

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

NAMANGAN MUHANDISLIK-TEXNOLOGIYA INSTITUTI

“KIMYO - TEXNOLOGIYA” FAKULTETI
“KIMYO - TEXNOLOGIYA” KAFEDRASI

“ ASOSIY TEXNOLOGIK JARAYON VA QURILMALAR ” va
“ KIMYOVIY TEXNOLOGIYANING JARAYONLARI VA QURILMARI ”

USLUBIY KO'RSATMALAR

I qism

Issiqlik almashinish jarayonlari va apparatlari



Namangan – 2013

Ushbu uslubiy ko'rsatma 5320400 – Kimyoviy texnologiya (ishlab chiqarish turlari bo'yicha) bakalavriatura ta'lim yo'nalishi , 5311000 – Texnologik jarayonlar va ishlab chiqarishni avtomatlashtirish va boshqarish(tarmoqlar bo'yicha) ta'lim yo'nalishi talabalari uchun mo'ljallangan bo'lib, Davlat ta'lim standarti, o'quv rejasi va fan dasturi asosida tayyorlandi.

Mazkur uslubiy ko'rsatma talabalarning “ **Asosiy texnologik jarayon va qurilmalar** ” va “**Kimyoviy texnologiyaning jarayonlari va qurilmalari** ” fanidan kurs loyixasini bajarish uchun **Issiqlik almashinish jarayonlari va apparatlari** xaqida malumotlar yoritib berilgan.

Mualliflar:

t.f.n., dots. A.A.Xudayberdiev
kata o'qituvchi N.M.Qurbonov

Takrizchilar:

dots. A.Xamdamov
dots. X.Qanoatov

**uslubiy ko'rsatmalar “Kimyo-texnologiya” kafedrasining 2013 yil 28 avgustdagi
1 - sonli yig'ilishida muhokama etildi va ma'qullandi**

Kafedra mudiri:

dotsent D. SHERqo'ziev

**uslubiy ko'rsatmalar institut o'quv-uslubiy kengashining 2013 yil __ avgustdagi
yig'ilishida ko'rib chiqildi va __-sonli bayonnoma bilan tasdiqlandi.**

MUNDARIJA

Kirish	4
I bob. Issiqlik almashinish jarayoni xisoblari	
1.1. Jarayonning Issiqlik balansi	5
1.2. Jarayonni xarakatlantiruvchi kuch xisobi	8
1.3. Issiqlik berish koeffitsiyentlarini xisoblash	9
1.4. Issiqlik uzatish koeffitsiyenti xisobi	12
1.5. Apparatning issiqlik uzatish yuzasi xisobi	12
II bob. Issiqlik almashinish apparatlarini xisoblash	
2.1. Kojux-trubkali apparat xisobi	12
2.2. Zmeevikli apparat xisobi	13
2.3. Plastina yuzali apparat xisobi.....	14
2.4. G'ilofli apparat xisobi	15
2.5. Qo'sh trubali apparat xisobi.....	15
2.6. Issiqlikni ximoya qilish qobig'i xisobi	16
2.7. Apparatlarning gidravlik xisoblari	16
2.8. Texnologik quvur va patrubkalar diametrini xisoblash	19
Ilovalar	20
Tavsiya etiladigan adabiyotlar ro'yxati	31

KIRISH

Kimyo va Oziq-ovqat sanoati korxonalarida suyuqliklarni qizdirish, sovutish, bug'latish va ikkilamchi bug'larni kondensatsiyalash kabi jarayonlardan turli xil texnologik maqsadlarni amalga oshirish uchun keng qo'llaniladi. Bunday jarayonlar qobiq-trubkali, plastina yuzali, zmeevikli, g'ilofli, qo'sh trubali va boshqa turdagi issiqlik almashinish apparatlarida olib boriladi. Odatda suyuqliklarni qizdirish uchun qaynoq suv va suv bug'i ishlatiladi, issiq suyuqliklarni sovutish xamda bug'larni kondensatsiyalash uchun esa sovuq suvdan foydalaniladi.

Kimyo va Oziq-ovkat sanoati korxonalarida ishlatiladigan Issiqlik almashinish qurilmalari mavjud texnologik jixozlar farqining $15\div 20\%$ ini tashkil etadi. Neftni qayta ishlash sanoatida esa ushbu ko'rsatkich qiymati $40\div 50\%$ ga teng. Shu sababdan, issiqlik almashinish jarayonlarini xisoblash uslublarini batafsil o'rganish, apparatlarning zamonaviy konstruktsiyalari bilan tanishish va ularni loyixalash asoslarini chuqurroq bilish bo'lajak mutaxassislar uchun muxim axamiyatga ega.

Talabalarga foydalanish uchun tavsiya etilayotgan ushbu uslubiy ko'rsatmaning asosiy maqsadi yuqorida bayon etilgan masalalar bo'yicha ularga qisman bo'lsada amaliy yordam berishdan iborat. Bu esa o'z navbatida, davlat tilida chop etilgan maxsus adabiyotlar taqchilligi sharoitida, o'z samarasini beradi degan umiddamiz.

Issiqlik almashinish qurilmalarining ko'pdan-ko'p turlari mavjud bo'lsada, birlamchi ma'lumotlar (belgilangan shartlar) asosida, ularni xisoblashning ikkita umumiy uslubi mavjud:

- taxliliy (tekshiruv) xisoblari;
- loyixaviy (konstruktorlik) xisoblari.

Taxliliy xisoblashlar mavjud apparatlarning aniq texnologik jarayonlar uchun qo'llash imkoniyatlarini aniqlash maqsadida bajariladi. Bunday xisoblashlarni bajarish paytida qurilmaning texnik parametrlarini nominal qiymatlaridan farq qiluvchi sharoitlar uchun uning xaqiqiy ish unumdorligi aniqlanadi.

Qurilmani loyixalash jarayonida maxsulot sarfi va issiqlik eltuvchi muxitlarning parametrlari berilgan xolatlar uchun konstruktiv xisoblar bajariladi. Xisoblashlar natijasiga ko'ra apparatni issiqlik uzatish yuzasi va konstruktiv qismlarining geometrik o'lchamlari aniqlanadi. Loyixaviy xisoblashlar issiqlik, konstruktiv, gidravlik, mustaxkamlik va texnik-iktisodiy samaradorlik xisoblaridan iborat bo'ladi.

Konstruktiv xisoblarni bajarish uchun apparatning turi, ish unumdorligi, jarayonda qatnashuvchi ishchi muxitlarning fizik xossalari, ularning boshlang'ich va oxirgi xaroratlari berilgan bo'ladi. Xisoblashlar mobaynida issiqlik tashuvchi muxitlarning tezliklari va fizik kattaliklari, sovo'tuvchi yoki qizdiruvchi agent sarfi, jarayonni xarakatga keltiruvchi kuch qiymati, issiqlik berish va uzatish koeffitsiyentlari, issiqlik uzatish yuzasi, apparatning geometrik o'lchamlari (uzunligi, diametri, trubkalar soni va b.) va patrubkalarning diametrlari aniqlanadi.

Quyida sanoat korxonalarida keng tarqalgan qizdirish, sovutish va bug'larni kondensatsiyalash jarayonlarini xisoblash, mazkur jarayonlarni amalga oshiruvchi apparatlarning (qobiq-trubali, qo'sh trubali, plastina yuzali, zmeevikli va g'ilofli) konstruktiv o'lchamlarini aniqlash va mazkur qurilmalarning gidravlik qarshiliqlarini xisoblashga doir ma'lumotlar keltirildi. Ushbu materiallardan amaliy mashg'ulotlar o'tkazish paytida xam foydalanish mumkin.

I bob. Issiqlik almashinish jarayoni xisoblari

1.1. Jarayonning issiqlik balansi

Energiyani saqlanish qonuniga asosan jarayonlarning issiqlik balansini umumiy xolda quyidagicha tavsiflash mumkin: jarayonga kiritilayotgan issiqlik miqdori ΣQ_{kel} uni amalga oshirish paytida ajralib chiqayotgan issiqlik miqdoriga ΣQ_{sarf} tengdir:

$$\Sigma Q_{kel} = \Sigma Q_{sarf} . \quad (1-1)$$

Jarayonga kiritilayotgan issiqlik miqdori tashqi energiya manbaining (suv bug'i, qaynoq suv) issiqligi, apparatga kiritilayotgan maxsulotlarning issiqligi va texnologik ishlov berish paytidagi fizik yoki kimyoviy o'zgarishlar issiqliklari yig'indisiga teng.

Jarayonni amalga oshirish paytida ajralib chiquvchi issiqlik miqdori esa apparatdan qayta ishlanib chiqayotgan maxsulot Issiqligi, ishlatilib bulingan issiqlik tashuvchi (suv bug'i kondensati, iliq suv) va atrof-muxitga tarqalayotgan (yo'qotilayotgan) issiqlik miqdorlarining yig'indisidan tashkil topadi.

Apparatga kiritilayotgan va undan chiqayotgan moddalar, o'zlarining agregat xolatlariga ko'ra, ma'lum miqdordagi issiqlik energiyasiga ega bo'ladi.

Suyuqliklarning issiqlik energiyasi ularning sarfi G (yoki massasi m), solishtirma issiqlik sig'imi s va xaroratining t o'zaro ko'paytmasiga teng bo'ladi

$$Q = mct \quad \text{yoki} \quad Q = Gct . \quad (1-2)$$

Suv bug'lari va gazsimon komponentlarning issiqlik energiyasi (kVt)

$$Q = Di , \quad (1-3)$$

bu yerda D - komponent sarfi, kg/s; i - komponent bug'ining entalpiyasi, kJ/kg. Moddaning agregat xolatini o'zgarishi (bug'ni kondensatsiyalanishi) paytida ajralib chiqayotgan (yoki yutiladigan) issiqlik energiyasi (kVt) quyidagicha xisoblanadi

$$Q = Wr_{kn} , \quad (1-4)$$

bu yerda W - agregat xolati o'zgarayotgan modda (ikkilamchi suv bug'i) sarfi, kg/s; r_{kn} - kondensatsiyalanish (yoki bug'lanish) issiqligi, kJ/kg.

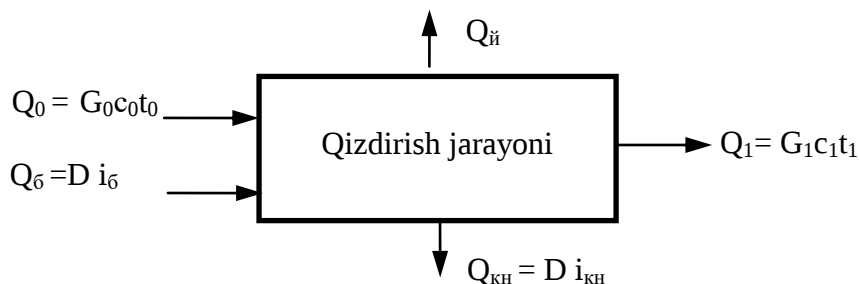
issiqlik balansi tenglamasidan tegishli turdagi qurilmaning issiqlik yuklamasi va jarayonni amalga oshirish uchun zarur bo'lgan issiqlik tashuvchi agentlar (suv bug'i, sovuq suv va b.) sarfi aniqlanadi.

Suv bug'i bilan qizdirish jarayonining issiqlik balansi (1.1-rasm) tenglamasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi

$$Gc_1t_1 + Di_b = Gc_2t_2 + Di_{kn} + Q_y. \quad (1-5)$$

bu yerda G - qizdirilayotgan suyuqlik sarfi, kg/s; t_1 va t_2 - suyuqlikning birlamchi (sovuq) va qizdirilgan xolatdagi xaroratlari, $^{\circ}\text{C}$; s_1 va s_2 - suyuqlikni t_1 va t_2 xaroratlardagi issiqlik sig'imlari, kJ/(kg $^{\circ}\text{C}$); D - suv bug'i va uning kondensatini sarflari, kg/s; i_b va i_{kn} - suv bug'i va uning kondensatini entalpiyalari, kJ/kg.

Qizdirilayotgan suyuqlikning issiqlik sig'imi tegishli soxa bo'yicha mavjud adabiyotlardan [1-5, 8-11] va ma'lumotnomalardan [6] aniqlanadi.



1.1- rasm. Qizdirish jarayonining issiqlik balansi sxemasi.

Suv bug'ining ishchi bosimi P_b qiymatlariga asosan (ilovaning 3- jadvali) bug'ning xarorati t_{kn} , bug' va kondensatning entalpiyalari i_b , i_{kn} aniqlanadi [1,2,5].

Yuqorida keltirilgan (1-5) tenglamadan suv bug'ining jarayon uchun zarur bo'lgan sarfi aniqlanadi

$$D = [G(c_1 t_1 - c_2 t_2) + Q_y] / (i_b - i_{kn}). \quad (1-6)$$

Ushbu tenglamadagi ifoda

$$G(c_1 t_1 - c_2 t_2) = Q_f. \quad (1-7)$$

jarayonni amalga oshirish uchun foydali sarflangan issiqlik miqdori Q_f yoki qurilmaning issiqlik yuklamasi deb yuritiladi.

Issiq suv bilan maxsulotlarni isitish jarayonining issiqlik balansi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$G c_1 t_1 + V c_1^{-1} t_1^{-1} = G c_2 t_2 + V c_2^{-1} t_2^{-1} + Q_y. \quad (1-8)$$

Ushbu tenglamadan issiq suv sarfi quyidagicha aniqlanadi

$$V = \{G(c_2 t_2 - c_1 t_1) + Q_y\} / (c_1^{-1} t_1^{-1} - c_2^{-1} t_2^{-1}). \quad (1-9)$$

bu yerda t_1^{-1} - issiq suvni boshlang'ich xarorati, °S; t_2^{-1} - ishlatilgan (iliq) suv xarorati, °S; c_1^{-1} va c_2^{-1} - suvning t_1^{-1} va t_2^{-1} xaroratlardagi issiqlik sig'implari, ularning qiymatlari adabiyotlardan [1,2,14] yoki ushbu ko'rsatma ilovasining 4- jadvalidan aniqlanadi.

Suv bilan sovutish jarayonining issiqlik balansi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$G c_1 t_1 + M c_1^{-1} t_1^{-1} = G c_2 t_2 + M c_2^{-1} t_2^{-1} + Q_y. \quad (1-10)$$

Ushbu tenglamadan sovuq suvning zaruriy sarfi quyidagicha aniqlanadi

$$M = \{G(c_2 t_2 - c_1 t_1) + Q_y\} / (c_2^{-1} t_2^{-1} - c_1^{-1} t_1^{-1}). \quad (1-11)$$

bu yerda t_2^{-1} - ishlatilgan (iliq) suv xarorati °S; t_1^{-1} - sovuq suvning dastlabki xarorati, °S; c_1^{-1} va c_2^{-1} - suvning t_1^{-1} va t_2^{-1} xaroratlardagi issiqlik sig'implari.

Bug'latish jarayonining issiqlik balansi (1.2-rasm) umumiy xolda quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$Q_0 + Q_b = Q_1 + Q_w + Q_{kn} + Q_y, \quad (1-12)$$

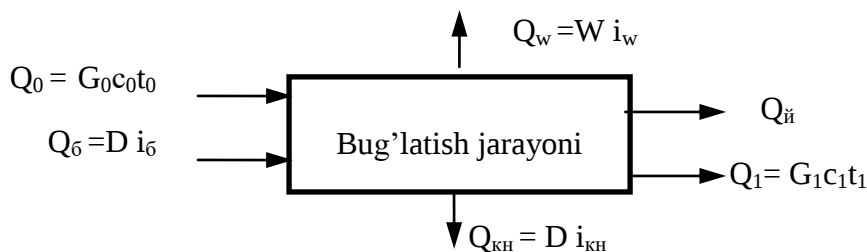
bu yerda $Q_0 = G_0 s_0 t_0$ - dastlabki eritmaning issiqligi; $Q_b = D i_b$ - suv bug'ining issiqligi; $Q_1 = G_1 s_1 t_1$ - quyultirilgan eritmaning issiqligi; $Q_w = W i_w = G_0 (1-a_0/a_1) i_w$ - jarayon paytida xosil bo'lgan ikkilamchi suv bug'ining issiqligi; $Q_{kn} = D i_{kn}$ - suv bug'i kondensatining issiqligi; t_0 va t_1 - eritmaning dastlabki t_0 va oxirgi (qaynash) t_1 xaroratlari, °S; s_0 va s_1 - eritmani t_0 va t_1 xaroralardagi solishtirma issiqlik sig'implari, kJ/(kg.°S); i_b , i_{kn} va i_w - suv bug'i, kondensat va ikkilamchi suv bug'ining entalpiyasi, kJ/kg.

Jarayonning issiqlik balansi tenglamasining kengaytirilgan ko'rinishi

$$G_0 s_0 t_0 + D i_b = G_1 s_1 t_1 + G_0 (1-a_0/a_1) i_w + D i_{kn} + Q_y. \quad (1-13)$$

Ushbu tenglamadan jarayonni amalga oshirish uchun zarur bo'lgan suv bug'i sarfi D aniqlanadi

$$D = (G_1 s_1 t_1 + G_0 (1-a_0/a_1) i_w + Q_y - G_0 s_0 t_0) / (i_b - i_{kn}). \quad (1-14)$$



1.2- rasm. Bug'latish jarayonining issiqlik balansi sxemasi.

Issiqlik almashinish apparatlarining ishchi xarorati atrof-muxit xaroratidan bir necha marotaba yuqori bo'lishi mumkin. SHu sababdan, jarayonni amalga oshirish mobaynida Issiqlik energiyasining bir qismi konvektsiya va nur chiqarish yo'li bilan atrof-muxitga befoyda tarqaladi.

Loyixalash jarayonida ushbu yo'qotilayotgan issiqlik energiyasi Q_y miqdorini foydali sarflangan issiqlik Q_f miqdoriga nisbatan $5\div 10\%$ larda qabul qilinadi.

Qurilmaning konstruktiv o'lchamlari aniqlangandan so'ng Q_y qiymati quyidagi tenglama yordamida xisoblanishi mumkin:

$$Q_y = \alpha_k F_a (t_{iz} - t_x), \quad (1-15)$$

bu yerda α_k - qurilmaning issiq yuzasidan tsexdagi xavoga konveksiya va nurlanish yo'li bilan issiqlik uzatish koeffisienti, $W/(m^2 \cdot ^\circ S)$; F_a - apparatning tashqi yuzasi (sirti), m^2 ; t_{iz} - apparat sirtiga qoplangan issiqlikni ximoyalovchi qobiqning tashqi xarorati, odatda $40\div 50^\circ S$; t_x - sexdagi xavoning xarorati, $20\div 30^\circ S$.

issiqlik berish koeffisiyentini α_k xisoblash uchun quyidagi tenglama tavsiya etiladi

$$\alpha_k = 9,74 + 0,07(t_a - t_{iz}), \quad (1-16)$$

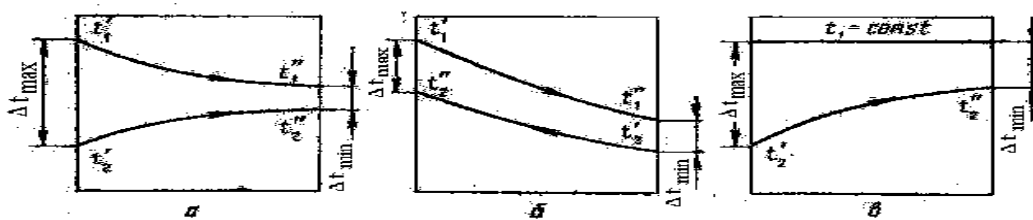
bu yerda t_a - apparat korpusi devorining ishchi xarorati, $^\circ S$.

1.2. Jarayonni xarakatlantiruvchi kuch xisobi

Ishchi muxitlarning xaroratlari o'rtasida farq bo'lgandagina issiqlik almashinish jarayonlarini amalga oshirish mumkin. SHu sababli jarayonlarni xisoblashda issiqlik tashuvchi agentlar xaroratlarining o'rtacha farqi Δt_{ur} - "jarayonni xarakatlantiruvchi kuchi" degan tushuncha ishlatiladi.

Xaroratlar farqining o'rtacha qiymati asosan jarayonda qatnashayotgan muxitlarning xarakat yo'nalishlarini tashkil etilishidan bog'liq.

Apparatlarida qizdiruvchi agent va qizdirilayotgan suyuqlikning bir-biriga nisbatan xarakat yo'nalishi parallel, karama-qarshi, o'zaro kesishgan va murakkab bo'lishi mumkin (1.3 -rasm).



1.3-rasm. Muxitlar xaroratlarini o'zgarish grafigi: a- parallel yo'nalishlarda; b- karama-qarshi yo'nalishlarda; v- bug' bilan qizdirish jarayonida.

Parallel yo'nalishda tashkil etilgan jarayon uchun (1.3- rasm, a- sxema) issiqlik tashuvchi agent (muxit)lar xaroratining o'rtacha farqi quyidagicha xisoblanadi:

$$\Delta t_{ur} = \frac{\Delta t_{max} + \Delta t_{min}}{2}; \quad \Delta t_{max} = t'_1 - t_2; \quad \Delta t_{min} = t'_2 - t_1, \quad (1-17)$$

bu yerda t'_1 va t'_2 - birinchi muxitning boshlang'ich va yakuniy xaroratlari, $^\circ S$; t_1 va t_2 - ikkinchi muxitning boshlang'ich va yakuniy xaroratlari, $^\circ S$; Δt_{max} va Δt_{min} - xaroratlar ayirmasining eng katta va eng kichik qiymatlari.

Δt_{ur} qiymatlarini xisoblash uchun $\Delta t_{max}/\Delta t_{min}$ nisbati qiymatini bilish kerak bo'ladi.

Agar $\Delta t_{max}/\Delta t_{min} < 2$ bo'lsa xaroratlarining o'rtacha farqi quyidagi tenglama bo'yicha xisoblanadi:

$$\Delta t_{ur} = (\Delta t_{max} + \Delta t_{min})/2. \quad (1-18)$$

Agar $\Delta t_{max}/\Delta t_{min} > 2$ bo'lsa, u xolda quyidagi tenglamadan foydalanish kerak:

$$\Delta t_{ur} = (\Delta t_{max} - \Delta t_{min})/[2.3 \lg(\Delta t_{max}/\Delta t_{min})]. \quad (1-19)$$

Agar qizdiruvchi muxit xarorati o'zgarmas bo'lsa (1.3- rasm, a- sxema), masalan, bug'ni kondensatsiyalanish xarorati $t_b = t_1$, u xolda muxitlar xaroratlarining farqi quyidagicha aniqlanadi

$$\Delta t_{max} = t_b - t'_2; \quad \Delta t_{min} = t_b - t'_1. \quad (1-20)$$

Agar muxitlar karama-qarshi yo'nalishda xarakatlanayotgan bo'lsa (1.3- rasm, b- sxema), ularning xaroratlarini farqi quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta t_{max} = t'_1 - t'_2; \quad \Delta t_{min} = t_1 - t_2. \quad (1-21)$$

SHundan so'ng, (1-18) va (1-19) tenglamalardan foydalanib Δt_{ur} qiymati aniqlanadi.

1.3. Issiqlik berish koeffitsientlarini xisoblash

Issiqlik ishlovi berilayotgan suyuqlik va suv bug'ining xarakatlari paytida issiqlikni tarqalishi bir paytni uzida konveksiya va issiqlik o'tkazuvchanlik usullari yordamida amalga oshadi.

Konvektiv issiqlik almashinish jarayonlarining barcha turlari uchun tegishli kriterial tenglamalar ishlab chiqilgan. Ushbu tenglamalardan Nusseltning o'lchamsiz mezon (kriteriysi) Nu qiymatlari aniqlanadi.

Nusselt mezonining ifodasidan

$$Nu = (\alpha L) / \lambda \quad (1-22)$$

konvektiv issiqlik berish koeffitsientining qiymati aniqlanadi

$$\alpha = (Nu \lambda) / L, \quad (1-23)$$

bu yerda λ - muxitning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti, $W/(m \cdot ^\circ K)$; L- aniqlovchi geometrik o'lcham (uzunlik, diametr, balandlik va b.).

Quyida, loyixalash jarayonida xisoblashlar uchun zarur bo'lgan ayrim kriterial tenglamalar va ularning qo'llanish xolatlarini ta'riflash ma'lumotlar beramiz.

1. Tugri trubalar va kanallar ichida xarakterlanayotgan suyuqlikning rivojlangan turbulent oqimida ($Re > 10000$) issiqlik berish jarayonini xisoblash uchun quyidagi tenglamadan foydalanish tavsiya etilgan

$$Nu = 0.021 \epsilon_t Re^{0.8} Pr^{0.43} (Pr/Pr_d)^{0.25}, \quad (1-24)$$

bu yerda Re- Reynolds mezon; Pr, Pr_d - Prandtl mezon; ϵ_t - issiqlik berish jarayoniga tuba uzunligini L uning diametriga d bo'lgan nisbatini (L/d) xisobga oluvchi koeffitsiyent. ϵ_t koeffitsiyentining qiymati mazkur ko'rsatma ilovasining 11-jadvalida keltirilgan.

Reynolds mezon qiymatlari quyidagi tenglamadan aniqlanadi:

$$Re = (v d \rho) / \mu, \quad (1-25)$$

bu yerda v- suyuqlik oqimining tezligi, m/sek; ρ - suyuqlikni zichligi, kg/m^3 ; μ - suyuqlik qovushqoqligining dinamik koeffitsiyenti, Pa's; d- aniqlovchi o'lcham, trubaning ichki diametri, m.

(1-25) tenglama bo'yicha aniqlovchi geometrik o'lcham sifatida kanal yoki trubaning ekvivalent diametri qabul qilinadi:

$$d_e = 4 f / P, \quad (1-26)$$

bu yerda f- oqimning ko'ndalang kesim yuzasi, m^2 ; P- oqim kesimining to'la perimetri, m.

(1-24) va (1-25) tenglamalar uchun aniqlovchi xarorat sifatida suyuqlik yoki gazning o'rtacha xarorati qabul qilinadi.

Prandtl mezonining ifodasi quyidagi ko'rinishga ega

$$Pr = \gamma / a = s \mu / \lambda, \quad (1-27)$$

bu yerda γ - suyuqlikni kinematik qovushqoqlik koeffitsiyenti, m^2/sek ; $a = \lambda/(s \rho)$ - xarorat o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti, m^2/sek ; λ - issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti, $W/(m \cdot K)$.

(1-24) tenglamadagi Pr_d mezonini xisoblash uchun suyuqlikning fizik-kimyoviy kattaliklari trubalar devorining xarorati bo'yicha olinadi.

Suyuqlik oqimini zmeeviklar va egilgan trubalar bo'ylab xarakati issiqlik almashinish jarayonini jadallashtiradi. SHuning uchun (1-24) tenglama bo'yicha xisoblangan α qiymatini k koeffitsiyentiga ko'paytiriladi

$$\alpha = k \alpha_0, \quad (1-28)$$

bu yerda $k = 1 + 3.54 (d/D)$ - zmeevikni nisbiy egilish koeffitsiyenti; d- zmeevik trubasining ichki diametri; D- zmeevik aylanasining diametri.

Egilgan trubalar uchun

$$k = 1 + 1.77 (d/R), \quad (1-29)$$

bu yerda R- egirlik radiusi; d- trubaning ichki diametri.

2. Agar trubadagi suyuqlik xarakatining rejimi laminar bo'lsa ($Re < 2300$), u xolda

$$Nu = 0.17 Re^{0.33} Pr^{0.43} Gr^{0.1} (Pr/Pr_d)^{0.25}, \quad (1-30)$$

bu yerda $Gr = gL^3/[\gamma^2(\beta \Delta t)]$ - Gragof mezoni; g - erkin tushish tezlanishi, 9.81 m/s^2 ; β - suyuqlikning xajmiy kengayish koefitsiyenti, K^{-1} ; Δt - trubalar devori va suyuqlik oqimining xaroratlari o'rtasidagi farq, K .

3. Agar suyuqlik trubalar bo'ylab oralik rejimda ($10000 < Re < 2300$) xarakatlansa, u xolda quyidagi tenglamadan foydalaniladi

$$Nu = 0.08 Re^{0.9} Pr^{0.43}, \quad (1-31)$$

4. Qo'sh trubali issiqlik almashinish apparatlarida suyuqlik yoki bug'ning xalkasimon kanaldagi xarakati uchun

$$Nu = 0.023 Re^{0.8} Pr^{0.4} (D_i/d_t)^{0.45}, \quad (1-32)$$

bu yerda D_i - tashqi (katta) trubaning ichki diametri; d_t - ichki (kichik) trubaning tashqi diametri.

Qo'sh trubali apparatlarning trubalari orasidagi bo'shliqning ekvivalent diametri

$$d_e = D_i - d_t.$$

5. Kojux-trubali apparatlarning trubkalar bog'lami (o'rami) oralig'ida xarakatlanayotgan suv bug'i yoki suyuqliklar uchun quyidagi tenglamadan foydalanish tavsiya etilgan

$$Nu = C (d_e Re^{0.6} Pr^{0.23}), \quad (1-33)$$

bu yerda S - tajribaviy koefitsiyent, agar trubalar oralig'ida tusiklar bo'lsa $S = 1.72$, aksincha xolatlarda $S = 1,16$.

Ushbu xolat (1-33) uchun aniqlovchi o'lcham sifatida trubalarning tashqi diametri, aniqlovchi xarorat sifatida esa suv bug'ining xarorati qabul qilinadi.

Trubkalar o'ramining ekvivalent diametri quyidagicha xisoblanadi

$$d_e = (D_i^2 - n d_t^2)/(D_i + n d_t), \quad (1-34)$$

bu yerda D_i - apparat korpusining ichki diametri; n - trubalar coni; d_t - trubalarning tashqi diametri.

6. Ochiq bug' qozonlarida maxsulotga Issiqlik ishlovi berish jarayoni aralashtiruvchi moslamalar vositasida jadallashtiriladi. Bunday xolat uchun

$$Nu = S Re_m^{0.67} Pr^{0.33}, \quad (1-35)$$

bu yerda S - tajribaviy koefitsiyent, agar aralashtirish moslamasi parrakli bo'lsa $S = 0.4$, ochik trubina shaklida bo'lsa $S = 0.68$.

Yakorsimon aralashtirgichli apparatlar uchun ($300 > Re > 30$)

$$Nu = Re_m^{0.55} Pr^{0.33}. \quad (1-36)$$

Agar aralashtirgichli apparatdagi suyuqlik qo'shimcha ravishda zmeevik yordamida qizdirilib turilsa

$$Nu = S Re_m^{0.62} Pr^{0.33}, \quad (1-37)$$

bu yerda S - tajribaviy koefitsiyent, uning qiymati aralashtirgich turidan bog'liq; masalan, parrakli moslamalar uchun $S = 0.03$, propellerli moslamalar uchun $S = 0.08$ va ochik turbinali moslamalar uchun $S = 0.04$.

Yuqoridagi keltirilgan (1-35),(1-36) va (1-37) tenglamalar uchun

$$Re = (n d_m^2 \rho)/\mu, \quad (1-38)$$

bu yerda n - aralashtirgichni aylanishlar chastotasi, s^{-1} ; d_m - aralashtirgich diametri, m ; μ - suyuqlikning qovushqoqligi, μ qiymati $t = 0.5(t_d + t_c)$ xaroratda aniqlanadi; t_c - suyuqlikning o'rtacha xarorati.

7. Suv bug'ini kondensatsiyalanishi jarayonida issiqlik berish koefitsiyentining qiymati quyidagi tenglamalar yordamida xisoblanadi.

7.1. Vertikal joylashgan trubalar o'rami yuzalaridan bug' kondensati plyonka shaklida, laminar rejimda okib tushayotgan xolat uchun

$$\alpha_1 = 1.15 \sqrt[4]{(g \lambda^3 \rho r)/(\mu \Delta t H)}. \quad (1-39)$$

bu yerda λ - kondensatning issiqlik o'tkazuvchanlik koefitsiyenti, $W/(m^2 \cdot K)$; ρ - kondensatni zichligi, kg/m^3 ; r - kondensatsiyalanish issiqligi, kJ/kg ; μ - kondensat qovushqoqligining dinamik koefitsiyenti, $Pa \cdot s$; Δt - kondensat plenikasi t_{pl} va truba devori t_d xaroratlarning ayirmasi, K ; H - trubalar balandligi, m .

Kondensatni (1-39) tenglama tarkibiga kiruvchi fizik kattaliklari plyonkaning o'rtacha xarorati $t_{pl} = (t_g + t_b)/2$ bo'yicha aniqlanadi.

Suv bug'ini To'yinish xarorati t_b va kondentsiyalanish issiqligi r [1,2,5,10,11,14] adabiyotlardan yoki mazkur Ko'RSATMA ilovasining 3-jadvalidan aniqlanishi mumkin.

7.2. Suv bug'ini gorizantal trubalar yuzasida kondentsiyalanishi jarayonida Issiqlik borish koeffitsiyenti quyidagi tenglama yordamida xisoblandi.

$$\alpha_1 = 0.725 \xi^4 (\lambda^3 \rho r) / (\mu \Delta t d) . \quad (1-40)$$

bu yerda ξ - koeffitsiyent, uning qiymati trubkalarni joylashish tartibi va katorlari sonidan bog'liq bo'lib, odatda maxsus grafiklardan [masalan, 1- 160 b.; 2- 112 b.; 7- 246 b.] aniqlanadi.

Issiqlik berish koeffitsiyentini xisoblash tenglamalari va jarayonning kriterial tenglamalari xaqida qo'shimcha ma'lumotlar [1-5, 7-13] adabiyotlarda batafsil yoritilgan.

1.4. Issiqlik uzatish koeffitsiyenti xisobi

Issiqlik uzatish koeffitsiyenti (K) xisoblanadigan miqdoriy kattalik bo'lib, uning son qiymati issiqlik berish koeffitsiyentlari α_i , issiqlik o'tkazuvchi devor va unga yopishgan maxsulot quyindisining termik qarshiliqlaridan λ_i bog'liq.

Tekis yuzali issiqlik o'tkazuvchi devor yoki yupqa devorli trubalar ($d_t/d_i < 2$) uchun Issiqlik berish koeffitsiyenti quyidagi tenglama yordamida xisoblanadi

$$K = (1/\alpha_1 + \delta_d/\lambda_d + \delta_k/\lambda_k + 1/\alpha_2)^{-1}, \quad (1-41)$$

bu yerda α_1 - Issiq muxitdan Issiqlik o'tkazuvchi devorga issiqlik berish koeffitsiyenti, $Vt/(m^2 \cdot K)$; δ_d va δ_k - devor va unga yopishgan quyindi, zang va boshqa birikmalarning qalinligi, m; λ_d va λ_k - devor materiali va uning yuzasidagi birikmalarning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyentlari, $Vt/(m \cdot K)$; α_2 - isituvchi devor yuzasidan qizdirilayotgan suyuqlikka issiqlik borish koeffitsiyenti, $Vt/(m^2 \cdot K)$.

Agar devorning termik qarshiligi xisobga olinmasa (1-41) tenglama quyidagi sodda ko'rinishga ega bo'ladi:

$$K = (\alpha_1 \alpha_2) / (\alpha_1 + \alpha_2), \quad (1-42)$$

Issiqlik o'tkazuvchi yuza materiali va unga yopishgan organik birikmalarni Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyentlarining qiymatlari [1,2] adabiyotlarda va mazkur ko'rsatma ilovasining 5-jadvalida keltirilgan.

1.5. Apparatning issiqlik uzatish yuzasi xisobi

Apparatlarning issiqlik almashinish yuzalari F issiqlik almashinish jarayonining asosiy tenglamasidan aniqlanadi

$$F = Q / (K \Delta t_{yr}) \quad (1-43)$$

bu yerda Q - apparatni (1-5), (1-7), (1-8), (1-10) va (1-13) tenglamalar bo'yicha xisoblangan issiqlik yuklamasi, Vt .

Issiqlik almashish yuzasining xisoblangan qiymatiga ko'ra mavjud kataloglardan standartlashtirilgan apparatlarni tanlash mumkin. Loyixalash jarayonida esa F bo'yicha apparatning konstruktiv o'lchamlari aniqlanadi.

II bob. Issiqlik almashinish apparatlarining konstruktiv o'lchamlarini xisoblash

2.1. Kojux-trubkali apparat xisobi

Texnologik oqimlarning uzluksizligi tenglamasiga asosan apparatning ish unumlorligi G (kg/sek) quyidagicha ifodalanadi

$$G = 3600 f \nu \rho, \quad (2-1)$$

bu yerda f - apparatning suyuqlik okib o'tuvchi qismini ko'ndalang kesim yuzasi, m^2 ; ν - suyuqlikni trubkalardagi xarakatlanish tezligi, m/s; ρ - suyuqlikni aniqlovchi xaroratdagi zichligi, kg/m^3 .

Apparatning xajmiy ish unumdorligi V (m^3/s) ifodasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$V = 3600 f v. \quad (2-2)$$

Loyixalash jarayonida apparatning ish unumdorligi oldindan ma'lum bo'ladi.

(2-1) va (2-2) tenglamalardan trubkalar o'ramining umumiy kesim yuzasini f_t aniqlash mumkin:

$$f_t = G/(3600 v \rho) \quad \text{yoki} \quad f_t = V/(3600 v). \quad (2-3)$$

Trubkalar o'ramining geometrik kesim yuzasi

$$f_g = [\pi d_i^2/4], \quad (2-4)$$

bu yerda d_i - trubkaning ichki diametri, m; n- trubkalar soni, dona.

Agar $f_t = f_g$ ekanligini xisobga olsak, o'ramdagi trubkalarining umumiy soni

$$n = 4G/(3600 v \rho \pi d_i^2) \quad \text{yoki} \quad n = V/(3600 v \pi d_i^2). \quad (2-5)$$

Loyixalash jarayonida Issiqlik o'tkazuvchi trubkaning geometrik o'lchamlari - ichki d_i va tashqi d_t diametrlari xamda ishchi uzunligi l jarayonning gidrodinamikasi nuqtai nazaridan tanlab olinishi mumkin. Shundan so'ng, apparatning (1-43) tenglama asosida xisoblangan ishchi yuzasini tashkil etuvchi trubalar soni aniqlanadi

$$n = F/[0.5 \pi (d_i + d_t)l], \quad (2-6)$$

Qizdirish trubkalari maxsus chambaraklar (turlar) yuzasi bo'ylab mavjud uch xil usullardan biri bo'yicha joylashtiriladi:

- tugri oltiburchaklarning kirralari bo'ylab;
- kvadratlarning tomonlari bo'ylab;
- kontsentrik aylanalar bo'ylab.

Ko'pincha birinchi usuldan foydalaniladi. Bu paytda chambarak yuzasi bo'ylab joylashishi mumkin bo'lgan trubalar soni quyidagicha aniqlanadi

$$n = 3a(a + 1) + 1, \quad (2-7)$$

bu yerda a- oltiburchaklar yoki kontsentrik aylanalarning chambarak markazidan xisoblanadigan tartib soni.

Eng katta oltiburchak diagonali bo'ylab joylashtiriladigan trubkalar soni quyidagicha aniqlanadi

$$v = 2a + 1. \quad (2-8)$$

Trubkalarni joylashtirish kadami (trubkalar uklari orasidagi masofa) quyidagi chegaralarda qabul qilinadi

$$t = (1.2 \div 1.4) d_t. \quad (2-9)$$

Trubkalar orasidan suv bug'ining utishini kiyinlashtirmaslik maqsadida quyidagi

$$t - d_t \leq 6 \quad (2-10)$$

shartni bajarilishi tekshirib kuriladi.

Issiqlik almashinish apparati kojuxining (qobig'ini) ichki diametri quyida tavsiya etilgan tenglamalar yordamida aniqlanadi:

- bir yulli apparatlar uchun

$$D_i = t(v-1) + 4d_t \quad \text{yoki} \quad D = 1.1t \sqrt{n}; \quad (2-11)$$

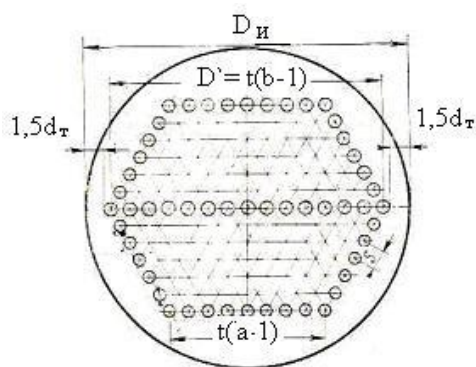
- ko'p yulli apparatlar uchun

$$D_i = 1.1t \sqrt{(n/\eta)}, \quad (2-12)$$

bu yerda η - trubalar chambaragi yuzasini trubkalar bilan tuldirilish koeffitsiyenti, $\eta = 0.6 \div 0.8$.

Apparat kojuxining (2-11) va (2-12) tenglamalar bo'yicha xisoblangan ichki diametri quyidagi me'yorlashtirilgan o'lchamlar (mm) katori bo'yicha yaxlitlanadi:

$D_i = 200; 250; 300; 350; 400; (450); 500; 600; (650); 700; (750); 800; (850); 900; (950); 1000; 1100; 1200; (1300); 1400; 1600; 1800; 2000; \dots$ va xokazo.



2.1-rasm. Kojux-trubali apparatning ichki diametrini aniqlash sxemasi.

Apparat kojuxi devorining qalinligini δ xisoblash uchun quyidagi tenglamadan foydalaniladi

$$\delta = \{(R_b D_i m)/(2\varphi [\sigma] - R_b D_i m)\} + c_1 + c_2, \quad (2-13)$$

bu yerda R_b - kojuxdagi suv bug'i bosimi, Pa; φ - kavsharlangan devor chokining mustaxkamlik koeffitsiyenti, uning qiymatini $\varphi = 0.7 \div 0.9$ deb qabul qilish tavsiya etilgan; $[\sigma]$ - korpus devori materialining bug' bosimi ostida chuzilishi davrida ruxsat etilgan mustaxkamlik chegarasi, Pa; s_1 - korpus materialining zanglashini xisobga oluvchi qo'shimcha, m; s_2 - texnologik qo'shimcha; m- ishonchlilik darajasi, tarmok texnologik jixozlari uchun $m = 2.6$.

Apparat kojuxining tashqi diametri

$$D_t = D_i + 2\delta. \quad (2-14)$$

(2-14) tenglama bo'yicha hisoblangan D_t qiymatini quyidagi bazaviy diametrlarga (mm) yaqin tanlash tavsiya etilgan:

$D_t = 159; 219; 273; 325; 377; 426; 480; 530; 630; 720; 820; 920; 1020; 1120; 1220; 1420;$
... va x.

Trubalar chambaraging qalinligini xisoblash uchun quyidagi tenglama tavsiya etilgan

$$\delta = [0.162 m R_b (D_i^2 - n d_t^2)] / \{[\sigma]_i (t - d_t) t\} + c_1 + c_2, \quad (2-15)$$

bu yerda $[\sigma]_i$ - trubalar chambaragi materialining buqilish jarayonida ruxsat etilgan kuchlanishi, Pa.

Apparatning elliptik qopqoqlarini balandligi N quyidagi mezoniy nisbatda qabul qilinadi:

$$N/D = 0.25, \quad (2-16)$$

bu yerda D - qopqoq diametri, $D = D_i$.

Elliptik qopqoqlar qalinligi xam (2-13) tenglama bo'yicha xisoblanishi mumkin.

Agar apparat kopkogi yassi dumalok shaklda bo'lsa uning qalinligi quyidagi tenglama yordamida xisoblanadi

$$\delta = (k/k_0) D \sqrt{(P/[\sigma]_i) + s}, \quad (2-17)$$

bu yerda $k = 0.4$ - koeffitsient, uning qiymati qopqoq konstruksiyasi va uni apparat korpusiga maxkamlanish shartidan bog'liq; k_0 - qopqoqqa o'yilgan teshik diametrini d_0 qopqoq diametriga D nisbatidan (d_0/D) bog'liq koeffitsiyent, agar $(d_0/D) < 0.35$ bo'lsa

$$k_0 = 1 - 0.43 \left(\frac{d_0}{D} \right). \quad (2-18)$$

Suyuqlik va bug' o'tkazuvchi patrublikalarning diametrlari d_y quyidagi tenglama yordamida aniqlanadi.

$$d_y = \sqrt{4G/(3600\pi\rho\nu\tau)}, \quad (2-19)$$

bu yerda G - ishchi muxitning massaviy sarfi, kg/s; ρ - muxitning zichligi, kg/m³; ν - muxitni patrublikalardagi xarakatlanish tezligi, m/s; suyuqliklar uchun $\nu = 0.1 \div 2.5$ m/c, suv bug'i uchun $\nu = 15 \div 60$ m/c, gazlar uchun esa $\nu = 2 \div 20$ m/c [1-5].

Patrublikaning xisoblangan diametri Issiqlik eltuvchining tabiati va mavjud mezoniy tavsiyalar asosida yaxlitlanadi.

Apparatning umumiy uzunligi (m) quyidagicha aniqlanishi mumkin

$$L_{um} = l + 2H + 4\delta_f + 2\delta_{pr} + h_n, \quad (2-20)$$

bu yerda δ_f - flanelar qalinligi; δ_{pr} - prokladkani (kistirma) qalinligi; h_n - patrubka uzunligi; odatda $\delta_f = 20 \div 40$ mm, $\delta_{pr} = 3 \div 5$ mm.

2.2. Zmeevikli apparat xisobi

Apparatning xisoblangan Issiqlik uzatish yuzasi F qiymati bo'yicha zmeevik tayyorlanadigan trubaning umumiy uzunligi L aniqlanadi

$$L = F/(\pi d_u), \quad (2-21)$$

bu yerda d_u - trubaning o'rtacha diametri, $d_u = (d_t + d_i)/2$, m.

Uz navbatida

$$L = n l_1 + h_k, \quad (2-22)$$

bu yerda n - zmeevik o'ramlari soni; h_k - trubaning spiralsimon qismidan uning tugri uchastkasiga utish uzunligi, konstruktiv qo'shimcha, odatda $h_k = 0.3 \div 0.5$ m.

Zmeevikning bitta o'ramini uzunligi quyidagicha xisoblanadi

$$l_1 = \sqrt{(\pi D_3^2 + t^2)}, \quad l_1 = \frac{\pi D_3}{\cos \alpha}, \quad (2-23)$$

bu yerda D_3 - zmeevik diametri, m; t - o'ramlar kadami, odatda $t = (1.5 \div 2,0)d$ deb qabul qilinadi.

Agar apparatning ichki diametri D_i avvaldan ma'lum bo'lsa (yoki qabul qilinsa), u xolda

$$D_3 = D_{\text{и}} - (3 \div 4)d \quad (2-24)$$

va aksincha, zmeevik joylashtiriladigan apparatning ichki diametri

$$D_{\text{и}} = D_3 + (3 \div 4)d \quad \text{ёки} \quad D_{\text{и}} = D_3 + 2m, \quad (2-25)$$

bu yerda m - zmeevik trubasi va korpus orasidagi tirkish (zazor), odatda $m = 50 \div 100$ mm.

Zmeevik o'ramining kutarilish burchagi α qiymatini quyidagi ifoda bo'yicha xisoblash mumkin

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{t}{\tau D_{3M}}. \quad (2-26)$$

Zmeevik o'ramlari soni

$$n = \frac{L}{l}. \quad (2-27)$$

Apparat korpusining balandligi quyidagicha aniqlanishi mumkin

$$H_a = n * t + 2h. \quad (2-28)$$

bu yerda h - apparatning yuqori yoki quyi qopqoqlaridan to zmeevikgacha bo'lgan balandlik, odatda $h = 300$ mm.

Xisoblash natijalariga ko'ra, zmeevikning aniqlangan umumiy uzunligi quyidagi shartni koniktirishi lozim

$$L \leq 50d.$$

Agar zmeevik uzunligi ushbu tavsiya etilgan qiymatdan katta bo'lsa, unga berilayotgan suv bug'i zmeevikdan chikmay turib kondensatga aylanadi. Bu esa apparat ishining samaradorligini pasaytiradi.

2.3. Plastina yuzali apparat xisobi

Plastinalar paketining geometrik kesimi yuzasi

$$F = B \delta n, \quad (2-29)$$

bu yerda V - yassi kanal kengligi, m; δ - ikki parallel plastinkalar orasidagi suyuqlik qatlamining qalinligi, m; n - paketdagi parallel kanallar soni, dona.

Texnologik oqimlar uzluksizligi tenglamasiga asosan

$$B * \delta * n = \frac{M}{3600 \nu \rho}. \quad (2-30)$$

Ushbu tenglamaga asosan suyuqlik oqimlari bilan tulgan paralel kanallar soni

$$n = G / (3600 B \delta \nu \rho), \quad (2-31)$$

bu yerda G - apparatning massaviy ish unumdorligi; ν - suyuqlikni kanallar bo'ylab xarakatlanish tezligi, m/s; ρ - suyuqlikning zichligi, kg/m³.

Bitta paketdagi plastinkalarning umumiy soni

$$Z_1 = 2n + 2. \quad (2-32)$$

Ko'p paketli sektsiyalashtirilgan apparatlar uchun plastinalar soni quyidagicha topiladi.

$$Z_m = m * n_1 - (m - 1), \quad (2-33)$$

bu yerda m - paketlar soni.

Suyuqlikni t_1 xaroratdan t_2 xaroratgacha qizdirish uchun zarur bo'lgan kanallarning xisoblangan uzunligi

$$L = F / 2Bn, \quad (2-34)$$

bu yerda F - apparatni issiqlik balansidan aniqlangan qizdirish yuzasi, m^2 .

Zaruriy xollarda kanallarning umumiy uzunligi bir necha yulkalarga (paketlarga) bulinishi mumkin. Apparat sektsiyalari (qizdirish yoki sovutish bulimlari)dagi paketlar soni

$$m = L / \ell, \quad (2-35)$$

bu yerda ℓ - bitta paketning qizdirish yulagi uzunligi, m.

Plastinali apparatning geometrik qizdirish yuzasi

$$F = f_1 2n m, \quad (2-36)$$

bu yerda f_1 - bitta plastinaning qizdirish yuzasi, m^2 ; $2n$ - plastinalar soni, dona; m - paketlar soni, dona.

Ushbu tenglamadan bitta plastinkani qizdirish yuzasini aniqlash mumkin

$$f_1 = F / (2n m), \quad (2-37)$$

Plastinalarning Issiqlik almashinish yuzasi standartlashtirilgan: 0.2; 0.3; 0.5; 0.6; 1.3 m^2 .

Plastina yuzali apparatlar suv bug'ining 0.6÷1.0 MPa bosimi ostida ishlashi mumkin. Issiqlik uzatish koeffisiyenti 7÷9 kVt/($m^2 \cdot K$). Apparat konstruksiyasining xususiyatlariga ko'ra, uning umumiy isitish yuzasi 600 m^2 gacha bo'lishi mumkin.

2.4. G'ilofli apparat xisobi

G'ilofli (bug' qobiqli, rubashkali) Issiqlik almashinish apparatlari odatda sferik kozonlar yoki yassi qopqoqli tsilindrsimon apparatlar shaklida tayyorlanadi. Bunday apparatlarni xisoblash jarayonida qizdirilayotgan maxsulotning boshlang'ich va oxirgi xaroratlari xamda jarayon davri τ_{ts} avvaldan ma'lum bo'ladi.

Apparatning ish unumdorligidan kelib chiqib, unda qayta ishlanayotgan maxsulot xajmi V_m aniqlanadi

$$V_m = \frac{\tau_y}{60\rho}, \quad (2-38)$$

bu yerda ρ - maxsulotning zichligi, kg/m^3 .

Apparatning ish tsikli τ_{ts} uni maxsulot bilan tuldirish τ_t , texnologik jarayon davomiyligi τ_j , apparatdagi maxsulotni bushatish τ_b , zaruriy xollarda apparatni yuvib tozalash τ_{yu} operatsiyalarini bajarish uchun sarflanadigan vakt yig'indilaridan iborat bo'ladi

$$\tau_{ts} = \tau_t + \tau_j + \tau_b + \tau_{yu}. \quad (2-39)$$

Apparatning ishchi xajmi

$$V = V_m / k_t, \quad (2-40)$$

bu yerda k_t - apparat xajmini maxsulot bilan to'ldirilish darajasi, odatda $k_t = 0.5 \div 0.9$. Ko'piklaydigan maxsulotlar uchun k_t koeffisiyentining kichik qiymatlari tanlanadi.

Apparatning zaruriy ishchi yuzasi F jarayonni Issiqlik balansidan aniqlanadi

SHundan so'ng uning geometrik qizdirish yuzasi xisoblanadi

$$F = F_{ts} + F_s = \pi DH + \pi(r^2 + h^2), \quad (2-41)$$

bu yerda F_{ts} va F_s - apparatning tsilindrik va sferik qismlarini yuzalari, m^2 ; H va h - tsilindrik va sferik segmentli qismlarning balandligi, m; R - sferaning egriliq radiusi, m; r - segment asosining radiusi, m.

Agar apparatni diametri oldindan tanlangan bo'lsa, u xolda

$$R = \frac{F_c}{2\pi h}; \quad h = \sqrt{\frac{F_c}{\pi} - r^2}. \quad (2-42)$$

Apparatning geometrik xajmi

$$V = \pi h^2 (R - \frac{1}{3} h) = \frac{\pi h}{6} (h^2 + 3r^2). \quad (2-43)$$

Apparatning sferik qismini xajmi V_s ma'lum bo'lsa, uning radiusi quyidagicha aniqlanishi mumkin

$$R_c = \sqrt{\frac{3V_c}{2\pi}}. \quad (2-44)$$

2.5. Qo'sh trubali apparat xisobi

Qo'sh trubali issiqlik almashinish apparatlari suv bug'i bosimi 2.5 MPa gacha bo'lgan xollarda ishlatilishi mumkin. Ushbu tipdagi apparatlarning umumiy qizdirish yuzasi $4.5 \div 20 \text{ m}^2$ ni tashkil etadi.

Apparatning ichki (kichik) trubasini tashqi diametri quyidagi qatordan tanlanadi:

$$d_m = 25; 38; 48; 60; 76; 89; 108; 133 \text{ mm.}$$

Tashqi (katta) truba diametrini quyidagi katordan tanlash tavsiya etilgan

$$D_m = 48; 60; 76; 89; 108; 133; 159; 194; 219 \text{ mm.}$$

Trubalar diametri maxsulot va qizdiruvchi agent sarflari tenglamasidan kelib chikkan xolda, (2-1), (2-2) va (2-19) tenglamalarga asosan tanlanadi.

Trubalarning umumiy uzunligi

$$L = \frac{F}{\pi d_y}, \quad (2-45)$$

bu yerda d_u - ichki trubaning o'rtacha diametri, m.

Apparatning ichki va tashqi konsentrik trubalari payvandlanib, birlashtiriladi. Bunday konstruktiv elementlarning umumiy soni

$$n_e = L / l, \quad (2-46)$$

bu yerda l - bitta elementning uzunligi, m.

Apparat elementlari loyixachining karoriga binoan gorizontal va vertikal sektsiyalarga (katorlarga) joylashtiriladi.

Isituvchi (sovituvchi) muxit odatda tashqi va ichki trubalar orasidagi bo'shliqlarda xarakatlanadi. Bu bo'shliqning ko'ndalang kesim yuzasi

$$S = \frac{\pi}{4} (D_i^2 - d_t^2), \text{ m}^2. \quad (2-47)$$

Qizdiruvchi muxitning ushbu bo'shliqdagi tezligi ω quyidagi tenglamadan aniqlanadi

$$\omega = G / (n_c \rho S), \quad (2-48)$$

bu yerda n_s - kollektorlar vositasida birlashtirilgan vertikal sektsiyalar soni.

2.6. Issiqlikni ximoya qilish qobig'i xisobi

Issiqlik almashinish apparatlari yuzasidan atrof-muxitga tarqaladigan issiqlik miqdorini kamaytirish maqsadida ularni yengil, issiqlik o'tkazuvchanlik ko'effitsiyenti past bo'lgan materiallar qatlami bilan uraladi. Bunday materiallar turkumiga asbest, shisha tolalari, sovelit, gips, penoplast, kigiz va boshqalarni kiritish mumkin.

Yopik xonalarda joylashtirilgan Issiqlik apparatlari uchun konvektsiya va nurlanish tufayli Issiqlikni atrof-muxitga yo'qotilish ko'effitsiyenti ($Vt/m^2 K$) (1-16) tenglamadan aniqlanadi

$$\alpha_{sum} = 9.74 + 0.07(t_i - t_x),$$

bu yerda t_i - ximoya qobig'ining tashqi yuzasi xarorati, 0S ; xavfsizlik texnikasi qiodalariga ko'ra $t_i \leq 40 ^0S$; t_x - xonadagi xavo xarorati, odatda $20 \div 25 ^0S$.

Issiqlik oqimining birlik qiymati (Vt/m^2)

$$q = \alpha_{sum} (t_i - t_x). \quad (2-49)$$

Ximoya qobig'i qatlamining termik qarshiligi tenglamasidan kelib chiqib

$$q = \frac{\lambda}{\delta} (t_{\pi} - t_x) \quad (2-50)$$

ximoya qatlamining qalinligini xisoblaymiz

$$\delta = \lambda / q(t_d - t_x), \quad (2-51)$$

bu yerda λ - ximoya qobig'i materialining issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti, $Vt/(m \cdot K)$, t_d - apparat yuzasining xarorati, $^{\circ}S$.

Ayrim materiallarning Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyentlari mazkur ko'rsatma ilovasida, 5- va 6- jadvallarda, keltirilgan.

2.7. Apparatlarning gidravlik xisoblari

Gidravlik xisoblarni bajarishdan asosan ikkita maqsad ko'zlangan:

- apparatni texnologik tizim tarkibiga kiritilishi tufayli paydo bo'ladigan qo'shimcha gidravlik qarshiliq qiymatini aniqlash;

- suyuqlikni apparat va uning quvurlari bo'ylab xaydash uchun zarur bo'lgan quvvatni aniqlash.

Texnologik apparatlar va quvurlarning gidravlik qarshiliklarini xisoblash natijalariga ko'ra nasos tanlanadi.

Quvurlardan xaydalayotgan suyuqlik bosimining bir qismi ichki ishqalanish kuchlari qarshiligini ΔR_i va maxalliy qarshiliqlarni ΔR_m yengish uchun sarflanadi.

$$\Delta R = \Delta R_i + \Delta R_m, \quad (2-52)$$

bu yerda ΔR - suyuqlik bosimini (napori) yo'qotilishi, Pa .

Suyuqlikni xarakatlanishi paytida ichki ishqalanish kuchlari quvur va kanallarning butun uzunligi bo'ylab mavjud bo'ladi, ularning qiymati esa oqim rejimidan bog'liq. Oqim rejimi Re kriteriysidan, bu esa o'z navbatida suyuqlikning qovushqoqligidan bog'liq bo'ladi.

Ishqalanish kuchlarini yengish uchun sarflanadigan bosimning yo'qotilishi quyidagi tenglama bo'yicha xisoblanadi

$$\Delta R_i = \lambda (v^2 \rho / 2)(L/d_e), \quad (2-53)$$

bu yerda λ - ichki ishqalanish koeffitsiyenti; v - suyuqlik oqimining o'rtacha tezligi, m/s ; ρ - suyuqlikning zichligi, kg/m^3 ; L - quvur yoki kanalning uzunligi, m ; d_e - quvur yoki kanalning ekvivalent diametri, m .

λ koeffitsiyenti qiymati quvur devorining g'adir-budurligi Δ balandligi va oqim rejimidan Re bog'liq bo'lib, quyidagi tenglamalar yordamida aniqlanishi mumkin.

Tugri va gidravlik jixatidan silliq (masalan, shisha) quvurlardagi laminar oqim rejimi ($Re < 2300$) uchun

$$\lambda = A/64, \quad (2-54)$$

bu yerda A - quvurni ko'ndalang kesimi yuzasining shakl koeffitsiyenti, masalan, dumaloq quvurlar uchun $A = 64$, kvadrat shaklidagi kanallar uchun $A = 57$, b kenglikdagi xalqasimon kesim yuzasi uchun esa $A = 53$, $d_e = 0.58 b$.

Agar gidravlik jixatdan silliq quvurlardagi suyuqlik oqimi turbulent bo'lsa ($Re = 4 \cdot 10^3 \div 10^4$)

$$\Delta R_i = (0.3164/\sqrt[4]{Re})(L/d_e)(\rho v^2/2), \quad (2-55)$$

yoki

$$\lambda = 0.3164/\sqrt[4]{Re}. \quad (2-56)$$

Po'lat yoki cho'yan trubalar devorlarining yuzasi mikroskopik notekisliklarga Δ (g'adir-budurlikka) ega bo'ladi. Bunday truba devorining nisbiy notekisligi

$$\Delta = K/d_e, \quad (2-57)$$

bu yerda K - quvurni absolyut notekisligi, masalan, yangi quvurlar uchun $K = 0.06 \div 0.1 mm$; agar ular ishlatilgan bo'lsa $K = 0.1 \div 0.2 mm$. Δ - qiymatlari ushbu uslubiy ko'rsatma ilovasining 13- jadvalida keltirilgan.

Devor yuzasi notekis bo'lgan trubalar uchun λ qiymati quyidagi tenglama bo'yicha xisoblanadi

$$1/\lambda = -2 \lg \left[\frac{\xi}{3.7} + \left(\frac{6.81}{\text{Re}} \right)^{0.9} \right]. \quad (2-58)$$

Agar turbulent oqim uchun $\text{Re} < 10^5$ bo'lsa, λ qiymatini quyidagi tenglamadan xisoblash tavsiya etiladi

$$\lambda = 1/(0.78 \ln \text{Re} - 1.5)^2. \quad (2-59)$$

$\text{Re} > 10^5$ bo'lganda turbulent rejim o'ta rivojlangan bo'lib, λ qiymati Re mezoniga bog'liq bo'lmay qoladi (avtomodel rejimi). Ushbu xolat uchun λ qiymati quyidagi tenglamadan aniqlanadi

$$\lambda = 1/(0.87 \ln 3.7/\Delta)^2, \quad (2-60)$$

Apparat trubalaridan oqib o'tayotgan suyuqlik xarorati truba devorining xaroratiga nisbatan o'zgaruvchan bo'lganligi sababli (2-53) va (2-54) tenglamalarning ung tomonida ifodani o'lchamsiz k_x koeffitsiyentiga ko'paytirish kerak:

- laminar oqim uchun

$$k_x = (\text{Pr}_d/\text{Pr})^{1/3} [1 + 0.22 (\text{Gr Pr Re})^{0.15}], \quad (2-61)$$

- texnik jixatdan sillik trubalardagi turbulent oqim uchun

$$k_x = (\text{Pr}_d/\text{Pr})^{1/3}. \quad (2-62)$$

Gazlar va suv bug'i xaroratlarining o'zgarishi Pr mezoni qiymatiga deyarli ta'sir etmaydi. Shu sababdan gaz muxitlari uchun $k_x = 1$.

Ayrim texnologik apparatlarda ishqalanish kuchlarini yengish uchun sarflanadigan bosimning yo'qotilishi quyidagi tenglamalar yordamida xisoblanishi mumkin.

Kojux trubali apparatlarning trubalarida xarakatlanayotgan suyuqlik bosimini yo'qotilishi

$$\Delta R_m = \lambda \frac{l n}{d_s} \cdot \frac{v^2 \rho}{2}, \quad (2-63)$$

bu yerda l - Issiqlik uzatuvchi bitta trubaning uzunligi, m; n - trubalarning umumiy soni.

Zmeevklarda xarakatlanayotgan suyuqlik bosimini yo'qotilishi

$$\Delta R_{zm} = \Delta R_m \psi = \lambda \frac{l}{d_s} \cdot \frac{v^2 \rho}{2} (1 + 3.54 \frac{d_s}{D_s}), \quad (2-64)$$

bu yerda ψ - tuzatish koeffitsiyenti; D_z - zmeevik o'ramlarining diametri, m; d_e - zmeevik trubasining diametri, m; L - zmeevikning uzunligi, m.

Plastinkali apparatlar uchun

$$\Delta R_{pl} = 22.4 / \text{Re}^{0.25} \cdot \frac{L_k}{d_s} \cdot \frac{\rho \omega^2}{2} Z_n, \quad (2-65)$$

bu yerda L_k va d_e - plastinalar oralig'idagi kanalning uzunligi va ekvivalent diametri; $\omega = V/(f m)$ - suyuqlikning tezligi, m/s; V - suyuqlikning xajmiy sarfi, m³/s; f - kanalning kesim yuzasi, m²; m - paketdagi kanallar soni; Z_n - ketma-ket ulanadigan kanallar yoki sektsiyalardagi paketlar soni.

Texnologik quvurlarga urnatiladigan kran va jumraklar, quvurlarning yo'nalishini o'zgartiruvchi tirsqaqlar, quvurlarni kengaygan yoki toraygan qismlari va b. **maxalliy qarshiliqlar** deb yuritiladi. Suyuqlikni bunday qarshiliqlardan okib utishi paytida oqim yo'nalishi va tezligi o'zgaradi. Bu paytda ΔR_i dan tashkari, qo'shimcha ravishda, bosim yo'qotilishi ΔR_m kuzatiladi. Oqim yo'nalishini o'zgarishi paytida inertsia kuchlari ta'siri tufayli uyurmalar xosil bo'ladi.

Maxalliy qarshiliqlarni yengish uchun sarflanadigan bosim (napor) qiymati quyidagi tenglama yordamida xisoblanishi mumkin

$$\Delta R_m = \sum_{i=1}^n \varphi_i \rho v^2 / 2, \quad (2-66)$$

bu yerda φ_i - maxalliy qarshiliq koeffitsiyenti.

Maxalliy qarshiliqlarni xar bir turi uchun φ_i qiymati maxsus ma'lumotnomalarda keltiriladi, masalan (2.1-jadval), 90° li tirsak ($R = 4d$) uchun $\varphi = 1.0$; $d_y = 50$ bo'lgan jumrakni tulik ochik xolati uchun $\varphi = 4,6$ va x.

SHunday kilib, ichki ishqalanish va maxalliy qarshiliqlarni yengish uchun sarflangan bosimning umumiy qiymati yoki texnologik quvurning tulik gidravlik qarshiligi

$$\Delta P = \Delta R_i + \Delta R_m = 0,5v^2\rho(\lambda L/d_e + \sum \varphi_i) . \quad (2-67)$$

Maxalliy qarshiliqlar koeffitsiyentlarining qiymatlari

2.1-jadval

t/r	Maxalliy qarshiliq turi	Qarshiliq koeffi-tsienti qiymati
1.	Dy = 50 mm jumrakni, tulik ochik xolati uchun	4,6
2.	dy = 400 mm jumrak, tulik ochik xolati uchun	7,6
3.	Zadvijka	0,5÷1,0
4.	Kran	0,6÷2,0
5.	R = d bo'lgan tirsak, $\alpha = 90^\circ$	0,3
6.	R = 4d bo'lgan tirsak, $\alpha = 90^\circ$	1,0
7.	Quvurlarga kirish	0,2÷0,5
8.	Quvurlardan chiqish	1,0
9.	Probkali kran, tula ochik bo'lsa agar $20^\circ \leq \alpha \leq 50^\circ$	0,05 2÷9.5
10.	U- shaklidagi quvurda 180° ga burilish	0,5

Suyuqlik yoki gaz muxitini texnologik quvurlar sistemasi bo'ylab xaydash paytidagi gidravlik qarshiliqlarni yengish uchun sarflanadigan zaruriy quvvat N (kVt) qiymati quyidagi tenglamalar bo'yicha xisoblanadi

$$N = V\Delta P / (1000\eta), \quad (2-68)$$

yoki

$$N = G\Delta P / (1000\rho\eta), \quad (2-69)$$

bu yerda V- suyuqlikning xajmiy sarfi, m³/sek; G- suyuqlikning massaviy sarfi, kg/sek; η - nasosning f.i.k.

2.8. Texnologik quvur va patrulkalar diametrini xisobi

Loyixaviy xisoblashlarda suyuqliklar, bug'lar va aerodispers maxsulotlarni uskunalariga betuxtov uzatuvchi quvurlarning uzunligi oldindan aniqlangan bo'ladi. SHuning uchun odatda quvurlar diametri aniqlanadi.

Quvur diametri suyuqlikning berilgan xajmiy Q (m³/sek) yoki massaviy G (kg/sek) sarf tenglamalarini quvur diametriga d nisbatan yechilsa

$$d = \sqrt{4Q / \pi v} . \quad \text{yoki} \quad d = \sqrt{4G / \pi v \rho} . \quad (2-70)$$

SHunday kilib, quvur diametri d undan okib o'tuvchi suyuqlik tezligidan bog'liq bo'ladi. Suyuqlik tezligini ortishi bilan quvur diametri kichrayadi. Ammo bu xolatda suyuqlikni uzatish uchun zarur bo'lgan bosimlar farqi, (2-53) tenglama bo'yicha, ΔR_i ortadi.

Texnologik qurilmalarning shtutserlari va tutashuv quvurlarining diametrlari xam texnik- iktisodiy asoslash nuqtai nazaridan kelib chiqib aniqlanadi. Bu paytda ishchi muxitlar tezliklarining sanoat korxonalari sharoitlarida aniqlangan qiymatlaridan (ilovaning 14-jadvali) foydalanish tavsiya etiladi.

Ilovalar

1 -jadval. SI tizimining nisbiy va ulushli birliklari

t/r	Ko'paytma a ⁿ	Qo'shimcha nomi	Ruscha belgisi	Xalkaro belgisi
1	1000000000000 = 10 ¹²	Tera	T	T

2	$1000000000 = 10^9$	Giga	G	G
3	$1000000 = 10^6$	Mega	M	M
4	$1000 = 10^3$	Kilo	K	k
5	$100 = 10^2$	Gekto	G	h
6	$10 = 10$	Deka	Da	da
7	$0,1 = 10^{-1}$	Detsi	D	d
8	$0,01 = 10^{-2}$	Santi	S	S
9	$0,001 = 10^{-3}$	Milli	M	m
10	$0,000001 = 10^{-6}$	Mikro	mk	μ
11	$0,000000001 = 10^{-9}$	Nano	N	n
12	$0,000000000001 = 10^{-12}$	Piko	P	r
13	$0,000000000000001 = 10^{-15}$	Femto	F	f
14	$0,000000000000000001 = 10^{-18}$	Atto	A	a

2- jadval. SI va boshqa tizimlar birliklarining o'zaro nisbatlari

T/ r	Kattalik nomi	Kattalik		SI va boshqa tizimlar birliklarining o'zaro nisbati
		belgisi	birligi	
1	2	3	4	5
1	Uzunlik	L	M	$1\text{m} = 10^2\text{sm} = 10^3\text{mm} = 10^6\text{mkm} = 10^{10}\text{A}^\circ$; $1\text{ft} = 0.3048\text{m}$, $1\text{in} = 25.4*10^{-3}\text{m}$
2	Ogirlik (ogirlik kuchi)	G	N	$1\text{kgs} = 9,81\text{N}$, $1\text{din} = 10^{-5}\text{N}$, $1\text{lbf} = 4.45\text{N}$.
3	Massa	M	Kg	$1\text{tonna} = 10\text{ts} = 1000\text{kg}$, $1\text{kg} = 10^3\text{g}$, $1\text{lb} = 0.454\text{kg}$.
4	Xarorat	T,T	K	$t(^{\circ}\text{C}) = (t+273,15)\text{K}$, $1^{\circ}\text{F} = 0,56\text{K}$, $t(^{\circ}\text{F}) = [5/9(t-32)+273,15]\text{K}$, $1^{\circ}\text{C} = 1.8^{\circ}\text{F}$.
5	Tekislik burchagi	φ	rad	$1^{\circ} = \pi/180\text{rad}$
6	Dinamik qovushqoqlik koeffisiyenti	μ	Pa s	$1\text{P (puaz)} = 0,1\text{Pa*s}$, $1\text{sP} = 10^{-3}\text{Pa*s} = 1\text{MPa*s}$.
7	Kinematik qovushqoqlik koeffisiyenti	ν	m^2/s	$1\text{Cm} = 10^{-4}\text{m}^2/\text{s} = 1\text{sm}^2/\text{s}$.
8	Bosim	R	Pa	$1\text{bar} = 10^5\text{Pa}$, $1\text{kgs}/\text{sm}^2 = 1\text{at} = 9,81*10^4\text{Pa} = 735\text{mm sim.ust} = 10\text{m suv ustuni}$; $1\text{atm} = 1,033\text{kgs}/\text{m}^2 = 1,01*10^5\text{Pa} = 760\text{mm sim.ust} = 10,33\text{m suv ustuni}$; $1\text{kgs}/\text{m}^2 = 1\text{mm suv ustuni} = 9,81\text{Pa}$; $1\text{mm sim.ust} = 133,3\text{Pa}$.
9	Quvvat	N	Vt	$1\text{kVt} = 1000\text{Vt}$, $1\text{kcal}/\text{soat} = 1,163\text{Vt}$, $1\text{kgs*m}/\text{s} = 9,81\text{Vt}$.
10	Sirt taranglik	σ	n/m	$1\text{kgs}/\text{m} = 9,81\text{J}/\text{m}^2$
11	Xajm	V	m^3	$1\text{m}^3 = 10^3\text{l} = 10^2\text{dal}$
1	2	3	4	5
12	Birlik (solishtirma) xajm	V	m^3/kg	$1\text{m}^3/\text{tn} = 10^{-3}\text{m}^3/\text{kg}$; $1\text{dm}^3/\text{kg} = 1\text{g}/\text{sm}^3$.
13	Zichlik	ρ	kg/m^3	$1\text{tn}/\text{m}^3 = 1\text{kg}/\text{dm}^3 = 1\text{g}/\text{sm}^3 = 10^3\text{kg}/\text{m}^3$.
14	Ish, energiya, Issiqlik miqdori	A	J	$1\text{kg*sm} = 9,81\text{J}$; $1\text{kVt*soat} = 3,6*10^6\text{J}$;

				1 kkal = 4186,8; J = 4,19 kJ
15	Xajmiy sarf	Q	m ³ /sek	1 l/min = 16,67*10 ⁻⁶ m ³ /sek
16	Burchakli tezlik	ω	rad/s, s ⁻¹	1min ⁻¹ =π/30rad/sek; 1sek ⁻¹ =2π rad/sek
17	Solishtirma Issiqlik sig'imi	S	J/(kg K)	1kkal/(kg* ⁰ S)= 4,19 kJ/(kg*K)
18	Issiqlik berish va Issiqlik uzatish koef-fitsientlari	α , K	Vt/(m ² K)	1 kkal/(m ² *soat* ⁰ S) = 1,163 Vt/(m*K)
19	Issiqlik oqimining zichligi	Q	Vt/m ²	1kkal/(m ² *soat) = 1,163 Vt/m ²
20	Issiqlik o'tkazish koef-ti	λ	Vt/(m K)	1kkal/(m*soat* ⁰ S) = 1,163 Vt/(m*K)
21	Fazaviy o'zgarishlar (kondensatsiya, bug'lanish)Issiqligi	R	J/kg	1kkal/kg = 4,19 kJ/kg
22	Solishtirma entalpiya	I	J/kg	1kkal/kg = 4,19 kJ/kg

3-jadval. To'yingan suv bug'ini fizik parametrlari (bosim bo'yicha) [11]

Bosim, MPa	Xarorat, ⁰ S	zichlik, kg/m ³	kondensat entalpiyasi, kJ/kg	bug' entalpiyasi, kJ/kg	bug' xosil bo'lish Issiqligi, kJ/kg
1	2	3	4	5	6
0.010	45.83	0.0681	191.84	2584.4	2392.6
0.015	54.0	0.0998	225.98	2598.9	2372.9
0.020	60.09	0.1307	251.46	2609.6	2358.1
0.025	64.99	0.1611	271.99	2618.1	2346.1
0.030	69.12	0.1912	289.31	2625.3	2336.0
0.040	75.89	0.2503	317.65	2636.8	2319.2
0.050	81.35	0.3085	340.57	2646.0	2305.4
0.060	85.95	0.3659	359.93	2653.6	2293.7
0.070	89.96	0.4227	376.77	2660.2	2283.4
0.080	93.51	0.479	391.72	2666	2274.3
0.090	96.71	0.535	405.21	2671.1	2265.9
0.10	99.63	0.590	417.51	2675.7	2258.2
0.15	111.37	0.862	467.13	2693.9	2226.8
0.20	120.23	1.129	504.7	2706.9	2202.2
0.25	127.3	1.391	535.4	2717.2	2181.8
0.30	133.54	1.651	561.4	2725.5	2164.1
0.35	138.88	1.907	584.3	2732.5	2148.2
0.40	143.62	2.163	604.7	2738.5	2133.8
0.45	147.92	2.416	623.2	2743.8	2120.6
0.5	151.85	2.668	640.1	2748.5	2108.4
0.55	155.47	2.919	655.8	2752.7	2096.9
0.60	158.84	3.169	670.4	2756.4	2086.0
0.65	161.99	3.418	684.2	2759.9	2075.7
0.70	164.96	3.666	697.1	2762.9	2065.8

4- jadval. Suvning fizik parametrlari [7]

Xarorati, ⁰ S	Zichligi, kg/m ³	Solishtirma Issiqlik sig'imi, kJ/(kg K)	Qovushqoqlik koeffisiyenti		Issiqlik o'tkazuvchan- ligi, 10 ² Vt/m k	Prandtl mezoni Pr
			dinamik 10 ⁶ Pa's	kinematik 10 ⁶ m ² /s		

1	2	3	4	5	6	7
0	1000	4.23	1790	1.79	55.1	13.7
10	1000	4.19	1310	1.31	57.5	9.52
20	998	4.19	1000	1.01	55.9	7.02
30	996	4.18	804	0.81	61.8	5.42
40	992	4.18	657	0.66	63.4	4.31
50	988	4.18	549	0.556	64.8	3.54
60	983	4.18	470	0.478	65.9	2.98
70	978	4.19	406	0.415	66.8	2.55
80	972	4.19	355	0.365	67.5	2.21
90	965	4.19	315	0.326	68.0	1.95
100	958	4.23	283	0.295	68.2	1.75

5-jadval. Ayrim materiallarning Issiqlik sig'imi S, zichligi ρ va Issiqlik o'tkazuvchanlik ko'effitsiyentlari λ [1,5,7]

t/r	Material turi	S, J/(kg.K)	ρ , kg/m ³	λ , Vt/(m .K)
1	Asbest tolalari	0.816	470	0.1163
2	Asbest listlar	0.816	770	0.1163
3	Sovelit		450	0.098
4	Pukak plitalar	1.68		0.058
5	Paxtasimon shisha tolalari	0.67	200	0.035÷0.07
6	Penoplast		30	0.047
7	Kuyka (nakip)		-	1.163÷3.49
8	Ximoya qobig'i uchun maxsus gisht	0.88÷1.01	600	0.116÷0.209
9	Kigiz (jun)	1.63	300	0.047
10	Yogli buyoklar	-	-	0.233
11	Emalʼ	-	2350	0.872÷1.163
12	Bronza	0.385	8000	64.0
13	Latunʼ	0.394	8500	93.0
14	Miss	0.385	8800	384
15	Pulat	0.5	7850	46.5
16	Zanglamas pulat 1X18N9T	0.502	7900	17.5
17	CHuyan	0.5	7500	46.5÷93.0
18	Alyuminiy	0.896÷0.9	2700	203.5
19	Zang			1.16

6-jadval. Ayrim Issiqlikni ximoya qiluvchi materiallarning O-100 °S xarorat chegaralaridagi Issiqlik o'tkazuvchanlik ko'effitsiyentlari

Material turi	λ , Vt/(m · K)	CHegaraviy xarorat, °S
Asbest	0,151	600
Asbozurit T	0,2 32	900

Kigiz	0,046-0,058	90
Novoasbozurit	0,139-0,157	600
Nyuvel	0,081	350
Pukak plitalar	0,058	120
Sovelit	0,116	450

7-jadval. Ayrim Oziq-ovkat maxsulotlarining Issiqlik sig'imini xisoblash uchun tenglamalar [5,8]

t/r	Maxsulot turlari	Xisoblash tenglamasi, kJ/(kg ·K)
1	SHakar	$S = 1.34 + 0.0013 t$
2	SHakarli eritmalar	$S = 4.19 - (2.514 - 0.0075 t)v$
3	Patoka	$S = 2.56 + 0.002 t$
4	Karamel massasi	$S = 1.80 + 0.01 t$
5	Iris massasi	$S = 2.20 + 0.0013 t$
6	Tomat maxsulotlari	$S = 4228,7 - 20,9 x - 10,88 x$
7	Xamir	$S = 1675(1 + 0,015 w)$
8	Usimlik yogining benzindagi eritmasi (mistsella)	$S = [229.2 - 0.624 a + (0.588 - 0.00158 a) t]$

Izox: t- xarorat; v- shakarni eritmadagi massaviy ulushi; x- kuruk moddalar miqdori; w- namlik, %; a- mistsella konsentratsiyasi, %;

8-jadval. Ayrim Oziq-ovkat maxsulotlarining solishtirma Issiqlik sig'imi

t/r	Maxsulot nomi	S, J/kg*grad
1	Tomat maxsulotlari: tarkibidagi kuruk moda miqdori, %	
	5	4022
	12	3813
	14	3771
	18	3645
	28	3352
	30	3310
	32	3184
2	SHakar	1257
3	Osh tuzi	1131
4	Djem povidlo	2933
5	Drojji	1550

9-jadval. Ayrim Oziq-ovkat maxsulotlarining turli xaroratlardagi dinamik qovushqoqligini xisoblash uchun tenglamalar [8]

T/r	Maxsulot turlari	xisoblash tenglamasi, MPa's
1	Natural va quyultirilgan sut, sharbatlar va kiyomlar	$\mu_t = 12.9 \mu_{20} / t^{0.85}$
2	Sut	$\mu_{20} = 0.7e^{(0.06 + 0.08 x)}$
3	Usimlik yoglari	$\mu_t = 0.175/e^{(0.31 + 0.026 t)}$

4	Tomat sharbati, pasta	$\mu_t = 0.0199 x^{2.94} t^{-1.17}$
---	-----------------------	-------------------------------------

Izox: t- xarorat; μ_{20} - maxsulotni 20 °S xaroratdagi qovushqoqligi; x- sut tarkibidagi kuruk moddalar kontsentratsiyasi;

10-jadval. Tomat maxsulotlarini atmosfera bosimi ostida qaynash xarorati

kuruk modda miqdori, %	t_{kayn}	kuruk modda miqdori, %	t_{kayn}	kuruk modda miqdori, %	t_{kayn}
5	100,3	15	100,9	30	102,8
10	100,6	25	102,0	35	103,9

11-jadval. ε_t tuzatish koefitsiyentini suyuqlikning okish rejimi Re va trubalar o'lchamlari nisbatiga (L/d) bog'liqligi

Re qiymati	ε_t koefitsiyentining qiymatlari				
	L/d =10	L/d =20	L/d =30	L/d =40	L/d ≥50
$1 \cdot 10^4$	1.23	1.13	1.07	1.03	1
$2 \cdot 10^4$	1.18	1.10	1.05	1.02	1
$5 \cdot 10^4$	1.13	1.08	1.04	1.02	1
$1 \cdot 10^5$	1.10	1.06	1.03	1.02	1
$1 \cdot 10^6$	1.05	1.03	1.02	1.01	1

12-jadval. Issiqlik almashinish apparatlarida maxalliy qarshiliqlar koefitsiyentlarining ζ qiymatlarida [1,5]

t/r	Maxalliy qarshiliqlar turi	ζ qiymati
1	Apparatni kirish va chiqish kameralarida oqimning urilib burilishi	1.5
2	Sektsiyalar va yo'nalishlar bo'yicha 180 ga burilish	2.5
3	Trubalar bushligiga kirish va undan chiqish.	1.0
4	Apparat korpusining trubkalari oralig'idagi bo'shliqqa oqim yo'nalishiga nisbatan 90° burchakda kirish	1.5
5	U- shaklidagi trubalarda 180° ga burilish	0.5
6	Trubkalarni tutib turuvchi tur tusigini aylanib utish	0.5
7	Trubkalar o'ramidagi tusiklardan 180° ga burilish	1.5
8	Sektsiyalarga bulingan apparatlarning tirsablari bo'ylab 180° ga burilish.	2.0
9	Trubkalar o'ramidagi tusiklardan 90° ga burilish	1.0
10	Zmeevik o'ramlari bo'ylab xarakatlanish (n-o'ramlar soni)	0.5n
11	Zadvijkalar, $d_u=50 \div 100$ mm	0.5
1	2	3
	$d_u=175 \div 200$ mm	0.25
	$d_u=300$ mm va undan ortik	0.15
12	Jumrak (kran), $d_u=20 \div 50$ mm va undan ortik	2.0
13	Ventil (tula ochik xolatda) $d=40$ mm	4.9
	$d=80$ mm	4.0
	$d=100$ mm	4.1
	$d=150$ mm	4.4
	$d=200$ mm	4.7

	d=250mm	5.1
	d=350mm	5.5
14	Trubalarga kirish:	
	- kirrasi utkir bo'lsa	0.5
	- razval'tsovkalangan bo'lsa	0.2
15	Trubalardan chiqish	1.0

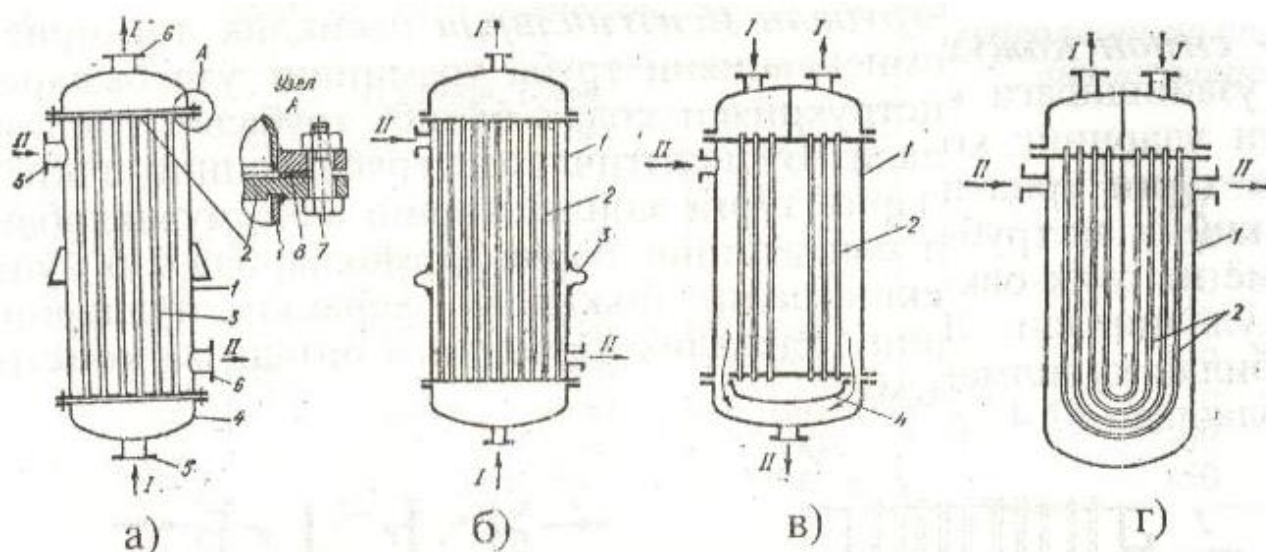
13-jadval. Texnologik quvur devorining notekisligi [1]

t/r	Quvur turlari	Δ , mm
1	Toza va yangi mis, latun va shisha quvurlar	0.0015÷0.01
2	Suv bug'i quvurlari	0.2
3	Ishlatilgan pulat quvurlar	0.2
4	Eski zanglagan quvurlar	0.67 va undan ortik
5	Sillik alyuminiy quvurlar	0.015-0.06
6	Sikilgan xavo uzatuvchi quvurlar	0.8
7	Davriy ishlovchi bug' quvurlari	0.5
8	Kondensat uzatuvchi quvurlar	1.0

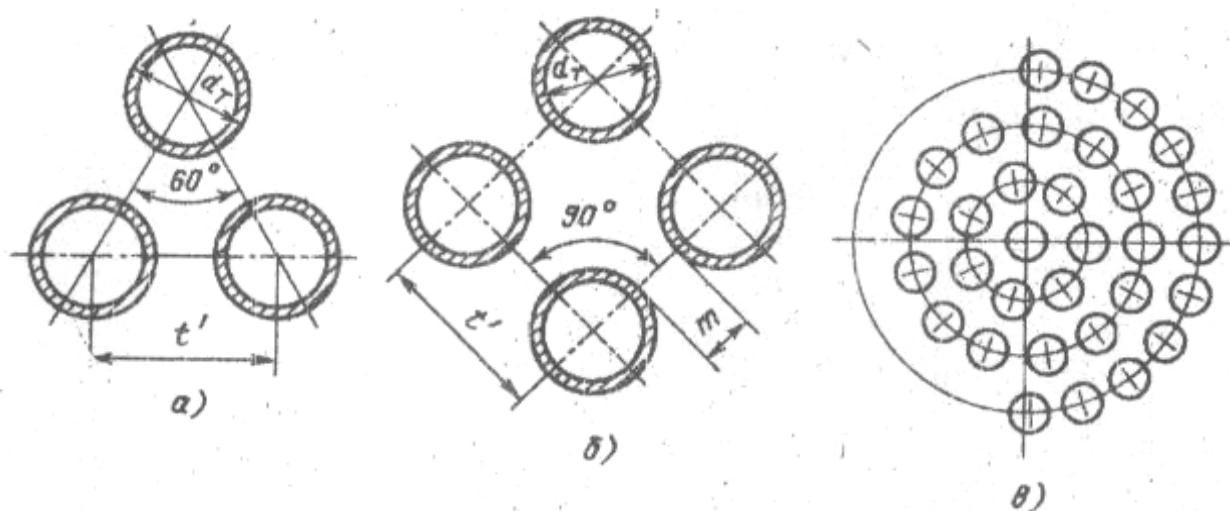
14-jadval. Ishchi muxitlarning tavsiya etilgan tezliklari

t/r	Ishchi muxitlar	Xarakat rejimi yoki ishchi muxit xolati	Tezlik, m/sek
1	Qovushqoq suyuqliklar	erkin okib tushish, nasoslar yordamida xaydash	0,5÷1,0
2	Qovushqoqligi kam tomchi suyuqliklar	ogirlik kuchi ta'sirida erkin okib tushish	0,5÷2,0
3	Suyuqliklar	Nasoslarning - surish quvurlarida - xaydash quvurlarida	0.8÷2.0 1.5÷3.0
4	Gazlar	- tabiiy surilish - ventilyatorlarda - kompressorlarda	2÷4 4÷15 15÷25
5	To'yingan suv bug'lari	Ishchi bosim, mPa: - 0,1 gacha - 0.1÷0.05 - 0.05÷0.02 - uta qizdirilgan bug'lar - ikkilamchi bug'lar	25÷30 20÷40 40÷60 30÷50 30÷35
6	SHarbatlar	$\rho = 1055 \text{ kg/m}^3$	0.5÷1.8
7	Qiyomlar	$\rho = 1320 \text{ kg/m}^3$	0.4÷1.4

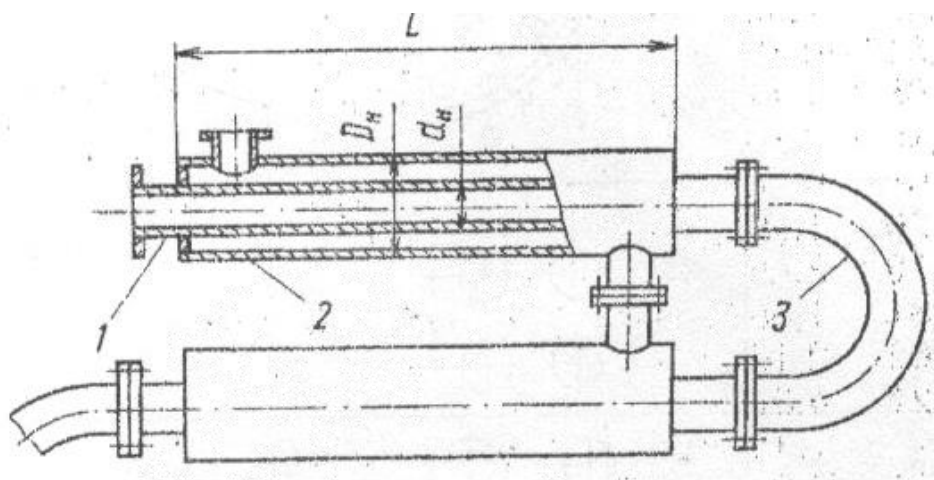
Illyustrativ materiallar



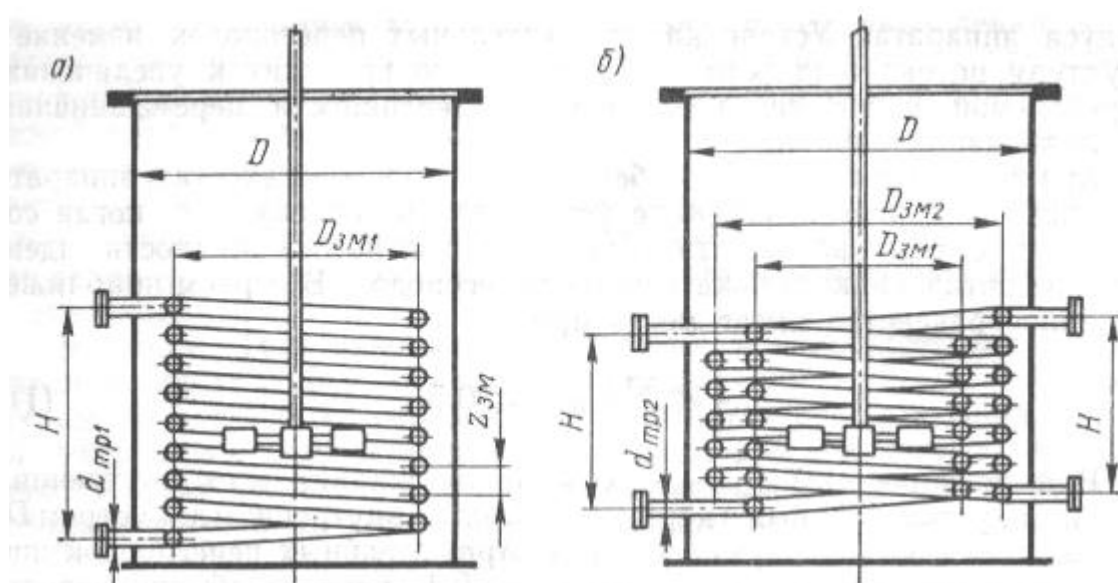
1- rasm. Kojux-trubali Issiqlik almashinish apparatlari: a- bir yulli; b- linzasimon kompensatorli; v- xarakatchan qopqoqli; g- U shaklidagi trubkali; 1- kojux; 2- Issiqlik o'tkazuvchi trubalar; 3- linzasimon kompensator; 4- xarakatchan qopqoq; 5- trubalar chambaragi; 6- qopqoq; 7,8- shtutserlar; 9- bolit; 10- kistirma.



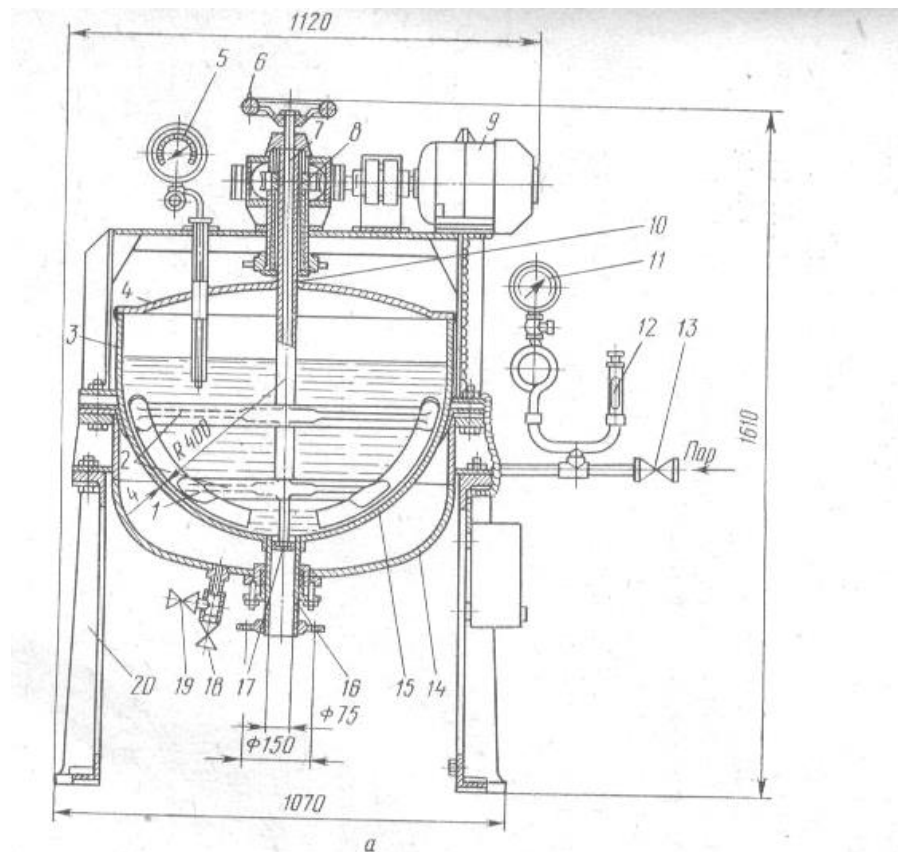
2-rasm. Trubalar chambaragi bo`ylab Issiqlik uzatuvchi trubalarni joylashtirish sxemalari: a- olti burchak (teng tomonli uchburchak) kirralari bo`ylab; b- kvadrat kirralari bo`ylab; v- konsentrik aylanalar bo`ylab.



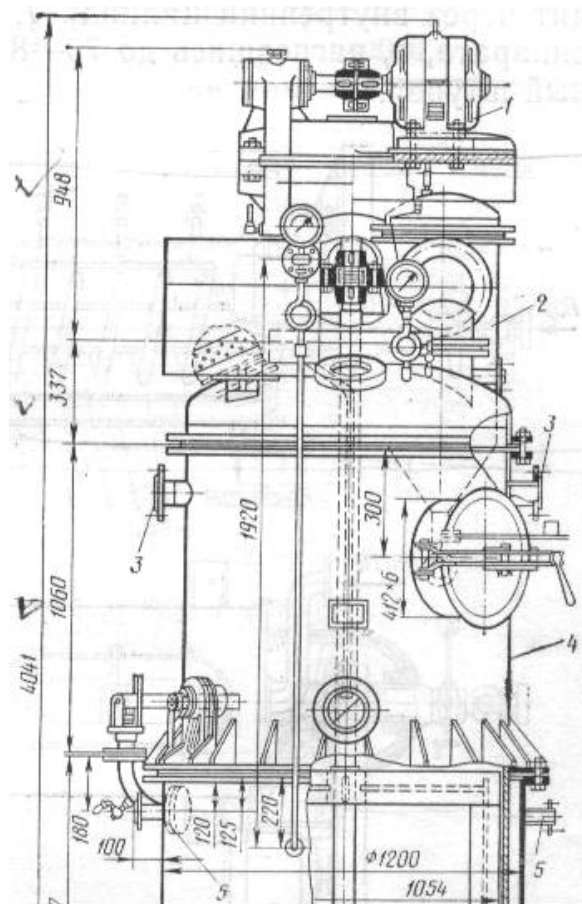
3- rasm. Qo'sh trubali Issiqlik almashinish apparati: 1- ichki (kichik) truba; 2- tashqi (katta) truba – kojux; 3- kalach.



4- rasm. Zmeevikli apparat sxemasi: a- bir o'ramli; b- ikki o'ramli; D- apparatni ichki diametri; D_{zm1} - zmeevik o'rami diametri; D_{zm2} – tashqi zmeevik o'rami diametri; d_{tr1} , d_{tr2} - zmeevik trubasining diametri; H- zmeevik balandligi; Z – zmeevik o'ramining kadami.

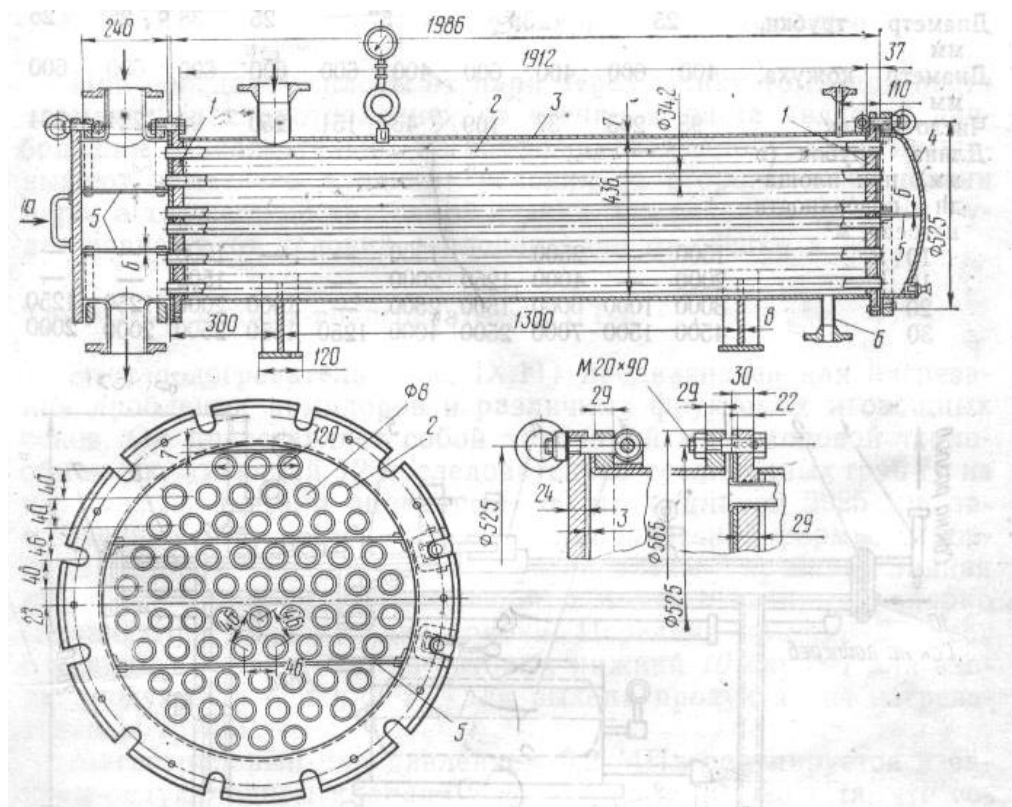


5- rasm. Davriy ishlovchi qizdirish apparat: 1- yakorli-parrakli aralashtirgich; 2- parrak; 3- obechayka; 4- qopqoq; 5- manometrik termometr; 6- maxovikcha; 7- vint; 8- chervyakli reduktor; 9- elektrodvigatel; 10- ichi bo'sh val; 11- manometr; 12- muxofaza klapani; 13- bug' ventili; 14- metall qobiq; 15- sferik mis kozon; 16- maxsulotni tushirish patrubkasi; 17- klapan; 18,19- kondensat ventili; 20- cho'yan asoslar.



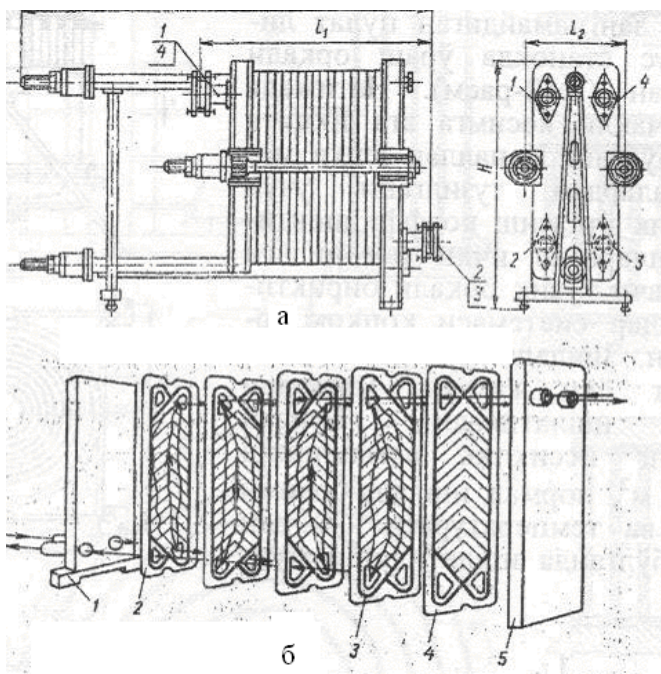
6-rasm. VNIKOP-2 rusumli g'iloqli apparat: 1- elektrodvigatel' (chervyakli reduktor bilan); 2- tomchi tutkich; 3- yuklash shtutseri; 4- korpus; 5- bug' shtutseri; 6- yakorli meshalka; 7- bug' kamerasi; 8- maxsulotni tushirish trubkasi;

Apparatning texnik tavsifi: ishchi xajmi 1000 l.; qizdirish yuzasi 3.7 m^2 ; bug'ning ishchi bosimi $0.3 \div 0.4 \text{ MPa}$; aralashtirgichning aylanishlar chastotasi – $0.66 \div 1 \text{ s}^{-1}$; gabarit o'lchamlari – $1875 \times 1510 \times 4040 \text{ mm}$.



7-rasm. Kojux trubkali qizdirish apparati: 1- trubkalar chamberagi; 2- qizdirish trubkalari; 3- metall kojux; 4-qopqoq; 5- tusik; 6- kondensat patrubkasi.

Apparatning texnik tavsifi: trubkalar diametri -34/32 mm, uzunligi - 1986 mm, soni - 66 dona; umumiy qizdirish yuzasi 13 m²; bug'ning ishchi bosimi 0.11÷0.15 MPa.



8- rasm. Plastinkali Issiqlik almashinish apparati: a- umumko'rinish chizmasi: 1, 2,3,4- ishchi muxitlar uchun shtutserlar; b- apparatdagi ishchi muxitlarning xarakatlanish sxemasi: 1- kuzgalmas plita; 2,4- plastina; 3- rezina kistirma; 5- kuzgaluvchi plita.

Tavsiya etiladigan adabiyotlar ro'yxati

1. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: Учебное пособие для вузов/ Под ред. П.Г.Романкова. - 9-е изд., перераб. и доп. - Л.: Химия, 1981. - 560 с.
2. Романков П.Г., Курочкина М.И. Примеры и задачи по курсу «Процессы и аппараты химической промышленности». – Л.: Химия, 1984. - 232 с.
3. Кувшинский М.Н., Соболева А.П. Курсовое проектирование по предмету «Процессы и аппараты химической промышленности». - 2-е изд., перераб. и доп.– М.: Высшая школа, 1980. - 223 с.
4. Стахеев И.В. Пособие к курсовому проектированию процессов и аппаратов пищевых производств. - Минск: Выща школа, 1975. - 285 с.
5. Лунин О.Г., Вельтишев В.Н. Теплообменные аппараты пищевых производств. - М.: Агропромиздат, 1987. - 239 с.
6. Островский Э.В., Эйдельман Е.В. Краткий справочник конструктора продовольственных машин. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Агропроиздат, 1986. - 621 с.
7. Z. Salimov. Kimyoviy texnologiyaning asosiy jarayonlari va qurilmalari. Oliy o'quv yurtlari talabalari uchun darslik. T.1. - Toshkent: Uzbekiston, 1994. - 366 b.
8. Кавецкий Г.Д., Васильев Б.В. Процессы и аппараты пищевой технологии. – 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Колос, 1999. - 551с.
9. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов. Изд. 2-е. В 2-х кн.: Часть 1. Теоретические основы процессов химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты. -М.:Химия, 1995.- 400 с
10. Yusupbekov N.R., Nurmuxamedov X.S., Ismatullaev P.R. Kimyo va Oziq-ovkat sanoati jarayonlari va qurilmalari fanidan xisoblar va masalalar. –Toshkent: ToshKTI, 1999. - 351 b.
11. Yusupbekov N.R., Nurmuxamedov X.S. va b. Kimyo va Oziq-ovkat sanoatining asosiy jarayon va qurilmalarini xisoblash va loyixalash.- Toshkent: ToshKTI, 2000.- 231 bet.
12. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии.- Изд. 8-е, перераб.- М.: Химия, 1971. - 783 с.
13. Липатов Н.Н. Процессы и аппараты пищевых производств. - М.: Экономика, 1987. - 272 с.
14. Лабораторный практикум по процессам и аппаратам пищевых производств /А.С.Гинзбург, С.М.Гребенюк и др.– М.: Агропромиздат, 1990.- 256 с.
- 15.

