

YUNUSOV I.I., ARTIKOV A.A., ISMATULLAYEV P.R.

KIMYO VA OZIQ-OVQAT TEKNOLOGIYASIDA EHM NI QO'LLASH



35.94073

Yu-38

1079

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

YUNUSOV I.I., ARTIKOV A.A., ISMATULLAYEV P.R

**KIMYO VA OZIQ-OVQAT
TEXNOLOGIYASIDA
EHM NI QO'LLASH**

TOSHKENT
2001

Ushbu o'quv qo'llanma asosida kasb-hunar kollejlari o'quvchilari oziq-ovqat sanoatida ishlatiladigan mexanik, gidromexanik, issiqlik va modda almashinish hamda elektrofizik usulda ishlov berish jarayonlarining nazariy va amaliy tomonlari, ushbu jarayonlarni amalga oshirishda foydalaniladigan asosiy qurilmalarning tuzilishi, ishlash prinsiplari va hisoblash usullari haqida ma'lumotga ega bo'ladilar.

O'quv qo'llanma, asosan, oziq-ovqat yo'nalishidagi kasb-hunar kollejlarning o'quvchilariga mo'ljallangan. Undan kasb-hunar kollejlari o'qituvchilari va muhandis texnik xodimlar ham foydalanishlari mumkin.

Taqrizchilar: **I.I.YUNUSOV** — dotsent, t.f.n;
Q.T.OLIMOV — dotsent, p.f.d;
O.M.MURODOV — Buxoro «Turizm»
kasb-hunar kolleji direktori



KIRISH

Xalq xo'jaligining yetakchi tarmoqlarida ishlash va uni rivojlantirishni o'z oldiga maqsad qilib qo'ygan har bir yosh mutaxassis fan va texnika yutuqlarini yaxshi bilishi, uni o'z ish faoliyatida qo'llay olishi lozim. Buning uchun u shu sohaning yetuk bilimdoni bo'lishi zarur. Hozirda hayotga izchillik bilan joriy qilinayotgan «Ta'lim to'g'risida»gi Qonun va «Kadrlar tayyorlash milliy dasturi» Respublikamizda ta'lim tizimini isloh qilish va buning natijasi sifatida ertangi kunimizni bugungidan yaxshi bo'lishini ta'minlay oladigan kadrlar yetishtirib chiqarishga qaratilgan.

Xalq xo'jaligining asosiy tarmoqlaridan biri bo'lgan oziq-ovqat sanoati bugungi kunda tez rivojlanayotgan, yangi texnika va texnologiyalar joriy qilinib, mahsulot assortimenti va sifati talab hamda ehtiyojdan kelib chiqqan holda yaxshilab borayotgan soha hisoblanadi.

Oziq-ovqat sanoatini yetuk mutaxassis kadrlar bilan ta'minlashda shu yo'nalishdagi kasb-hunar kollejariga katta mas'uliyat yuklangan. Chunki sanoatning intensiv rivojlanayotgan bu tarmog'ida zamonaviy texnika va texnologiyalarni boshqara oladigan kadrlarga bo'lgan ehtiyoj kun sayin ortib bormoqda. Bu yo'nalishda tahsil olayotgan kollej o'quvchilari uchun «Oziq-ovqat texnologiyasida ishlab chiqarish jarayonlari va qurilmalari» fani asosiy fanlardan biri bo'lib, bu fan ularga o'z ixtisosliklarini chuqur egalashlariga, umummuhandislik fanlaridan olgan bilimlarini mustahkamlashga hamda texnologik jihozlardan unumli foydalanish usullarini o'rganishlariga ko'maklashadi.

Mazkur o'quv qo'llanma beshta asosiy bo'limdan iborat.

Oziq-ovqat texnologiyasida ishlab chiqarish jarayonlari va qurilmalari fani hamda uning ilmiy asoslari haqidagi tushunchalar *birinchi bo'limda* o'z ifodasini topgan.

Mexanik jarayonlar. O'quv qo'llanmaning *ikkinchi bo'limi* shunday nomlangan. Bu bo'limda o'quvchilar qattiq materiallarni maydalash, maydalagichlarning tuzilishi, presslash, suvsizlantirish va biriktirish jarayonlari bilan tanishadilar.

Ma'lumki, gidravlika gidromexanik jarayonlarning asosi hisoblanadi. *Uchinchi bo'limda* aynan *gidromexanik jarayonlarga* katta ahamiyat berilgan.

Oziq-ovqat sanoatida issiqlik almashinish jarayonlarini bilish muhim ahamiyatga ega. Shu sababli ham *to'rtinchi bo'limda issiqlik almashinish jarayonlari* ko'rib chiqilgan.

O'quv qo'llanmaning *beshinchisi bo'limi* esa «*Modda almashinish jarayonlari*» deb ataladi. O'quvchilar absorbsiya, desorbsiya, adsorbsiya, suyuqliklarni haydashdan to mahsulotlarga ishlov berishning fizik usullarigacha bo'lgan ma'lumotlarni shu bo'limdan bilib oladilar.

O'quv qo'llanma mualliflarning shu sohadagi ko'p yillik pedagogik tajribalariga asoslanib yozilgan. Kitob qo'lyozmasini ko'rib chiqib uning sifatini yanada yaxshilashga yordam bergan barcha soha mutaxassislariga mualliflar o'z samimiy minnatdorchiliklarini bildiradilar.

I BO'LIM

«OZIQ-OVQAT TEXNOLOGIYASIDA ISHLAB CHIQRISH JARAYONLARI VA QURILMALARI» FANI. UNING ILMIIY ASOSLARI

1.1. Texnologik jarayonlar borishining asosiy qonuniyatlari

«Oziq-ovqat texnologiyasida ishlab chiqarish jarayonlari va qurilmalari» fani bilan tanishish, uni yaxshi o'zlashtirib olish bo'lajak mutaxassis kadrlar uchun muhimdir.

Jarayonlar va qurilmalar to'g'risidagi zamonaviy ta'limot kimyo, fizika, matematika, dizayn, texnik chizmachilik, mikrobiologiya, elektrotexnika kabi fanlarga asoslanadi.

Fanni o'qish (kurs) davomida sanoat miqyosida turli xil oziq-ovqat mahsulotlari ishlab chiqarishdagi fizik va biokimyoviy jarayonlarning borishi o'rganiladi.

Har qanday texnologik jarayon uni amalga oshirish usullari orasidagi farqqa qaramay ma'lum turkumdagi qurilmada boradigan o'zaro bog'langan o'xshash texnologik bosqichlardan iborat. Oziq-ovqat mahsulotlariga qo'yiladigan yuqori talab, ishlab chiqarish samaradorligi, uning energiya va material sarfini kamaytirish, atrof-muhitni himoyalash oziq-ovqat ishlab chiqarish texnologik bosqichlarini xalq xo'jaligining boshqa tarmoqlaridagi o'xshash jarayonlardan farqini belgilaydi. Bu sohadagi jarayonlar juda murakkab bo'lib, ko'p hollarda gidrodinamik, issiqlik, modda almashinish, biokimyoviy va mexanik jarayonlarning bir vaqtda amalga oshishi bilan boradi. Bu kurs oziq-ovqat texnologiyasining nazariy asosi hisoblanadi. Unda jarayonlarni tahlil qilish va zaruriy qurilmalarning ishlash prinsipini o'rganish imkoniyati paydo bo'ladi.

Ushbu fanning rivojlanishi oziq-ovqat texnologiyasi jarayonlarining ilmiy asoslangan sinflarini yaratish imkonini berdi.

Ishlab chiqarish jarayoni — bu sistema yoki ma'lum bir mahsulotdagi ketma-ket va qonuniy o'zgarishlar bo'lib, natijada ularning yangi xususiyatlari yuzaga chiqadi.

Texnologiya — boshlang'ich xomashyodan ma'lum xossalarga ega bo'lgan mahsulot olishga yo'naltirilgan qator jarayonlarning majmuasi hisoblanadi.

Texnologik qurilma — jihoz yoki moslama bo'lib, texnologik jarayonni amalga oshirish uchun mo'ljallangan.

Mashina — energiya yoki materialni o'zgartirish uchun mexanik harakat bajaruvchi qurilma. Oziq-ovqat texnologiyasidagi turli xil jarayonlarning barchasini ularning borish qonuniyatlariga qarab beshta asosiy gruppaga bo'lish mumkin: *gidromexanik, issiqlik almashinish, modda almashinish, mexanik, biokimyoviy va kimyoviy* jarayonlar.

Gidromexanik jarayonlarning tezligi gidromexanika qonunlari bilan aniqlanadi. Ularga suyuqlik va gazlarni uzatish, suyuqlik muhitida aralashtirish, turli jinsli sistemalarni fazalarga ajratish kabi jarayonlar kiradi.

Issiqlik almashinish jarayonlari temperaturalar farqi mavjud bo'lganda bir jismdan ikkinchisiga issiqlikning o'tishidir. Bu gruppaga isitish, sovitish, bug'latish, kondensatsiyalash va sun'iy sovuq hosil qilish jarayonlari kiradi. Issiqlik almashinish jarayonlarining tezligi issiqlik uzatish qonunlari yordamida aniqlanadi.

Modda almashinish jarayonlari bir yoki bir necha komponentlarning bir fazadan, fazalarni ajratuvchi yuza orqali ikkinchi fazaga o'tishidir. Ularga absorbsiya, adsorbsiya va desorbsiya, haydash, ekstraksiya, eritish, kristallanish, quritish kabi jarayonlar kiradi. Bu jarayonlarning tezligi modda almashinish qonunlari bilan ifodalanadi.

Mexanik jarayonlar jismlarning o'zaro mexanik ta'siridir. Bularga maydalash, fraksiyalarga ajratish, presslash va boshqalar misol bo'ladi.

Biokimyoviy va kimyoviy jarayonlar moddalarning kimyoviy tarkibi va xossalari bilan o'zgarishi bilan boradi. Ularning tezligi kimyoviy kinetika qonunlari asosida aniqlanadi.

Jarayonning tashkil qilinishiga qarab, ular *uzluksiz, davriy va kombinatsiyalashgan* turlarga bo'linadi.

Agar jarayonning hamma bosqichlari bir qurilmada birin-ketin bajarilsa, u davriy jarayon deyiladi. Bunda dastlab qurilma xomashyo bilan to'ldiriladi, keyin ishlov berish boshlanadi. Ushbu operatsiya tugagach, qurilmadan tayyor mahsulot bo'shatib olinib, jarayonning bosqichlari boshqatdan takrorlanadi.

Jarayonning hamma bosqichlari bir vaqtning o'zida qurilmaning turli qismlarida yoki o'zaro bog'liq bo'lgan bir necha qurilmada bajarilsa, u **uzluksiz jarayon** deyiladi. Masalan, mahsulotni konveyer qurilmada quritish jarayoni bunga misol bo'la oladi.

Agar jarayonning ayrim bosqichlari davriy, ba'zilar esa uzluksiz ravishda amalga oshirilsa, bunday jarayon *kombinatsiyalashgan jarayon* deyiladi.

Bundan tashqari, jarayon parametrlarining vaqt bo'yicha o'zgarishiga qarab, *turg'un* va *noturg'un* turlarga bo'linadi. Agar qurilma ish hajmining ma'lum bir nuqtasida jarayonning tezligi, mahsulotning konsentratsiyasi, temperaturasi kabi parametrlar vaqt bo'yicha o'zgarmas bo'lsa, bunday jarayon *turg'un*, aksincha bo'lsa, *noturg'un* hisoblanadi.

1.2. Oziq-ovqat mahsulotlari va xomashyolarning asosiy xossalari

Oziq-ovqat sanoatida amalga oshiriladigan jarayonlarni tashkil etish va amalga oshirish, ushbu jarayonlarda ishlatiladigan xomashyo va mahsulotlarning fizik xossalariiga bevosita bog'liq. Bu xossalarga ularning zichligi, solishtirma og'irligi, dinamik qovushqoqligi, issiqlik sig'imi, issiqlik o'tkazuvchanligi va boshqalarni kiritish mumkin. Quyida ushbu xossalarning fizik mazmuni va ularni hisoblash formulalari keltirilgan.

Zichlik. Moddaning hajm birligidagi massasi uning zichligi deyiladi.

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

Zichlik solishtirma hajmga teskari kattalik bo'lib, quyidagi formula orqali ham ifodalanishi mumkin, ya'ni:

$$\rho = 1/V_c$$

bu yerda

$$V_c = V/m \quad (1.2)$$

Ikki modda zichliklarining nisbati *nisbiy zichlik* deyiladi. Odatda jismlarning nisbiy zichligi distillangan suvning 4°C dagi zichligi bo'yicha aniqlanadi:

$$\rho_{nisb} = \frac{\rho}{\rho_{suv}} \quad (1.3)$$

bu yerda: ρ — modda zichligi; ρ_{suv} — distillangan suvning 4°C dagi zichligi.

Shakar siropi, meva sharbati, shakarli sutning 20°C dagi zichligi quyidagi empirik formula bilan aniqlanadi:

$$\rho_{20} = 10[1,42 \cdot x(100 - x)] \quad (1.4)$$

bu yerda x — quruq modda miqdori, %

Agar temperatura 20°C dan farqlansa, u holda:

$$\rho_t = \rho_{20} - 0,5 (t - 20) \quad (1.5)$$

bu yerda t — modda temperaturasi, °C

Tomat mahsulotlari uchun zichlik quyidagicha aniqlanadi:

$$\rho = 1016,76 + 44 x - 0,53 t \quad (1.6)$$

bu yerda x — eritmadagi quruq modda ulushi.

Bugʻdoy, shakar, kraxmal va un kabi sochiluvchan mahsulotlar uchun qatlam zichligi tushunchasidan foydalaniladi. U quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$\rho_k = (1 - \varepsilon)\rho_z \quad (1.7)$$

$$\varepsilon = \frac{V_k - V_z}{V_k} \quad (1.8)$$

bu yerda: ε — gʻovaklik koeffitsiyenti, V_k — erkin yoyilgan material qatlami hajmi, m^3 ; V_z — qatlamdagi zarrachalarning umumiy hajmi; ρ_z — material zarrachalarining zichligi.

Gazlarning zichligi Klapeyron formulasi bilan hisoblanadi.

$$\rho = \rho_0 \frac{T_0 \cdot P}{T \cdot P_0} = \frac{M}{22,4} \cdot \frac{273 \cdot P}{T \cdot P_0} \quad (1.9)$$

bu yerda: ρ_0 — normal sharoitda gaz zichligi, kg/m^3 ; M — gazning molekular massasi, $kg/kmol$; T_0 — gazning absolut temperaturasi, K ; P_0 va P — mos holda gazning 273 K dagi va T temperaturadagi bosimi.

Solishtirma ogʻirlik. Moddaning hajm birligidagi ogʻirligi *solishtirma ogʻirlik* deb ataladi va quyidagicha hisoblanadi:

$$\gamma = G/V \quad (1.10)$$

Zichlik bilan solishtirma og'irlik o'rtasida quyidagicha bog'liqlik mavjud.

$$\gamma = \rho \cdot g \quad (1.10a)$$

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

Suyuqlik yoki gazlar qatlamlari o'zaro harakatlanganda bir-biriga qarshilik ko'rsatish xususiyati *qovushqoqlik* deyiladi. Dinamik va kinematik qovushqoqlik mavjud. Dinamik qovushqoqlik Nyutonning ichki ishqalanish qonuni formulasidan aniqlanadi:

$$F = \mu \cdot S \cdot \frac{ds}{dn} \quad (1.11)$$

bu yerda: μ — dinamik qovushqoqlik koeffitsiyenti, Pa·s; S — suyuqlik qatlami yuzasi, m^2 ; $\frac{ds}{dn}$ — qatlamlar orasidagi tezlik gradiyenti.

Turli xil sharbatlar, siroplar, quyuqlashtirilgan va natural sutlarning qovushqoqligi t temperaturada quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$\mu_t = 12,9 \mu/t^{0,85} \quad (1.11a)$$

bu yerda μ — mahsulotning 20°C dagi qovushqoqligi, Pa·s.

Natural sut uchun

$$\mu = 0,7 \exp(0,06 + 0,08 \cdot x) \text{ (mPa}\cdot\text{s)} \quad (1.11b)$$

O'simlik yog'lari uchun esa

$$\mu_t = 0,175/[10 \exp(0,31 + 0,026 t)] \text{ (mPa}\cdot\text{s)} \quad (1.11d)$$

Tomat mahsulotlari uchun

$$\mu_t = 0,0199 \times 2,94 t^{-1,17} \text{ (Pa}\cdot\text{s)} \quad (1.11e)$$

Gazlarning qovushqoqligi

$$\mu_t = \mu_0 \frac{273+C}{T+C} \cdot \left(\frac{T}{273}\right)^{1,5} \quad (1.11f)$$

bu yerda: μ_0 — 273K temperaturada gazning qovushqoqligi; C — Saterlend koeffitsiyenti (azot uchun $C=114$, kislorod uchun $C=131$, havo uchun $C=124$); T — gaz temperaturasi, K.

Mahsulot dinamik qovushqoqligining uning zichligiga nisbati kinematik qovushqoqlik deyiladi:

$$v = \frac{\mu}{\rho} \quad (1.12)$$

Issiqlik sig'imi — bu moddaga berilgan issiqlik miqdorining uning temperaturasi o'zgarishiga nisbatidir. Massa birligidagi moddaning issiqlik sig'imi **solishtirma issiqlik sig'imi** deb yuritiladi. Suyuqlik va gazlarning issiqlik sig'imi temperaturaga bog'liq bo'lib, uning oshishi bilan ortadi.

Suyuqliklarning solishtirma issiqlik sig'imi normal temperaturada 0,8 dan 4,19 kJ/(kg·grad), gazlarniki 0,5 dan 2,2 kJ/(kg·grad), qattiq moddalarniki esa 0,13 dan 1,8 kJ/(kg·grad) diapazonda o'zgaradi.

Ba'zi mahsulotlarning solishtirma issiqlik sig'imi quyidagi formulalar yordamida hisoblab topiladi, masalan, tomat mahsulotlariniki:

$$c = 4228,7 - 20,9 x - 10,88 t \quad (1.13a)$$

o'simlik xomashyosiniki:

$$c = c_c (1 - 0,01 W) + 41,87 W \quad (1.13b)$$

xamir uchun:

$$c = 1675 (1 + 0,015 W) \quad (1.13d)$$

bug'doy uchun:

$$c = 1550 + 26,4 W \quad (1.13e)$$

bu yerda: c_c — quruq modda solishtirma issiqlik sig'imi; W — mahsulot namligi, %.

Issiqlik o'tkazuvchanlik jismning yuqori temperaturaga ega bo'lgan qismidan past temperaturali qismiga mikrozarrachalarning issiqlik harakati tufayli issiqlikning o'tishidir.

Mahsulotlarning issiqlik o'tkazuvchanlik samaradorligi teplofizik parametr hisoblangan **issiqlik o'tkazuvchanlik** koeffitsiyenti bilan ifodalanadi.

Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti (λ) issiqlik almashinish yuzasi birligidan vaqt birligi davomida izotermik yuzaga normal bo'lgan 1 m uzunlikka to'g'ri kelgan temperaturalarning 1 °C ga

pasayishi vaqtida issiqlik o'tkazuvchanlik yo'li bilan berilgan issiqlik miqdorini belgilaydi.

Suyuqliklar uchun issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti 30°C quyidagi empirik formula bilan topiladi:

$$\lambda_{30} = A_1 \cdot c \cdot \rho \cdot \sqrt[3]{\rho/M} \quad (1.14)$$

bu yerda: A_1 — suyuqlikning assotsiatsiya darajasiga bog'liq bo'lgan koeffitsiyenti, masalan, suv uchun $A_1 = 3,58 \cdot 10^8$, benzol uchun $A_1 = 4,22 \cdot 10^8$; c — suyuqlikning solishtirma issiqlik sig'imi, ρ — suyuqlik zichligi, M — molekular massa.

Suyuqliklarni t temperaturadagi issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti quyidagicha aniqlanadi:

$$\lambda_t = \lambda_{30} [1 - \varepsilon(t - 30)] \quad (1.14a)$$

bu yerda ε — temperatura koeffitsiyenti (metil spirti va sirka kislotasi uchun $1,2 \cdot 10^{-3} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$, propil va etil spirtlari uchun $1,4 \cdot 10^{-3} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$).

Meva sharbatlari, siroplar, shakarli sut uchun λ quyidagicha aniqlanadi:

$$\lambda_t = \lambda_{20} + 0,00068 (t - 20) \quad (1.14b)$$

Tomat mahsulotlari uchun:

$$\lambda = (528 - 4,04 \cdot x + 2,05 \cdot t) \cdot 10^{-3} \quad (1.14d)$$

temperaturasi 80°C gacha va konsentratsiyasi $0 \leq x \leq 65\%$ bo'lgan saxaroza eritmasi uchun

$$\lambda = (1 - 5,479 \cdot 10^{-3} \cdot x)(0,586 + 1,514 \cdot 10^{-3} \cdot t - 2,2 \cdot 10^{-6} \cdot t^2)$$

1.3. Jarayonlar va qurilmalarni hisoblash asoslari

Kinetika — bu jarayonlarning amalga oshish mexanizmini va tezligini ifodalaydi. Bu tushuncha yangi jarayonlarni yaratish va mavjudlarini takomillashtirishning asosi hisoblanadi.

Qurilmalarning asosiy o'lchamlarini hisoblash uchun ularda boradigan jarayonlarning kinetik qonuniyatlarini bilish zarur.

Jarayonning tezligi uning harakatlantiruvchi kuchiga to'g'ri va qarshiligiga teskari proporsional. Jarayon qarshiligiga teskari bo'lgan kattalik *tezlik koeffitsiyenti* deyiladi.

Gidromexanik, issiqlik va modda almashinish jarayonlarining umumiy kinetik tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega:

$$\frac{\partial V}{F \cdot \partial \tau} = \frac{\Delta}{R} = k \cdot \Delta \quad (1.15)$$

bu yerda: ∂V — modda yoki energiya miqdori; F — o'zidan modda yoki energiyani o'tkazgan yuza; $\partial \tau$ — jarayonning davomiyligi; Δ — jarayonning harakatlantiruvchi kuchi; R — qarshilik; k — tezlik koeffitsiyenti.

Jarayonning harakatlantiruvchi kuchi umumiy holatda potensiallar farqi bo'lib, xususiy holatlarda quyidagicha ta'riflanadi:

— *gidromexanik jarayonlarda*: suyuqlik yoki gaz oqimining truboprovod yoki qurilmaga kirish va chiqish qismidagi bosimlari orasidagi farq;

— *issiqlik almashinish jarayonlarida*: issiqlik almashinayotgan jismlarning temperaturalari orasidagi farq;

— *modda almashinish jarayonlarida*: modda almashinayotgan fazalarda tarqalgan komponent konsentratsiyalari orasidagi farq.

Jarayonning tezlik koeffitsiyenti ushbu jarayonda ishtirok etayotgan moddalarning oqim rejimga bog'liq bo'lgan kattalikdir.

Yuqorida ta'kidlangan jarayonlar bir xil tipdagi differensial tenglamalar bilan ifodalanib, ular o'xshashlik nazariyasi, turli kriteriyalar hamda tajriba natijalari yordamida hisoblash mumkin bo'lgan ko'rinishga keltiriladi. Tenglamalarni hisoblash yordamida jarayonlarning tezlik koeffitsiyentlari, bu jarayonlarda amalga oshiriladigan qurilmalarning ish hajmi va ish yuzalari aniqlanishi mumkin.

1.3.1. Oziq-ovqat sanoati mashina va qurilmalarini hisoblashning umumiy prinsiplari

Mashina va qurilmalarni hisoblashda, asosan, quyidagilarni aniqlash ko'zda tutiladi:

- ishlov berilgan mahsulot miqdori;
 - jarayon uchun zarur bo'lgan energiya miqdori;
 - optimal ish hajmi yoki yuzasi;
 - jarayonning davomiyligi;
 - mashina yoki qurilmaning asosiy o'lchamlari.
- Hisoblash quyidagi tartibda olib boriladi:
- jarayonning moddiy va issiqlik balansi tuziladi;

— statika sharoitida jarayonning borish yoʻnalishi, muvozanat sharti aniqlanadi;

— jarayonning harakatlantiruvchi kuchi hisoblanadi;

— jarayonning tezligi aniqlanadi;

— jarayonning tezligi va harakatlantiruvchi kuchi asosida qurilmaning asosiy konstruktiv oʻlchami va u asosida qolgan oʻlchamlari aniqlanadi.

Jarayonning moddiy balansi massaning saqlanish qonuni asosida tuziladi, yaʼni jarayonga kiritilayotgan xomashyo miqdori, jarayon natijasida olinayotgan mahsulotlar miqdoriga teng boʻlishi shart:

$$\Sigma G_0 = \Sigma G \quad (1.16)$$

Moddiy balansga asosanib jarayon natijasida olinayotgan mahsulot miqdori aniqlanadi. Jarayonning issiqlik balansi energiyaning saqlanish qonuni asosida tuziladi:

$$\Sigma Q_0 = \Sigma Q_f + \Sigma Q_y \quad (1.17)$$

bu yerda:

ΣQ_0 — qurilmaga kiritilayotgan issiqlik miqdori;

ΣQ_f — qurilmadan chiqarilayotgan issiqlik miqdori;

ΣQ_y — atrof-muhitga yoʻqotilgan issiqlik miqdori.

Qurilmaga kiritilayotgan issiqlik miqdori mahsulot oqimlari bilan kiritilayotgan issiqlik (Q_1), isituvchi agent bilan kiritilayotgan issiqlik (Q_2) va fizik yoki kimyoviy oʻzgarishlar natijasida ajralib chiqayotgan issiqlik miqdori (Q_3) dan iborat boʻladi.

Qurilmadan chiqarilayotgan issiqlik miqdori jarayon natijasida olinayotgan mahsulotlar va issiqlik tashuvchi bilan chiqib ketayotgan issiqlik hamda atrof-muhitga yoʻqotilgan issiqlik miqdorlari yigʻindisidan tashkil topadi.

Issiqlik balansidan asosan issiqlik tashuvchining sarfi aniqlanadi. Jarayonni xarakterlovchi parametrlarning ishchi va muvozanat holatlardagi qiymatlari asosida jarayonning harakatlantiruvchi kuchi hisoblanadi. Shundan soʻng jarayonning kinetik hisobi asosida tezlik koeffitsiyenti aniqlanadi.

Jarayonning intensivligi vaqt birligida qurilmaning ish yuzasi yoki hajm birligida oʻtgan issiqlik yoki modda miqdori bilan xarakterlanadi. Jarayon tezligining asosiy parametri tezlik koeffitsiyenti — k hisoblanadi.

1.4. Mashina va qurilmalarga qo'yiladigan talablar. Ularning texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlari

Mashina va qurilmalar konstruksiyasini baholashda asosiy omil uning texnik-iqtisodiy ko'rsatkichi hisoblanib, jarayonni minimal xarajatlar bilan amalga oshirgan qurilma yoki mashina konstruksiyasi optimal hisoblanadi.

Mashina va qurilmalarga quyidagi talablar qo'yiladi:

— yuqori ish unumdorlikka ega bo'lishi, ishonchli, energiya va metall sarfi kam, mehnat xavfsizligini ta'minlashi, ishlatish hamda ta'mirlash qulay bo'lishi zarur. U uzoq va benuqson ishlashi uchun konstruktiv mukammal, mexanik puxta bo'lishi kerak. Konstruksiyaning mexanik puxtaligi uning mustahkamligi, turg'unligi, xizmat muddatining uzoqligi va germetikligi bilan belgilanadi.

Qurilmaning konstruktiv mukammalligi uning soddaligi, metall sarfining kamligi, texnologik talablarga to'liq javob berishi, yuqori foydali ish koeffitsiyenti bilan aniqlanadi.

Konstruksiyaning mukammallik darajasi uning texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlari, ya'ni ish unumdorligi, xarajat koeffitsiyentlari, narxi, ishlab chiqariladigan mahsulot sifati va tannarxi bilan bog'liq.

Odatda, texnologik tizimlarda standart qurilmalar ishlatiladi. Bu tizimlarda qo'llaniladigan tipik qurilmalar tuzilishi sodda bo'lsa-da, ularda murakkab qurilmalarda ishlatiladigan elementlar ham mavjud bo'ladi.

Mashina va qurilmalarni loyihalash hamda ishlab chiqarishda davlat standartlari, texnik talablar, instruksiya va normalarga asoslaniladi. Oziq-ovqat sanoatining xususiy talablaridan kelib chiqib, ba'zan tipik bo'lmagan, nostandart jihozlar ham ishlab chiqiladi.

1.5. Oziq-ovqat sanoati qurilmalarida ishlatiladigan asosiy konstruksiya materiallari va ularni tanlash

Qurilma uchun material tanlashda u ishlaydigan ish sharoitiga, ya'ni bosim, temperatura, muhitning agressivlik darajasi va boshqalarga e'tibor berilishi zarur. Bunda materialning mustahkamligi, issiqlikka va kimyoviy agressiv moddalarga chidamliligi, fizik xossalari, texnologik xususiyatlari, materialning tarkibi va strukturasi, narxi hamda boshqalar hisobga olinadi. Materialning xususiyatlari ular qo'llaniladigan sharoitga ham bog'liqdir.

2.1.1. Maydalagichlarning tuzilishi

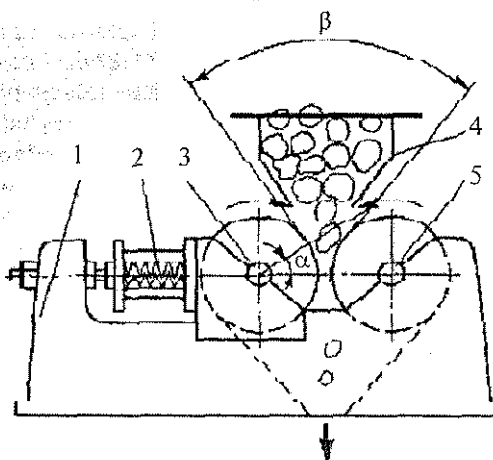
Barcha maydalash mashinalari bo'laklagich va tegirmonlarga bo'linadi. Bo'laklagichlar yirik va o'rta maydalash, tegirmonlar esa o'rta, kichik, mayin va kolloid maydalashda ishlatiladi.

Maydalash mashinalarining quyidagi turlari mavjud: jag'li, bolg'ali, valikli, konusli, sharli, sterjenli, halqali, kolloid va hokazo.

Kesish mashinalari plastinali, diskli, rotorli, torli turlarga bo'linadi. Barcha maydalash mashinalariga quyidagi talablar qo'yiladi: maydalangan mahsulot zarralarining bir xilligi; maydalangan mahsulot zarralarining maydalash kamerasidan uzluksiz chiqarilishi; chang hosil bo'lishining imkon darajasida kam bo'lishi; maydalash darajasining rostdash imkoniyati; energiya sarfining kam bo'lishini ta'minlashi.

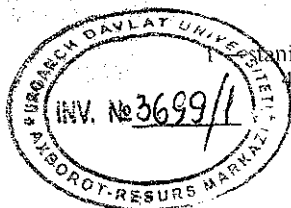
Valikli maydalagichlar (2.2-rasm) o'rta, kichik va mayin maydalashda ishlatiladi. Ular boshqoqli ekinlar donlari, chigit va kunjarani maydalashda ishlatiladi.

Ish organi vazifasini bajaruvchi gorizontal joylashgan valiklar o'zaro qarama-qarshi yo'nalishda aylanadi. Mahsulot valiklar orasida ezilib maydalanadi. Valiklar sirti silliq, tishli yoki ariqchali bo'ladi. Valiklarning biri qo'zg'almas, ikkinchisi esa qo'zg'aluvchan holatda joylashtiriladi. Valiklar orasiga qattiq begona jism tushib qolsa,



2.2- rasm. Valikli maydalagich:

1 — qo'zg'almas valik; 2 — prujina; 3 — qo'zg'aluvchan valik; 4 — bunker; 5 — qo'zg'almas valik.



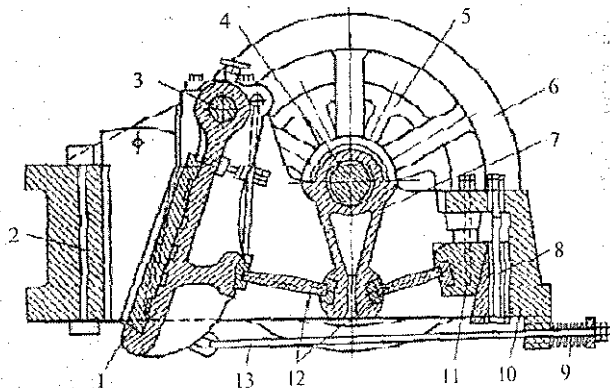
qo'zg'aluvchan valik siljib, mashinani sinishdan saqlaydi. Maydalash darajasi valiklar orasidagi masofani o'zgartirish yo'li bilan rostlanadi.

Jag'li maydalagichlarda mahsulot, asosan, ezish yo'li bilan maydalanadi. Maydalagich 2.3-rasmda tasvirlangan bo'lib, u qo'zg'almas 2 va qo'zg'aluvchan 1 plita(jag')lardan iborat. Plitalarning har ikkalasida ham qovurg'alari mavjud. Qo'zg'aluvchan jag' qo'zg'almas o'qqa o'rnatilgan. U eksentrik val yordamida tebranma harakatga keltiriladi. Qo'zg'aluvchan plita eksentrik valning shatuni bilan richag 12 sharnirli bog'langan. Rostlovchi ponalar 8 va 11 yordamida chiqarish tuynugining kesim yuzasi, ya'ni maydalash darajasi rostlanib turiladi. Tyaga 13 va prujina 9 yordamida jag'ning teskari harakati ta'minlanadi.

Jag'li maydalagich sodda va ishonchli, ammo uni fundamentga o'rnatish lozim. Harakat davomida shovqin va chang hosil bo'ladi. Jag'li maydalagichlarda soatiga 1 tonna mahsulotni maydalash uchun 400—1500 vt energiya sarflanadi.

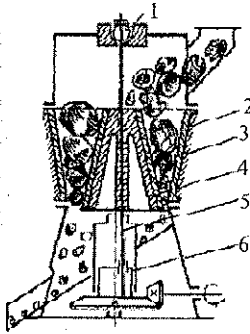
Konusli maydalagichlar yirik, o'rta va mayin maydalashda ishlatiladi (2.4-rasm).

Ularda mahsulot kesik konus shaklidagi maydalovchi kallak va korpus orasida ezish orqali maydalanadi. Kallak maydalagich

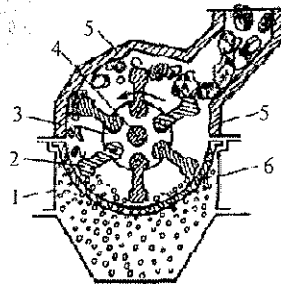


2.3- rasm. Jag'li maydalagich:

1 — qo'zg'aluvchan jag'; 2 — qo'zg'almas jag'; 3 — qo'zg'aluvchan jag' o'qi; 4 — eksentrik val; 5 — shkiv; 6 — maxovik; 7 — shatun; 8, 11 — rostlovchi ponalar; 9 — prujina; 10 — stanina; 12 — richag; 13 — tyaga.



2.4- rasm. Konusli maydalagich:
 1 — sharli tayanch; 2 — korpus;
 3 — plita; 4 — kallak; 5 — vertikal val;
 6 — eksentrik.



2.5-rasm. Bolg'ali maydalagich:
 1—korpus; 2—bolg'a; 3—disk;
 4—val; 5—plita; 6—panjara.

korpusida eksentritsitet bilan o'rnatilgani hisobiga, u eksentrik aylanma harakat qiladi. Kallak korpusning bir tomoniga yaqinlashganda, maydalangan mahsulot qarama-qarshi tomondagi kattalashgan halqasimon tuynuk orqali tushib ketadi.

Bolg'ali maydalagich tez aylanuvchi disk va unga shamirli biriktirilgan bolg'alardan iborat. Mahsulot bunker orqali kameraga tushadi va bolg'alar zarbi hamda korpus devoriga urilish hisobiga maydalanadi. Maydalangan mahsulot panjara orqali tashqariga chiqadi (2.5-rasm).

Dezintegrator va dismembratorlarning disklarida konsentrik aylanalar bo'ylab zarba beruvchi barmoqlar joylashtirilgan. Bir diskdagi barmoqlar qatori ikkinchi diskdagi ikkita barmoqlar qatori bilan kichkina tirqish hosil qiladi. Mahsulot barmoqlar bilan urib maydalanadi va mashinaning pastki qismida joylashgan bo'shatish tuynugi orqali chiqariladi. Disklarning aylanish soni 200—1200 min⁻¹. Ish unumdorligi 0,5—20 tn/soat (2.6-rasm).

Dismembratorlarda bitta aylanuvchi disk bo'lib, ikkinchi disk vazifasini maydalagich qopqog'i bajaradi. Qopqoqda qo'zg'almas holatda, konsentrik aylanalar bo'yicha barmoqlar joylashtirilgan.

Diskli maydalagichlar donli mahsulotlarni kichik va mayin maydalashda ishlatiladi. Ish organi vertikal holatdagi sirti qirrali ikki diskdan iborat. Ularning biri qo'zg'almas, ikkinchisi 7—8 m/s aylanma tezlik bilan aylanadi. Mahsulot ikki disk orasiga beriladi. Maydalash darajasi disklar orasidagi masofaga ko'ra rostlanadi.

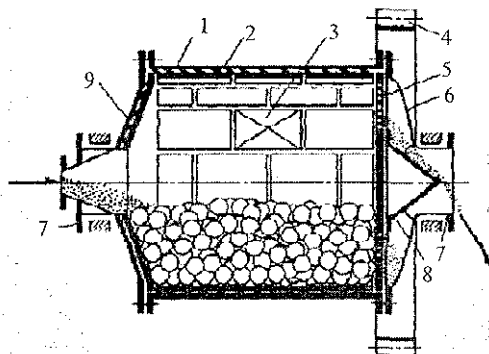
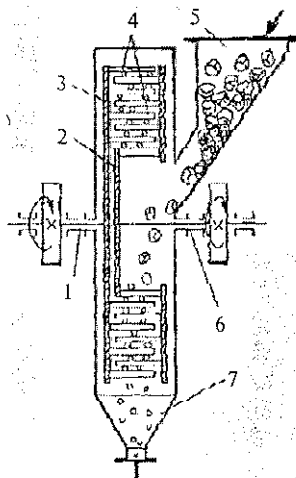
2.6- rasm. Dezintegrator:

- 1, 6 — valilar; 2, 3 — disklar;
4 — barmoqlar; 5 — yuklash voronkasi;
7 — bo'shatish voronkasi.

Yuqorida ko'rsatilgan maydalagichlarning asosiy ish organlari bolg'a, disk, barmoqlar yeyilishga chidamli marganesli po'latdan tayyorlanishi lozim.

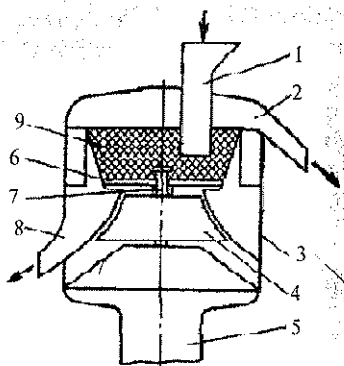
Sharli maydalagichlarda mahsulot bo'sh gorizontaal silindrsimon qobiq ichiga solingan sharlar yordamida maydalanadi. Sharlar po'lat yoki chinidan tayyorlanadi. Sharlar o'lchami maydalanadigan mahsulot o'lchamiga asosan tanlanadi va ular 34—175 mm bo'lishi mumkin. Kameraning 30—35% hajmi sharlar bilan to'ldiriladi (2.7-rasm).

Bu maydalagichlarda maydalash sharlar zarbasi va sharlar orasidagi ishqalanish hisobiga amalga oshadi. Silindrsimon qobiq aylanganda sharlar va devor orasidagi ishqalanish hisobiga, aylanish yo'nalishida ma'lum balandlikkacha ko'tariladi va so'ngra pastga dumalab tushadi. Kamera aylanish tezligi ko'payishi bilan markazdan qochma kuch oshib, sharlarning ko'tarilish burchagi ham ortadi.



2.7- rasm. Sharli maydalagich:

- 1 — baraban korpusi; 2 — plita; 3 — luk; 4 — yetakchi shesterna;
5 — panjara; 6 — qopqoq; 7 — sapfa; 8 — yo'naltiruvchi konus; 9 — qopqoq.

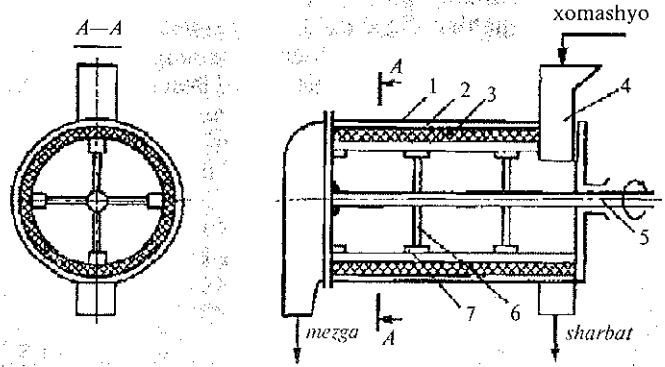


2.8- rasm. Sentrifugali maydalagich:
 1 — voronka; 2 — mezgi patrubkasi;
 3 — korpus; 4 — rotor; 5 — dvigatel;
 6 — sharbat patrubkasi; 7 — val;
 8 — maydalovchi disk; 9 — savat.

Kolloid maydalagichlar juda mayin maydalashda ishlatiladi. Maydalash namlash usulida olib boriladi. Asosiy ish organi konusimon uyali korpus va rotordan iborat. Ularning maydalovchi organlari orasidagi masofa millimetr ulushlari bilan o'lchanadi. Rotor 30—120 m/s tezlikda aylanadi va ishqalash hisobiga zarralar maydalanadi.

Meva va sabzavotlarni maydalash hamda sharbatini ajratish uchun sentrifugali maydalagichlar ishlatiladi (2.8-rasm). Korpus ichida diskli qirg'ich o'rnatilgan. Xomashyo bunker orqali devorlari to'rsimon qilib tayyorlangan savatga tushadi.

Maydalangan massa markazdan qochma kuch ta'sirida sharbat va mezgaga ajraladi. Sharbat to'rsimon devordan filtrlanib, halqasimon bo'shliqqa o'tadi va chiqish patrubkasi orqali chiqariladi. Mezga qopqoq ostidagi bo'shliqda to'planadi va chiqarishda patrubkadan foydalaniladi.



2.9- rasm. Qirg'ich mashina:
 1 — korpus; 2 — halqasimon kanal; 3 — panjara; 4 — voronka; 5 — rotor;
 6 — spitsa; 7 — kurakchalar.

Meva va sabzavotlar sharbatini ajratishda qirg'ich mashinalar ishlatiladi. Ularning kamerasi silindrsimon bo'lib, ichida metall panjara joylashtirilgan. Panjara shunday o'rnatilganki, u bilan korpus orasida halqasimon bo'shliq hosil bo'ladi. Korpus o'qi bo'ylab, qirg'ichli kurakchalari bo'lgan rotor joylashtirilgan. Kurakchalar panjaraga tegmasdan aylanganda, zarbali urish va ishqalash hisobiga mahsulot maydalanadi, qirish esa kuraklar hosil qiladigan bosim hisobiga amalga oshadi (2.9-rasm).

2.2. Donador mahsulotlarni saralash

Donador mahsulotlar zarralarining o'lchamlari bo'yicha navlarga ajratish va saralash jarayoni oziq-ovqat texnologiyasida muhim ahamiyatga ega.

Donador mahsulotlarni saralashning uch turi mavjud:

— mexanik; sochiluvchan mahsulotlarni elak, panjara va boshqa qurilmalar yordamida saralash. Bunda o'lchami teshik o'lchamidan kichik zarralar o'tadi, kattalari esa qayta maydalashga uzatiladi;

— gidravlik; mahsulot zarralarning suyuqlikda cho'kish tezligiga ko'ra saralanadi;

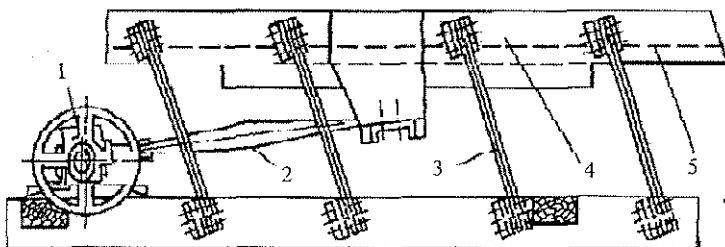
— havo yordamida saralash; zarralarning havodagi cho'kish tezligiga ko'ra saralanadi.

Saralashdan ko'zlangan maqsad: maydalanadigan mahsulot tarkibidagi kichik zarralarni ajratish yoki tayyor mahsulotni navlarga ajratish bo'lishi mumkin.

Mexanik saralagichlar o'lchami bir necha santimetrdan millimetr ulushlarigacha bo'lgan o'lchamli zarralarni saralashda ishlatiladi. Mahsulotni elash uchun metall yoki boshqa materialdan tayyorlangan elak va panjaralardan foydalaniladi. Ularning teshiklari shtamplangan, to'qilgan bo'ladi. Elak teshiklari o'lchami 0,04 dan 100 mm gacha bo'lib, aylana, kvadrat yoki to'g'ri to'rtburchak shaklida bo'lishi mumkin.

Panjaralar qalinligi 2—12 mm. li metall tunukadan tayyorlanadi. Unda aylana yoki to'g'ri to'rtburchak shaklidagi 2—10 mm. li teshiklari bo'ladi. Teshiklar tiqilib qolmasligi uchun ularning pastki tomoni kengaytirilgan konus shaklida tayyorlanadi.

Mahsulot zarralari panjara sirtida harakatlanishi hisobiga saralanadi. Bunda panjara sirti gorizontol yoki og'ma holatda o'rnatiladi. Saralash bir yoki ko'p martali bo'lishi mumkin. Bir martali saralashda bitta, ko'p martali saralashda esa bir nechta elakdan foydalaniladi.



2.10- rasm. Tebranuvchi saralagich:
1 — eksentrik; 2 — shatun; 3 — prujina; 4 — korpus; 5 — elak.

Ishlab chiqarishda panjarasi qo'zg'aluvchan va qo'zg'almas saralagichlar ishlatiladi. Ular ish organining tuzilishiga ko'ra barabanli, diskli, rolikli, tebranuvchi, vibratsiyali, zanjirli bo'ladi.

Tebranuvchi saralagichda ish organi krivoship-shatunli mexanizm yordamida harakatga keltiriladi (2.10-rasm).

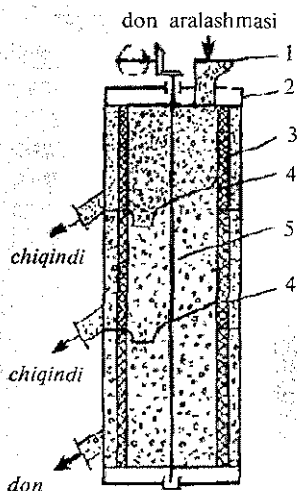
Elak tebranganda mayda zarralar uning teshigidan o'tadi, qoldiq esa elak bo'ylab harakatlanib, bevosita maydalagichga tushadi. Mahsulotni bir necha sortlarga ajratish uchun ko'p elakli saralagichlardan foydalaniladi. Elaklar ustma-ust joylashtiriladi. Yuqoridan pastga qarab elak teshiklari kichrayib boradi. Har bir elak teshigidan o'tadigan va qoladigan zarralar ajraladi. Bu saralagichlar ish unumdorligining yuqoriligi, ta'mirlash va xizmat ko'rsatishga qulayligi bilan ajralib turadi.

Barabanli saralagichlarda baraban 5—7 gradus burchak ostida og'ma holatda o'rnatiladi. U to'rsimon po'lat panjaradan tayyorlangan bo'lib, markaziy va yordamida harakatga keltiriladi. Mahsulot barabanning ochiq yon tomonidan beriladi. Mayda zarralar elak teshigidan o'tadi, qoldiq esa barabanning ikkinchi ochiq yon tomonidan chiqariladi.

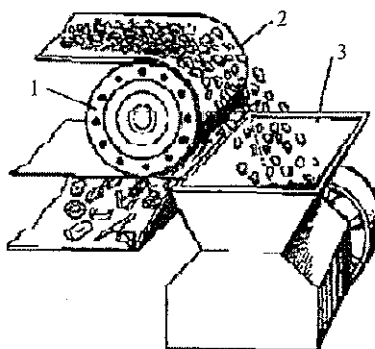
Markazdan qochma separator (2.11-rasm) bir necha seksiyadan iborat.

Mahsulot yuqori seksiyaga beriladi va markazdan qochma kuch ta'sirida baraban devoriga otiladi. Kichik zarralar devor teshiklaridan o'tib, qurilmadan chiqariladi. Yiriklari esa, keyingi seksiyaga o'tadi. Bu seksiya devori teshiklari kattaroq bo'lganligi uchun mahsulot qayta saralanadi va hokazo.

Magnitli separatorlar donli mahsulot tarkibidagi metall zarralarini ajratish uchun ishlatiladi (2.12-rasm).



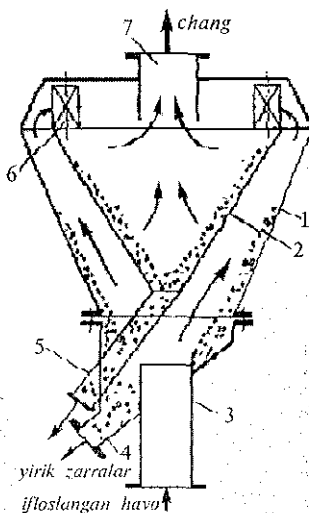
2.11- rasm. Barabanli markazdan qochma separator:
1 — voronka; 2 — korpus;
3 — baraban; 4 — kanali to'siq; 5 — val.



2.12- rasm. Magnitli separator:
1 — separator; 2 — konveyer;
3 — bunker.

Barabanli elektromagnit separatorlarda doimiy tok bilan ishlaydigan elektromagnit mavjud. Baraban aylanganda uning sirti elektromagnit qutblari yaqinidan o'tadi. Kuchli magnit maydoni orqali o'tayotgan metall zarralari baraban sirtida ushlanib qoladi. Mahsulot esa baraban sirtidan bunkerga to'kiladi. Baraban magnit maydonidan chiqqanda, metall zarralari uning sirtidan ajraladi.

Havo separatorlarining ishlash prinsipi markazdan qochma kuch maydoniga asoslangan (2.13- rasm).



2.13- rasm. Markazdan qochma separator:
1 — korpus; 2 — ichki konus; 3 — mahsulot kirish patrubkasi; 4, 5 — yirik zarralarni chiqarish patrubkalari; 6 — yo'naltiruvchi kurakcha; 7 — changni chiqarish patrubkasi.

Bunday separatorlar tegirmonlardan chiqayotgan havo oqimi yo'liga o'rnatiladi. Yirik zarralar halqasimon kanal va konusda markazdan qochma kuch ta'sirida ajraladi. Konus devoriga otilgan yirik zarralar havo oqimi bilan harakatlanib, yuqorida joylashgan patrubkadan chiqadi.

2.3. Presslash

Umumiy ma'lumotlar

Qattiq mahsulotlarni suvsizlantirish, briketlash, plastik mahsulotlarga shakl berishda presslash jarayonidan foydalaniladi.

Presslashning mohiyati shundan iboratki, mahsulotga maxsus presslar yordamida bosim bilan ta'sir ko'rsatiladi.

Bosim ostida suvsizlantirish oziq-ovqat sanoatida shakar qamish sharbatini, yog'li mahsulotlardan yog'ni, meva va sabzavotlardan sharbatni ajratishda ishlatiladi.

Briketlash qand, oziq-ovqat konsentratlari, dori-darmonlar, choy, kofe, konfetlar ishlab chiqarishda qo'llaniladi.

Plastik mahsulotlarga shakl berish, non, qandolat mahsulotlari, makaron ishlab chiqarishda va xamirga ma'lum shakl berishda ham bu usuldan foydalaniladi.

2.3.1. Suvsizlantirish va briketlash

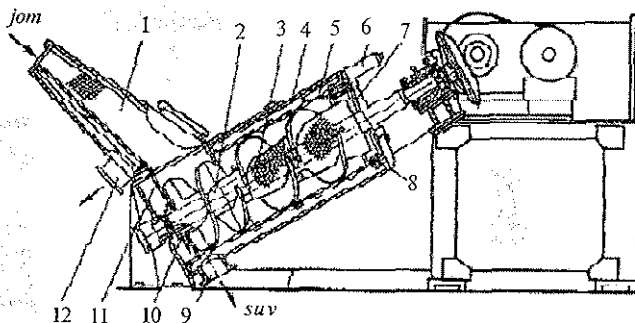
Suvsizlantirish ikki maqsadda qo'llanilishi mumkin: sharbatni ajratishda yoki mahsulot tarkibidan suvni ajratishda. Mahsulotga ko'rsatiladigan tashqi bosim ikki xil yo'l bilan hosil qilinadi: presslarda porshen bosimi va sentrifugalarda markazdan qochma kuch ta'sirida.

Mahsulotlarni briketlash mahsulot sifatini va foydalanish muddatini oshirishda, xarajatlarni kamaytirishda, tashishni yaxshilashda qo'llaniladi.

Suvni siqib chiqarish darajasi bosim kattaligiga bog'liq. Yuqori darajada siqish press ish unumdorligining pasayishiga va energiya solishtirma sarfining ortishiga olib keladi.

Qand-rafinad ishlab chiqarishda bo'tqani presslaganda kristallar orasidagi hajm qisqaradi yoki kristallning mayda bo'laklari bilan to'ladi.

Presslar ikki turga: *gidravlik* va *mexanik* presslarga ajratiladi. Gidravlik press gidravlika qonunlariga asosan ishlaydi. Uning asosiy



2.14- rasm. Og'ma shnek-press:

1 — separator; 2 — shnek val; 3 — elak; 4— siquvchi shnek; 5- silindrsimon elak; 6 — rostlash moslamasi; 7 — jomni chiqarish teshigi; 8 — konussimon elak; 9 — shtutser; 10 — suvni chiqarish teshigi; 11— qo'shimcha filtrlash yuzasi; 12 — suvni chiqarish shtutseri.

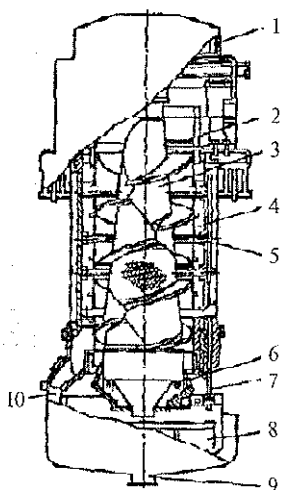
ishchi organi ichida porshen yoki plunjer harakatlanadigan ishchi silindrdir. Plunjer yuqori bosimli suyuqlik yordamida harakatga keltiriladi.

Og'ma shnek-press jomni siqish uchun ishlatiladi (2.14- rasm). Jomdan dastlab separatorida ma'lum miqdor suv ajratilib olinadi, suvning asosiy qismi esa pressda ajratiladi.

Bir qism ajralgan suv silindrsimon elak orqali o'tib, shtutser 9 orqali chiqariladi. Qolgan qismi esa elak 3 orqali shnek valining bo'sh ichiga o'tib, teshik 10 va shtutser 9 orqali chiqib ketadi. Siqilgan jom konussimon elak va siqish shnegi korpusi orasidagi halqasimon kanal orqali chiqariladi.

Vertikal shnek pressning asosiy ish organi vertikal shnekdir. Shnek qobig'ida shnek parraklari orasiga kiradigan va mahsulotning shnek bilan birga aylanishiga to'sqinlik qiladigan qarshi parraklar o'rnatilgan. Ulardagi teshiklar orqali bug' harakatlanadi (2.15- rasm).

Jom shnek-pressning yuqori qismidagi voronka orqali beriladi va yuqori parraklar yordamida ko'ndalang kesimi qisqarib boradigan pastki qismiga haydaladi hamda presslanadi. Ajralgan suvning bir qismi silindrsimon elakning teshiklaridan, qolgan qismi esa ichi bo'sh val orqali chiqadi. Silindrsimon elakning ostki qismiga qo'zg'aluvchan konussimon elak ulangan. Uni yuqori yoki pastga qo'zg'atib, jomni siqish darajasini o'zgartirish mumkin.



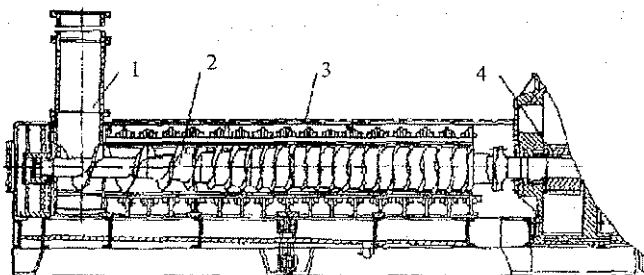
2.15- rasm. Vertikal shnek-press:
 1 — yetakchi shesterna; 2 — yuklash voronkasi; 3 — shnek; 4 — ajraluvchi elak; 5 — qarshi parrak; 6 — konussimon elak; 7 — bolt; 8 — kurak; 9 — shtutser; 10 — kanal.

Ikki shnekli press ikkita parallel shnekdan iborat. Ular o'zaro qarama-qarshi yo'nalishda aylanadi. Shnek korpusi va qopqog'ida silindrsimon filtrlovchi elaklari mavjud. Ular zanglamaydigan po'latdan tayyorlangan (2.16-rasm).

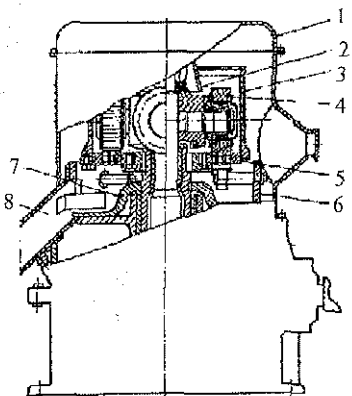
Shneklarning aylanish soni gidromufta yordamida 1,45 dan 3 min⁻¹ gacha o'zgartirilishi mumkin. Shnek ish unumdorligi, presslash darajasi va energiya sarfi aylanishlar soniga bog'liq.

Rotatsion pressning (2.17-rasm) asosiy qismi matritsa, presslash valiklari, granulalarni kesish qurilmasi va ichi bo'sh valdan iboratdir. Matritsa valga o'rnatilgan bo'lib, val bilan birga aylanadi. Konussimon taqsimlagich quruq mahsulotni valiklar ostiga yo'naltirish vazifasini bajaradi.

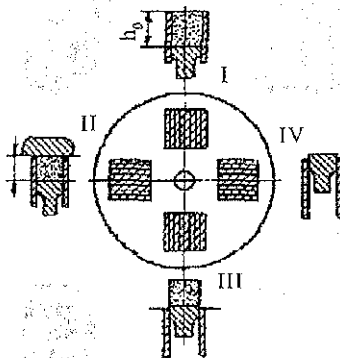
Presslangan mahsulot matritsa teshiklaridan chiqayotganda pichoq bilan kesiladi va parrak yordamida bo'shatish qurilmasiga uzatiladi. Pichoq va matritsa orasidagi masofa 0,5 mm. dan katta bo'lmisligi lozim. Pichoqning gorizontga nisbatan og'ish burchagi 30° ni tashkil qiladi.



2.16- rasm. Ikki shnekli press:
 1 — yuklash bunker; 2 — shnek; 3 — qopqog; 4 — uzatma.



2.17- rasm. Rotatsion press: 1 — qobiq;
2 — mahsulot taqsimlagich;
3 — bunker; 4 — presslovchi valik;
5 — matritsa; 6 — granulalarni kesish
qurilmasi; 7 — bo'shatish ariqchasi;
8 — parrak.



2.18- rasm. Diskli press.

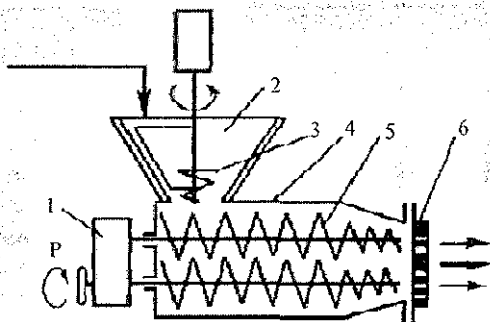
Briketni kesish uchun 4 ta pichoq o'qmatiladi. Yirikroq briketlar olish uchun pichoqlar soni kamaytiriladi.

Diskli press qand-rafinad ishlab chiqarishda ishlatiladi. U quyidagi qismlardan iborat: rafinad bo'tqasini qabul qilish qismi, matritsa va puansonli disk, qand bo'laklarini presslash uchun tayanch, qandni matritsaga uzatish mexanizmi, presslangan bo'laklarni itarish mexanizmi, puansonni ko'tarish va diskni burish mexanizmi, uzatma hamda stanina (2.18- rasm).

Press stoli gorizontal tekislikda soat ko'rsatkichiga teskari yo'nalishda aylanma harakat qiladi. Stol bir marta to'liq aylanguncha 4 marta to'xtaydi va quyidagi operatsiyalar ketma-ket amalga oshiriladi: I matritsani rafinad bo'tqasi bilan to'ldirish; II puanson yuqoriga ko'tarilayotganda shakl berish; III qand bo'laklarini puanson yordamida matritsadan itarish; IV puansonni qand qoldiqlaridan tozalash.

Ikki shnekli shakl beruvchi press konfet ishlab chiqarishda ishlatiladi (2.19- rasm).

Press hosil qilgan bosim ta'sirida konfet massasi filera orqali siqib chiqariladi va pichoqlar yordamida bo'laklarga ajratiladi. Filera



2.19- rasm. Ikki shnekli shakl beruvchi press:

1 — uzatma; 2 — yuklash bunkeri; 3, 5 — shneklar; 4 — press korpusi; 6 — filera.

yupqa metall disk shaklida bo'lib, uning teshiklari orqali plastik massa siqib chiqariladi. Filera teshiklarining shakliga qarab mahsulot turi o'zgaradi. Bu ish jarayoni 2.19- rasmda yaqqol o'z ifodasini topgan.



Nazorat savollari va topshiriqlari

1. Maydalash va saralash jarayonlarini qo'llashdan maqsad nima?
2. Mahsulot zarralarining boshlang'ich va oxirgi o'lchamlariga ko'ra maydalash qanday turlarga bo'linadi?
3. Maydalash usullarini va undan ko'zlangan maqsadni aytib bering.
4. Maydalashga sarflanadigan ish nimalarga bog'liq?
5. Maydalagichlarning qanday turlari mavjud? Ularning o'xshash tomonlari hamda farqini misollar yordamida aytib bering.
6. Maydalagichlarga qo'yiladigan asosiy talablar nimalardan iborat?
7. Mahsulotlarni saralashning qanday turlari mavjud?
8. Havo separatorlarining ishlash prinsipi nimaga asoslangan?
9. Presslash oziq-ovqat sanoatida nima maqsadda qo'llaniladi?
10. Suvsizlantirish va briketlash bir-biridan nimasi bilan farq qiladi? Misol keltiring.
11. Presslarning qanday turlari mavjud va ular sanoatning qaysi jabhalarida ishlatiladi?

III BO'LIM

GIDROMEXANIK JARAYONLAR

3.1. Gidravlika-gidromexanik jarayonlar asosi

Umumiy tushunchalar

Oziq-ovqat sanoatining barcha tarmoqlarida, asosan, gidromexanik jarayonlardan foydalaniladi. Bunday jarayonlarga suyuqliklar, gazlar va ularning aralashmalarini trubalar orqali uzatish; turli jinsli sistemalarni fazalarga ajratish, suyuqlik muhitida aralashtirish, qattiq donador mahsulotlarni havo oqimi yordamida uzatish (pnevмотransport), mavhum qaynash qatlamining hosil bo'lishi va boshqalar misol bo'ladi. Bu jarayonlarning tezligi gidromexanika qonunlari asosida tushuntiriladi.

Sanoat qurilmalarida olib boriladigan issiqlik va modda almashinish hamda biokimyoviy jarayonlarning tezligi ko'pincha muhitlar harakatining gidrodinamik holatiga bog'liq. Gidromexanika qonunlari va ulardan amalda foydalanish usullari gidravlika fanida o'rganiladi.

Suyuqliklarning muvozonat va harakat qonunlari differensial tenglamalar bilan ifodalanadi. Nazariy tadqiqotlar natijalarini soddalashtirish maqsadida **ideal suyuqlik** modelidan foydalaniladi. Bosim va temperatura ta'sirida o'z hajmini o'zgartirmaydigan yoki siqilmaydigan, o'zgarmas zichlikka ega va ichki ishqalanishi (qovush-qoqligi) bo'lmagan suyuqliklar **ideal suyuqlik** deb aytiladi. Real suyuqliklar esa bosim va temperatura ta'sirida o'z hajmini o'zgartiradi. Bundan tashqari, real suyuqlik qatlamlari orasida ichki ishqalanish mavjud. Lekin ba'zi suyuqliklarning xossalari ideal suyuqlik fikriga juda yaqin bo'ladi. Bu tushuncha real suyuqliklar qonunlarini o'rganishni osonlashtiradi. Elastik suyuqliklar (gazlar)ning hajmi temperatura va bosim ta'sirida keskin o'zgaradi.

3.1.1. Gidrostatikaning asosiy tenglamasi

Gidrostatikaning asosiy tenglamasi muvozonat holatida turgan suyuqlikka ta'sir qiluvchi kuchlarning taqsimlanishini tavsiflovchi differensial tenglamalar sistemasi, ya'ni Eylerning suyuqlik

muvozanat holati differensial tenglamalari asosida keltirib chiqariladi. U quyidagi ko'rinishga ega:

$$z + \frac{P}{p \cdot g} = \text{const} \quad (3.1)$$

Bu tenglama *gidrostatikaning asosiy tenglamasi* deyiladi.

Tenglamada z ixtiyoriy gorizontal tekislikka nisbatan suyuqlik ichida olingan nuqtaning balandligi (nivelir balandlik) yoki geometrik napor, $P/(p \cdot g)$ — statik yoki pyezometrik napor.

Statik napor $P/(p \cdot g)$ istalgan nuqtadagi bosimning solishtirma potensial energiyasini ifodalaydi. Nivelir balandlik z solishtirma yuzadan yuqorida joylashgan istalgan nuqta holatining solishtirma potensial energiyasini bildiradi. Ikkala energiya yig'indisi suyuqlik og'irligiga to'g'ri keladigan potensial energiyaga teng.

Shunday qilib, gidrostatikaning asosiy tenglamasi (3.1) energiya saqlanish qonunining xususiy holi bo'lib, tinch holatdagi suyuqlikning hamma nuqtalarida solishtirma potensial energiya qiymati o'zgarmas kattalik ekanligini bildiradi.

Muvozonat holatda turgan suyuqlik qatlamidan o'tgan I va II ixtiyoriy gorizontal tekisliklar uchun bu tenglama quyidagicha yoziladi:

$$z_1 + P_1/(p \cdot g) = z_2 + P_2/(p \cdot g) \quad (3.2)$$

Tinch holatda turgan suyuqlik sirtida joylashgan A nuqtaga ta'sir qiluvchi bosim P_0 , bu nuqtaning ixtiyoriy $0 - 0$ tekislikka nisbatan balandligi z_0 va suyuqlik ichida joylashgan V nuqta uchun bosim P , balandlik z ga teng bo'lsa (3.1- rasm), bu holat uchun (3.2) tenglama quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$z + P/(p \cdot g) = z_0 + P_0/(p \cdot g) \quad (3.3)$$

yoki

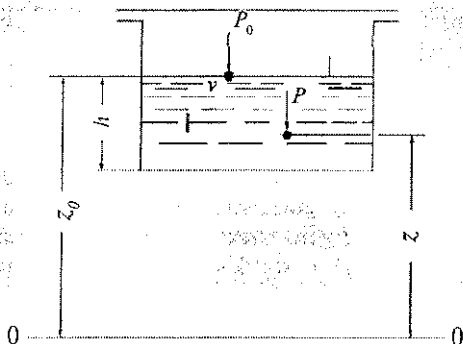
$$P + p \cdot g \cdot z = P_0 + p \cdot g \cdot z_0 \quad (3.4)$$

$$P = P_0 + p \cdot g \cdot (z_0 - z) \quad (3.5)$$

Tenglamadagi $z_0 - z = h$ suyuqlik ustuni balandligi ekanligini hisobga olsak:

$$P = P_0 + p \cdot g \cdot h \quad (3.6)$$





3.1- rasm. Hidrostatikaning asosiy tenglamasining sxematik ko'rinishi.

Tenglamadan ko'rinib turibdiki, tinch holatda turgan suyuqlik ichida joylashgan ixtiyoriy nuqtaga ta'sir qiluvchi bosim (R) suyuqlik sirtiga ta'sir qilayotgan bosim (R_0) va ushbu nuqta yuqorisidagi suyuqlik ustuni gidrostatik bosimi ($p \cdot g \cdot h$) yig'indisidan iborat bo'ladi.

(3.6) tenglama **Paskal qonuni** deyiladi. Bu qonunga binoan tinch holatdagi suyuqlikning istalgan nuqtasiga ta'sir etayotgan tashqi bosim suyuqlikning barcha nuqtalariga bir xilda uzatiladi.

3.1.2. Hidrostatika asosiy tenglamasining amalda qo'llanilishi

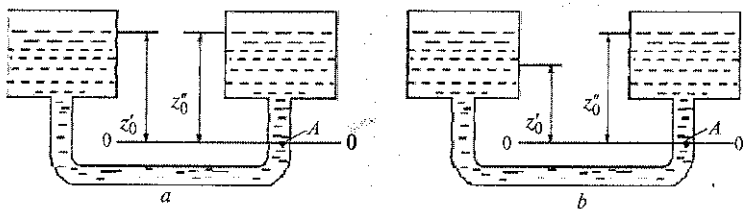
Tutash idishlar prinsipi va undan foydalanish. Faraz qilaylik: ikki tutash idish zichligi bo'lgan suyuqlik bilan to'ldirilgan bo'lsin (3.2- rasm, a). Suyuqlik ichidagi ixtiyoriy A nuqtadan o'tuvchi gorizontaal 0-0 tekislikni tanlab olamiz va A nuqta uchun (3.6) tenglamani yozamiz:

$$P = P_A + p \cdot g \cdot z'_0 \dots \text{ yoki } P = P_A + p \cdot g \cdot z''_0 \quad (3.7)$$

Bunda A nuqta 0-0 tekislikda yotganligi sababli $z' - z'' = 0$. Muvozonat shartiga asosan suyuqlikning 0-0 tekislikda yotgan har bir nuqtasi uchun ta'sir qiluvchi bosimning qiymati bir-biriga teng, ya'ni

$$P_A + p \cdot g \cdot z'_0 = P_A + p \cdot g \cdot z''_0 \quad (3.8)$$

Ushbu tenglamadan ko'rinib turibdiki,



3.2- rasm. Tutash idishlarda muvozanat shartlarining bajarilishi:
 a) bir jinsli suyuqliklar uchun; b) bir-birida erimaydigan zichligi turli
 xildagi suyuqliklar uchun.

$$z'_0 = z''_0$$

Demak, tutash idishlarga zichligi bir xil bo'lgan bir jinsli suyuqlik quyilgan va bu idishlarda suyuqlik sirtidagi bosim bir xil bo'lsa, ulardagi suyuqlik sathi ham teng bo'ladi.

Bu prinsipdan yopiq idishlardagi suyuqlik sathini o'lchashda foydalaniladi.

Agar tutash idishlarga zichliklari ρ' va ρ'' bo'lgan bir-biriga aralashmaydigan suyuqliklar quyilgan bo'lsa (3.2- rasm, b), bu suyuqliklarni bir-biridan ajratuvchi yuza orqali o'tgan tekislikka nisbatan quyidagi tenglamani yozish mumkin:

$$\rho' \cdot z'_0 = \rho'' \cdot z''_0 \quad \text{va} \quad \frac{z'_0}{z''_0} = \frac{\rho''}{\rho'} \quad (3.9)$$

Demak, tutash idishga aralashmaydigan suyuqliklar quyilgan bo'lsa, ularni ajratuvchi tekislikdan yuqoridagi suyuqlik sathi uning zichligiga teskari proporsionaldir.

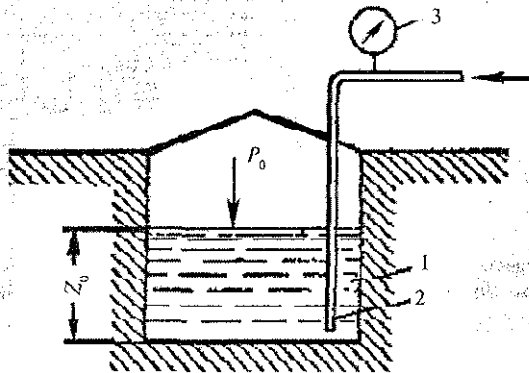
Agar tutash idish bir xil suyuqlik bilan to'ldirilgan, ammo suyuqlik sirtidagi bosimlar turli xil bo'lsa, (3.4.) tenglama quyidagicha yoziladi:

$$P' + \rho \cdot g \cdot z'_0 = P'' + \rho \cdot g \cdot z''_0 \quad (3.10)$$

bundan:

$$z''_0 - z'_0 = \frac{P' - P''}{\rho \cdot g} \quad (3.11)$$

Difmanometr yordamida bosimni o'lchashda (3.11) tenglamadan foydalaniladi.



3.3- rasm. Suyuqlik sathini pnevmatik usulda o'lchash qurilmasi sxemasi:
1 — idish; 2 — trubka; 3 — manometr.

Suyuqlik sathini pnevmatik usulda o'lchash. Sanoatda turli sig'implarda suyuqlik sathini o'lchashga to'g'ri keladi. Sathni o'lchashning turli usullari mavjud bo'lib, ularning bir turi pnevmatik usuldir.

Bu usulda suyuqlik sathini o'lchash uchun kerak bo'lgan idishga uning ostigacha yetuvchi trubka tushiriladi (3.3-rasm). Uning yuqori qismi siqilgan havo yoki boshqa inert gaz uzatadigan pnevmatik sistemaga ulanib, u orqali beriladigan gaz bosimi suyuqlik ustuni qarshiligini yenga oladigan qiymatgacha oshiriladi. Gazning bosimi manometr (3) yordamida o'lchab turiladi. Bunda suyuqlik solingan idish yuqorisi ochiq bo'lib, suyuqlik sirtidagi bosim o'zgarmas — P_0 ga teng bo'lsa, trubkaga berilayotgan gazning bosimi quyidagiga teng:

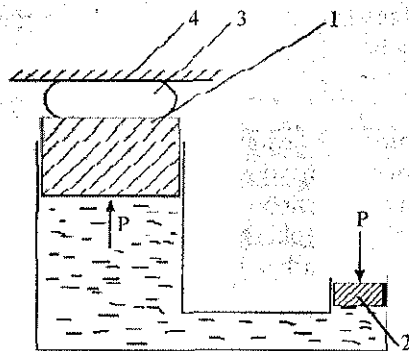
$$P = P_0 + \rho \cdot g \cdot z_0 \quad (3.12)$$

Ushbu tenglamadan idishdagi suyuqlik sathi — z_0 quyidagicha aniqlanadi:

$$z_0 = \frac{P - P_0}{\rho \cdot g} \quad (3.13)$$

Agar idishning ko'ndalang kesim yuzi aniq bo'lsa, z_0 ning qiymati asosida idishdagi suyuqlik hajmi ham aniqlanishi mumkin.

Gidrostatik mashinalar. Hidrostatik mashinalarning, jumladan, gidravlik presslarning ishlash prinsipi gidrostatikaning asosiy tenglamasiga asoslanadi (3.4- rasm).



3.4- rasm. Gidravlik pressning tuzilish sxemasi:
 1,2 — mos holda diametrlari d_1 va d_2 bo'lgan porshenlar;
 3 — presslanadigan material; 4 — qo'zg'almas plita.

Diametri d_1 bo'lgan porshenga R miqdordagi bosim berilsa, u suyuqlikning barcha nuqtalariga shu qiymatda uzatiladi. Demak diametri d_2 bo'lgan porshenga ham R bosim ta'sir qiladi. Birinchi porshen tomonidan uzatilayotgan bosim kuchi

$$F_1 = P \cdot \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} \quad (3.14 \ a)$$

bo'lsa, ikkinchi porshenga ta'sir qiluvchi bosim kuchi esa

$$F_2 = P \cdot \frac{\pi \cdot d_2^2}{4} \quad (3.14 \ b)$$

(3.14 a) va (3.14 b) tenglamalardan ko'rinib turibdiki, katta porshenning yuzasi kichiginikidan necha marta katta bo'lsa, unga ta'sir qiluvchi bosim kuchi ham shuncha marta katta bo'ladi. Shuning uchun gidravlik presslarda kichik porshenga kichik kuch bilan ta'sir etib, katta porshen yordamida yuqori kuchga ega bo'lamiz va materiallarning presslanishini ta'minlaymiz.

Gidrostatik bosimni o'lchash asboblari. Gidrostatik bosimni o'lchash uchun asosan, gidrostatik manometr va peyzometrik trubkalar ishlatiladi. Gidrostatik manometrlarning ishlash prinsipi suyuqlik sathini pnevmatik usulda o'lchash qurilmasi (3.3- rasmga qarang) bilan bir xil bo'lib, manometrning ko'rsatkichi peyzometrik trubkaning pastki nuqtasidan o'tuvchi gorizontal tekislikka ta'sir qilayotgan to'liq bosimga, ya'ni suyuqlik sirtiga ta'sir

qilayotgan R_0 bosim va suyuqlikning z_0 ustuni gidrostatik bosimi yig'indisiga tengdir:

$$P = P_0 + \rho \cdot g \cdot z_0 \quad (3.15)$$

Amalda gidrostatik bosim turli usullar bilan hisoblanadi. Agar gidrostatik bosim o'lchanayotgan paytda suyuqlikning erkin yuzasiga ta'sir qilayotgan atmosfera bosimi ham hisobga olinsa, bu holatdagi gidrostatik bosim **to'la** yoki **absolut bosim** (P_{abs}) deb ataladi.

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 absolut bosim va atmosfera bosimi o'rtasidagi ayirmaga teng:

$$P_{man} = P_{abs} - P_{atm} \quad (3.16)$$

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

Agar jarayon siyraklanish sharoitida (vakuumda) ketsa, vakuumning qiymati atmosfera bosimi bilan suyuqlikdagi absolut bosimining orasidagi ayirmaga teng bo'ladi:

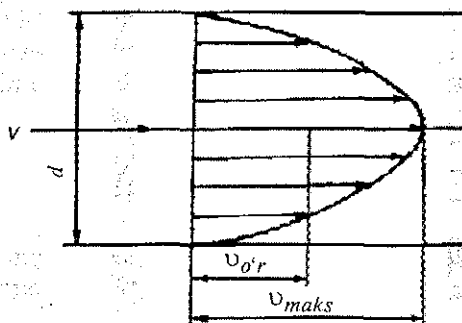
$$P_{vak} = P_{at} - P_{abs} \quad (3.17)$$

P_{vak} ning qiymati noldan atmosfera bosimi o'rtasidagi chegarada o'zgarishi mumkin. Masalan, absolut bosim $P_{abs} = 0,3$ at bo'lganda vakuumning qiymati $P_{abs} = 1 - 0,3 = 0,7$ atm ga teng bo'ladi.

3.1.3. Gidrodinamika. Suyuqlik harakatini tavsiflovchi asosiy kattaliklar

Oziq-ovqat mahsulotlari ishlab chiqarishning ko'pchilik jarayonlarida suyuqlik muhitining harakati kuzatiladi. Jumladan: jarayon uchun zarur bo'lgan suyuqliklarning trubalar yordamida uzatish, eritish, ekstraksiyalash, gomogen sistemalar hosil qilish va biokimyoviy jarayonlarda suyuqlik muhitini aralastirgich yordamida harakatga keltirish, suyuqlik oqimlari yordamida issiqlik va modda almashinish jarayonlarini amalga oshirish.

Suyuqliklarning harakati tezlik, sarf, bosim va boshqa kattaliklar bilan ifodalanadi.



3.5- rasm. Suyuqlik oqimi ko'ndalang kesimi bo'yicha oqim tezligining o'zgarishi.

Oqim yo'nalishiga perpendikular yuza orqali vaqt birligi ichida oqib o'tgan suyuqlik miqdori **sarf** deyiladi. Bu miqdor hajm birliklarida o'lchansa, **hajmiy sarf**, massa birliklarida o'lchansa **massaviy sarf** deyiladi. Hajmiy sarf m^3/s , $m^3/soat$, l/s , $l/soat$ da, massaviy sarf esa kg/s , $kg/soat$ kabi birliklarda o'lchanadi.

Suyuqlik harakatlanayotgan trubalarning ichki sirti ma'lum darajada g'adir-budurlikka ega bo'lganligi sababli u suyuqlik harakatiga qarshilik ko'rsatadi. Natijada truba sirtiga tegib turgan suyuqlik qatlami harakatlanadi. Truba ko'ndalang kesimi bo'yicha har bir suyuqlik qatlami turli xil tezlikka ega bo'lib, truba markazida uning qiymati maksimal bo'ladi. Trubadan to'lib oqayotgan suyuqlik oqimining ko'ndalang kesim yuzasi bo'yicha, suyuqlik tezligining o'zgarishi 3.5- rasmda berilgan.

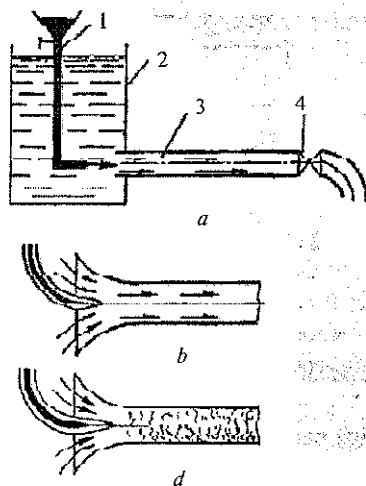
Truba devori yaqinidagi va markazidagi tezliklar qiymati orasidagi farq suyuqlikning oqim rejimiga bog'liq bo'lgan kattalik hisoblanadi.

Har bir qatlamdagi suyuqlik tezligini o'lchash imkoniyati yo'qligi sababli gidromexanik jarayonlarda suyuqlik oqimining o'rtacha tezligi degan kattalik ishlatiladi. U quyidagicha hisoblanadi:

$$v_{o'r} = \frac{V}{S} \quad (3.18)$$

bu yerda: V — hajmiy sarf, S — oqimning ko'ndalang kesim yuzasi, m^2 .

Ushbu tenglama asosida suyuqlikning hajmiy sarfi $V = v_{o'r} \cdot S$, massaviy sarfi $G = v_{o'r} \cdot S \cdot \rho = V \cdot \rho$ tenglamalar bilan aniqlanadi. Bu yerda: ρ — suyuqlik zichligi (kg/m^3)



3.6- rasm. Reynoldsning tajriba qurilmasi sxemasi:
a) qurilma sxemasi; *b)* trubadagi suyuqlikning laminar harakati;
d) trubadagi suyuqlikning turbulent oqimi; 1— rangli suyuqlik yuboriladigan naycha; 2— suyuqlik to'ldirilgan idish; 3— suyuqlik oqadigan truba; 4— suyuqlik harakatini rostlab turuvchi kran.

Oqimdagi suyuqlik qatlamining harakat trayektoriyasi uning harakat rejimini belgilaydi. Suyuqliklarning oqim rejimi ingliz olimi O.Reynolds tomonidan o'rganilgan. U o'z tadqiqotlari natijasida suyuqlik ikki xil, ya'ni laminar va turbulent rejimda harakatlanishini aniqladi. Uning tajriba qurilmasi sxemasi 3.6- rasm, *a* da keltirilgan.

Rezervuarda suvning sathi bir xil ushlab turiladi. Unga gorizontal shisha truba biriktirilgan. Shisha trubadagi oqim harakatini kuzatish uchun uning o'qi bo'ylab 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 harakatlanadi (3.6- rasm, *b*). Bunday harakat laminar rejim deb yuritiladi.

Trubadagi suv oqimi tezligi keskin ko'paytirilsa, rangli eritma truba bo'ylab to'liqsimon harakat qilib, suvning butun massasiga aralashib ketadi (3.6- rasm, *d*). Bu vaqtda suv zarrachalari ham bir-biri bilan aralashib, tartibsiz to'liqsimon harakat qiladi. Bunday oqim **turbulent rejim** deyiladi.

Reynolds o'z tajribalarida faqat tezlikni emas, balki trubaning diametri, suyuqlikning qovushqoqligi va zichligini o'zgartirdi. Bu o'zgaruvchan kattaliklar: tezlik v , diametr d , zichlik ρ qovushqoqlik μ kabi kattaliklardan Reynolds o'lchamsiz kompleks keltirib chiqardi, ya'ni:

$$Re = \frac{v d \rho}{\mu} \quad (3.19)$$

Bu kompleks **Reynolds mezonni kriteriysi** deyiladi. Reynolds mezonni kriteriysi o'lchovsiz ma'lum son qiymatga ega. Masalan, Xalqaro birliklar sistemasida uning son qiymati quyidagiga teng:

$$Re = \frac{v d \rho}{\mu} = \frac{(m/c) \cdot m \cdot (kg/m^3)}{H \cdot c/m^2} = \frac{kg \cdot m}{c^2 \frac{kg \cdot m}{c^2}} = 1,$$

chunki $1H = \frac{kg \cdot m}{c^2}$

Reynolds suyuqliklarning harakat rejimini aniqlash bilan birga, oqim harakatidagi qovushqoqlik va inersiya kuchlarining o'zaro nisbatini ham aniqladi. Suyuqliklarning harakat rejimi Reynolds mezonni kriteriysining kritik qiymati Re_{kp} bilan aniqlanadi. To'g'ri va tekis yuzali trubalardagi suyuqlik oqimi uchun $Re_{kp} = 2320$ ga teng. Agar $Re < 2320$ bo'lsa, laminar rejim, $Re > 2320$ bo'lsa, to'liqsimon harakat (turbulent rejim) yuzaga keladi. $Re > 10000$ bo'lganda turg'un turbulent rejim bo'ladi.

$Re = 2300 \div 10000$ chegarada o'zgarsa bu o'tish sohasi bo'lib, bunda bir vaqtning o'zida trubada ikki xil harakat mavjud bo'ladi. Truba o'rtasida suyuqlik turbulent, devor yaqinida laminar harakatlanadi.

Suyuqliklar harakatini dumaloq kesim yuzali trubalardan tashqari har xil kanallarda aniqlash uchun Re mezonidagi diametr o'rniga ekvivalent diametr kattaligi ishlatiladi. U holda

$$Re = \frac{v \cdot d_e \cdot \rho}{\mu}; \quad d_e = \frac{4S}{P}; \quad (3.20)$$

bu yerda: S — suyuqlik oqimining kesim yuzasi, m^2 ; P — ho'llangan perimetr, m .

Ho'llangan perimetr — bu suyuqlik oqayotgan truba ko'ndalang kesimida trubaning suyuqlik bilan ho'llangan qismining perimetridir.

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

$$d_e = \frac{4S}{P} = \frac{4a \cdot b}{2a+2b} = \frac{2a \cdot b}{a+b} \quad (3.21)$$

Oqimning gidravlik radiusi — bu oqim ko'ndalang kesim yuzasining ho'llangan perimetrga nisbatidir, ya'ni:

$$r_g = \frac{S}{H} = \frac{d_e}{4} \quad (3.22)$$

3.1.4. Suyuqlik oqimining turlari

Agar suyuqlik oqimida uning zarrachalari tezligi hamda harakatiga ta'sir qiluvchi faktorlar (zichlik, temperatura, bosim va boshqalar) oqimning istalgan ko'ndalang kesim yuzida vaqt davomida o'zgarmasa, bunday oqim *turg'un* yoki *statsionar* deb ataladi.

Turg'un oqimda suyuqlik tezligi oqim ichida olingan nuqtaning koordinatalari (x, y, z) ga bog'liq bo'lib, vaqt o'tishi bilan o'zgar-maydi:

$$\vartheta = f(x, y, z)$$

Noturg'un oqimda esa suyuqlikning tezligi oqim ichida olingan nuqtaning nafaqat koordinatalariga, balki vaqtga ham bog'liq bo'ladi:

$$\vartheta = f(x, y, z, \tau)$$

Suyuqlikning noturg'un oqimiga suyuqlik sathi o'zgarib turgan idish tagligida o'rnatilgan jo'mrakdan chiqayotgan suyuqlik oqimi misol bo'ladi. Suyuqlik sathining yuqori bo'lishi tezlikning oshishiga sabab bo'lsa, uning past bo'lishi oqim tezligining kamayishiga olib keladi.

3.1.5. Suyuqliklarning donasimon qatlamdan o'tishi

Ko'pchilik oziq-ovqat ishlab chiqarish jarayonlarida suyuqlik va gazlar sochiluvchan donasimon materiallar qatlamidan o'tkaziladi. Bu jarayonlarga donador materiallarni quritish, qattiq mahsulotlarni ekstraksiyalash (ekstraksiyalash usulida paxta chigiti kunjarsidan yog'ni eritib olish), adsorbsiya (etil spirti ishlab chiqarishda spirtni qo'shimcha komponentlardan aktiv ko'mir zarrachalari

yordamida tozalash), qattiq donador konditer mahsulotlari sirtini qo'shimcha qatlam (glazur) bilan qoplash, donador mahsulotlarni (bug'doy, chigit, un va boshqalar) havo oqimi yordamida bir joydan ikkinchi joyga ko'chirish kabi jarayonlarni misol qilib keltirish mumkin. Qatlamdagi zarralar o'lchamiga qarab bir yoki ko'p o'lchamli qatlamlar mavjud.

Donasimon materiallar qatlami gidravlik qarshilik, solishtirma yuza, zarrachalar orasidagi bo'shliq hajm kabi kattaliklar bilan ifodalanadi.

Donasimon materiallar orasidagi bo'shliq hajmning qatlam hajmiga nisbati bo'sh hajm deyiladi.

$$\varepsilon = \frac{V \cdot V_z}{V} \quad (3.23)$$

bu yerda, V — qatlam hajmi; V_z — zarrachalarning umumiy hajmi.

Bo'sh hajmning qiymati tajriba orqali aniqlanadi.

Donasimon qatlamning gidravlik qarshiligi suyuqlik oqimida bosimning yo'qolishi formulasidan topiladi:

$$\Delta P = \lambda \frac{l}{d_e} \cdot \frac{\rho \cdot g^2}{2} \quad (3.24)$$

bu yerda: λ — umumiy qarshilik koeffitsiyenti bo'lib, qatlamdagi barcha gidravlik qarshiliklarni o'z ichiga oladi; l — qatlamning balandligi; ρ, g — mos holda qatlamdan o'tayotgan muhitning zichligi va tezligi, d_e — ekvivalent diametr:

$$d_e = \frac{2 \cdot \varphi \cdot \varepsilon \cdot d}{3(1-\varepsilon)} \quad (3.25)$$

d — zarrachaning o'lchami; φ — zarrachalarning shaklini belgilovchi kattalik

$$\varphi = \frac{F_{sh}}{F} \quad (3.26)$$

F — qatlamdagi zarrachaning yuzasi; F_{sh} — hajmi tekshirilayotgan zarracha hajmiga teng bo'lgan sharning yuzasi.

Sharsimon zarrachalar uchun $\varphi = 1$, kub shaklidagi zarrachalar uchun $\varphi = 0,806$, balandligi radiusidan 10 marta katta bo'lgan silindrik zarrachalar uchun $\varphi = 0,69$. Agar qatlamning solishtirma yuzasi va bo'sh hajmi ma'lum bo'lsa, ekvivalent diametr quyidagicha topiladi:

$$d_e = \frac{4 \cdot \varepsilon}{a} \quad (3.27)$$

bu yerda a — solishtirma yuza.

Solishtirma yuza mahsulot qatlamining hajm birligida joylashgan hamma zarrachalar yuzasidan iborat:

$$a = \sum_{i=1}^n F_i / V \quad (3.28)$$

Agar qatlam ko'p o'lchamli zarrachalardan iborat bo'lsa, u holda zarrachalarning diametri quyidagicha topiladi:

$$d = 1 / \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{d_i} \quad (3.29)$$

bu yerda x_i — diametri d_i bo'lgan zarrachalarning massaviy ulushi.

Donador zarrachalar qatlamidan o'tayotgan suyuqlik tezligini aniqlash qiyin, shuning uchun dastlab quyidagi tenglamadan suyuqlikning mavhum tezligi aniqlanadi:

$$g_0 = V/F \quad (3.30)$$

V — suyuqlikning hajmiy sarfi; F — qatlam ko'ndalang kesimi yuzasi. Suyuqlikning haqiqiy tezligi esa quyidagi tenglamadan topiladi:

$$g = \frac{g_0}{\varepsilon} \quad (3.31)$$

Umumiy qarshilik koeffitsiyenti quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$\lambda = \frac{133}{\text{Re}} + 2,54 \quad (3.32)$$

Tenglamadagi Re — Reynolds mezoni quyidagicha hisoblanadi:

$$\text{Re} = \frac{4 \cdot g_0 \rho}{a \cdot \mu} \quad (3.33)$$

bu yerda μ , ρ — mos holda suyuqlikning dinamik qovushqoqlik koeffitsiyenti va zichligi.

3.1.6. Oqimning uzluksizlik tenglamasi

Uzluksizlik tenglamasiga muvofiq trubaning o'ldamidan qat'iy nazar, vaqt birligida uning har qanday ko'ndalang kesim yuzasidan oqayotgan suyuqlikning miqdori bir xil bo'ladi, degan xulosaga kelish mumkin (3.7- rasm). Bu vaqtda kesim yuzaci S_1, S_2, S_3 va oqimning tezligi $\omega_1, \omega_2, \omega_3$ bo'ladi.

Sekundli sarf tenglamasiga muvofiq:

$$\omega_1 S_1 \rho_1 = \omega_2 S_2 \rho_2 = \omega_3 S_3 \rho_3 \quad (3.34 a)$$

yoki

$$G_1 = G_2 = G_3 \quad (3.34 b)$$

Bu yerda $G = S\omega\rho$ — suyuqlikning massaviy sarfi; kg/s.

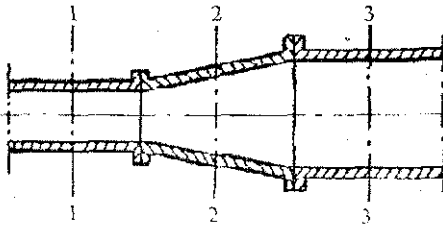
Trubadan oqayotgan suyuqlik bir xil va uning zichligi vaqt birligida truba uzunligi bo'yicha o'zgarmaydi ($\rho_1 = \rho_2 = \rho_3 = \rho = \text{const}$), shuning uchun vaqtning istalgan momentida oqib o'tayotgan suyuqlikning miqdori bir xil bo'ladi:

$$\omega S = \text{const} \quad (3.35)$$

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

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{S_2}{S_1} \quad (3.36)$$

Oqimning uzluksizlik tenglamasi moddalar massasining saqlanish qonunining xususiy ko'rinishi bo'lib, oqimning material balansini ifodalaydi. Ba'zi hollarda oqimning uzluksizligi buzilishi mumkin. Masalan, suyuqlikning qaynashi paytida, bosimning birdan pasayishi natijasida, nasoslar ish jarayonining ayrim vaqtida oqim uzluksizligi tenglamasi shartlari bajarilmaydi.



3.7- rasm. Uzluksizlik tenglamasini aniqlash.

3.1.7. Ideal suyuqlik harakati uchun Bernulli tenglamasi

Gidrodinamikaning asosiy tenglamasi bo'lgan Bernulli tenglamasi turg'un harakatdagi ideal suyuqlik oqimining ixtiyoriy ko'ndalang kesimidagi umumiy bosimni tavsiflaydi.

Ushbu tenglama ideal suyuqlik harakati uchun Eyer differensial tenglamasidan keltirib chiqariladi va quyidagicha yoziladi:

$$z + \frac{P}{\rho \cdot g} + \frac{v^2}{2 \cdot g} = \text{const} \quad (3.37)$$

bu yerda z — gorizont tekislikdan suyuqlik oqimi ko'ndalang kesimi markazigacha bo'lgan masofa; m ; P — ko'ndalang kesim yuzasiga ta'sir qilayotgan bosim, Pa; ρ , g — suyuqlik zichligi (kg/m^3) va o'rtacha harakat tezligi (m/s); g — erkin tushish tezlanishi, $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

(3.37) tenglamaning chap tomonidagi kattaliklar yig'indisi $(z + \frac{P}{\rho \cdot g} + \frac{v^2}{2 \cdot g})$ umumiy gidrodinamik bosim deb ataladi.

Ushbu tenglamadan ko'rinib turibdiki, ideal suyuqliklar uchun trubaning ixtiyoriy ko'ndalang kesimida yoki istalgan nuqtalarida umumiy gidrodinamik bosim o'zgarmaydi. Tenglamaning birinchi hadi (z) geometrik bosim (yoki nivelir balandlik), ikkinchi

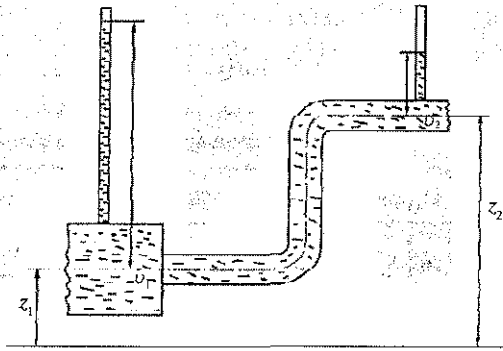
hadi ($P/(\rho \cdot g)$) statik (pyezometrik) bosim, uchinchi hadi $\left(\frac{v^2}{2g}\right)$ dinamik bosim (yoki tezlik bosimi) deyiladi.

Bernulli tenglamasiga binoan, ideal suyuqliklarning turg'un harakatida geometrik, statik va dinamik bosimlar yig'indisi suyuqlikning bir trubadan ikkinchisiga o'tganida o'zgarmaydi (3.8- rasm), ya'ni

$$z_1 + \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{v_1^2}{2 \cdot g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{v_2^2}{2 \cdot g} \quad (3.38)$$

Bernulli tenglamasi energiya saqlanish qonunining xususiy ko'rinishi bo'lib, oqimning energetik balansini belgilaydi.

Haqiqiy suyuqliklarda ichki ishqalanish kuchi borligi sababli suyuqlik trubalarda oqayotganda bir qism bosim bu kuchni yengish uchun sarf bo'ladi. Bunda Bernulli tenglamasi quyidagicha yoziladi:



3.8- rasm. Bernulli tenglamasining sxematik tasviri.

$$z_1 + \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{v_1^2}{2 \cdot g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{v_2^2}{2 \cdot g} + h_0 \quad (3.39)$$

bu yerda: h_0 — ishqalanish kuchini yengish uchun sarflangan bosim.

Bernulli tenglamasi suyuqliklar harakatini o'rganishda, nasos va kompressorlarning umumiy bosimini topishda, suyuqlik hamda gazlar tezligi va sarfini aniqlashda ishlatiladi.

3.1.8. Oziq-ovqat sanoatida ishlatiladigan trubalar. Ularning klassifikatsiyasi

Ishlab chiqarish jarayonlarini tashkil qilishda foydalaniladigan suyuqlik va gazlarni bir joydan ikkinchi joyga uzatish trubalar yordamida amalga oshiriladi.

Uzatilayotgan mahsulotning turi va parametrlariga mos holda trubalar to'rt kategoriyaga bo'linadi (3.1-jadval).

Oziq-ovqat mahsulotlarining kimyoviy xususiyatiga mos holda zanglamaydigan po'lat, latun, mis, shisha va plastmassadan tayyorlangan trubalar ishlatiladi.

Plastmassa trubalar qator afzalliklarga ega: korroziyaga chidamli, massasi po'lat trubalardan 5—8 marta yengil, gidravlik qarshilik kichik.

Trubalarning kategoriya va gruppalari

Kategoriya	Uzatilayotgan mahsulot	Trubagurup-pasi	Uzatilayotgan muhitning parametrlari	
			Temperatura	Bosim
1.	Qizdirilgan suv bug'i	a	580 °C dan yuqori	Chegaralangan
		b	540 °C-580 °C	Chegaralangan
		d	450 °C-540 °C	Chegaralangan
		e	450 °C gacha	3,9 MPa dan yuqori
	Issiq suv, to'yingan suv bug'i	f	115 °C dan yuqori	8 MPa gacha
2.	Qizdirilgan suv bug'i	a	350 °C-450 °C	3,9 MPa gacha
		b	350 °C gacha	(2,2÷3,9) MPa
	Issiq suv, to'yingan suv bug'	d	115 °C dan yuqori	(3,9÷8,0) MPa
3.	Qizdirilgan bug'i	a	250 °C÷350°C	2,2 MPa gacha
		b	250 °C gacha	(1,6÷2,2) MPa
	Issiq suv, to'yingan suv bug'i	d	115 °C dan yuqori	(1,6÷3,9) MPa
4.	Qizdirilgan va to'yingan suv bug'i	a	115 °C÷250°C	(0,07÷1,6) MPa
		b	115 °C dan yuqori	1,6 MPa gacha

Plastmassaning bu xususiyatlaridan po'lat trubalarda ham foydalanish maqsadida, ularning ichki qismi plastmassa bilan qoplanadi.

Po'lat trubalarni bir-biriga ulashda payvandlash usuli yoki flanesli hamda rezbali birikmalar qo'llanilsa, mis va latundan tayyorlangan trubalar, asosan, flaneslar yordamida biriktirilib, ba'zan kovsharlash va rezbali biriktirish usullaridan foydalaniladi.

Yuqori temperaturali mahsulotlar va bug'ni uzatishda ishlatiladigan trubalar flaneslar yordamida biriktirilganda paronitdan yoki xususiyatlari unga yaqin bo'lgan materialdan tayyorlangan zichlamalar ishlatiladi. Uzatilayotgan muhit temperaturasi 100 °C gacha bo'lsa, rezinadan tayyorlangan zichlamalardan foydalanish mumkin.

Plastmassa trubalar bir-biriga ulanganda ular uchma-uch payvandlanishi yoki flaneslar yordamida biriktiriladi.

Trubalarni o'rnatishda ko'pincha ularni egishga to'g'ri keladi. Bunda trubani egish radiusi quyidagi chegaralarda bo'lishi talab etiladi:

— trubani isitib egishda — egish radiusi trubaning tashqi diametridan kamida 3,5 marta katta;

— trubani qum to'ldirmasdan sovuq holda egishda — egish radiusi trubaning tashqi diametridan kamida 4 marta katta;

— trubani gazli qizdirgich yordamida qizdirib, bir tomonida yig'ma qatlamlar hosil qilgan holda egishda, egish radiusi trubaning tashqi diametridan kamida 2,5 marta katta bo'lishi zarur.

Agar trubani yuqorida ko'rsatilgan radiuslar bilan egishning imkoni bo'lmasa, maxsus tirsaklardan foydalanish tavsiya qilinadi.

Qurilma yoki tizimda ish to'xtatilganda, truba ichidagi mahsulot o'z-o'zidan oqib tushishi kerak. Buning uchun esa kondensat va suyuq mahsulotlar uzatilayotgan trubalar gorizontga nisbatan ma'lum burchak ostida o'rnatilishi, bunda har bir metrga 3 mm pastga tushishi ta'minlanishi zarur.

Suyuqlik trubadan to'lib oqayotgan bo'lsa, uning sarfi truba diametri va oqayotgan suyuqlik tezligi asosida aniqlanadi:

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot v \cdot d^2 \quad (3.40)$$

Agar aniq diametrlri trubadan oqib o'tayotgan suyuqlik tezligi o'lchansa, tezlikning har bir qiymatiga sarfning bir qiymati mos keladi, ya'ni:

$$V = 0,785 \cdot d^2 \cdot v = A \cdot v \quad (3.41)$$

bu yerda $A=0,785 \cdot d^2$ — ma'lum d diametrlı trubada uchun doimiy son bo'lib, suyuqlik sarfi faqat tezlik o'zgarishiga bog'liq bo'ladi.

Demak, yuqoridagi shart bajarilsa, trubaga o'rnatilgan tezlik o'lchagichning shkalasi sarf birliklarida darajalanishi va trubadan oqib o'tayotgan muhit sarfini ko'rsatishi mumkin.

3.1.9. Gidravlik qarshiliklar

Haqiqiy suyuqliklar trubadan yoki kanallardan oqayotganda bosimning bir qismi ichki ishqalanish kuchini yengish uchun hamda harakat yo'nalishini o'zgartirganda va oqim tezligi o'zgariganda yo'qoladi. Demak, bosim ichki ishqalanish qarshiligini va mahalliy qarshilikni yengish uchun sarf bo'ladi.

Gidravlik qarshiliklarni hisoblash katta amaliy ahamiyatga ega. Yo'qotilgan bosimni bilmasdan nasos va kompressorlar yordamida suyuqlik va gazlarni uzatish uchun kerak bo'lgan energiya sarfini hisoblash qiyin. Trubadan suyuqlik oqayotganda ichki ishqalanish kuchi trubaning butun uzunligi bo'yicha mavjud bo'ladi. Uning kattaligi suyuqlikning oqish rejimiga (laminar, turbulent) bog'liq. Mahalliy qarshiliklar natijasida suyuqlikning harakat yo'nalishi va tezligi o'zgaradi. Trubadagi ventillar, tirsak, jo'mrak, toraygan hamda kengaygan qismlar va har xil to'siqlar **mahalliy qarshiliklar** deyiladi (3.9- rasm). Truba va kanallarda ichki ishqalanish va mahalliy qarshiliklar natijasida yo'qotilgan bosim *Darsi- Veysbax tenglamasi* orqali aniqlanadi:

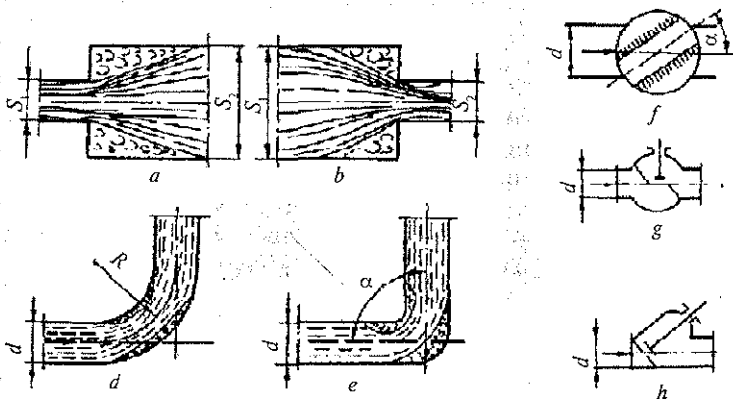
$$\Delta P = \lambda \frac{l \rho v^2}{d_e \cdot 2} \quad (3.42)$$

bu yerda: λ — ichki ishqalanish koeffitsiyenti; l — truba uzunligi, m; v — oqimning o'rtacha tezligi, m/s; d_e — trubaning ekvivalent diametri, m; ρ — suyuqlikning zichligi, kg/m³.

To'g'ri va silliq trubalarda suyuqlik oqimi laminar harakatda bo'lsa, ishqalanish koeffitsiyenti trubaning g'adir-budurligiga bog'liq bo'lmaydi va quyidagi tenglik orqali aniqlanadi:

$$\lambda = \frac{A}{Re} \quad (3.43)$$

bu yerda A — truba shaklini hisobga oluvchi koeffitsiyent: dumaloq



3.9- rasm. Mahalliy qarshiliklar:

a — trubaning birdan kengayishi; *b* — trubaning birdan torayishi;
d — trubaning tekis burchak ostida to'g'ri burilishi; *e* — to'g'ri burchak ostida
 trubaning birdan burilishi; *f* — tiqinli kran; *g* — standart ventil (egilgan
 shpindel bilan) *h* — tirsak.

trubalar uchun $A = 64$, kvadrat shaklidagi kanallar uchun $A = 57$,
 Re — Reynolds mezoni.

Gidravlik jihatdan silliq trubalar uchun Re ning qiymati $4 \cdot 10^3$
 dan 10^4 gacha bo'lganda ishqalanish koeffitsiyentini Blazius
 tenglamasi orqali aniqlash mumkin:

$$\lambda = \frac{0,316}{Re^{1/4}} \quad (3.44)$$

Turbulent oqimda ishqalanish koeffitsiyentining kattaligi
 rejimga hamda trubaning g'adir-budurligiga bog'liq. Trubaning g'adir-
 budurligi absolut geometrik va nisbiy g'adir-budurliklar bilan
 xarakterlanadi. Truba devorlaridagi g'adir-budurliklar o'rtacha
 balandligining truba uzunligi bo'yicha o'zgarishi **absolut geometrik
 g'adir-budurlik** deyiladi.

Truba devorlaridagi g'adir-budurliklar balandligining (Δ)
 trubaning ekvivalent diametriga (d_e) nisbati nisbiy g'adir-budurlik
 deyiladi va ϵ bilan ifodalanadi:

$$\epsilon = \frac{\Delta}{d_e} \quad (3.45)$$

Turbulent rejim uchun ishqalanish koeffitsiyenti λ quyidagi
 tenglamadan topiladi:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \lg \left[\frac{\varepsilon}{3,7} + \left(\frac{6,81}{\text{Re}} \right)^{0,9} \right] \quad (3.46)$$

Mahalliy qarshiliklardagi bosimning yo'qotilishi quyidagi tenglamadan foydalanib hisoblanadi:

$$\Delta P_{mq} = \sum \xi_{mq} \frac{\rho \omega^2}{2} \quad (3.47)$$

bu yerda ξ — mahalliy qarshilik koeffitsiyenti (3.2- jadvalga qarang), uning qiymati tajriba yo'li bilan aniqlanadi.

3.2- jadval

Mahalliy qarshilik koeffitsiyentlari

Mahalliy qarshilik turlari	Mahalliy qarshilik koeffitsiyentining qiymatlari
Trubaga kirish	0,5
Trubadan chiqish	0,1
Kran to'la ochiq bo'lganda	0,2
Tirsak uchun	1,1
Normal ventily	4,5—5,5
Truba burilishi 90° burchak ostida bo'lsa	0,14

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

$$\Delta P = \left(\lambda \frac{1}{d_c} + \sum \xi_{mq} \right) \frac{\rho v}{2} \quad (3.48)$$

3.1.10. Suyuqlik va gazlarni uzatish

Suyuqlikni uzatish. Oziq-ovqat sanoatining barcha tarmoqlarida suyuqliklar gorizontal va vertikal trubalar orqali uzatiladi. Suyuqliklarni uzatish uchun mo'ljallangan mashinalar (qurilmalar) **nasoslar** deyiladi. Trubaning boshlang'ich va oxirgi nuqtalaridagi bosimlar farqi trubalarda suyuqlikning oqishi uchun harakatla-

nuvchi kuch hisoblanadi. Suyuqlik oqimining trubalardagi harakatlantiruvchi kuchi gidravlik mashinalar yoki nasoslar orqali hosil qilinadi. Nasos elektr dvigateldan mexanik energiya olib, uni suyuqlik harakatining oqim energiyasiga aylantirib, bosimini oshiradi.

Nasoslar iqtisodiyotning barcha sohalari: mashinasozlik, metallurgiya, oziq-ovqat sanoati, yer ishlarini gidromexanizatsiyalashtirish va boshqa ko'pgina tarmoqlarda keng qo'llaniladi.

Nasoslarning turlari va asosiy parametrlari. Nasoslar, asosan, ikki turga: dinamik va hajmiy nasoslarga bo'linadi.

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

Parrakli nasoslar, o'z navbatida, markazdan qochma va propellerli bo'ladi. Markazdan qochma nasoslarda suyuqlik ish g'ildiragining markazidan uning chetiga qarab harakat qilsa, propellerli nasoslarda esa suyuqlik g'ildirakning o'qi yo'nalishida harakatlanadi.

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

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

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

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

Nasosning vaqt birligi ichida uzatib beradigan suyuqlik miqdori ish unumdorligi (yoki sarfi) deyiladi (Q , m^3/s).

Nasosning massa birligiga ega bo'lgan suyuqlikka bergan solishtirma energiyasi **napor** deb ataladi (H , m). Nasosning napori oqimning nasosga kirish va chiqishdagi solishtirma energiyalari ayirmasiga teng.

Suyuqlikka energiya berish uchun sarflangan nasosning foydali quvvati N_f , suyuqlik sarfi miqdori $\gamma \cdot Q$ ning solishtirma foydali energiyaga ko'paytirilganiga teng:

$$N_f = \gamma \cdot Q \cdot H = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \quad (3.49)$$

Nasosning o'qidagi quvvati foydali quvvatdan kattaroq bo'ladi, chunki nasosda energiyaning bir qismi yo'qoladi. Energiyaning yo'qolishi nasosning foydali ish koeffitsiyenti (FIK) η_n bilan belgilanadi. Demak, nasosning o'qidagi quvvat quyidagi tenglama bilan topiladi:

$$N_e = \frac{N_\phi}{\eta_n} = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{\eta_n} \quad (3.50)$$

Foydali ish koeffitsiyenti η_n (FIK) nasosdagi quvvatning nisbiy yo'qolishini, nasosning mukammalligini va uni ishlatishning arzonligini ifodalaydi hamda quyidagi ko'paytma orqali topiladi:

$$\eta = \eta_v \cdot \eta_g \cdot \eta_m \quad (3.51)$$

bu yerda: η_v — hajmiy FIK; η_g — gidravlik FIK; η_m — mexanik FIK.

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

Gidravlik FIK suyuqlikning nasosdan o'tishida gidravlik va mahalliy qarshiliklarni yengish uchun sarf bo'lgan naporning yo'qolishini ifodalaydi. Mexanik FIK nasos mexanizmlaridagi ishqalanishni yengishga sarflangan quvvatning yo'qolishini bildiradi.

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

$$N_{gv} = \frac{N_e}{\eta_v \cdot \eta_{dv}} = \frac{N_\phi}{\eta_n \cdot \eta_v \cdot \eta_{dv}} \quad (3.52)$$

Ko'paytma $\eta_n \cdot \eta_v \cdot \eta_{dv}$ nasos qurilmasining to'la FIK deb yuritiladi va η bilan belgilanadi.

Nasos qurilmalarini o'rnatish uchun zaruriy quvvat quyidagiga teng:

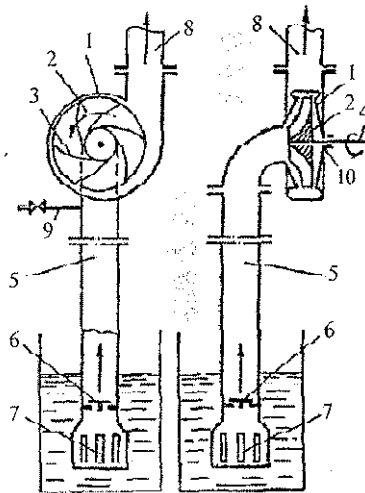
$$N_n = \beta \cdot N_{dv} \quad (3.53)$$

bu yerda: β — quvvatning ehtiyot koeffitsiyenti, uning qiymati dvigatelning nominal quvvatiga nisbatan topiladi (3.3- jadval).

N_p , kBt	1 dan kam	1—5	5—50	50 dan ko'p
β	2—1,5	1,5—1,2	1,2—1,15	1,1

Markazdan qochma tipdagi nasoslar. Markazdan qochma nasoslarda spiralsimon qobiq ichida parrakli ish g'ildirak joylashgan. Ish g'ildirakning aylanishida markazdan qochma kuch hosil bo'ladi. Bu kuch ta'sirida suyuqlikning so'rilishi va uni haydash bir me'yorda uzluksiz boradi. 3.10- rasmda markazdan qochma nasos sxemasi ko'rsatilgan.

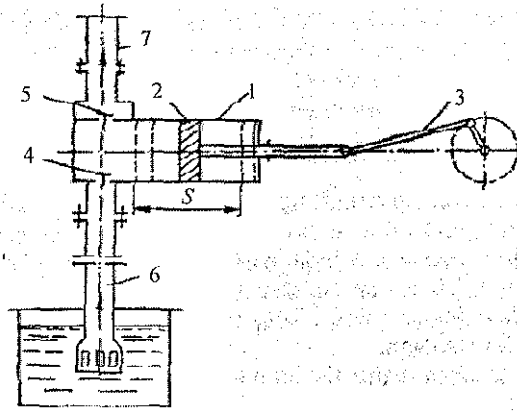
Nasos ishga tushirilishidan oldin so'rish trubasi, ish g'ildiragi va qobiq suyuqlik bilan to'ldiriladi. Shundan keyin dvigatel tok manbayiga ulanadi va ish g'ildiragi harakatga keltiriladi. Suyuqlik g'ildirak bilan birga aylanib, markazdan qochma kuch ta'sirida



3.10- rasm. Markazdan qochma nasos:
1 — spiralsimon qo'zg'almas kamera;
2 — ish g'ildiragi;
3 — parraklar; 4 — val; 5 — so'ruvchi
truba; 6 — kirish klapani; 7 — to'rtli
filtr; 8 — uzatuvchi truba; 9 — suyuqlik
quyiladigan truba; 10 — salnik.

parraklar vositasida g'ildirakning markazidan chekkasiga o'tilib, spiralsimon qo'zg'almas kamerani to'ldiradi va haydash trubasi orqali balandlikka ko'tariladi. Bunda ish g'ildiragiga kirish oldida siyraklanish vujudga keladi. Suyuqlik atmosfera bosimi ta'sirida yig'gich rezervuardan kirish klapani orqali so'rish trubasidan nasosga kirib, ish g'ildiragining markaziy qismini to'ldiradi hamda g'ildirakning chekkalariga chiqarib tashlanadi va hokazo. Shunday qilib, uzluksiz markazdan qochma kuch ta'sirida suyuqlikning nasos orqali o'tadigan uzluksiz oqimi vujudga keladi.

Suyuqlikning ish g'ildiragi orqali oqib o'tishida dvigatelnining mexanik energiyasi suyuqlik oqimi energiyasiga aylanadi. Bunda ish g'ildiragidan chiqish oldida suyuqlikning bosimi ortadi.



3.11- rasm. Oddiy gorizontali holatdagi porshenli nasos:

1— silindr; 2 — porshen; 3 — ilgari lanma-qaytma harakat qiluvchi mexanizm; 4,5 — soʻruvchi va uzatuvchi klapanlar; 6,7 — soʻruvchi va uzatuvchi trubalar.

Porshenli nasoslar. Tuzilishi va ishlash prinsipi. Porshenli nasoslarda suyuqlik haydash trubasiga ilgari lanma-qaytma harakat qiluvchi mexanizmlar orqali uzatiladi. Bu nasoslar vositasida har qanday qovushqoqlikdagi suyuqliklarni uzatish mumkin. Ulardan oz miqdordagi suyuqliklarni yuqori bosimda uzatishda suyuqlik sarfi oʻzgarmas boʻlib, bosim keskin oʻzgaradigan hollarda foydalanish qulay. Bu nasoslarda porshen nasos qobigʻida gorizontali va vertikal hollarda joylashgan boʻlishi mumkin. Ishlash prinsipiga koʻra porshenli nasoslar oddiy, ikki bosqichli va koʻp bosqichli boʻladi.

Porshen suyuqlikni faqat old tomoni bilan siqib chiqaradigan nasos oddiy bir tomonlama ishlaydigan nasos deyiladi.

Agar nasos silindrida porshenning ikkala tomonida joylashgan ish kamerasi boʻlsa va porshen ulardan suyuqlikni ketma-ket siqib chiqarsa, bunday nasos ikki bosqichli yoki ikki tomonlama ishlaydigan nasos deyiladi.

Endi oddiy porshenli nasosning ishlash prinsipini koʻrib chiqamiz (3.11-rasm). Nasos porsheni soʻrish jarayonida oʻng tomonga harakat qilganda ish kamerasining hajmi kattalashadi. Undagi bosim kamayib, siyraklanish hosil boʻladi. Pastki rezervuardagi (nasos suyuqlikni soʻrib oladigan basseyndagi) suyuqlikning erkin sirti atmosfera bosimi P taʼsirida boʻladi. Atmosfera bosimi bilan pasaytirilgan bosim P_1 orasidagi farq taʼsirida suyuqlik rezervuardan soʻrish trubasi boʻylab silindrga koʻtariladi

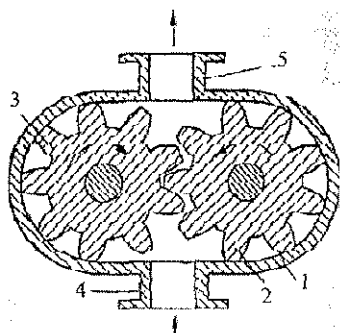
hamda soʻrish klapanini ochib, nasosning ish kamerasi boʻshligʻini toʻldiradi. Porshen oʻng chekka holatni egallab, chap tomonga harakat boshlanishi bilan soʻrish klapani yopilib, haydash klapani ochiladi va silindrda yigʻilgan suyuqlik porshen vositasida uzatish trubasiga siqib chiqariladi.

Suyuqlikning harakat tezligi va bosimlarining pulsatsiyalanishini tenglashtirish hamda suyuqlikning soʻrish va haydash trubalarida bir meʼyorda tekis oqishini taʼminlash uchun nasosga maxsus qurilma (havo qalpoqchalari) oʻrnatiladi.

Maxsus nasoslar. Ishlab chiqarishda suyuqliklarni uzatish uchun markazdan qochma va porshenli nasoslardan tashqari, maxsus nasoslar ham ishlatiladi. Maxsus nasoslar qovushqoqligi yuqori, juda ifloslangan, chuqur quduqdagi suyuqliklarni uzatish uchun ishlatiladi. Maxsus nasoslar sifatida rotorli (shesternali, plastinali), vintli, oqimli, propellerli gazlift, erlift va monteiyular ishlatiladi.

Rotorli nasoslar. Qovushqoqligi juda yuqori, ifloslangan va uzatilishi qiyin suyuqliklarni uzatishda rotorli nasoslardan foydalaniladi. Bu nasoslarda suyuqlik aylanuvchi mexanizmlar harakati vositasida uzatiladi. Rotorli nasoslar porshenli nasoslardan klapan va havo qalpoqchalarining yoʻqligi bilan farqlanadi.

Rotorli nasoslar, oʻz navbatida, plastinali va shesternali nasoslarga boʻlinadi. Sanoatda koʻpincha shesternali (tishli) nasoslar ishlatiladi. Nasos qobigʻida oʻzaro ilashgan holatdagi uzluksiz aylanib turuvchi shesternalar jufti joylashgan (3.12- rasm).



3.12- rasm. Shesternali nasos.
1 — qobiq; 2,3 — bir-biriga ilashgan tishli shesternalar;
4 — soʻruvchi potrubka;
5 — uzatuvchi potrubka.

Shesternalar aylanganda bir shesternaning har qaysi tishi ilashgan holatdan chiqib, ikkinchi shesternaning chuqurchasidagi tegishli hajmni boʻshatadi. Yigʻich rezervuardagi atmosfera bosimi taʼsirida suyuqlik boʻshagan hajmga soʻriladi. Shesternalarning keyingi aylanishida tishlar orasidagi suyuqlik tishlar bilan birgalikda soʻrish sohasidan haydash sohasiga oʻtadi.

Shesternalarning tishlari yana qaytadan ilashgan paytda ikkala shesternaning tishlari

orasidagi chuqurchalarni to'ldirgan suyuqlik siqib chiqariladi va haydash trubasiga o'tadi. Shesternali nasoslar katta aylanishlar chastotasida (3000 ayl/min gacha) ishlay oladi, shuning uchun ularni tez aylanadigan dvigatelning valiga bevosita ulash mumkin. Ular konstruksiyasining soddaligi, ishonchli ishlashi, o'lchamlarining kichikligi va arzonligi bilan boshqa nasoslardan ajralib turadi. Shuning uchun shesternali nasoslar amalda keng ishlatiladi.

Ventilatorlar. Gazni past bosimda uzatish uchun mo'ljallangan mashinalar *ventilatorlar* deyiladi. Ular ishlash prinsipiga ko'ra markazdan qochma va o'qli bo'ladi. Markazdan qochma ventilatorlar gazni nisbatan yuqori bosimlarda, lekin ko'p miqdordagi gazni uzatish uchun mo'ljallangan. Sanoatda ba'zan o'qli ventilatorlar ishlatiladi, ulardan faqat binolarni sovitishda foydalaniladi.

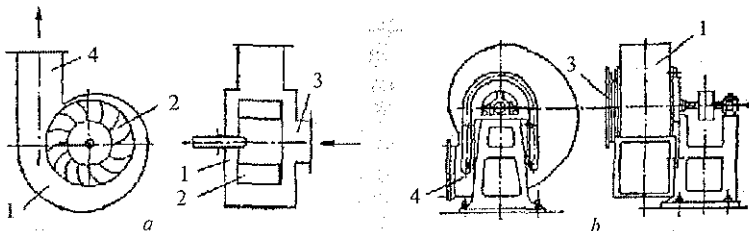
Sanoatda gazlarni uzatish uchun asosan, markazdan qochma ventilatorlar ishlatiladi. Ular bosimining kattaligiga qarab uch gruppaga bo'linadi.

1. Past bosimli ($P < 10^3 \text{ H/m}^2$).
2. O'rta bosimli ($P = 10^3 \div 3 \cdot 10^3 \text{ H/m}^2$).
3. Yuqori bosimli ($P = 3 \cdot 10^3 \div 10^4 \text{ H/m}^2$).

Markazdan qochma ventilatorning asosiy qismi spiralsimon qobiq ichiga joylashtirilgan ish parraklari bor g'ildirakdir (3.13-rasm).

Markazdan qochma ventilatorlarning ishlash prinsipi markazdan qochma nasoslarning ishlash prinsipiga o'xshaydi.

Ish g'ildiragi aylanganda ventilatorning ish bo'shlig'idagi havo yoki gaz g'ildirak bilan birga aylanadi va markazdan qochma kuch ta'sirida g'ildirakning chekkalariga haydaladi. Gaz g'ildirak parraklaridan spiralsimon kamera va undan haydash trubasiga o'tadi.



3.13- rasm. Markazdan qochma ventilator:

a) ventilatorning tuzilishi; b) ventilatorning umumiy ko'ruishi:

1 — qobiq; 2 — ish g'ildiragi; 3, 4 — so'ruvchi va uzatuvchi trubkalar.

Bunda g'ildirakning markaziy qismida siyraklanish vujudga keladi va gazning yangi porsiyasi atmosfera bosimi ta'sirida ventilator qobig'idagi so'rish teshigi orqali o'tib, parrakli g'ildirakning markaziy qismiga kiradi. So'ngra gaz g'ildirak parraklariga uriladi va jarayon shu tarzda davom etaveradi.

Past bosimda ishlaydigan ventilatorlarda ish g'ildiragidagi parraklar orqa tomonga, yuqori bosimda ishlaydiganlarida esa old tomonga egilgan bo'ladi. Ish g'ildiragidagi parraklar sonini o'zgartirib past bosimli ventilatorlardan o'rta bosimli ventilatorlar hosil qilish mumkin. Markazdan qochma ventilatorlarning xarakteristikalari xuddi markazdan qochma nasoslarnikiga o'xshash. Ular ham nasoslar kabi proporsionallik qonuniga bo'ysunadi:

$$N = \frac{Q \cdot \rho \cdot g \cdot H}{\eta_v} = \frac{Q \cdot \Delta P}{\eta_v} \quad (3.54)$$

bu yerda: η_v — ventilatorning foydali ish koeffitsiyenti, uzatish tizimidagi barcha sarflarni hisobga oladi; ΔP — bosimlar farqi.

Ventilatorlar gazlarni bir me'yorda uzatadi, ammo foydali ish koeffitsiyenti porshenli nasoslarga nisbatan kamroq.

Gazlarni yuqori darajada siqish uchun turbokompressor va turbogazoduvkalar ishlatiladi. Ularning ishlash prinsipi markazdan qochma nasoslarning ishlash prinsipidan deyarli farq qilmaydi. Turbokompressorlarda siqish jarayoni sovitish bilan borsa, turbogazoduvkalarda sovitish jarayoni ishlatilmaydi.

Nasos va kompressorlarni tanlash. Sanoatning barcha ishlab chiqarish tarmoqlarida suyuqliklarni uzatish uchun markazdan qochma nasoslar ishlatiladi. Chunki bu nasoslar boshqa nasoslarga nisbatan quyidagi afzalliklarga ega:

a) massasi yengil, ixcham, tayyorlash uchun kam metall sarflanadi;

b) unumdorligi yuqori, havo qalpoqchalarisiz suyuqliklarni bir me'yorda uzatadi;

d) boshqarish va tuzatish oson hamda to'g'ridan to'g'ri yordamchi mexanizmlarsiz elektrodvigatelga ulanadi;

e) so'rish va haydash klapanlari bo'lmagani uchun iflosroq suyuqliklarni ham uzatish mumkin;

f) uzoq muddat davomida ishonchli ishlaydi.

Markazdan qochma nasoslarning ish unumdorligi kamayganda foydali ish koeffitsiyenti ham birdan pasayadi va beradigan bosimi boshqa nasoslarga nisbatan kam bo'ladi.

Yuqori bosimli kam miqdordagi suyuqliklar hamda qovushqoqligi yuqori, oson alanganuvchan suyuqliklarni uzatish uchun porshenli nasoslar ishlatiladi.

Past bosimli ko'p miqdordagi suyuqliklarni uzatish uchun propellerli nasoslar tanlanadi. Chunki bu nasoslarning foydali ish koeffitsiyenti yuqori, gidravlik qarshiligi kam va ishlanishi ixcham. Ular vositasida ifloslangan, kristallanuvchi suyuqliklar uzatiladi. qovushqoqligi yuqori, mayda, qattiq zarrachalar aralashmagan, kam miqdordagi suyuqliklarni katta bosimda uzatish uchun shesternali (tishli) nasoslar qo'llaniladi.

Unumdorligi past va kam naporli toza suyuqliklarni uzatish uchun plastinali nasoslardan foydalaniladi.

Uzatilish jarayoniga harakatlanuvchi va silkinuvchi qismlarning salbiy ta'siri bo'lsa, oqimli nasoslar, gazlift va erliftlar ishlatiladi, lekin bu nasoslarning FIK juda past.

3.2. Turli jinsli sistemalarni hosil qilish. Ularni ajratish usullari

Har xil fazalardagi moddalarning mexanik aralashmasi *turli jinsli sistemalar* deyiladi. Bu aralashmalar, asosan, ishlab chiqarish jarayonida yuzaga keladi.

Fazalarning fizik holatiga ko'ra turli jinsli sistemalar quyidagi turlarga bo'linadi: suspenziyalar, emulsiyalar, ko'piklar, changlar, tutunlar va tumanlar.

Suyuqlik va qattiq modda zarrachalari aralashmasi **suspenziya** deyiladi. **Emulsiya** — o'zining zichligi bilan bir-biridan farq qiladigan, o'zaro erimagan ikki xil suyuqlik aralashmasidir.

Suyuqlik va gazdan iborat sistema **ko'piklar**, qattiq modda va gazdan iborat sistema **chang** deyiladi. Chang tarkibidagi qattiq zarrachalar o'lchami 3—70 mkm bo'ladi.

Tutun ham gaz va qattiq zarrachalar aralashmasi bo'lib, undagi qattiq zarrachalar o'lchami 0,3 mkm. dan 3 mkm gacha bo'ladi.

Tumanlar suyuq va gaz fazalar aralashmasi hisoblanadi. Unda suyuqlik zarrachalari o'lchami 0,3—0,5 mkm bo'ladi.

Oziq-ovqat sanoatida ko'pincha turli jinsli sistemalarni fazalarga ajratish jarayonlaridan foydalaniladi. Masalan, vino ishlab chiqarishda uni tarkibidagi qattiq zarrachalardan tozalash, shakar ishlab chiqarishda saturatsion qurilmada hosil bo'lgan suspenziyadan sharbatni ajratib olish, sut kukuni ishlab chiqarishda issiq havo

oqimi bilan qurilmadan chiqib ketgan sut kukunini ajratib olish va boshqa jarayonlar bunga misol bo'ladi.

Turli jinsli sistemalarni fazalarga ajratishning, asosan, *cho'ktirish va filtrlash usullari mavjud.*

Cho'ktirish — suyuq va gazsimon turli jinsli sistemalarni gravitatsion, inersiya (markazdan qochma) va elektr maydon kuchlari ta'sirida alohida fazalarga ajratishdir. Shunga mos holda gravitatsion cho'ktirish, siklonlar va cho'ktiruvchi sentrifugal yordamida hamda elektr maydonda cho'ktirish jarayonlari mavjud.

Filtrlash — suyuqlik va gazsimon turli jinsli sistemalarni g'ovaksimon filtr to'siq yordamida alohida fazalarga ajratish jarayonidir. Bunda g'ovaksimon to'siq suyuqlik va gazni o'tkazib, uning tarkibidagi qattiq zarrachalarni tutib qolish xususiyatiga ega bo'lishi shart.

3.2.1. Gravitatsion maydon ta'sirida cho'ktirish

Og'irlik kuchi ta'sirida suyuqlik va gazsimon sistemalar tarkibidagi qattiq yoki suyuq zarrachalarni ajratish gravitatsion maydon ta'sirida *cho'ktirish* yoki *tindirish* deb ataladi. Tindirish suspenziya, emulsiya va changlarni birlamchi ajratish uchun ishlatiladi. Jarayonning tezligi kichik. Shu sababli tindirish jarayonida turli jinsli sistemani dispers va dispersion fazalarga to'liq ajratib bo'lmaydi. Biroq energetik xarajatlari kichik va tuzilishi murakkab bo'lmaganligi tufayli tindirish qurilmalari oziq-ovqat sanoatida qo'llanib kelinmoqda.

Cho'ktirish har xil konstruksiyali cho'ktiruvchi qurilmalarda olib boriladi.

Cho'ktirish jarayonida quyidagi shartlarga rioya qilish zarur: turli jinsli sistemaning qurilmada bo'lish vaqti zarrachalarning cho'kish vaqtiga teng yoki katta bo'lishi hamda oqimning chiziqli tezligi cho'kish tezligidan kichik bo'lishi kerak. Birinchi shartga rioya qilinmaganda qurilmada zarrachalar ajralishga va cho'kishga ulgurmaydi, ikkinchisi buzilganda oqim qurilmalardan qattiq zarrachalarni olib ketadi.

Gravitatsion kuch ta'sirida cho'kayotgan zarrachalarga og'irlik kuchi, muhitning qarshilik kuchi va Arximed kuchi ta'sir qiladi.

Og'irlik va Arximed kuchlari orasidagi farq cho'ktirish jarayonining harakatlantiruvchi kuchidir:

$$P = G - A = \frac{\pi \cdot d^3}{6} \cdot g (\rho_k - \rho_m) \quad (3.55)$$

bu yerda: d — zarracha diametri; ρ_{kz} va ρ_m — mos holda qattiq zarracha va muhit zichliklari.

Muhitning qarshilik kuchi zarracha harakatiga teskari yoʻnalgan boʻlib, inersiya va ishqalanish kuchlaridan iborat:

$$R = 3 \cdot \pi \cdot d \cdot \mu \cdot g_e \quad (3.56)$$

bu yerda: μ — muhitning dinamik qovushqoqlik koeffitsiyenti, Pa s; g_e — zarrachaning erkin choʻkish tezligi, m/s.

Choʻkayotgan zarracha dastlab tezroq choʻkadi, birozdan soʻng muhitning qarshilik kuchi harakatlantiruvchi kuchga tenglashganda u oʻzgarmas tezlikda choʻka boshlaydi. Bu **choʻkish tezligi** deyiladi.

Choʻktirish jarayoni davriy yoki uzluksiz ishlaydigan choʻktirish qurilmalarida olib boriladi.

3.2.2. Markazdan qochma kuch maydonida choʻktirish

Changlar, suspenziyalar va emulsiyalarni fazalarga ajratishni tezlashtirish maqsadida choʻktirish jarayoni markazdan qochma kuch taʼsirida olib boriladi.

Markazdan qochma kuch hosil qilish uchun ikki xil texnik usul qoʻllaniladi: 1) suyuqlik yoki gazsimon turli jinsli sistema oqimi qoʻzgʻalmas qurilmaga tangensial patrubka orqali katta tezlikda kiritiladi. U qurilma ichida katta burchak tezlikda aylanadi; 2) qurilmaning oʻz oʻqi atrofida katta burchak tezlikda aylanuvchi barabanga suspenziya yoki emulsiya oqimi kiritilsa, u baraban bilan birgalikda aylanadi. Birinchi usulda jarayon siklonlarda, ikkinchisida esa choʻktiruvchi sentrifugalarda amalga oshiriladi.

Jarayon bu usulda amalga oshirilganda turli jinsli sistema tarkibidagi qattiq zarrachaga markazdan qochma kuch taʼsir qiladi. Natijada zarracha qurilma markazidan uning devori tomon harakatlanadi. Bu kuch miqdori quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$G_M = m \cdot \omega_r^2 / r \quad (3.57)$$

bu yerda: m — zarracha massasi, kg; r — aylanish radiusi, m; ω_r — qurilma ichida aylanayotgan mahsulotning aylanma tezligi, $\omega_r = \pi \cdot n \cdot r / 30$, m/s.

Ushbu kuchni ogʻirlik kuchi bilan taqqoslab, markazdan qochma kuch maydonida choʻktirishning qanchalik intensiv borishini aniqlash mumkin:

$$\frac{G_M}{G} = \frac{m \cdot \omega_r^2 / r}{m \cdot g} = \frac{\omega_r^2}{r \cdot g} = k_a \quad (3.58)$$

Ushbu k_a — kattalik ajratish faktori deb ataladi va markazdan qochma kuch maydonida cho'kayotgan zarrachaga gravitatsion maydondagiga nisbatan necha marta katta kuch ta'sir qilayotganligini ko'rsatadi.

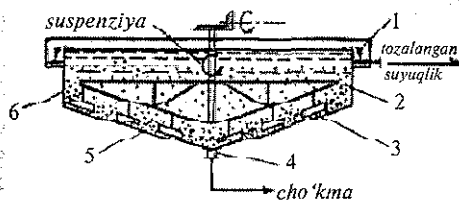
3.2.3. Cho'ktirish jarayonini amalga oshirish uchun jihozlar

Cho'ktirish uchun mo'ljallangan jihozlar ishlash prinsipiga ko'ra gravitatsion cho'ktirgichlar, cho'ktiruvchi sentrifugalalar, gidrosiklonlar va separatorlarga bo'linadi. Cho'ktirish qurilmalari davriy, uzluksiz va yarimuzluksiz rejimda ishlaydigan qurilmalardan iborat.

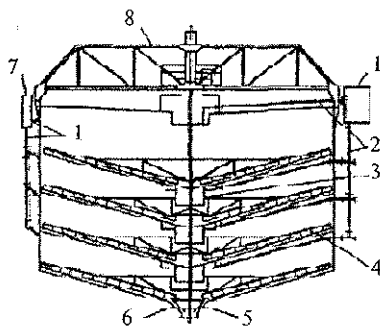
Davriy ishlaydigan cho'ktirish qurilmasining korpusi silindrsimon idishdan iborat bo'lib, unga suspenziya yuqoridan beriladi. Suspenziya qurilmada ma'lum vaqt tindirilgandan so'ng zarrachalar qurilmaning pastki qismiga cho'kadi. Qurilmaning yuqori qismida esa tozalangan qatlam hosil bo'ladi. Bu mahsulot (dekantat) qurilmaning yon tomonida joylashgan shtutser orqali chiqarib olinadi, so'ngra esa cho'kma tushiriladi. Shundan so'ng qurilma yuviladi va jarayon qaytadan boshlanadi.

Uzluksiz ishlaydigan cho'ktiruvchi qurilmaning taroqlari bo'lib, suspenzialarni tindirish uchun ishlatiladi. Ushbu cho'ktiruvchi qurilma balandligi uncha katta bo'lmagan katta diametrlil silindrsimon rezervuardan iborat bo'lib, konussimon asosga ega. Dastlabki suspenziya rezervuarining o'rta qismiga beriladi. Suspenziya tarkibidagi qattiq zarrachalar og'irlik kuchi ta'sirida cho'kadi. Rezervuarining o'rtasida val o'rnatilgan bo'lib, unga taroqlar biriktirilgan.

Ushbu taroqlar cho'kayotgan zarrachalarni uzluksiz ravishda cho'kma tushiriladigan patrubka tomon siljitib turadi. Taroqli aralashtirgich juda kichik tezlik (0,02 — 0,05 ayl/min) bilan aylanadi. Shu sababli aralashtirgichning harakati cho'kish jarayoniga ta'sir qilmaydi. Tozalangan suyuqlik qurilmaning yuqori qismidagi halqasimon tarnov orqali uzluksiz chiqib turadi. Bunday cho'ktiruvchi qurilmaning asosiy kamchiligi katta o'lchamga ega ekanligidir. 3.14- rasmda uzluksiz ishlaydigan cho'ktirish qurilmaci keltirilgan. Rasmdan ko'rinadiki, qurilma halqasimon tarnov 1, aralashtirgich 2, aralashtirgichning taroqsimon ish organi 3,



3.14- rasm. Uzluksiz ishlaydigan cho'ktirish qurilmasi.

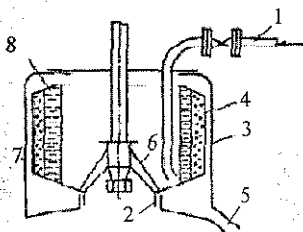


3.15- rasm. Ko'p yarusli cho'ktirish qurilmasi.

cho'kma chiqariladigan patrubka 4, konussimon taglik 5 va silindrik rezervuar 6 dan iborat.

Binolarning maydonlarini tejash maqsadida ko'p yarusli cho'ktirish qurilmalari qo'llaniladi. Bunday qurilmalar berk silindrsimon korpusdan iborat bo'lib, konussimon asosga ega. Konussimon to'siqlar qurilmani balandligi bo'yicha bir necha yaruslarga bo'ladi. Qurilma o'qi bo'yicha sekin aylanuvchi val o'rnatilgan bo'lib, valga taroqlar birlashtirilgan. Taroqlar konsentrlangan massani markazga yaqinlashtirish uchun xizmat qiladi. Suspenziya taqsimlovchi qurilma orqali yaruslarga beriladi. Cho'kma pastki yarusdan olinadi. Ko'p yarusli cho'ktirish qurilmasi 3.15-rasmda keltirilgan bo'lib, qurilma taqsimlash qurilmasi 1, trubalar 2, stakan 3, aralastirgich 4, cho'kma chiqariladigan konus 5, cho'kma surgich 6, kollektor 7 va rama 8 dan iborat.

Cho'ktiruvchi sentrifugal tarkibida 40 % gacha qattiq faza tutgan va zarrachaning o'lchami 5 dan 100 mkm. gacha bo'lgan suspenziyalarni ajratish uchun ishlatiladi. Sentrifuganing barabani yaxlit bo'lib, qobiq ichiga joylashtirilgan (3.16 - rasm). Turli jinsli sistema barabanga truba orqali beriladi. Barabanning aylanishi



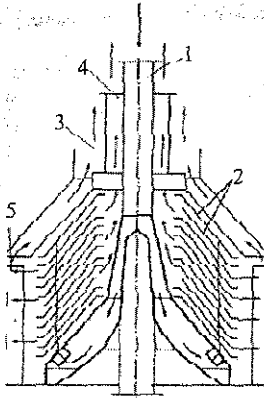
3.16- rasm. Cho'ktiruvchi sentrifuganing sxematik ko'rinishi:

- 1 — suspenziyaning berilishi; 2 — cho'kma tushiriladigan teshik; 3 — qobiq; 4 — baraban; 5 — fugat chiqariladigan patrubka; 6 — konus; 7 — zichligi katta bo'lgan komponent (cho'kma); 8 — zichligi kichik bo'lgan komponent (fugat).

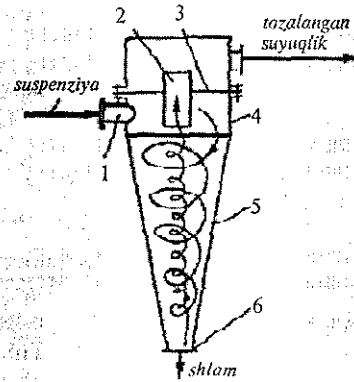
natijasida hosil bo'lgan markazdan qochma kuch ta'sirida zichligi kattaroq komponent barabanning devori yaqinidagi hajmni egallaydi, zichligi kichikroq bo'lgan komponent esa aylanish o'qiga yaqinroq qismda yig'iladi. Tindirilgan suyuqlik (fugat) tegishli patrubka orqali qurilmadan chiqariladi. Cho'kma qatlami amaliy jihatdan barabanni to'ldirgandan so'ng, qurilma harakati to'xtatiladi. Konus yuqoriga ko'tarilib, cho'kma tushiriladi. Bunday sentrifuga davriy ishlaydi.

Separatorlar emulsiya va mayda zarrachali suspenziyalarni ajratish uchun ishlatiladi. Tarelkali separatorlarning asosiy ish organi o'z o'qi atrofida katta burchak tezlik bilan aylanuvchi baraban hisoblanib, uning ichiga bir necha konussimon tarelkalar o'rnatilgan. Shu sababli barabanga kiritilgan suyuqlik bir necha yupqa qatlamlarga bo'linadi. Natijada suyuqlik laminar rejim bilan harakatlanadi va zarrachalarning cho'kish yo'li kamayadi. Aralashma markaziy truba orqali pastga tushadi. Markaziy truba baraban bilan birga aylanadi. Truba pastidan chiqqan suyuqlik markazdan qochma kuch ta'sirida baraban devori tomon harakat qiladi, so'ng tarelkalar oralig'iga o'tadi. Yengil suyuqlik markaziy trubaga yaqin joyga yig'iladi va yuqoriga harakatlantirilib qurilmadan chiqariladi. Og'irroq, quyuyqlashgan komponent esa baraban devori yoniga yig'ilib, so'ngra yuqoriga tomon harakat qiladi va boshqa patrubkadan chiqariladi. Suyuqlik separatorida suspenziya hamda yengil va og'ir komponentlarning harakat sxemasi 3.17-rasmda keltirilgan.

Gidrosiklonlar odatda tarkibidagi zarrachalarning o'lchami 5—150 mkm bo'lgan suspenziyalarni fazalarga ajratish uchun ishlatiladi. Bunday qurilmalardan beqaror emulsiyalarni ajratish uchun ham foydalanish mumkin. Gidrosiklon korpusi silindrsimon va konussimon qismlardan iborat. Gidrosiklonlarda ajratish sifati konuslilik burchagiga bog'liq bo'ladi (3.18-rasm). Suspenziya gidrosiklonga tangensial yo'nalishda 5—20 m/s tezlikda kiradi. Suspenziya qurilmaning silindrsimon yuzasi yaqinida pastga qarab



3.17- rasm. Tarelkali separatorada suyuqlikning harakat sxemasi: 1— emulsiya beriladigan trubka; 2— tarelkalar; 3— zichligi katta bo'lgan suyuqlik chiqariladigan kanal; 4— zichligi kichik bo'lgan suyuqlik chiqariladigan kanal; 5— baraban qobig'ining yo'naltiruvchi qirralari.



3.18- rasm. Gidrosiklon: 1— tangensial patrubka; 2 — markaziy patrubka; 3— to'siq; 4 — korpusning silindrik qismi; 5— korpusning konussimon qismi; 6— ajralgan og'ir faza (shlam) chiqariladigan patrubka.

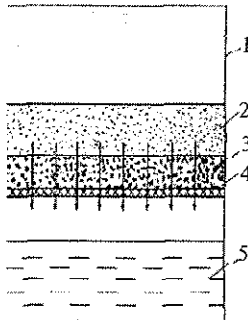
spiralsimon harakatlanadi. Suyuqlik oqimi bilan birgalikda qattiq zarrachalar ham pastga qarab harakat qiladi. Bunda suyuqlik tarkibidagi qattiq zarrachalar markazdan qochma kuch ta'sirida qurilmaning konussimon yuzasi tomon uloqtiriladi. Yengil komponent esa gidrosiklon markaziga yig'iladi va markaziy patrubka orqali yuqoriga harakatlanib, qurilmadan alohida chiqariladi. Og'ir komponent esa pastki shtutser orqali qurilmadan tashqariga chiqariladi.

3.2.4. Filtrlash jarayoni

Suspensiya va changli gazlarni filtr to'siqlardan o'tkazib tozalash *filtrlash* deyiladi. Bu jarayon, asosan, turli jinsli sistemalarni to'la tozalash uchun ishlatiladi.

Filtrlash jarayoni bosim yoki markazdan qochma kuch ta'sirida amalga oshirilishi mumkin. Shu sababli oddiy filtrlash va markazdan qochma kuch ta'sirida filtrlash jarayonlari mavjud.

Filtrlash tezligi suspensiya sifati va cho'kma qatlanining hamda filtrlovchi materialning qarshiligiga bog'liq. Filtrlash paytida suspensiya tarkibidagi mayda zarrachalar filtrlovchi materialning



3.19- rasm. Filtrlash jarayonining sxemasi: 1 — filtr apparatining qobig'i; 2 — filtr to'siq; 3 — suspenziya; 4 — filtrat; 5 — cho'kma.

ustki qismida cho'kma holda yoki filtrlovchi materialning o'zida, teshiklarni to'ldigan holda o'tirib qolishi mumkin (3.19- rasm). Bu xususiyatlariga ko'ra filtrlash jarayoni 3 ga bo'linadi: a) cho'kma qatlami hosil qilish yo'li bilan filtrlash; b) filtrlovchi materialning teshiklarini to'ldirish orqali filtrlash; d) bir vaqtning o'zida cho'kma qatlami hosil qilish va filtrlovchi materialning teshiklarini to'ldirish orqali filtrlash.

Filtr to'siqlar yuzasida cho'kma qatlami hosil qilish yo'li bilan filtrlash suspenziya yoki gaz tarkibidagi qattiq zarrachalar diametri to'siq g'ovagi diametridan katta bo'lganda qo'llaniladi.

Filtrlovchi materialning teshiklarini to'ldirish orqali filtrlashda qattiq zarrachalar g'ovaklar ichiga kiradi. G'ovaklarning ichi qattiq zarrachalarga to'lishini filtrlash jarayonining boshidayoq kuzatish mumkin. Bu hol, o'z navbatida filtrning ish unumdorligini kamaytiradi.

Ko'pchilik filtrlash qurilmalarida jarayon uchinchi usulda boradi, ya'ni bir vaqtning o'zida filtr to'siq ustida cho'kma qatlami hosil qilinadi hamda filtrlovchi materialning teshiklari qattiq zarrachalar bilan to'ladi.

Filtr to'siqdan oldingi va keyingi bosimlar farqi yoki filtrlovchi materialga suyuqlik bosimini hosil qiluvchi markazdan qochma kuch filtrlash jarayonining **harakatlantiruvchi kuchi** hisoblanadi. Bosimlar farqi filtrlovchi to'siq ustida ortiqcha bosim hosil qilish yoki to'siqdan keyingi bosimni kamaytirish bilan yuzaga keltiriladi.

Filtrlash jarayonining tezligi va filtr qurilmaning ish unumi filtrlash tezligi bilan belgilanadi.

Filtrlash tezligi deb vaqt birligi ichida filtr to'siqning yuza birligidan o'tgan filtrat miqdoriga aytiladi. Filtrlash tezligi ajratilayotgan suspenziyaning fizik-kimyoviy xossalriga, hosil bo'layotgan cho'kmaning xususiyati, filtratning xossasiga, filtrlash rejimi va boshqa kattaliklarga bog'liq. Shuni aytib o'tish kerakki, filtrlash jarayoni laminar rejimda boradi. Uning tezligi quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$W = \frac{dV_f}{F_f \cdot d\tau_f} \quad (3.59)$$

bu yerda: dV_f — filtratning hajmi, m^3 ; F_f — filtrlash yuzasi, m^2 ; $d\tau_f$ — filtrlash davomiyligi, s.

Filtrlash tezligi jarayonning harakatlantiruvchi kuchiga to'g'ri va suspenziyaning qovushqoqligiga, cho'kma va filtr to'siqning gidravlik qarshiligiga teskari proporsionaldir:

$$W = \frac{dV_f}{F_f \cdot d\tau_f} = \frac{\Delta P}{\mu \cdot (R_{ch} + R_{f,f})} \quad (3.60)$$

bu yerda: ΔP — bosimlar farqi, jarayonning harakatlantiruvchi kuchi, Pa; μ — suspenziyaning qovushqoqligi, Pa · s; R_{ch} — cho'kma qatlamining qarshiligi; $R_{f,f}$ — filtr to'siqning qarshiligi.

Filtrlash jarayoni uch xil rejimda olib boriladi.

1. $\Delta P = \text{const}$. Bu rejimda suspenziya ustiga siqilgan havo yuborish yoki filtr to'siq ostida vakuum hosil qilish bilan o'zgarmas bosimlar farqi saqlab turiladi. Bunda cho'kma qatlamining qalinligi oshib borishi bilan filtrlash tezligi kamayib boradi.

2. $W = \text{const}$. Filtrlash jarayoni bu rejimda borishi uchun suspenziya porshenli nasoslar yordamida beriladi. Tezlik o'zgarmas bo'lishi uchun jarayon davomida bosimlar farqini oshirib borish kerak.

3. Bir vaqtning o'zida bosimlar farqi va filtrlash tezligi o'zgarib turadi. Bu rejimda ishlaydigan filtrlarga suspenziya markazdan qochma nasos yordamida beriladi.

3.2.5. Markazdan qochma kuch ta'sirida filtrlash

Markazdan qochma kuch ta'sirida filtrlash filtrlovchi sentrifugalarda amalga oshiriladi. Filtrlovchi sentrifuganing asosiy qismi o'z o'qi atrofida aylanuvchi baraban bo'lib, uning devori katta teshikli to'r shaklida yasaladi va uning ustki yuzasi filtrlovchi material bilan qoplanadi. Markazdan qochma kuch ta'sirida suspenziya tarkibidagi toza suyuqlik (filtrat) filtrlovchi materialdan o'tib, sentrifugadan chiqariladi. Qattiq zarrachalar filtrlovchi material sirtida cho'kma holida ushlanib qolinadi.

Markazdan qochma kuch ta'sirida filtrlashda suspenziyaning elementar halqasimon hajmiga quyidagi miqdorda markazdan qochma kuch ta'sir qiladi:

$$dG_m = \omega^2 \cdot r \cdot dm \quad (3.61)$$

bu yerda: dm — elementar halqa og'irligi, kg; ω — burchak tezligi,

($\omega = \pi \cdot n / 30$), s^{-1} ; r — aylanish o'qidan halqagacha bo'lgan masofa, m.

Yuqorida ta'kidlanganidek markazdan qochma kuchning og'irlik kuchiga nisbati ajratish faktori bo'lib, sentrifuganing suspenziyani fazalarga ajratish samaradorligini belgilaydi.

Filtrlovchi sentrifugalarning ish unumdorligi filtrlash nazariyasiga asosan hisoblanadi. Elementar hajmli suspenziyaga ta'sir qiluvchi harakatlantiruvchi kuch quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$dP_m = dG_m / F = F \cdot \rho_s \cdot \omega^2 \cdot r \cdot dr / F = \rho_s \cdot \omega^2 \cdot r \cdot dr \quad (3.62)$$

bu yerda: ρ_s — suspenziya zichligi, kg/m^3 .

Markazdan qochma kuch ta'sirida filtrlash tezligi:

$$g_m = \frac{\Delta P}{\mu (R_m + r_0 \cdot x_0)} = 0,5 \cdot \frac{\rho_s \cdot \omega^2 \cdot (R_1^2 \cdot R_0)}{\mu (R_m + r_0 \cdot x_0)} \quad (3.63)$$

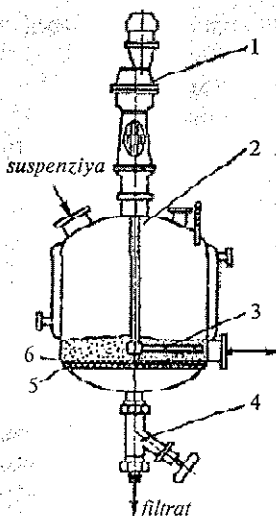
bu yerda R_m — filtrlovchi to'siq qarshiligi; r_0 — cho'kma qatlami-ning solishtirma qarshiligi; x_0 — cho'kma qatlamining qalinligi; R_1 , R_0 — mos ravishda sentrifugadagi suyuqlik halqasining tashqi va ichki radiusi.

3.2.6. Filtrlash jarayonini amalga oshirish uchun jihozlar

Filtrlash jihozlari ishlash prinsipiga ko'ra quyidagilarga bo'linadi: o'zgarmas bosimlar farqi yoki doimiy filtrlash tezligi bilan ishlovchi qurilmalar; bosimlar farqi hosil qilish usuliga ko'ra vakuum yoki ortiqcha bosim ostida ishlovchi qurilmalar. Bundan tashqari, filtrlar jarayonni tashkil qilinishiga ko'ra davriy va uzluksiz ishlaydigan turlarga bo'linadi.

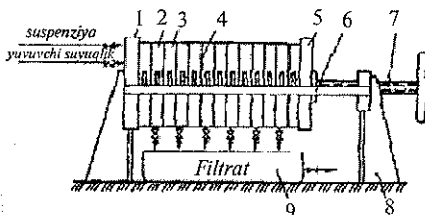
Bosimlar farqi filtr to'siq ustidagi suspenziya ustunining gidrostatik bosimi vositasida, suspenziyani nasos bilan berish orqali, filtr to'siqdan keyingi bosimni vakuum nasos vositasida kamaytirish orqali yoki markazdan qochma kuchlar yordamida hosil qilinishi mumkin. Bosimlar farqini hosil qilish usuliga ko'ra filtrlovchi qurilmalar filtrlar va sentrifugalarga bo'linadi.

Vakuum va ortiqcha bosim ostida ishlovchi nutch filtrlar ishlab chiqarishda keng tarqalgan (3.20- rasm). Hosil bo'lgan cho'kmani undan chiqarish jarayoni mexanizatsiyalashtirilgan. Cho'kmani qurilmadan chiqarilishini ta'minlash uchun filtr bir kurakli



3.20- rasm. Nutch filtri:

- 1 — cho'kmani chiqarish mexanizmining uzatmasi;
- 2 — filtrning qobig'i;
- 3 — cho'kmani chiqaruvchi kurak;
- 4 — filtratni chiqarish patrubkasi;
- 5 — filtr to'siq;
- 6 — filtrlovchi material.



3.21- rasm. Ramali filtr-press:

- 1 — tayanch plita;
- 2 — rama;
- 3 — plita;
- 4 — filtr material;
- 5 — harakatlanuvchi plita;
- 6 — gorizontal yo'naltiruvchi;
- 7 — vint;
- 8 — stanina;
- 9 — filtrat yig'ildigan idish.

aralastiruvchi qurilma bilan ta'minlangan. Cho'kmani filtrdan chiqarish maqsadida qobiqning silindrsimon qismida teshik qo'yilgan. Suspensiya va siqilgan havo alohida shtutserlar orqali beriladi. Filtr himoya qiluvchi klapan bilan ta'minlangan.

Filtrning ishlash davri suspensiyani solish, bosim ostida suspensiyani filtrlash, filtr to'siqdan cho'kmani olish va filtr to'siqni regeneratsiyalash (tozalash)

dan iborat. Bu filtrlarda bir vaqtning o'zida cho'kmani yuvish mumkin.

Filtrlash qurilmalarida turli materiallardan tayyorlangan filtrto'siqlar qo'llaniladi.

Ramali filtr-press (3.21-rasm) vinomateriallar, sut, pivo, o'simlik yog'i va boshqa turdagi suspensiyalarni tarkibidagi qattiq modda zarrachalaridan tozalash uchun ishlatiladi. Filtrlovchi blok birin-ketin joylashtirilgan rama, plita va ular o'rtasiga joylashtirilgan filtrlovchi gazlamalardan iborat. Rama va plitalar gorizontal yo'naltiruvchilarga o'rnatilgan bo'lib, siquvchi vint bilan siqiladi. Suspensiya hamda yuvuvchi suyuqlik berish uchun har qaysi rama va plitada kanallar mavjud. Plitaning har ikkala tomoni yuzasida yig'uvchi kanal joylashgan bo'lib, pastda chiqaruvchi kanal bilan chegaralangan.

Filtrlash paytida suspensiya bosim ostida kanallar orqali rama va plitalar oralig'iga berilib, ramalar bo'yicha taqsimlanadi. Plitalarning

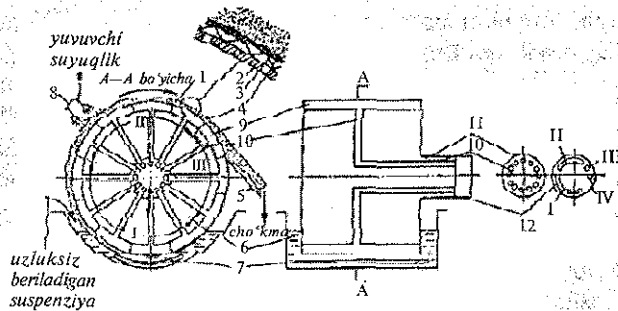
yig'uvchi kanallari bo'yicha filtrat oqib tushadi va chiqaruvchi kanallar orqali qurilmadan chiqariladi. Cho'kmani yuvish paytida yuvuvchi suyuqlik bosim ostida kanallar orqali beriladi va ramalar bo'yicha taqsimlanadi. Yuvuvchi suyuqlik teskari yo'nalishda filtr to'siq orqali o'tib, cho'kmani yuvadi. Shundan so'ng filtrdan chiqaruvchi kanallar orqali chiqarib yuboriladi. Yuvish vaqtida filtr qurilmasi elektr manbayidan ajratilgan bo'lishi kerak.

Ramali filtr-presslarning asosiy kamchiligi: cho'kmani tushirish va filtr to'siqlarni almashtirish qo'l mehnatini talab qiladi. Cho'kmani tushirish uchun filtrlovchi blok, plita va rama ochib yig'ilishi kerak.

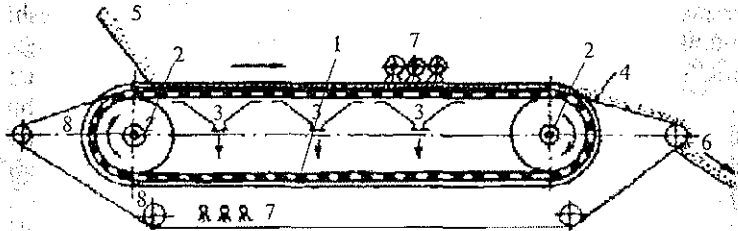
Barabanli vakuum-filtrlar (3.22-rasm) zichligi 50—500 kg/m³li suspenziyalarni uzluksiz tozalash uchun qo'llaniladi. Qattiq zarrachalar kristall, tolasimon, amorf, kolloid strukturali bo'lishi mumkin. Filtrning ish unumdorligi qattiq zarrachalarning tuzilishiga bog'liq. Tashqi va ichki filtrlovchi yuzali barabanli vakuum-filtrlar mavjud. Ularning asosiy ish organi baraban bo'lib, uning yon tomon sirti filtrlovchi gazlama bilan qoplangan. Sekin aylanuvchi silindrsimon gorizontaal baraban to'siqlar yordamida bir nechta bir xil shaklli seksiyalarga bo'lingan.

Shu sababdan har bir seksiyada barabanning bir marta aylanishida filtrlash jarayonining hamma bosqichlari amalga oshiriladi: I seksiyada vakuum ta'sirida filtrlovchi gazlama orqali filtrlash jarayoni boradi. Bunda suspenziya tarkibidagi cho'kma filtrlovchi gazlama ustida yig'ilib qoladi; II seksiyada forsunkalar orqali berilayotgan suv bilan cho'kma qatlami yuviladi; III seksiyada so'rilgan havo yordamida cho'kma quritiladi. Bu bosqichda cho'kma tarkibidagi namlik havoga o'tib, filtrdan tashqariga chiqariladi. So'ngra cho'kma pichoq bilan barabandan ajratib olinadi. Hamma seksiyalardagi jarayonlar uzluksiz ravishda ketma-ket boraveradi. Barabanli vakuum filtrning umumiy ko'rinishi 3.22-rasmda keltirilgan. Rasmdan ko'rinadiki qurilma teshikli metall baraban 1, simli to'r 2, filtr gazlama 3, barabanda hosil bo'lgan cho'kma 4, cho'kmani tushirib turuvchi pichoq 5, suspenziya quyilgan sig'im 6, tebranuvchi aralashtirgich 7, cho'kmani yuvish qurilmasi 8, harakatlanuvchi qismlar bilan birlashtiruvchi trubalar 9, 10, bosh taqsimlagich 11 va uning qo'zg'almas qismi 12 dan iborat.

Filtrlanuvchi muhit bilan kontaktda bo'lgan filtr detallari zanglamaydigan po'latdan tayyorlangan. Bu detallar oson tozalanadi.



3.22- rasm. Barabanli vakuum-filtr.

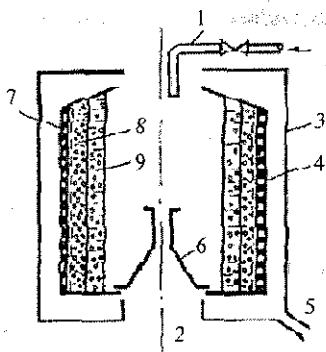


3.23- rasm. Lentali vakuum-filtr.

- 1 — g'alvirsimon rezinali lenta; 2 — barabanlar; 3 — vakuum kameralar;
 4 — filtrlovchi material; 5 — suspenziyaning berilishi; 6 — cho'kmani ajratib olish; 7 — cho'kmani yuvish uchun suyuqlik berish; 8 — roliklar.

Filtrlovchi qurilmaning sig'imiga suspenziya beriladi. Suspenziyali sig'imda baraban yuzasining taxminan 35% tushirilgan bo'ladi. Ushbu sig'imda silkinib turuvchi aralashtirgich suspenziya tarkibini bir xil bo'lishni ta'minlab, undagi qattiq zarrachalarning cho'kмага tushishiga yo'l qo'ymaydi. Filtrat va yuvuvchi suyuqlik yig'gichda to'planadi.

Lentali vakuum-filtrlar (3.23-rasm) rama, harakatlantiruvchi (yetakchi) va taranglovchi barabanlar, ular orasiga tortilgan, g'alvirsimon rezinali lentadan iborat. Cheksiz g'alvirsimon rezina lenta ostida vakuum-kamera joylashgan. Uning pastki qismi filtrat va yuvuvchi suyuqlikni chiqarish uchun kollektor bilan ulangan. Taranglovchi barabanlar yordamida g'alvirsimon rezina lenta va filtrlovchi gazlama asosga yopishtiriladi. Filtrlovchi gazlama ham cheksiz lenta shaklida tayyorlangan.



3.24- rasm. Filtrlovchi sentrifuga:
 1 — suspenziyaning berilishi;
 2 — choʻkma tushiriladigan teshik;
 3 — qobiq; 4 — baraban;
 5 — fugatning chiqarilishi;
 6 — korpus; 7 — filtrlovchi material; 8 — choʻkma;
 9 — suspenziya.

Suspenziya filtrlovchi gazlamaga beriladi. Filtrat vakuum-kameraga suriladi va kollektor orqali yigʻgichga uzatiladi. Yuvuvi suyuqlik forsunka yordamida hosil boʻlgan choʻkмага beriladi va kameraga toʻplanadi, undan kollektor orqali yigʻgichga uzatiladi. Yetaklovchi barabanda filtrlovchi gazlama rezinali lentadan ajraladi va yoʻnaltiruvchi rolik bilan birga aylanadi. Bunda choʻkma filtrlovchi gazlamadan ayriladi va yigʻgichga tushadi. Roliklar orasidan oʻtish paytida filtrlovchi gazlama yuviladi, quritiladi va tozalanadi.

Ish rejimiga koʻra filtrlovchi sentrifugalarda (3.24-rasm) davriy va uzluksiz boʻladi. Baraban valining oʻrnatilish holatiga qarab gorizontal va vertikal filtrlovchi sentrifugalarda boʻladi. Filtrlovchi sentrifugalarda choʻkma qoʻl kuchi yordamida hamda gravitatsion, pulsatsion, markazdan qochma kuchlar taʼsirida tushiriladi. Choʻktiruvchi sentrifugalardan filtrlovchi sentrifugalarning asosiy farqi shundaki, ular gʻalvirsimon turli metallardan tayyorlangan barabanga ega boʻlib, uning yuzasiga filtrlovchi gazlama (mato) qoplangan.

Davriy ishlaydigan filtrlovchi sentrifugada suspenziya barabanning yuqorisidan beriladi. Suspenziya berilgandan soʻng baraban aylanma harakatga keltiriladi. Markazdan qochma kuchlar taʼsirida suspenziya baraban devori tomon yuboriladi. Suyuq faza filtrlovchi toʻsiq orqali oʻtadi, choʻkma esa unda ushlanib qolinadi. Filtrat patrubka orqali yigʻgichga uzatiladi. Filtrlash davri tugagandan soʻng choʻkma qoʻl kuchi yordamida qopqoq orqali tushiriladi.

Oʻzi tushiruvchi sentrifugalarda choʻkma gravitatsion kuchlar taʼsirida tushiriladi. Bunday sentrifugalarda vertikal valli qilib tayyorlanadi va ularda gʻalvirsimon baraban joylashtiriladi. Suspenziya barabanga disk orqali beriladi. Barabanning pastki qismi konussimon shaklga ega. Filtrlash davri tugagandan soʻng va baraban toʻxtagandan keyin choʻkma gravitatsion kuchlar taʼsirida tushiriladi.

3.3. Gazsimon turli jinsli sistemalarni ajratish

Oziq-ovqat sanoatida amalga oshiriladigan ishlab chiqarish jarayonlari natijasida ba'zan gazsimon turli jinsli sistemalar yuzaga keladi. Bunga qattiq moddalarni maydalashda, maydalangan mahsulotlarni sinflarga ajratishda, qattiq donador mahsulotlarni barabanli quritgichlarda va mavhum qaynash qatlamida quritishda, kukunsimon mahsulotlar ishlab chiqarishda hosil bo'ladigan changsimon turli jinsli sistemalarni misol sifatida keltirish mumkin. Bularning tarkibida ko'p hollarda qimmatli oziq-ovqat mahsuloti zarrachalari, ba'zilarida esa atrof-muhitni ifloslantiruvchi zarrachalar mavjud bo'ladi. Shuning uchun bunday turli jinsli sistemalarni fazalarga ajratish asosiy jarayonlardan biri hisoblanadi. Ushbu jarayon natijasida quyidagi maqsadlarga erishiladi.

1. Gazsimon aralashmadan qimmatbaho mahsulot ajratib olinadi.

2. Jarayonning borishiga va qurilmalarning ishlashiga salbiy ta'sir qiluvchi gazsimon aralashma tozalanadi.

3. Atrof-muhitning ifloslanishi kamaytiriladi.

Gazsimon turli jinsli sistemalarni fazalarga ajratishning quyidagi usullari mavjud.

1. Og'irlik kuchi ta'sirida gaz tarkibidagi qattiq zarrachalarni cho'ktirish.

2. Markazdan qochma kuch maydonida ajratish.

3. Filtr to'siqlar yordamida ajratish.

4. Suyuqliklar yordamida ajratish.

5. Yuqori kuchlanishli elektr maydonida ajratish.

Gaz tarkibidagi qattiq zarrachalarni og'irlik kuchi ta'sirida cho'ktirishda, gazsimon aralashma to'siqlar bilan ta'minlangan cho'ktirish kamerasidan o'tkaziladi. Natijada gaz oqimi yo'nalishining bir necha marta o'zgarishi va tezligining kamayishi natijasida uning tarkibidagi qattiq zarrachalar kamera tagligiga cho'kadi. Cho'ktirish kamerasidan chiqayotgan gaz ko'p hollarda yakuniy tozalash uchun gazlarni tozalashga mo'ljallangan filtrlarga yuboriladi.

Gazsimon turli jinsli sistemalarni markazdan qochma kuch maydonida tozalash siklonlarda amalga oshiriladi. Siklonlarning tuzilishi va ishlash prinsipi gidrosiklonlar bilan bir xil bo'lib, ularda tangensial patrubka orqali 15—20 m/s tezlikda kiritilgan gaz oqimining spiralsimon aylanma harakati yuzaga keladi. Natijada hosil bo'lgan markazdan qochma kuch ta'sirida gaz tarkibidagi qattiq zarrachalar siklonning ichki sirti orqali pastga, tozalangan gaz esa

markaziy patrubka orqali yuqoriga harakatlanadi. Siklonlar ham asosan gazlarni dastlabki tozalash maqsadida qo'llanilib, undan chiqqan gaz ko'pincha filtrlarga uzatiladi.

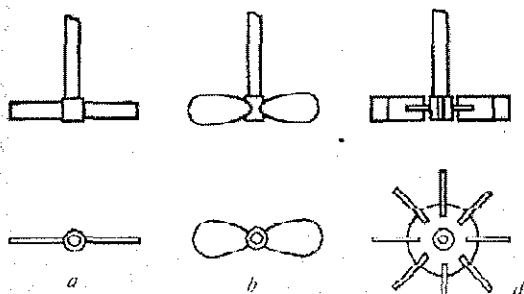
Gazsimon turli jinsli sistemalarni suyuqlik yordamida fazalarga ajratish, yuqori qismidan forsunka yordamida suyuqlik purkab beriladigan silindrsimon qurilmalarda amalga oshiriladi. Bularda gazsimon aralashma qurilmaning pastki qismidan berilib, yuqoriga tomon harakatlanadi. Natijada yuqoridan purkab berilayotgan suyuqlik tomchilari gaz tarkibidagi qattiq zarrachalarni o'ziga singdirib oladi. Tozalangan gaz qurilma yuqorisidan chiqariladi. Bunday qurilmalar *skrubberlar* deyiladi.

Katta kuchlanishli elektr maydonini yuzaga keltirgan elektrodlar to'plami orasidan gazsimon turli jinsli sistema o'tkazilganda uning tarkibidagi zaryadlangan qattiq zarrachalar elektrodlar sirtiga tortiladi va gazdan ajratib saqlab qolinadi.

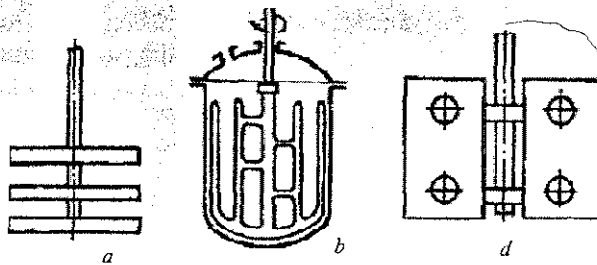
3.4. Aralashtirish, mavhum qaynash qatlami

Biokimyoviy reaksiyalarni amalga oshirish, gomogen sistemalar hosil qilish, issiqlik va modda almashinish jarayonlarini tezlatish uchun suyuqlik muhitlarida aralashtirishdan ko'p foydalaniladi. Suyuq fazalardagi aralashtirish ikki (mexanik va pnevmatik) usulda amalga oshiriladi. Suyuqliklarni mexanik aralashtirish parrakli, propellerli va turbinali aralashtirgichlarda amalga oshiriladi (3.25—3.28- rasmlar).

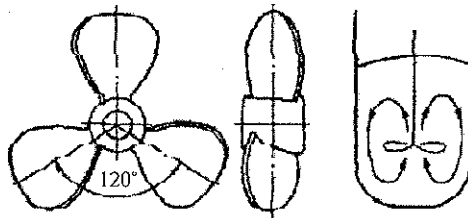
Qovushqoqligi 1 Pa.s gacha bo'lgan suyuqliklar uchun bir parrakli, undan katta bo'lganlari uchun esa ko'p parrakli aralashtirgichlar ishlatiladi. Parrak diametri qurilma diametrining 0,66—0,9 qismini, parrakning aylanishlar soni esa minutiga 15—45 martani tashkil qiladi.



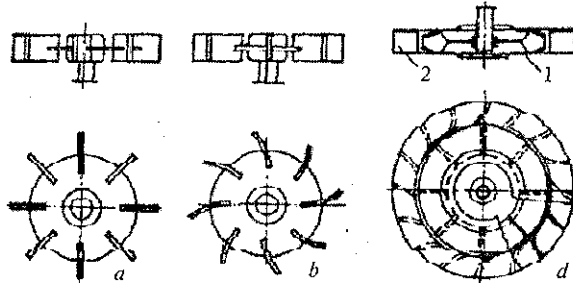
3.25- rasm. Aralashtirgich turlari:
a) parrakli; b) propellerli; d) turbinali.



3.26- rasm. Parrakli aralashtirgichning turlari:
a) ramali; b) yakorli; d) yaproqsimon.



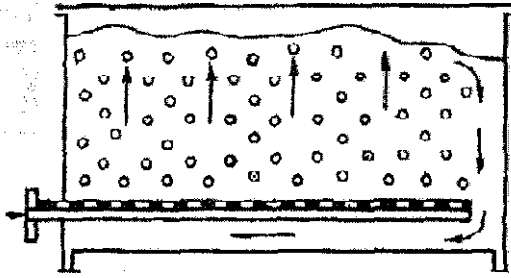
3.27- rasm. Propellerli aralashtirgich.



3.28- rasm. Turbinali aralashtirgich turlari:

a) ochiq to'g'ri kurakchali; b) ochiq qiya kurakchali;
d) yopiq turbinali; 1— turbina; 2 — yo'naltirgich.

Propellerli aralashtirgichlarning asosiy ish organi propeller hisoblanadi. Ular ikki yoki uch qanotli bo'lishi mumkin. Propellerlarning diametri qurilma diametrining 0,25—0,3 qismini, aylanishlar soni esa minutiga 150—1000 martani tashkil qiladi. Ular dinamik qovushqoqligi 6 Pa.s gacha bo'lgan suyuqliklarni aralashtirish uchun qo'llaniladi.



3.29- rasm. Pnevmatik aralashtirgich.

Turbinali aralashtirgichning asosiy ish organi turbina bo'lib, u qovushqoqligi 1—700 Pa.s gacha bo'lgan suyuqliklar uchun ishlatiladi. Turbinaning aylanishlar soni minutiga 200 dan 2000 martagacha boradi. Diametri qurilma diametriging 0,17—0,33 qismini tashkil qiladi.

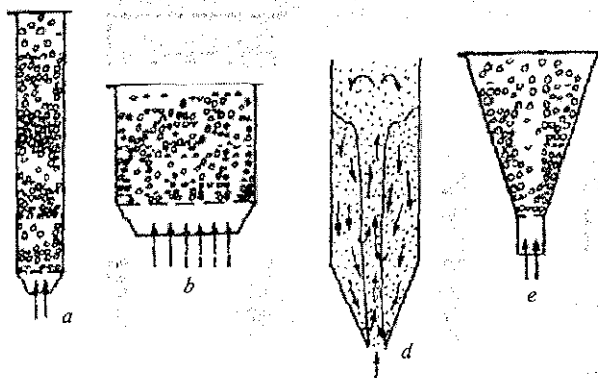
Pnevmatik aralashtirgichlarda (3.29- rasm) ish organi vazifasini barbatyorlar bajaradi. Bu qurilmalarda barbatyorga, asosan, siqilgan havo yuborilib, havo oqimi yordamida barbatyor ustidagi suyuqlik qatlamining aralashishi ta'minlanadi. Bu usul, asosan, barbatyorga berilayotgan gazlar bilan reaksiyaga kirishmaydigan suyuqliklarni aralashtirishda ishlatiladi.

Mavhum qaynash qatlami. To'r to'siq bilan ikkiga ajratilgan idishda, to'siqdan yuqoriga donador qattiq materiallarni solib, to'siq ostidan ma'lum tezlikda gaz yoki suyuqlik oqimi berilganda mavhum qaynash qatlami yuzaga kelishi mumkin.

Mavhum qaynash qatlami hosil bo'lishi uchun oqimning bosim kuchi bilan zarrachalarning og'irlik kuchi teng bo'lishi kerak. Bu jarayonning yuzaga kelishiga asosan idishga berilayotgan gaz yoki suyuqlik oqimining tezligi sabab bo'ladi. Qattiq zarrachalarning tinch holatdan mavhum qaynash qatlamiga o'tish vaqtidagi oqimning tezligi *birinchi kritik tezlik* deyiladi.

Agar oqim tezligi oshirib borilsa, u ma'lum qiymatga yetganda oqimning bosim kuchi zarrachalarning og'irlik kuchidan oshib ketib zarrachalar oqim bilan birga idishdan chiqib keta boshlaydi. Bu holatga to'g'ri keladigan oqim tezligi ikkinchi kritik tezlik deyiladi.

Agarda oqim tezligi birinchi va ikkinchi kritik tezliklar oralig'ida va zarrachalar qatlami bo'yicha bir xil taqsimlangan bo'lsa, u *bir jinsli mavhum qaynash qatlami*, bir xil taqsimlanmagan bo'lsa *turli jinsli mavhum qatlam* deyiladi.



3.30- rasm. Mavhum qaynash qatlamining turlari:
 a — porshenli qaynash qatlami; b — kanalli qaynash qatlami;
 d, e — fontansimon qaynash qatlami.

Agarda jarayon borayotgan idish yoki qurilmaning diametri juda kichik bo'lsa, bunda zarrachalarning porshenli harakati yuzaga keladi.

Namligi juda yuqori bo'lgan yoki o'lchami juda kichik bo'lgan zarrachalar mavhum qaynash holatiga keltirilsa kanal hosil qiluvchi qatlam paydo bo'ladi.

Konussimon va konus-silindrsimon qurilmalarda kanal hosil qiluvchi qatlam fontanli qatlamga aylanadi (3.30- rasm).

Mavhum qaynash qatlami uchun birinchi kritik tezlik quyidagi tenglamadan aniqlanadi.

$$Re_{kp} = Ar / (1400 + 5,22 \cdot \sqrt{Ar}) \quad (3.64)$$

bundan
$$Ar = \frac{d^3(\rho_{qz} - \rho_m)}{\mu^2} \quad (3.65)$$

$$Re_{kp} = \vartheta_0 dp / \mu \quad (3.65 a)$$

kelib chiqadi. Bu yerda: d — qattiq zarracha diametri, ρ_m — muhitning zichligi, kg/m^3 ; ρ_{qz} — qattiq zarracha zichligi, kg/m^3 ; μ — muhitning dinamik qovushqoqlik koeffitsiyenti, Pa.s.

Qo'zg'almas qatlam va mavhum qaynash qatlami orasidagi bog'lanish

$$H(1 - \varepsilon) = H_0(1 - \varepsilon_0) \quad (3.66)$$

bu yerda: H, H_0 — mos holda, mavhum qaynash qatlami va qo'zg'almas qatlam balandliklari; $\varepsilon, \varepsilon_0$ — mos holda, shu qatlamlarning bo'sh hajmi.

Mavhum qaynash jarayoni mavhum qaynash soni bilan xarakterlanadi:

$$k_w = g / g \quad (3.67)$$

g — qurilmaning to'la kesim yuziga nisbatan olingan oqimning ish tezligi;

g'_0 — birinchi kritik tezlik;

k_w — zarrachalarning aralashish tezligini ko'rsatadi. Eng tez aralashish $k_w = 2$ bo'lganda sodir bo'ladi.

Ikkinchi kritik tezlik quyidagi formuladan topiladi:

$$Re = \frac{Ar}{18 \cdot 0,62 \cdot \sqrt{Ar}} \quad (3.68)$$



Nazorat savollari va topshiriqlari

1. Suyuqlik sistemasida aralashtirish nima maqsadlarda qo'llaniladi va u qanday qurilmalarda amalga oshiriladi?
2. Turli jinsli sistemalarning sinflarini va ularni ajratish usullarini aytib bering.
3. Cho'ktirish jarayonining harakatlantiruvchi kuchi qanday aniqlanadi?
4. Markazdan qochma kuch maydonida cho'ktirish jarayoni qanday borishini tushuntiring.
5. Zarracha gravitatsion maydonda tez cho'kadimi yoki markazdan qochma kuch maydonida? Javobingizni izohlang.
6. Sentrifuganing ajratish koeffitsiyenti kattaligining mazmunini tushuntiring.
7. Filtrlash jarayonining harakatlantiruvchi kuchi nima? Uning tezligi qanday aniqlanishini aytib bering.
8. Filtrlash rejimlarini tushuntiring.
9. Filtrlash jarayonining harakatlantiruvchi kuchi qanday hosil qilinadi?
10. Markazdan qochma kuch maydonida filtrlash va cho'ktirish jarayonlarining umumiylik tomonlari va farqini ayting.
11. Cho'ktirish jarayonini amalga oshirish qurilmalarini ayting va ishlash prinsipini tushuntiring.
12. Filtrlash qurilmalarining turlari va ularning ishlash prinsipini tushuntirib bering. Ulardagi farqlarni ko'rsating.

13. Cho'ktirish va filtrlash qurilmalarining oziq-ovqat sanoatida qo'llanilishiga doir misollar keltiring.
14. Qanday jarayonlar gidromexanik jarayonlar deyiladi?
15. Hidrostatika va gidrodinamika orasidagi farqni aytib bering.
16. Hidrostatikaning asosiy tenglamasi fizik mazmunini tushuntiring.
17. Tinch holatda turgan suyuqlik ichidagi ixtiyoriy nuqtaga ta'sir qiluvchi bosim qanday aniqlanadi?
18. Hidrostatikaning asosiy tenglamasi nima uchun tutash idishlarga qo'llanilishini aytib bering.
19. Suyuqlik ustunini gidrostatik bosimi qanday aniqlanadi?
20. Gidravlik pressning ishlash prinsipi nimaga asoslangan?
21. Idish vertikal devoriga suyuqlikning bosim kuchi qanday aniqlanishini izohlang.
22. Suyuqlik harakatini tavsiflovchi asosiy kattaliklarni aytib bering.
23. Reynolds kriteriyasi va uning qiymatini ayting.
24. Laminar va turbulent oqim rejimi, ularning mazmunini tushuntiring.
25. Bernulli tenglamasini yozing va uning fizik mazmunini ayting.
26. Real suyuqliklar uchun Bernulli tenglamasini yozib, tenglamadagi kattaliklarni izohlang.
27. Donador mahsulot qatlamining bo'sh hajmi va gidravlik qarshiligi qanday aniqlanishini tushuntiring.
28. Qatlamning ekvivalent diametri va solishtirma yuzasi qanday hisoblanadi?
29. Mavhum qaynash qatlami yuzaga kelishi uchun zaruriy shart nimadan iboratligini aytib bering.
30. Donador mahsulot qatlamidan o'tayotgan havo tezligi ikkinchi kritik tezlikka teng bo'lsa qanday hodisa sodir bo'ladi?

IV BO'LIM

ISSIQLIK ALMASHINISH JARAYONLARI

4.1. Qurilmalarda issiqlik o'tkazish asoslari

Har xil temperaturali jismlarda issiqlik energiyasining biridan ikkinchisiga o'tishi *issiqlik almashinish jarayoni* deb ataladi. Issiq va sovuq jismlarning temperaturalari o'rtasidagi farq issiqlik almashinishning harakatlantiruvchi kuchi hisoblanadi. Temperaturalar farqi bo'lganda, termodinamikaning ikkinchi qonuniga ko'ra, issiqlik energiyasi temperaturasi yuqori bo'lgan jismdan temperaturasi past jisimga o'z-o'zidan o'tadi. Jismlar o'rtasidagi issiqlik almashinishi erkin elektron, atom va molekullarning o'zaro energiya almashinishi hisobiga sodir bo'ladi. Issiqlik almashinish jarayonida qatnashadigan jismlar *issiqlik tashuvchilar* deb ataladi.

Issiqlik o'tkazish jarayonlari (isitish, sovitish, bug'larni kondensatsiyalash, bug'latish) oziq-ovqat sanoatida keng tarqalgan. Issiqlik uch xil yo'l bilan tarqalishi mumkin: issiqlik o'tkazuvchanlik, konveksiya va issiqlikning nurlanishi.

O'zaro tegib turgan zarrachalarning tartibsiz harakati natijasida issiqlikning tarqalish hodisasi *issiqlik o'tkazuvchanlik* deyiladi. Qattiq jismlarda, gaz yoki suyuqliklarning yupqa qatlamlarida issiqlik asosan shu usulda tarqaladi.

Gaz va suyuqliklar makroskopik hajmlarining harakati va ularni aralashtirish natijasida yuz beradigan issiqlikning tarqalishi *konveksiya* deyiladi. Konveksiya erkin va majburiy bo'lishi mumkin. Gaz yoki suyuqliklarning ayrim qismlaridagi zichliklar farqi hisobiga ro'y beradigan issiqlikning almashinishi *erkin konveksiya* deb ataladi. Tashqi kuchlar aralashtirish, suyuqliklarni nasoslar yordamida uzatish ta'sirida *majburiy konveksiya* yuz beradi.

Issiqlikning elektromagnit to'lqinlar yordamida tarqalishiga *issiqlikning nurlanishi* deyiladi.

Real sharoitlarda issiqlik almashinish alohida olingan biror usul bilan emas, balki bir necha usullar yordamida yuzaga keladi, ya'ni murakkab issiqlik o'tkazish jarayonlari amalga oshiriladi.

Tekis va silindrsimon devorning issiqlik o'tkazuvchanligi. Gaz va tomchili suyuqliklarda molekulalarning harakati yoki qattiq jismlarda kristall panjaradagi atomlarning tebranishi metallarda erkin elektronlarning diffuziyasi natijasida issiqlik o'tkazuvchanlik jarayoni sodir bo'ladi.

Issiqlik o'tkazuvchanlik orqali tarqalgan issiqlik miqdori Fure qonuni asosida aniqlanadi. Bu qonunga ko'ra, issiqlik o'tkazuvchanlik orqali uzatilgan issiqlik miqdori dQ issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti, temperatura gradiyenti, jarayon davomiyligiga va issiqlik oqimi yo'nalishiga perpendikular bo'lgan tekislik yuzasiga proporsionaldir, ya'ni:

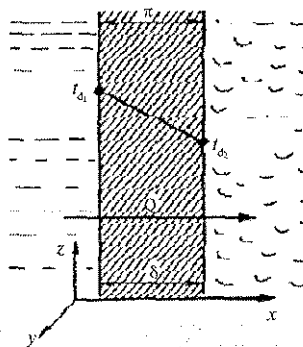
$$dQ = -\lambda \frac{dt}{dn} \cdot dF \cdot d\tau \quad (4.1)$$

bu yerda: λ — issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti, (Vt/m.grad); dt/dn — temperatura gradiyenti, ($^{\circ}\text{C}/\text{m}$); $d\tau$ — jarayon davomiyligi, (S); dF — issiqlik almashinish yuzasi, (m^2).

Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti issiqlik almashinish yuzasi birligidan vaqt birligi davomida izotermik yuzaga normal bo'lgan uzunlik birligida temperaturaning 1°C ga pasayishida issiqlik o'tkazuvchanlik yo'li bilan berilgan issiqlik miqdorini ifodalaydi.

Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyentining qiymati moddaning tuzilishi va uning fizik-kimyoviy xossalari, temperatura va boshqa qator kattaliklarga bog'liq. Normal temperatura va bosimda metallar issiqlikni juda yaxshi, gazlar esa juda yomon o'tkazadi. Masalan, ayrim moddalarning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti (Vt/m.grad birligida) quyidagicha: toza mis uchun — 394, CT3 markali po'lat uchun — 52, havo uchun — 0,027, tomchili suyuqliklar uchun — 0,1 — 0,7, gazlar uchun — 0,006 — 0,165, issiqlikdan himoyalovchi materiallar uchun 0,006—0,175 ga teng.

Qalinligi δ va issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti λ bo'lgan, bir jinsli materialdan tayyorlangan tekis devorning issiqlik o'tkazish jarayonini ko'rib chiqaylik. Devorning qarama-qarshi tomonlaridagi temperaturalar t_1 va t_2 ga teng bo'lib, $t_1 > t_2$ bo'lsin (4.1-rasm).



4.1- rasm. Tekis devor orqali issiqlik o'tkazuvchanlik yo'li bilan issiqlik o'tkazish sxemasi.

Agar issiqlik o'tkazish turg'un rejimda borsa va faqat bir yo'nalishda tarqalsa, issiqlik o'tkazuvchanlikning differensial tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$\partial^2 t / \partial x^2 = 0 \quad (4.2)$$

Bu tenglamani integrallasak:

$$t = c_1 \cdot x + c_2 \quad (4.3)$$

bu yerda: c_1 va c_2 — doimiy koeffitsiyentlar; x — issiqlikning tarqalish yo'nalishiga mos keluvchi koordinata.

Integrallash doimiysi $c_1 = dt/dn$ bo'lib, chegara shartlari ($x=0$, $x=\delta$) bo'lgan holda $c_1 = (t_1 - t_2) / \delta$ bo'ladi va buni hisobga olsak (4.1) tenglamani quyidagicha yozish mumkin:

$$dQ = \lambda \left[(t_1 - t_2) / \delta \right] \cdot dF \cdot d\tau \quad (4.4)$$

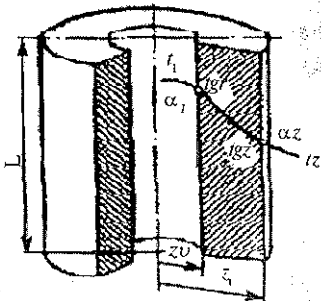
yoki

$$Q = \frac{\lambda}{\delta} (t_1 - t_2) F \cdot \tau \quad (4.5)$$

Demak, yuqoridagi shartlarni qanoatlantiruvchi tekis devorda temperatura to'g'ri chiziq bo'yicha o'zgaradi va shunga mos holda bir necha bir jinsli qatlamlardan tashkil topgan devorda temperatura siniq to'g'ri chiziq bo'yicha o'zgaradi.

Silindrsimon devor (4.2-rasm) uchun issiqlik o'tkazuvchanlik tenglamasi quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$Q = \frac{2 \cdot \pi \cdot L \cdot \tau (t_1 - t_2)}{\frac{1}{\lambda} \cdot 2,3 \cdot \lg (d_2 / d_1)} \quad (4.6)$$



4.2- rasm. Silindrsimon devorning issiqlik o'tkazuvchanlik tenglamasini aniqlash.

bu yerda: L — silindrsimon devor balandligi; τ — jarayon davomiyligi; t_1 , t_2 — silindrsimon devorning ichki va tashqi sirtining temperaturasi; λ — devor materialining issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti; d_2 , d_1 — silindrsimon devorning tashqi va ichki diametrlari.

(4.6) tenglamadan ko'rinib turibdiki, silindrsimon devorda temperaturaning o'zgarishi egri chiziq bo'yicha boradi.

Agar silindrsimon devor bir necha bir jinsli qatlamlardan iborat bo'lsa, (4.6) tenglama quyidagicha yoziladi:

$$Q = \frac{2\pi \cdot L \cdot \tau \cdot (t_1 - t_n)}{\sum_{i=1}^{i=n} \frac{1}{\lambda_i} \cdot 2,3 \cdot \lg(d_{i+1}/d_i)} \quad (4.7)$$

i — qatlamning tartib raqami; n — qatlamlar soni.

Oziq-ovqat sanoatida qo'llaniladigan silindrsimon devorli ko'pchilik issiqlik almashinish qurilmalarining diametri katta (500—2500 mm), devor qalinligi esa juda kichik (5—20 mm). Bunday qurilmalar uchun issiqlik o'tkazuvchanlik jarayoni tahlil qilinganda 4.4- yoki 4.5- tenglamalardan foydalanish mumkin.

Issiqlikning nurlanishi. Har qanday jism o'zidan to'liqin uzunligining ma'lum intervalida energiyani nurlatish qobiliyatiga ega. Nurlangan energiya boshqa jismga yutiladi va qaytadan issiqlikka aylanadi. Natijada nurlanish yo'li bilan issiqlik almashinish jarayoni sodir bo'lib, bu, o'z navbatida, nur chiqarish va nur yutish jarayonlaridan tashkil topadi.

O'zaro parallel joylashgan, absolut temperaturalarini T_1 va T_2 bo'lgan tekis qattiq jismlar o'rtasidagi nurlanish orqali o'tgan issiqlik miqdori quyidagicha aniqlanadi:

$$Q_{1-2} = C_{1-2} \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \cdot F \quad (4.8)$$

bu yerda: Q_{1-2} — birinchi jismdan ikkinchisiga nurlanish orqali berilgan issiqlik miqdori;

$F = F_1 = F_2$ — jismlar nur chiqarish va yutish yuzalari, m^2 ;

C_{1-2} — jismlar sistemasining keltirilgan nur chiqarish koeffitsiyenti, $Vt/(m^2 \cdot K^4)$.

Jism sirtiga tushgan Q_n miqdordagi nurlangan issiqlikning bir ulushi (Q_A) jism tomonidan yutiladi, boshqa ulushi (Q_R) jism sirtidan qaytariladi, qolgan ulushi (Q_D) esa jismdan o'tib ketadi:

$$Q_n = Q_A + Q_R + Q_D \quad (4.9)$$

yoki

$$\frac{Q_A}{Q_n} + \frac{Q_R}{Q_n} + \frac{Q_D}{Q_n} = 1 \quad (4.10)$$

(4.10) tenglamadagi birinchi bo‘linma jismning nurlangan issiqlikni yutish qobiliyati deb ataladi va A harfi bilan belgilanadi; ikkinchi bo‘linma nur qaytarish qobiliyati deyiladi va R harfi bilan belgilanadi; uchinchi bo‘linma nurni o‘tkazib yuborish qobiliyati deb yuritiladi va D harfi bilan belgilanadi.

Agar $A=1$ bo‘lsa, jism absolut qora, $R=1$ bo‘lsa, absolut oq, $D=1$ bo‘lsa, diatermik jism deyiladi. Real jismlar uchun esa A , R va D birga teng bo‘lmaydi va ular kulrang jismlar deb yuritiladi.

Issiqlik nurlanishi tahlil qilinganda asosiy parametr bu jismlarning nur chiqarish qobiliyati hisoblanadi va u jism yuzasi birligidan vaqt birligida to‘lqin uzunligining barcha intervali bo‘yicha nurlangan energiyaning miqdorini bildiradi.

Konvektiv issiqlik almashinish

Konveksiya yo‘li bilan almashinilgan issiqlik miqdori *Nyutonning sovitish qonuni* orqali aniqlanadi. Bu qonunga ko‘ra, qattiq jism yuzasidan suyuqlik va gaz muhitiga (yoki, aksincha suyuq yoki gazsimon muhitdan qattiq jism yuzasiga) berilgan issiqlik miqdori dQ issiqlik almashinish yuzasiga (dF), yuza va muhit temperaturalarining farqiga ($t_a - t_m$) hamda jarayonning davomiyligiga ($d\tau$) to‘g‘ri proporsional, ya‘ni:

$$dQ = \alpha \cdot (t_a - t_m) \cdot dF \cdot d\tau \quad (4.11)$$

bu yerda: α — issiqlik berish koeffitsiyenti, $Vt/(m^2 \text{ grad})$.

Uzluksiz issiqlik almashinish jarayoni uchun (4.11) tenglama quyidagi ko‘rinishda bo‘ladi:

$$Q = \alpha F(t_d - t_m) \quad (4.12)$$

Issiqlik berish koeffitsiyenti devorning $1m^2$ yuzasidan suyuqlik yoki gazsimon muhitga (yoki aksincha, muhitdan devorning $1m^2$ yuzasiga) $1s$ vaqt davomida, devor va muhit temperaturalarining farqi $1^\circ C$ bo‘lganda berilgan issiqlikning miqdorini bildiradi. Uning miqdori muhit tezligi, zichligi, qovushqoqligi, issiqlik-fizik xossalari, devorning shakli, o‘lchamlari va g‘adir-budurligiga bog‘liq bo‘lganligi sababli, issiqlik berish koeffitsiyentini hisoblashning umumiy tenglamasi yo‘q. Shu sababli ko‘p sonli tajriba natijalari asosida, o‘xshashlik nazariyasi mezonlaridan foydalanib turli xususiy hollar uchun mezonlar keltirib chiqarilgan. Ularni keltirib chiqarishda, asosan, quyidagi kriteriyalardan foydalaniladi:

$$\text{Nusselt mezonu: } Nu = \alpha \cdot l / \lambda \quad (4.13)$$

$$\text{Prandtl mezonu: } Pr = c \cdot \mu / \lambda \quad (4.14)$$

$$\text{Reynolds mezonu: } Re = v \cdot l \cdot \rho / \mu \quad (4.15)$$

$$\text{Galiley mezonu: } Gr = g \cdot l^3 / \nu^2 \quad (4.16)$$

$$\text{Grasgof mezonu: } Gr = g \cdot l^3 \cdot \beta \cdot \Delta t / \nu^2 \quad (4.17)$$

$$\text{Pekle mezonu: } Pe = v \cdot l / \alpha \quad (4.18)$$

bu yerda: c — suyuqlik yoki gazsimon muhitning issiqlik sig'imi, $J/kg \cdot K$; ν — muhitning kinematik qovushqoqlik koeffitsiyenti, m^2/s ; g — oqim tezligi, m/s ; β — muhitning hajmiy kengayish koeffitsiyenti, K^{-1} ; Δt — muhit o'rtacha temperaturasi va devor temperaturasi orasidagi farq, $^{\circ}C$; ρ — muhitning zichligi, kg/m^3 ; l — sirtning aniqlovchi geometrik o'lcham (issiqlik almashinish jarayonlarining boradigan sharoitiga qarab qabul qilinadi); λ — issiqlik berayotgan yoki qabul qilayotgan muhitning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti, $W/(m \cdot K)$.

Agregat holat o'zgarishida issiqlik berish. Oziq-ovqat sanoatida ishlatiladigan ba'zi jarayonlarda materiallar o'z agregat holatini o'zgartiradi, ya'ni bug'lanish, kondensatsiyalanish, suyulish yoki kristallanish jarayonlari sodir bo'ladi. Bu jarayonlarda bosim o'zgarimas bo'lsa, materialga issiqlikning berilishi va undan olib ketilishi o'zgarimas temperaturada boradi. Issiqlik almashinish jarayonlaridan suyuqlikning qaynashi, bug'lanishi va bug'larning kondensatsiyalanishi yuqoridagi xususiyatlarga ega bo'ladi.

Issiqlik tashuvchi sifatida qurilmaga berilgan suv bug'i uning issiqlik almashinish yuzasida plyonka holida kondensatsiyalanadi. Bu jarayonda issiqlik berish koeffitsiyentini aniqlashda yuqorida aytilganlardan tashqari kondensatsiyalanish mezonidan ham foydalaniladi:

$$Nu = f(Ga, Pr, K); \quad K = r / (c \cdot \Delta t) \quad (4.19)$$

bu yerda: K — kondensatsiyalanish mezonu; c — kondensatning issiqlik sig'imi, $J/kg \cdot K$; r — bug'ning kondensatsiyalanish issiqligi, $kJ/kg \cdot K$.

Mezonlarni qayta ishlash natijasida vertikal tekis va silindrsimon sirtida hamda bitta gorizontal truba sirtida yupqa plyonka holida kondensatsiyalanayotgan bug'dan sirtga issiqlik berish koeffitsiyentini aniqlash uchun quyidagi tenglamalar keltirib chiqarilgan:

$$\alpha_1 = 1,15 \cdot \sqrt[4]{\frac{\lambda^3 \cdot \rho^2 \cdot r \cdot g}{\mu \cdot \Delta t \cdot H}} \quad (4.20)$$

$$\alpha_2 = 0,72 \cdot \sqrt[4]{\frac{\lambda^3 \cdot \rho^2 \cdot r \cdot g}{\mu \cdot \Delta t \cdot d}} \quad (4.21)$$

bu yerda: λ, ρ, μ — mos ravishda, kondensat plyonkasining issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti, zichligi va dinamik qovushqoqlik koeffitsiyenti; r — kondensatsiyalanish issiqligi; H — vertikal sirt balandligi; α_1 — vertikal va bitta gorizontal truba sirtida kondensatsiyalanayotgan bug'dan issiqlik berish koeffitsiyenti; α_2 — truba ichki yuzasidan isitilayotgan mahsulotga issiqlik berish koeffitsiyenti, d — gorizontal trubaning tashqi diametri.

Gorizontal trubalar o'rami uchun:

$$\alpha_y = \varepsilon \cdot \alpha_2 \quad (4.22)$$

bu yerda ε — trubalarning o'ramda joylashuvi va soniga bog'liq koeffitsiyent bo'lib, grafikdan aniqlanadi.

Donador materiallar qatlamida issiqlikning tarqalishi. Donador materiallarni quritish va adsorbsiya jarayonida material qatlamidan gaz oqimi o'tkaziladi. Bunda modda almashinuvi bilan birga, issiqlik almashinishi ham sodir bo'ladi. Bu jarayon uchun issiqlik berish koeffitsiyenti quyidagicha hisoblanadi: a) issiqlik o'tkazuvchanligi kichik bo'lgan ($\lambda=0,13 \div 1,7 \text{ Vt/(m}\cdot\text{K)}$) donador material qo'zg'almas qatlami orqali turg'un rejimda ($\text{Re}=50-2000$) gaz o'tganda:

$$\text{Nu}=0,123 \cdot \text{Re}^{0,83} \quad \alpha = \text{Nu} \cdot \lambda/d_e \quad (4.23)$$

b) katta issiqlik o'tkazuvchanligiga ($\lambda=37 \div 383 \text{ Vt/(m}\cdot\text{K)}$) ega metall donalari qatlamidan turg'un rejimda ($\text{Re} = 50-1770$) gaz oqimi o'tganda:

$$\text{Nu} = 0,025 \left(\frac{\lambda_n}{\lambda_r} \right)^{0,15} \cdot \text{Re}^{0,89} \quad (4.24)$$

bu yerda: λ_n/λ_r — nasadka va gazning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyentlari nisbati.

$$\text{Re} = g \cdot d_e/\mu; \quad g = g_0 \cdot \rho \quad (4.25)$$

bu yerda: d_e — donador material ekvivalent diametri; ρ, μ, λ — gazning fizik parametrlari; g — gazning massaviy tezligi; g_0 — gaz oqimining mavhum tezligi.

d) mavhum qaynash qatlami holatidagi donador material-larga issiqlik berish ko'effitsiyentini hisoblashning quyidagi mezonlari taklif etilgan:

$$\text{Re} < 200 \text{ bo'lsa, } N_u = 1,6 \cdot 10^{-2} (\text{Re}/\varepsilon)^{1,3} \cdot \text{Pr}^{1/3} \quad (4.26)$$

$$\text{Re} \geq 200 \text{ bo'lsa, } N_u = 0,4 (\text{Re}/\varepsilon)^{2,3} \cdot \text{Pr}^{1/3} \quad (4.27)$$

$$\alpha = N_u \lambda / d_e \quad \text{Re} = \omega_0 \cdot d \cdot \rho / (\varepsilon \cdot \mu) \quad (4.28)$$

bu yerda: ε — qatlam g'ovakligi; ρ , μ , λ — gaz (yoki suyuqlik) ning fizik parametrlari.

Issiqlikning o'tishi va uni intensivlash. Oziq-ovqat mahsulotlari sifat ko'rsatkichlarini yaxshilash maqsadida ularga issiqlik, asosan, issiqlik tashuvchi bilan qizdirilayotgan devor orqali yuboriladi. Issiqlikni bir muhitdan ikkinchisiga biror devor orqali berilishi *issiqlik o'tishi* deyiladi. Tekis devor orqali issiqlikning o'tishi jarayonida temperaturaning o'zgarishi 4.3- rasmda ko'rsatilgan.

Bunda berilgan issiqlik miqdori issiqlik o'tkazishning asosiy tenglamasi bilan hisoblanadi:

$$Q = K \cdot \Delta t_{o'r} \cdot F \cdot \tau \quad (4.29)$$

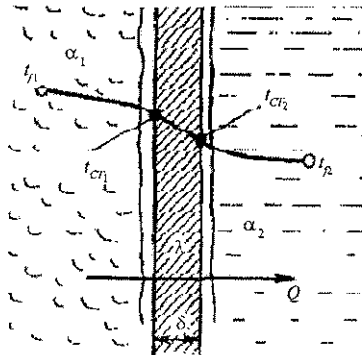
bu yerda: K — issiqlik o'tkazish ko'effitsiyenti; $\Delta t_{o'r}$ — issiq va sovuq muhit temperaturalarining o'rtacha farqi; F — muhitlarni ajratuvchi devor yuzasi; τ — jarayon davomiyligi.

Uzluksiz ishlaydigan tur-g'un jarayonlar uchun:

$$Q = K \cdot \Delta t_{o'r} \cdot F \quad (4.30)$$

Issiqlik o'tkazish ko'effitsiyenti temperaturasi yuqori muhitdan temperaturasi past muhitga vaqt birligi ichida ajratuvchi devorning 1m^2 yuzasidan, muhitlar temperaturalari farqi 1°C bo'lganda o'tkazilgan issiqlik miqdorini belgilaydi va $\text{Bt}/(\text{m}^2 \text{K})$ birligida o'lchanadi:

$$K = 1 / \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \right) \quad (4.31)$$



4.3- rasm. Tekis devor orqali issiqlikning o'tishi jarayonida temperaturaning o'zgarishi.

bu yerda: α_1, α_2 — issiq muhitdan devorga va devordan sovuq muhitga issiqlik berish ko'effitsiyentlari; δ, λ — devorning qalinligi va uning issiqlik o'tkazuvchanlik ko'effitsiyenti.

Agar devor bir necha qatlamlardan iborat bo'lsa:

$$K = 1 / \left(\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2} \right) \quad (4.32)$$

bu yerda: i — devor qatlamining tartib raqami; n — qatlamlar soni.

Issiqlik o'tkazish ko'effitsiyentiga teskari kattalik termik qarshilik deyiladi:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \quad (4.33)$$

Issiqlik almashinish qurilmalarida issiqlik tashuvchi moddalarning uch xil asosiy temperatura rejimi mavjud.

1. Issiqlik tashuvchilardan ikkalasining ham temperaturasi birgalikda uzluksiz o'zgaradi (ikkala issiqlik tashuvchining agregat holati o'zgarmaydigan hol).

2. Issiqlik tashuvchilardan birortasining temperaturasi o'zgarishsiz qoladi (suyuqlik bug'ining o'zgarmas bosimda kondensatsiyalanib, o'z issiqligini berishi).

3. Issiqlik almashinish jarayonida ikki issiqlik tashuvchining ham temperaturasi o'zgarishsiz qoladi (bug'ning kondensatsiyalanishi suyuqlikning qaynashi, bug'ning kondensatsiyalanishi — qattiq materialning erishi).

Issiqlik tashuvchi agentning va mahsulotning o'rtacha temperaturalar farqi ularning oqim yo'nalishiga qarab quyidagi formulalar yordamida aniqlanadi:

agar issiqlik tashuvchilar yo'nalishi parallel bo'lsa,

$$\Delta t_{\max} = t_1' - t_2' \quad \Delta t_{\min} = t_1'' - t_2'' \quad (4.34)$$

$$\frac{\Delta t_{\max}}{\Delta t_{\min}} > 2 \text{ bo'lganda } \Delta t_{o'r} = (\Delta t_{\max} - \Delta t_{\min}) / 2,31g \frac{\Delta t_{\max}}{\Delta t_{\min}} \quad (4.35)$$

$$\frac{\Delta t_{\max}}{\Delta t_{\min}} \leq 2 \text{ bo'lganda } \Delta t_{o'r} = \frac{\Delta t_{\max} + \Delta t_{\min}}{2} \quad (4.36)$$

agar issiqlik tashuvchilarning yo'nalishi qarama-qarshi bo'lsa,

$$\Delta t_{\max} = t_1' - t_2'' \quad \Delta t_{\min} = t_1'' - t_2' \quad (4.37)$$

bu yerda: t_1' , t_2' — mos holda, issiqlik tashuvchi agent va isitilayotgan muhitning boshlang'ich temperaturalarini, °C; t_1'' , t_2'' — issiqlik tashuvchi agent va isitilayotgan muhitning oxirgi temperaturalarini, °C.

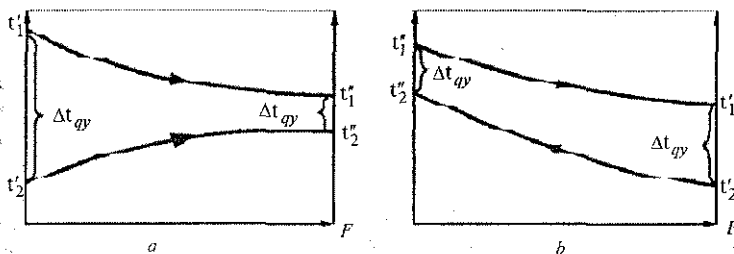
Issiqlik tashuvchilar temperaturalarining o'zgarishi 4.4-rasmda ko'rsatilgan.

Agar issiqlik tashuvchilarning harakati kesishuvchan yo'nalishda bo'lsa, o'rtacha temperaturalar farqi quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta t_{o'r} = \epsilon_{\Delta t} \cdot \Delta t_{o'r} \quad (4.38)$$

bu yerda $\epsilon_{\Delta t}$ — o'rtacha temperaturalar farqiga tuzatma.

Issiqlik almashinish jarayoni uchun qurilma loyihalana-yotganda jarayonning intensiv borishiga harakat qilinadi. Bundan tashqari, loyihalana-yotgan qurilma iqtisodiy jihatdan ham optimal bo'lishi kerak. Issiqlik o'tkazish jarayonining intensiv bo'lishi issiqlik o'tkazish koeffitsiyentining qiymatiga bog'liq. Uning qiymatini oshirish uchun issiqlik o'tkazadigan devor qalinligi minimal, issiqlik berish koeffitsiyentlarini maksimal qiymatda bo'lishiga erishish zarur. Bunga issiqlik tashuvchilar oqim rejimini turbulent bo'lishini ta'minlab erishiladi. Agar issiqlik berish koeffitsiyentlari orasidagi farq katta bo'lsa, ulardan kichigining qiymatini oshirish maqsadga muvofiqdir.



4.4- rasm. Issiqlik tashuvchi agentlar temperaturalarining yuza bo'yicha o'zgarishi: a) parallel yo'nalishda; b) qarama-qarshi yo'nalishda.

4.2. Issiqlik almashinish jarayonlarining turlari

4.2.1. Isitish jarayoni. Uni amalga oshirish usullari

Isitish — bu mahsulot temperaturasini oshirishdir. Bu jarayonni amalga oshirishning bir necha usullari bor. Oziq-ovqat sanoatida, asosan, issiq suv, suv bug‘i, tutun gazlari va elektr toki yordamida isitishdan foydalaniladi.

Issiq suv bilan isitish. Bu usul, asosan, mahsulotlarni 100°C dan pastroq temperaturagacha isitish maqsadida qo‘llaniladi. Suvning issiqlik sig‘imi va turbulent rejimda issiqlik berish koeffitsiyenti kattaligi, zaharsiz suyuqlik bo‘lganligi sababli uni ishlatish qulaydir.

Agar mahsulot temperaturasini 100°C dan yuqori temperaturagacha oshirish kerak bo‘lsa, organik suyuqliklar; mineral yog‘lar, glitserin va boshqalardan foydalaniladi. Bunda mahsulot temperaturasini 300—350°C gacha oshirish mumkin.

Bu usulda jarayonni amalga oshirish uchun kerak bo‘lgan issiq suyuqlik sarfi quyidagicha aniqlanadi:

$$G_c = (G_m \cdot c_m(t_2'' - t_2') - Q_y) / (c_c \cdot (t_1' - t_1'')) \quad (4.39)$$

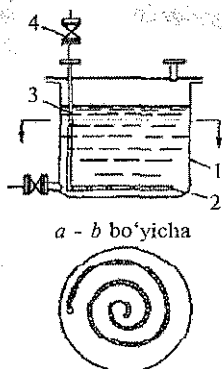
bu yerda: G_m, c_m — isitilayotgan mahsulot sarfi va issiqlik sig‘imi; t_2', t_2'' — mahsulotning boshlang‘ich va oxirgi temperaturalari; Q_y — atrof-muhitga yo‘qotilgan issiqlik miqdori; c_c, t_1', t_1'' — isituvchi suyuqlikning issiqlik sig‘imi, boshlang‘ich va oxirgi temperaturalari.

Suv bug‘i bilan isitish. Isitishning bu usuli juda keng tarqalgan bo‘lib, bunga sabab kondensatsiyalanayotgan bug‘dan katta miqdordagi issiqlik energiyasining ajralishi (bosimi 0,1—1,0 MPa bo‘lganda kondensatsiyalanish issiqligi 2264—2024 kJ/kg ni tashkil qiladi) va suv bug‘i kondensatidan issiqlik berish koeffitsiyentining kattaligidir, ya‘ni 5,5—11 kVt/(m² °C).

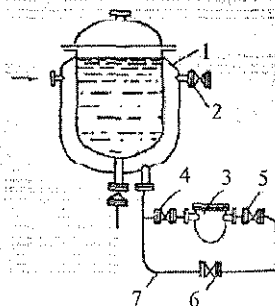
Suv bug‘i bilan isitishning ikki turi mavjud. Bular kuchsiz bug‘ va o‘tkir bug‘ bilan isitishdar. Kuchsiz suv bug‘i bilan isitishda bug‘ bilan isitilayotgan mahsulot qurilma dëvori bilan ajratilgan bo‘ladi. O‘tkir bug‘ bilan isitganda esa suv bug‘i mahsulot ichiga berilib, hosil bo‘lgan kondensat ham mahsulotga qo‘shiladi (4.5- va 4.6-rasmlar).

Jarayonga sarflanadigan kuchsiz bug‘ sarfi quyidagicha hisoblanadi:

$$D = (G_2 \cdot c_2(t_2' - t_2'') + Q_d) / (i' - i'') \quad (4.40)$$



4.5- rasm. Bug' barboteri: 1— rezervuar;
2 — barboter; 3 — bug' kiruvchi truba;
4 — ventil.



4.6- rasm. Kondensat uzatkich
qurilmasi: 1— isituvchi qobiq;
2— ventil; 3— suv ajratkich;
4,5,6— maxsus tortuvchi; ventillar;
7— aylanma kanalli truba.

bu yerda i'' , i' — kondensat va bug'ning entalpiyalari. Agar kondensat sovitilmasa, i'' , i' kondensatsiyalanish issiqligiga teng bo'ladi.

O'tkir bug' sarfi quyidagicha hisoblanadi:

$$D = (G_2 \cdot c_2(t_2'' - t_2') + Q_y) / (i - c_k \cdot t_k) \quad (4.41)$$

bu yerda c_k , t_k — kondensatning issiqlik sig'imi va temperaturasi.

Tutun gazlari bilan isitish. Bu usulda isitish maxsus pechlarda qattiq, suyuq va gazsimon yoqilg'ilarni yoqish bilan amalga oshiriladi. Bunda, asosan, oraliq issiqlik tashuvchi isitiladi.

Issiqlik koeffitsiyentining kichikligi ($35-60 \text{ vt}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$), mahsulotning bir tekisda isitilmasligi, qurilma devorining oksidlanishi va tez ifloslanishi bu usulning kamchiligi hisoblanadi.

Tutun gazlari sarfi quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$D = (G_2 \cdot c_2(t_2'' - t_2') + Q_y) / (i' - i'') \quad (4.42)$$

bu yerda i'' , i' — tutun gazlarining boshlang'ich va oxirgi entalpiyalari.

Elektr toki bilan isitish. Elektr toki bilan isitish bevosita va bilvosita amalga oshiriladi. Bevosita elektr toki bilan isitishda materialdan tok o'tishi natijasida undan issiqlik ajralib chiqadi.

Bu usulda isitishning bir turi yuqori chastotali tok yordamida isitishdir. Bunda dielektrik material 10^6-10^8 Gs chastotali elektr

maydoniga kiritilganda, materialdagi zaryadli zarrachalarning yuqori chastotada tebranishi natijasida ichki ishqalanish energiyasi hisobiga material isiydi.

Bilvosita isitishda elektr toki isituvchi elementlar orqali o'tadi. Bunda ajralib chiqayotgan issiqlik materialga nurlanish, issiqlik o'tkazuvchanlik va konveksiya usullarida uzatiladi. Masalan, elektr pechlarida oziq-ovqat mahsulotlarini isitish va pishirish bunga misol bo'ladi.

Jarayonni amalga oshirish uchun elektr isitgichdan mahsulotga berilishi kerak bo'lgan issiqlik miqdori issiqlik balansidan aniqlanadi:

$$Q_e = (G_2 \cdot c_2 (t_2'' - t_2') + Q_d) \quad (4.43)$$

Jarayonni amalga oshirish zarur bo'lgan isituvchi elementlar soni quyidagicha hisoblanadi:

$$z = Q_e / N_e \quad (4.44)$$

bu yerda N_e — bir elektr isitkich elementining quvvati.

4.2.2. Pasterlash va sterillash

Bir qator oziq-ovqat mahsulotlari (sut va sut mahsulotlari, meva va sabzavot sharbatlari, go'shit va sabzavot konservalari, pivo va boshqalar) va biokimyoviy ishlab chiqarish mahsulotlari ko'pgina mikroorganizmlar uchun juda yaxshi oziqlanish muhiti bo'lib hisoblanadi. Bunday mahsulotlarga issiqlik ishlovi berish ularni mikroorganizmlardan zararsizlantirishda muhim o'rin tutadi.

Pasterlash jarayoni 100 °C dan past temperaturalarda amalga oshirilib, bunda mikroorganizmlarning vegetativ og'riq hosil qiluvchi shakllari o'z faoliyatini to'xtatadi.

Mikroorganizmlar faoliyatini butunlay to'xtatishning boshqa usullari ham mavjud: mahsulotlarga yuqori chastotali tok va ultratovush to'liqlari bilan ishlov berish, ultrabinafsha, infraqizil nurlar bilan nurlantirish, mikroorganizmlarni markazdan qochma kuch maydonida ajratish va hokazo. Ammo bu usullar qimmat bo'lganligi sababli hozircha, asosan, pasterlash va sterillash ko'proq qo'llaniladi.

Shuni unutmash kerakki, mahsulotlarni yuqori temperaturada davomli isitish va sovitish natijasida, ularning tarkibidagi vitaminlar, moylar parchalanadi, uglevod va aminokislotalar hosil bo'lib, mahsulot sifati buziladi.

Shuning uchun ham oziq-ovqat mahsulotlarini yuqori temperaturalarda ishlov berishga qo'yiladigan asosiy talab, ularni yupqa qatlamda, tez va kislorod bilan kontaktsiz holatda amalga oshirish va keyinchalik tez sovitish zarur.

Pasterlash va sterillash jarayonlari ishlab chiqarishda, asosan, plastinali issiqlik almashinish qurilmalarida amalga oshiriladi.

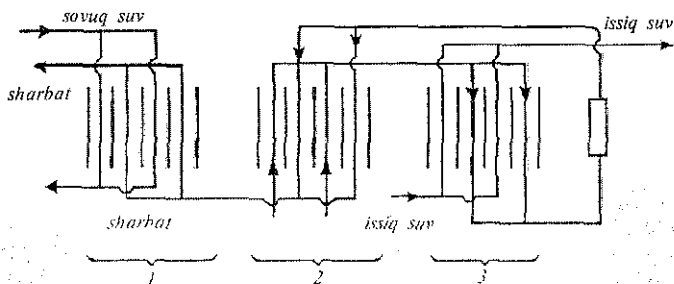
Plastinali issiqlik almashinish qurilmasi gorizontal shtangalarda o'rnatilgan plastinalardan iborat. Plita va vint yordamida plastinalar orasiga rezina zichlagichlar qo'yilib, o'zaro qisiladi. Natijada plastinalar orasida 2—4 mm kenglikdagi kanalchalar hosil bo'ladi. Toq kanallar bo'ylab bir muhit, juft kanallar bo'ylab ikkinchi muhit harakatlanadi va ular orasida qalinligi 1mm bo'lgan plastina devori orqali issiqlik almashinadi.

Har bir plastinada 4 donadan teshik bo'lib, yig'ilganda ular o'ziga xos 4 ta kanal hosil qiladi. Ushbu qurilmalar to'g'ri va qarama-qarshi yo'nalishli rejimda ishlashi mumkin.

Plastinalar paketlarga yig'iladi. Paket — oqimlar to'g'ri yo'nalishda harakatlanadigan plastinalar to'plamidir.

Agar paketdagi kanallar uzunligi mahsulotni kerakli darajada isitish yoki sovitish uchun yetarli bo'lmasa, oqimlar ketma-ket ulanadi. Bunda paketlar orasiga oraliq plastina o'rnatiladi. Ularning burchagidagi teshiklari orqali oqimlar yo'nalishi o'zgartiriladi. Kanalning umumiy uzunligiga bog'liq holda ketma-ket ulangan paketlar soni 2, 3 va undan ortiq bo'lishi mumkin.

Bir plastinali qurilmada oraliq plastinalar yordamida isitish va sovitishni tashkil qilish mumkin. 4.7-rasmda 3 seksiyali isitish, sovitish va pasterlash jarayonlari birgalikda amalga oshiriladigan qurilma sxemasi tasvirlangan.



4.7- rasm. Plastinali pasterizatorning ishlash sxemasi.

Bunda sharbat nasos yordamida regeneratsiya seksiyasi 2 ga uzatiladi va u pasterlangan sharbat sovishi hisobiga 65—68 °C gacha isitiladi. Shu hisobiga issiqlik sarfi 80 % ga qisqaradi, shuningdek sovutuvchi suv sarfi ham kamayadi.

Ikkinchi seksiyadan chiqayotgan sharbat 3-pasterlash seksiyasi orqali o'tayotib, issiq suv bilan 76—96 °C gacha isitiladi, so'ngra 25—100 sekund vaqt davomida 4- seksiyada ushlab turiladi. 2-regeneratsiya seksiyasida qisman sovitilgan sharbat, so'ngra 1- sovitish seksiyasida suv va rassol yordamida 5 °C gacha sovitiladi.

Plastinali issiqlik almashinishi qurilmalari quyidagi afzalliklarga ega:

- 1) nisbatan kichik gidravlik qarshilik va yuqori issiqlik uzatish koeffitsiyenti;
- 2) berilgan issiqlik yuklamasini uzatish uchun kam issiqlik almashish yuzasi;
- 3) yig'ish va ajratish qulayligi.

4.2.3. Sovitish jarayoni

Oziq-ovqat sanoatida mahsulotlar oddiy va past temperaturalargacha sovitiladi. Sovitish havo yoki sovuq suv yordamida amalga oshiriladi. Past temperaturalargacha sovitishda freon, ammiak, suyuq azotdan foydalaniladi.

Suv bilan sovitishda, asosan, temperaturasi 8—15°C bo'lgan suv qo'llaniladi. Jarayonni amalga oshirish uchun zarur bo'lgan sovuq suv sarfi issiqlik balansidan aniqlaniladi:

$$W = (G_2 \cdot c_2(t_2' - t_2'') + Q_y) / (c_c \cdot (t_2'' - t_2')) \quad (4.45)$$

bu yerda c_c , t_1' , t_2'' — sovuq suvning issiqlik sig'imi, boshlang'ich va oxirgi temperaturalari.

Suv, odatda, sirtqi issiqlik almashinish qurilmalarida sovutuvchi agent sifatida ishlatiladi. Bunday sovitgichlarda suv pastdan yuqoriga qarab harakatlanadi. Bundan tashqari, aralashtirish yo'li bilan ishlaydigan issiqlik almashinish qurilmalarida ham suv ishlatiladi. Masalan, sovitish va namlash uchun suv sochilib beriladi.

Agar sovitilayotgan muhit temperaturasi atmosfera bosimida suvning qaynash temperaturasidan yuqori bo'lsa, bunda sovitish jarayoni suvning qisman bug'lanishi bilan boradi. Bu hol sovitish uchun suvning sarfini kamaytiradi.

Mahsulot temperaturasini 0°C atrofida saqlash kerak bo'lsa, u asosan muz yordamida sovitiladi. Bunda mahsulotdagi issiqlik muzga uzatiladi.

Havo yordamida sovitishda mahsulotlar tabiiy usulda, ya'ni atrof-muhitga issiqlikning sarflanishi hisobiga yoki ventilator yordamida uzatilayotgan havo oqimiga issiqlik berish hisobiga sovitiladi.

Havo sovituvchi agent sifatida aralashtirish usuli bilan ishlaydigan issiqlik almashinish qurilmalarida keng ishlatiladi.

4.2.4. Issiqlik almashinish qurilmalari

Issiqlik almashinish qurilmalari ishlash prinsipiga ko'ra rekuperativ, regenerativ, aralashtiruvchi turlarga bo'linadi.

Rekuperativ (yoki sirtiy) issiqlik almashinish qurilmalarida issiqlik tashuvchilar devor bilan ajratilgan bo'lib, issiqlik shu devor orqali o'tkaziladi.

Regenerativ issiqlik almashinish qurilmalarida qattiq jismdan iborat birorta yuza navbat bilan turli issiqlik tashuvchi agentlar bilan kontaktda bo'ladi, natijada bu jism bir issiqlik tashuvchidan olgan issiqligini ikkinchisiga beradi.

Aralashtiruvchi issiqlik almashinish qurilmalarida ikki issiqlik tashuvchi agent bir-biri bilan o'zaro kontaktda bo'ladi.

Sirtiy issiqlik almashinish qurilmalari, o'z navbatida, qobiq-trubali, «truba ichida truba» tipidagi, zmeyevikli, plastinali, g'ilofli, spiralsimon, qovurg'ali va boshqa turlarga bo'linadi.

Oziq-ovqat sanoatida, asosan, yuqorida aytilgan birinchi besh turdagi sirtiy issiqlik almashinish qurilmalari ko'p ishlatiladi.

Qobiq-trubali issiqlik almashinish qurilmalari. Bu turdagi issiqlik almashinish qurilmalari qobiq ichida joylashgan trubalar to'plamidan iborat. Bunda trubalar ikki tomondan truba turiga qotirilgan bo'ladi, natijada trubalar tashqi sirti, qobiq va truba turi bilan chegaralangan trubalar orasidagi bo'shliq hamda issiqlik almashinish trubalarining ichki sirti va ikkita qopqoq bilan chegaralangan trubalar ichki bo'shlig'i yuzaga keladi. Ushbu qurilmalarda issiqlik trubalarining devori orqali uzatiladi. Truba orasidagi bo'shliqdan, asosan, yuzani ifloslantirmaydigan, cho'kma hosil qilmaydigan issiqlik tashuvchilar yuboriladi. Trubalar ichki bo'shlig'idan esa asosan isitilayotgan yoki sovitilayotgan suyuqlik harakatlantiriladi. Issiqlik tashuvchilarning harakat tezligini oshirish yoki jarayonni samarali

olib borish maqsadida bu qurilmalarning ikkala bo'shlig'i ham ko'p hollarda bir necha yo'lli qilib tayyorlanadi. Bir yo'lli qobiq-trubali issiqlik almashinish qurilmasi, qobiq 1, truba turlari 2, trubalar 3, qopqoq 4, issiqlik tashuvchilar kiradigan va chiqadigan patrubkalar 5, 6, bolt 7 va zichlagich 8 dan iborat (4.8-rasm).

Issiqlik tashuvchilarning tezligini oshirish maqsadida ko'p yo'lli isitkichlar ishlatiladi. Bu isitkichlarda suyuqlikning sarfi kam bo'lganda ularning trubalardagi tezligi kichik bo'lishi hisobiga issiqlik almashinish koeffitsiyenti ham kam bo'ladi.

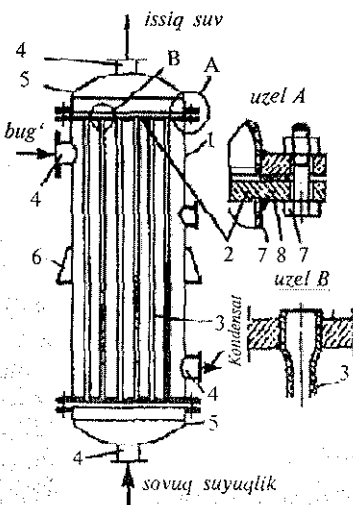
Ko'p yo'lli isitkichlarda trubalarni seksiyalarga bo'lish uchun yoki muhit harakat yo'lining soniga qarab, isitkichning qopqog'i bilan truba turining orasiga ko'ndalang to'siqlar o'rnatiladi (4.9-rasm). Bunda har bir seksiyadagi trubalarning soni bir xil bo'lishi kerak. Ko'p yo'lli isitkichlarda bir yo'lli isitkichlarga nisbatan muhitning tezligi yo'llarning soniga qarab proporsional o'zgaradi.

Oziq-ovqat sanoatida 4—6 yo'lli isitkichlar ishlatiladi, chunki yo'llarning soni ortib borishi bilan isitkichning gidravlik qarshiligi ortib, qurilma konstruksiyasi murakkablashadi.

Qobiq-trubali isitkichlarda qobiq bilan trubalar orasidagi temperaturalarining farqiga qarab truba va qobiqning uzayishi har xil bo'ladi. Shuning uchun qobiq trubali isitkichlar konstruksiyasiga ko'ra ikki xil bo'ladi: 1) qo'zg'almas turli isitkichlar; 2) kompensatorli isitkichlar.

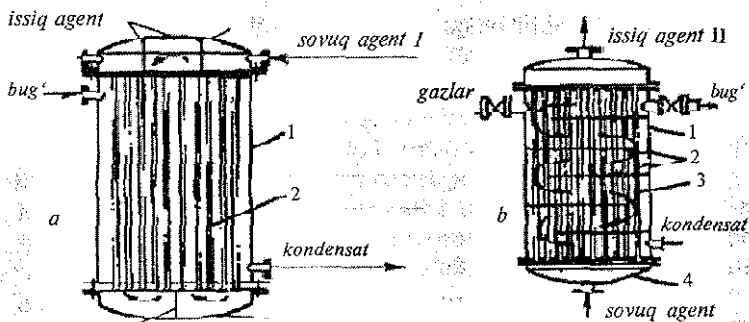
Qo'zg'almas turli isitkichlarda issiqlik ta'sirida trubalar va qobiq har xil uzayadi, shu sababli bunday isitkichlar trubalar va qobiq o'rtasidagi temperaturalar farqi katta bo'lmaganda (50°C gacha) ishlatiladi.

Temperaturalar farqi 50°C dan katta bo'lganda trubalar va qobiqning har xil uzayishini kompensatsiyalash maqsadida



4.8- rasm. Bir yo'lli qobiq trubali isitkichlar:

- 1 — qobiq; 2 — truba turlari;
3 — trubalar; 4 — qopqoq; 5, 6 — issiqlik agentlari kiradigan va chiqadigan patrubkalar; 7 — bolt; 8 — zichlagich.

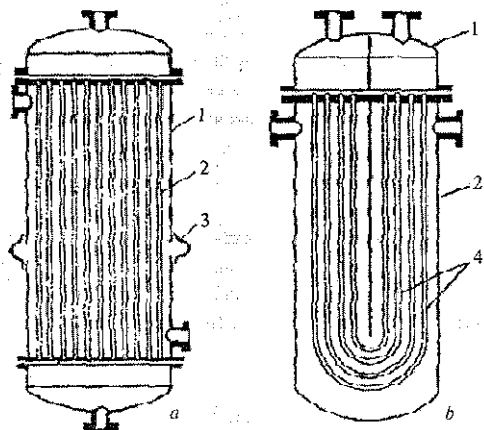


4.9-rasm. Ko'p yo'lli qobiq trubali isitkichlar:
 a) ikki yo'lli; b) to'rt yo'lli. I—II — issiqlik tashuvchi agentlar; 1—qobiq;
 2—ko'ndalang to'siq; 3—trubalar; 4—qopqoq.

linzali kompensatorli (4.10-rasm, a) va U-simon trubali (4.10-rasm, b) qobiq trubali isitkichlar ishlatiladi.

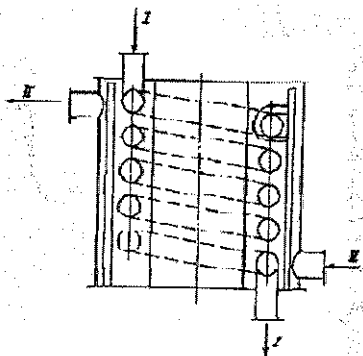
Linzali kompensator isitish trubalari va qurilma devori o'rtasidagi bosim $6 \cdot 10^5 \text{ n/m}^2$ gacha bo'lganda ishlatiladi.

U-simon qobiq trubali isitkichlarda issiqlik ta'sirida trubalarning uzayishidagi kompensatsiyani truba qurilmalarining o'zi bajaradi.



4.10- rasm. Temperatura yuqori bo'lganda qobiq va trubalarni uzaytirishni hisobga oluvchi qobiq-trubali isitkichlar:

a) linza kompensatorli; b) U-simon trubali.
 1— qobiq; 2— truba; 3 — linzali kompensator; 4 — U-simon kompensator.



4.11- rasm. Zmeyevikli isitkich:
I, II— issiqlik tashuvchi agentlar.

zmeyevikning tashqi devori tomonidagi bug' bilan suyuqlik orasida issiqlik berish koeffitsiyenti ham kichik bo'ladi. Qurilmaning hajmini kamaytirish va suyuqlikning tezligini oshirish uchun uning ichiga stakanga o'xshash idish joylashtiriladi.

Agar issiqlik tashuvchining miqdori katta bo'lsa, bir necha parallel seksiyalardan iborat bo'lgan zmeyeviklar o'rnatiladi. Seksiyalar parallel ulanganda, muhitning tezligi va harakat yo'li kamayishi natijasida qurilmaning gidravlik qarshiligi ham kam bo'ladi. Bu qurilmalarda isitilayotgan suyuqlik, asosan, kichik tezlikda harakatlanganligi sababli zmeyevik devoridan issiqlik erkin konveksiya usulida o'tkaziladi. Ularning kamchiligi shundaki, issiqlik almashinish yuzasi va issiqlik berish koeffitsiyenti nisbatan kichik, lekin ularni ta'mirlash oson.

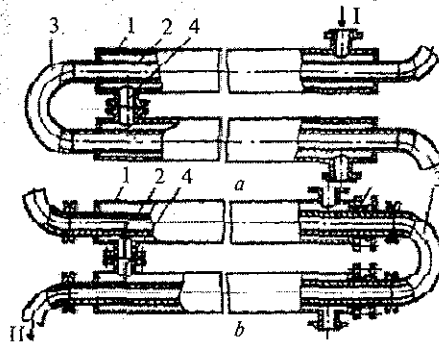
«Truba ichida truba» tipidagi issiqlik almashinish qurilmasi.

Bu turdagi qurilmalar o'zaro konsentrik joylashgan ichki va tashqi trubadan iborat. Bularda isitilayotgan yoki sovitilayotgan mahsulot asosan, ichki truba orqali uzatiladi. Trubalar orasidagi bo'shliqdan esa yuzani ifloslantirmaydigan issiqlik tashuvchi yuboriladi.

Bu tipdagi isitkichlar yuqori bosimda va issiqlik tashuvchilarning sarfi kam bo'lganda ham ishlaydi. Bunday qurilmalarning afzalligi shundaki, ularni tayyorlash oson. Kamchiligi: issiqlik almashinish yuzasi nisbatan kichik. Ishlab chiqarish yuzasini iqtisod qilish maqsadida bular bir-biri bilan kalach va patrubkalar yordamida tutashtirilgan bir necha elementli va bir necha seksiyali qilib tayyorlanadi. «Truba ichida truba» tipidagi issiqlik almashinish qurilmasining sxemasi 4.12-rasmda keltirilgan bo'lib, qurilma ichki truba 1, tashqi truba 2, kalach 3 va birlashtiruvchi patrubka 4 dan iborat (I, II issiqlik tashuvchi agentlar).

Zmeyevikli issiqlik almashinish qurilmalari. Bu turdagi qurilmalar silindrsimon qobiq ichida joylashgan spiralsimon zmeyevikdan iborat. Bunda zmeyevik, asosan, 25—75 mm li trubalardan tayyorlanadi. Zmeyevik trubalaridan gaz yoki bug' harakatlanadi (4.11-rasm).

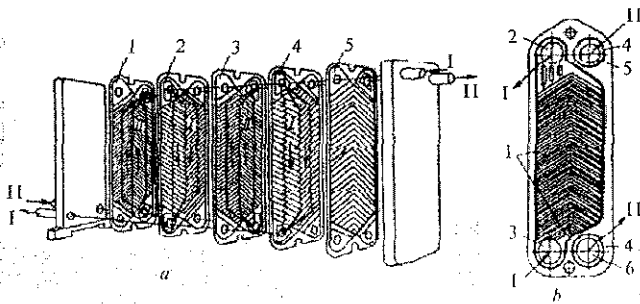
Suyuqlik bilan to'ldirilgan idishning hajmi katta bo'lgani va idish ichidagi suyuqlikning tezligi juda kichikligi sababli



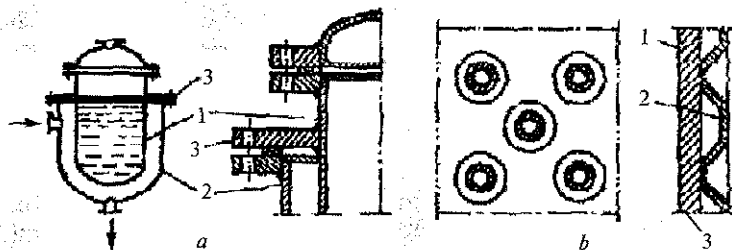
4.12- rasm. «Truba ichida truba» tipidagi isitkich:
 I — II — issiqlik tashuvchi agentlar; 1 — ichki truba;
 2 — tashqi truba; 3 — kalach; 4 — birlashtiruvchi patrubka.

Plastinali issiqlik almashinish qurilmasi. Bunday qurilmalar yupqa metall listlardan tayyorlangan qator parallel gofirlangan plastinalardan tuzilgan. Plastinalar orasida hosil qilingan kanallar ikki gruppaga bo‘linadi. Birinchi gruppada kanallardan issiqlik tashuvchi, ikkinchisidan esa issiqlik qabul qiluvchi agent harakatlanadi. Plastinalar qo‘zg‘aluvchi va qo‘zg‘almas plitalar orasida vintlar yordamida siqiladi. Ushbu qurilmaning afzallik tomoni shundaki, plastina yupqa ($d=1-1,5\text{mm}$) listdan tayyorlangan bo‘lib, oqimlar tezligining kattaligi sababli issiqlik o‘tkazish koeffitsiyenti yuqori qiymatga ega.

Plastinali issiqlik almashinish qurilmasining umumiy ko‘rinishi 4.13-rasmda berilgan. Unda isitkich sxemasi (a), isitkich plastinasining tuzilishi (b) tasvirlangan. Qurilma juft 1 va toq plastinalar 2,



4.13- rasm. Plastinali isitkich:
 a) isitkich sxemasi; b) isitkich plastinaning tuzilishi.



4.14- rasm. G'ilofli isitkich:

a) past bosimlar uchun; b) yuqori bosimlar uchun.

Issiqlik tashuvchi agentlarning kirish va chiqish shtutserlari 3, 4 (I suyuqlik uchun); shtutserlar 5, 6 (II suyuqlik uchun); isitkich plastina (4.13- rasm, b) esa zichlagich 1, 4; suyuqlik teshiklari 2, 3 (I — suyuqlik uchun); teshiklar 5, 6 dan (II suyuqlik uchun) iborat.

Kamchiligi: qurilmaning yuqori bosimda ishlatish va plastinalarni ta'mirlagach, ular orasida tegishli zichlikni ta'minlash imkoniyati yo'q.

G'ilofli issiqlik almashinish qurilmasi. Ish unumdorligi kichik, davriy ishlaydigan korxonalarda qovushqoqligi katta bo'lgan suyuqliklarni isitish uchun, asosan, g'ilofli issiqlik almashinish qurilmalari ishlatiladi. Ularning ish hajmi, asosan, sferik taglikka ega silindr shaklida bo'lib, tashqi tomondan g'ilof bilan qoplangan. G'ilofga berilgan suv bug'i silindr tashqi devorida kondensatsiyalanib, issiqlik devor orqali qurilmada isitilayotgan suyuqlikka yuboriladi. Issiqlik o'tkazish koeffitsiyentining qiymatini oshirish maqsadida bu qurilmalar ko'p hollarda aralashtirgich bilan ta'minlanadi. G'ilofli issiqlik almashinish qurilmasi 4.14-rasmda keltirilgan bo'lib, qurilma korpus 1, bug' qobig'i 2 va flanes 3 dan iborat (*a* — past bosimlar uchun; *b* — yuqori bosimlar uchun).

Agar issiqlik tashuvchilardan birining issiqlik berish koeffitsiyenti ikkinchisidan ancha kichik bo'lsa, u holda α ning qiymati kichik bo'lgan tomondagi issiqlik almashinish yuzasi kattalashtiriladi.

4.3. Kondensatsiyalanish jarayoni

Kondensatsiya — bu moddalarning bug' yoki gazsimon holatdan suyuqlik holatiga o'tishidir. Bu jarayon kondensatorlarda amalga oshiriladi.

Oziq-ovqat sanoatida asosan suv bug'larining kondensatsiyalanish jarayonidan foydalaniladi. Bunda suv bug'ining kondensatsiyalanishida beriladigan katta miqdordagi issiqlik energiyasi mahsulotlarni sterillashda, ularni isitishda juda qo'l keladi. Bug'larning kondensatsiyalanishidan bug'latish, vakuum-quritish jarayonlarida siyraklanish hosil qilishda foydalaniladi. Kondensatorlarda bug' suv yoki havo yordamida kondensatsiyalanadi. Kondensatsiyalanish temperaturasi pasayishi bilan siyraklanish darajasi ortadi. Kondensatsiyalanmaydigan gazlarni uzluksiz so'rib olish uchun vakuum-nasos ishlatiladi.

Kondensatsiyalanishda ajralib chiquvchi issiqlik miqdori quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$Q = D \cdot r \quad (4.46)$$

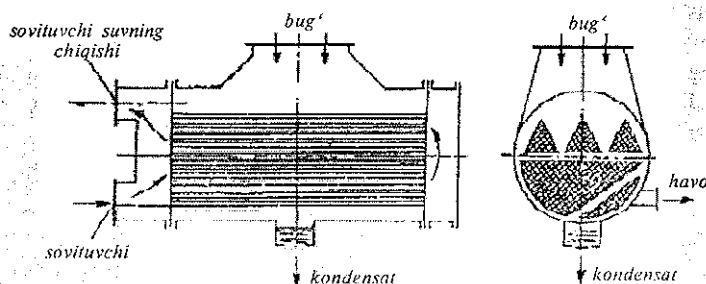
bu yerda D — kondensatsiyalangan bug' sarfi; r — kondensatsiyalanish issiqligi.

Jarayon aralashtiruvchi kondensatorlarda amalga oshirilganda sovuq suv va bug' bir-biriga aralashgan holda bo'ladi. Barometrik kondensatorlarda amalga oshiriladigan jarayon bunga misol bo'ladi.

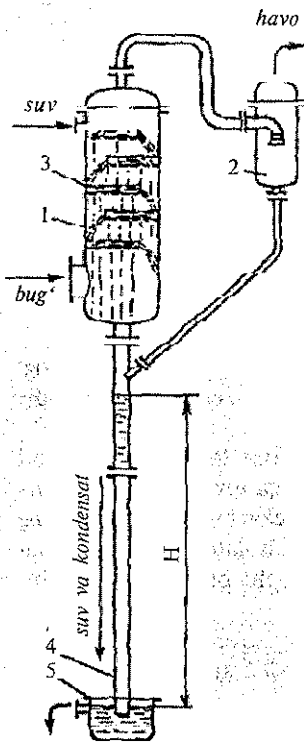
Sirtiy va aralashtiruvchi kondensatorlar. Kondensatsiya jarayonini amalga oshiruvchi qurilmalar *kondensatorlar* deyiladi. Ularda sovituvchi agent sifatida ko'pincha suv, ayrim hollarda maxsus moddalar ishlatiladi.

Kondensatorlar sirtiy va aralashtiruvchi bo'ladi.

Sirtiy kondensatorlarda kondensatsiyalanayotgan bug' va sovituvchi agent o'zaro issiqlik o'tkazuvchi devor orqali ajratilgan bo'ladi, aralashtiruvchi kondensatorlarda esa bug' va sovituvchi agent bir-biriga aralashadi. Sirtiy kondensatorlar sifatida sirtiy issiqlik almashinish qurilmalari, asosan, qobiq-trubali, «truba ichida truba» tipidagi va yuvilib turuvchi qurilmalar qo'llaniladi. 4.15-rasmda gorizontal qobiq-trubali kondensator tasvirlangan.



4.15- rasm. Gorizontal qobiq trubali kondensator.



4.16- rasm. Barometrik kondensator:
 1 — kondensator qobig'i; 2 — tomchi ushlagich; 3 — tokchalar; 4 — barometrik truba; 5 — gidravlik zatvor.

Kondensatorga bug' bilan kirgan va oddiy temperaturalarda kondensatsiyalanmaydigan gazlarni chiqarib turish uchun alohida shtutser o'rnatiladi. Bunday qurilmalarda kondensat alohida ajratib olinadi.

Aralashtiruvchi kondensatorlar vakuum ostida ishlaydigan qurilmalarda siyraklanish hosil qilish uchun ishlatiladi. Bug' va suvning o'zaro harakatiga ko'ra aralashtiruvchi kondensatorlar to'g'ri va qarama-qarshi yo'nalishli bo'ladi. 4.16-rasmda qarama-qarshi yo'nalishli barometrik kondensator tasvirlangan.

Kondensatorning ichki hajmida 5 yoki 7 ta tokcha o'rnatilgan bo'lib, ular bug' va sovituvchi agentning bir necha marta kontaktda bo'lishini va

bug'ning to'liq kondensatsiyalanishini ta'minlaydi. Kondensatorga suv tokchalar yuqorisidan berilib, u tokchalar orqali birin-ketin harakatlanib pastga tushadi. Bunda tokcha ustida 40 mm atrofida suv sathining bo'lishi ta'minlanadi. Kondensatorga berilayotgan bug' tokchalar ostidan berilib, yuqoriga harakatlanishi natijasida o'z energiyasini suvga berib kondensatsiyalanadi va hosil bo'lgan kondensat suv bilan birga barometrik trubaga tushadi. Barometrik trubadagi suv sathi kondensator talab qilingan siyraklanishni ta'minlaydi. Barometrik kondensator kondensator qobig'i 1, tomchi ushlagich 2, tokchalar 3, barometrik truba 4 va gidravlik zatvor 5 dan iborat (4.16- rasm).

Kondensatsiyalanmagan gazlar tomchi ushlagich orqali vakuum- nasos yordamida so'rib olib turiladi.

4.4. Bug'latish jarayoni

Umumiy tushunchalar. Uchuvchan bo'lmagan moddalar eritmalarini uning tarkibidagi erituvchini qaynatish paytida chiqarib yuborish yo'li bilan quyushtirish jarayoni *bug'latish* deb ataladi.

Oziq-ovqat sanoatida tomat, qandli va sut mahsulotlari ishlab chiqarishda, asosan, bug'latish jarayonidan foydalaniladi.

Jarayon bug'latish qurilmalarida amalga oshiriladi. Eritmaning qaynash temperaturasi past bo'lishini ta'minlash maqsadida eritma ustidagi bug' kondensator va vakuum-nasos yordamida so'rib olib turiladi. Bunda eritma ustidagi bosim atmosfera bosimidan past bo'lib, *siyraklanish sharoitida bug'latish* deyiladi.

Atmosfera bosimi sharoitida ishlaydigan bug'latish qurilmasida bug' to'g'ridan to'g'ri atmosferaga chiqariladi. Bu usul eng oddiy, iqtisodiy jihatdan esa serxarajat hisoblanadi.

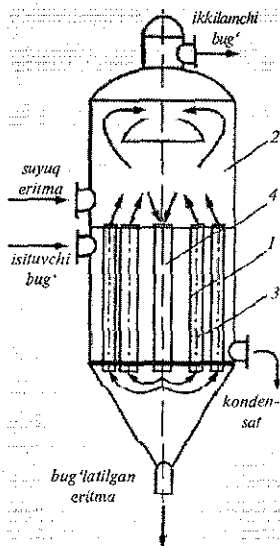
Bulardan tashqari, yuqori bosimda bug'latish ham mavjud bo'lib, bu asosan, ikkilamchi bug'ni boshqa texnologik jarayonlarda qo'llash maqsadida amalga oshiriladi. Lekin bu usulda eritmaning qaynash temperaturasi yuqori bo'ladi. Bu holatda esa oziq-ovqat sanoatidagi eritmalarning sifat ko'rsatkichi buzilishi mumkin, shu sababli undan kam foydalaniladi.

Bug'latish qurilmasiga berilayotgan isituvchi bug' *birlamchi bug'* deyiladi. Eritmaning qaynashi natijasida ajralib chiqayotgan bug' esa ikkilamchi bug' deyiladi. Jarayonga sarflanadigan birlamchi bug'ning solishtirma sarfini kamaytirish maqsadida ikkilamchi bug'dan ham foydalanish mumkin. Shu maqsadda bug'latish qurilmalari ko'p korpusli qilib tayyorlanadi. Ko'p korpusli bug'latish qurilmalarining faqat birinchi korpusiga birlamchi bug' berilib, qolganlariga ikkilamchi bug' beriladi.

4.4.1. Bir korpusli bug'latish qurilmalari

Bir korpusli bug'latish qurilmalarining eng oddiy turi, bu ichki markaziy sirkulatsiya trubali bug'latish qurilmasidir.

Bu qurilma, asosan, isitish kamerasi va separatoridan iborat. Isitish kamerasi isitish trubalaridan va katta diametrli markaziy sirkulatsiya trubasidan tashkil topgan. Isitish kamerasi to'yingan suv bug'i bilan qizdiriladi. Bug'latilayotgan eritma isitish trubalarida qaynab, pastdan yuqoriga harakatlanadi. Separatorida eritmadan ikkilamchi bug' ajratiladi. Ikkilamchi bug' tomchi ushlagich orqali o'tib,



4.17- rasm. Markaziy sirkulatsiya trubali bug'latish qurilmasi:

1 — isitish kamerasi; 2 — separator; 3 — isitish trubalari; 4 — sirkulatsiya trubasi.

tashqariga chiqariladi. Suyuqlik esa markaziy sirkulatsiya trubasi orqali qaytib pastga tushadi. Markaziy sirkulatsiya trubali bug'latish qurilmasining umumiy ko'rinishi 4.17-rasmda tasvirlangan.

Bunda sirkulatsiya jarayonining harakatlantiruvchi kuchi suyuqlik-bug' aralashmasi va suyuqlik zichliklari orasidagi farq hisoblanadi. Quyuqlashtirilgan eritma qurilmaning pastki qismida joylashgan patrubka orqali chiqarib olinadi. Jarayonni past temperaturada amalga oshirish zarur bo'lsa, ikkilamchi bug' kondensatorga yuborilib kondensatga aylantiriladi. Bug' tarkibidagi kondensatsiyalanmaydigan gazlar esa vakuum-nasos orqali surib olinadi. Natijada bug'latish qurilmasidagi ikkilamchi bug' bosimi atmosfera bosimidan past bo'lib, bug'latish jarayonini past temperaturada, intensiv borishi ta'minlanadi.

Bir korpusli bug'latish qurilmasining moddiy balansi quyidagicha yoziladi:

$$G_b = G_o + W \quad (4.47)$$

Eritma tarkibidagi quruq moddaga nisbatan:

$$G_b b_o = G_o b_o + W \quad (4.48)$$

bu yerda: G_b , G_o , W — boshlang'ich va quyuqlashtirilgan eritmaning hamda ikkilamchi bug'ning sarflari; b_b , b_o — eritmaning boshlang'ich va oxirgi konsentratsiyalari.

Jarayonda ajralib chiqadigan ikkilamchi bug' miqdori quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$W = G_s - G_0 = G_s \cdot \left(1 - \frac{b_s}{b_0}\right) \quad (4.49)$$

Jarayonning issiqlik balansi quyidagicha yoziladi:

$$G_b \cdot i_b + D \cdot I_u = G_0 \cdot i_0 + W \cdot I + D \cdot i' + Q_{\text{kons}} + Q_y \quad (4.50)$$

bu yerda: i_b, i_0, I_u, I, i' — mos holda, boshlang'ich va quyulashgan eritmaning, isituvchi (birlamchi) va ikkilamchi bug'ning hamda isituvchi bug' kondensatining entalpiyalari; D — isituvchi bug' sarfi; Q_{kons} — quyulash tirish issiqligi; Q_y — atrof-muhitga yo'qotilgan issiqlik miqdori.

Ushbu tenglamadan birlamchi bug' sarfi topiladi.

Qurilmaning isitish yuzasi quyidagicha aniqlanadi:

$$F = Q / (\Delta t_f \cdot K) \quad (4.51)$$

bu yerda: Q — issiqlik sarfi; K — issiqlik o'tkazish koeffitsiyenti; Δt_f — temperaturalarning foydali farqi (jarayonning harakatlantiruvchi kuchi):

$$\Delta t_f = \Delta t_{\text{um}} - \Delta \quad (4.52)$$

bu yerda: Δt_{um} — umumiy temperatura farqi; Δ — umumiy temperatura yo'qolishi:

$$\Delta t_{\text{um}} = t_b - t_k \quad (4.53)$$

t_b — isituvchi bug' temperaturasi;
 t_k — ikkilamchi bug'ning kondensatorga kirishdagi temperaturasi.

$$\Delta = \Delta' + \Delta'' + \Delta''' \quad (4.54)$$

Δ' — temperatura depressiyasi;

Δ'' — gidrostatik depressiya;

Δ''' — gidravlik depressiya.

Temperatura depressiyasi deb, bir xil bosimda olingan eritmaning qaynash temperaturasi bilan toza erituvchining temperaturasi orasidagi farqqa aytiladi. Uning qiymatini I.A.Tishchenkning *tenglamasi* orqali aniqlash mumkin:

$$\Delta' = 1,62 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{T^2}{r} \cdot \Delta'_{\text{atm}} \quad (4.55)$$

bu yerda: T — toza erituvchining berilgan bosimdagi qaynash temperaturasi, K ; r — toza erituvchining berilgan bosimdagi

bug'lanish issiqligi, kJ/kg; Δ'_{atm} — quyushlashtirilayotgan eritma uchun atmosfera bosimidagi temperatura depressiyasi, °C.

Bug'latish qurilmalaridagi isitish trubalarining pastki qismi suyuqlik, yuqori qismi esa bug'-suyuqlik emulsiyasi bilan to'ladi. Shartli ravishda trubalar ichi suyuqlik bilan to'lgan deb olinsa, bunda trubadagi suyuqlik ustunining gidrostatik bosimi ta'sirida, suyuqlikning pastki qatlamlarida qaynash temperaturasi yuqorigi qatlamlariga nisbatan yuqori bo'ladi. Gidrostatik effekt ta'sirida eritma qaynash temperaturasining ortish jarayoni **gidrostatik depressiya** deb ataladi. Bu kattalikni hisoblash murakkabligi sababli, uning qiymati, asosan, tajriba natijalaridan olinadi. Oziq-ovqat sanoatida qo'llaniladigan vertikal bug'latish qurilmalari uchun gidrostatik depressiya 1—3 °C atrofida bo'lishi mumkin.

Eritmadan bug'lanib chiqayotgan ikkilamchi bug' trubalar orqali kondensatorga berilishida mahalliy qarshiliklar ta'sirida ma'lum miqdorda bosim yo'qoladi. Natijada uning to'yinish temperaturasi va qurilmaning foydali temperaturalar farqi kamayadi. Gidravlik qarshiliklar ta'sirida foydali temperaturalar farqining kamayishi **gidravlik depressiya** Δ'' deyiladi. Uning qiymati, odatda, 0,5 — 1,5 °C oralig'ida bo'lib, bitta korpus uchun 1 °C ga teng deb olish mumkin.

4.4.2. Ko'p korpusli bug'latish qurilmalari

Jarayonga sarflanadigan isituvchi bug' sarfini kamaytirish maqsadida bug'latish qurilmalari ko'p korpusli qilib tayyorlanadi. Masalan, 1 kg suvni bug'latish uchun bir korpusli qurilmalarda 1,1 kg isituvchi (birlamchi) bug' sarflansa, u ikki korpuslida 0,57 kg, uch korpuslida 0,4 kg, to'rt korpuslida 0,3 kg, besh korpusli qurilmalarda esa 0,27 kg. ni tashkil qiladi.

Bug'latish qurilmalarini loyihalashda ushbu ko'rsatkichlar hisobga olinishi va iqtisodiy jihatdan optimal bo'lgan korpuslar soni tanlanishi shart.

Ko'p korpusli bug'latish qurilmalarining quyidagi sxemalari mavjud:

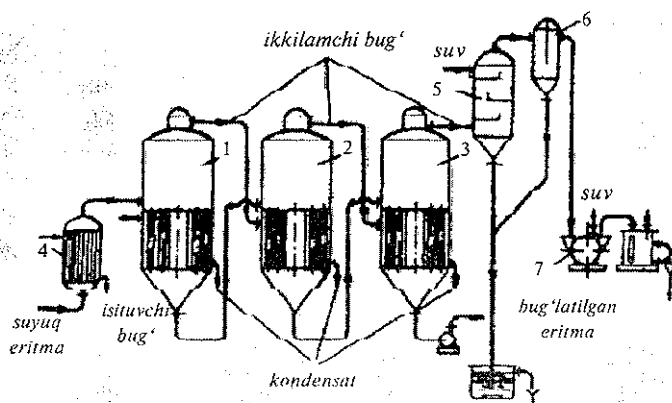
— oxirgi korpusdagi ikkilamchi bug'ning bosimiga ko'ra vakuum (siyraklanish) sharoitida va yuqori bosim ostida ishlaydigan bug'latish qurilmalari;

— isituvchi bug' va bug'lanayotgan eritma oqimlarining o'zaro harakatiga ko'ra:

- 1) parallel yoʻnalishli koʻp korpusli bugʻlatish qurilmalari;
- 2) qarama-qarshi yoʻnalishli koʻp korpusli bugʻlatish qurilmalari;
- 3) eritma bilan uzluksiz parallel taʼminlanadigan bugʻlatish qurilmalari;
- 4) murakkab sxemalar;
- 5) ekstra bugʻ ajratib olinadigan koʻp korpusli bugʻ qurilmalari boʻladi.

Oziq-ovqat sanoati korxonalarida parallel yoʻnalishli qurilmalar koʻp ishlatiladi, chunki bunday qurilmalar tejimli hisoblanadi. Ularda nisbatan past bosimli isituvchi bugʻ ishlatilib, ayrim hollarda bu maqsadda bugʻ turbinalarida ishlatib boʻlingan suv bugʻidan ham foydalanish mumkin.

Korpus tartib raqamining ortishi bilan ulardagi ikkilamchi bugʻ bosimining kamayishi sababli, eritma oʻz-oʻzidan bir korpusdan ikkinchisiga oqib oʻtadi. Oxirgi korpusdan chiqayotgan ikkilamchi bugʻ barometrik kondensatorga beriladi. Bu qurilmaning afzalligi unda eritmani bir korpusdan ikkinchi korpusga uzatish uchun nasosning zarur boʻlmaganligi va eritmaning past temperaturalarda bugʻlatish boʻlsa, asosiy kamchiligi, oxirgi korpusda issiqlik oʻtkazish koeffitsiyentining juda kichikligidir. 4.18-rasmda parallel xil yoʻnalishli uchta korpusdan iborat bugʻlatish qurilmasi keltirilgan. Qurilma bugʻlatish korpuslari 1, 2, 3, isitkich 4, barometrik kondensator 5, tomchi ushlagich 6 va vakuum-nasos 7 dan iborat.



4.18- rasm. Parallel yoʻnalishli uch korpusli bugʻlatish qurilmasi.

Qarama-qarshi yoʻnalishli koʻp korpusli bugʻ qurilmalarida bugʻ va eritmaning harakat yoʻnalishi bir-biriga qarama-qarshi boʻladi. Birlamchi bugʻ birinchi korpusga berilsa, dastlabki eritma oxirgi korpusga beriladi.

Bu qurilmalarda eritma bir korpusdan boshqasiga nasos yordamida uzatiladi (bu qurilmaning asosiy kamchiligi ham shu hisoblanadi) va quyushtirilgan eritma birinchi korpusdan chiqariladi. Bunday qurilmalarda, asosan, qovushqoqligi yuqori boʻlgan eritmalar bugʻlatiladi. Ularning afzalligi shundaki, ular bir yoʻnalishli qurilmalarga nisbatan kichik isitish yuzasini talab qiladi.

Eritma bilan uzluksiz parallel taʼminlanadigan qurilmalarda dastlabki eritma bir vaqtning oʻzida hamma korpusga beriladi. Birlamchi bugʻ birinchi korpusga, keyingi korpuslarga ikkilamchi bugʻ qoʻllaniladi. Bunday sxemalar, asosan, tarkibida qattiq faza zarrachalari boʻlgan toʻyingan eritmalarini bugʻlatishda hamda eritmalarini yuqori konsentratsiyalargacha quyushtirish zarur boʻlmaganda ishlatiladi.

Murakkab sxemali qurilmalarda eritmani berish va uni siljitishning yuqorida qayd qilingan turli variantlari bir vaqtda qoʻllanilishi mumkin. Bunday qurilmalardan maxsus sharoitlar talab qilingandagina foydalaniladi.

Agar bugʻlatish qurilmasida hosil boʻlayotgan ikkilamchi bugʻning bir qismi bugʻlatish jarayoni bilan bogʻliq boʻlmagan boshqa maqsadlar uchun olinsa, bunday bugʻ «ekstra-bugʻ» deyiladi va ular ekstra bugʻ ajratib olinadigan qurilmalar deb yuritiladi.

Bugʻlatish qurilmalari. Oziq-ovqat sanoati korxonalarida, asosan, issiqlik almashinish yuzasi 10—1800 m² li trubali bugʻlatish qurilmalari ishlatiladi. Bugʻlatish qurilmalari tabiiy sirkulatsiya yoki majburiy sirkulatsiya bilan ishlaydigan, isitish kamerasi ajratilgan yoki ajratilmagan va bulardan tashqari turli konstruksiyadagi plyonkali qurilmalar turlariga boʻlinadi.

Quyushtirilayotgan eritma xususiyatlari va jarayonni amalga oshirishning texnologik reglamentiga mos holda u yoki bu turdagi qurilma tanlab olinadi. Tabiiy sirkulatsiya bilan ishlaydigan bugʻlatish qurilmalari tuzilishi jihatidan nisbatan sodda boʻlib, asosan, dinamik qovushqoqligi kichik, tez kristallanmaydigan eritmalarini bugʻlatish uchun ishlatiladi va konstruktiv jihatdan isitish kamerasi ajratilmagan yoki ajratilgan turlarga boʻlinadi. Bu qurilmaning asosiy qismlari isitish kamerasi, bugʻ ajratgich separator va sirkulatsion

trubadan tashkil topgan. Isitish kamerasi vertikal qobiq trubali isitkich shaklida tayyorlangan. Trubalar atrofiga isituvchi bug' beriladi, trubalar ichida esa eritma qaynaydi. Bug' ajratgich katta hajmli silindrsimon sig'im bo'lib, yuqorigi qismi elliptik qopqoq bilan berkitilgan va pastki qismi isitish kamerasiga boltlar yordamida qotiriladi. Bug' ajratgich tomchi ushlagich bilan ta'minlangan bo'lib, bu element yordamida ikkilamchi bug' bilan chiqib ketayotgan eritma tomchilari ushlab qolinadi. Ikkilamchi bug' esa bug' ajratgich yuqorisidagi shtutser orqali chiqariladi. Bug' ajratgichning va isitish kamerasining pastki qismlari sirkulatsion truba bilan tutashtiriladi (4.19-rasm).

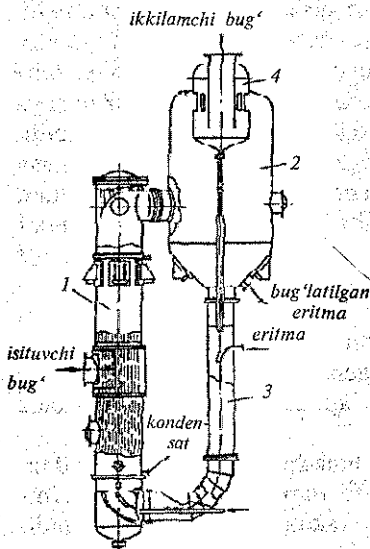
Isitish trubalarida qaynab hosil bo'lgan suyuqlik-bug' aralashmasi truba orqali ko'tarilib bug' ajratgichga chiqadi. Bug' ajratgichda bu aralashma tarkibidan ikkilamchi bug' ajralib, tomchi ushlagich orqali qurilmadan chiqariladi, suyuqlik esa sirkulatsion truba orqali isitish kamerasining pastki qismiga tushiriladi va isitish trubalariga uzatiladi. Ushbu sirkulatsiya eritma talab qilingan konsentratsiyaga erishguncha davom etadi. Isituvchi trubalar ichidagi bug'-suyuqlik aralashmasi va sirkulatsiya trubasidagi suyuqlik zichliklari orasidagi farq sirkulatsiya jarayonining harakatlantiruvchi kuchi vazifasini bajaradi. Sirkulatsiya jarayoni samarali bo'lsa, isitish kamerasidagi issiqlik almashinishi tezroq boradi, ya'ni issiqlik o'tkazish koeffitsiyentining qiymati katta bo'ladi.

Isitish kamerasida qaynagan eritmadan bug'ning tez va to'liq ajralishini ta'minlash maqsadida bug' ajratgich isitish kamerasidan alohida tayyorlanib, ular bug' ajratgichga tangensial kiritiladigan patrubka bilan tutashtiriladi.

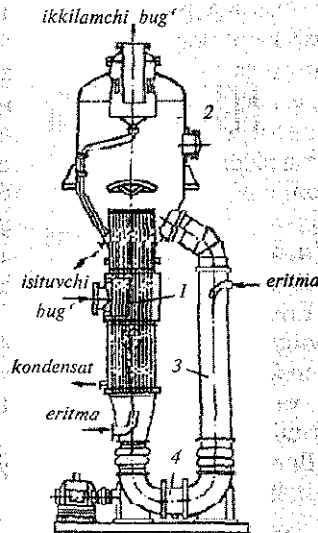
Oziq-ovqat sanoati korxonalarida ko'p hollarda dinamik qovushqoqligi yuqori, kristallanishga va isitish sirtiga yopishib, uni ifloslantirishga moyil bo'lgan eritmalar bug'latiladi. Bunday xususiyatga ega bo'lgan eritmalarini bug'latish uchun majburiy sirkulatsiya bilan ishlaydigan bug'latish qurilmalari ishlatiladi. Majburiy sirkulatsiyali bug'latish qurilmasi sxemasi 4.20-rasmda keltirilgan. Qurilma, isituvchi kamera 1, separator 2, sirkulatsiya trubasi 3 va sirkulatsiya nasosi 4 dan iborat.

Ushbu qurilmalar tuzilishi jihatidan tabiiy sirkulatsiyali qurilmalarga o'xshash. Ular faqat majburiy sirkulatsiyani amalga oshiruvchi nasos qurilmasi o'rnatilganligi bilan farq qiladi.

Sirkulatsiya jarayoni propellerli yoki markazdan qochma nasoslar yordamida amalga oshiriladi. Sirkulatsiya jarayonining



4.19- rasm. Ajratilgan isitkichli bug\'latkich: 1 — isitish kamerasi; 2 — separator; 3 — sirkulatsiya trubasi; 4 — tomchi ushlagich.



4.20- rasm. Majburiy sirkulatsiyali bug\'latish qurilmasi: 1 — isituvchi kamera; 2 — separator; 3 — sirkulatsiya trubasi; 4 — sirkulatsiya nasosi.

majburiy amalga oshirilishi eritmaning harakat tezligi katta bo'lishini, issiqlik almashinish yuzasining toza saqlanishini va natijada issiqlik o'tkazish koeffitsiyentining qiymati katta bo'lib, jarayonning samarali borishini ta'minlaydi. Bu usulda eritma tarkibidagi yopishqoq moddalarning issiqlik almashinish yuzasiga yopishib qolishining oldi olinadi va olinadigan tayyor mahsulot sifatining yaxshi bo'lishiga erishiladi. Shu sababli konserva va shakar ishlab chiqarish sanoati korxonalarida, asosan, shu turdagi bug'latish qurilmalari qo'llaniladi.

Yuqori temperaturaga chidamsiz eritmalarni bug'latish jarayoni plyonkali bug'latish qurilmalarida amalga oshiriladi. Bunday qurilmalarda eritma isitish kamerasidan faqat bir marta o'tishi sababli uning qurilmada bo'lish vaqti qisqa bo'lib, u yuqori temperaturagacha qizib ketmaydi. Bunday qurilmalar isitish kamerasi va bug' ajratgichdan iborat bo'lib, sirkulatsiya trubasi yo'q. Ularning isitish kamerasidagi trubalarining uzunligi 5—9 m, tuzilish jihatdan isitish kamerasi ajratilgan yoki ajratilmagan bo'lishi mumkin. Bundan tashqari, bu qurilmalarda eritma isitish

kamerasining pastidan yoki yuqori qismidan berilishi mumkin. Isitish kamerasiga pastdan berilgan eritma trubalar orqali ma'lum balandlikka ko'tarilayotganda qaynaydi va undan ajralgan bug' truba markazi bo'yicha katta tezlikda yuqoriga harakatlanib o'zi bilan birga truba ichki sirti bo'yicha plyonka holida eritmani ham ergashtiradi. Eritma plyonkasi trubaning yuqorisigacha ko'tarilguncha bug'lanish davom etib, konsentratsiyasi oshib boradi. Trubaning yuqorisidan chiqqan quyuqlashgan eritma qurilmadan chiqariladi. Ikkilamchi bug'dan eritma tomchilari ajratilib, qurilma yuqorisidagi shtutser orqali chiqarib yuboriladi.

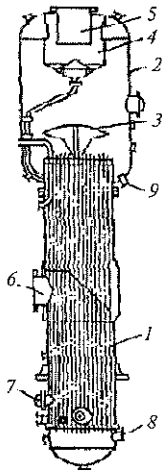
Eritma isitkich yuqorisidan kiritiladigan qurilmalarning isitish trubalarida qaynab, hosil bo'lgan suyuqlik-bug' aralashmasi tangensial patrubka orqali bug' ajratgichga uzatiladi. Unda ikkilamchi bug' va quyuqlashtirilgan eritma ajratilib, alohida patrubkalar yordamida chiqariladi.

Bunday qurilmalarning issiqlik almashinish yuzasi 63—2500 m² isitish trubalari diametri 36 yoki 57 mm, isituvchi bug' bosimi 0,3—1,0 MPa, bug' ajratgichdagi vakuum esa 93 kPa bo'ladi. Plyonkali bug'latish qurilmalarining quyidagi turlari mavjud: a) ko'tariluvchi plyonkali; b) ajratilgan isitkichli; d) pastga yo'naluvchi plyonkali.

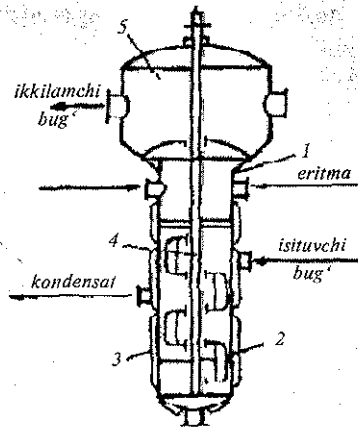
4.21-rasmda ko'tariluvchi plyonkali bug'latkich tasvirlangan bo'lib, ushbu qurilma, isituvchi kamera 1, separator 2, to'siqlar diski 3, tomchi ushlagich 4 va shtutserlar 5, 6, 7, 8, 9 dan iborat.

Rotor-plyonkali bug'latish qurilmalari (4.22-rasm), asosan, kristallanish arafasidagi eritmalar va suspenziyalarni bug'latish uchun ishlatiladi. Ularni yopishqoq xususiyatga ega bo'lgan eritmalarini bug'latishda qo'llab bo'lmaydi.

Bu qurilmalar silindrsimon va konus shaklidagi g'illofli qobiqqa ega bo'lib, g'ilofga beriladigan bug' yordamida qizdiriladi. Qurilmaning markaziy o'qi bo'yicha yuqori va pastda podshipniklar yordamida qotirilgan vertikal rotor o'rnatilgan. Elektrodvigatel yordamida rotorga aylanma harakat beriladi. Rotorga bir nechta kurakchalar o'rnatilgan. Ular yordamida tangensial patrubka orqali berilgan dastlabki eritmaning qurilma qobig'ining ichki sirtida yupqa plyonka holida oqib tushishiga erishiladi. Qurilma qobig'ining isitilganligi sababli, eritma plyonkasi yuqoridan pastga tushguncha bug'lanib, konsentratsiyasi oshib boradi. Bug'latilgan mahsulot qurilma pastki qismidan, ikkilamchi bug' esa qurilma yuqori qismidagi bug' ajratgich orqali chiqariladi. Bu qurilma, asosan, zanglamaydigan



4.21- rasm. Plyonkali bug'latkich.



4.22- rasm. Rotor plyonkali bug'latkich.
1—patrubka, 2 — aralashtirgich, 3 — tashqi qobiq, 4 — val, 5 — deflegmator.

po'latdan tayyorlanib, balandligi 12,5 m, diametri 1 m, issiqlik almashinish yuzasi 0,8—12 m² gacha bo'lishi mumkin. Rotorning aylanish tezligi 5 ayl/min gacha bo'lib, ularda issiqlik o'tkazish koeffitsiyentining qiymati 2300—2700 Vt/m² grad ni tashkil qiladi.

4.5. Qayta ishlash sohalarida sovitish jarayonini qo'llash

Umumiy ma'lumotlar

Material tarkibidan issiqlikni chiqarib yuborish yo'li bilan uning temperaturasini pasaytirish *sovitish* deb ataladi. Ishlab chiqarishda gaz, bug' va suyuqliklar temperaturasini 15—20°C gacha sovitish uchun havo va suvdan foydalaniladi. Mahsulotlarni past temperaturagacha sovitishda sovituvchi agentlar — ammiak, freon va uglerod dioksiddan foydalaniladi.

Mahsulotlarni havo bilan sovitish tabiiy va sun'iy usullarda amalga oshirilishi mumkin. Temperaturasi yuqori mahsulotlarni tabiiy usulda sovitish jarayoni atrof-muhitga issiqlik tarqalishi hisobiga sodir bo'ladi. Havo yordamida suvni gradirnyalarda sovitish sun'iy sovitish orqali amalga oshiriladi. Gradirnyalarda sovitilayotgan suv yuqoridan pastga qarab purkalsa, sovituvchi havo pastdan yuqoriga,

ba'zi hollarda sovitiluvchiga nisbatan perpendikular holda yo'naltirilgan bo'ladi.

Modda temperaturasini pasaytirish, uning ichki energiyasini kamaytirish orqali amalga oshiriladi. Shuning uchun sun'iy sovitishda shunday sharoit hosil qilinishi talab etiladiki, sovitilayotgan muhitdan issiqlik chiqariladi va bu issiqlik sovitilayotgan muhitga nisbatan temperaturasi ancha past bo'lgan muhit orqali qabul qilinadi.

Moddalarni uzoq muddatda sovitish uchun sovituvchi jism temperaturasining oshishini oldini olish talab etiladi. Aks holda sovitish jarayoni to'xtab, sovituvchi va sovitiluvchi jismlar temperaturasi bir xil bo'lib qoladi.

Sovitish siklining asosini qaynash, bug'lanish hamda erish jarayonlari tashkil etadi. Ularning borishi atrof-muhitdan issiqlikni yutishga asoslangan.

Sun'iy sovitish jarayoni gazlarning adiabatik kengayishiga, termoelektrik effektlarning hosil bo'lish faktlariga asoslangan. Adiabatik kengayishda jism ichki energiyasi kamayib, uning temperaturasi pasayadi. Masalan, havoning adiabatik kengayishi 0,4 dan 0,1 MPa oraliqda kuzatilsa, uning temperaturasi 20 °C dan -75 °C gacha pasayadi.

Sovitishda Pelté effekti xulosasini quyidagicha asoslash mumkin. Agar har xil o'tkazgichli simli zanjirdan doimiy tok o'tayotgan bo'lsa, simning ulangan, kavsharlangan bo'g'inlarida temperaturalar farqi hosil bo'ladi. Bunda ulangan simlarning biri yuqori, ikkinchisi past temperaturada qiziganligi kuzatiladi. Demak, temperaturasi sovuq jismdan temperaturasi yuqori (issiq) jismga o'tayotgan energiya miqdori tok kuchiga proporsional ravishda o'zgaradi.

Sun'iy sovitish shartli ravishda ikkiga bo'linadi:

1. O'rta sovitish (-100°C gacha).

2. Chuqur sovitish (-100°C) dan past temperaturagacha).

O'z navbatida, -100° dan past temperaturalar olish quyidagicha klassifikatsiyalanadi:

a) chuqur sovitish texnikasi (45 K... 273 K);

b) kriogen texnikasi (40 K.....0,3 K)

d) ultra — past temperaturalar texnikasi (0,00002 K gacha).

Sovitish va kriogen jihozlarning ish faoliyati ichki sovitish jarayonlari asosida aniqlanadi, bunda ishchi jism temperaturasining pasayishi kuzatiladi. Ishchi jismning agregat holatlariga qarab sovitish jihozlari gazsimon, gaz-suyuqlikli, bug'-suyuqlikli va qattiq fazalarni qo'llash (adsorbsiya) turlariga bo'linadi.

Ishlab chiqarish sharoitida mahsulotlarni sun'iy sovitish uchun sovitish mashinalaridan foydalaniladi. Ko'p holatlarda sun'iy sovitish, oldindan siqilgan gazlarni drossellash, detanterlash orqali kengaytirish hamda past temperaturada qaynaydigan suyuqliklarni bug'latish yo'li bilan amalga oshiriladi.

Sun'iy sovitishda sovituvchining temperaturasi past temperaturada qaynaydigan suyuqliklarni bug'latish, siqilgan gazlarni kengaytirish yo'llari bilan pasaytiriladi.

Gazlar drossellovchi qurilma yordamida kengaytiriladi. Buning uchun har xil konstruksiyali ventillar, teshikli shaybalar ishlatilib, undan gaz o'tkaziladi. Detanter yordamida gazni kengaytirish uchun porshenli va trubokompressorli mashinalardan foydalaniladi. Ularda gazning sovishi, uning ichki energiyasining kamayishi tufayli sodir bo'ladi. Shuni ta'kidlash lozimki, drossellashda gaz tomonidan bajariladigan ish drossellovchi qurilma teshigining qarshiligini yengish uchun sarflanadi va issiqlikka aylanadi, natijada kengayish jarayoni entalpiyaning o'zgarishsiz boradi.

Real gazlarni drossellashda entalpiyaning o'zgarishsiz qolishiga qaramay, gaz temperaturasi o'zgaradi. Bu holatning bo'lishiga sabab, gaz entalpiyasi nafaqat temperaturaning, balki bosimining ham funksiyasidir:

$$i = u + pV = c_v T + u_{\text{pot}} + pV \quad (4.56)$$

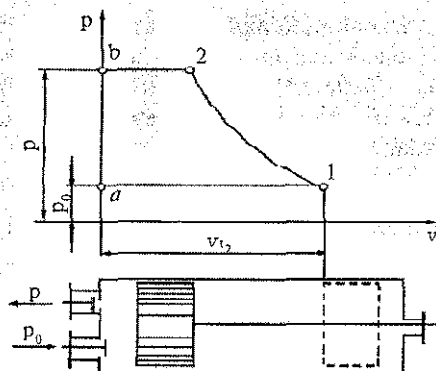
bu yerda: u — gazning ichki energiyasi; v — solishtirma hajm; c_v — o'zgarmas hajmdagi solishtirma issiqlik sig'imi; $c_v T$ — gaz molekularining ichki kinetik energiyasi; u_{pot} — gazning ichki potensial energiyasi; pV — gazning hajmiy energiyasi.

Tashqi muhitdan sistemaga issiqlik oqimi bo'lmaganda, drossellash mobaynida gazning kengayishi uchun kerak bo'lgan energiya faqat gazning ichki energiyasi hisobiga olinishi mumkin.

4.5.1. Bug' kompressorli sovitish qurilmalari

Sovitish mashinalari tarkibiga kompressorlar, kondensatorlar va bug'latgichlar kiradi. Kompressor bug'latgichda hosil bo'ladigan bug'ni so'rish va uni yuqori bosimda kondensatorga uzatish vazifasini bajaradi. Bug' kompressorli sovitish qurilmalarida porshenli, vintli va trubokompressorlar ishlatiladi. Sovituvchi agentning markasi uning bosh harfi bilan nomlanadi. Masalan, ammiak —A, freon—F.

Har bir marka kompressorda uning harfli belgisidan keyin normal sharoitda sovitish unumdorligi ko'rsatiladi.



4.23- rasm. Porshenli kompressorning ishlash davrini ko'rsatuvchi grafik.

Sovitish jarayoni davomida hosil bo'lgan issiqlikni suvga yoki havoga uzatish uchun kondensatorlar qo'llaniladi. Shuning uchun ular, o'z navbatida, suv va havo yordamida sovituvchi kondensatorlarga bo'linadi. Ishlab chiqarishda keng tarqalgani vertikal va gorizontal yo'nalishli qobiq trubali kondensatorlar hisoblanadi.

Bug' kompressorli sovitish mashinalarining ish siklini quyidagicha ifodalash mumkin (4.23-rasm).

Agar porshen chap nuqtadan o'ng nuqtaga qarab harakatlansa, so'rish klapani ochilib sovituvchi agent silindr hajmiga so'riladi. Bunda so'rish jarayoni (chiziq a—1) bir xil bosimda R_0 sodir bo'lib, bug'latgichdagi bosimga teng bo'ladi. Porshen o'zining oxirgi nuqtasiga yetgach so'rish jarayoni tugab klapan yopiladi. Silindrga so'rilgan sovituvchi agentning temperaturasi va hajmi bir xil bo'ladi. Porshen teskari harakatlanganda (o'ngdan chapga) silindrda adiabatik siqilish ro'y beradi (chiziq 1—2). Bunda sovituvchi agent kondensatoridagi bosimning qiymatigacha qisiladi. Shu vaqtning o'zida haydash klapani ochiladi, natijada sovituvchi agent bug'lari silindrdan chiqq boshlaydi (chiziq 2—b).

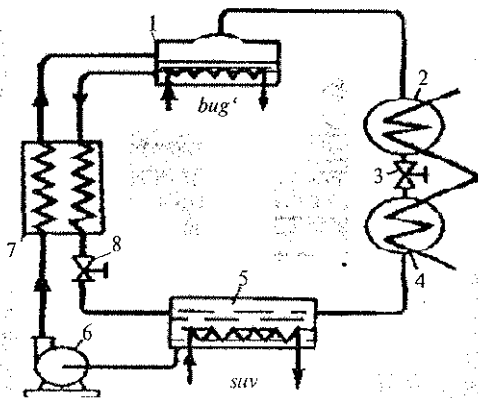
Agar silindrga so'rilgan sovituvchi agentning hajmini V_c uning nisbiy ish unumdorligini q_v deb belgilasak, u holda kompressorning nazariy ish unumdorligini quyidagi formula bilan ifodalash mumkin:

$$Q_0 = V_c q_v \quad (4.57)$$

Bug' kompressorli sovitish qurilmalari qatoriga absorbsion sovitish mashinalari kiradi. Kompressor sovitish mashinalaridan farqli, absorbsion sovitish mashinalarida sovuqlik olish uchun

mexanik energiya emas, balki yuqori potentsialli issiqlik sarflanadi. Absorbsion sovitish mashinalarining ishlash prinsipi sovituvchi agent bug'larining R_0 bosimda absorbent tomonidan yutilishiga hamda keyingi bosqichdagi qizdirishda R kondensatsiya bosimida chiqarilishiga asoslangan. Sovituvchi agentni suyultirish uchun siqish o'rniqa ortiqcha bosim ostida haydash qo'llaniladi. Sovituvchi agent sifatida absorbsion sovitish mashinalarida ammiak, yutuvchi sifatida — suvdan foydalaniladi. Ma'lumki, suv ammiakni yaxshi yutadi. Shu nuqtayi nazardan ammiakli suv aralashmasining qaynash temperaturasi toza ammiakning qaynash temperaturasiga nisbatan ancha yuqori bo'ladi.

Suv-ammiak absorbsion sovitish mashinasining (4.24-rasm) ish siklida 50 % aralashma qaynatgich 1 ga keladi. Qaynatgichda hosil bo'lgan ammiak bug'lari kondensator 2 ga tushib, o'zining issiqligini sovitayotgan suvga berib, kondensatsiyalanadi. Suyultirilgan ammiak ventily 3 orqali R_0 bosimgacha drossellanib, bug'latgich 4 ga yuboriladi. Bu yerda sovitilayotgan muhitdan issiqlikni olib bug'lanadi. Demak, sovitish mashinasining ish unumdorligi olinayotgan issiqlik miqdori bilan belgilanadi. Bug'latgichdan chiqqan gazsimon ammiak absorber 5 ga uzatilib, kuchsiz aralashma tomonidan yutiladi. Hosil qilingan aralashma nasos 6 orqali issiqlik almashgich 7 ga, undan qaynatgich 1 ga yuborilib suv bug'i bilan isitiladi. Bunda ammiakning ko'p qismi gaz holatida bug'lanib kondensator



4.24- rasm. Absorbsion sovitish mashinasining sxemasi:

- 1 — qaynatgich; 2 — kondensator; 3, 8 — ventillar; 4 — bug'latgich;
5 — absorber; 6 — nasos; 7 — issiqlik almashinish qurilmasi.

2 ga, kuchsiz (taxminan 20 % li) aralashma esa qaynatgichdan absorberga beriladi. Sovitish jarayoni shu sikl bo'ycha ishlaydi. Shunday qilib, absorbsion sovitish mashinasida kompressor vazifasini termokompressor-agregat bajaradi.

Absorbsion sovitish mashinasining sovitish koeffitsiyenti ish unumdorligining generatorda sarf bo'lgan issiqlik miqdoriga nisbati bilan aniqlanadi:

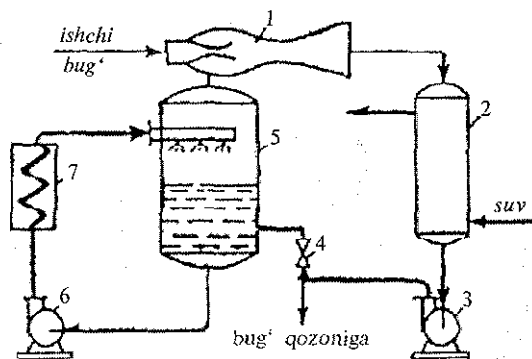
$$E = Q_0 / Q_g \quad (4.58)$$

Ma'lumki, bug' kompressorli sovitish mashinalarida sovituvchi agent sifatida suvni ishlatib bo'lmaydi. Chunki past temperaturalar olish uchun juda past bosim hosil qilish kerak bo'ladi.

Bizga ma'lumki, suv bug'larining solishtirma hajmi yuqori bo'lganligi tufayli ularni siqish uchun katta hajmdagi porshenli kompressor tayyorlash kerak. Shu nuqtayi nazardan porshenli kompressorlar o'rniga bug'-oqimchali injektorli qurilmalar ishlatilsa, sovituvchi agent sifatida suvdan foydalanish mumkin. Chunki suvning bug'lanish issiqligi ammiakka nisbatan taxminan 10 barobar yuqori.

Bug' injektorli qurilmalar, kengayotgan bug' yoki gaz oqimlarining kinetik energiyasi hisobiga ishlaydi.

Suv-bug' injektorli sovitish mashinalarida 0,6 MPa kattalikdagi ishchi bug' injektor soplosi 1 ga kiradi (4.25-rasm). Bu yerda kengayish natijasida vakuum hosil bo'ladi. Natijada bug'latgich 5 dan sovuq suv bug'lari injektorga so'riladi. Bunda bug'latgichdagi qoldiq bosim 0,266—0,531 kPa gacha kamayadi



4.25- rasm. Suv bug'-injektorli sovitish mashinalarining sxemasi:
1 — injektor soplosi; 2 — kondensator; 3, 6 — nasoslar; 4 — ventil;
5 — bug'latgich; 7 — sovuqlik hosil qiluvchi qurilma.

Sirkulatsiyalanayotgan suv qisman bug'lanishi hisobiga soviydi va nasos 6 orqali tortilib sovuqlik hosil qiluvchi qurilma 7 ga beriladi. Bu yerda o'zining sovuqligini berish orqali isiydi va yana bug'latgichga tushadi.

Aralashma, ya'ni suv bug' injektordan kondensator 2 ga berilib, bu yerda sovuq suv yordamida kondensatsiyalanadi. Hosil bo'lgan kondensatning bir qismi nasos 3 orqali bug' hosil qilish qozoniga, bir qismi esa drossell ventili 4 orqali bug'latgich 5 ga beriladi. Bug'latgichda bir qism kondensatning berilishiga sabab, unda bug'latish hisobiga kamayishni kompensatsiya qilishdir.

Yuqorida aytib o'tilgan sovitish mashinalarida turli xil sovituvchi agentlar ishlatilishi mumkin. Shuni ta'kidlash lozimki, sovitish koeffitsiyentining miqdori sovituvchi agentning xususiyatlariga bog'liq emas. Sovitish mashinalarining o'lchami, konstruksiyasi, hosil qilinadigan bosim qiymati esa sovituvchi agentning xususiyatlariga bog'liq bo'ladi. Shuning uchun sovituvchi agentni tanlashda quyidagi talablar qo'yiladi:

- sovituvchi agent yuqori kritik temperaturaga ega bo'lishi;
- bug'lanish issiqligi yuqori bo'lishi;
- kichik solishtirma hajmga ega bo'lishi;
- suyuqlanish (kondensatsiyalanish) bosimi yuqori bo'lmasligi kerak.

Bu talablarga javob beradigan sovituvchi agentlar ammiak va freon hisoblanadi. Ba'zi hollarda uglerod ikki oksidi, oltingugurt angidridi va metilxlorid ham ishlatiladi.



Nazorat savollari va topshiriqlari

1. Qanday texnologik jarayonlar issiqlik almashinish jarayonlariga misol bo'lishi mumkinligini aytib bering.
2. Issiqlik tashuvchilarga qanday talablar qo'yiladi?
3. Issiqlik o'tkazish hamda uning koeffitsiyentining fizik ma'nosini tushuntiring.
4. Issiqlik tarqalishining qanday usullari borligini bilasiz?
5. Furening issiqlik o'tkazish qonunining mohiyati nimadan iborat?
6. Issiqlik nurlanishi yo'li bilan issiqlik tarqalishi qanday qonunlar bilan ifodalanadi?
7. Issiqlik berish deb nimaga aytiladi va u qaysi qonunlar bilan tushuntiriladi?
8. Issiqlik almashinish jarayonlarining harakatlantiruvchi kuchi nima va u qanday aniqlanadi?

9. Nima uchun isitkichlarni hisoblashda harakatlantiruvchi kuchning o'rtacha qiymatidan foydalaniladi?
10. Issiqlik almashinish yuzasi qanday faktorlarga bog'liq?
11. Issiqlik almashinish jarayonlarini qaysi usullar yordamida tezlashtirish mumkin?
12. Isitish uchun sarflanadigan issiqlik tashuvchi sarfi qaysi tenglama yordamida aniqlanadi?
13. Suv bug'i yordamida isitishning qanday usullari mavjud?
14. Elektr energiyasi yordamida isitishning qanday usullarini bilasiz?
15. Isitishda qanday issiqlik tashuvchi agentlardan foydalaniladi?
16. Kondensatsiyalanish jarayoni nima maqsadda qo'llaniladi?
17. Pasterlash va sterillash jarayonlari oziq-ovqat sanoatining qaysi sohalarida ishlatiladi?
18. Isitkichlarning qanaqa sinflari mavjud?
19. Bir yo'li qobiq-trubali isitkichning tuzilishini tushuntiring.
20. Qobiq-trubali isitkichlarda issiqlik almashinish jarayonlarini tezlashtirishning qanaqa yo'llari mavjud? Uning afzalligi va kamchiliklari nimalardan iboratligini aytib bering.
21. «Truba ichida truba» tipidagi isitkichlar qanday hollarda qo'llaniladi va ularning afzalligini tushuntiring.
22. Plastinali isitkichlarning afzalligi va kamchiliklarini aytib bering.
23. Kondensatorlarning qanaqa turlari mavjud?
24. Bug'latish yo'li bilan qanday eritmalar quyushtiriladi? Misollar keltiring.
25. Temperatura depressiyasi nimalarga bog'liq va u qanday hisoblanadi?
26. Bug'latishda isituvchi bug'ning sarfi qanday aniqlanadi va u nimalarga sarf bo'ladi? Javobingizni izohlang.
27. Foydali temperaturalar farqi va umumiy temperaturalar farqi orasida qanday o'xshashlik borligini ko'rsating.
28. Bug'latishga sarflanadigan bug'ni tejashning qanday yo'llarini bilasiz? Aytib bering.
29. Ko'p korpusli bug'latish qurilmalarida isituvchi bug' nimalar hisobiga tejaladi?
30. Gidaravlik depressiya deb nimaga aytiladi?
31. Gidrostatik depressiyaning mohiyati nimadan iborat?
32. Bug' qurilmalarining qanday turlarini bilasiz? Misol keltiring.
33. Suv bug' ijektorli sovitish mashinalarining ishlash prinsipini tushuntiring.
34. Sovituvchi agent sifatida qanday moddalardan foydalaniladi? Nima uchun aynan shu moddalardan foydalanilishini izohlang. Ularning qanday afzalliklari borligini aytib bering.

V BO'LIM

MODDA ALMASHINISH JARAYONLARI

5.1. Modda almashinish jarayonlarining nazariy asoslari.

Umumiy tushunchalar

Bir yoki bir necha komponentning bir fazadan ikkinchi fazaga o'tishi bilan boradigan jarayonlarga modda almashinish jarayonlari deyiladi. Oziq-ovqat sanoatida quyidagi modda almashinish jarayonlaridan foydalaniladi.

1. Absorbsiya. Gaz aralashmasidan biror moddaning suyuq fazaga o'tishi *absorbsiya* deb ataladi. Yutuvchi suyuqlik *absorbent* deyiladi. Teskari jarayon, ya'ni yutilgan komponentlarning suyuqlikdan ajralib chiqishi *desorbsiya* deb ataladi.

2. Suyuqliklarni haydash. Suyuq va bug' fazalar orasida komponentlarning o'zaro almashinishi yo'li bilan suyuqlik aralashmalarini ajratish jarayoni *haydash* deb ataladi. Bu jarayon issiqlik ta'sirida, ikki xil usulda olib boriladi: *oddiy haydash* (distillash) va *murakkab haydash* (rektifiklash).

3. Adsorbsiya. Gaz, bug' yoki suyuqlik aralashmalaridan bir yoki bir necha komponentlarning g'ovaksimon qattiq moddaga yutilishi *adsorbsiya* deyiladi. Aktiv yuzali qattiq materiallar adsorbentlar deb ataladi. Teskari jarayon, ya'ni desorbsiya adsorbsiyadan keyin olib boriladi va ko'pincha yutilgan komponentni adsorbentdan ajratib olish uchun (yoki adsorbentni regeneratsiya qilish uchun) xizmat qiladi.

Ion almashinish jarayoni adsorbsiyaning bir turi bo'lib, ayrim qattiq moddalar (ionitlar) o'zining harakatchan ionlarini elektrolit eritmalardagi ionlarga almashtirish qobiliyatiga asoslangan.

4. Quritish. Qattiq materiallar tarkibidagi namlikni asosan bug'latish bilan ajratib chiqarish jarayoni *quritish* deyiladi. Bu jarayon issiqlik va namlikni tashuvchi agentlar (isitilgan havo, tutunli gazlar) yordamida olib boriladi. Quritish jarayonida namlik qattiq fazadan gaz (yoki bug') fazaga o'tadi.

5. Qattiq moddalarni eritish va ekstraklash (ekstraksiyalash). Qattiq fazaning suyuqlikka (erituvchiga) o'tishi *eritish jarayoni* deb ataladi. Qattiq g'ovaksimon materiallar tarkibidan bir yoki bir necha komponentlarni erituvchi yordamida ajratib olish jarayoni *ekstraklash* deyiladi. Agar eritish jarayonida qattiq faza suyuq fazaga o'tsa, ekstraklash paytida esa qattiq faza amaliy jihatdan o'zgarmay qoladi, faqat uning tarkibidagi tegishli komponent suyuq fazaga o'tadi.

6. Kristallanish. Suyuq eritmalar tarkibidagi erigan qattiq fazani kristall shaklida ajratib olish *kristallanish* deb yuritiladi. Bu jarayon eritmalarini o'ta to'yintirish yoki o'ta sovitish natijasida sodir bo'ladi. Bunda modda suyuq fazadan qattiq fazaga o'tadi.

Modda o'tkazish murakkab jarayon bo'lib, bir yoki bir necha komponentni bir fazadan ikkinchi fazaga fazalarni ajratuvchi yuza orqali o'tishini belgilaydi. *Moddalarning bir faza ichida tarqalishi* moddalarning berilishi deb yuritiladi. Moddalarning berilish intensivligi modda berish koeffitsiyenti β orqali ifodalanadi. Moddalarni o'tkazish jarayonining tezligi esa k koeffitsiyent bilan ifodalanadi.

Fazalarni ajratuvchi yuza qo'zg'aluvchan va qo'zg'almas bo'ladi. Gaz — suyuq (absorbsiya), bug' — suyuqlik (haydash), suyuqlik—suyuqlik (ekstraksiyalash) sistemalarida boradigan modda almashinish jarayonlaridagi fazalarni ajratuvchi yuza qo'zg'aluvchan bo'ladi. Qattiq faza ishtiroki bilan boradigan jarayonlarda (adsorbsiya, ekstraksiyalash, kristallanish) fazalarni ajratuvchi yuza qo'zg'almas bo'ladi.

5.1.1. Muvozanat qoidalari

Fazalar qoidasi. Bu qoida modda almashinish jarayonlaridagi muvozanat qoidalarining asosini tashkil etadi. Fazalar qoidasi quyidagicha ifodalanadi:

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

bu yerda: F — fazalar soni; C — sistemaning erkinlik darajasi yoki uning muvozanat holatini hisoblashda o'zgartirish mumkin bo'lgan parametrlar soni; K — sistemadagi komponentlar soni.

Fazalar qoidasi modda almashinish jarayonlarining muvozanat holatini hisoblashda parametrlarning qanchasini o'zgartirish mumkinligini belgilab beradi. Bu qoidadan modda almashinish

jarayonlarining ikki xil turida ham foydalanish mumkin: 1) o'zaro ta'sir qiluvchi ikkala faza tarkibida tarqaluvchi moddadan tashqari inert komponent — tashuvchi bo'ladi (masalan absorbsiya, suyuqliklarni ekstraklash); 2) ikkala fazada ham inert komponent qatnashmaydi.

Modda almashinish jarayonlarining birinchi turiga misol: ikki fazali ($F = 2$) va uch komponentli, ikkala faza bo'yicha tarqaluvchi modda va ikkala fazadagi tashuvchi inert komponentlardan iborat sistema uchta erkinlik darajasiga ega bo'ladi:

$$C = K + 2 - F = 3 + 2 - 2 = 3 \quad (5.2)$$

Bunday sharoitda istalgan uchta parametрни, ya'ni umumiy bosim (R), temperatura (t) va fazalardan birining tarqaluvchi modda bo'yicha konsentratsiyasi x_A va y_A ni o'zgartirish mumkin. Demak, berilgan temperatura va bosim qiymatida ($t = \text{const}$, $P = \text{const}$) bitta fazaning ayrim konsentratsiyasiga ikkinchi fazaning tegishli aniq konsentratsiyasi to'g'ri keladi.

Modda almashinish jarayonining ikkinchi turiga misol: ikkita fazadan ($F=2$) va ikkita tarqaluvchi komponentdan ($K=2$) iborat sistema ikkita erkinlik darajasiga ega bo'ladi:

$$C = K + 2 - F = 2 + 2 - 2 = 2 \quad (5.3)$$

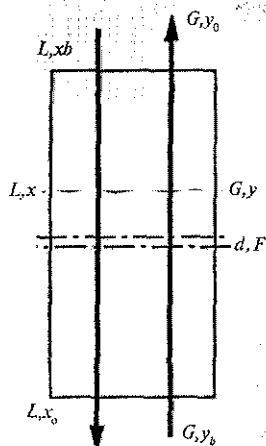
Agar modda almashinish jarayonlari odatda bir xil bosimda o'tkazilishi hisobga olinsa, u holda fazaning konsentratsiyasi o'zgarishi bilan temperatura t o'zgaradi. Agar bunday jarayon o'zgarimas temperaturada ($t = \text{const}$) olib borilsa, fazaning turli konsentratsiyalariga turli bosim qiymatlari to'g'ri keladi.

O'zgaruvchan parametrlar o'rtasidagi bog'liqliklar fazaviy diagramma yordamida ifodalanadi. Modda almashinish jarayonlarini hisoblashda quyidagi diagrammalardan foydalaniladi:

- 1) bosimning konsentratsiyasiga bog'liqligi ($t = \text{const}$);
- 2) temperaturaning konsentratsiyasiga bog'liqligi ($P = \text{const}$);
- 3) fazalarning muvozanat konsentratsiyalari orasidagi bog'liqlik.

Moddiy balans. Sanoatda ishlatiladigan qurilmalarda ish konsentratsiyalarining qiymatlari hech vaqt muvozanat konsentratsiyalariga teng bo'lmaydi. Fazalarda tarqaluvchi komponent ish konsentratsiyalari orasidagi bog'liqlik $y = f(x)$ ni ifodalovchi chiziq *jarayonning ish chizig'i* deb ataladi. Ish chizig'i jarayonning moddiy balansi asosida aniqlanadi. Fazalar qarama-qarshi yo'nalishda harakatlanadigan modda almashinish qurilmasining sxemasini ko'rib

chiqamiz (5.1-rasm). Bitta tarqaluvchi komponent (masalan, yog‘) qattiq faza (kunjara)dan suyuqlik (erituvchi) ga o‘tadi deb faraz qilamiz. Qurilmaning pastki qismidan G_b miqdordagi hamda y_b konsentratsiyali qattiq faza kiradi, bu faza G_o (kg/s) miqdorda va oxirgi konsentratsiyasi y_o ga teng bo‘lgan holda qurilmaning yuqori qismidan chiqadi. Qurilmaning yuqori qismidan ikkinchi faza (suyuq faza)ga kiradi va apparatning pastki qismidan chiqadi. Suyuq fazaning qurilmaga kirishdagi miqdorini L_b (kg/s) va uning konsentratsiyasini x_b deb olsak, chiqishda esa bu miqdorlar L_o (kg/s) va x_o bo‘ladi. Odatda fazalarning konsentratsiyalari tarqaluvchi komponentning massaviy ulushlarida o‘lchanadi.



5.1- rasm. Moddiy balans tenglamasini aniqlash.

Umumiy moddiy balans tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$G_b + L_b = G_o + L_o \quad (5.4)$$

Tarqaluvchi komponent bo‘yicha moddiy balansni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$G_b \cdot \bar{y}_b + L_b \bar{x}_b = G_o \bar{y}_o + L_o \bar{x}_o \quad (5.5)$$

5.1.2. Modda tarqalishining asosiy turlari

Faza ichida moddaning tarqalishi umuman olganda, molekular diffuziya yo‘li bilan (agar muhit qo‘zg‘almas bo‘lsa) yoki birdaniga molekular va turbulent diffuziyalar yordamida (agar muhit harakatchan bo‘lsa) yuz beradi.

Molekula, atom, ion va kolloid zarrachalarning tartibsiz issiqlik harakati ta‘sirida moddaning tarqalishi *molekular diffuziya* deb ataladi. Qo‘zg‘almas muhitda, laminar oqimda va turbulent oqimning fazalarni ajratuvchi yuza yaqinidagi chegara qatlamida modda molekular diffuziya yordamida tarqaladi. Molekular diffuziya FIKning birinchi qonuni bilan ifodalanadi. Bu qonunga ko‘ra, elementar yuza dF dan ma‘lum vaqt dt davomida tarqalgan

moddaning massasi dM uning konsentratsiyasi gradiyenti dc/dn ga to'g'ri proporsionaldir:

$$dM = -D_M dF d\tau \frac{dc}{dn} \quad (5.6)$$

yoki

$$M = -D_M dF \tau \frac{dc}{dn} \quad (5.7)$$

(5.7) formulaga asosan, yuza birligidan ($F=1$) vaqt birligi ichida ($\tau=1$) moddaning molekular diffuziya yo'li bilan tarqalgan modda miqdoriga *moddaning solishtirma oqimi* (yoki molekular diffuziya) *tezligi* deb ataladi.

$$dM = \frac{M}{F \cdot \tau} = -D \frac{dc}{dn} \quad (5.8)$$

Tenglamaning o'ng tomonidagi minus ishora molekular diffuziyaning tarqaluvchi komponent konsentratsiyasining kamayishi tomonga qarab borishini ko'rsatadi. (5.8) tenglamadagi D *proporsionallik koeffitsiyenti* yoki molekular diffuziya koeffitsiyenti deb ataladi. (5.7) tenglamaga asosan diffuziya koeffitsiyentining o'lchov birligini aniqlaymiz:

$$[D] = \left[\frac{M \, dn}{dc \, F \, t} \right] = \left[\frac{kgm}{kg/m^3 \, m^2 \, c} \right] = \left[\frac{m^2}{c} \right] \quad (5.9)$$

Diffuziya koeffitsiyenti yuza birligidan vaqt birligi ichida, konsentratsiya gradiyenti birga teng bo'lganda tarqalgan moddaning massasini bildiradi. Molekular diffuziya koeffitsiyenti o'zgarmas kattalik bo'lib, moddaning diffuziya yo'li bilan qo'zg'almas muhitga kirish qobiliyatini belgilaydi. Diffuziya koeffitsiyentining qiymati jarayonning gidrodinamik shart-sharoitlariga bog'liq emas.

Diffuziya koeffitsiyenti tarqaluvchi modda va muhitning xossalriga, temperatura va bosimiga bog'liq. Odatda diffuziya koeffitsiyenti temperaturaning ortishi va bosimning kamayishi (gazlar uchun) bilan ortadi. Har bir aniq sharoit uchun D ning qiymati tajriba o'tkazish yo'li bilan yoki tegishli tenglamalar yordamida aniqlanadi. Ko'pchilik moddalar uchun D ning qiymati ma'lumotnomalarda berilgan bo'ladi.

Turbulent diffuziya. Diffuziyaning bu turi makrokinetika tushunchasi bilan bog'liq bo'lib, modda makroskopik qismlarining

harakati yordamida almashinadi. Turbulent diffuziyaning tezligi oqimning turbulentlik darajasiga, jarayonning gidrodinamik holatiga bog'liq. Turbulent diffuziya *uyurma diffuziya* deb ham yuritiladi. Suyuqlikning uyurma harakati ta'sirida oqimda moddaning qo'shimcha o'tkazilishi yuz beradi.

Biror faza ichida turbulent diffuziya orqali tarqalgan moddaning massasi dM yuza dF ga, vaqt dt ga va konsentratsiya gradiyenti dc/dn ga to'g'ri proporsionaldir:

$$dM_{\tau} = -D_{\tau} dF d\tau \frac{dc}{dn} \quad (5.10)$$

bu yerda D_{τ} — turbulent diffuziya yoki uyurma diffuziya koeffitsiyenti.

Turbulent diffuziya yo'li bilan yuza birligidan vaqt birligi ichida o'tgan moddaning solishtirma oqimi yoki turbulent diffuziyaning tezligi quyidagicha aniqlanadi:

$$q_{\tau} = \frac{M_{\tau}}{F \cdot \tau} = -D_{\tau} \frac{dc}{dn} \quad (5.11)$$

Turbulent diffuziya koeffitsiyenti vaqt birligi ichida konsentratsiya gradiyenti birga teng bo'lganda, yuza birligidan turbulent diffuziya yo'li bilan o'tgan moddaning massasini bildiradi. Turbulent diffuziya koeffitsiyenti molekular diffuziya koeffitsiyenti kabi m^2/s o'lchov birligiga ega. D_{τ} ning D_m dan farqi shuki, uning qiymati jarayonning gidrodinamik shart-sharoitlariga bog'liq. Bu yerda gidrodinamik shart-sharoit oqimning tezligi va turbulentlik masshtabiga qarab aniqlanadi.

Konvektiv diffuziya. Harakatlanuvchi suyuqlik yoki gazlarda modda bir vaqtda molekular va turbulent diffuziyalar yordamida tarqaladi. Bu jarayonlarning yig'indisi *konvektiv diffuziya* deb ataladi.

Konvektiv diffuziyaning qiymati konsentratsiya gradiyentiga, muhitning tezligi va fizik xossalariga bog'liq. Konvektiv diffuziya ikki xil bo'ladi: *tabiiy* (yoki erkin) va *majburiy*. Konsentratsiyalar yoki temperaturalar ta'sirida suyuqlik muhitining har xil qismlarida zichliklar farqi paydo bo'ladi. Bu zichliklar farqi ta'sirida moddaning tarqalishi *erkin konveksiya* deyiladi. Tashqi kuchlar (nasos, aralashtirgich va boshqalar) ta'sirida moddaning suyuq yoki gaz muhitlarida tarqalishi *majburiy konveksiya* deb ataladi.

Agar tarqaluvchi modda F_y fazadan F_x fazaga o'tadi deb olinsa, har bir fazada vaqt birligi ichida tarqalgan moddaning miqdori (M) modda berish jarayonining asosiy tenglamasi orqali topiladi:

$$F_y \text{ fazada } M = \beta_y F (y - y_{ch}) \quad (5.12)$$

$$F_x \text{ fazada } M = \beta_x F (x_{ch} - x) \quad (5.13)$$

Bu yerda $(y - y_{ch})$ modda berishning F_y fazadagi harakatlantiruvchi kuchi; $(x_{ch} - x)$ modda berishning F_x fazadagi harakatlantiruvchi kuchi; y va x har bir fazaning markazidagi o'rtacha konsentratsiyalar yoki ish konsentratsiyalari; y_{ch} va x_{ch} — tegishli fazalar chegarasidagi konsentratsiyalar; F fazalarni ajratuvchi yuza; β_y , β_x — F_y va F_x fazalardagi modda berish ko'effitsiyentlari.

Modda berish ko'effitsiyentlari (β_y va β_x) vaqt birligi ichida jarayonning harakatlantiruvchi kuchi birga teng bo'lganda yuza birligidan fazalarni ajratuvchi yuzadan fazaning markaziga (yoki teskari yo'nalishda—fazaning markazidan ajratuvchi yuzaga tomon) o'tgan moddaning miqdorini bildiradi.

5.1.3. Modda o'tkazish jarayonlarini tezlatish

Modda o'tkazish jarayonlarini tezlatish tegishli qurilmalarning ish hajmi birligiga nisbatan olingan kattaliklarga bog'liq, ya'ni tayyor mahsulot ishlab chiqarishning ko'payishi, xomashyo va energiya sarflarining kamayishi, qurilmani tayyorlash uchun sarflanadigan metallning miqdori va hokazo. Bundan tashqari, tezlatish samaradorligini aniqlashda nazorat o'lchov asboblari va avtomatlashtirish uchun ketgan sarflar, qurilmaning murakkabligi hamda uning qismlarini tayyorlash imkoniyatlari, qurilmani ishlatish va uni boshqarish uchun zarur ishchi kuchiga sarflar hisobga olinadi.

Modda almashinish qurilmalarining ishini tezlatish uchun ularda beradigan fizik jarayonlarning mohiyatini chuqur o'rganish kerak. Modda o'tkazishning asosiy tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega:

$$M = K \cdot F \cdot \Delta c \quad (5.14)$$

Ushbu tenglamaga ko'ra, bir fazadan ikkinchi fazaga o'tgan moddaning miqdori M fazalarning kontakt yuzasi F ga, modda o'tkazish ko'effitsiyent K ga va harakatlantiruvchi kuch Δc ga

to'g'ri proporsional bog'langan. Shu sababli har bir berilgan sharoit uchun jarayonni tezlatishning tegishli usulini tanlash maqsadga muvofiqdir.

Modda almashinish jarayonlarini tezlatishda fazalarning kontakt yuzasini ko'paytirish katta ahamiyatga ega. Qattiq fazali sistemalar (adsorbsiya, kristallanish, quritish, ekstraklash, eritish)dagi fazalarning kontakt yuzasini ko'paytirish uchun qattiq zarrachalarni maydalash kerak. Qattiq zarrachalarning o'lchami kichrayishi bilan jarayonning tezligi ko'payadi. Biroq, zarrachaning o'lchamini juda ham kichraytirib yuborish yaramaydi, chunki qurilma ichida gidravlik qarshilik ortib ketib, suyuq fazada qattiq modda zarrachalarining konsentratsiyasi ko'payadi (natijada suyuq fazani filtrlash qiyinlashadi). Muayyan texnologik jarayon uchun qattiq zarrachaning optimal o'lchamlari tajriba yo'li bilan topiladi.

Suyuqlik-suyuqlik sistemasi uchun jarayonlar (masalan, suyuqliklarni ekstraksiyalash)ning kontakt yuzasini ko'paytirishda fazalarning birortasi mayda zarrachalarga ajratiladi. Suyuqlik-gaz (bug') sistemalaridagi jarayonlar (absorbsiya, rektifikatsiya)ning kontakt yuzasini ko'paytirish uchun suyuqlik qurilmaga sohib beriladi, ya'ni ko'pikli va emulsiya rejimlari hosil qilinadi (bunda qo'zg'aluvchan nasadkadan foydalaniladi).

Harakatlantiruvchi kuchni ko'paytirish uchun oqimlarning harakat yo'nalishini to'g'ri tanlash kerak. Modda almashinish jarayonining tezligi quyidagi ifodadan topiladi:

$$J = K \Delta c$$

Tenglamadan ko'rinib turibdiki, jarayonning tezligi o'rtacha harakatlantiruvchi kuchga to'g'ri proporsional. Harakatlantiruvchi kuchning qiymati qurilmadagi moddiy oqimlarning xususiyatiga, ularning yo'nalishi va fazalarni aralashtirish usuliga bog'liq.

Moddiy oqimlar bir-biriga nisbatan ideal ravishda qarama-qarshi yo'nalgan bo'lsa (bunday holat ideal siqib chiqarish rejimiga mansub), qurilmada borayotgan jarayon oqimning yo'nalishi (yoki qurilmaning balandligi) bo'yicha konsentratsiyalarning eng katta gradiyentiga ega bo'ladi. Bunda modda almashinish jarayoni harakatlantiruvchi kuchning maksimal qiymati bilan boradi. Ammo real qurilmalarda qarama-qarshi oqimlarning harakati ideal siqib chiqarish rejimidan ma'lum darajada cheklangan bo'ladi, natijada qurilmaning balandligi bo'yicha ikkala fazaning konsentratsiyalar gradiyenti kamayadi. Bunda modda almashinish jarayoni o'rtacha

harakatlantiruvchi kuchi ham kamayadi. Demak, harakatlantiruvchi kuchni maksimal qiymatga ko'paytirish uchun jarayonni ideal siqib chiqarish holatiga yaqin rejimda olib borish maqsadga muvofiq ekan.

Modda o'tkazish koeffitsiyenti, asosan, quyidagi kattaliklarga bog'liq:

$$K = f(\beta_1, \delta_1, \delta_2, \beta_2, \dots)$$

bu yerda: β_1, β_2 — fazalardagi modda berish koeffitsiyentlari; δ_1, δ_2 — har bir faza tomonidagi chegara qatlamining qalinligi.

Jarayonni tezlatish uchun β_1 va β_2 qiymatlarini ko'paytirish, δ_1 va δ_2 ning qiymatlarini esa kamaytirish zarur.

Modda berish koeffitsiyentlarini oshirish uchun jarayonni turbulent rejimda olib borish kerak. Turbulentlikni ko'paytirish uchun moddiy oqimlar tezligini oshirish va temperaturani ko'tarish lozim. Temperatura oshirilganda qovushqoqlik va sirt taranglik kuchi kamayadi. Sistemaning turbulentligi oshganda uyurma oqimlar hosil bo'ladi. Bu hol chegara qatlamlar qalinligining kamayishiga va fazalar kontakt yuzalarining yangilanishiga olib keladi.

Shunday qilib, turbulentlik rejimi ortishi va fazalar kontakt yuzalarining yangilanishi sababli modda o'tkazish koeffitsiyentining qiymati orta boradi. Bunga qo'shimcha impulslar ham ta'sir qiladi. Ular quyidagilar: geterogen sistemalarda mavhum qaynash qatlamini qo'llash, elektromagnit va ultratovush maydon ta'siridan foydalanish, mexanik tebranishlar (pulsatsiya va vibratsiya tebranishlari)ni ishlatish, o'zgaruvchan temperatura maydonini hosil qilish va hokazo.

5.1.4. Modda almashinish qurilmalarining asosiy o'lchamlarini aniqlash

Modda almashinish qurilmalarining texnologik hisobida ularning asosiy o'lchamlari (diametr va ish balandligi) aniqlanadi.

Qurilmaning diametri. Qurilmaning diametrini topish uchun sarf tenglamasidan foydalaniladi:

$$V_c = S\omega \quad (5.15)$$

bu yerda: V_c — tegishli fazaning hajmiy sarfi (masalan, adsorbsiya jarayonida gazning sarfi, rektifiklash esa bug'ning sarfi va hokazo); ω shu fazaning mavhum yoki keltirilgan tezligi (yoki tegishli fazaning qurilmaning to'la kesimga nisbatan olingan tezligi);

S — qurilma ko'ndalang kesim yuzasi.

Dumaloq ko'ndalang kesimli qurilmalarda $S = \frac{\pi D^2}{4} \omega_0$ bo'lgani sababli:

$$V_c = \frac{\pi D^2}{4} \omega_0 \quad (5.16)$$

Bundan

$$D = \sqrt{\frac{4V_c}{\pi\omega_0}} \quad (5.17)$$

kelib chiqadi.

Odatda, V_c — berilgan bo'ladi va qurilmaning diametrini topish uchun tegishli faza (masalan, gaz yoki bug') ning mavhum tezligini qabul qilish kerak. Tezlikni qabul qilishda quyidagi hol hisobga olinishi kerak: oqimning tezligi ortishi bilan modda o'tkazish koeffitsiyentining qiymati ko'payadi, biroq tezlik ortishi bilan qurilmaning gidravlik qarshiligi ham ortadi (natijada jarayonni olib borish uchun zarur bo'lgan energiya sarfi ortadi). Shu sababli har bir berilgan sharoit uchun texnik-iqtisodiy hisoblashlar orqali gaz yoki bug'ning optimal tezligi topiladi.

Qurilmaning balandligi. Q fazalar kontakti uzluksiz yoki pog'onali bo'lishiga ko'ra ikki usulda aniqlanadi:

a) *Uzluksiz kontaktli qurilmalarning balandligi.* Fazalar uzluksiz kontaktda bo'lgan qurilmalarning balandligi quyidagi modda o'tkazish tenglamalari orqali topiladi:

$$M = K_y a V \Delta y_0' = K_y F \Delta y_0'$$

yoki

$$M = K_x a V \Delta x_0' = K_x F \Delta x_0'$$

bu yerda: $F = aV$ — fazalar kontakt yuzasi; a — fazalarning solishtirma kontakt yuzasi; V — qurilmaning ish hajmi.

Qurilmaning ish hajmi: $V = SH$ (bu yerda H — qurilmaning ish balandligi). Oxirgi tenglamalardan V ning o'rniga SH ni qo'yib, ularni H ga nisbatan yechsak, quyidagi formulalarni olamiz:

$$H = \frac{M}{K_y a S \Delta y_0'} \quad (5.18)$$

yoki

$$H = \frac{M}{K_x a S \Delta x_0'} \quad (5.19)$$

(5.18) va (5.19) tenglamalar bo'yicha H ni hisoblash uchun alohida solishtirma kontakt yuzasi a va modda o'tkazishning sirtiy koeffitsiyenti K_y yoki K_x ning qiymatlarini yoxud shu kattaliklarning ko'paytmasidan iborat bo'lgan modda o'tkazishning hajmiy koeffitsiyenti $K_y a = K_x$ yoki $K_x a = K_y$ ni bilish zarur. Ayniqsa, fazalarning kontakt yuzasini aniqlash qiyin bo'lganda K_y ni topish maqsadga muvofiqdir.

Qurilmaning ish balandligi o'tkazish birligi soni va o'tkazish birligining balandligi ko'paytmasi bilan ham topilishi mumkin:

$$H = h_{0y} \cdot n_{0y} \quad (5.20)$$

yoki

$$H = h_{0x} \cdot n_{0x} \quad (5.21)$$

b) *Pog'onali kontakt qurilmalarining balandligi.* Bunday qurilmalarning ish balandligi quyidagi tenglama orqali topiladi:

$$H = n_x \cdot h, \quad (5.22)$$

bu yerda: n_x — qurilmalardagi haqiqiy pog'onalar yoki tarelkalar soni; h — pog'onalar (tarelkalar) orasidagi masofa.

5.2. Absorbsiya. Umumiy tushunchalar

Gaz hamda bug' aralashmalaridagi bir yoki bir necha komponentlarning suyuqlikda tanlab yutilish jarayoni *absorbsiya* deb ataladi. Yutilayotgan gaz *absorbktiv*, yutuvchi suyuqlik *absorbent* deyiladi. Absorbktiv bilan absorbentning o'zaro ta'siriga ko'ra absorbsiya jarayoni ikki xil bo'ladi: fizik absorbsiya va kimyoviy absorbsiya (*xemosorbsiya*). Fizik absorbsiyada yutilayotgan gaz bilan absorbent o'zaro bir-biri bilan kimyoviy birikmaydi. Agar yutilayotgan gaz absorbent bilan o'zaro birikib, kimyoviy birikma hosil qilsa, *xemosorbsiya* deyiladi.

Fizik absorbsiya ko'pincha qaytar jarayondir, ya'ni suyuqlikka yutilgan gazni ajratib olish mumkin bo'ladi, bu hol *desorbsiya* deyiladi. Absorbsiya va desorbsiya jarayonlarini uzluksiz olib borish natijasida yutilgan gazni toza holda ajratib olish va yutuvchi absorbentni bir necha marta qayta ishlatish imkoni tug'iladi. Absorbktiv va absorbent arzon va ikkilamchi mahsulot bo'lgani uchun, ular absorbsiya jarayonidan keyin ko'pincha qayta ishlatilmaydi (masalan, gazlar tozalaganda).

Sanoatda absorbsiya jarayoni turli maqsadlarda qo'llaniladi: 1) gaz aralashmalaridan qimmatbaho komponentlarni ajratib olishda; 2) komponentlarni har xil zaharli moddalardan tozalashda.

Har bir muayyan sharoit uchun tegishli absorbent tanlab olinib, bunda yutilishi lozim bo'lgan komponentning absorbentdagi eruvchanligi hisobga olinadi.

Odatda, absorbsiya jarayonida issiqlikning ajralib chiqishi yuz beradi.

Gazlarning suyuq holatdagi absorbentlarda eruvchanligi quyidagi omillarga bog'liq: 1) gaz va suyuq fazalarning fizik-kimyoviy xossalriga; 2) temperaturaga; 3) gazning aralashmadagi bosimiga.

5.2.1. Absorbsiya jarayonining tezligi

Absorbsiya jarayonining tezligi quyidagi modda o'tkazish tenglamalari orqali ifodalanadi:

$$M = K_y F \Delta y_y \tau \quad (5.23)$$

$$M = K_x F \Delta x_x \tau \quad (5.24)$$

bu yerda: M — gaz fazasidan suyuqlik fazasiga o'tgan moddaning miqdori, kg; F — fazalarning kontakt yuzasi, m^2 ; τ — jarayonning davomliligi, soat; Δy_y , Δx_x — jarayonning harakatlantiruvchi kuchi, konsentratsiyalar yoki bosimlar farqi orqali ifodalanadi, kg/m^3 , Pa; K_y , K_x — modda o'tkazish yoki absorbsiya koeffitsiyentlari. Ularning o'lchami Δy_o va Δx_o ning o'lchamiga bog'liq bo'ladi:

$$[K] = \frac{kmol}{m^2 \cdot c} \frac{kmol}{kmol} = \frac{kmol}{m^2 \cdot c}$$

$$[K] = \frac{kg}{m^2 \cdot soat \cdot kg/m^3} = \frac{m}{soat}$$

$$[K] = \frac{kg}{m^2 \cdot soat \cdot Pa}$$

Absorbsiya koeffitsiyenti modda o'tkazish qarshiligining teskari qiymati hisoblanadi. Ikkita chegara qatlamli nazariyaga asosan absorbsiya jarayonning nazariyasini quyidagicha tushuntirish mumkin. Suyuq faza A oqimning asosiy massasi (yoki markazi) va

yupqa chegara qatlamdan iborat bo'ladi. Gaz fazasi V esa suyuq chegara qatlamiga tegib turgan yupqa chegara qatlamiga ega. Ushbu chegara qatlamlarda yutilayotgan komponent faqat molekular diffuziya ta'sirida tarqaladi. Shunday qilib, modda o'tkazishga to'sqinlik qiladigan hamma qarshiliklar yupqa chegara qatlamlarda yig'iladi.

Suyuq chegara qatlamidagi modda o'tkazishga bo'lgan qarshilikni $1/B_c$, gaz chegara qatlamidagi qarshilikni esa $1/B_r$ bilan belgilab, quyidagi tenglamalarga erishamiz:

$$K_y = \frac{1}{\frac{1}{\beta_r} + \frac{m}{\beta_c}} \quad (5.25)$$

$$K_x = \frac{1}{\frac{1}{\beta_c} + \frac{1}{m\beta_r}} \quad (5.26)$$

bu yerda: β_r — gaz fazasidagi, β_c esa suyuq fazadagi modda berish koeffitsiyenti; m — muvozanat chizig'i qiyalik burchagining tangensi (yoki proporsionallik koeffitsiyenti).

Modda berish koeffitsiyentlarining qiymatlari suyuqlik va gaz fazalari o'rtasida kontakt hosil qilish usuliga, gaz va suyuqlikning fizik xossalariga va ularning harakat tezliklariga bog'liq. Bu qiymat mezonlar va empirik tenglamalar yordamida topiladi.

Agar gaz suyuqlikda juda yaxshi eruvchi bo'lsa, proporsionallik koeffitsiyenti m ning qiymati juda kichik bo'ladi. Xuddi shuningdek, suyuq fazadagi diffuzion qarshilik ham juda kam bo'ladi. Bunda $1/\beta_r \gg 1/\beta_c$ bo'lgani uchun $K_y = \beta_r$ bo'ladi.

Suyuqlikda yomon eruvchan gazlarda esa, gaz fazasidagi diffuzion qarshilikni hisobga olmasa ham bo'ladi (chunki m va β_r ning qiymati juda katta). Shuning uchun $1/\beta_c \gg 1/\beta_r m$ bo'lgani sababli $K_x = \beta_c$ bo'ladi.

(5.23) tenglamadagi gaz fazaning molekular konsentratsiyalarini gazning parsial bosimi bilan almashtirib, uni umumiy bosim ulushlarida ifodalasak, modda o'tkazishning asosiy tenglamasi hosil bo'ladi:

$$M = K_p F \Delta R_o \tau \quad (5.27)$$

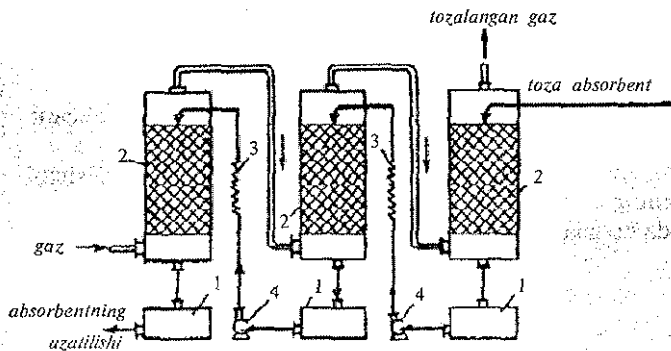
bu yerda: ΔR_o — bosim birliklarida ifodalangan jarayonning o'rtacha harakatlantiruvchi kuchi; K_p — harakatlantiruvchi kuchga nisbatan olingan yutiluvchi gazning parsial bosimi bilan ifodalangan modda o'tkazish koeffitsiyenti.

5.2.2. Absorbsiya qurilmalarining sxemasi

Absorbsiya qurilmalari ishlash rejimiga ko'ra davriy va uzluksiz bo'ladi. Kichik hajmli ishlab chiqarishlarda faqat davriy absorbsiya qurilmalaridan foydalaniladi. Zamonaviy sanoat korxonalarida ko'pincha uzluksiz ishlaydigan qurilmalar ishlatiladi. Gaz va suyuq fazalarning yo'nalishiga ko'ra, qarama-qarshi va parallel yo'nalishli absorbsiya qurilmalari mavjud. Absorbsiya qurilmalari ish prinsipiga asosan bir va ko'p pog'onali, resirkulatsiyali va regeneratsiyali bo'ladi.

5.2-rasmda uchta absorber ketma-ket ulangan qarama-qarshi yo'nalishli qurilmaning sxemasi ko'rsatilgan. Qurilma tarkibiga absorberlar 2 dan tashqari eritma yig'ichlar 1, eritmani uzatish uchun markazdan qochma nasoslar va eritmani sovitish uchun issiqlik almashgichlar 3 kiradi. Yutuvchi suyuqlik gazning yo'nalishi bo'yicha oxirgi absorberga beriladi, yuqoridan pastga oqib, qabul qiluvchi yig'ichga tushadi va nasos yordamida sovitgich orqali oldingi absorberga yuboriladi. Shunday qilib, gaz va suyuqlikning qarama-qarshi yo'nalishdagi o'zaro ta'siri yuz beradi.

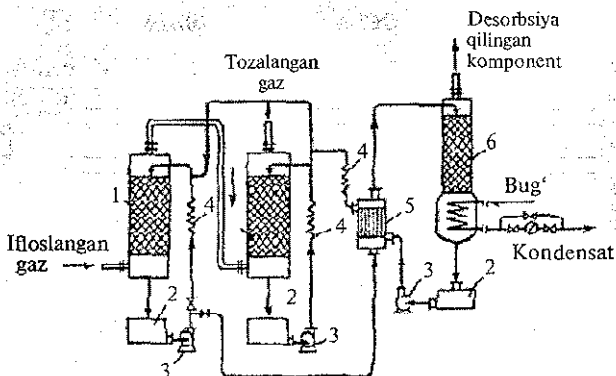
Suyuqlikning to'la darajadagi to'yinishini amalga oshirish hamda eritmadan yutilgan komponentni toza holda ajratib olish maqsadida resirkulatsiyali absorbsiya-desorbsiya qurilmasi ishlatiladi (5.3-rasm). Bunday qurilma gaz yo'nalishi bo'yicha ketma-ket joylashgan ikkita absorber 1, eritmalar uchun yig'ichlar 2, nasoslar 3,



5.2-rasm. Qarama-qarshi yo'nalishli absorbsiya qurilmasining sxemasi:

1 — eritma yig'ich; 2 — absorberlar; 3 — sovitgichlar;

4 — nasoslar.



5.3- rasm Resirkulatsiyali absorbsiya-desorbsiya qurilmasining sxemasi:
 1 — absorberlar; 2 — yig'gichlar; 3 — nasoslar; 4 — sovitgichlar;
 5 — issiqlik almashgich; 6 — desorber.

sovitgichlar 4, issiqlik almashgich 5 va desorbsiya kolonnasi 6 dan tashkil topgan. Ifloslangan gaz gazning yo'nalishi bo'yicha birinchi kolonnaga beriladi. Suyuqlik absorberning tepa qismidan yuboriladi. Bu yerda gaz bilan suyuqlik uzluksiz ravishda kontaktga uchraydi. Ushbu qurilmada suyuqlik chegaralangan sikl bo'yicha harakatlanadi. Birinchi kolonnada qisman tozalangan gaz ikkinchi kolonnaga yo'naltiriladi. Ikkinchi kolonna ham suyuqlik bilan chegaralangan sikl bo'yicha ta'minlab turiladi. Ikkinchi kolonnaga berilayotgan eritmaning konsentratsiyasi ma'lum qiymatga yetganda birinchi kolonnaning sikliga yuboriladi.

Shunday qilib, eritmaning konsentratsiyasi birinchi kolonadan ikkinchisiga o'tganda ko'payadi va birinchi kolonnaning siklida konsentratsiyasi ancha yuqori bo'lgan eritma hosil bo'ladi. Ushbu eritma issiqlik almashgich 5 da isitilib desorbsiya kolonnasi 6 ga yuboriladi. Desorberda suyuqlikda yutilgan komponent issiqlik ta'sirida bug'latiladi. Toza issiq erituvchi yig'gich 2 ga tushadi. Nasos 3 yordamida issiqlik almashgich 5 va sovitgich 4 orqali ikkinchi kolonnaning sikliga qaytariladi. Desorbsiya qilingan gaz esa qurilmaning yuqori qismidan uzatiladi. Ushbu qurilmada suyuqlik resirkulatsiya qilinadi va faqat ayrim yo'qotishlarni qoplash uchun kam miqdordagi toza erituvchi qo'shib turiladi, erigan komponent esa toza holda hosil bo'ladi.

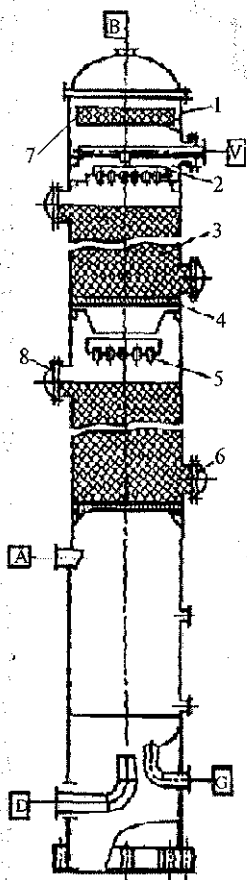
5.2.3. Absorberlarning tuzilishi

Absorbsiya jarayoni fazalarni ajratuvchi yuzada ro'y beradi. Shu sababdan absorberlarda iloji boricha gaz va suyuqlik o'rtasidagi uchrashuv yuzasini ko'paytirish zarur. Ushbu to'qnashuv yuzasini hosil qilish usuliga ko'ra absorberlar shartli ravishda quyidagi gruppalarga bo'linadi: 1) yuzali va yupqa qatlamli (jumladan, nasadkali); 2) barbotajli (tarekali); 3) suyuqlik sochib beruvchi.

Nasadkali absorberlar. Bunday kolonnalar eng ko'p tarqalgan yuzali absorberlar qatoriga kiradi. Har xil shaklli va o'lchami 12—150 mm gacha bo'lgan qattiq jismlar, ya'ni nasadkalar bilan to'ldirilgan vertikal kolonnalarning tuzilishi sodda va yuqori samaradorlikka ega bo'lgani uchun ular sanoatda ko'p ishlatiladi. Nasadkali kolonnalarda nasadkalar gaz va suyuqlik o'tadigan tayanch to'rlarga o'rnatiladi. Qurilmaning ichki bo'shlig'i nasadka bilan to'ldirilgan bo'ladi yoki har birining balandligi 1,5—3 m bo'lgan qatlamlar holatida joylashtiriladi. Gaz to'ring tagiga beriladi, so'ngra nasadka qatlamidan o'tadi. Suyuqlik esa kolonnaning yuqori qismidan maxsus taqsimlagichlar orqali sochib beriladi. U nasadka qatlamidan o'tayotganda pastdan berilayotgan gaz oqimi bilan to'qnashadi. Kolonna samarali ishlashi uchun suyuqlik bir tekisda, qurilmaning butun ko'ndalang kesimi bo'ylab bir xil sochib berilishi kerak. Bu qurilmalarda kontakt yuzasi nasadkalar yordamida hosil qilinadi.

5.4-rasmda nasadkali absorber tasvirlangan. Qurilmaning qobig'i 1 kavsharlash yo'li bilan yaxlit qilib tayyorlanadi yoki bir necha alohida olingan qismlardan tuzilgan bo'ladi. Nasadkalarni namlash uchun suyuqlik tarqatuvchi tarekka 2 orqali beriladi. Nasadka 3 qurilmaning balandligi bo'yicha bir necha qatlamlarga ajratilgan holatda tayanch to'rlar 4 ning ustiga joylashtiriladi. Nasadkani qurilmaga yuklash yoki undan tushirish uchun luklar 6 va 8 xizmat qiladi. Kolonnaning yuqori qismida suyuqlik tomchilarini qaytaruvchi qurilma 7 joylashtirilgan. Nasadkali kolonnada gaz va suyuqlik qarama-qarshi yo'nalgan. Bunda gaz kolonnaga pastki shtutser A orqali beriladi va shtutser B yordamida tashqariga chiqariladi. Namlash uchun suyuqlik kolonnaga yuqorigi shtutser V orqali yuboriladi va paski shtutser G yoki D yordamida tashqariga chiqariladi. Hozirda sanoat kolonnalarini to'ldirish uchun turli nasadkalar ishlatiladi. Nasadkalar yuqori solishtirma yuzaga, minimal massa va katta erkin hajmga ega bo'lishi kerak. Ular quyidagi ko'rsatkichlar bilan xarakterlanadi:

1. Solishtirma yuza m^2/m^3 . Bu kattalik absorberning 1 m^3 hajmiga to'ldirilgan nasadkani yuzasini bildiradi.



5.4- rasm. Nasadkali absorber:

- 1 — qobiq; 2 — tarqatuvchi tarelka; 3 — nasadka qatlami; 4 — tayanch toʻrlar; 5 — qayta taqsimlovchi tarelkalar; 6, 8 — luklar; 7 — qaytaruvchi qurilma; A — gaz kiradigan shtutser; B — gaz chiqadigan shtutser; V — suyuqlik beradigan shtutser; G va D — suyuqlik chiqadigan shtutserlar.

2. Erkin hajm, m^3/m^3 . Bu kattalik $1m^3$ hajmdagi nasadkalarining ichida qancha erkin hajm borligini koʻrsatadi.

3. Suyuqlikni ushlab qolish qobiliyati, m^3/m^3 . Bu kattalik nasadka qatlamining hajm birligida ushlab qolinadigan suyuqlikning miqdorini ifodalaydi.

4. $1m^3$ nasadkaning massasi, kg.

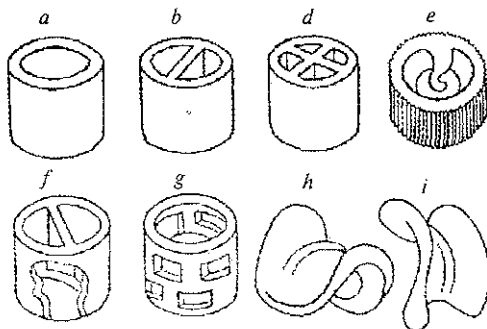
Odatda, nasadkali absorberlarning diametri 4 m dan ortmaydi. Katta diametrli kolonnalarda gaz va suyuqlikni qurilmaning koʻndalang kesimi boʻyicha bir meʼyorda taqsimlash juda qiyin, shu sababdan katta diametrli absorberlar samaradorligi ancha kam boʻladi. Biroq sanoatda diametri 12 m gacha boʻlgan qurilmalar ham ishlatiladi.

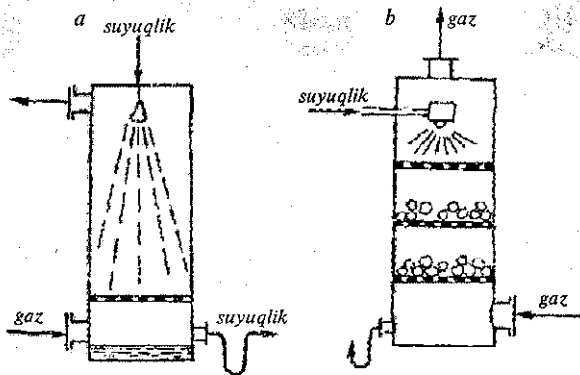
Nasadkalar sifatida Rashig halqalari, keramik buyumlar, koks, maydalangan kvars, polimer halqalar, metallardan tayyorlangan toʻrlar, sharlar, propellerlar, egarsimon elementlar va boshqalar ishlatiladi (5.5-rasm).

5.5- rasm.

Nasadkalarining turlari:

- a — Rashig halqasi; b — Lessing halqasi; d — krestga oʻxshash toʻsiqli halqa; e — bitta spiralli halqa; f — ikkita spiralli halqa; g — Berl egari; i — Intaloks egari.





5.6- rasm. Suyuqlikni sochib beruvchi absorberlar:
a— ichi bo'sh; *b* — sharsimon nasadkali.

Suyuqlikni sochib beruvchi absorberlar. Bu absorberlarda fazalarni o'zaro jips kontakti suyuqlikni gaz oqimiga sochib yoki yoyib berish usuli orqali amalga oshiriladi. Gaz bilan suyuqlik bir-biriga nisbatan qarama-qarshi yo'nalgan bo'ladi. Ichi bo'sh sochib beruvchi absorberlar vertikal kolonnadan iborat bo'lib, yuqori qismiga suyuqlikni sochib beruvchi maxsus forsunkalar o'rnatiladi (5.6-rasm). Sochib beruvchi absorberlarda forsunkalardan suyuqlik uzoqlashib, tomchilarga aylanishi natijasida hajmiy modda o'tkazish koeffitsiyentining qiymati birdan kamayadi. Shu sababli bu qurilmalarda forsunkalar ma'lum masofada qurilmaning balandligi bo'yicha bir necha qator qilib o'rnatiladi. Forsunkali absorberlarda gazning tezligi odatda 1—1,5 m/sek ga teng bo'ladi.

Sochib beruvchi ichi bo'sh absorberning tuzilishi oddiy, gidravlik qarshiligi kam, iflosroq gaz aralashmalarini ham tozalashi mumkin, boshqarish, tuzatish va tozalash oson. Kamchiliklari: qurilmaning samaradorligi yuqori emas, suyuqlikni sochib berish uchun ko'p energiya sarflanadi, loyqalangan suyuqliklar bilan ishlash qiyin, fazalarning kontakt yuzasini oshirish uchun suyuqlik ko'proq sarflanadi, suyuqlik tomchilari kolonnadan chiqib ketmasligi uchun gaz tezligining miqdori kichik qiymatga ega.

Fazalarning nisbiy tezligi va katta gaz oqimi to'liqsimon harakatda bo'lgani uchun bu qurilmalarda gaz fazasidagi massa almashinish koeffitsiyenti yuqori bo'lib, bu absorberlar yaxshi eriydigan gazlarni suyuqlikka yuttirish uchun keng ishlatiladi.

5.2.4. Desorbsiya

Absorberlardan chiqib ketayotgan suyuq yutuvchi tarkibidagi erigan gazlarni ajratib olish jarayoni *desorbsiya* deb ataladi. Desorbsiya jarayonining asosiy maqsadi ishlatilgan absorbentni regeneratsiyalash hamda yutilgan gazni haydash yoki rektifiklash usuli bilan ajratib olishdan iboratdir.

Sanoatda desorbsiyaning turli usullari qo'llaniladi. Aralashmaning tabiatiga ko'ra desorbsiyaning u yoki bu usuli tanlab olinadi.

Suyuqlikda yutilgan komponent quyidagi usullarda desorbsiyalanadi: 1) inert gaz yoki suv bug'i yordamida; 2) absorbentga issiqlik berish bilan; 3) absorbsiya jarayonidan keyin absorbentning bosimini kamaytirish orqali.

Inert gaz yoki suv bug'i yordamida ajratib olish. Bu usulda yutilgan gazni desorbsiya qilish uchun inert gaz yoki suv bug'i ishlatiladi. Bunda inert gaz yoki suv bug'i suyuqlik bilan bevosita ta'sirlashadi. Taqsimlanayotgan komponentning parsial ish bosimi suyuqlik ustidan desorbsiya qilinayotgan agent bosimiga qaraganda yuqori bo'lgani uchun, bu komponent suyuqlikdan gaz oqimi yoki suv bug'iga o'tadi. Yutilgan gazni suyuqlikdan butunlay ajratib olish uchun desorbsiya jarayoni inert gaz va suv bug'i ta'sirida qarama-qarshi yo'nalishda yoki nasadkali kolonnalarda olib boriladi. Inert gaz sifatida havo ishlatiladi, yutilgan gaz esa u bilan aralashib ketadi. Bunday desorbsiya usuli gaz aralashmasidan ajratib olinadigan komponent boshqa maqsadlarda ishlatilmagan hollarda qo'llaniladi.

Absorbentga issiqlik berish yo'li bilan yutilgan gazni ajratib olish. Desorberga issiqlik berilganda, masalan, u suv bug'i bilan isitilganda, suyuqlikda desorbsiya qilinayotgan komponent bilan absorbentning ham bir qismi bug'lanadi. Hosil bo'lgan aralashmalardan kerakli komponentni ajratib olish uchun rektifiklash jarayonidan foydalaniladi.

Absorbentning bosimini kamaytirib gazni ajratib olish. Bu desorbsiya usuli juda oddiy bo'lib, absorbsiya jarayoni atmosfera bosimidan yuqori bosimlarda olib borilganda kolonnadagi bosimni atmosfera bosimigacha kamaytirish natijasida yutilgan gaz desorbsiya qilinadi. Agar absorbsiya jarayoni atmosfera bosimida olib borilsa, u holda desorbsiya qilinuvchi komponent vakuum-nasos yordamida tortib olinadi. Eritma tarkibidagi desorbsiya qilinadigan komponentni butunlay ajratib olish uchun ko'pincha desorbsiya jarayonlari issiqlik berish bilan birgalikda past bosimda olib boriladi.

5.3. Adsorbsiya. Umumiy tushunchalar

Gaz yoki suyuq faza tarkibidagi bir yoki bir necha komponentlarni g'ovakli qattiq jism (adsorbent) tomonidan yutilish jarayoni *adsorbsiya* deb ataladi. Gaz yoki suyuq faza tarkibida bo'lib, adsorbsiya paytida yutilayotgan modda *adsorbiv* deb yuritiladi.

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, vino materiallari, spirt ishlab chiqarish va yog'-moy sanoatida bu jarayondan ko'p foydalaniladi. Bu usul yordamida xomashyo va mahsulotlarning sifatini ham yaxshilash mumkin.

Adsorbsiya, odatda, desorbsiya jarayonlari bilan uzviy bog'liq.

Qattiq jismning yuzasiga ta'sir qilayotgan kuchlarning tabiatiga ko'ra adsorbsiya ikki xil bo'ladi: *fizik adsorbsiya* va *xemosorbsiya*. Fizik adsorbsiya molekular 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. Bunda qattiq jism (ionit yoki ion almashtirgich) o'zining tarkibidagi ionlarni eritmadagi tegishli ionlar bilan almashtiradi.

5.3.1. Adsorbentlarni tanlash

Sanoat miqiyosida 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 adsorbivning miqdori; 3) adsorbentni regeneratsiyalash paytida yutilgan moddaning to'la ajralib chiqishi; 4) adsorbent granularining kerakli mustahkamlikka ega bo'lishi, chunki granularning buzilib ketishi jarayonning gidrodinamik holatini yomonlashtiradi; 5) yutilayotgan moddalarga nisbatan kimyoviy inertlikka ega bo'lishlik; 6) narxi arzon bo'lishi; 7) kamyob bo'lmasligi.

Adsorbentning tanlovchanligi va uni adsorbsion hajmi adsorbent va adsorbivning tabiatiga va molekularining 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 kattaliklar 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 oshiradi.

Adsorbent aktivligi adsorbsiya jarayonining shart-sharoitlari (temperatura, bosim, adsorbentning muhitdagi konsentratsiyasi)ga bog'liq bo'ladi. Temperaturaning kamayishi, bosimning ko'payishi (gaz va bug'lar uchun) va aralashmadagi kerakli komponentlar konsentratsiyasining ortishi bilan adsorbentning aktivligi ortadi.

Adsorbentlar zarracha ichidagi kapillar kanallarining kattaligiga qarab shartli ravishda makro, oraliq va mikrog'ovakli bo'ladi. Makrog'ovakli adsorbentlarning kapillar kanallarining effektiv radiuslari m. dan katta, oraliq g'ovaklilarniki $1,5-10^{-9}$ m. dan $0,5-10^{-7}$ m. gacha, mikrog'ovaklilarniki esa $5-10^{-10}-1-10^{-9}$ m. gacha bo'ladi.

Adsorbsiya jarayonining xususiyati adsorbent g'ovaklarning kattaligi bilan xarakterlanadi. Makrog'ovakli adsorbentlarning solishtirma yuzasi kichik bo'lgani uchun bunday adsorbentning devorlarida juda kam miqdorda modda yutiladi. Makrog'ovakli adsorbentlarda yutilayotgan molekular ularning kanallari orqali uzatiladi.

Oraliq g'ovakli adsorbentlarning yuzasida jarayon davomida yutilayotgan modda molekularining o'lchami g'ovaklar o'lchamidan kichik bo'lgani uchun yutilayotgan modda qatlami hosil bo'ladi. Mikrog'ovakli adsorbentlarda teshiklarning o'lchami yutilayotgan molekularning o'lchamiga teng bo'lib, adsorbsiya davomida mikrog'ovaklarning hajmlari yutilayotgan molekular bilan to'ladi.

Adsorbentning yuzasida yutilayotgan modda molekularining soniga nisbatan bir yoki ko'p molekular qatlami hosil bo'ladi. Bu jarayon *mono* yoki *polimolekulali adsorbsiya* deyiladi.

Adsorbentlar o'z aktivligidan qat'iy nazar zichligi, ekvivalent diametri, qatlam zichligi, mexanik mustahkamligi, granulometrik tarkibi, solishtirma yuzasi, g'ovakliligi, qatlamning erkin hajmi va boshqa kattaliklar bilan ifodalanadi.

Sanoatda adsorbent sifatida aktivlangan ko'mir, qattiq g'ovak-simon moddalar, silikagel, selluloza, seolitlar, tuproq jinslari va ion almashinuvchi sun'iy smolalar (ionitlar) ishlatiladi.

Aktivlangan ko'mir, yog'och, toshko'mir, qipiq hamda teri, qog'oz va go'sht ishlab chiqarish qoldiqlarini 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 m²/g, mikrog'ovaklarning hajmi 0,3—0,6 sm³/g, qatlam zichligi 380—600 kg/m³. Bunday ko'mir zarralarining o'lchami 1—7 mm. gacha bo'lgan kukun holatida ishlatiladi.

Aktivlangan ko'mirning tarkibi bir xil, yaxshi regeneratsiya qilinish qobiliyatiga ega, shu sababdan bunday adsorbentlarni ko'p marotaba ishlatish imkoniyati mavjud. Biroq kamchiliklardan ham xoli emas: narxi qimmat, yonuvchan. Aktivlangan ko'mir havoda 300 °C da, uning changlari esa 200 °C da yonadi va konsentratsiyasi 17—24 g/sm³ bo'lsa, havodagi kislorod bilan portlovchi birikma hosil qiladi.

Kremniy ikki oksidini termik va kimyoviy ishlash yo'li bilan silikagellar deb nomlangan adsorbentlar olish mumkin. Silikagellarning g'ovaklik darajasi ancha katta: solishtirma yuzasi 300—750 m²/g; g'ovaklarning hajmi 0,28—0,9 sm³/g; qatlam zichligi 500—800 kg/m³. Bu adsorbent bir qator muhim afzalliklarga ega: regeneratsiya jarayoni past temperatura (100—200 °C) da olib boriladi; yonish qobiliyatiga ega emas, mustahkam, tannarxi arzon.

Ko'p ishlatiladigan adsorbentlar qatoriga alumogel ham kiradi. Bunday adsorbent mineral xomashyo hisoblangan aluminiy gidroksidini termik qayta ishlash natijasida olingan aluminiyning aktiv oksidi (yoki alumogel) deb yuritiladi. Alumogel silikagellarga nisbatan kichik solishtirma yuzaga ega (180—200 m²/g), boshqa ko'rsatkichlari bo'yicha esa silikagellarga yaqin turadi.

Adsorbentlar sifatida seolitlar ham ko'p ishlatiladi. Bunday adsorbentlar tarkibida ishqor va ishqoriy-yer metallarining oksidlarini tutgan alumosilikatlar hisoblanadi. Seolitlar yuqori tanlovchanlikka ega. Seolitlar suyuqliklarni tozalash uchun mayda kristall kukun sifatida, gazlarni tozalash uchun esa sharsimon yoki granular holida ishlatiladi. Ba'zi seolitlarning g'ovaklari juda ingichka bo'lib, ularning o'lchami yutilayotgan modda molekulari o'lchamiga teng bo'ladi. Bu xildagi seolitlar molekular elak sifatida, ya'ni o'lchamlari g'ovaklarining kattaligidan kichik bo'lgan molekularlarni yutish uchun ishlatiladi. Seolitlarning suvni yutish qobiliyati katta bo'lgani sababli ular gazlarni quritishda hamda

suyuqlik va gazlarni tozalashda qo'llaniladi. Seolitning tarkibiga yutilgan suv juda harakatchandir. Bu suv qizdirish orqali yo'qotiladi va adsorbent sovigandan so'ng qaytadan suvni yutish qobiliyatini tiklaydi. Seolit donachalarining kattaligi 2—5 mm, qatlam zichligi esa 600—800 kg/m³ bo'ladi. Seolitlarning yutish qobiliyati g'ovaklarning solishtirma yuzasi bilan emas, balki g'ovaklarni adsorbentiv yordamida hajmiy to'ldirish qiymati orqali belgilanadi (0,2—0,25 sm³/g).

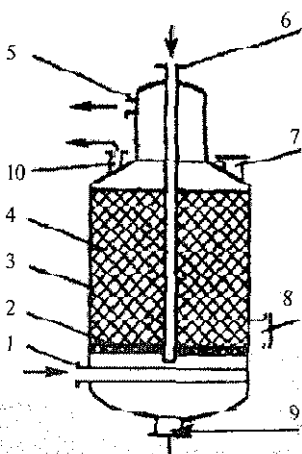
Sanoatda eritmalarni har xil pigmentlardan tozalash uchun adsorbent sifatida tuproq jinslari betonitlari ham ishlatiladi. Tuproq jinslari tabiatda ko'p tarqalgan bo'lib, narxi arzon, qatlam zichligi 400—450 kg/m³. Tuproq jinslarining solishtirma yuzasi sanoatda ishlatiladigan boshqa adsorbentlarga nisbatan ancha kichik (35—150 m²/g).

5.3.2. Adsorberlarning turlari

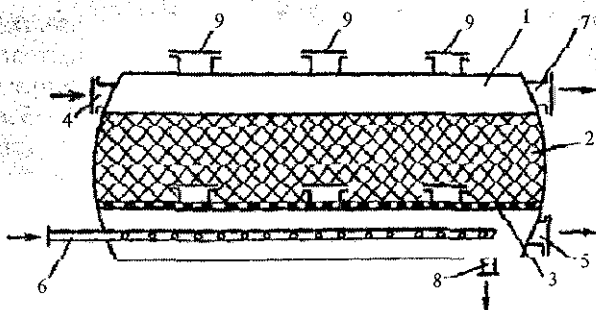
Ish rejimiga ko'ra adsorberlar davriy va uzluksiz ishlaydigan bo'ladi. Adsorbent qatlamining xususiyatiga ko'ra davriy adsorberlar o'zgarmas va mavhum qaynash qatlamli apparatlarga bo'linadi. Uzluksiz ishlaydigan qurilmalar esa harakatchan va mavhum qaynash qatlamli qurilmalarga bo'linadi.

5.7-rasmda davriy ishlaydigan vertikal adsorberning sxemasi ko'rsatilgan. Qobiq 3 ning ichidagi gaz taqsimlovchi tayanch panjara 2 ning ustida qo'zg'almas adsorbent qatlami 4 mavjud.

Gaz aralashmasi patrubka 6 orqali apparatga kirib, tayanch panjara 2 orqali adsorbent qatlamida tarqaladi. Tegishli komponent gaz fazasidan qattiq yuzaga yutiladi. Tozalangan gaz patrubka 5 orqali qurilmadan tashqariga chiqadi. Adsorbent luk 7 yordamida qurilmaga solinadi, luk 8 yordamida esa



5.7-rasm. Davriy ishlaydigan vertikal adsorberning sxemasi:
 1 — taqsimlovchi qurilma; 2 — gaz taqsimlovchi tayanch panjara; 3 — qobiq;
 4 — adsorbent qatlami; 5, 6 — yaxlit muhitning chiqishi va kirishi;
 7, 8 — adsorberni yuklash va tushirish uchun luklar; 9 — pastki patrubka;
 10 — bug'-gaz aralashmasi chiqadigan patrubka.



5.8-rasm. Davriy ishlaydigan gorizontal adsorberning sxemasi:

1 — qobiq; 2 — adsorbent qatlami; 3 — gaz taqsimlovchi tayanch panjara;
4 — gaz beriladigan patrubka; 5 — gaz chiqish patrubkasi; 6 — bug' kiradigan
patrubka; 7 — bug' aralashmasi chiqadigan patrubka; 8 — pastki patrubka;
9 — luklar.

qurilmadan tushiriladi. Desorbsiya qilish uchun taqsimlovchi qurilma (barbotyor) 1 yordamida o'tkir bug' beriladi. Desorbsiya paytida adsorbentda yutilgan komponent suv bug'i tarkibiga o'tadi va bug'-gaz aralashmasi sifatida patrubka 10 orqali qurilmadan chiqariladi. O'tkir bug'ning qisman kondensatsiyalanishi natijasida hosil bo'lgan kondensat patrubka 9 orqali qurilmadan chiqib ketadi.

Davriy ishlaydigan gorizontal adsorberning sxemasi 5.8-rasmda berilgan. Bu qurilmaning ishlash prinsipi vertikal adsorberdan farq qilmaydi, faqat silindrsimon qobiq gorizontal joylashgan bo'ladi.

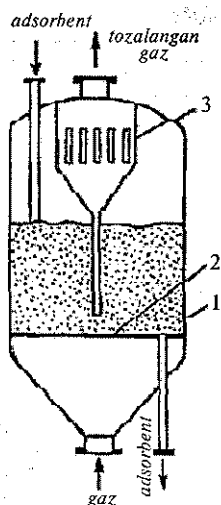
Davriy ishlaydigan adsorberlarda adsorbentning yutish sig'imidan to'la foydalanilmaydi. Desorbsiya jarayoni ham ushbu adsorberlarning o'zida olib boriladi. Natijada qurilmadan foydalanish darajasi kam bo'ladi. Bu kamchiliklardan uzluksiz ishlaydigan qurilmalar xolidir.

Odatda, davriy adsorbsiya jarayoni 4 ta bosqichda olib boriladi:

1) adsorbsiyaning o'zi; 2) desorbsiya; 3) adsorbentni quritish;
4) adsorbentni sovitish.

Bir necha (eng kammi bilan ikkita) davriy ishlaydigan adsorberlardan iborat qurilmaning ishini uzluksiz rejimda uyushtirish mumkin. Bunda qurilmalar ketma-ket adsorber yoki desorber vazifasini bajaradi. Bir rejimdan ikkinchi rejimga o'tish avtomatik ravishda amalga oshiriladi.

5.9-rasmda mavhum qaynash qatlamli adsorberning sxemasi berilgan. Bu qurilmada adsorbent mavhum qaynash holatida bo'ladi. Qurilma silindrsimon qobiq 1 dan iborat bo'lib, adsorbent uzluksiz ravishda gaz taqsimlovchi panjara 2 ustiga berilib turiladi. Gaz



5.9- rasm. Mavhum qaynash qatlamli adsorbentning sxemasi.

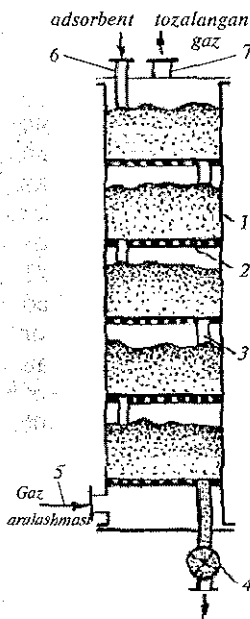
aralashmasi ma'lum kritik tezlik bilan panjaraning ostiga beriladi, so'ng adsorbent qatlamidan o'tib uni mavhum qaynash holatiga keltiradi. Adsorbsiya davomida tegishli komponentlar gaz aralashmasi tarkibidan qattiq fazaga yutiladi. Tozalangan gaz qurilmaning yuqorigi qismidagi shtutsër orqali chiqib ketadi. Adsorbentning ortiqchasi tushirish trubasi orqali chiqib ketadi.

Gaz oqimi bilan qo'shib ketayotgan adsorbentning mayda zarrachalari separator 3 yordamida ajratilib, qatlamga qaytariladi. O'zida yutiluvchi modda tutgan adsorbent boshqa qurilmada desorbsiya qilinadi. Regeneratsiya qilingan adsorbent qayta ishlatiladi.

Bu xildagi uzluksiz ishlaydigan bir kamerali adsorbentlar ayrim kamchiliklarga ega. Bunday qurilmada adsorbent zarrachalari yaxshi aralashadi, biroq ularning qatlamda bo'lish vaqti har xil. Natijada zarrachalarning yutilayotgan modda bilan to'yinish darajasi ham turlicha bo'ladi. Bunday kamchiliklarni yo'qotish uchun sanoatda ishlatiladigan qurilmalarning ko'pchiligi ko'p kamerali qilib tayyorlanadi.

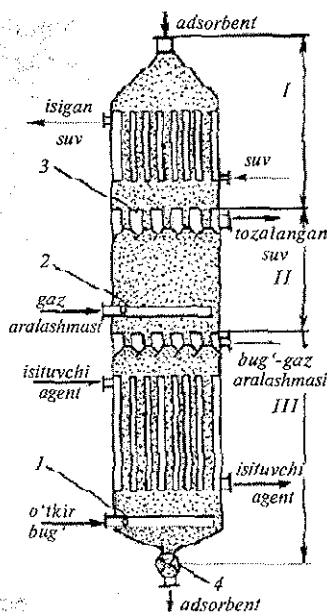
5.10-rasmda mavhum qaynash qatlami bilan uzluksiz ishlaydigan ko'p kamerali adsorbentning sxemasi berilgan. Bunday qurilma silindrsimon vertikal kolonna 1 dan iborat bo'lib, gaz taqsimlagichlar 2 yordamida bir necha kameralarga bo'lingan. Gaz aralashmasi patrubka 5 orqali kolonnaning pastki qismiga beriladi va ketma-ket gaz taqsimlagichlar yordamida pastki tarelkadan yuqorigi tarelka tomon harakatlanadi. Adsorbent zarrachalari quyilish trubkalari 3 orqali, gaz oqimiga qarama-qarshi yo'nalishda, yuqorigi tarelkalardan pastga tomon harakat qiladi. Adsorbent patrubka 6 orqali qurilmaga beriladi va tushirish mexanizmi 4 yordamida qurilmadan uzluksiz chiqarib turiladi. Tozalangan gaz esa patrubka 7 yordamida kolonnadan chiqariladi.

Bu qurilmalarda gaz aralashmasi uning ko'ndalang kesim yuzasi bo'ylab bir xil taqsimlanadi va fazalarning kontakt yuzasi ortadi. Natijada adsorbent zarrachalarining to'yinish darajasi yutilayotgan komponentga nisbatan bir xil va maksimal yutilish sig'imiga ega bo'ladi.



5.10- rasm. Uzlüksiz ishlaydigan ko'p kamerali adsorberning sxemasi:

1 — kolonna; 2 — gaz taqsimlovchi tarelkalar; 3 — quyilish trubkalari; 4 — tushirish mexanizmi; 5 — gaz kiradigan patrubka; 6 — adsorbent yuklanadigan patrubka; 7 — toza gaz oqimi chiqadigan patrubka.



5.11- rasm. Uzlüksiz ishlaydigan harakatchan qatlami adsorberning sxemasi:

I adsorbentni sovitish seksiyasi; II adsorbsiya seksiyasi; III regeneratsiya seksiyasi; 1, 2 — taqsimlovchi qurilmalar; 3 — taqsimlovchi tarelka; 4 — zatvor (tushirish mexanizmi).

5.11- rasmda uzlüksiz ishlaydigan harakatchan qatlami adsorberning sxemasi berilgan. Qattiq jism-gaz sistemalari uchun bunday qurilmalar balandligi bo'yicha bir necha seksiyalarga ajratilgan kolonna shaklida tayyorlanadi. Har bir seksiya ma'lum bir jarayonni amalga oshirish uchun moslashtiriladi. I seksiya adsorbentni sovitish uchun mo'ljallangan bo'lib, qobiq trubali issiqlik almashgich ko'rinishiga ega. Regeneratsiyadan qaytgan adsorbent zarrachalari trubalarning ichidan harakatlanadi. Sovituvchi suyuqlik trubalararo bo'shliqdan o'tadi.

II seksiya adsorberning o'zi bo'lib, bu yerda asosiy jarayon, ya'ni gaz fazasidan qattiq fazaga bir yoki bir necha komponentning yutilishi yuz beradi. Adsorbent zarrachalari taqsimlovchi tarelka

3 yordamida kolonnaning ko'ndalang kesimi bo'ylab sochib beriladi. Gaz aralashmasi taqsimlovchi qurilma 2 orqali II seksiyaga beriladi. Tozalangan gaz esa tarelka 3 ning ostida joylashgan patrubka orqali tashqariga chiqariladi. Ushbu seksiyada qattiq va gaz fazalari qarama-qarshi oqimda harakatlandi.

III seksiyada adsorbent regeneratsiya qilinadi. Bu seksiya ham I seksiyaga o'xshash qobiq-trubali issiqlik almashgich ko'rinishiga ega. Trubalarning ichki qismidan adsorbent zarrachalari harakat qiladi, trubalararo bo'shliqdan esa isituvchi agent o'tadi. Adsorbentni regeneratsiya qilish maqsadida taqsimlovchi qurilma 1 orqali o'tkir bug' yuboriladi. II va III seksiyalarning oralig'ida ham taqsimlovchi tarelka o'rnatilgan. Regeneratsiya paytida hosil bo'lgan bug'-gaz aralashmasi seksiyaning yuqorigi qismida joylashgan patrubka orqali tashqariga chiqariladi.

Regeneratsiya qilingan adsorbent maxsus zatvor 4 yordamida qurilmadan tushiriladi. U bug'ning qurilmadan chiqib ketmasligini ham ta'minlaydi. So'ngra pnevmotransport yordamida adsorbent uzluksiz ravishda qurilmaning yuqorigi seksiyasiga yuborib turiladi. Pnevmtansport adsorbent zarrachalarining qurishiga yordam beradi.

5.4. Suyuqliklarni haydash

Umumiy tushunchalar

Ikki yoki bir necha komponentlardan iborat bir jinsli suyuqlik aralashmalarini ajratishda *haydash* (distillash va rektifiklash) usuli ko'p ishlatiladi.

Agar boshlang'ich aralashma uchuvchan va uchmaydigan komponentlardan iborat bo'lsa, bug'latish orqali suyuqlikni tashkil etuvchi komponentlarga ajratish mumkin. Haydash yo'li bilan esa komponentlari turli uchuvchanlikka ega bo'lgan holda ham suyuq aralashmalarni ajratish mumkin bo'ladi. Haydash yo'li bilan suyuqliklarni ajratish bir xil temperaturada aralashma komponentlarining turlicha uchuvchanlikka ega bo'lishiga asoslangan. Shu sababli aralashma tarkibidagi hamma komponentlar o'zining uchuvchanlik xususiyatiga proporsional ravishda bug' holatiga o'tadi.

Misol tariqasida ikki, ya'ni yengil va qiyin uchuvchan komponentli binar aralashmani ajratishni ko'ramiz. Haydash natijasida hosil bo'lgan bug' nisbatan ko'p miqdorda yengil uchuvchan (yoki past temperaturada qaynaydi) komponentdan tashkil topgan.

Haydash natijasida suyuq faza tarkibida yengil uchuvchan komponent miqdori kamayadi, bug' fazasida esa ko'payadi. Bug'lanmay qolgan suyuqlik tarkibi, asosan, qiyin uchuvchan yoki yuqori temperaturada qaynaydigan komponentdan iborat.

Haydash jarayonida ajralib chiqqan bug' kondenslash jarayoniga uchraydi, hosil bo'lgan kondensat *distillat* yoki *rektifikat* deb ataladi. Bug'lanmay qolgan va qiyin uchuvchan komponentdan iborat suyuqlik *qoldiq* deb ataladi.

Bug' fazasining yengil uchuvchan komponent bilan boyish darajasi, asosan, haydash usuliga bog'liq. Suyuqliklarni haydashning ikkita prinsipial usuli bor: 1) *oddiy haydash* (distillash); 2) murakkab haydash (rektifiklash).

Aralashma komponentlarining uchuvchanliklari o'rtasidagi farq katta bo'lsa, bunda oddiy haydash usulidan foydalaniladi. Oddiy haydash paytida suyuqlikning bir marta qisman bug'lanishi yuz beradi. Odatda, bu usul suyuq aralashmalarni birlamchi ajratish hamda murakkab aralashmalarni keraksiz qo'shimchalardan tozalashda ishlatiladi.

Suyuq aralashmalarni rektifiklash yordamida ajratish kolonnali qurilmalarda olib boriladi. Bunda bug' va suyuqlik fazalari o'rtasida uzluksiz va ko'p marotabalik to'qnashish yuz beradi. Fazalar o'rtasida modda almashinish jarayoni yuzaga keladi. Suyuq fazadan yengil uchuvchan komponent bug' tarkibiga o'tadi, bug' fazasidagi uchuvchan komponent esa suyuqlikka o'tadi. Rektifikatsion kolonnaning yuqori qismidan chiqayotgan bug', asosan, yengil uchuvchan komponentdan iborat bo'lib, u kondensatsiyaga uchragandan so'ng ikki qismga ajraladi. Kondensatning birinchi qismi distillat yoki rektifikat (yuqorigi mahsulot) deb ataladi. Kondensatning ikkinchi qismi esa *qurilmaga qaytariladi va u flegma* deb ataladi. Qurilmaga qaytarilgan suyuqlik (flegma) pastdan ko'tarilayotgan bug' bilan uchrashadi. Kolonnaning pastki qismidan, asosan qiyin uchuvchan komponentdan iborat qoldiq uzluksiz ravishda chiqarib turiladi.

Rektifiklash jarayonidan spirt, vino, likor — araq va efir moylari ishlab chiqarishda foydalaniladi.

Aralashma komponentlarning qaynash temperaturalari bir-biriga yaqin bo'lsa, bunday aralashmalarni ajratish ancha qiyin hisoblanadi. Bunday hollarda haydashning maxsus usullari: ekstraktiv va azeotrop rektifiklash, molekular distillash va past temperaturali rektifiklash jarayonlaridan foydalaniladi.

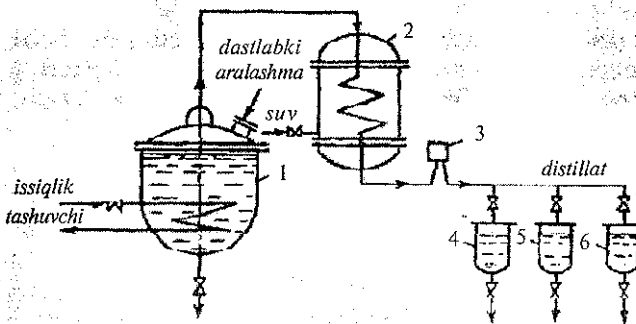
5.4.1. Oddiy haydash

Odatda, suyuq aralashmalarni birlamchi ajratish hamda murakkab aralashmalarni keraksiz qo'shimchalardan tozalash uchun oddiy haydash usulidan foydalaniladi.

Oddiy haydash quyidagi usullarga bo'linadi:

- 1) fraksiyali haydash;
- 2) deflegmatsiya bilan haydash;
- 3) suv bug'i bilan haydash.

Fraksiyali haydash. Har xil tarkibli mahsulot olishga mo'ljallangan suyuqliklarni ajratish usuli *fraksiyali haydash* deb ataladi. Suyuqliklarni fraksiyali haydash davriy yoki uzluksiz usullarda olib boriladi. Haydash kubidagi suyuqlik asta-sekin bug'latiladi. Hosil bo'lgan bug'lar kondensatorga yuboriladi. Agar haydash jarayoni davriy ravishda olib borilsa, u holda vaqt o'tishi bilan qoldiq suyuqlikdagi yengil uchuvchan komponentning va natijada distillatning tarkibidagi yengil uchuvchan komponentning ham miqdori kamaya boradi. Shu sababli har xil tarkibli distillatning fraksiyalari ajratib olinadi. Dastlabki aralashmaning ma'lum miqdori haydash kubiga solinadi. Haydash kubining ichiga zmeyevik joylashtirilgan, u orqali suv bug'i o'tadi. Suyuqlik qaynash temperaturasigacha isitiladi. Hosil bo'lgan bug'lar kondensator- sovitgichga yuboriladi. Distillat fraksiyalari tegishli idishlarga tushadi. Haydash tamom bo'lgandan so'ng, qoldiq suyuqlik haydash kubidan tushirib olinadi.



5.12-rasm. Fraksiyali haydash qurilmasining sxemasi.

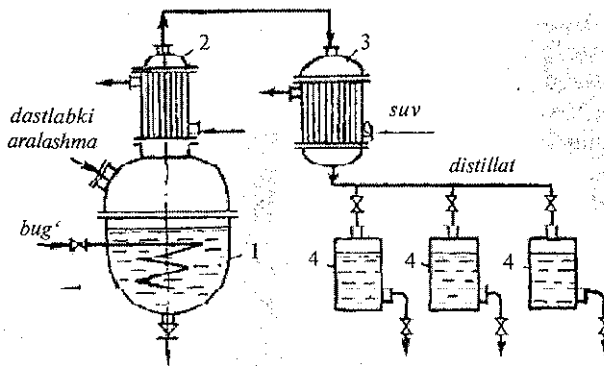
1 — haydash kubi; 2 — kondensator-sovitgich; 3 — kuzatish fonari;

4, 5, 6 — distillat yig'iladigan idishlar.

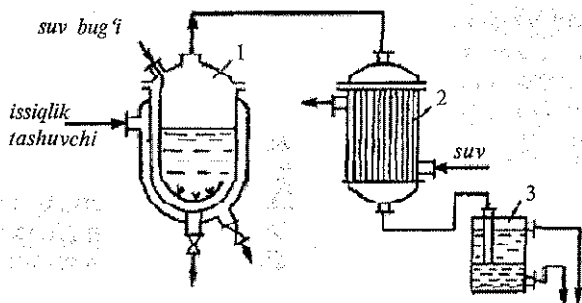
Oddiy haydash atmosfera bosimi yoki vakuum ostida olib borilishi mumkin. Vakuumni qo'llash natijasida issiqlikka chidamsiz aralashmalarni ajratib olish imkoni tug'iladi. Vakuum qo'llanganda eritmalarning qaynash temperaturasi pasayadi, shu sababli qaynash kubini isitishda past ko'rsatkichli suv bug'laridan foydalanish mumkin.

Deflegmatsiyali haydash. Suyuqlik aralashmasini ajratish darajasini oshirishda distillatning tarkibi deflegmator yordamida boyitiladi. Haydash kubidan chiqayotgan bug'lar deflegmatorga o'tadi, u yerda bug'lar qisman kondensatsiyalanadi. Asosan, bug'ning tarkibidagi qiyin uchuvchan komponent kondensatsiyalanadi va hosil bo'lgan suyuqlik (flegma) haydash kubiga qaytib tushadi. Yengil uchuvchan komponent bilan to'yingan bug'lar kondensator sovitgichga o'tadi va u yerda to'la kondensatsiyalanadi. Kondensat, o'z navbatida, tegishli idishlarga yuboriladi. Haydash jarayonining tugashi kubda qolgan suyuqlikning qaynash temperaturasi bo'yicha tekshiriladi. Odatda, qoldiq suyuqlik ma'lum tarkibga ega bo'lishi kerak. Tarkibida, asosan, qiyin uchuvchan komponent ushlagan qoldiq suyuqlik haydash kubining pastki qismida joylashgan shtutser orqali tegishli idishga tushiriladi.

Suv bug'i bilan haydash. Aralashmaning qaynash temperaturasini pasaytirishga vakuum ishlatishdan tashqari uning tarkibiga qo'shimcha komponentlar (suv bug'i yoki inert gaz) kiritish yo'li bilan ham erishish mumkin. Agar aralashmaning komponentlari



5.13- rasm. Deflegmatsiyali haydash qurilmasining sxemasi:
 1 — haydash kubi; 2 — deflegmator; 3 — kondensator-sovitgich;
 4 — yig'gichlar.



5.14- rasm. Suv bug'i bilan haydash qurilmasining sxemasi: 1— bug' g'illofli haydash kubi; 2 — kondensator-sovitgich; 3 — separator.

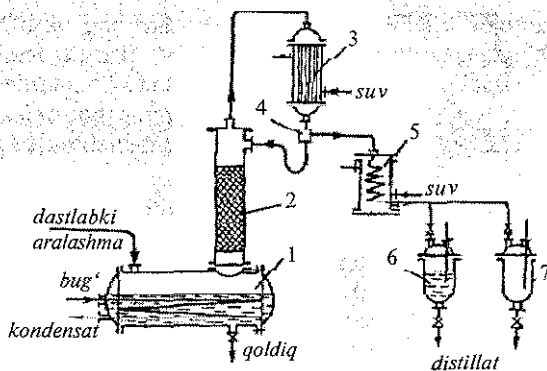
suvda erimasa, u holda haydash kubiga qo'shimcha komponent sifatida suv bug'i kiritiladi. Bu usulda 100°C dan yuqori temperaturalarda qaynaydigan moddalarning aralashmalarini ajratish uchun yoki ularni tozalashda foydalanish mumkin.

Suv bug'i bilan ishlaydigan haydash qurilmasining sxemasi 5.14-rasmda ko'rsatilgan. Bu qurilma haydash kubining qobig'iga kuchsiz bug' beriladi. Dastlabki aralashma haydash kubiga quyiladi, so'ngra barbotyor orqali o'tkir bug' yuboriladi. Aralashmaning bug'lanishidan hosil bo'lgan kondensat ko'rsatkich fonar orqali separatorga tushadi. Separatorning pastki qismidan gidravlik zatvor orqali suv chiqarib yuboriladi, yuqorigi qismidan esa suvda erimaydigan yengil komponent chiqariladi va maxsus idishga tushadi. Suv bug'i bilan haydash nomuvozanat holatda olib boriladi. Bu jarayonda o'tkir bug' ikki xil (issiqlik tashuvchi va qaynash temperaturasini pasaytiruvchi) vazifani bajaradi. Jarayonni davriy yoki uzluksiz usul bilan olib borish mumkin.

5.4.2. Binar aralashmalarni rektifiklash

Ko'p marta bug'latish jarayonini ko'p pog'onali qurilmalarda olib borish mumkin. Biroq ular ayrim kamchiliklarga ega: o'lchami katta, yuqori konsentratsiyali moddalar (distillat yoki qoldiq) ning chiqishi kam, atrof-muhitga ko'p miqdorda issiqlik yo'qoladi.

Suyuq aralashmalarni birmuncha ixcham rektifikatsion kolonnalarda to'la holda komponentlarga ajratish ancha tejamlidir. Rektifiklash jarayoni davriy va uzluksiz ravishda, bosimning turli qiymatlarida (atmosfera bosimi ostida, vakuumda, atmosfera



5.15- rasm. Davriy ishlaydigan rektifiklash qurilmasining sxemasi:
 1 — haydash kubi; 2 — rektifiklash kolonnasi; 3 — deflegmator; 4 — ajratkich;
 5 — sovitgich; 6, 7 — yig'gichlar.

bosimidan yuqori bosimda) olib boriladi. Yuqori temperaturalarda qaynaydigan moddalarning aralashmalarini ajratishda vakuum ishlatish maqsadga muvofiqdir. Normal temperaturalarda gaz holatida bo'lgan aralashmalar ajratilganda atmosfera bosimidan yuqori bo'lgan bosim ostida ishlaydigan qurilmalardan foydalaniladi.

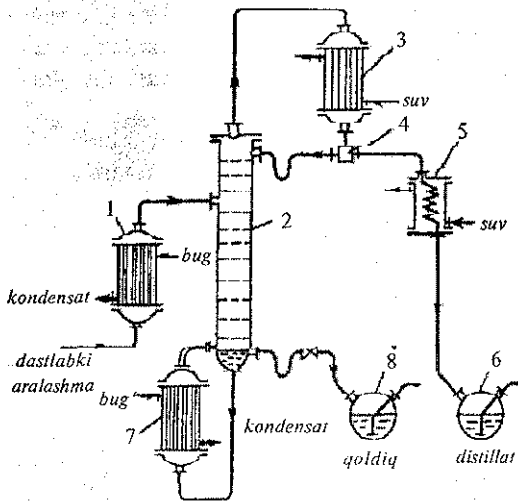
Kichik ishlab chiqarishlarda davriy ishlaydigan rektifiklash qurilmalari ishlatiladi (5.15-rasm). Dastlabki aralashma haydash kubiga beriladi. Kub ichiga isituvchi zmayevik joylashtirilgan bo'lib, aralashma qaynash temperaturasigacha isitiladi. Hosil bo'lgan bug'lar rektifiklash kolonna oxirgi tarelkasining pastki qismiga o'tadi. Bug' kolonna bo'ylab ko'tarilgan sari yengil uchuvchan komponent bilan to'yinib boradi. Deflegmatordan kolonnaga qaytgan bir qism distillat *flegma* deb ataladi. Flegma (suyuq faza) kolonnaning eng yuqori tarelkasiga beriladi va pastga qarab harakatlanadi. Suyuq faza pastga harakat qilishida o'z tarkibidagi yengil uchuvchan komponentni bug' fazasiga beradi. Bug' va suyuq fazalarning bir necha bor o'zaro kontakti natijasida bug' fazasi yuqoriga harakat qilgani sari yengil uchuvchan komponent bilan to'yinib borsa, suyuqlik esa pastga tomon harakat qilgani sari tarkibida qiyin uchuvchan komponentning miqdori oshib boradi.

Kolonnaning yuqorigi qismidan bug'lar deflegmatorga o'tadi. U yerda to'la yoki qisman kondensatsiyaga uchraydi. Bug'lar to'la kondensatsiyalaganda hosil bo'lgan suyuqlik ajratgich yordamida ikki qism (distillat va flegma)ga ajraladi. Oxirgi mahsulot (distillat)

sovitgichda sovitilgandan so'ng, yig'ish idishiga yuboriladi. Kubda qolgan qoldiq suyuqlik kerakli tarkibga erishgandagina jarayon to'xtatiladi, qoldiq tushiriladi va sikl qaytadan boshlanadi. Qoldiqning tegishli tarkibga ega bo'lishini uning qaynash temperaturasisiga qarab aniqlanadi.

Uzluksiz ishlaydigan rektifiklash qurilmalari. Bunday qurilmalar sanoatda ko'p ishlatiladi. Uzluksiz ishlaydigan bunday qurilmaning prinsipial sxemasi 5.16-rasmda ko'rsatilgan qurilmaning asosiy qismi rektifikatsion kolonnadir. Kolonna silindrsimon shaklda bo'lib, uning ichiga tarelkalar yoki nasadkalar joylashtirilgan bo'ladi. Dastlabki aralashma isitkichda qaynash temperaturasisigacha isitiladi, so'ngra kolonnaning ta'minlovchi tarelkasiga yuboriladi.

Ta'minlovchi tarelka qurilmani ikki qismga (yuqorigi va pastki kolonnaga) bo'ladi. Yuqorigi kolonnada bug'ning tarkibi yengil uchuvchan komponent bilan boyib boradi, natijada tarkibi toza yengil uchuvchan komponentga yaqin bo'lgan bug'lar deflegmatorga beriladi. Pastki kolonnadagi suyuqlik tarkibidan maksimal miqdorda yengil uchuvchan komponentni ajratib olish kerak. Bunda qaynatgichga kirayotgan suyuqlikning tarkibi, asosan, toza holdagi qiyin uchuvchan komponentga yaqin bo'ladi.



5.16- rasm. Uzluksiz ishlaydigan rektifikatsion qurilma sxemasi:

- 1— isitkich; 2— rektifiklash kolonnasi; 3— deflegmator; 4— ajratkich;
5— sovitgich; 6— distillat yig'gich; 7— qaynatkich; 8— qoldiq mahsulotni yig'gich.

Shunday qilib, kolonnaning yuqorigi qismi bug‘ tarkibini oshiruvchi qism yoki *yuqorigi kolonna* deb ataladi. Kolonnaning pastki qismi esa suyuqlikdan yengil uchuvchan komponentni maksimal darajada ajratuvchi qism yoki *pastki kolonna* deb ataladi.

Kolonnaning pastidan yuqoriga qarab bug‘lar harakatlanadi, ular kolonnaning pastki qismiga qaynatkich (issiqlik almashinish qurilmasi) orqali o‘tadi. Qaynatkich, odatda, kolonnaning tashqarisida yoki uning pastki qismida joylashgan bo‘ladi. Bu issiqlik almashinish qurilmasida bug‘ning yuqoriga yo‘nalgan oqimi hosil qilinadi. Kolonnaning yuqori qismidan pastga qarab suyuqlik harakatlanadi. Bug‘lar deflegmatorda kondensatsiyaga uchraydi. Deflegmator sovuq suv bilan sovitiladi. Hosil bo‘lgan suyuqlik ajratkichda ikki qismga ajraladi. Birinchi qism flegma kolonnaning yuqori tarelkasiga beriladi. Shunday qilib, kolonnada suyuq fazaning pastga yo‘nalgan oqimi yuzaga keladi. Ikkinchi qism — distillat sovitilgandan so‘ng yig‘gichga yuboriladi.

Deflegmatorda bug‘lar to‘la yoki qisman kondensatsiyaga uchraydi. Birinchi holda kondensat ikkiga bo‘linadi. Birinchi qism flegma qurilmaga qaytariladi, ikkinchi qism esa distillat (rektifikat) yoki yuqori mahsulot sovitgichda sovitilgandan so‘ng, yig‘ish idishiga yuboriladi. Ikkinchi holda esa deflegmatorda kondensatsiyaga uchramagan bug‘lar sovitgichda kondensatsiyalanadi va sovitiladi: bu holda ushbu issiqlik almashinish qurilmasi distillat uchun kondensator — sovitgich vazifasini bajaradi.

Kolonnaning pastki qismidan chiqayotgan qoldiq ham ikki qismga bo‘linadi. Birinchi qism qaynatgichga yuboriladi, ikkinchi qism (pastki mahsulot) esa sovitgichda sovitilgandan so‘ng yig‘ish idishiga tushadi.

Rektifiklash qurilmalari, odatda, nazorat-o‘lchov va boshqaruv asboblari bilan jihozlangan bo‘ladi. Bu asboblarning yordamida qurilmaning ishini avtomatik ravishda boshqarish va jarayonni optimal rejimlarda olib borish imkoni tug‘iladi.

5.4.3. Rektifikatsiya kolonnalarining tuzilishi

Rektifikatsiya kolonnalari (rektifikatsiya kolonnasi yoki rektifiklash kolonnasi) ikki turga bo‘linadi: 1) pog‘onali kontaktli qurilmalar (tarelkali kolonnalar); 2) uzluksiz kontaktli qurilmalar (plyonkali va nasadkali kolonnalar). Tarelkali, nasadkali va ayrim plyonkali qurilmalar ichki tuzilishi (tarelka, nasadka)ga ko‘ra absorbsion

kolonnalarga o'xshash bo'ladi. Rektifiklash kolonnalarini hisoblash ham bir xil tipdagi absorbsion qurilmalarni hisoblashdan farq qilmaydi. Faqat dastlab yuqorigi va pastki kolonna alohida hisoblanadi, so'ngra rektifikatsion qurilmaning umumiy ish balandligi aniqlanadi. Rektifikatsion kolonnalar qo'shimcha issiqlik almashinish qurilmalari (isitkich, qaynatkich, haydash kubi, deflegmator, kondensator, sovitgich) bilan ta'minlangan bo'ladi. Bundan tashqari, ular atrof-muhitga tarqaladigan issiqlikning yo'qolishini kamaytirish uchun issiqlik himoya qatlami bilan qoplanadi.

Bunday qurilmalarda, asosan, yetti xil tipdagi kontakt tarelkalari ishlatiladi:

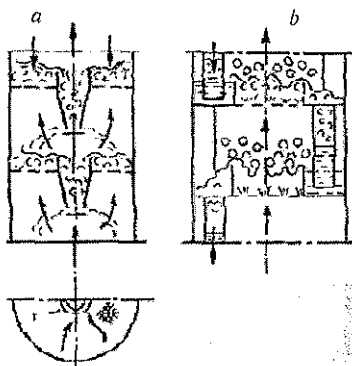
1) g'alvirsimon; 2) g'alvirsimon-klapanli; 3) klapanli; 4) jaluzali-klapanli; 5) qalpoqchali; 6) g'alvirsimon ko'p quyilishli; 7) panjarali. Tarelkalar oralig'idagi masofa $h=200-1200$ mm. gacha bo'lishi mumkin, ko'pincha h ning qiymati 200; 300; 400; 500 va 600 mm. ga teng qilib olinadi.

5.17-rasmda suyuq va gaz (bug') fazalari o'rtasida intensiv rejimlarni ta'minlab beruvchi tarelkalarining ayrim turlari ko'rsatilgan. Ikkita zonali kontaktga ega tarelkada (5.17-rasm, *a*) bug' suyuqlik plyonkasi tarelkadan quyilayotgan joyda qo'shimcha kontaktga uchraydi va tarelkadagi suyuqlik qatlamidan o'tayotgan

paytda esa barbotajli rejim hosil qiladi. Bu holat jarayon tezligining ortishiga olib keladi.

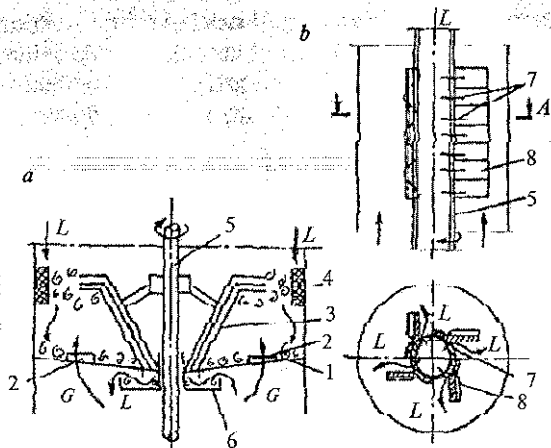
5.17-rasm, *b* da ko'rsatilgan kontakt qurilmada sharlar qatlamidan foydalanilganda tarelkalar oralig'idagi bo'shliqda suyuqlikning birbiridan ajratilgan zich plyonkalar hosil bo'ladi. Natijada bunday kolonnadagi gaz (yoki bug') ning tezligini g'alvirsimon tarelkalarga nisbatan 3-4 marta ko'paytirish imkoni yuzaga keladi.

Rotorli qurilmalarda ham fazalar o'rtasida intensiv kontaktli rejim uyushtiriladi. 5.18-rasmda rotorli qurilmalarning



5.17-rasm. Intensiv kontaktli tarelkalarining turlari:

a — fazalarning ikki zonali kontaktiga ega tarelkalar; *b* — qo'zg'atuvchan sharsimon nasadkali tarelkalar.



5.18 -rasm. Rotorli qurilmalarning kontakt qurilmalari (a, b):
 1 — tarelka; 2 — patrubbkalar; 3 — aylanuvchi konus; 4—tomchi
 qaytargich; 5 — val; 6 — quyilish qurilmasi; 7 — valdagi teshiklar;
 8 — to'liqsimon parraklar.

ikki xil kontakt qurilmalari ko'rsatilgan. Ularda markazdan qochma kuch maydoni hosil qilinib, suyuqlik valdagi teshiklar orqali sochib beriladi. Rotorli qurilmalar issiqlikka bardoshsiz sistemalarni vakuum ostida rektifiklash uchun qo'llaniladi. Bunday qurilmalarning gidravlik qarshiligi kam, biroq rotorni aylantirish uchun qo'shimcha energiya talab qilinadi.

Distillovchi va rektifiklash qurilmalari ishini intensivlash uchun energetik xarajatlarni kamaytirish, intensiv gidrodinamik rejimlarni tashkil qilishda esa optimal shart-sharoitlar yaratilishi maqsadga muvofiq bo'ladi.

Energetik xarajatlarni kamaytirish uchun quyidagi ishlar amalga oshirilishi kerak: 1) rektifiklash kolonnalarini yaxshi issiqlik himoya qatlami bilan qoplash; 2) jarayonni optimal flegma soni bilan olib borish; 3) ikkilamchi issiqlik oqimlaridan ishlab chiqarish ehtiyojlarini qondirish uchun foydalanish; 4) mumkin bo'lgan sharoitda qurilmaning kubida suyuqlikni bug'latish uchun o'tkir bug'ni ishlatish; 5) issiqlik nasosini qo'llash; 6) ayrim sharoitlarda, masalan, azeotrop aralashmalarni rektifiklash paytida har xil bosim bilan ishlaydigan ikki (yoki ko'p) kolonnali qurilmalardan foydalanish.

5.5. Qattiq materiallarni ekstraklash va eritish

Umumiy tushunchalar

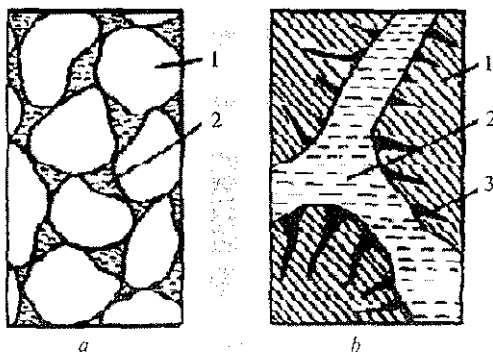
G'ovaksimon murakkab qattiq jismlar tarkibidan bir yoki bir necha komponentlarni erituvchilar yordamida ajratib olish *ekstraklash* deb ataladi. Odatda, ajratib olinishi lozim bo'lgan komponent qattiq moddaning tarkibida qattiq yoki erigan holda uchraydi (5.19-rasm). Jarayonni amalga oshirish uchun tegishli erituvchi tanlab olinadi.

Ekstraklash paytida tegishli komponent qattiq fazadan diffuziya orqali suyuq fazaga o'tadi. Biroq bunda murakkab qattiq jismning negizi o'zgarmay qoladi, ya'ni u inert — tashuvchi vazifasini o'taydi.

Qattiq jismlarni ekstraklash jarayoni sanoatning turli tarmoqlarida ishlatiladi. Oziq-ovqat sanoatida qand, o'simlik moylari, sharbatlar, vitaminlarni olishda ekstraklash usullaridan ko'p foydalaniladi.

Oziq-ovqat sanoatida qattiq jismlarni suyuqlikda eritish jarayoni ham ko'p ishlatiladi. Qattiq jismning suyuq fazaga to'la o'tishi *eritish* deb ataladi. Bu jarayonda qattiq jismning erimay qoladigan inert negizi bo'lmaydi.

Qattiq jismlarni ekstraklash va eritish jarayonlarining umumiy va bir-biridan farq qiladigan tomonlari bor. Umumiy tomoni



5.19-rasm. G'ovaksimon jismlarning tuzilish sxemasi: *a* — erigan moddani ajratib olish; *b* — qattiq moddani ajratib olish; 1 — inert negiz; 2 — g'ovaklar ichidagi suyuqlik; 3 — qattiq eruvechan modda.

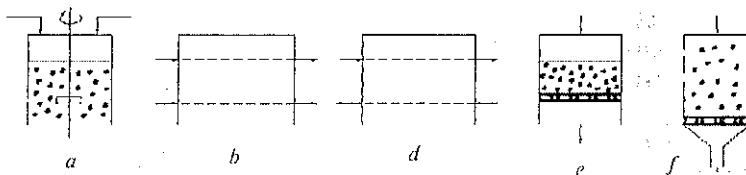
shundaki, ikkala jarayon ham qattiq jism — suyuqlik sistemasida olib boriladi. Ularning bir-biridan farqini quyidagicha tushuntirish mumkin. Ekstraklash jarayoni ikki bosqich: moddaning qattiq zarachalari ichki qismdan tashqi yuzaga diffuziya yo‘li bilan o‘tishi; moddaning diffuziya jarayoni tufayli qattiq zarracha yuzasidan chegara qatlam orqali suyuqlikning asosiy massasiga o‘tishidan iborat. Eritish jarayonining tezligi faqat ikkinchi bosqichning qarshiligiga bog‘liq, chunki birinchi bosqichda qarshilik bo‘lmaydi. Shu sababli eritish jarayoni ekstraklashga nisbatan ancha tez boradi.

Oziq-ovqat sanoatida erituvchilar sifatida ko‘pincha suv, ekstraklovchi benzin va spirt ishlatiladi.

5.5.1. Qattiq va suyuq fazalarning o‘zaro ta’sirlanish usullari

Qattiq jism va suyuqlikning o‘zaro ta’sirlanishiga ko‘ra, oziq-ovqat sanoatida ishlatiladigan ekstraklash va eritish jarayonlari quyidagi turlarga bo‘linadi: 1) cheklangan hajmli davriy; 2) parallel to‘g‘ri yoki qarama-qarshi yo‘nalishli; 3) qo‘zg‘almas qatlamli va 4) mavhum qaynash qatlamli (5.20-rasm).

Cheklangan hajmli davriy jarayon, odatda, mexanik yoki pnevmatik aralastirgichi bo‘lgan qurilmalarda olib boriladi. Qattiq zarrachalar aralastirgich yordamida turli tezlikda har tomonga qarab harakatlana boshlaydi. Qattiq zarrachalar harakatining inersiya kuchi ta’sirida suyuqlik vaqt o‘tishi bilan o‘zgaruvchan tezlikda harakatlanadi. Bunday inersiya rejimida ekstraklash yoki eritish jarayonini tezlatish uchun kerakli shart-sharoit yaratiladi. Jarayon muvozanat holatiga yaqinlashgan sari qattiq jismdagi diffuziya bo‘layotgan moddaning



5.20-rasm. Qattiq jismlarni ekstraklash va eritish usullari: *a* — cheklangan hajmli davriy; *b* — parallel yo‘nalishli; *d* — qarama-qarshi yo‘nalishli; *e* — qo‘zg‘almas qatlamli; *f* — mavhum qaynash qatlamli.

konsentrasiyasi kamayib boradi, natijada harakatlantiruvchi kuchning qiymati ham kamayadi. Ekstraklash davomida suyuqlikka o'tgan moddaning miqdori esa ko'payadi. Demak, cheklangan hajmda olib boriladigan jarayon noto'g'ri jarayon hisoblanadi.

Aralashtirgichli qurilmalarda olib boriladigan cheklangan hajmli jarayonlar davriy jarayonlarga xos bo'lgan ayrim kamchiliklarga egaligi sababli ularning samaradorligi kam.

Parallel yoki qarama-qarshi yo'nalishli jarayonlar uzluksiz ishlaydigan qurilmalarda olib borilishi sababli oziq-ovqat sanoatida ko'p ishlatiladi. Parallel yo'nalishli jarayonlarda qattiq material va erituvchi bir tomonga harakatlanadi. Bunda ekstraklash yoki eritish jarayoni ketma-ket joylashgan bir necha aralashtirgichli qurilmalarda olib boriladi. Qattiq material va erituvchining o'zaro ta'siri natijasida hosil bo'lgan aralashma (pulpa) bir qurilmadan ikkinchisiga o'z-o'zicha oqib o'tadi. Bu sxema bo'yicha jarayonning harakatlantiruvchi kuchi bir pog'onadan ikkinchisiga o'tishi bilan kamaya boradi. Odatda, pog'onalarining soni 3—6 tadan ortmaydi. Parallel yo'nalishli qurilmalarda qattiq materiallar tarkibidan ajralishi kerak bo'lgan modda biroz katta miqdorda ajratib olinadi.

Uzluksiz jarayonlarni qarama-qarshi yo'nalishda olib borish ancha yuqori samara beradi. Bu prinsipda ishlaydigan qurilmalarda qattiq material va suyuqlik bir-biriga qarama-qarshi tomonga harakatlanadi. Qurilmaning oxirgi apparatiga toza erituvchi beriladi. Bu yerda tarkibida ajratib olinayotgan komponent kam qolgan qattiq material toza suyuqlik bilan o'zaro ta'sir ettiriladi. Qurilmaning birinchi apparatida esa dastlabki qattiq material konsentratsiyasi yuqori bo'lgan eritma bilan aralashadi. Natijada qurilmalar bir tekisda yaxshi ishlaydi. Eritmaning konsentratsiyasi ortadi, erituvchining sarfi va qurilmaning ish unumdorligi ko'payadi.

Qo'zg'almas qatlamli jarayonda donasimon qattiq material qatlamidan suyuqlik (erituvchi) o'tadi. Bunda filtrlanish jarayoni yuz beradi. Ekstraklanish jarayonida qattiq material qatlamining balandligi o'zgaradi. Qattiq materiallarni eritish jarayonida qatlamning balandligi vaqt davomida o'zgaradi. Bu jarayon davriy ravishda olib boriladi. Qattiq material zarrachalari qatlamining har bir nuqtasidagi va qatlamdan chiqayotgan suyuqlik konsentratsiyalari doim o'zgarib turadi. Shu sababli o'zgarmas qatlamli jarayonlar noturg'un hisoblanadi.

Qo'zg'almas qatlamli jarayonlar ba'zi afzalliklarga ega: ekstraklash qurilmalari oddiy tuzilishgan; pulpani ajratish va cho'kmani yuvish uchun qo'shimcha qurilmalar talab qilinmaydi; ekstraklash jarayoni filtrlash orqali olib borilgani sababli ekstrakt ancha toza olinadi, qurilmalarning ish unumi yuqori; hosil bo'lgan ekstrakt eritmasining konsentratsiyasi esa yuqori bo'ladi.

Bu usul kamchiliklardan ham xoli emas: qo'zg'almas qatlam katta gidravlik qarshilikka ega; ushbu jarayonni amalga oshirish uchun qattiq material bir xil kattalikdagi mayda zarrachalarga bo'lingan bo'lishi kerak.

Mavhum qaynash qatlamli jarayonda qattiq materialning zarrachalari suyuqlik ta'sirida mavhum qaynash holatiga keltiriladi. Qattiq material zarrachalarining qatlami qurilmaning g'alvirsimon to'sig'i ustiga joylashgan bo'ladi. Suyuqlik (erituvchi) ma'lum kritik tezlik bilan qattiq material qatlamining pastidan beriladi, bunda qattiq zarrachalar har tomonga harakatlanadi. Suyuqlik, albatta, turbulent oqim bilan harakatlanadi. Ekstraklash davomida qattiq zarrachalarning barcha yuzasi erituvchi bilan o'zaro ta'sirlashadi, natijada qattiq va suyuq fazalar o'rtasidagi modda almashinish jarayoni tez boradi.

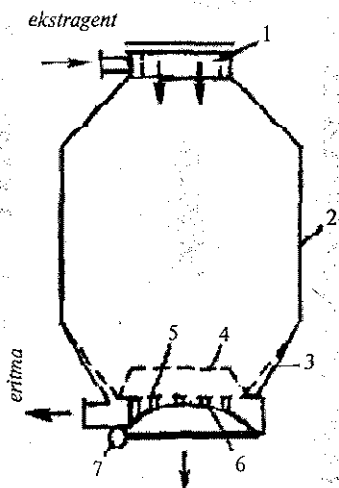
Mavhum qaynash qatlamli jarayonlar asosida ishlaydigan qurilmalar oddiy tuzilgan, ularning massasi kam, ekstraksiyalash yoki eritish jarayoni katta tezlik bilan boradi.

Har bir berilgan sharoit uchun texnik iqtisodiy hisoblashlar orqali tegishli usul qabul qilinadi.

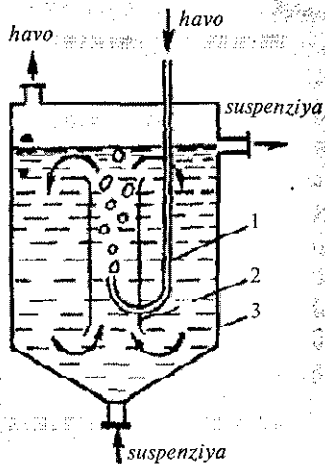
5.5.2. Ekstraklash qurilmalarining tuzilishi

Qattiq materiallarni ekstraklash (ekstraksiyalash) va eritish jarayonlarini amalga oshirish uchun ishlatiladigan qurilmalarga quyidagi talablar qo'yiladi: 1) qurilmaning ish hajmi birligiga to'g'ri keladigan ekstraktning miqdori; 2) hosil bo'layotgan eritmaning konsentratsiyasi iloji boricha yuqori bo'lishi va 3) oxirgi eritma hajmi birligiga to'g'ri keladigan energiya sarfi kam bo'lishi lozim.

Ekstraktor va eritgichlar davriy va uzluksiz ishlaydigan qurilmalarga bo'linadi. Fazalarning o'zaro yo'nalishiga ko'ra, ular parallel, qarama-qarshi yo'nalishli va aralash yo'nalishli qurilmalarga ajratiladi. Suyuqlikning qattiq zarrachalar atrofini aylanib o'tish



5.21-rasm. Qo'zg'almas qatlamli ekstraktor: 1 — ekstragentni tarqatuvchi to'siq; 2 — qobiq; 3, 4, 5 — g'alvirsimon to'siqlar; 6 — qopqoq; 7 — qopqoq o'qi.



5.22-rasm. Pnevmatik aralashtirish usuli bilan ishlaydigan ekstraktor: 1 — havo beruvchi truba; 2 — markaziy sirkulatsiya trubasi; 3 — qobiq.

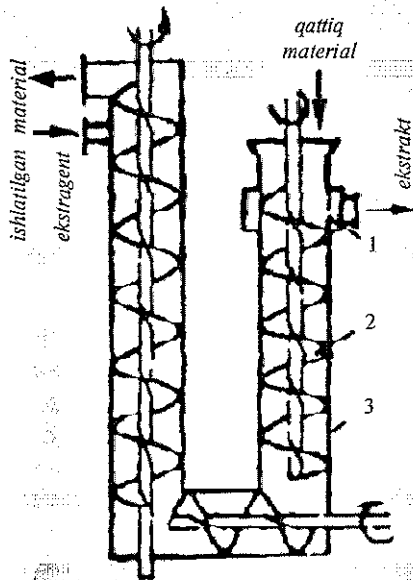
tezligini hosil qilish usuliga ko'ra o'zgaras, mexanik aralashtirgichi bo'lgan va mavhum qaynash qatlamli qurilmalarga bo'linadi.

Davriy ishlaydigan qurilmalarning ish unumi kichikligi sababli ular kichik hajmli ishlab chiqarishlarda ishlatiladi. Sanoatda, asosan, uzluksiz ishlaydigan qurilmalardan ko'p foydalaniladi. Ekstraktorlar va eritgichlar prinsipial jihatdan bir-biridan farq qilmaydi. Agar qurilma qattiq materiallarni ekstraktlash uchun ishlatilsa, *ekstraktor* deb ataladi. Bu qurilma qattiq moddalarni eritish uchun ishlatilsa, u holda eritgich deb yuritiladi.

Sanoatda qattiq materiallarni ekstraktlash uchun turli apparatlar ishlatiladi. Ularni tanlashda qattiq fazaning turi (zarrachalarning o'lchami va shakli) va hosil bo'lgan ekstraktning konsentratsiyasi yoki materialdan mahsulotning chiqishi hisobga olinadi.

Ayrim ishlab chiqarishlarda qo'zg'almas qatlamli davriy ishlaydigan ekstraktorlar (diffuzorlar) ishlatiladi (5.21-rasm). Bunday diffuzorda qattiq material qo'zg'almas bo'lib, erituvchi qurilmaning yuqorigi qismidan maxsus tarqatuvchi to'siq orqali beriladi va qatlamdan filtrlanib o'tadi. Qattiq material tarkibidan

tegishli komponent suyuqlik tarkibiga o'tadi. Diffuzorning pastki qismida g'alvirsimon to'siqlar joylashgan. Qattiq material qoldig'ini qurilmadan tushirish uchun pastki qopqog va g'alvirsimon to'siqlar qopqog'ining o'qi atrofida aylanadi. Uzluksiz ish texnologiyasini tashkil qilish uchun davriy ishlaydigan bir necha diffuzorlar (ularning soni 16 tagacha boradi) ketma-ket ulanadi, bunda batareya hosil bo'ladi. Erituvchi esa material yo'nalishiga qarama-qarshi yo'nalishda ketma-ket hamma qurilmalardan o'tadi. Batareyada tegishli issiqlik rejimini tashkil qilish uchun



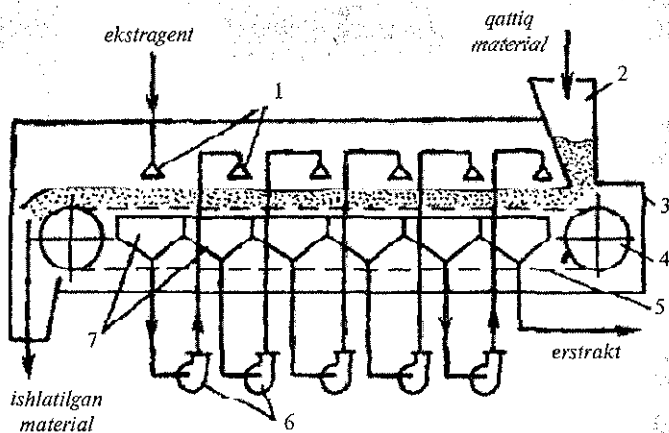
5.23-rasm. Shnekli ekstraktor:
1 — ajratuvchi g'alvir; 2 — shnek;
3 — qobiq.

qo'shni diffuzorlarda issiqlik almashinish qurilmalari joylashtiriladi.

Pnevmatik aralashtirish usuli bilan ishlaydigan ekstraktorlar ham keng tarqalgan (5.22-rasm). Qattiq material va suyuqlik aralashmasi (suspenziya) qurilmaning pastki qismidan beriladi. Sirkulatsiya trubasiga siqilgan havo berib aralashmaning qurilmada yaxshi aralashuvini ta'minlash mumkin. Pnevmatik aralashtirgichli qurilmalar davriy va uzluksiz ishlaydigan texnologik jarayonlarda ishlatiladi.

Qattiq va suyuq fazalarni shnekli qurilma yordamida bir-biriga qarama-qarshi yo'nalishda harakatlantirish mumkin. 5.23-rasmda uzluksiz ishlaydigan uchta shnekli ekstraktorning sxemasi ko'rsatilgan.

5.24-rasmda uzluksiz ishlaydigan lentali ekstraktor ko'rsatilgan. Qattiq material qatlami ma'lum qalinlikda lentali transportyorning ustida harakatlanadi. Bunday ekstraktor bir necha qismlarga bo'linadi. Toza erituvchi (ekstragent) chap tomondagi sochib beruvchi



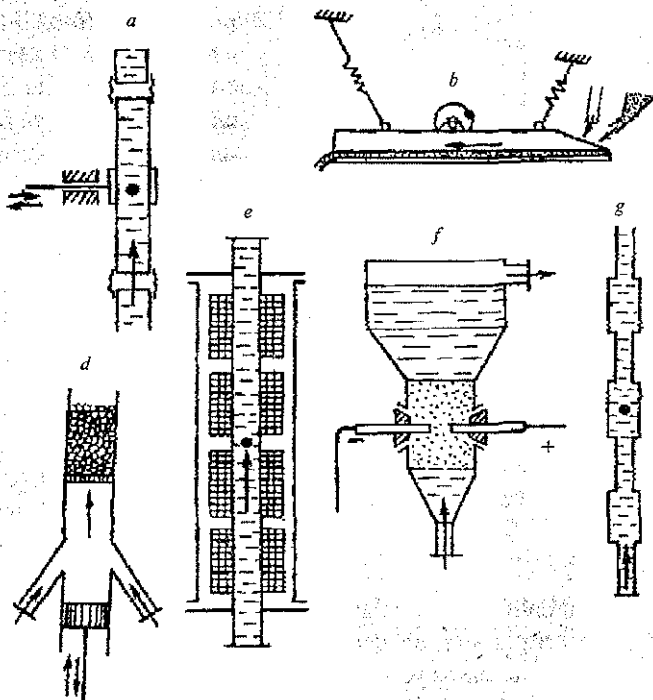
5.24 -rasm. Lentali ekstraktor:

- 1 — sohib beruvchi qurilmalar; 2 — bunker; 3 — qobiq;
 4 — baraban; 5 — lentali transportyor; 6 — nasoslar;
 7 — yig'gichlar.

qurilmaga uzatiladi. U harakat qilib turadigan qatlamdan o'tadi va to'yinmagan eritma sifatida qabul qiluvchi idishga tushadi. Bu to'yinmagan eritma nasos yordamida qurilmaning oldingi qismiga sohib beruvchi qurilma orqali uzatiladi va sikl shu tarzda takrorlanaveradi. Shunday qilib qurilmaning ayrim qismlarida suyuqlik fazasi qattiq fazaga nisbatan perpendikular yo'nalishda beriladi. Umuman olganda, fazalar bir-biriga nisbatan qarama-qarshi yo'nalishda harakatlanadi. Ekstraktorning o'ng tomonidagi birinchi qismidan to'yingan eritma (ekstrakt) ajratib olinadi.

5.5.3. Ekstraksiyalash jarayonlarini tezlatish

Qattiq material — suyuqlik sistemalarida ekstraklash jarayoni biroz sekin boradi, chunki qattiq faza ichida boradigan modda o'tkazuvchanlikning tezligi suyuq fazada yuz beradigan modda berishning tezligiga nisbatan bir necha marta kichik. Natijada qattiq materiallardan kerak bo'lgan komponentni ajratib olish jarayoni ko'p vaqtni talab qiladi. Shu sababli qattiq materialni ekstraklashni tezlashtirishning qator usullari taklif etilgan (5.25-rasm). Modda o'tkazishni tezlatish uchun turli tebranish usullari qo'llaniladi:



5.25 -rasm. Ekstraklashning samadorligini oshirish usullari:
a — ko'ndalang tebranish; *b* — vibratsiya; *d* — pulsatsiya;
e — ultratovush ta'sirida; *f* — elektr yashinlari yordamida;
g — oqim tezligini davriy o'zgartirish.

a) ko'ndalang mexanik tebranishlar; b) vibratsiya; d) qatlamdan o'tayotgan suyuqlikning tebranishi (pulsatsiya); e) qattiq jism va suyuqlikning aralashmasi (pulpa)ga ultratovush ta'sir ettirish; f) suyuqlikda elektr yashinlari hosil qilish; g) suyuqlik oqimi tezligini davriy ravishda o'zgartirish. Bulardan tashqari, vakuum ostida erituvchini qaynagan holda ishlatish va elektromagnit kuchlarini ta'sir ettirish usullari ham taklif qilingan.

Mexanik tebranishlar (ko'ndalang tebranish, vibratsiya, pulsatsiya) ta'sirida (5.25-rasm, *a*, *b*, *d*) suyuqlikning qattiq zarrachalarni aylanib o'tish tezligi ko'payadi, qattiq faza yuzasidagi chegara qatlamining qalinligi kamayadi; fazalar o'rtasidagi o'zaro

ta'sirlashish yuzasi ortadi; harakatsiz zonalar yo'qoladi; natijada, asosan, tashqi diffuziya tezlashadi.

Ultratovushning qattiq materialni ekstraklashga ta'sirini (5.25-rasm, e) quyidagicha tushuntirish mumkin. Ultratovush ta'sirida kavitatsiya hodisasi sodir bo'ladi. Bu effekt yordamida qattiq material g'ovaklaridagi kichik oqimlarning harakati tezlashadi, natijada qattiq faza ichidagi moddaning tarqalishi o'zgaradi. Ultratovush maydonida muhitning isishi va uni aralashtirish effektlarining ekstraklash jarayoniga ta'siri sezilarli darajada emas. Shunday qilib, ultratovush, asosan, qattiq faza ichidagi modda o'tkazuvchanlikni tezlatadi.

Elektr yashinlari yordamida ekstraklash jarayonini tezlatish (5.25-rasm, f) qator afzalliklarga ega. Bu usul yordamida elektr energiya to'g'ridan to'g'ri suyuqlikning tebranma harakat energiyasiga aylanadi. Bu bir pog'onali jarayon bo'lib, katta foydali ish koeffitsiyentiga ega. Suyuqlik fazasida har qanday chastotali va amplitudali akustik tebranishlarni hosil qilish mumkin. Agar katta amplitudali va kichik chastotali tebranishlar hosil qilinsa, bunday suyuqlikning qattiq zarrachani aylanib o'tish tezligi ko'payadi. Natijada tashqi diffuzion qarshilik kamayadi. Elektr yashinlari ta'sirida suyuqlikda plazmali kaverna hosil bo'ladi, u jarayon davomida kengayib, maksimal hajmga yetgach yorilib ketadi, natijada vibratsiya tezlanishi vujudga keladi.

Trubaning ko'ndalang kesimi davriy ravishda o'zgartirilganda (5.25-rasm, g) qattiq va suyuq fazalarning tezliklari ham o'zgarib turadi. O'zgaruvchan suyuqlik oqimida harakatlanayotgan qattiq zarracha trubaning tor kesimida tez harakatlanayotgan suyuqlikdan orqada qoladi. Trubaning keng kesimiga o'tganda qattiq zarracha sekin oqayotgan suyuqlikdan o'tib ketadi. Natijada qattiq faza yuzasidan suyuqlikka modda berish jarayoni birmuncha tezlashadi.

5.6. Kristallanish

Umumiy tushunchalar

Eritmalar tarkibidagi qattiq fazani kristallar holida ajratib olish *kristallanish* deb ataladi. Kristallanish eritishga teskari bo'lgan jarayon hisoblanadi. Ikkala jarayon ham qattiq faza — suyuqlik sistemasida yuz beradi. Kristallanish jarayoni odatda suvli eritmadagi

kristallanishi lozim bo'lgan moddaning eruvchanligini kamaytirish orqali, ya'ni uning temperaturasini o'zgartirish erituvchining bir qismini bug'latish yo'li bilan amalga oshiriladi.

Kristallanish eritmadagi qattiq faza eruvchanligining o'zgarishiga asoslangan. Temperatura ortishi bilan moddalarning eruvchanligi ko'payib, ular yaxshi eruvchanlik xususiyatiga ega bo'ladi. Temperatura ortishi bilan ba'zi moddalarning eruvchanligi kamayib ketadi va ular yomon eruvchan moddalar hisoblanadi.

Berilgan temperaturada 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, temperatura 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 o'z tarkibida eruvchanlik xususiyatiga nisbatan ortiqcha miqdorda erigan modda ushlaydi. Shu sababli o'ta to'yingan eritmalar turg'un bo'lmaydi. Bunday eritmalardan 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 temperaturasidan kam bo'lgan paytda, ya'ni $t > t_{\text{qay}}$); 2) bug'latish qurilmasida 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 temperaturaning pasayishi bilan kamayadi).

Kristallanish tezligi bir necha omillarga bog'liq: eritmaning to'la to'yinish darajasi; aralashtirish tezligi eritma tarkibida qo'shimchalarning borligi va hokazo. Ushbu jarayon, odatda, kristall markazlarning paydo bo'lishidan boshlanadi, so'ngra bu markazlar atrofida kristallarning o'sishi yuz beradi. Kristall markazlarining paydo bo'lish tezligiga temperatura, mexanik kuchlar (masalan, aralashtirish, silkitish), qurilma yuzasining g'adir-budurligi, aralashtirgichning turi, qo'shimcha moddalarning borligi (masalan, sirt-aktiv moddallari) va boshqa omillar ta'sir qiladi.

Kristallanish tezligi doimiy kattalik emas, bu qiymat dastlab kattalashib boradi, so'ngra kamayadi. Temperaturaning kamayishi 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 eritmadan ajratib olish;

3) kristallarni yuvish va quritish.

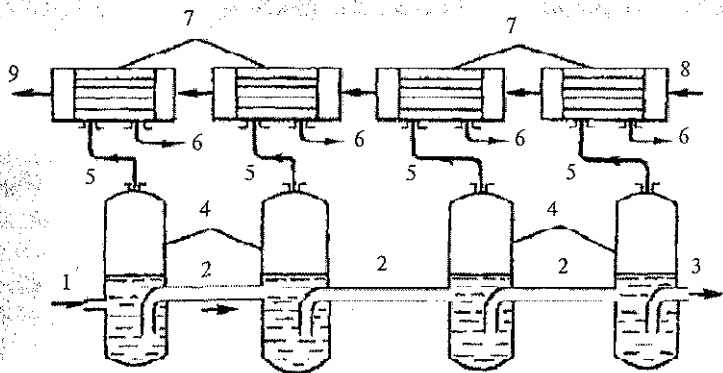
Oziq-ovqat sanoatida kristallanish jarayoni qand-shakar ishlab chiqarishda, glukoza olishda, konditer sanoatida va boshqa sohalarda ishlatiladi.

Kristallanish moddalarni ajratishning boshqa usullariga nisbatan qator afzalliklarga ega: 1) energetik xarajatlari kam, chunki moddalarning solishtirma suyulish issiqligi ularning bug'lanish solishtirma issiqligiga nisbatan 6--8 marotaba kam bo'ladi; 2) ish temperaturalari past; 3) yaqin qaynovchi komponent va azetrop aralashmalarini ajratish imkoniyati mavjud; 4) erituvchilarni ishlatishga ehtiyoj yo'q; 5) modda suyultirilgan holatdan kristall holatga o'tganida katta termodinamik ajratish koeffitsiyentiga ega bo'lganligi sababli, kristallanish jarayoni yuqori samaradorlikka ega bo'ladi.

5.6.1. Kristallizatorlarning tuzilishi

Sanoatda kristallanish jarayonini amalga oshirish uchun turli qurilmalar 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 qurilmali vakuum kristallizatorlar; 4) mavhum qaynash qatlamli kristallizatorlar.

Barabanli kristallizatorlar. 5.26-rasmda suv bilan sovitiladigan barabanli kristallizatorning sxemasi berilgan. Bunday kristallizatorlar sanoatda eng ko'p tarqalgan bo'lib, g'ilof 4 bilan ta'minlangan silindrsimon qobiq 3 dan iborat. Baraban bandajlar 1, tayanch g'ildiraklari 5 va tojli shesterna 2 yordamida aylanma harakatga keladi. G'ilofga sovitish uchun suv yoki havo beriladi. Eritma va sovituvchi suv qarama-qarshi yo'nalishda harakatlanadi. Barabanli kristallizatorning diametri 1,5 m va uzunligi 15 m gacha bo'lganda



5.30-rasm. Ko'p pog'onali vakuum-kristallizator:
 1 — issiq quyulashirilgan eritmaning kirishi; 2 — suspenziyaning bir pog'onadan ikkinchisiga o'tishi; 3 — mahsulotning chiqishi; 4 — qurilma (pog'ona); 5 — ikkilamchi bug'; 6 — kondensat; 7 — yuzali kondensator; 8, 9 — sovituvchi suyuqlikning kirishi va chiqishi.

5.30-rasmda ko'rsatilgan ko'p pog'onali vakuum-kristallizator adiabatik bug'latkichlarga o'xshab ishlaydi. Pog'onalar soni 15 tagacha bo'ladi, har bir pog'onadagi temperaturalar farqi 4—5°C, kristallarning o'lchami esa 0,2—0,25 mm.

5.7. Quritish. Umumiy tushunchalar

Nam materiallarni qurituvchi agent yordamida suvsizlantirish *quritish* deb ataladi. Bu jarayonda namlik bug'lanish yo'li bilan qattiq faza tarkibidan gaz (yoki bug') fazasiga o'tadi.

Nam materiallarni quritish jarayonini sanoatda tashkil etish katta ahamiyatga ega. Quritilgan materiallarni transport vositasida uzatish arzonlashadi, ularning saqlanish muddati uzayadi. Tegishli xossalari yaxshilanadi, qurilma va trubalarning korroziyaga uchrashi kamayadi.

Materiallarni: *mexanik, fizik-kimyoviy va issiqlik yordamida* suvsizlantirish mumkin.

Mexanik usulda suvsizlantirish — tarkibida ko'p miqdorda suv tutgan materiallarni suvsizlantirish uchun ishlatiladi. Bu usul bilan suvsizlantirishda namlik siqish yoki sentrifugalarda markazdan

qochma kuch yordamida ajratib olinadi. Odatda, mexanik yo'l bilan namlikni ajratish — materiallarni suvsizlantirishda birinchi bosqich hisoblanadi. Mexanik suvsizlantirishdan so'ng yana bir qism namlik qoladi, bu qolgan namlikni issiqlik yordamida, ya'ni quritish yo'li bilan ajratib chiqariladi.

Fizik-kimyoviy usul bilan materiallarni suvsizlantirish laboratoriya sharoitlarida ishlatiladi. Bu usul suvni o'ziga tortuvchi moddalar (masalan, sulfat kislota, kalsiy xlorid) dan foydalanishga asoslangan. Yopiq idish ichida suvni tortuvchi modda ustiga nam material joylashtirish yo'li bilan uni suvsizlantirish mumkin.

Sanoatda issiqlik ta'sirida suvsizlantirish (quritish) ko'p ishlatiladi. Quritish ko'pgina ishlab chiqarishlarning oxirgi, ya'ni tayyor mahsulot olishdan oldingi jarayon hisoblanadi. Ayrim ishlab chiqarishlarda materiallarni suvsizlantirish ikki bosqichdan iborat bo'lib, namlik avval boshlang'ich jarayon hisoblangan mexanik usulda, so'ngra qolgan namlik quritish yo'li bilan ajratiladi. Material tarkibidan namlikni bunday murakkab yo'l bilan ajratish usuli jarayonning samaradorligini oshiradi.

Quritish ikki xil (tabiiy va sun'iy) yo'l bilan olib boriladi. Materiallarni ochiq havoda suvsizlantirish *tabiiy quritish* deyiladi. Bu jarayon uzoq vaqt davom etadi. Sanoatda materiallarni suvsizlantirish uchun *sun'iy quritish* usuli ishlatiladi. Bu jarayon maxsus quritish qurilmalarida olib boriladi.

Quritilishi lozim bo'lgan materiallar uch turga bo'linadi: qattiq (donali, bo'lak-bo'lakli, zarrachali); pastasimon; suyuq (eritmalar, suspenziyalar).

Issiqlik tashuvchi agentning quritilayotgan material bilan o'zaro ta'sirlashuv usuliga ko'ra quritish quyidagi turlarga bo'linadi:

1) *Konvektiv quritish* — nam material bilan qurituvchi agent to'g'ridan to'g'ri o'zaro aralashadi.

2) *Kontaktli quritish* — issiqlik tashuvchi agent va nam material o'rtasida ularni ajratib turuvchi devor bo'ladi.

3) *Radiatsiyali quritish* — issiqlik infraqizil nurlar orqali tarqaladi.

4) *Dielektrik quritish* — material yuqori chastotali tok maydonida qizdiriladi.

5) *Sublimatsiyali quritish* — material muzlagan holda, chuqur vakuum ostida suvsizlantiriladi.

Oxirgi uch usul sanoatda nisbatan kam ishlatiladi va odatda, quritishning maxsus usullari deb yuritiladi.

Quritishning turlaridan qat'i nazar, jarayon davomida material nam havo bilan o'zaro ta'sirlashib turadi. Konvektiv quritish usuli sanoatda keng ishlatiladi. Bu jarayonni amalga oshirish uchun materialga nam havo ta'sirining ahamiyati katta. Shu sababli nam havoning asosiy parametrlarini o'rganish muhim ahamiyatga ega.

5.7.1. Nam havoning asosiy xossalari

Nam havo quruq havo va suv bug'larining aralashmasidan iborat. Quritishda nam havo namlik va issiqlik tashuvchi agent vazifasini bajaradi. Ba'zan tutunli gazlar yoki ularning havo bilan aralashmasi ham ishlatiladi. Biroq nam havo va tutunli gazlarning fizik xossalari bir-biridan faqat son qiymati bo'yicha farq qiladi.

Nam havoning asosiy xossalari quyidagi tushunchalar bilan belgilanadi: *absolut namlik*, *nisbiy namlik*, *nam saqlash*, *entalpiya*.

Absolut namlik. Nam havoning hajm birligiga to'g'ri kelgan suv bug'larining miqdori absolut namlik deb ataladi va P_{sb} (kg/m^3) bilan belgilanadi. Agar nam havo sovutilib borilsa, ma'lum temperaturaga yetgach, namlik shudring sifatida ajrala boshlaydi. Namlikning bunday holatda ajralishiga to'g'ri kelgan temperatura *shudring nuqtasi* deb ataladi. Bunday sharoitda havo tarkibida maksimal miqdorda suv bug'i bo'ladi. Havoning to'yinish paytidagi absolut namligi P_t (kg/m^3) orqali ifodalanadi.

Nisbiy namlik. Havo absolut namligining to'yinish paytidagi absolut namlikka nisbati *nisbiy namlik* deb ataladi. Havoning nisbiy namligi (to'yinish darajasi) protsent hisobida quyidagicha ifodalanadi:

$$\varphi = \frac{P_{sb}}{P_t} = \frac{P_{sb}}{P_t} \quad (5.28)$$

bu yerda: P_{sb} — tekshirilayotgan nam havodagi suv bug'ining parsial bosimi, P_a ; P_t — berilgan temperatura va umumiy barometrik bosimda to'yingan suv bug'ining bosimi, P_a .

Nisbiy namlik havoning muhim xossasi hisoblanadi. Havo tarkibida namlik qancha kam bo'lsa, bunday havo quritish jarayonida shuncha samarali ishlatiladi. Namlik bilan to'yingan havodan qurituvchi agent sifatida foydalanib bo'lmaydi.

Nisbiy namlikni aniqlash uchun psixrometrdan foydalaniladi. Psixrometr ikkita termometrdan iborat bo'lib, bitta termometrning sharchasi doim ho'llab turiladi va u *ho'l termometr* deb ataladi.

Quruq va ho'l termometr ko'rsatishlarining ayirmasi $\Delta t = t_k - t_h$ *temperaturalarning psixrometrik ayirmasi* deyiladi. Nisbiy namlik qancha kam bo'lsa, xo'l termometr sharchasi yuzasida suvning bug'lanishi shuncha tez boradi, natijada sharcha tezlik bilan soviydi. Shu sababli havoning nisbiy namligi kamayishi bilan temperaturalarning psixrometrik ayirmasi ko'payadi. Δt asosida va psixrometrik jadvallar yoki diagrammalar yordamida havoning nisbiy namligi aniqlanadi.

Nam saqlash. 1 kg absolut quruq havoga to'g'ri kelgan suv bug'larining miqdori havoning nam saqlashi deb yuritiladi. Bu parametr x (kg/kg) yoki d (g/kg) harflari bilan belgilanadi. Havoning nam saqlashi quyidagi nisbat orqali topiladi:

$$x = \frac{m_{sb}}{m_{qh}} = \frac{\rho_{sb}}{\rho_{qh}} \quad (5.29)$$

bu yerda: m_{sb} — nam havoning berilgan hajmidagi suv bug'lari massasi, kg; m_{qh} — nam havoning berilgan hajmidagi absolut quruq havo massasi, kg; ρ_{qh} — absolut quruq havoning zichligi, kg/m³

Nam havoning entalpiyasi. Nam havoning entalpiyasi I (J/kg quruq havo) quruq havo entalpiyasi bilan shu nam havoda bo'lgan suv bug'ining entalpiyasi yig'indisiga teng:

$$J = c_{qh} t + x i_{o'b} \quad (5.30)$$

bu yerda: c_{qh} — quruq havoning solishtirma issiqlik sig'imi, (J/kg · K); t — havo temperaturasi, °C; $i_{o'b}$ — o'ta qizdirilgan bug'ning entalpiyasi, J/kg.

O'ta qizdirilgan bug'ning entalpiyasi $i_{o'b}$ termodinamikada quyidagi tenglama orqali topiladi:

$$i_{o'b} = r + c_b t \quad (5.31)$$

bu yerda $r = 0^\circ\text{C}$ dagi bug'ning entalpiyasi, $r = 2493 \cdot 10^3$ J/kg; c_b — bug'ning solishtirma issiqlik sig'imi, $c_b = 1,97 \cdot 10^3$ J/(kg · K)

Agar quruq havoning solishtirma issiqlik sig'imi $1000 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ deb olinsa, yuqoridagi tenglamani quyidagicha yozish mumkin:

$$J = 1000t + x(2493 + 1,97t)10^3 \text{ J}/(\text{kg quruq havo}) \quad (5.32)$$

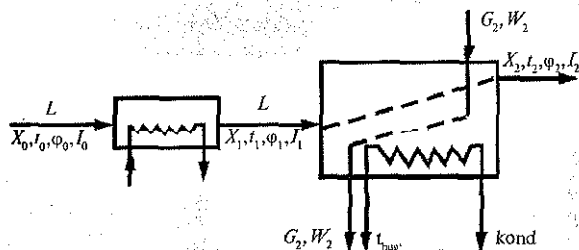
Nam havoning entalpiyasi nam saqlash x va temperatura t ga bog'liq bo'lib, nam havo tarkibida bo'lgan quruq havoning 1 kg miqdoriga to'g'ri keladigan issiqlik miqdorini belgilaydi.

5.7.2. Quritish jarayonining variantlari

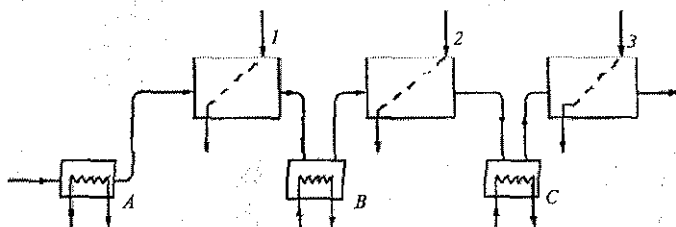
Quritish jarayonining variantlari bir-biridan qurituvchi agentga issiqlik berishning usuli bilan farqlanadi. Quritish jarayonining variantlarini tanlashda nam materialning xossalari va quritishning iqtisodiy tomonlari hisobga olinadi. Ushbu jarayonning asosiy variantlari bilan tanishib chiqamiz.

Quritish kamerasida havoni qo'shimcha qizdirish. Bu usul bilan quritish jarayonining sxemasi 5.31-rasmda ko'rsatilgan. Qurituvchi agentni qizdirish uchun quritish kamerasiga qo'shimcha ravishda isitish qurilmasi kiritilgan. Bu jarayonni o'tkazishni $J-x$ diagrammada tuzib va uni normal quritish jarayoni bilan solishtirsak, havo va issiqlikning solishtirma sarflari ikkala jarayonda ham bir xil ekanligi ko'rinadi. Biroq jarayonni quritish kamerasida, havoni qo'shimcha qizdirish yo'li bilan olib borishning afzalligi shundaki, bunda materialni quritishni nisbatan past temperaturalarda olib borish imkoni tug'iladi. Bu usul yuqori temperaturalarda o'z sifatini o'zgartiradigan materiallarni quritish uchun ko'p ishlatiladi.

Havoni quritish kameralari oralig'ida qizdirish. Bu usulda ishlaydigan quritkichning sxemasi 5.32-rasmda ko'rsatilgan. Uchta quritish kameralarining orasiga B va C qo'shimcha isitkichlar o'rnatilgan. Havo asosiy isitkich A da qizdirilib, birinchi quritish kamerasiga yuboriladi. Birinchi kameradan chiqariladigan havo atmosferaga chiqarilmasdan oraliq isitkich B ga beriladi. Oraliq isitkichda qaytadan qizdirilgan havo (bunda uning nisbiy namligi kamayadi) yana ikkinchi quritish kamerasiga beriladi va hokazo.



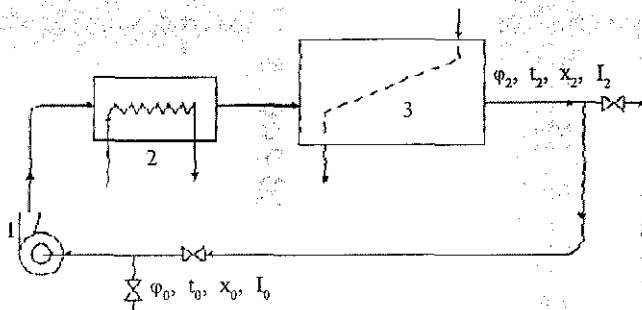
5.31-rasm. Quritish kamerasida havoni qo'shimcha qizdirish yordamida quritish.



5.32-rasm. Havoni quritish kamalarining oralig'ida qizdirish:
1, 2, 3 — quritish kameralari; A — asosiy isitkich;
B, C — qo'shimcha isitkichlar.

Bu jarayonni o'tkazishni $J - x$ diagrammada tuzib va uni normal jarayon bilan solishtirsak, ikkala jarayondan ham issiqlikning solishtirma sarflari bir xil bo'lishini ko'ramiz. Biroq normal quritish jarayonini amalga oshirish uchun yuqoriroq temperatura zarur bo'ladi.

Ishlatilgan havodan takror foydalanish. 5.33- rasmda ishlatilgan havodan takror foydalanishga asoslangan quritgichning sxemasi ko'rsatilgan. Sxemaga asosan ishlatilgan va parametrlari φ_2, t_2, x_2, J_2 bo'lgan havoning bir qismi parametrlari φ_0, t_0, x_0, J_0 bo'lgan ishlatilgan havo bilan aralashiriladi. Hosil bo'lgan aralashma ventilator yordamida isitkich (kalforifer) ga yuboriladi, isitilganidan so'ng havo quritish kamerasiga o'tadi. Bu usulni ishlatishga moslangan quritish jarayonini $J - x$ diagrammada tuzib va uni normal quritish jarayoni bilan solishtirib, quyidagicha xulosa qilish mumkin: a) ishlatilgan havodan takror foydalanishga mo'ljallangan va normal rejim



5.33-rasm. Ishlatilgan havodan takror foydalanish usuli bilan materiallarni quritish sxemasi:

1 — ventilator; 2 — isitkich; 3 — quritish kamerasi.

bilan ishlaydigan quritkichlarning issiqlik sarfi bir xil; b) ishlatilgan havodan qaytadan foydalaniladigan quritkichlarda normal quritkichlarga nisbatan ko'proq havo sarfi talab qilinadi.

Sekin va bir me'yorda quritishni talab qiladigan materiallar tarkibidan namlikni chiqarish uchun ishlatilgan havodan qaytadan foydalanishga asoslangan quritkichlarning qo'llanilishi maqsadga muvofiqdir. Bunday holatda sirkulatsiya qilinayotgan havo tarkibidagi suv bug'larining yuqori parsial bosimi jarayonning harakatlantiruvchi kuchini kamaytiradi, natijada quritish jarayonining tezligi sekinlashadi. Ushbu variant quritkichdagi havo namligini juda aniq va kerakli darajada o'zgartirish imkonini beradi.

Bulardan tashqari, ishlab chiqarishda qurituvchi agentni quritish kameralariga bo'lib yuborish, o'zgaruvchan issiqlik maydonidan foydalanish, ya'ni issiq va sovuq havo oqimini ketma-ket almashtirib ishlatish kabi variantlardan ham foydalaniladi.

5.7.3. Quritish qurilmalarining tuzilishi

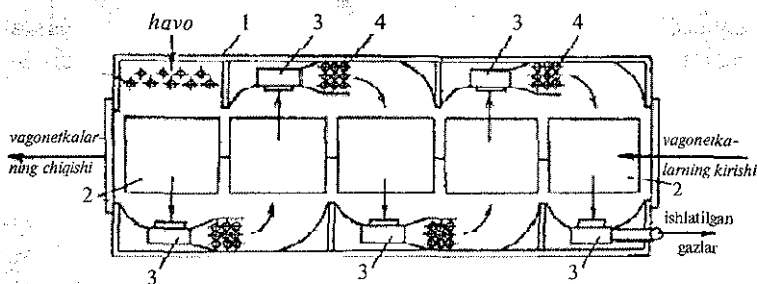
Sanoatda turli tipdagi quritkichlar ishlatiladi. Quritkichlar bir-biridan turli belgilar bilan farq qiladi. Nam materialga issiqlik berish usuliga ko'ra konvektiv, kontaktli va boshqa turdagi quritkichlar bo'ladi. Issiqlik tashuvchi sifatida havo, gaz yoki bug' ishlatilishi mumkin. Quritish kamerasidagi bosimning qiymatiga ko'ra atmosferali va vakuumli, jarayonni tashkil qilish bo'yicha esa davriy va

uzluksiz ishlaydigan quritkichlar mavjud. Konvektiv quritkichlarda material va qurituvchi agent bir-biriga nisbatan to'g'ri, qarama-qarshi yoki perpendikular harakatlanishi mumkin. Quritilishi lozim bo'lgan material donasimon, kukunsimon, pastasimon yoki suyuq holatda bo'ladi. Qurituvchi agentning bosimini hosil qilish uchun tabiiy yoki majburiy sirkulatsiya ishlatiladi. Donasimon materiallar ishlatilganda qatlam zich, kengaytirilgan, mavhum qaynash va fontansimon holatlarda bo'ladi. Qurituvchi agent bug', issiq suv, olov bilan ishlaydigan kaloriferlarda yoki elektr toki yordamida isitiladi. Quritish jarayonining har xil variantlaridan keng foydalaniladi: ishlatilgan qurituvchi agentni quritkichdan chiqarib yuborish, qurituvchi agentdan takror foydalanish, qurituvchi agentni quritish kameralari oraliq'ida qizdirish, qurituvchi agentni quritish kameralariga bo'lib berish, qurituvchi agentni quritish kamerasida qo'shimcha ravishda qizdirish, o'zgaruvchan issiqlik maydonidan foydalanish (issiq va sovuq havoni material qatlamiga ketma-ket almashtirib berish) va hokazo.

Konstruktiv tuzilishiga ko'ra quritish qurilmalari har xil bo'ladi. Sanoatda shkafli, kamerali, koridorli (tunnelli), shaxtali, barabanli, trubali, shnekli, silindrsimon, turbinali, kaskadli, karuselli, konveyerli, pnevmatik, sochib beruvchi va boshqa konstruksiyali quritkichlar ishlatiladi.

Sanoatda konvektiv usul bilan ishlaydigan quritish qurilmalari keng tarqalgan. Bunday qurilmalarda quritish jarayoni nam material bilan qurituvchi agentning to'g'ridan to'g'ri kontakti orqali boradi. Sanoatda kamerali, tunnelli, lentali, sirtmoqli, barabanli, mavhum qaynash qatlamli, sochib beruvchi, pnevmatik va boshqa konvektiv quritkichlar ishlatiladi. Konvektiv quritkichlar ishlab chiqarishda qo'llanilayotgan hamma quritish qurilmalarining taxminan 80 % ini tashkil etadi.

Tunnelli quritkichlar. Bunday quritkichlar to'g'ri to'rtburchak kesimiga ega uzun kameradan (koridordan) iborat bo'ladi (5.34-rasm). Kamera ichida vagonetkalarining sekin harakatlanishi uchun temiryo'l izlari o'rnatilgan. Koridorga kiruvchi va undan chiqadigan eshiklar zich yopiladi. Vagonetkalariga nam material joylashtiriladi. Qurituvchi agent (havo) kaloriferlarda isitilib beriladi. Havo oqimi ventilatorlar yordamida nam materialga nisbatan



5.34- rasm. Tunnelli quritkich:

1 — kamera; 2 — vagonetkalar; 3 — ventilator; 4 — kalorifer.

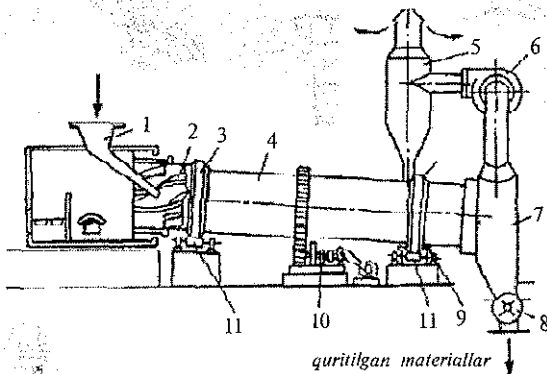
to'g'ri yoki qarama-qarshi yo'nalishda harakatga keltiriladi. Vagonetkalar esa mexanik chig'irlar yordamida harakatlanadi. Tunnelling balandligi 2,0—2,5 m bo'lib, uzunligi 25—60 m. gacha yetadi.

Tunnelli quritkichlarda qurituvchi agent qisman resirkulatsiya qilinadi. Bunday qurilmalar katta o'lchamli donasimon materiallarni quritish uchun ishlatiladi.

K a m ch i l i k l a r i: quritish tezligi kichik, jarayon uzoq vaqt davom etadi, quritish bir me'yorda bormaydi, qo'l kuchidan foydalaniladi.

Barabanli quritkichlar. Bunday qurilmalar uzluksiz ravishda turli sochiluvchan materiallarni quritish uchun ishlatiladi. Barabanli quritkich silindrsimon barabandan iborat. U gorizontga nisbatan kichik og'ish burchagi ($3-6^\circ$) bilan joylashtirilgan bo'ladi (5.35-rasm). Baraban bandajlari va roliklar yordamida ushlab turilib, elektrodvigatel va reduktor yordamida aylantiriladi. Qurilma uzunligining diametriga nisbati $L/D=5-6$. Barabanning aylanishlar soni $5-6 \text{ min}^{-1}$. Nam material ta'minlagich orqali vintli qabul qiluvchi nasadkaga beriladi. Bu yerda material aralashtirish ta'sirida biroz quriydi. So'ngra material barabanning ichki qismiga o'tadi. Barabanning material bilan to'lish darajasi 25 % dan ortmaydi. Barabanning butun uzunligi bo'yicha nasadkalar joylashtiriladi. Nasadkalar barabanning kesimi bo'yicha materialni bir me'yorda tarqatish va aralashtirishni ta'minlaydi. Bunday sharoitda material bilan qurituvchi agentning o'zaro ta'siri samarali bo'ladi.

Baraban ichida materialning o'ta qizib ketishining oldini olish uchun material va qurituvchi agent (tutunli gazlar yoki qizdirilgan



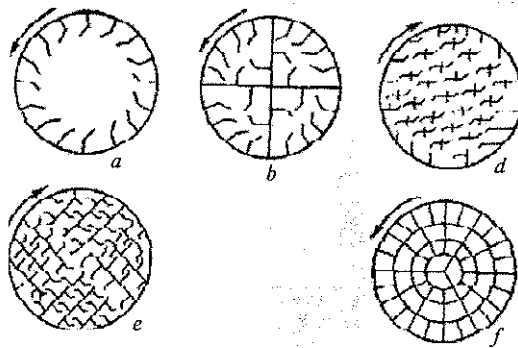
5.35-rasm. Barabanli quritkich:

- 1—yuklash bunker; 2—tarqatuvchi kurakchalar; 3—bandajlar;
 4—quritkichning qobig'i; 5 — siklon; 6—ventilator; 7— bunker; 8 — shnek;
 9 — tirgovchi rolik; 10 — reduktor; 11 — tayanch roliklari.

havo) bir-biriga nisbatan to'g'ri yo'nalishda harakatlanadi, chunki bunday sharoitda yuqori temperaturali issiq gazlar katta namlikka ega bo'lgan material bilan ta'sirlashadi. Mayda sochiluvchan materiallar uchun havoning baraban ichidagi tezligi 0,5—1,0 m/s, katta bo'lakli materiallar uchun 3,5—4,5 m/s dan ortmasligi kerak. Ishlatilgan gazlar atmosferaga chiqarilishidan oldin siklonda mayda changlardan tozalanadi. Quritilgan material barabandan tashqariga tushiruvchi qurilma orqali chiqariladi.

Quritilgan material donalarning o'lchamlari va xossalari ko'ra qurilmalarda har xil nasadkalaridan foydalaniladi (5.36-rasm). Katta bo'lakli va qovushqoq xususiyatga ega materiallarni quritish uchun qurituvchi-parrakli nasadkalar, yomon sochiluvchan va katta zichlikka ega bo'lgan katta bo'lakli materiallarni quritish uchun esa sektorli nasadkalar ishlatiladi. Kichik bo'lakli, tez sochiluvchan materiallarni quritishda, asosan, tarqatuvchi nasadkalar qo'llaniladi. Mayda qilib ezilgan kukunsimon materiallarni berk yacheykali dovonsimon nasadkalari bo'lgan barabanlarda quritish maqsadga muvofiqdir. Ayrim sharoitlarda murakkab nasadkalaridan ham foydalaniladi.

Barabanli quritkichlarda materiallarning yaxshi aralashishiga erishiladi, natijada qattiq va gaz fazalari oralig'ida uzluksiz kontakt



5.36- rasm. Nasadkalarining turlari:

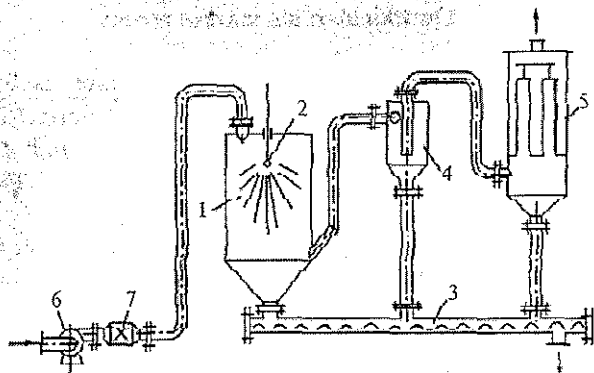
a — ko'tariluvchi-kurakchali; *b*— sektorli; *d, e* — tarqatuvchi;
f — berk yacheykali.

yuz beradi. Bunday quritkichlarning ish unumdorligi bug'lanayotgan namlik bo'yicha $100 - 120 \text{ kg/m}^3$ soat gacha yetadi. Barabanning diametri esa 1200 dan 2800 mm. gacha boradi. Barabanli qurilmalar katta miqdordagi sochuluvchan mahsulotlarni quritish uchun ishlatiladi.

Sochib beruvchi quritkichlar. Bunday qurilmalar sut, meva sharbatlari kabi suyuq oziq-ovqat mahsulotlarini suvsizlantirish uchun ishlatiladi. Ushbu tipdagi quritkichlar ichi bo'sh, silindrsimon, diametri 5 m va balandligi 8 m gacha bo'lgan qurilmalardan iborat bo'lib, uning yuqorigi qismidan quritilishi lozim bo'lgan material sochib beriladi va parallel oqimda harakatlanayotgan qurituvchi agent (issiq havo) bilan to'qnashadi, natijada namlik katta tezlik bilan bug'lanadi. Sochib beruvchi quritkichlarda bug'lanishning solishtirma yuzasi katta bo'ladi, shu sababli quritish jarayoni qisqa vaqt (taxminan 15—30 s) davom etadi.

Shu sababli jarayon past temperaturalarda olib boriladi, natijada sifatli kukunsimon mahsulot olinadi. Agar nam material oldin qizdirib olinsa, sovuq holdagi qurituvchi agentdan ham foydalansa bo'ladi.

Materiallarni sochib berish uchun mexanik va pnevmatik forsunkalar hamda markazdan qochma disklar (aylanishlar soni minutiga 4000—20000) ishlatiladi.



5.37- rasm. Sochib beruvchi quritkich:

- 1 — quritish kamerasi; 2 — forsunka; 3 — shnek; 4 — siklon;
5 — yangli filtr; 6 — ventilator; 7 — kalorifer.

Sochib beruvchi quritkichda (5.37-rasm) nam material quritish kamerasiga forsunka yordamida sochib beriladi. Qurituvchi agent ventilator yordamida kalorifer orqali qurilmaga beriladi, u kamera ichida material bilan parallel harakatlanadi. Qurigan materialning mayda zarrachalari kameraning pastki qismiga cho‘kadi va shnek yordamida kerakli joyga yuboriladi. Ishlatilgan qurituvchi agent siklon va yangli filtrda mayda chang zarrachalaridan tozalanadi, so‘ngra atmosferaga chiqarilib yuboriladi.

Sochib beruvchi quritkichlarda material va qurituvchi agent oqimlari parallel, qarama-qarshi va aralash yo‘nalishda bo‘lishi mumkin, biroq ko‘pincha parallel yo‘nalishli oqim ishlatiladi.

Sochib beruvchi quritkichlar yuqorida aytib o‘tilgan afzalliklardan tashqari bir qator kamchiliklarga ham ega: 1) nam materialning qurilma devorlariga yopishib qolmasligi uchun kameraning diametri ancha katta bo‘ladi; 2) kamerada solishtirma bug‘lanish qiymati juda kichik (1m^3 kameradan soatiga 10—25 kg suv ajraladi); 3) havo oqimining tezligi nisbatan kichik (0,2—0,4 m/s), agar havo tezligi katta bo‘lsa, mayda zarrachalarning cho‘kishi qiyinlashadi va ularning havo oqimi bilan ketib qolishi ko‘payadi.

5.7.4. Quritkichlarning maxsus turlari

Yuqorida aytib o'tilganidek, quritishning maxsus usullariga radiatsiyali, dielektrik va sublimatsiyali quritish jarayonlari kiradi. Quritishning bu usullariga ko'ra qurilmalar ham uch turga (termoradiatsiyali, dielektrik yoki yuqori chastotali va sublimatsiyali) bo'linadi.

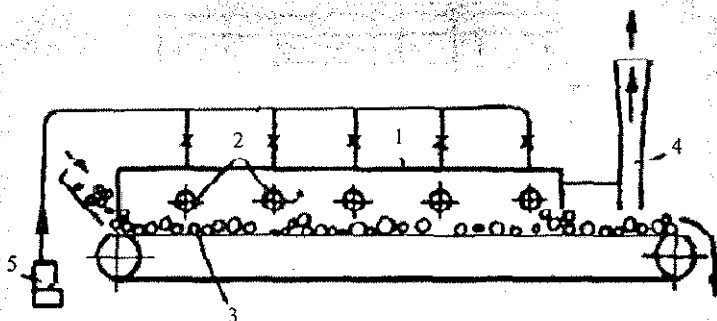
Termoradiatsiyali quritkichlar. Materialni quritish uchun zarur bo'lgan issiqlik infraqizil nurlar (μkm) orqali beriladi. Infraqizil nurlanishga moslangan lampalar, qizdirilgan keramik yoki metall yuzasidan chiqarilayotgan nurlar yordamida issiqlik tarqatiladi.

Infraqizil nurlanishga moslangan lampalar oddiy yoritish lampalaridan qizdirish temperaturasi bilan farq qiladi. Agar oddiy yoritish lampalarining qizdirish temperaturasi 2950 K bo'lsa, infraqizil lampalarning ko'rsatkichi 2500 K ga teng. Sarf qilingan elektr energiyasining taxminan 80 foizi issiqlik energiyasiga aylanadi. Nurlanish oqimini materialga yo'naltirish uchun parabola shaklidagi reflektorlar ishlatiladi.

Issiqlikning nurlangan oqimi materialning yuzasi orqali uning kapillarlariga ham o'tadi, bunda nurlarning kapillar devorlaridan bir necha bor qaytarilishi natijasida nurlarning yutilishi yuz beradi. Natijada material yuzasi birligiga, konvektiv va kontaktli quritkichlarga nisbatan ancha ko'p issiqlik beriladi. Masalan, yupqa qatlamli materiallar infraqizil nurlar yordamida quritilganda jarayonning davomiyligi 30—100 martagacha kamayadi.

Gaz bilan ishlaydigan radiatsiyali quritkichning tuzilishi juda oddiy bo'lib (5.38-rasm), lampali quritkichga nisbatan arzonidir. Nur tarqatuvchi qurilmaning pastki qismida gaz yondiriladi. Gaz yonishi ta'sirida nur tarqatuvchi qurilma qiziydi, so'ngra infraqizil nurlarni tarqatadi. Ba'zan nur tarqatuvchi qurilma tutunli gazlar yordamida qizdiriladi. Bunda qurilmaning ichi g'ovak qilib ishlanadi va bu bo'shliq orqali yuqori temperaturali tutunli gazlar o'tkaziladi.

Sanoatning ayrim tarmoqlarida yuqori sifatli mahsulot olish uchun kombinatsiyalangan jarayonlardan (masalan, radiatsiyali va konvektiv usullarni birga ishlatishdan) foydalaniladi. Bunday sharoitda nam materialga infraqizil nurlar bilan bir vaqtning o'zida havo oqimi ham ta'sir qiladi.

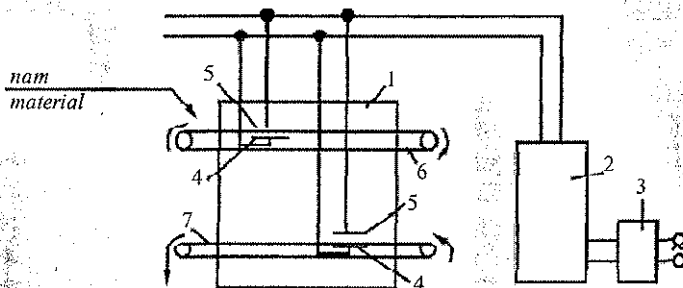


5.38- rasm. Gaz bilan ishlaydigan termoradiatsiyali quritkich:
 1 — nurlanuvchi yuza; 2 — gaz gorelkalari; 3 — transportyor;
 4 — chiqarish trubkasi; 5 — generator.

Termoradiatsiyali quritkichlar ixcham ishlangan bo‘lib, yupqa qatlamli materiallarni quritishda bu qurilmalardan foydalanish yuqori samara beradi. Biroq ularda energiya nisbatan ko‘p sarflanadi: 1 kg namlikni materialdan ajratish uchun 1,5—2,5 kW energiya kerak bo‘ladi.

Yuqori chastotali quritkichlar. Qalin qatlamli materiallarning yuzasi va uning ichki qismlarida temperatura va namlikni boshqarish zarur bo‘lganda yuqori chastotali tok maydonidan (10 kGs gacha) foydalanish mumkin. Bu usul bilan plastik massalar va boshqa dielektrik xossali materiallarni quritish mumkin. Yuqori chastotali quritkichdan foydalanilganda material butun qatlam bo‘yicha bir tekis qiziydi. Asosiy kamchiligi 1 kg namlikning bug‘lanishi uchun 5 kVt gacha energiya sarf bo‘ladi.

5.39-rasmda yuqori chastotali toklar bilan ishlaydigan quritkich sxemasi ko‘rsatilgan. Material yuqori chastotali tokka ulangan kondensatorlar o‘rtasiga joylashtiriladi. O‘zgaruvchan elektr toki ta’sirida quritilayotgan materialning molekulalari tebranma harakatga keladi, bunda material butun hajmi bo‘yicha bir xil qiziydi. Materialning yuzasidan issiqlik tashqi muhitga tarqaladi, shu sababli temperatura material markazidan uning sirtiga tomon kamayib boradi. Namlik ham markazdan material sirtiga tomon kamayadi. Shunday qilib yuqori chastotali quritishda temperatura va namlik gradiyentlarining yo‘nalishlari bir xil bo‘ladi, natijada namlikning



5.39- rasm. Yuqori chastotali quritkich:

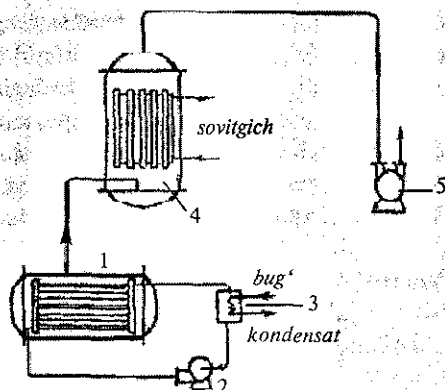
1 — quritish kamerasi; 2 — lampali generator; 3 — boshqargich;
4, 5 — kondensatorlar; 6, 7 — cheksiz lentalar.

material markazidan uning sirti tomon harakati tezlashadi. Shu sababli yuqori chastotali quritishning tezligi konvektiv quritish tezligiga nisbatan ancha katta bo'ladi.

Dielektrik quritkichlarda qalin qatlamli materiallarni bir tekisda quritish maqsadga muvofiqdir, biroq bunga ko'p energiya sarf bo'ladi. Bundan tashqari, dielektrik quritkichning tuzilishi murakkab, ularni ishlatish esa ancha qimmat. Shu sababli yuqori chastotali quritkichlardan faqat qimmatbaho dielektrik materiallarni suvsizlantirishda foydalanish iqtisodiy samara beradi.

Sublimatsiyali quritkichlar. Materiallarni muzlagan holda yuqori vakuum ostida suvsizlantirish *sublimatsiyali quritish* deb ataladi. Bunday sharoitda materialdagi namlik muz holida bo'lib, so'ngra bu muz suyuqlik holiga o'tmasdan to'g'ridan to'g'ri bug'ga aylanadi. Sublimatsiyali quritishdagi qoldiq bosim 1,0—0,1 mm simob ustuniga (yoki 0,013—0,133 kPa) teng. Natijada quritish jarayoni ancha past temperaturalarda (-50°C atrofida) boradi.

5.40-rasmda sublimatsiyali quritkichning sxemasi ko'rsatilgan. Quritkich uchta element (quritish kamerasi, kondensator-muzlatgich, vakuum-nasos)dan iborat. Quritish kamerasi yoki sublimator davriy ravishda ishlaydi. Sublimatorning ichidagi etajerkalarga ichi bo'sh tokchalar o'rnatilgan. Tokchalarning ichida issiq suv nasos yordamida sirkulatsiya qilinadi. Tokchalarning ustiga quritiladigan material solingan maxsus idishlar joylashtiriladi.



5.40- rasm. Sublimatsiyali quritkich:

1— quritish kamerasi; 2 — nasos; 3 — isitkich; 4 — kondensator-muzlatkich;
5 — vakuum-nasos.

Sublimatoridan chiqqan suv bug'i va havo aralashmasi kondensatorga o'tadi. Kondensator issiqlik almashinish qurilmasidan iborat bo'lib, uning ichida joylashgan to'rga trubalar mahkamlangan. Bu kondensator trubalarining orasidagi bo'shliqqa sovituvchi agent (masalan, ammiak) beriladi. Kondensatorida suv bug'i kondensatsiyaga uchrab muz hosil qiladi, havo esa vakuum-nasos yordamida so'rib olinadi. Ishlash davomida kondensator trubalari muz bilan qoplanib qoladi, uni eritish uchun sovituvchi agent o'rniga issiq suv yuboriladi.

Material tarkibidan namlikni chiqarib yuborish uch bosqichdan iborat: 1) quritish kamerasida bosim kamayishi bilan namlikning o'z-o'zidan muzlashi sodir bo'ladi va materialning o'zidan chiqqan issiqlik hisobiga muzning bug'ga aylanishi sodir bo'ladi (bunda bor namlikning 15 % i ajraladi); 2) namlikning asosiy qismi sublimatsiya yo'li bilan ajralishi, bu quritishning o'zgarmas tezlik davriga to'g'ri keladi; 3) qolgan namlik materialdan issiqlik ta'sirida ajratiladi. Sublimatsiyali quritish paytida namlikning material yuzasidan bug' holida tarqalishi *effuziya* (ya'ni bug' molekularining bir-bir bilan o'zaro to'qnashmasdan erkin harakati) yo'li bilan boradi.

Sublimatsiyali quritish uchun past temperatura va kam miqdordagi issiqlik talab qilinadi, biroq energiyaning umumiy sarfi va

qurilmani ishlatishga ketadigan umumiy mablag' sarfi boshqa quritish usullariga qaraganda (dielektrik quritishdan tashqari) ancha yuqori. Shu sababli sublimatsiyali quritish ayrim paytlardagina ishlatiladi. Hozirgi kunda sublimatsiya usuli bilan, asosan, yuqori temperaturalarga chidamsiz va biologik xossalari uzoq vaqt saqlanib qolishi zarur bo'lgan qimmatbaho moddalar (penitsillin va boshqa tibbiyot preparatlari, yuqori sifatli oziq-ovqat mahsulotlari) quritiladi.

5.8. Oziq-ovqat mahsulotlariga ishlov berishning elektrofizik usullari

Umumiy ma'lumotlar

Oziq-ovqat mahsulotlariga elektrofizik ishlov berishda yuqori chastotali, infraqizil (IQ) nurlar hamda elektroplazmoliz usullaridan foydalaniladi.

Infraqizil nurlar yordamida ishlov berish non va qandolat mahsulotlari ishlab chiqarishda hamda go'sht va sut sanoatida ko'p qo'llaniladi. Mahsulotga infraqizil nur ta'sir ettirilganda, unga tushayotgan nurning bir qismi mahsulot tomonidan yutiladi, bir qismi o'tib ketadi, bir qismi esa qaytariladi. Shu nuqtayi nazardan infraqizil nurlarning ushbu ko'rsatkichlari miqdori mahsulotning optik xususiyatlariga bog'liq bo'ladi. Infraqizil nurlarning to'lqin uzunligi keng intervalda o'zgarish xususiyatiga ega. Infraqizil ishlov berishning bunday mobilligi undan keng foydalanish imkonini beradi. Infraqizil nurlarining elektromagnit to'lqin spektriga 0,77—340 mkm to'lqin uzunliklari diapazoni mos keladi. Texnik maqsadlarda qo'llaniladigan IQ to'lqin uzunligining yuqori chegarasi 15 mkm bilan chegaralangan (chunki suv bug'ining maksimal yutishi shu ko'rsatkichni tashkil etadi).

IQ energiya hosil qilish infraqizil nurlatuvchilar yordamida amalga oshiriladi. Ular tarqatayotgan to'lqin uzunligiga qarab yorug' va qora turda bo'ladi. Yorug' nurlatuvchilar tarqatadigan spektrga ko'z ko'ra oladigan nurlar ham kiradi.

Nurlatkichlarni tanlashda bir qator faktorlar inobatga olinadi. Bular: texnologik jarayonning o'ziga xosligi, materialning xususiyati, generatorning intensivligi, nurlanish imkoniyati. Hozirgi kunda infraqizil nurlarni qo'llash orqali oziq-ovqat mahsulotlarini

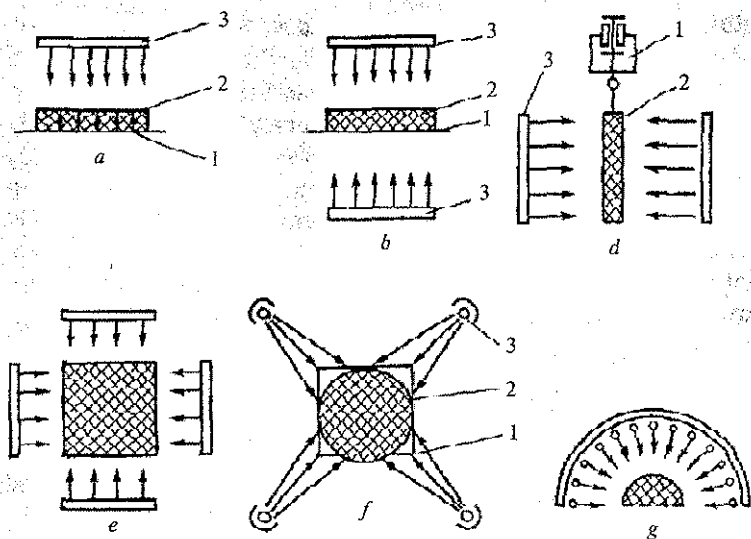
quritish asosiy uslublardan biri hisoblanadi. Quritish uchun zarur bo'lgan issiqlik infraqizil nurlar yordamida hosil qilinadi. Issiqlik maxsus infraqizil nurlanishga moslangan lampalar, qizdirilgan keramik yoki metall yuzalar yordamida tarqatiladi.

Infraqizil nurlanishga moslangan lampalar oddiy yoritish lampalaridan qizdirish temperaturasi bilan farq qiladi. Agar oddiy yoritish lampalarining qizdirish temperaturasi 2950 K bo'lsa, infraqizil nurlanishli lampalarning ko'rsatkichi 2500 K ga teng. Infraqizil nurlanish lampalarida sarf qilingan elektr energiyasining taxminan 80 foizi issiqlik energiyasiga aylanadi. Nurlanish oqimini materialga yo'naltirish uchun parabola shaklidagi reflektorlar ishlatiladi.

Issiqlikning nurlangan oqimi materialning yuzasi orqali uning kapillarlariga ham o'tadi. Bunda nurlarning kapillar devorlaridan bir necha bor qaytarilishi natijasida ularning yutilishi yuz beradi. IQ nurlatishda material yuzasi birligiga konvektiv va kontaktli quritish usullariga nisbatan ancha ko'p issiqlik beriladi. Masalan, yupqa qatlamli materiallar infraqizil nurlar yordamida quritilganda jarayonning davomligi 30—100 marta kamayadi.

Issiqlikni radiatsion uzatish usulining o'ziga xos tomoni bu ularning to'g'ri chiziq bo'ylab tarqalishidir. Shuning uchun nurlatkichlarni joylashtirishda mahsulotning shakli va texnologik jarayonning xususiyatlari inobatga olinishi kerak. Nurlatuvchilar va mahsulotning o'zaro joylashuv sxemalari 5.41- rasmda keltirilgan. Qatlam qalinligi yupqa bo'lgan mahsulotlar uchun ikki tomonlama ishlov berish jarayonini qo'llash ancha qulaylik tug'diradi (5.41- rasm, *b*). Ammo go'sht mahsulotlariga ishlov berilayotganda infraqizil lampalarni mahsulot ostiga joylashtirish tavsiya etilmaydi. Chunki jarayon davomida ajralib chiqayotgan mahsulotning yog'i va suyuqligi nurlatgich va nurqaytargich yuzasini qoplashi mumkin.

Nurlatuvchining eng mukammal vaziyati bu mahsulot yuzasiga normal yo'nalish bo'yicha nurlatish vaziyatidir. IQ nurlanishni o'tkazuvchanlik qobiliyati yuqori bo'lgan materiallarga ishlov berish metall lentali gorizontal quritish uskunalarida amalga oshirish maqsadga muvofiqdir. Bunda lenta isishi bilan u o'z issiqligini mahsulotga beradi va kechayotgan jarayon jadallashadi (5.41- rasm, *a, b, d*). Agar mahsulotning forması imkon bersa hamma tomondan nurlatish maqsadga muvofiqdir (5.41- rasm, *e, f, g*).



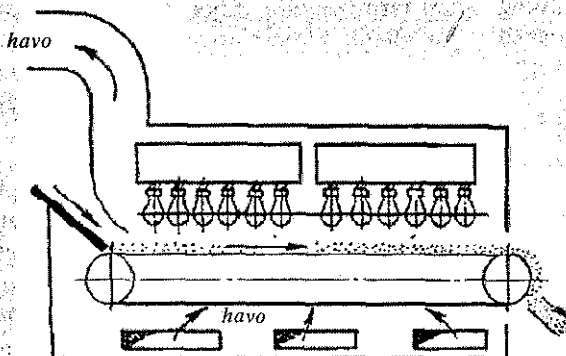
5.41- rasm. Nurlatkichlar va mahsulotning o'zaro joylashuv sxemalari:
 1 — mahsulotni transportirovka qiluvchi qurilma;
 2 — mahsulot; 3 — nurlatuvchi.

Qurilmaning ichki devorlarini qaytaruvchanlik koeffitsiyenti yuqori bo'lgan materiallar bilan qoplash tavsiya etiladi. Bu, o'z navbatida, nurning mahsulot yuzasi bo'yicha tekis taqsimlanishini ta'minlaydi va qurilmaning ish unumdorligini oshiradi. Agar berilayotgan infraqizil nurlar mahsulot yuzasi bo'yicha teng taqsimlanmasa, mahsulotning ba'zi qismlari qizib ketishi yoki kuyib qolishi mumkin.

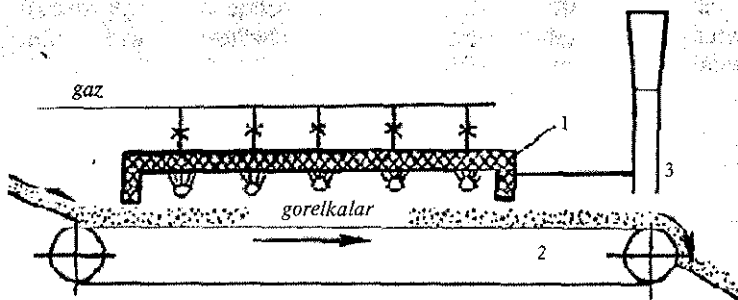
5.42- rasmda infraqizil lampalar yordamida ishlovchi radiatsiyali quritkich sxemasi ko'rsatilgan. Lampali nur tarqatuvchilar ko'p energiya talab qiladi va bu ularning asosiy kamchiligi hisoblanadi.

Biroq ayrim hollarda infraqizil nurlar bilan quritishning tannarxi konvektiv quritishga nisbatan arzon tushadi, chunki radiatsiyali quritish jarayoni tez boradi va quritkichni tayyorlash uchun kam mablag' sarflanadi.

Gaz bilan ishlaydigan radiatsiyali quritkichning tuzilishi juda oddiy bo'lib (5.43-rasm), lampali quritkichga nisbatan arzon. Nur tarqatuvchi qurilmaning pastki qismida gaz yoqish kamerasi mavjud.



5.42-rasm. IQ lampali radiatsion quritkich.



5.43- rasm. Gaz bilan ishlaydigan radiatsiyali quritkich:

1 — nur tarqatqich; 2 — harakatlanuvchi lenta; 3 — havo tortish qurilmasi.

Gazning yonishi ta'sirida nur tarqatuvchi qurilma qiziydi, so'ngra infraqizil nurlarni tarqatadi. Gorelkaning tabiiy metan gazida bir me'yorda ishlashi uchun zaruriy minimal bosim 1 kPa ni tashkil qilishi kerak. Gorelkaning tashqi yuza temperaturasi 1000—1200 K bo'lganda gazning 60 % energiyasi IQ nurga aylanadi. Shu energiyaning 90 % 1—3,5 mkm to'liq uzunligidagi nurlanishni tashkil qiladi. Ayrim hollarda nur tarqatuvchi qurilma tutunli gazlar yordamida qizdiriladi, bunda qurilmaning ichi g'ovak qilib ishlanadi va bu bo'shliq orqali yuqori temperaturali tutunli gazlar o'tkaziladi.

Sanoatning ayrim tarmoqlarida yuqori sifatli mahsulot olish uchun murakkab jarayonlardan (masalan, radiatsiyali va konvektiv usullarni birga ishlatishdan) foydalaniladi. Bunday sharoitda nam materialga infraqizil nur ta'sir ettirilishidan tashqari bir vaqtning o'zida uning pastidan havo oqimi o'tkaziladi.

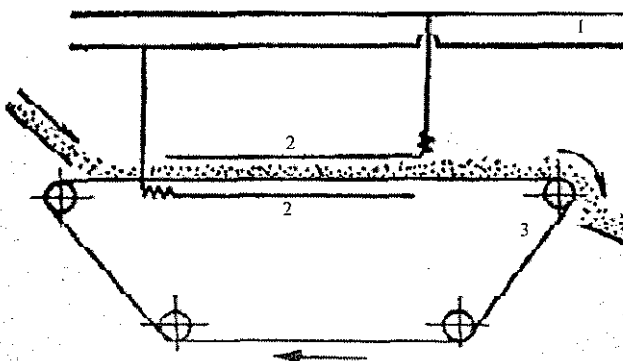
Termoradiatsiyali quritkichlar ixcham ishlangan bo'lib, yupqa qatlamli materiallarni quritishda yuqori samara beradi. Biroq, quritkichlarda energiya nisbatan ko'p sarflanadi: 1 kg namlikni materialdan ajratish uchun $1,5 \div 2,5$ kW·soat energiya sarf bo'ladi.

5.8.1. Oziq-ovqat mahsulotlariga yuqori va o'ta yuqori chastotali toklar bilan ishlov berish usullari

Qalin qatlamli materialning yuzasi va uning ichki qismlarida temperatura va namlikni boshqarish zarur bo'lgan paytlarda yuqori chastotali tok maydonidan foydalaniladi.

Bu usul bilan plastik massalar va boshqa dielektrik xossali materiallarni quritish mumkin. Yuqori chastotali quritkichdan foydalanilganda material butun qatlam bo'yicha bir tekis qiziydi. Asosiy kamchiligi 1 kg namlikning bug'lanishi uchun 5 kW·soat gacha energiya sarf bo'ladi.

5.44-rasmda yuqori chastotali tok bilan ishlaydigan quritkich sxemasi ko'rsatilgan. Material yuqori chastotali tokka ulangan plastinalar o'rtasiga joylashtiriladi. O'zgaruvchan elektr toki ta'sirida



5.44-rasm. Yuqori chastotali tok bilan ishlaydigan quritkich:
1 — elektr manbai; 2 — elektrodlar; 3 — harakatlanuvchi lenta.

quritilayotgan materialning molekullari tebranma harakatga keladi, bunda material qalinligi bo'yicha to'liq qiziydi. Materialning yuzasidan issiqlik tashqi muhitga tarqaladi, shu sababli temperatura material markazidan uning sirtiga tomon kamayib boradi. Namlik ham markazdan material sirtiga tomon kamayadi. Shunday qilib, yuqori chastotali quritishda temperatura va namlik gradiyentlarining yo'nalishlari bir xil bo'ladi, natijada namlikning material markazidan uning sirti tomon harakati tezlashadi. Shu sababli yuqori chastotali quritishning tezligi konvektiv quritish tezligiga nisbatan ancha katta.

Dielektrik quritkichlarda qalin qatlamli materiallarni bir tekisda quritish maqsadga muvofiqdir, biroq, bunda ko'p energiya sarf bo'ladi. Bundan tashqari, dielektrik quritkichlarning tuzilishi murakkab, ularni ishlatish esa ancha qimmat. Shu sababli yuqori chastotali quritkichlardan faqat qimmatbaho dielektrik materiallarni suvsizlantirishda foydalanish iqtisodiy samara beradi.

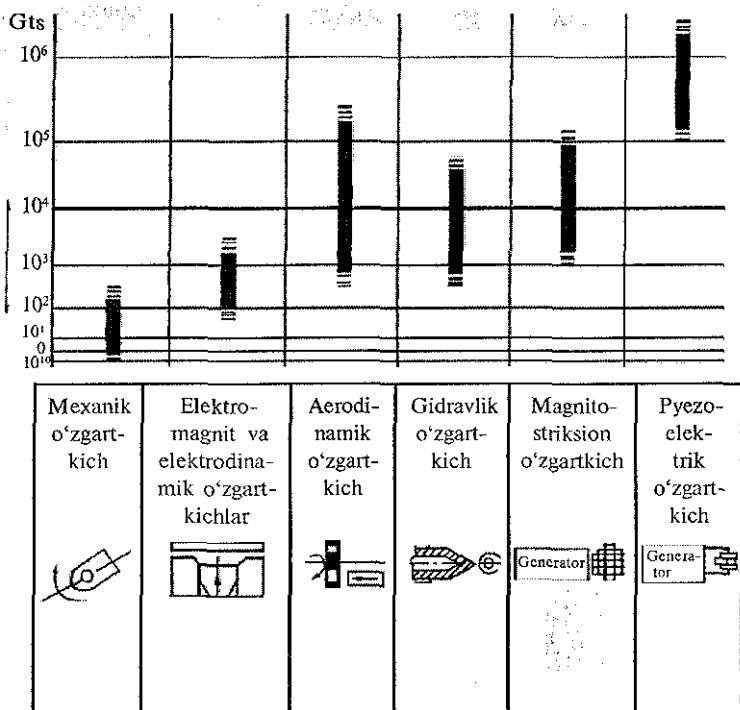
5.8.2. Oziq-ovqat mahsulotlariga akustik ishlov berish

Akustik maydonning asosiy xarakteristikalarini bu: elastik tebranishlarning chastotasi, tovushning tezligi, amplitudasi, to'lqin yoki muhitning nisbiy akustik qarshiligi va uning hosilalari — tovush bosimi, tovushning intensivligi (yoki kuchi), tebranma tezlik va boshqalar. Bundan tashqari, muhitda to'lqin energiyasining yutilishi, qaytarilishi va sinishi ro'y beradi. Akustik maydonning suyuq muhitga ta'sirida ishlov berishning kavitatsion rejimi yuzaga keladi.

Akustik tebranishlar quyidagi diapazonlarga bo'linadi: infratovush 0—20 Gs; tovush 2—20·10⁴ Gs; ultratovush 20·10⁴—10⁸ Gs; gipertovush >10⁸ Gs.

Elektr yoki mexanik energiyani elastik tebranishlarga aylantiruvchi turli xil tebranuvchi sistemalar tovush va ultratovush manbalari bo'lib xizmat qiladi. Bular aerodinamik, mexanik, gidrodinamik, elektromagnit, elektrodinamik, magnitostriksion va pyezoelektrik tarqatuvchilar bo'lishi mumkin. Manbani tanlashda tebranishning quvvati, konstruktiv ko'rsatkichlari va chastotasi inobatga olinadi. Mexanik, elektromagnit va elektrodinamik o'zgartkichlar minimal chastotaga ega. Pyezoelektrik o'zgartkichlar eng yuqori chastotani hosil qiladi.

Gidrodinamik o'zgartkichlarda tovush va ultratovush tebranishlar bevosita suyuqlikning o'zida, uning soplodan chiqayotganida to'siq bilan to'qnashishi natijasida hosil bo'ladi. Yo'naltirilgan oqim hosil

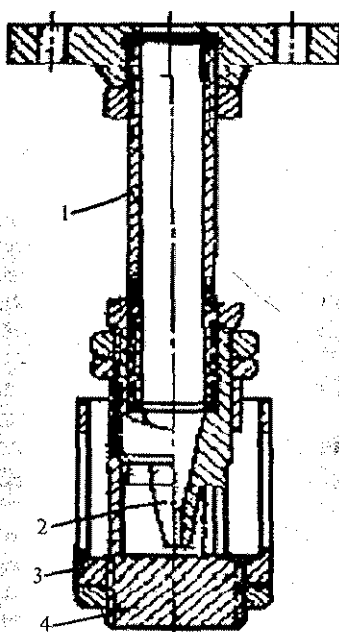


5.45-rasm. Turli xil o'zgartkichlar hosil qiladigan chastotalar diapazoni.

qilish uchun gidrodinamik o'zgartkichlarda to'g'ri burchakli va aylana ko'ndalang kesimli soplolar qo'llaniladi. Tirqish soploli o'zgartkichlar yuqori samaradorlikka ega, ammo ular kamchiliklardan ham xoli emas. Ular bukuvchi va teskari ishorali kuchlar ta'sirida nostabil bo'lib, uzoq vaqt ishlay olmaydi. Tirqishsimon soplolarning oziq-ovqat mahsulotlari bilan tiqilib qolish hollari tez-tez uchrab turadi.

Oziq-ovqat mahsulotlariga ishlov berishda ko'p sterjenli o'zgartkichlar ko'p qo'llanilmoqda (5.46-rasm). Ularning asosiy qismlari: ichiga nasos yordamida suyuqlik uzatiladigan quvur 1, soplo 2, qaytargich 4 va ko'p sterjenli rezonator 3. O'zgartkichni maksimum tezlikka moslashtirish uchun qaytargich va rezonatorlarni harakatlantirish imkoniyati mavjud.

Magnitostriksion o'zgartkichlarning ishlash prinsipi ba'zi metallarning magnit maydonida o'z o'Ichamlarini o'zgartirishiga



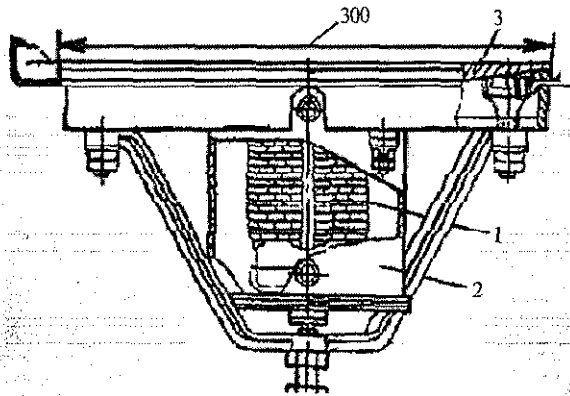
5.46-rasm. Ko'p sterjenli o'zgartkich konstruksiyasi:

1 — quvur; 2 — soplo; 3 — ko'p sterjenli rezonator; 4 — qaytargich.

asoslangan. Bu xususiyatga ega bo'lgan metallarga nikel va nikel qotishmalari misol bo'ladi.

Agar bu materiallardan tayyorlangan sterjenni o'qi bo'ylab ta'sir etuvchi o'zgaruvchan magnit maydoniga joylashtirilsa, u o'zining uzunligini magnit maydonining o'zgarish takti bilan o'zgartiradi. O'zgaruvchan magnit maydoni o'rama chulg'amni yuqori chastotali elektr toki manbayiga ulanishi natijasida hosil bo'ladi. Shu holda sterjen suyuqlikka botirilsa, uning tebranma harakat qilishi natijasida sterjen qirralari tok chastotasiga teng chastotali to'lqin hosil qiladi. Tebranishlarni kuchaytirish uchun tok chastotasini sterjenning xususiy chastotasiga moslashtiriladi.

Magnitostriktor hosil qilayotgan to'lqin membrana 3 yordamida kuchaytiriladi. O'rama chulg'amni unga berilayotgan yuqori chastotali tok ta'sirida qizib ketishi oldini olish uchun uning kojuxi 2 sovuq havo yordamida sovutilib turiladi. Bu turdagi nurlatkichlarning asosiy kamchiliklaridan biri bu u hosil qilayotgan akustik maydonning



5.47- rasm. Magnitostriksion o'zgartkich:
1 — magnitostriktor; 2 — kojux; 3 — membrana.

notekisligidir. Shu sababdan magnitostriksion o'zgartkichlar, asosan, aralashtirgichi mavjud rezervuarlardagi suyuqliklarga ishlov berishda ishlatiladi.

20 ÷ 40 kGs chastotalarda ishlaydigan magnitostriksion o'zgartkichlar shisha idishlarni va oziq-ovqat ishlab chiqarish qurilmalari detaffarini yuvishda, mayin emulsiyalar va gomogen aralashmalar hosil qilishda, ekstraklash va kristallashda, cho'kmalarni yo'qotishda ishlatiladi.

Bu turdagi o'zgartkichlar konstruksiyalari sodda, ekspluatatsiya qilishda qulay hamda agressiv va qizdirilgan muhitlarda ishlatilishi mumkin.

Hozirda ferritlardan tayyorlangan magnitostriksion o'zgartkichlar ko'p ishlatilmoqda. Ularning FIKi nikelli o'zgartkichlarga nisbatan yuqori (70—75%). Ferritlar presslangan temir oksid kukuni, nikel oksidi va ruxdan iborat. Ferritlarning strukturasi mayda zarrachali bo'lganligi sababli Fuko tokining yo'qolishi deyarli sezilmaydi. Ulardan har xil shakl va o'lchamdagi o'zgartkichlar presslab tayyorlash mumkin; ularning narxi nikelli va nikel qotishmali o'zgartkichlardan ancha arzon. Ferritli o'zgartkichlarning issiqlik yo'qotishlarining kamligi sababli ular maxsus sovitish fizimini talab qilmaydi. Ularning nisbatan past mexanik mustahkamligi asosiy kamchiligi hisoblanadi. Shu sababli ularda yuqori intensivlikdagi tebranishlarni hosil qilish cheklangan.

1. Modda almashinish jarayonlarining sanoatdagi ahamiyati nimalardan iborat? Bunday jarayonlar necha turga bo'linadi?
2. Fazalarning tarkibi qanday usullar bilan ifodalanadi?
3. Fazalar qoidasining mazmunini biror misol asosida qanday tushuntirish mumkin?
4. Qarama-qarshi yo'nalishli modda almashinish qurilmasi uchun moddiy balans tenglamasini tuzing.
5. Molekular diffuziya yoki FIKning birinchi qonunini yozib tushuntiring. Diffuziya koeffitsiyentining fizik mazmuni va o'lchov birligini izohlang.
6. Turbulent diffuziya koeffitsiyentining fizik mazmuni va o'lchov birligini tushuntiring.
7. Modda o'tkazish jarayonlarini qanday usullar bilan tezlatish mumkin?
8. Modda almashinish qurilmalarining asosiy o'lchamlariga nimalar kiradi va ularni qaysi usullar bilan aniqlash mumkin?
9. Adsorbsiya jarayonining mazmuni. Uning turlarini aytib bering.
10. Adsorbsiya jarayonining tezligi qanday tenglama orqali ifodalanadi?
11. Adsorberlar necha turga bo'linadi? Yuzali va plyonkali adsorberlar o'rtasida qanday farq bor?
12. Nasadkalarining asosiy turlarini aytib bering. Nasadkalar qanday ko'rsatkichlar bilan ifodalanadi?
13. Nasadkali adsorberlarning ishlash prinsipini tushuntiring. Nima sababdan bunday qurilmalar sanoatda eng ko'p ishlatiladi?
14. Suyuqlikni sochib beruvchi adsorberlar qanday afzalliklarga ega?
15. Adsorbsiya jarayonini sanoatning qaysi sohalarida ishlatilishini aytib bering. U necha turga bo'linadi? Adsorbsiya va adsorbsiya o'rtasida qanday farq bor?
16. Sanoatda ishlatiladigan adsorbentlar. Adsorbentlarni tanlashda qanday ko'rsatkichlar inobatga olinadi?
17. Zarracha ichidagi kapillar kanallarining o'lchamlariga ko'ra adsorbentlar necha turga bo'linadi? Adsorbentlarning xossalarini o'rganish uchun qanday kattaliklar ishlatiladi?
18. Adsorberlarning asosiy turlari. Davriy ishlaydigan adsorberlarning tuzilishi va ishlash prinsipi. Davriy adsorbsiya jarayoni necha bosqichdan iborat?
19. Davriy ishlaydigan adsorbsiya qurilmasining tarkibiy qismlarini ayting. Rekupe ratsiya jarayoni necha bosqichdan iborat?
20. Suyuqliklarni haydash jarayonining sanoatda ishlatilishi. Haydash necha turga bo'linadi?

21. Qanday sharoitlarda oddiy haydash usuli ishlatiladi? Bu usul necha turga bo'linadi?
22. Distillash va rektifiklash o'rtasida qanday farq hamda o'xshashlik bor?
23. Davriy va uzluksiz ishlaydigan rektifiklash qurilmasining ishlash prinsiplarini tushuntiring.
24. Rektifiklash kolonnalarining samaradorligini qaysi usullar yordamida oshirish mumkin?
25. Qattiq materiallarni ekstraklash va eritish jarayonlarining sanoatdagi ahamiyati. Ekstraklash va eritish o'rtasida qanday umumiy va xususiy tomonlar mavjud?
26. Qattiq va suyuq fazalarning o'zaro ta'sirlashish usullari necha turga bo'linadi? Bu usullar ichida qaysi biri sanoatda ko'p qo'llaniladi?
27. Qattiq jismlarni ekstraklash jarayonining mexanizmi. Bu jarayon necha bosqichdan iborat va qanday tenglama orqali ifodalanadi?
28. Shtekli va fentali ekstraktorlar. Bu ekstraktorlarning afzalliklari nimalardan iborat?
29. Nima sababdan qattiq materiallarni ekstraklash jarayonini tezlashtirish kerak? Qattiq zarrachalarning o'lchami va erituvchining temperaturasi ekstraklash jarayonining tezligiga qanday ta'sir ko'rsatadi?
30. Kristallanish jarayonining mohiyati va uning sanoatdagi ahamiyati. Kristallanish va eritish jarayonlari o'rtasida qanday umumiylik va farq bor?
31. Kristallizatorlarning turlari. Sanoatda qaysi kristallizator eng ko'p tarqalgan?
32. Vakuum-kristallizatorlarning tuzilishi. Kristallanish jarayonida vakuumdan foydalanish qanday afzalliklarga ega?
33. Sanoatda xomashyolarni quritish uchun qanday quritish usullari qo'llaniladi?
34. Tabiiy va sun'iy quritish jarayonlarining farqini tushuntirib bering.
35. Quritkichlarning maxsus turlariga misollar keltiring. Ularning o'xshash tomonlari hamda farqini ayting.
36. IQ nurlar tarqatuvchi manbalar qanday sinflarga bo'linadi?
37. IQ nurlatkichlarning mahsulotga nisbatan joylashuv usullarini tushuntiring.
38. Akustik tebranishlar hosil qilish manbalari turlarini ayting.
39. Gidrodinamik o'zgartkichlarda qanday soplolar qo'llanilishini aytib bering.
40. Ko'p sterjenli o'zgartkichlarning ishlash prinsipini tushuntirib bering.

Mustaqil ishlash uchun bo‘limlar yuzasidan testlar

1- VARIANT*

1. Suyuqlik va gazlarning muvozanat va harakat qonunlariga asoslangan jarayonlar:

- A) issiqlik almashinish jarayonlari;
- B) modda almashinish jarayonlari;
- C) mexanik jarayonlar;
- D) kimyoviy jarayonlar;
- E) gidromexanik jarayonlar.

2. Bolg‘ali maydalagichda jarayon, asosan, qaysi usulda amalga oshiriladi?

- A) siqilish, kesish;
- B) ezish, sindirish;
- C) zarb ta‘sirida sindirish;
- D) ezish, og‘irlik kuchi ta‘sirida sindirish;
- E) kuch ta‘sirida ezish.

3. Cho‘ktirish jarayonining harakatlantiruvchi kuchi:

- A) suyuqlik va qattiq zarracha temperaturalari orasidagi farq;
- B) Arximed va og‘irlik kuchlari orasidagi farq;
- C) bosim;
- D) qovushqoqlik;
- E) tezlik.

4. Siklonlarni ishlatishdan maqsad:

- A) gazsimon aralashmalar hosil qilish;
- B) suyuqliklar aralashmasini hosil qilish;
- C) gazsimon turli jinsli sistemalarni ajratish;
- D) moddalarni bir-birida eritish;
- E) bir jinsli moddalarni qizdirish.

* Variantlarda ayrim testlar qaytarilishi mumkin.

5. Siklonda markazdan qochma kuch qanday hosil qilinadi?

- A) kirish teshigi radial holatda bo'lganda;
- B) gazlar aralashmasini katta tezlikda berilishi natijasida;
- C) aralashtirgichning aylanishi natijasida;
- D) kirish kanalini tangensial joylashishi natijasida;
- E) apparatda vakuum hosil qilinishi natijasida.

6. Bernulli tenglamasini ko'rsating:

- A) $Z_1 + \vartheta_1^2/2g + P_1/\rho g = Z_2 + \vartheta_2^2/2g + P_2/\rho g$;
- B) $Z_1 + R_1/Rg = Z_2 + R_2/Rg$;
- C) $Z_1 + W_1^2/2g = Z_2 + W_2^2/2g$;
- D) $Z_1 + W_1^2 + P_1 = Z_2 + W_2^2 + P_2$;
- E) $W_1^2/2g + P_1/Rg = W_2^2/2g + R_2/Rg$.

7. Filtrlash jarayonining tezligi:

A) bosimlar farqiga to'g'ri, filtrning umumiy qarshiligiga hamda muhit temperaturasiga teskari proporsional;

B) bosimlar farqiga teskari, filtrning umumiy qarshiligiga to'g'ri proporsional;

C) qovushqoqlikka to'g'ri, bosimlar farqiga teskari proporsional;

D) bosimlar farqiga to'g'ri, muhit qovushqoqligi va filtrning umumiy qarshiligiga teskari proporsional;

E) apparat yuzasiga, qovushqoqlikka to'g'ri, bosimlar farqiga teskari proporsional.

8. Nasosning so'rish balandligini oshirish uchun:

A) suyuqlikning tezligini oshirish kerak;

B) suyuqlik tezligini kamaytirish va uzatish idishidagi bosimini oshirish zarur;

C) so'rish trubasidagi gidravlik qarshiliklarni oshirish lozim;

D) suyuqlik temperaturasini oshirish zarur;

E) suyuqlik zichligini oshirish kerak.

9. Turli jinsli sistemalarni ajratish usullari:

A) filtrlash, cho'ktirish, ekstraklash;

B) sentrifugalash, suyuqlik yordamida ajratish, qizdirish;

C) filtrlash, cho'ktirish, sentrifugalash, suyuqlik yordamida ajratish;

D) suyuqlik yordamida ajratish va ekstraklash;

E) bug'latish.

10. Issiqlik almashinuv jarayonining borishi uchun zaruriy shart:

- A) ikki jismning bir-biri bilan tegib turishi;
- B) suyuqlik va gaz sistemalarining idish devori bilan ajratilgan bo'lishi;
- C) ikki jism orasida temperaturalar farqi bo'lishi;
- D) ikki jismning turli fazalarda bo'lishi;
- E) qattiq jism temperaturasining unga tegib turgan suyuqlik temperaturasidan yuqori bo'lishi.

11. Issiqlik o'tkazuvchanlik yo'li bilan uzatiladigan issiqlik miqdori:

- A) devorning qalinligi, materiali issiqlik almashinish yuzasi va devor sirtlaridagi temperaturalar farqiga;
- B) devor qalinligi, materiali issiqlik almashinish yuzasi va suyuqlikning zichligiga;
- C) devor qalinligi, materiali issiqlik almashinish yuzasi gazning zichligi va devor sirtlaridagi temperaturalar farqiga;
- D) issiqlik berish koeffitsiyenti, issiqlik almashinish yuzasi, devor sirtlaridagi temperaturalar farqiga;
- E) devor qalinligi, issiqlik berish koeffitsiyenti, issiqlik almashinish yuzasi, devor sirtlaridagi temperaturalar farqiga bog'liq.

12. Muhit tezligini oshirganda qaysi usul orqali tarqalishi jadalashadi:

- A) issiqlik o'tkazuvchanlik;
- B) nurlanish;
- C) konvektiv;
- D) barcha usullarda;
- E) javoblar noto'g'ri.

13. Ko'p apparatli bug'latish qurilmasining bir apparatli bug'latish qurilmasidan afzalligi:

- A) isituvchi bug' sarfining kamayishi;
- B) isituvchi bug' sarfining ko'payishi;
- C) jarayon borishining qisqarishi;
- D) bug'lanuvchi aralashma konsentratsiyasining oshishi;
- E) isituvchi bug' haroratining pasayishi.

14. Issiqlik qaysi muhitda faqat issiqlik o'tkazuvchanlik yo'li bilan tarqaladi?

- A) gazlarda;
- B) gaz va suyuqliklarda;
- C) qattiq jism va suyuqliklarda;
- D) qattiq jism, suyuqlik va gazlarda;
- E) qattiq jismlarda.

15. Quyidagi jismlarning qaysi biri nurni yutish, qaytarish va o'tkazib yuborish xususiyatiga ega?

- A) absolut oq jismlar;
- B) absolut qora jismlar;
- C) absolut shaffof jismlar;
- D) kulrang jismlar;
- E) nisbiy qora jismlar.

16. Issiqlik energiyasining elektromagnit to'lqinlar yordamida tarqalishiga:

- A) issiqlikning o'tishi;
- B) issiqlik berish;
- C) issiqlik o'tkazuvchanlik;
- D) issiqlikning nurlanishi;
- E) issiqlikning yutilishi deyiladi.

17. Apparatdagi ishqalanish va mahalliy qarshiliklar ta'sirida eritma temperaturasining ortish jarayoni:

- A) temperatura depressiyasi;
- B) gidrostatik depressiya;
- C) gidravlik depressiya;
- D) termodinamik depressiya;
- E) sovitish depressiyasi deyiladi.

18. Muhitlar temperaturalari orasidagi farq 1 gradus bo'lganda birlik yuzadan vaqt birligi ichida devor orqali bir muhitdan ikkinchisiga o'tadigan issiqlik miqdorini ifodalaydigan kattalik:

- A) issiqlik o'tkazish koeffitsiyenti;
- B) issiqlik berish koeffitsiyenti;
- C) issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti;
- D) temperatura o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti;
- E) issiqlik yutish deyiladi.

19. Bir-biriga tegib turgan kichik zarrachalarning tartibsiz harakati natijasida yuz beradigan issiqlikning o'tish jarayoni:

- A) termik qarshilik koeffitsiyenti;
- B) issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti;
- C) isitish tezligi;
- D) isitilganlik darajasi;
- E) issiqlik sig'imi deyiladi.

20. Issiqlik o'tkazish jarayonining harakatlantiruvchi kuchi quyidagiga teng:

- A) isituvchi birlamchi bug'ning temperaturasi va ikkilamchi bug'ning boshlang'ich temperaturasi o'rtasidagi farqqa;
- B) issiq va sovuq jismlar temperaturalari farqiga;
- C) issiq va sovuq jismlar temperaturalarining o'rtacha farqiga;
- D) mahsulot va bug' temperaturalarining farqiga;
- E) javoblar noto'g'ri.

21. Modda almashinuv jarayonlarining harakatlantiruvchi kuchi nima?

- A) temperaturalar farqi;
- B) bosimlar farqi;
- C) ishchi va muvozanat konsentratsiyalar farqi;
- D) materialning modda o'tkazuvchanligi;
- E) materialning issiqlik o'tkazuvchanligi.

22. Molekular diffuziya koeffitsiyenti qanday kattaliklarga bog'liq?

- A) oqim rejimi va apparat turiga;
- B) modda turi, muhit xossalari, temperatura va bosimga;
- C) modda turi, muhit xossalari va apparat o'lchamiga;
- D) modda turi, muhit xossalari va mahsulot miqdoriga;
- E) modda turi, muhit xossalari va apparatning ichki hajmiga.

23. Konvektiv diffuziya nima?

- A) moddalar temperaturasining o'zgarishi;
- B) apparatdagi bosimning o'zgarishi;
- C) mahsulot hajmining o'zgarishi;
- D) ikki moddaning kimyoviy bog'lanishi;
- E) moddaning faza markazidan ajratuvchi yuzaga berilishi.

24. FIKning ikkinchi qonuni:

- A) konvektiv diffuziyada mahsulot temperaturasining o'zgarishini;
- B) konvektiv diffuziyada mahsulot hajmining o'zgarishini;
- C) qo'zg'almas muhitdagi konvektiv diffuziyani;
- D) qo'zg'almas muhitda modda temperaturasining o'zgarishini;
- E) muhit bosimi o'zgarishini ifodalaydi.

25. Qattiq modda tarkibidagi biror komponentning suyuq moddaga o'tishi:

- A) issiqlik almashinuv jaryoni;
- B) gidromexanik jarayon;
- C) modda almashinuv jarayoni;
- D) kimyoviy jarayon;
- E) mexanik jarayon deb ataladi.

26. Uchuvchan va uchmaydigan komponentlardan iborat aralashmani ajratishda:

- A) ekstraklash;
- B) haydash;
- C) bug'latish;
- D) absorbsiya;
- E) adsorbsiya jarayoni qo'llaniladi.

27. Suyuqliklarni haydash:

- A) bir jinsli suyuq aralashmani bir yoki bir necha marta qisman bug'latish va hosil bo'lgan bug'larni qayta kondensatsiyalash yo'li bilan ajratish;
- B) eritmalar yoki qattiq moddalar tarkibidan bir yoki bir necha komponentlarni erituvchilar yordamida ajratib olish;
- C) gazli aralashmalardan suyuqlik yordamida bir yoki bir necha komponentlarni ajratib olish;
- D) suyuqlik yoki gaz aralashmalaridan qattiq jismlar yordamida bir yoki bir necha komponentlarni ajratib olish;
- E) qattiq va pastasimon materiallarni issiqlik tashuvchi agent yordamida suvsizlantirish.

28. Qattiq moddaning suyuq fazaga to'la o'tishi:

- A) eritish;
- B) ekstraklash;
- C) absorbsiyalash;
- D) desorbsiyalash;
- E) quritish deyiladi.

29. Adsorbentlar — bu:

- A) suyuq va gaz holatdagi aralashmalarni yutuvchi g'ovaksimon qattiq jismlar;
- B) bug' va gazlarni yutishga mo'ljallangan suyuqliklar;
- C) aralashma va qattiq jismlar tarkibidan moddalarni ajratib oluvchi suyuqliklar;
- D) gazli aralashmalarni tozalovchi suyuqliklar;
- E) suyuqliklarni qattiq jism yuzasiga yutilishini ta'minlovchi gazlar.

30. Quritish jarayoni:

- A) eritma tarkibidan erigan qattiq komponentni ajratib olish;
- B) eritmalar yoki qattiq g'ovaksimon moddalar tarkibidan bir yoki bir necha komponentlarni erituvchilar yordamida ajratib olish;
- C) gazsimon aralashmalardan suyuqlik yordamida bir yoki bir necha komponentlarni ajratib olish;
- D) suyuqlik yoki gaz aralashmalaridan qattiq jismlar yordamida bir yoki bir necha komponentlarni ajratib olish;
- E) qattiq va pastasimon materiallarni issiqlik tashuvchi agent yordamida suvsizlantirish.

31. Konvektiv quritishda issiqlik nima uchun sarflanadi?

- A) konstruksiyani qizdirish va mahsulotni quritish temperaturasigacha qizdirish uchun;
- B) atrof-muhit va mahsulot tarkibidan suvni ajratib olishga;
- C) konstruksiyani qizdirishga, mahsulotni quritish temperaturasigacha isitishga, namlikni bug'latishga va atrof-muhitga;
- D) mahsulot tarkibidagi suvni ajratib olish, konstruksiyani qizdirishda;
- E) konstruksiyani qizdirishda, mahsulot tarkibidagi bog'langan namlikni ajratib olish.

32. Quyidagilarning qaysilari mexanik jarayonga misol bo'ladi:

- A) saralash; maydalash;
- B) filtrlash; cho'ktirish;
- C) aralashtirish; eritish;
- D) kristallash; eritish;
- E) adsorbsiya, desorbsiya.

33. Bir xil bosimda olingan eritma qaynash temperaturasi bilan toza erituvchi qaynash temperaturasi orasidagi farq:

- A) gidrostatik depressiya;
- B) gidravlik depressiya;
- C) temperatura depressiyasi;
- D) termodinamik depressiya;
- E) sovitish depressiyasi deyiladi.

34. Qobiq trubali isitkichlarda truba va qobiq temperaturalari orasidagi farq 50 gradusdan oshganda, ularning har xil uzayishidan hosil bo'ladigan deformatsiyani yo'qotish uchun:

- A) apparatni ko'p yo'lli qilib yasash kerak;
- B) apparatni gorizontal o'rnatish kerak;
- C) apparatni vertikal o'rnatish kerak;
- D) apparat qobig'i diametrini oshirish kerak;
- E) apparatni qo'zg'aluvchan kallakli qilish kerak.

35. Quyidagilardan qaysi biri turli jinsli sistemalarga misol bo'ladi:

- A) yog' bilan suv aralashmasi;
- B) ishqorning suvdagi eritmasi;
- C) kislotaning suvdagi eritmasi;
- D) turli xil gazlar aralashmasi;
- E) suvning tuzli eritmasi.

36. Filtrlash jarayonining harakatlantiruvchi kuchi:

- A) filtr to'siqning yuzasi;
- B) filtr to'siqning qarshiligi;
- C) filtr to'siqdan oldingi va keyingi bosimlar farqi;
- D) jarayonga berilayotgan suspenziya miqdori;
- E) jarayon natijasida hosil bo'lgan filtrat miqdori.

2- VARIANT

1. Quyidagilardan qaysi biri gidromexanik jarayonga misol bo'ladi:

- A) suyuqliklarning isishi;
- B) gazlarni suyuqlik tomonidan yutilishi;
- C) suyuq aralashmani bug'latish;
- D) suyuqlik muhitlarida aralashtirish;
- E) bir suyuqlikdan ikkinchisiga issiqlikning uzatilishi.

2. Suyuqlik yoki gaz qatlamlari o'zaro harakatlanganda bir-biriga qarshilik ko'rsatish xususiyati:

- A) bosim;
- B) qovushqoqlik;
- C) zichlik;
- D) solishtirma og'irlik;
- E) konsentratsiya deb ataladi.

3. Erkin cho'kayotgan zarrachaga ta'sir qilayotgan kuch:

- A) og'irlik kuchi, markazdan qochma kuch;
- B) muhitning qarshilik kuchi, markazdan qochma kuch;
- C) muhitning qarshilik kuchi, og'irlik kuchi, Arximed kuchi;
- D) markazdan qochma kuch, Arximed kuchi;
- E) markazdan qochma kuch deb ataladi.

4. Skrubberlar:

- A) havoni qizdirish uchun;
- B) gazlarni suyuqlik yordamida tozalash uchun;
- C) suspenziyalarni fazalarga ajratish uchun;
- D) gazsimon aralashmalar hosil qilish uchun;
- E) emulsiyani fazalarga ajratish uchun ishlatiladi.

5. Filtrlash jarayoni qaysi rejimda borishini ko'rsating:

- A) $\Delta P = \text{const}$; $W = 0$;
- B) $\Delta P = \text{const}$; $W < 0$;
- C) $\Delta P = 0$; $\Delta W = 0$;
- D) $\Delta P = \text{const}$; $W = \text{const}$; $\Delta P \neq \text{const}$. $W \neq \text{const}$;
- E) $\Delta P = 0$; $\Delta W = \text{const}$.

6. Sentrifugalarning ajratish koeffitsiyentini ko'rsating:

- A) $K_p = W^2 / rg$;
- B) $K_p = gr / W$;
- C) $k_p = r / gW$;
- D) $K_p = W / g$;
- E) $K_p = g / rW$

7. Quyidagi mulohazalardan qaysi biri to'g'ri?

- A) trubada oqadigan suyuqlik tezligi oshirilsa, suyuqlikni uzatishda sarflanadigan energiya sarfi kamayadi;
- B) suyuqlikni tezligi oshirilsa, gidravlik qarshilik ham ortadi;

C) suyuqlik tezligi oshirilsa, uni uzatish uchun zarur bo'lgan trubani tayyorlash xarajatlari ortadi;

D) gidravlik qarshiliklarni kamaytirish uchun rostlovchi organlarni ko'proq o'rnatish kerak;

E) suyuqlik tezligini oshirsak, uni uzatish uchun zarur bo'lgan trubani tayyorlash xarajatlari kamayadi.

8. Mavhum qaynash holatida:

A) qatlamning gidravlik qarshiligi kamayib, fazalarning kontakt yuzasi ortadi;

B) gidravlik qarshilik ortadi;

C) fazalarning kontakt yuzasi kamayadi;

D) jarayonning tezligi kamayadi;

E) fazalarning kontakt yuzasi kamayadi, jarayonning tezligi ortadi.

9. Kavitatsiya hodisasi qachon sodir bo'ladi?

A) uzatilayotgan suyuqlik qovushqoqligi katta bo'lsa;

B) uzatilayotgan suyuqlik temperaturasi katta bo'lsa;

C) suyuqlik surilayotgan idishda bosim katta bo'lsa;

D) suyuqlik uzoq masofaga uzatilayotgan bo'lsa;

E) suyuqlik bosimi katta bo'lsa.

10. Issiqlik almashinish jarayonining tezligi nima?

A) ma'lum bir vaqt davomida olingan modda miqdori;

B) ma'lum bir miqdordagi modda olish uchun ketgan vaqt;

C) jarayon natijasida, vaqt birligida olingan modda miqdori;

D) vaqt birligida bir jismdan ikkinchisiga o'tkazilgan issiqlik miqdori;

E) jarayonga vaqt birligida sarflanadigan xomashyo.

11. Nurlanish yo'li bilan tarqaladigan issiqlik miqdorini oshirish uchun:

A) jismlarning temperaturasi va oqim tezligini oshirish;

B) jismlarning temperaturasi va qoralik darajasini oshirish;

C) jism sirtini silliqlash;

D) devor qalinligini kamaytirish;

E) devor qalinligi va muhit tezligini oshirish kerak.

12. Qobiq trubali issiqlik almashinish apparatida yoʻllar soni oshirilsa:

- A) issiqlik uzatish koeffitsiyenti va gidravlik qarshilik kamayadi;
- B) issiqlik uzatish koeffitsiyenti oshadi va gidravlik qarshilik kamayadi;
- C) issiqlik uzatish koeffitsiyenti kamayib, gidravlik qarshilik ortadi;
- D) issiqlik uzatish koeffitsiyenti va gidravlik qarshilik ortadi;
- E) issiqlik uzatish koeffitsiyenti oʻzgarmaydi.

13. Issiqlik almashinish apparatlari samaradorligini qanday oshirish mumkin:

- A) mahsulotni qizdirish vaqtini uzaytirish;
- B) yoʻnalishlar sonini oshirish;
- C) yoʻnalishlar sonini kamaytirish;
- D) apparatning geometrik oʻlchamlarini kattalashtirish;
- E) bugʻ bosimini oshirish.

14. Quyidagi javoblarning qaysi birida jismlarning issiqlik oʻtkazuvchanligi kamayib borish tartibida joylashtirilgan:

- A) poʻlat, suyuqlik, gazlarda;
- B) gaz, suyuqlik, metallarda;
- C) gaz, metall, suyuqlikda;
- D) metall, gaz, suyuqlikda;
- E) suyuqlik, metall, gazlarda.

15. Konvektiv usulda tarqalgan issiqlik miqdori qaysi parametrlarga bogʻliq?

- A) issiqlik oʻtkazuvchanlik koeffitsiyenti, issiqlik almashinuv yuzasi, temperaturalar farqiga;
- B) temperatura oʻtkazuvchanlik koeffitsiyentiga, vaqt va yuza birligiga;
- C) issiqlik berish koeffitsiyenti, temperaturalar farqi va yuzaga;
- D) temperaturalar farqiga, devor qalinligiga, yuza birligiga;
- E) issiqlik sigʻimi koeffitsiyenti, temperaturalar farqi va yuza birligiga.

16. Issiqlik oʻtkazish koeffitsiyentiga teskari boʻlgan kattalik:

- A) termik qarshilik;
- B) solishtirma issiqlik sigʻimi;
- C) temperatura oʻtkazuvchanlik;

- D) hajmiy kengayish koeffitsiyenti;
- E) issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti deyiladi.

17. Eritma qatlami bosimi ta'sirida eritma qaynash temperaturasiining ortish jarayoni:

- A) temperatura depressiyasi;
- B) gidrostatik depressiya;
- C) gidravlik depressiya;
- D) termodinamik depressiya;
- E) sovitish depressiyasi deyiladi.

18. Devor va suyuqlik temperaturalari orasidagi farq 1 gradus bo'lganda birlik yuzadan vaqt birligi ichida qattiq jism sirtidan suyuqlikka (yoki teskari yo'nalishda) beriladigan issiqlik miqdori:

- A) issiqlik o'tkazish koeffitsiyenti;
- B) issiqlik berish koeffitsiyenti;
- C) issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti;
- D) temperatura o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti;
- E) issiqlik yutish deyiladi.

19. Qattiq jism sirtidan suyuqlikka issiqlik berish koeffitsiyenti:

- A) suyuqlikning oqim rejimi, issiqlik xossalari va issiqlik berayotgan sirtning shakli hamda geometrik o'lchamlariga;
- B) suyuqlikning oqim rejimi va issiqlik berayotgan devorning qalinligiga;
- C) suyuqlikning boshlang'ich temperaturasi va issiqlik berayotgan sirtning shakli hamda geometrik o'lchamlariga;
- D) suyuqlik ustunining balandligi, issiqlik xossalari va issiqlik berayotgan sirtning shakli hamda geometrik o'lchamlariga;
- E) suyuqlikning issiqlik xossalari va issiqlik berayotgan sirtning qoralik darajasiga bog'liq.

20. Issiqlikning devordan gazsimon (suyuq) muhitga yoki teskari yo'nalishda makroskopik hajmlarning ko'chishi bilan tarqalishi:

- A) issiqlikning o'tishi;
- B) issiqlik berish;
- C) issiqlik o'tkazuvchanlik;
- D) issiqlikning nurlanishi;
- E) issiqlikning yutilishi deyiladi.

21. Molekular diffuziya.

- A) molekular orasidagi bog'lanish;
- B) molekular orasidagi tortishish;
- C) molekular orasidagi kimyoviy ta'sir;
- D) molekula, atom, ion va kolloid zarrachalarning tartibsiz issiqlik harakati ta'sirida moddaning tarqalishi;
- E) molekula, atom, ion va kolloid zarrachalarning bir-biriga ta'siri.

22. Turbulent diffuziya:

- A) mahsulot temperaturasini o'zgartirish jarayoni;
- B) Brown harakati va makroskopik hajmlar parametrlari;
- C) modda makroskopik hajmlari ko'chishi bilan boruvchi jarayon;
- D) molekular orasidagi bog'lanish;
- E) mahsulot hajmi va temperaturasi orasidagi bog'lanish.

23. Majburiy konveksiya qachon sodir bo'ladi?

- A) modda temperaturasi o'zgarganda;
- B) modda miqdori o'zgarganda;
- C) apparatning ish hajmi o'zgarganda;
- D) muhit aralashirilganda;
- E) muhit isitilganda.

24. Modda o'tkazish jarayoni:

- A) ikki moddaning aralashishi;
- B) moddaning suyuqlik holatidan gaz holatiga o'tishi;
- C) moddaning bir fazadan ikkinchi fazaga ajratuvchi yuza orqali o'tishi;
- D) suyuqlikning bir joydan ikkinchisiga uzatilishi;
- E) gaz va suyuqliklarning o'zaro aralashishi.

25. Rektifiklashning oddiy haydash jarayonidan farqi:

- A) mahsulotning ko'p marotaba bug'latilishi bilan;
- B) mahsulotning qaynash temperaturasini pasayishi bilan;
- C) jarayon vakuum ostida borishi bilan;
- D) jarayon borish vaqti qisqarishi bilan;
- E) jarayon amalga oshiriladigan temperatura bilan tushuntiriladi.

26. Haydash jarayonida sistemaning erkinlik darajasi quyidagiga teng:

- A) 1;
- B) 2;
- C) 3;
- D) 4;
- E) 5.

27. Ekstraklash jarayoni:

- A) eritma tarkibidan erigan qattiq komponentni ajratib olish;
- B) eritmalar yoki qattiq g'ovaksimon moddalar tarkibidan bir yoki bir necha komponentlarni erituvchilar yordamida ajratib olish;
- C) gazli aralashmalardan suyuqlik yordamida bir yoki bir necha komponentlarni ajratib olish;
- D) suyuqlik yoki gaz aralashmalaridan qattiq jismlar yordamida bir yoki bir necha komponentlarni ajratib olish;
- E) qattiq va pastasimon materiallarni issiqlik tashuvchi agent yordamida suvsizlantirish.

28. Absorbsiya jarayoni:

- A) eritma tarkibidan erigan qattiq komponentni ajratib olish;
- B) eritmalar yoki qattiq g'ovaksimon moddalar tarkibidan bir yoki bir necha komponentlarni erituvchilar yordamida ajratib olish;
- C) gazsimon aralashmalardan suyuqlik yordamida bir yoki bir necha komponentlarni ajratib olish;
- D) suyuqlik yoki gaz aralashmalaridan qattiq jismlar yordamida bir yoki bir necha komponentlarni ajratib olish;
- E) qattiq va pastasimon materiallarni issiqlik tashuvchi agent yordamida suvsizlantirish.

29. Absorbentlar — bu:

- A) suyuq va gaz holatdagi aralashmalarni yutuvchi g'ovaksimon qattiq jismlar;
- B) bug' va gazlarni yutishga mo'ljallangan suyuqliklar;
- C) aralashma va qattiq jismlar tarkibidan moddalarni ajratib oluvchi suyuqliklar;
- D) gazli aralashmalarni tozalovchi suyuqliklar;
- E) suyuqliklarni qattiq jism yuzasiga yutilishini ta'minlovchi gazlar.

30. Adsorbsiya jarayoni:

A) eritma tarkibidan erigan qattiq komponentni ajratib olish;
B) eritmalar yoki qattiq g'ovaksimon moddalar tarkibidan bir yoki bir necha komponentlarni erituvchilar yordamida ajratib olish;

C) gazsimon aralashmalardan suyuqlik yordamida bir yoki bir necha komponentlarni ajratib olish;

D) suyuqlik yoki gaz aralashmalaridan qattiq jismlar yordamida bir yoki bir necha komponentlarni ajratib olish;

E) qattiq va pastasimon materiallarni issiqlik tashuvchi agent yordamida suvsizlantirish.

31. Nam havoni qizdirganda:

A) uning nisbiy namligi va entalpiyasi oshadi;

B) uning nisbiy namligi oshadi, entalpiyasi kamayadi;

C) uning nisbiy namligi kamayadi, entalpiyasi oshadi;

D) uning nisbiy namligi va entalpiyasi kamayadi;

E) uning nisbiy namligi va quritish potentsiali ortadi.

32. Cheksiz qisqa vaqt davomida material namligining kamayishi:

A) quritish tezligi;

B) quritish vaqti;

C) nisbiy namlik;

D) absolut namlik;

E) muvozanat namligi deyiladi.

33. Maydalash jarayonini ifodalovchi asosiy kattalik:

A) yanchiladigan mahsulotning dastlabki o'lchami;

B) maydalash darajasi;

C) maydalashga sarflangan kuch;

D) maydalash vaqti;

E) Prandtl kriteriyasi deyiladi.

34. Turli jinsli sistemalarni ajratish usullari:

A) filtrlash, cho'ktirish, sentrifugalash, suyuqlik yordamida ajratish;

B) filtrlash, cho'ktirish, ekstraklash;

C) sentrifugalash, suyuqlik yordamida ajratish, qizdirish;

D) suyuqlik yordamida ajratish va ekstraklash;

E) bug'latish.

35. Muhit tezligini oshirganda qaysi usulda issiqlik tarqalishi tezlashadi:

- A) issiqlik o'tkazuvchanlik;
- B) nurlanish;
- C) barcha usullarda;
- D) javoblar noto'g'ri;
- E) konvektiv.

36. Konvektiv diffuziya:

- A) moddalar temperaturasining o'zgarishi;
- B) apparatdagi bosimning o'zgarishi;
- C) moddaning faza markazidan ajratuvchi yuzaga berilishi;
- D) mahsulot hajmining o'zgarishi;
- E) ikki moddaning kimyoviy bog'lanishi.

3- VARIANT

1. Oqimning uzluksizlik tenglamasi:

- A) energiya saqlanish qonunining xususiy ko'rinishi;
- B) moddalar massasi saqlanish qonunining xususiy holi;
- C) proporsionallik qonuni;
- D) Eylerning harakat differensial tenglamasi;
- E) Bernulli tenglamasi deyiladi.

2. Donasimon zarrachalar qatlamining mavhum qaynash holatida bo'lishi uchun zaruriy shart:

- A) donasimon zarrachalar quruq bo'lishi;
- B) donasimon zarrachalar o'lchami 1—2 mkm bo'lishi;
- C) donasimon zarrachalar orasidan o'tayotgan gaz yoki suyuqlik tezligi birinchi va ikkinchi kritik tezliklar orasida bo'lishi;
- D) qatlamdan o'tayotgan gaz quruq havo bo'lishi;
- E) mahsulot namligi yuqori bo'lishi.

3. Filtrlash jarayonining harakatlantiruvchi kuchi:

- A) filtr to'siqning yuzasi;
- B) filtr to'siqning qarshiligi;
- C) filtr to'siqdan oldingi va keyingi bosimlar farqi;
- D) jarayonga berilayotgan suspenziya miqdori;
- E) jarayon natijasida hosil bo'lgan filtrat miqdori.

4. Nasosning asosiy parametrlari:

- A) napor, suyuqlik miqdori va temperaturasi;
- B) napor, ish unumdorligi, temperatura;
- C) ish unumdorligi, napor va nasos quvvati;
- D) napor, nasos hajmi, bosim;
- E) napor, suyuqlik og'irligi va qovushqoqligi.

5. Modda zichligining formulasi:

- A) $\rho = G/m$
- B) $\rho = m/v$
- C) $\rho = v/m$
- D) $\rho = P/S$
- E) $\rho = m/G$

6. Sochiluvchan-donador qatlam gidravlik qarshiligi:

- A) qatlamning balandligi, apparatning ko'ndalang kesim yuzasi va bosimga;
- B) qatlamning balandligi, apparatning ko'ndalang kesim yuzasi, oqim tezligi, temperaturasi va bosimga;
- C) qatlamning balandligi, apparatning ko'ndalang kesim yuzasi, oqim tezligi va qatlam zichligiga;
- D) qatlamning balandligi, apparatning ko'ndalang kesim yuzasi, qovushqoqlikka;
- E) qatlamning balandligi, apparatning ko'ndalang kesim yuzasi va muhit temperaturasiga bog'liq.

7. Nasosning umumiy napori:

- A) suyuqlikni geometrik balandlikka ko'tarish, bosimlar farqini, gidravlik qarshiliklarni yengish uchun sarf bo'ladi;
- B) faqat gidravlik qarshilikni yengish uchun sarf bo'ladi;
- C) faqat suyuqlikni geometrik balandlikka ko'tarish uchun sarf bo'ladi;
- D) faqat bosimlar farqini yengish uchun sarf bo'ladi;
- E) faqat mahalliy qarshiliklarni yengish uchun sarf bo'ladi.

8. Quyidagilardan qaysi biri turli jinsli sistemalarga misol bo'ladi:

- A) ishqorning suvdagi eritmasi;
- B) kislotaning suvdagi eritmasi;
- C) yog' bilan suv aralashmasi;
- D) turli xil gazlar aralashmasi;
- E) suvning tuzli eritmasi.

9. Markazdan qochma kuch tezlanishini og'irlik kuchi tezlanishiga nisbati bilan aniqlanadigan kattalik:

- A) ajratish koeffitsiyenti;
- B) kritik tezlik;
- C) oqim zichligi;
- D) oqimning tezlanishi;
- E) nisbiy tezlik deyiladi.

10. Issiqlik almashinuv jarayoniga quyidagilar kiradi:

- A) isitish, sovitish, aralashtirish va bug'latish;
- B) isitish, sovitish, kondensatsiyalash, bug'latish;
- C) isitish, sovitish, sentrifugalash va bug'latish;
- D) qaynatish, uzatish, bug'latish;
- E) isitish, absorbsiya, desorbsiya.

11. Konvektiv issiqlik almashinishni tezlashtirish uchun:

- A) muhitni aralashtirish va oqim tezligini oshirish;
- B) muhitni aralashtirish va oqim tezligini kamaytirish;
- C) devor qalinligini kamaytirish va oqim tezligini oshirish;
- D) devor qalinligini va oqim tezligini oshirish;
- E) jismlar temperaturasi va qoralik darajasini oshirish kerak.

12. Qobiq trubali isitkichlarda truba va qobiq temperaturalari orasidagi farq 50 gradusdan oshganda, ularning har xil uzayishidan hosil bo'ladigan deformatsiyani yo'qotish uchun:

- A) apparat qobig'ini linza kompensatorli qilib yasash kerak;
- B) apparatni ko'p yo'lli qilish kerak;
- C) apparatni gorizontal o'rnatish kerak;
- D) apparatni vertikal o'rnatish kerak;
- E) apparat qobig'i diametrini oshirish kerak.

13. Uzlüksiz issiqlik almashinish jarayonlari uchun issiqlik uzatish tenglamasini ko'rsating:

- A) $Q = KF \Delta t_{o,r}$;
- B) $Q = \alpha Ft_{o,r}$;
- C) $Q = aFdt/dn$;
- D) $Q = \Delta Fdt/dn$;
- E) $Q = Fdt/dn$.

14. Jismlarning qoralik darajasi:

- A) manfiy son bo'ladi;
- B) 1 dan katta;
- C) 1 dan kichik;
- D) 0 dan 1 oralig'ida o'zgaradi;
- E) 0 dan cheksiz katta qiymatga ega.

15. Temperaturasi yuqori muhitdan temperaturasi past muhitga biror devor orqali issiqlikning berilishi:

- A) issiqlikning o'tishi;
- B) issiqlikning qaytarilishi;
- C) issiqlik o'tkazuvchanlik;
- D) issiqlikning nurlanishi;
- E) issiqlikning yutilishi deyiladi.

16. Bir xil bosimda olingan eritma qaynash temperaturasi bilan toza erituvchi qaynash temperaturasi orasidagi farqqa:

- A) temperatura depressiyasi;
- B) gidrostatik depressiya;
- C) gidravlik depressiya;
- D) termodinamik depressiya;
- E) sovitish depressiyasi deyiladi.

17. Temperaturaning umumiy foydali farqi:

- A) isituvchi birlamchi bug'ning temperaturasi va ikkilamchi bug'ning to'yinish temperaturasi o'rtasidagi farqqa;
- B) issiq va sovuq jismlar temperaturalar farqiga;
- C) issiq va sovuq jismlar temperaturalarining o'rtacha farqiga;
- D) mahsulot va birlamchi bug' temperaturalarining farqiga;
- E) mahsulot va ikkilamchi bug' temperaturalarining farqiga teng.

18. Temperatura izotermasiga o'tkazilgan normalning uzunlik birligida temperatura 1 gradus tushganda birlik yuzadan vaqt birligi ichida jism zarralarining tartibsiz harakati natijasida o'tadigan issiqlik miqdori:

- A) issiqlik o'tkazish koeffitsiyenti;
- B) issiqlik berish koeffitsiyenti;
- C) issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti;
- D) temperatura o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti;
- E) issiqlik yutish koeffitsiyenti deyiladi.

19. Atmosfera bosimidagi 1 kilogramm suv bug'i kondensatsiyalanganida quyidagi miqdorda issiqlik ajraladi:

- A) 2260 J;
- B) 350 kkal;
- C) 22600 J;
- D) 540 kal;
- E) 2260 kJ.

20. Konvektiv issiqlik almashinishda issiqlik qattiq jism yuzasidan suyuqlikka quyidagi usullarda o'tadi:

- A) faqat issiqlik o'tkazuvchanlik;
- B) nurlanish;
- C) issiqlik o'tkazuvchanlik va konveksiya;

- D) issiqlik o'tkazuvchanlik va nurlanish;
- E) konveksiya va nurlanish.

21. Molekular diffuziya koeffitsiyenti:

- A) jarayonni harakatlantiruvchi kuchi;
- B) konsentratsiya gradiyenti, vaqt va yuza bir birlikka teng bo'lgan holdagi tarqalgan modda miqdori;
- C) konsentratsiya gradiyenti, vaqt va yuza bir birlikka teng bo'lgan holdagi molekular diffuziya orqali tarqalgan issiqlik miqdori;
- D) molekulalarning isitilganlik darajasi;
- E) molekulalar strukturasi ifodalaydigan kattalik.

22. Turbulent diffuziya koeffitsiyenti:

- A) jarayonni harakatlantiruvchi kuchi;
- B) konsentratsiya gradiyenti, vaqt va yuza bir birlikka teng bo'lgan holdagi turbulent diffuziya orqali tarqalgan modda miqdori;
- C) konsentratsiya gradiyenti, vaqt va yuza bir birlikka teng bo'lgan holdagi tarqalgan issiqlik miqdori;
- D) molekulalarning isitilganlik darajasi;
- E) molekulalar strukturasi ifodalaydigan kattalik.

23. Konvektiv diffuziyaning harakatlantiruvchi kuchi:

- A) faza markazi va chegarasi orasidagi masofa;
- B) faza markazi va chegarasi orasidagi konsentratsiya farqi;
- C) faza markazi va chegarasi orasidagi bosimlar farqi;
- D) faza markazi va chegarasi orasidagi yuza;
- E) faza markazi va chegarasi orasidagi temperaturalar farqi.

24. Modda o'tkazish koeffitsiyenti:

- A) suyuqlikda erigan modda miqdori;
- B) suyuqlikdan gaz holatga o'tgan modda miqdori;
- C) qattiq jism tomonidan yutilgan modda miqdori;
- D) vaqt birligida yuza birligidan harakatlantiruvchi kuch birga teng bo'lganda bir fazadan ikkinchi fazaga o'tgan modda miqdori;
- E) suyuqlikda erigan modda hajmi.

25. Turlicha uchuvchanlikka ega komponentlardan iborat suyuq aralashmalarni ajratish quyidagi jarayon orqali amalga oshiriladi:

- A) ekstraklash;
- B) haydash;

- C) bug'latish;
- D) absorbsiya;
- E) adsorbsiya.

26. Bir jinsli suyuq aralashmalarni komponentlarga to'la ajratish quyidagi usulda amalga oshiriladi:

- A) fraksiyali haydash;
- B) deflegmatsiyali haydash;
- C) suv bug'i yordamida haydash;
- D) rektifikatsiyalash;
- E) oddiy haydash.

27. Ekstraklash jarayonida sistemaning erkinlik darajasi quyidagiga teng:

- A) 1;
- B) 2;
- C) 3;
- D) 4;
- E) 5.

28. Gazsimon aralashmalardan suyuqlik yordamida bir yoki bir necha komponentlarni ajratib olish:

- A) sovitish;
- B) kondensatsiyalash;
- C) haydash;
- D) tindirish;
- E) absorbsiyalash deyiladi.

29. Absorbentlar — bu:

- A) suyuq va gaz holatidagi aralashmalarni yutuvchi g'ovaksimon qattiq jismlar;
- B) bug' va gazlarni yutishga mo'ljallangan suyuqliklar;
- C) aralashma va qattiq jismlar tarkibidan moddalarni ajratib oluvchi suyuqliklar;
- D) gazli aralashmalarni tozalovchi suyuqliklar;
- E) suyuqliklarni qattiq jism yuzasiga yutilishini ta'minlovchi gazlar.

30. Adsorbsiya jarayoni:

- A) eritma tarkibidan erigan qattiq komponentni ajratib olish;
- B) eritmalar yoki qattiq g'ovaksimon moddalar tarkibidan

bir yoki bir necha komponentlarni erituvchilar yordamida ajratib olish;

C) gazsimon aralashmalardan suyuqlik yordamida bir yoki bir necha komponentlarni ajratib olish;

D) suyuqlik yoki gaz aralashmalaridan qattiq jismlar yordamida bir yoki bir necha komponentlarni ajratib olish;

E) qattiq va pastasimon materiallarni issiqlik tashuvchi agent yordamida suvsizlantirish.

31. Quritish jarayonida, asosan, mahsulot bilan quyidagi shaklda bog'langan namlik chiqariladi:

A) fizik-kimyoviy va mexanik;

B) kimyoviy;

C) kimyoviy va mexanik;

D) faqat mexanik;

E) fizik-kimyoviy.

32. Kristallanish jarayoni:

A) eritma tarkibidan erigan qattiq komponentni ajratib olish;

B) eritmalar yoki qattiq g'ovaksimon moddalar tarkibidan bir yoki bir necha komponentlarni erituvchilar yordamida ajratib olish;

C) gazsimon aralashmalardan suyuqlik yordamida bir yoki bir necha komponentlarni ajratib olish;

D) suyuqlik yoki gaz aralashmalaridan qattiq jismlar yordamida bir yoki bir necha komponentlarni ajratib olish;

E) qattiq va pastasimon materiallarni issiqlik tashuvchi agent yordamida suvsizlantirish.

33. Sentrifugalarning ajratish koeffitsiyentini ko'rsating:

A) $K_p = gr/W$;

B) $K_p = r/gW$;

C) $K_p = W^2/rg$;

D) $K_p = W/g$;

E) $K_p = g/rW$.

34. Issiqlik almashinish jarayonining tezligi:

A) vaqt birligida bir jismdan ikkinchisiga o'tkazilgan issiqlik miqdori;

B) ma'lum vaqt davomida olingan modda miqdori;

C) ma'lum miqdordagi modda olish uchun ketgan vaqt;

- D) jarayon natijasida, vaqt birligida olingan modda miqdori;
- E) jarayonga vaqt birligida sarflanadigan xomashyo.

35. Quyidagi javoblarning qaysi birida jismlar issiqlik o'tkazuvchanligi kamayib borish tartibida joylashtirilgan:

- A) gaz, suyuqlik, metall;
- B) gaz, metall, suyuqlik;
- C) metall, gaz, suyuqlik;
- D) suyuqlik, metall, gazlar;
- E) po'lat, suyuqlik, gazlar.

36. Rektifiklashning oddiy haydash jarayonidan farqi nimada?

- A) mahsulotning qaynash temperaturasi pasayadi;
- B) jarayon vakuum ostida boradi;
- C) mahsulot ko'p marotaba bug'latiladi;
- D) jarayon borish vaqti qisqaradi;
- E) amalga oshiriladigan temperatura miqdori har xil.

4- VARIANT

1. Suyuqlik va qattiq zarrachalardan iborat aralashma:

- A) suspenziya;
- B) emulsiya;
- C) cho'kma;
- D) filtrat;
- E) ko'pik deb ataladi.

2. Bir-birida eriydigan suyuqliklarning birining ichida ikkinchisini tomchilar holida tarqalishidan hosil bo'lgan aralashma:

- A) suspenziya;
- B) emulsiya;
- C) cho'kma;
- D) filtrat;
- E) ko'pik.

3. Nasosning vaqt birligi ichida uzatib beradigan suyuqlik miqdori:

- A) napor;
- B) bosim;
- C) ish unumdorli;
- D) so'rish balandligi;
- E) quvvat deyiladi.

4. Nasosning massa birligiga ega bo'lgan suyuqlikka bergan solishtirma energiyasi nasosning qanday kattaligini ifodalaydi?

- A) naporini;
- B) bosimini;
- C) ish unumdorligini;
- D) so'rish balandligini;
- E) quvvatini.

5. Gidrosiklon qaysi aralashmalarni komponentlarga ajratish maqsadida ishlatiladi?

- A) emulsiyani;
- B) aerosolni;
- C) suspenziyani;

- D) ko'pikni;
- E) sochiluvchan mahsulotni.

6. Silindrsimon trubada suyuqlik oqimida Reynolds kriteriyasining kritik qiymati:

- A) 2600;
- B) 2320;
- C) 10000;
- D) 3200;
- E) 10.

7. Emulsiyani markazdan qochma kuch ta'sirida ajratuvchi qurilma:

- A) sentrifuga;
- B) siklon;
- C) filtr;
- D) nasos;
- E) skrubber deb ataladi.

8. Nusselt kriteriyasi:

A) devor va oqim chegarasidagi issiqlikning o'tish tezligini ifodalaydi;

B) oqimdagi inersiya va ishqalanish kuchlarining nisbatini aniqlaydi;

C) erkin konveksiya paytida issiq va sovuq suyuqlik zichliklarining farqi ta'sirida hosil bo'lgan oqimning gidrodinamika rejimini ifodalaydi;

D) suyuqlikning qovushqoqlik va temperatura o'tkazuvchanlik xossalari nisbatini ifodalaydi;

E) noturg'un issiqlik protsesslarida temperatura maydonining o'zgarish tezligi, muhitning o'lchami va fizik kattaliklari o'rtasidagi bog'liqliklarni belgilaydi.

9. Reynolds kriteriyasi:

A) devor va oqim chegarasidagi issiqlikning o'tish tezligini;

B) oqimdagi inersiya va ishqalanish kuchlarining nisbatini;

C) erkin konveksiya paytida issiq va sovuq suyuqlik zichliklarining farqi ta'sirida hosil bo'lgan oqimning gidrodinamika rejimini;

D) suyuqlikning qovushqoqlik va temperatura o'tkazuvchanlik xossalari nisbatini;

E) noturg'un issiqlik protsesslarida temperatura maydonining o'zgarish tezligi, muhitning o'lchami va fizik kattaliklari o'rtasidagi bog'liqliklarni ifodalaydi.

10. Grasshof kriteriyasi:

- A) devor va oqim chegarasidagi issiqlikning o'tish tezligini;
- B) oqimdagi inersiya va ishqalanish kuchlarining nisbatini;
- C) erkin konveksiya paytida issiq va sovuq suyuqlik zichliklarining farqi ta'sirida hosil bo'lgan oqimning gidrodinamika rejimini;
- D) suyuqlikning qovushqoqlik va temperatura o'tkazuvchanlik xossalariining nisbatini;

E) noturg'un issiqlik protsesslarida temperatura maydonining o'zgarish tezligi, muhitning o'lchami va fizik kattaliklari o'rtasidagi bog'liqliklarni belgilaydi.

11. Prandtl kriteriyasi:

- A) devor va oqim chegarasidagi issiqlikning o'tish tezligini;
- B) oqimdagi inersiya va ishqalanish kuchlarining nisbatini;
- C) erkin konveksiya paytida issiq va sovuq suyuqlik zichliklarining farqi ta'sirida hosil bo'lgan oqimning gidrodinamika rejimini;
- D) suyuqlikning qovushqoqlik va temperatura o'tkazuvchanlik xossalariining nisbatini;

E) noturg'un issiqlik protsesslarida temperatura maydonining o'zgarish tezligi, muhitning o'lchami va fizik kattaliklari o'rtasidagi bog'liqlikni ifodalaydi.

12. Modda almashinishining ikki plyonkali modelida modda qanday usulda tarqaladi?

- A) turbulent diffuziya usulida;
- B) molekular diffuziya usulida;
- C) bug'lanish usulida;
- D) kondensatsiyalanish usulida;
- E) javoblar noto'g'ri.

13. Modda almashinishining diffuziya chegara qatlami modelida modda qanday usulda tarqaladi?

- A) turbulent diffuziya usulida;
- B) molekular diffuziya usulida;
- C) bug'lanish usulida;
- D) kondensatsiyalanish usulida;
- E) javoblar noto'g'ri.

**14. Termoradiatsion usulda mahsulotlarga ishlov berish ni-
maga asoslangan?**

A) havoning nur yutmasligi va qurilma devorlarining nurni qaytarishiga;

B) nurning mahsulotda yutilishi va issiqlik energiyasiga aylanishiga;

C) nurning mahsulot sirtiga tushish va qaytish burchaklari bir xil bo'lishiga;

D) nurning gazda kam yutilishi va suyuqlikda to'liq yutilishiga;

E) kulrang jismning termoradiatsion xarakteristikalariga.

15. Mahsulotning nur yutish qobiliyati, bu:

A) mahsulotning nur chiqarish qobiliyatini absolut temperaturaga nisbati;

B) mahsulot temperaturasining nur chiqarish qobiliyatiga nisbati;

C) mahsulotda yutilgan energiyaning mahsulot sirtiga tushgan to'liq energiyaga nisbati;

D) mahsulot sirtidan qaytarilgan energiyaning mahsulot sirtiga tushgan to'liq energiyaga nisbati;

E) mahsulot sirtidan chiqarilgan nur miqdori.

16. Mahsulotning nur qaytarish qobiliyati, bu:

A) mahsulotning nur chiqarish qobiliyatini temperaturaga nisbati;

B) mahsulot temperaturasini nur chiqarish qobiliyatiga nisbati;

C) mahsulotda yutilgan energiyaning mahsulot sirtiga tushgan to'liq energiyaga nisbati;

D) mahsulot sirtidan chiqarilgan nur miqdori;

E) mahsulot sirtidan qaytarilgan energiyaning mahsulot sirtiga tushgan to'liq energiyaga nisbati.

17. Mahsulotning nurni o'tkazib yuborish qobiliyati, bu:

A) mahsulotning nur chiqarish qobiliyatini temperaturaga nisbati;

B) mahsulot temperaturasini nur chiqarish qobiliyatiga nisbati;

C) mahsulotning yuza birligidan nurlangan energiya miqdori;

D) mahsulot qatlamidan o'tgan nurlangan energiyaning uning sirtiga tushgan to'liq nurlangan energiyaga nisbati;

E) mahsulot sirtidan qaytarilgan energiyaning mahsulot sirtiga tushgan to'liq energiyaga nisbati.

18. Absolut qora jism uchun:

- A) $D=1$;
- B) $A=1$;
- C) $R=1$;
- D) $A+R+D=1$;
- E) $A+R+D=0,5$.

19. Absolut oq jism uchun:

- A) $D=1$;
- B) $A=1$;
- C) $R=1$;
- D) $A+R+D=1$;
- E) $A+R+D=0,5$.

20. Diatermik jism uchun:

- A) $D=1$;
- B) $A=1$;
- C) $R=1$;
- D) $A+R+D=1$;
- E) $A+R+D=0,5$.

21. Kulrang jism uchun:

- A) $D=1$;
- B) $A=1$;
- C) $R=1$;
- D) $A+R+D=1$;
- E) $A+R+D=0,5$.

ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. **А.Г. Касаткин.** Основные процессы и аппараты химической технологии. М., „Химия“, 1973.
2. **Z. Salimov, I. To‘uchiyev.** Kimiyaviy texnologiya protsesslari va apparatlari. T., „O‘qituvchi“, 1987.
3. **З. Салимов.** Интенсификация технологических процессов производства растительных масел. Т., „Ўзбекистон“, 1981.
4. **З. Салимов, О. Б. Ерофеева.** Интенсификация технологических процессов химических и пищевых производств. Т., „Ўзбекистон“, 1984.
5. **Z. Salimov.** Kimyoviy texnologiyaning asosiy jarayonlari va qurilmalari. T. 1. T., „O‘zbekiston“, 1994.
6. **Z. Salimov.** Kimyoviy texnologiyaning asosiy jarayonlari va qurilmalari. T. 2. T., „O‘zbekiston“, 1995.
7. **Г.Д.Кавецкий, Б.В.Васильев.** Процессы и аппараты пищевой технологии. 2-изд., перераб.и доп. М., „Колос“, 1999.
8. **N.R. Yusupbekov, X.S.Nurmuhamedov, S.G. Zokirov.** Kimyoviy texnologiyaning asosiy jarayon va qurilmalari. T., „Sharq“, 2003.
9. **N.R. Yusupbekov, X.S. Nurmuhamedov, P.R. Ismatullayev, S.G.Zokirov, U.V.Mannonov.** Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarining asosiy jarayon va qurilmalarini hisoblash va loyihalash. T., ToshKTI, 2000.
10. **Рогов И.А** Электрофизические методы обработки пищевых продуктов. М., „Агропромиздат“, 1988.
11. www.itam.nsc.ru/WIN.patent/sushka.html-5k-
12. www.fips.ru/cdfi/fips.dll/ru?ty=29&docid=2276760-18k.
13. www.sushka.com.ua/drying_6.html-4k.
14. www.booksite.ru/fulltext/1/001/008/029/309.htm-10k-
15. ru.wikipedia.org/wiki/Вакуум-дистилляция-14л.
16. www.chemnet.ru/rus/journals/membranes/18/ref0308.html-2k-
17. www.muctr.ru/newhtml/o41-329.htm-10k.
18. www.ostu.ru/science_r/books/2001malnn2001.html-29k.
19. www.tstu.ru/education/elib/pdf/2002/mozuhin.pdf.
20. www.tstu.ru/education/elib/pdf/2002/mozuhin.pdf.
21. fpfe.mipt.ru/study.magistr/f_e51.

MUNDARIJA

KIRISH	3
I BO'LIM	
Oziq-ovqat texnologiyasida ishlab chiqarish jarayonlari va qurilmalari fani. Uning ilmiy asoslari	5
1.1. Texnologik jarayonlar borishining asosiy qonuniyatlari	5
1.2. Oziq-ovqat mahsulotlari va xomashyolarning asosiy xossalari	7
1.3. Jarayonlar va qurilmalarni hisoblash asoslari	11
1.3.1. Oziq-ovqat sanoati mashina va qurilmalarini hisoblashning umumiy prinsiplari	12
1.4. Mashina va qurilmalarga qo'yiladigan talablar. Ularning texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlari	14
1.5. Oziq-ovqat sanoati qurilmalarida ishlatiladigan asosiy konstruksiya materiallari va ularni tanlash	14
Nazorat savollari va topshiriqlar	16
II BO'LIM. MEXANIK JARAYONLAR	
2.1. Qattiq materiallarni maydalash. Umumiy tushunchalar	17
2.1.1. Maydalagichlarning tuzilishi	20
2.2. Donador mahsulotlarni saralash	25
2.3. Presslash. Umumiy ma'lumotlar	28
2.3.1. Suvsizlantirish va briketlash	28
Nazorat savollari va topshiriqlar	32
III BO'LIM. GIDROMEXANIK JARAYONLAR	
3.1. Gidravlika-gidromexanik jarayonlar asosi. Umumiy tushunchalar	33
3.1.1. Hidrostatikaning asosiy tenglamasi	33
3.1.2. Hidrostatika asosiy tenglamasining amalda qo'llanilishi	35
3.1.3. Gidrodinamika. Suyuqlik harakatini tavsiflovchi asosiy kattaliklar	39
3.1.4. Suyuqlik oqimining turlari	43
3.1.5. Suyuqliklarning donasimon qatlamdan o'tishi	43
3.1.6. Oqimning uzluksizlik tenglamasi	46
3.1.7. Ideal suyuqlik harakati uchun Bernulli tenglamasi	47

3.1.8. Oziq-ovqat sanoatida ishlatiladigan trubalar. Ularning klassifikatsiyasi	48
3.1.9. Gidravlik qarshiliklar	51
3.1.10. Suyuqlik va gazlarni uzatish	53
3.2. Turli jinsli sistemalarni hosil qilish. Ularni ajratish usullari	61
3.2.1. Gravitatsion maydon ta'sirida cho'ktirish	62
3.2.2. Markazdan qochma kuch maydonida cho'ktirish	63
3.2.3. Cho'ktirish jarayonini amalga oshirish uchun jihazlar	64
3.2.4. Filtrlash jarayoni	67
3.2.5. Markazdan qochma kuch ta'sirida filtrlash	69
3.2.6. Filtrlash jarayonini amalga oshirish uchun jihozlar	70
3.3. Gazsimon turli jinsli sistemalarni ajratish	75
3.4. Aralashtirish, mavhum qaynash qatlami	76
Nazorat savollari va topshiriqlar	80

IV BO'LIM. ISSIQLIK ALMASHINISH JARAYONLARI

4.1. Qurilmalarda issiqlik o'tkazish asoslari	82
4.2. Issiqlik almashinish jarayonlarining turlari	92
4.2.1. Isitish jarayoni. Uni amalga oshirish usullari	92
4.2.2. Pasterlash va sterillash	94
4.2.3. Sovitish jarayoni	96
4.2.4. Issiqlik almashinish qurilmalari	97
4.3. Kondensatsiyalanish jarayoni	102
4.4. Bug'latish jarayoni	105
4.4.1. Bir korpusli bug'latish qurilmalari	105
4.4.2. Ko'p korpusli bug'latish qurilmalari	108
4.5. Qayta ishlash sohalarida sovitish jarayonini qo'llash. Umumiy ma'lumot	114
4.5.1. Bug' kompressorli sovitish qurilmalari	116
Nazorat savollari va topshiriqlar	120

V BO'LIM. MODDA ALMASHINISH JARAYONLARI

5.1. Modda almashinish jarayonlarining nazariy asoslari. Umumiy tushunchalar	122
5.1.1. Muvozanat qoidalari	123
5.1.2. Modda tarqalishining asosiy turlari	125
5.1.3. Modda o'tkazish jarayonlarini tezlatish	128
5.1.4. Modda almashinish qurilmalarining asosiy o'lchamlarini aniqlash	130
5.2. Absorbsiya. Umumiy tushunchalar	132
5.2.1. Absorbsiya jarayonining tezligi	133

5.2.2. Adsorbsiya qurilmalarining sxemasi	135
5.2.3. Adsorberlarning tuzilishi	137
5.2.4. Desorbsiya	140
5.3. Adsorbsiya. Umumiy tushunchalar	141
5.3.1. Adsorbentlarni tanlash	141
5.3.2. Adsorberlarning turlari	144
5.4. Suyuqliklarni haydash. Umumiy tushunchalar	148
5.4.1. Oddiy haydash	150
5.4.2. Binar aralashmalarni rektifiklash	152
5.4.3. Rektifiksiya kolonnalarining tuzilishi	155
5.5. Qattiq materiallarni ekstraklash va eritish. Umumiy tushunchalar	158
5.5.1. Qattiq va suyuq fazalarning o'zaro ta'sirlanish usullari	159
5.5.2. Ekstraklash qurilmalarining tuzilishi	161
5.5.3. Ekstraksiyalash jarayonlarini tezlatish	164
5.6. Kristallanish. Umumiy tushunchalar	166
5.6.1. Kristallizatorlarning tuzilishi	168
5.7. Quritish. Umumiy tushunchalar	172
5.7.1. Nam havoning asosiy xossalari	174
5.7.2. Quritish jarayonining variantlari	176
5.7.3. Quritish qurilmalarining tuzilishi	178
5.7.4. Quritkichlarning maxsus turlari	184
5.8. Oziq-ovqat mahsulotlariga ishlov berishning elektrofizika usullari. Umumiy ma'lumotlar	188
5.8.1. Oziq-ovqat mahsulotlariga yuqori va o'ta yuqori chastotali toklar bilan ishlov berish usullari	192
5.8.2. Oziq-ovqat mahsulotlariga akustik ishlov berish	193
Nazorat savollari va topshiriqlar	197
ILOVA	
Mustaqil ishlash uchun bo'limlar yuzasidan testlar	200



YUNUSOV I.I., ARTIKOV A.A., ISMATULLAYEV P.R

KIMYO VA OZIQ-OVQAT TEXNOLOGIYASIDA EHM NI QO‘LLASH