichligi, kg/m^3 ; maydalash darajasi.

Yanchish mashinasini harakatga keltiruvchi elektr dvigatelning quvvati quyidagi (N_{dv}, Vt) tenglama bilan topiladi:

$$N_{dv} = \frac{N}{\eta_o \eta_m},$$

(24.17)

bu yerda yanchish mashinasining foydali ish koeffisienti; η_m – mexanik uzatishning foydali ish koeffisienti.

NAZORAT SAVOLLARI

- 24.1. Mexanik jarayonning kimyoviy texnologiyadagi ahamiyati?
- 24.2. Qattiq materiallarni maydalash jarayoni necha guruhga bo'linadi?
- 24.3. Materiallarni maydalash samaradorligi qanday aniqlanadi?
- 24.4. Materialni yanchish uchun bajarilgan ish qanday qonuniyatlar orqali aniqlanadi?
- 24.5. Sanoatda qattiq jismlarni maydalash jarayonida qo'llaniladigan mashinalar haqida tushuntiring?
- 24.6. Valli, yassi yuzali va konusli yanchish mashinalarining asosiy parametrlari qanday tartibda aniqlanadi?
- 24.7. Maydalash qurilmasining solishtirma ish unumdorligi qanday aniqlanadi?

Izohli lug'at

Apparat (lat.), asbob, texnik qurilma, moslama. Darslikda apparat termini o'rniga qurilma so'zi ishlatiladi. Masalan, mexanik, gidromexanik, issiqlik yoki modda almashinish qurilmalari.

Barbotaj (frans.), aralashtirish, suyuqlik qatlamidan gaz yoki bug'ni bosim bilan o'tkazish.

Barbotyor (frans.), idishning ichiga suv bug'i yoki gaz berishga mo'ljallangan turli shaklga ega bo'lgan teshikli truba.

Vakuum (lat.), idishga qamalgan, bosimi atmosfera bosimidan anchagina past bo'lgan gaz holati.

Vakuum-nasos (lat., rus.), siyrak gazlar (vakuum) hosil qilish maqsadida idishlardan gaz yoki bug'larni so'rib oladigan qurilma.

Ventel (nem), trubada harakatlanuvchi suyuqlik, gaz yoki bug' berish miqdorini zolotnik yordamida rostlaydigan berkitish--ochish moslamasi.

Ventilyator (lat.), xonalarni shamollatish, aeroaralashmalarni trubalarda uzatishda havo yoki boshqa gazlarni haydash uchun kichik bosim) hosil qiladigan qurilma.

Venturi trubasi (Italiya olimi J.Venturi nomidan), bosimlar tafovutiga ko'ra, suyuqlik, bug' yoki gaz tezligi yoki sarfi o'lchanadigan qurilma.

Gazoduvka (rus.), havo yoki boshqa gazlarni siqish va haydash uchun o'rtacha bosim) hosil qiladigan qurilma.

Gazlift (rus.), suyuqliklar (neft, suv turli eritmalar va boshqalar) ni ularga aralashtirilgan gaz energiyasi hisobiga ko'tarish qurilmasi. Agar qurilmada gaz o'rniga siqilgan havo ishlatilsa erlift deb ataladi.

Gidravlika (yunon.), suyuqliklarning harakati va muvozanat qonunlarini hamda bu qonunlarni injenerlik masalalarini hal qilishda tatbiq etish usullarini o'rganuvchi fan.

Gidrodinamika (yunon.), gidromexanikaning siqilmaydigan suyuqliklar harakatini va ularning qattiq jismlar bilan o'zaro tasirini o'rganadigan bo'limi.

Gidromexanika (yunon.), suyuqlikning muvozanati va harakati, shuningdek, suyuqlikning unga botirilgan yoki unda harakatlanayotgan jism bilan o'zaro tasirini o'rganadi

Gidrostatika (yunon.), gidromexanikaning qo'yilgan kuchlar tasirida suyuqliklarning ularga botirilgan jismlarga va idish devorlariga tasirini o'rganadigan bo'limi.

Gidrosiklon (yunon.), bir-biridan massalari bilan farq qiladigan mineral donachalarni suv muhitida ajratadigan qurilma.

Gorelka (rus.), gazsimon, suyuq yoki changsimon yoqilg'ilarning havo yoki kislorod bilan aralashmasini hosil qiladigan va uni yoqish joyiga uzatadigan qurilma.

Gradirnya (nem.), suvni atmosfera havosi bilan sovutish qurilmasi.

Granulalash (lat.), moddaga mayda bo'laklar (granulalar) shaklini berish jarayoni.

Dezintegrator (lat.), kam abraziv mo'rt materiallarini yanchish (dag'al maydalash) mashinasi.

Diafragma (yunon.), teshikli yoki teshiksiz plastinka (to'siq).

Dispergirlash (lat.), qattiq yoki suyuq jismlarni mayin qilib maydalash.

Diffuziya (lat.), moddaning bir muhitdan konsentrasiyasi kamayish yo'nalishda tarqalishi. Diffuziya ionlar, atomlar, molekulalar, shuningdek ancha yirik zarralarning issiqlik harakati tufayli yuz beradi .

Zadvijka (rus.), truboprivoddagi oqim miqdorini pona shakliga ega bo'lgan zatvor yordamida rostlaydigan berkitish-ochish moslamasi.

Zaslonka (rus.), kanal (truba)ning kesim yuzini o'zgartiradigan hamda shu yo'l bilan undan o'tadigan gaz yoki suyuqlik massasi va hajmini rostlaydigan moslama

Zolotnik (rus.), sirpanadigan sirdagi teshiklarga nisbatan siljib, ish suyuqligi yoki gaz oqimini kerakli kanalga yo'naltiruvchi qo'zg'aluvchan element.

Zmeevik (rus.), issiqlik almashinish qurilmalarida isituvchi yoki sovituvchi eltkich yuborish uchun ishlatiladigan spiralsimon truba.

Klapan (nem.), mashinalar va truboprovodlarda gaz, bug' yoki suyuqlik sarfini boshqaradigan detal. Klapan bosimlar farqini hosil qilish (droselli klapanlar.), suyuqlikning teskari oqimi paydo bo'lishiga yo'l qo'ymaslik (teskari klapanlar.), gaz, bug' yoki suyuqlik bosimi belgilanganidan ortganda ularni qisman chiqarib yuborish (saqlash klapanlari.), bosimni pasaytirish va uni maromida tutib turish (reduksion klapanlarda)da ishlatiladi.

Kompressor (lat.), havo yoki gazni yuqori bosim bilan siqadigan mashina.

Konveksiya (lat.), muhit (gaz, suyuqlik) makroskopik qismning siljishi, massa, issiqlik va boshqa fizik miqdorlarning ko'chishiga sabab bo'ladi .

Kondensat (lat.), gaz yoki bug'ni kondensasiyalashda hosil bo'ladigan suyuqlik.

Kondensator (lat.), moddalarni sovitish yo'li bilan gaz (bug') holatda suyuq holatga o'tkazadigan issiqlik almashtirgich.

Korpus (lat.), mashina detali, odatda, mashinaning barcha asosiy mexanizmlarini ko'taradigan asosi, negizi hisoblanadi.

Laminar oqim (lat.), yopishqoq suyuqlik yoki gazning tartibli oqimi suyuqlik qo'shni qatlamlarini o'zaro aralashib ketmasligi bilan xarakterlanadi.

Manometr (yunon.), suyuqlik va gaz bosimini o'lchaydigan asbob. Atmosfera bosimini o'lchash uchun barometrlar, nolga yaqin bosimlarni o'lchash uchun vakuummetrlar ishlatiladi .

Modellash (rus.), murakkab obektlar, hodisalar yoki jarayonlarni, ularning modellarida yoki haqiqiy qurilmalarda tajriba o'tkazish va ishlashiga o'xshash modellarini qo'llab tadqiq qilish usuli.

Mufta (nem.), val tortki, truba kanat, kabel va boshalar biriktiriladigan qurilma.

Napor (rus.), suyuqlik oqimining berilgan nuqtada solishtirma energiyasini belgilovchi chiziqli kattalik.

Nasadka (rus.), ayrim qurilmalarning ichiga solib qo'yiladigan har-xil shaklli qattiq jismlar.

Patrubok (rus.), asosiy truba, rezervuar va qurilmalardan gaz, bug' yoki suyuqlik olinadigan qisqa truba.

Prosess (lat.), hodisalarning izchil almashinib turishi, biror narsaning taraqqiyot holati, jarayon. Psixrometr (yunon.), havoning harorati va namligi aniqlaydigan asbob.

Regenerasiya (lat.), ish bajargan jismning dastlabki sifatlarini tiklash ,masalan, adsorblash jarayonida adsorbentlarning xossalarini tiklash.

Rekuperator (lat.), issiqlik almashinish qurilmasi, unda issiqlik eltuvchilarni ajratib turgan devor orqali ular orasida issiqlik almashib turadi.

Separasiya (lat.), suyuq yoki qattiq zarrachalarni gazlardan, qattiq zarralarni esa suyuqliklardan ajratish, qattiq yoki suyuq aralashmalarni tarkibiy qismlarga ajratish.

Skrubber (ingliz.), changli gazlarni yuvish yo'li bilan tozalaydigan qurilma.

Texnologiya (yunon.), mahsulot ishlab chiqarish jarayonida xom ashyo, material yoki yarim fabrikatga ishlov berish, tayyorlash, ularning holati, xossalari va shaklini o'zgartirish usullari majmui.

Turbina (frans.), berilayotgan ish jismi (bug', gaz, suv)ning kinetik energiyasini mexanik ishga aylantirib beradigan birlamchi dvigatel.

Turbulent oqim (lat.), zarrachalari murakkab traektoriyalar bo'yicha turg'unlashmagan tartibsiz harakatlanadigan suyuqlik (yoki gaz ,) oqimi . Bunday holatda suyuqlik tezligi va uning bosimi oqimning har bir nuqtasida tartibsiz o'zgaradi.

Flanes (nem.), truba, armatura, rezurvar, vallar va boshqalarning birlashtiruvchi qismi, odatda, boltlar yoki shpilkalar o'tkazish uchun bir tekisda joylashgan teshiklari bo'lgan yassi halqa yoki diskdan iborat.

Sapfa (nem.), o'q yoki valning podshipnikka tiralib turadigan qismi.

Shtuser (nem.) uchi rezbali biriktirish patrulkasi. Rezurvarlar yoki qurilmalarning trubalariga yoxud chiqish patrulkalariga payvandlanadi, kavsharlanadi yoki burab qo'yiladi.

Elevator (lat.), yuklarni tik yoki qiya yo'nalishlarda uzluksiz tashiydigan qurilma.

Kondensat (lat.), gaz eki bug'ni kondensasiyalashda hosil bo'ladigan suyuqlik.

Konsentrasiya-suyuqlikda eritilgan yoki havoga tarqalgan moddaning shu suyuqlik yoki havo hajmiga nisbatan miqdori ko'p-ozligi, quyuq-suyuqligi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Н.С., Зокиров С.Г., Исматуллаев П.Р., Маннонов У.Б. “Кимё ва озиқ-овқат саноатларининг асосий жараёнлари ва қурилмалари” – Т.: Жаҳон, 2000.
2. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Н.С., Исматуллаев П.Р., Кимё ва озиқ-овқат саноатларининг жараён ва қурилмалари фанидан ҳисоблар ва мисоллар ” – Т.: Нисим, 1999.
3. А.А. Лашинский, А.Р.Толчинский. «Основы конструирования и расчёты химической аппаратуры». Л: Машиностроение 1970 г.
4. А.Г.Касаткин. «Основные процессы и аппараты химической технологии. Химия 1973 г.
5. З.Салимов, И.Туйчиев. «Химиявий технология жараёнлари ва қурилмалари». Тошкент 1987 йил.
6. П.Г. Романков, М.И.Курочкина, Ю.А.Мозжерин, Н.Н.Смирнов. «Процессы и аппараты химической промышленности». Л.: Химия 1989 йил.
7. А.М. Кутепов, Т.Н. Бондарёва, М.Г. Беренгартен «Общая химическая технология» М. Высшая школа 1990 йил
8. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. «Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии», Ленинград, «Химия», 1987 г.

Mundarija

1. Asosiy qonun qoidalar. Modda va energiyaning saqlanish qonunlari
2. Jarayonlar va qurilmalarni modellashtirish asoslari.
3. O'lchamlarni tahlil qilish
4. Texnika gidravlika asoslari
5. Turli jinsli sistemalarning turlari va ularni ajratish usullari.
6. Filtrlash jarayoni
7. Markazdan qochma kuch ta'sirida cho'ktirish
8. Suyuqlik muhitlarida aralashtirish
9. Gazlarni changdan tozalash

10. Gazyuvuvchi qurilmalar
 11. Issiqlik almashinish jarayonlari. Issiqlik o'tkazish asoslari.
 12. Issiqlikning nurlanishi
 13. Issiqlik almashinish qurilmalari.
 14. Qobiq - trubali issiqlik almashinish qurilmalarini hisoblash tartibi
 15. Issiqlik almashgichlarda konstruktiv hisoblash tartibi. Kondensatorni hisoblash
 16. 16-Ma'ruza: Bug'latish jarayoni
 17. 17-ma'ruza Modda almashinish jarayonlari
 18. 18-ma'ruza Modda o'tkazish jarayonining tenglamasi
 19. 19-ma'ruza Absorbsiya jarayoni
 20. 20-Ma'ruza Suyuqliklarni haydash
 21. 21 - Ma'ruza Ekstraksiya jarayoni
 - 22.. 22-ma'ruza Adsorbsiya jarayoni
 23. 23-Ma'ruza Kristallanish jarayoni
 24. 24-Ma'ruza Materiallarni maydalash
- Ba'zi terminlarning ta'rifi
Foydalanilgan adabiyotlar.