

10-Mavzu: ISITISH, SOVITISH VA KONDENSATSIYFLASH. ISSIQLIK ALMASHINISH USKUNALARI.

Reja:

1. Isitish, buglatish, sovitish va kondensatsiyalash haqida umumiy tushunchalar, isitish usullari.
2. Kondensatsiyalash.
3. Atrof muhit temperaturasigacha sovitish.
4. Atrof muhit temperaturasidan past temperaturagacha sovitish.
5. Issiqlik almashinish qurilmalari.

Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarida issiqlik almashinish qurilmalarida o'tkaziladigan suyuqlik va gazlarni isitish, buglanish, sovitish va buglarni kondensatsiyalash jarayonlari juda keng tarqalgan.

Biror muhitdan boshqasiga issiqlik o'tkazish uchun mo'ljallangan moslama **issiqlik almashinish qurilmasi** deb nomlanadi. Issiqlik uzatish jarayonida qatnashayotgan muhitlar **issiqlik eltkichlar** deb ataladi. Yuqori temperaturali va issiqlik beruvchi muhit **issiqlik eltkich** deyiladi. Past temperaturali va issiqlik oluvchi muhit **sovuqlik eltkich** deyiladi.

Turli sanoatlarda to'gridan to'gri issiqlik manbai bo'lib yokilgilarni yonishdan hosil bo'lgan gazlar va elektr energiyasi ham ishlatiladi. Bu turdagi bevosita issiqlik manbalaridan issiqlik olib, o'zining issiqligini qurilma devori orqali isitilayotgan suyuqlik yoki gazga beruvchi moddalar **oraliq issiqlik eltkichlar** deb yuritiladi. Bunday issiqlik eltkichlarga suv bugi, issiq suv va yuqori temperaturali issiqlik eltkichlar (o'ta qizdirilgan suv, mineral moy, organik suyuqlik va ularning buglari, tuz eritmaları, suyuq materiallar va boshqalar) kiradi.

Oddiy temperatura (10...30°C) largacha sovitish uchun suv va havo keng miqyosda va samarali qo'llaniladi.

Issiqlik eltkichlarni tanlashda ularning quyidagi xossalari e'tibor berish zarur:

- muhitni sovitish yoki sovitish darajasi va uni boshqarish;
- minimal massaviy va hajmiy sarflarda katta issiqlik almashinish tezligiga erishish;
- qovushoqligi kichik, zichligi, issiqlik sigimi va bug hosil qilish issiqligi katta bo'lishi kerak;
- yenmaydigan, zaxarlimas, issiqqa chidamli bo'lishi zarur;
- issiqlik almashinish qurilmasi materialini yemirmasligi va buzmasligi kerak;
- arzon va kamyob bo'lmasligi zarur.

Ko'p holatlarda issiqlik eltkichlar sifatida sanoat yarim mahsulot, mahsulot va chiqindilarning issiqligidan foydalanish iqtisodiy tomondan maqsadga muvofiqdir.

Bug bilan isitish

Ma'lumki, sanoat miqyosida issiqlik eltkich sifatida to'yingan suv bugi keng ko'lamda ishlatiladi, chunki u bir qator afzalliklarga ega. Masalan, bug kondensatsiyalanganda juda katta miqdorda issiqlik ajralib chiqadi. Agar, bugning bosimi $9,8 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2$ bo'lsa, $2,26 \cdot 10^6 \text{ J/kg}$ miqdorda issiqlik berishi mumkin. Kondensatsiyalanayotgan bugning issiqlik berish koeffitsienti yuqori bo'lgani uchun, bug tomonidagi termik qarshilik kichik bo'ladi. Bu esa, bug yordamida isitish uchun kam yuza talab etadi.

To'yingan bugning eng asosiy afzalliklaridan biri shundaki, ma'lum bir bosimda, bir xil temperaturada kondensatsiyalanadi. Bu hol tegishli isitish temperaturasini yuqori aniqlikda ushlab turish imkonini beradi.

Zarur paytda bug bosimini o'zgartirish usuli bilan isitish temperaturasini boshqarib turish mumkin. Bug kondensati issiqligidan foydalanish natijasida bugli isitkichlar f.i.k. juda yuqori bo'ladi. Yana bir afzalligi shundaki, bug yonmaydi va undan foydalanish qulay.

Suv bugining asosiy kamchiligi, bu uning temperatura ortishi bilan bosimining proportsional ravishda o'sishidir. Shuning uchun, suv bugi yordamida $180 \dots 200^\circ\text{S}$ gacha isitish mumkin. Ushbu temperaturalarda bugning bosimi $1,0 \dots 1,2 \text{ MPa}$ ga to'g'ri keladi. Juda yuqori bosimli issiqlik eltkichlar ishlatilganda, qalin devorli va qimmat qurilmalardan foydalanish ehtiyoji tugiladi.

Issiq suv bilan isitish usulida kimyo va oziq - ovqat mahsulotlarini 100°C gacha isitish uchun qo'llaniladi. 100°C dan yuqori temperaturalargacha isitish uchun ortiqcha bosim ostidagi **o'ta qizdirilgan suv** ishlatiladi.

Suvning afzalliklari juda ko'p: yer kurrasida keng tarqalgan va arzon; korrozion faol emas. Odatda biror mahsulotni isitish issiqlik qurilmasining devori orqali amalga oshiriladi. Ayrim hollarda isitish uchun suv bugi kondensatining issiqligidan ham foydalanish mumkin.

Suv yoki boshqa organik suyuqliklar bilan isitish uchun ko'pincha tsirkulyatsion usul ishlatiladi. Tsirkulyatsion harakat erkin yoki majburiy bo'lishi mumkin. Lekin, sanoatda nasos yordamida amalga oshiriladigan majburiy tsirkulyatsion jarayonlar keng tarqalgan.

Pomidor, bodring, poliz mahsulotlarini yetishtirishda issiqxona (teplitsa) larda zavod va fabrikalardan chiqarib tashlanayotgan issiq suvlar ishlatiladi.

Yuqori temperaturali organik suyuqlik va ularning buglari bilan isitish guruh issiqlik eltkichlariga quyidagi organik moddalar kiradi: glitserin, etilenglikolg', naftalin, difenil efiri, difenilmetan, ditolilmetan, difenil va polifenollarni xlrlash mahsulotlari, mineral moylar, tetraxlordifenil, kremniy organik birikmalar va hokazolar.

Sanoatda eng keng tarqalgan yuqori temperaturali organik suyuqliklardan biri difenil aralashma ($26,5\%$ - difenil va $73,5\%$ - difenil efiri) sidir. Ushbu issiqlik eltkich tsirkulyatsion usulda isitish uchun ishlatiladi va erkin tsirkulyatsiya sharoitida issiqlik berish koeffitsienti $200 \dots 350 \text{ Vt/(m}^2 \cdot \text{K)}$.

Difenil aralashmasining asosiy afzalliklaridan biri shundaki, yuqori bosim ishlatmasdan turib yuqori temperaturalar olish mumkinligidir. Masalan, 300°S temperaturada suv bugining bosimi 87,6 at bo'lsa, difenil aralashmasida esa - atigi 2,4 at.

Ushbu guruhdagi organik suyuqliklar yordamida 250...400°S temperaturagacha isitish mumkin.

Suv yoki boshqa issiqlik eltkichning isitish uchun ketgan sarfi issiqlik balansidan aniqlanadi:

$$G_c c_c t_{c\bar{o}} + G_m c_m t_{m\bar{o}} = G_c c_c t_{mox} + Q_{uyk} \quad (1)$$

bu yerda G_c va G_m - suv va mahsulotning massaviy sarflari, kg/soat; s_s va s_m - suv va mahsulotning issiqlik sigimlari, kJ/(kg·K); t_{sb} va t_{mb} - suv va mahsulotning boshlangich temperaturalar, °S; t_{sox} va t_{mox} - suv va mahsulotning chiqishdagi temperaturalar, °S; $Q_{yo'q}$ - atrof muhitga issiqlikning yo'qotilishi, kJ/soat.

(4.112) dan suvning sarfini topish mumkin:

$$G_c = \frac{G_m c_m (t_{mox} - t_{m\bar{o}}) + Q_{uyk}}{c_c (t_{c\bar{o}} - t_{cox})} \quad (2)$$

To'yingan suv bugi bilan isitish usulida isitish amaliyotda keng miqyosda qo'llaniladi. Bunga uning quyidagi afzalliklari sababchidir: kondensatsiyalanish jarayonida juda katta miqdorda issiqlik ajrab chiqadi (2024...2264 kJ/kg); kondensatsiyalanayotgan bugdan devorga issiqlik berish koeffitsienti juda yuqori; isitish bir tekisda sodir bo'ladi.

O'tkir bug bilan isitishda suv bugi bevosita isitilayotgan suyuqlikka yuboriladi. Natijada bug kondensatsiyalanadi va issiqligini suyuqlikka beradi. Jarayonda hosil bo'lgan kondensat suyuqlik bilan aralashib ketadi. Isitish va aralashtirish jarayonlarini birdaniga amalga oshirish uchun bug barboter yordamida suyuqlik qatlamiga yuboriladi.

O'tkir bug sarfi issiqlik balansidan topiladi:

$$G c t_{\bar{o}} + D i'' = G c t_{ox} + D c t_{ox} + Q_{uyk} \quad (3)$$

O'tkir bug sarfi:

$$D = \frac{G c \cdot (t_{ox} - t_{\bar{o}})}{i'' - c t_{ox}} \quad (4)$$

Isitilayotgan muhitni suv bilan aralashishi mumkin bo'lgan hollardagina o'tkir bug bilan isitish jarayoni qo'llaniladi.

Ushbu usul ko'pincha suv va suvli eritmalarini isitish uchun ishlatiladi.

Kuchsiz bug bilan isitishda issiqlik bugdan suyuqlikka ajratib turuvchi devor orqali uzatiladi. Qurilma ichida bug kondensatsiyalangan so'ng, uning bug bo'shligidan kondensat holatida chiqariladi. Hosil bo'lgan kondensatning

temperaturasi isituvchi bugning to'yinish temperaturasiga teng deb qabo'l qilinadi.

Suyuqlikni isitish jarayonida bugning massaviy sarfi ham issiqlik balansidan topiladi:

$$G c t_{\sigma} + D_1'' = G c t_{ox} + D i' + Q_{uyk} \quad (5)$$

Kuchsiz bug sarfi:

$$D = \frac{G c \cdot (t_{ox} - t_{\sigma}) + Q_{uyk}}{i'' - i'} \quad (6)$$

bu yerda D – bugning massaviy sarfi, kg/soat; G – suyuqlikning massaviy sarfi, kg/soat; s – suyuqlikning solishtirma issiqlik sigimi, kJ/(kg·K); t_b va t_{ox} – suyuqlikning boshlangich va oxirgi temperaturalari, °S; i' va i'' - isituvchi bug va kondensatning entalg'piyalari, kJ/soat.

Tutun gazlari bilan isitish turli sanoat sohalarida ancha vaktndan beri qo'llanilib kelinayotgan usullardan biridir. Tutun gazlari suyuq, gazsimon va qattiq yoqilgilarni maxsus o'txonalarida yondirish natijasida hosil bo'ladi. Ushbu gazlar yordamida 1000...1100°S temperaturagacha isitish mumkin.

Tutun gazlari yordamida isitishning kamchiliklari: kichik issiqlik berish koeffitsienti [35...60 Vt/(m² ·K)]; temperaturalarining farqi juda katta va isitish jarayoni bir tekisda emas; temperaturani rostlash murakkab; qurilma devorlarining oksidlanishi va tutun tarkibida zararli moddalarning borligi, ushbu usulni oziq-ovqat mahsulotlarini qayta ishlashda qo'llash mumkin emas.

Lekin, kimyo sanoatida tutun gazlarini kullash katta samara beradi, chunki ushbu gazlarni ishlatishda qo'shimcha yokilgi talab etilmaydi. SHuning uchun tutun gazlarini isitish jarayonida qo'llash iqtisodiy jihatdan juda foydalidir.

Elektr toki bilan isitish materiallarni juda katta temperatura oraligida isitish, zarur temperaturani ushlab turish va oson rostlash mumkin. Undan tashqari, elektr isitish moslamalari sodda, ixcham, ishlatish va tahmirlash qulaydir. Lekin, elektr toki bilan isitish ancha qimmat.

Elektr tokini issiqlik energiyasiga aylantirish usuliga karab ushbu usul bir necha turga bo'linadi: elektr qarshiligi yordamida isitish, induktsion isitish, yuqori chastotali isitish, elektr yoyi bilan isitish.

Elektr qarshiligi yordamida 1000...1100°S gacha isitish mumkin. Atrof-muhitga issiqlik yo'qotilishini bartaraf qilish uchun o'txona issiqlik qoplamasi bilan o'raladi. O'txonaning asosiy isitish elementlari sim yoki lentasimon qilib nixrom qotishmasidan yasaladi.

Induktsion isitish qurilma devori qalinligida o'zgaruvchan tok maydoni tahsirida foydali ish koeffitsienti uyurmaviy toklari hosil bo'ladi va ular issiqlik ajralib chiqishga sababchi bo'ladi.

Ushbu usulda bir tekisda isitish mumkin. Odatda induktsion isitishda 400°S temperaturaga erishish va kerakli temperaturani yuqori aniqlikda ushlab turish mumkin.

Bu usulning kamchiliklaridan biri – bu uning kimmatligi. Isitishni arzonlashtirish uchun kombinatsiyalashgan usuldan foydalaniladi. Buning uchun

mahsulot to'yingan suv bugi yordamida 180⁰S gacha qizdiriladi va undan keyin induktsion usulda kerakli temperaturagacha isitiladi.

Yuqori chastotali isitish. Ushbu usulda elektr toki utkazmaydigan materillar isitiladi, shuning uchun ham dielektrik usul deb nomlanadi.

Yuqori chastotali isitgichning ishlash printsipi quyidagicha: o'zgaruvchan elektr maydoniga joylashtirilgan material molekulari maydon chastotasi bilan tebranma harakat qila boshlaydi va qutblanadi. Material molekularining tebranma harakat energiyasi dielektrik molekulari orasidagi ishkalanish kuchini yengishga sarflanadi va material massasida issiqlikka aylanadi. Ajralib chiqayotgan issiqlik miqdori tok chastotasi va kuchlanish kvadratiga proporsionaldir. Isitish bu usulda bir tekisda bo'ladi. Undan tashqari, isitish temperaturasi oson va aniq rostlanadi. Lekin, bu turdagi isitgichlar murakkab va ularning foydali ish koeffitsienti juda past bo'ladi. Ushbu usulda ishlaydigan isitgichlarda 1·10⁶...1·10⁸ Gts chastotali toklar qo'llaniladi.

Elektr toki yordamida isitish jarayonida ajralib chiqadigan issiqlik miqdori issiqlik balansidan topiladi:

$$Q_e + Gct_{\delta} = Gct_{ox} + Q_{iyyk} \quad (7)$$

bu yerda Q_e – elektr toki o'tganda elektr isitish moslamasidan ajralib chiqqan issiqlik miqdori, kJ/soat; G – isitilayotgan qurilmada qayta ishlanayotgan maxsulot mikdori, kg/soat; s - material solishtirma issiqligi, J/(kg·K); t_{δ} t_{ox} – materialning boshlangich va oxirgi temperaturalari, ⁰S; $Q_{yo'q}$ – atrof muhitga yo'qotilayotgan issiqlik miqdori, kJ/soat.

(7) tenglamadan

$$Q_e = Gc \cdot (t_{ox} - t_{\delta}) + Q_{iyyk} \quad (8)$$

Isituvchi elementlar quvvati esa ushbu ifodadan aniqlanadi:

$$N = \frac{Q}{3600} \quad (9)$$

Bug yoki gazlarni, suv yoki havo yordamida sovitib, suyuq agregat holatiga o'tkazish jarayoniga **kondensatsiyalash** deyiladi. Kondensatsiyalash jarayoni kondensatorlarda amalga oshiriladi. Ushbu jarayon kimyo va oziq - ovqat sanoatlarida turli moddalarni suyultirish uchun qo'llaniladi. Bugning kondensatsiyalanishida hosil bo'lgan kondensatning hajmi bug hajmiga nisbatan tahminan 1000 marta kichik. Bu hodisa kondensatorlarda vakuum hosil bo'lishiga olib keladi.

Sovitish usuliga qarab kondensatsiyalanish jarayoni 2 turga bo'linadi: sirtiy va issiqlik eltkichlarni aralashtirish yo'li bilan kondensatsiyalash.

Kondensatsiyalash jarayonida ajralib chiqayotgan issiqlik miqdori ushbu formuladan aniqlanadi:

$$Q = D r \quad (10)$$

bu yerda, D - kondensatsiyalanayotgan bug massasi, kg; r - kondensatsiyalanish issiqligi, kJ/kg.

Masalan, 1 kg suv bugning atmosfera bosimida kondensatsiyalanishida 2264 kJ miqdorda issiqlik ajralib chiqadi.

Sirtiy kondensatsiya issiqlik almashinish qurilmalarida amalga oshiriladi. Bunday qurilmalar **sirtiy kondensator** deb nomlanadi.

O'ta qizdirilgan bugni suv bilan kondensatsiyalash jarayonining issiqlik balansi:

$$Di + Wc_c t_{c\bar{o}} = Dc_{kon} t_{kon} + Wc_c t_{cox} + Q_{uyk} \quad (11)$$

bu yerda D - kondensatorga kirayotgan bugning massaviy sarfi, kg/soat; i – bug entalg'piyasi, kJ/kg; s_s va s_{kon} - suv va kondensatning solishtirma issiqlik sigimi, J/(kg·K); t_{sb} , t_{sox} - suvning boshlangich va oxirgi temperaturasi, °S; $Q_{yo'q}$ - atrof muhitga yo'qotilayotgan issiqlik miqdori, kJ/soat. (11) dan sovutuvchi suvning massaviy sarfini aniqlaymiz (kg/soat):

$$W = \frac{D \cdot (i - c_{kon} t_{kon}) - Q_{uyk}}{c_c (t_{cox} - t_{c\bar{o}})} \quad (12)$$

O'ta qizdirilgan bugning solishtirma entalg'piyasi (kJ/kg) ushbu tenglama orqali hisoblanadi:

$$I = c_{\bar{o}y\bar{e}} (t_{\bar{o}y\bar{e}} - t_{my\bar{u}}) + r + c_{kon} \cdot t_{my\bar{u}} \quad (13)$$

bu yerda S_{bug} - o'ta qizdirilgan bug solishtirma issiqlik sigimi, kJ/(kg·K); t_{bug} - o'ta qizdirilgan bug temperaturasi, °S; t_{uy} – bugning to'yinish temperaturasi, °S; r – bugning kondensatsiyalanish issiqliligi, kJ/kg.

Kondensatorning issiqlik o'tkazish yuzasi 3 ta zona uchun alohida hisoblanadi:

- o'ta qizdirilgan bugni sovitish zonasining yuzasi F_1 ;
- kondensatsiyalash zonasining yuzasi F_2 ;
- kondensatni sovitish zonasi F_3 .

Kondensatorning umumiy issiqlik almashinish yuzasi $F_{um} = F_1 + F_2 + F_3$. Har bir zonaning yuzasi issiqlik o'tkazishning asosiy tenglamasidan hisoblab topiladi.

Issiqlik eltkichlarni aralashtirish yo'li bilan kondensatsiyalash ho'l va quruq kondensatorlarda olib beradi.

Ho'l kondensatorlarda suv, kondensat va kondensatsiyalanmagan gazlar (masalan, havo) qurilmaning pastki qismidan maxsus, nam - havoli nasos yordamida chiqariladi.

Quruq kondensatorlarda sovutuvchi suv va kondensat qurilmaning pastki qismidan, havo esa – yuqori qismidan vakuum - nasos yordamida so'rib olinadi.

Kondensatorlar issiqlik eltkichlarning harakatiga qarab parallel va qarama - qarshi yo'nalishli bo'ladi.

Materialdan issiqlik olish yo'li bilan temperaturasini pasaytirish jarayoni **sovitish** deb nomlanadi.

Sanoat miqyosida gaz, bug va suyuqliklar temperaturasini 15...20 °S gacha sovitish uchun havo va suv qo'llaniladi. Mahsulotlarni past temperaturalargacha

sovitish uchun past temperaturali sovuqlik eltkichlar - freonlar, ammiak, uglerod dioksidi, sovutuvchi eritmalar va hokazolar - ishlatiladi.

Suv bilan sovitish issiqlik almashinish qurilmasida amalga oshiriladi. Bu qurilmalarda issiqlik eltkichlar ajratuvchi devor orqali yoki bevosita aralashtirish natijasida issiqlik almashadi. Masalan, suvni gazlarga to'gridan – to'gri purkash yo'li bilan sovutiladi.

Odatda sovitish uchun 15...25°S temperaturali oddiy suv yoki 8...12°S artezion suvi ishlatiladi. Suvni tejash maqsadida ishlatib bo'lingan suvning temperaturasi gradirnyalarda sovutiladi va qaytadan issiqlik almashinish jarayonida qo'llash uchun qaytariladi.

Sovitish uchun zarur suvning massaviy sarfi issiqlik balansidan aniqlanadi:

$$Gct_{\delta} + Wc_c t_{c\delta} = Gct_{ox} + Wc_c t_{ox} + Q_{uyk} \quad (14)$$

bundan:

$$W = \frac{Gc \cdot (t_{\delta} - t_{ox}) - Q_{uyk}}{c_c(t_{ox} - t_{\delta})} \quad (15)$$

bu yerda G – sovutilayotgan issiqlik eltkichning massaviy sarfi, kg/soat; s, s_s - issiqlik eltkich va suvning solishtirma issiqlik sigimi, kJ/(kg·K); t_b, t_{ox} – issiqlik eltkichning boshlangich va oxirgi temperaturasi, °S; $Q_{yo'q}$ - atrof muhitga yo'qotilayotgan issiqlik miqdori, kJ/soat.

Muz bilan sovitish bir qator mahsulotlar temperaturasini nolg'acha sovitish uchun qo'llaniladi. Mahlumki, muz mahsulotga issiqligini berish natijasida 0°S gacha isiydi va erib boshlaydi. SHu paytda sovutilayotgan mahsulotdan issiqlik ajratib olinadi. Sovitish jarayoni davomiyligi tajriba o'tkazish yo'li bilan aniqlanadi.

Muz yordamida bevosita sovitish jarayonida mahsulot olib kirilayotgan sovuqlik miqdori ushbu tenglamadan topiladi:

$$Q = L(-r) \quad (16)$$

bu yerda, L - muz massasi, kg; r - muzning erish issiqligi, kJ/kg.

Sovutuvchi suyuqlik bilan olib kirilayotgan issiqlik miqdori quyidagi tenglamadan aniqlash mumkin:

$$Q_{oc} = Gct_{\delta} \quad (17)$$

bu yerda G - sovutilayotgan suyuqlik massasi, kg; s – suyuqlik solishtirma issiqlik sigimi, kJ/(kg·K); t_b - suyuqlikning boshlangich temperaturasi, °S.

Muzning erish temperaturasida hosil bo'lgan suv va sovutilayotgan suyuqlikning oxirgi temperaturasi t_{ox} deb qabo'l qilamiz. Unda, issiqlik balansi ushbu ko'rinishga ega bo'ladi:

$$Gct_{\delta} - Lr = Gct_{ox} + Lc_c t_{ox} \quad (18)$$

bu yerda s_s - suvning solishtirma issiqlik sigimi, J/kg·K.

(18) dan muzning sarfini aniqlaymiz:

$$L = \frac{Gc \cdot (t_{\delta} - t_{ox})}{c_c t_{ox} - r} \quad (19)$$

Havo bilan sovitish tabiiy va sunhiy usullarda amalga oshiriladi. Issiq mahsulotlarni tabiiy usulda sovitish jarayoni atrof muhitga issiqlik tarqatilishi hisobiga sodir bo'ladi. Bu usulda sovitish qish faslida samarali o'tadi.

Suvlarni havo yordamida gradirnyalarda sovitish sunhiy sovitish usulida amalga oshiriladi. Gradirnyada sovitilayotgan suv yuqoridan pastga qarab purkalsa, sovutuvchi havo esa pastdan yuqori yo'nalgan bo'ladi. Bunda suyuqlik temperaturasining pasayishi faqat issiqlik almashinish hisobiga bo'lmay, balki suyuqlik bir qismining buglanishi hisobiga ham sovutiladi.

Kimyo va oziq - ovqat mahsulotlarini atrof muhit temperaturasidan past (+4...-60°S) temperaturalarda sovitish, muzlatish va saqlash uchun sovutgichlar ishlatiladi. Sovutgichlarning asosiy ishchi qismi bu sovitish mashinalaridir.

Sovitish mashinalarida sovuqlik ishlab chiqarish uchun gazni siqish, kondensatsiyalash va buglanish jarayonlardan tarkib topgan teskari aylanma termodinamik tsikl qo'llaniladi.

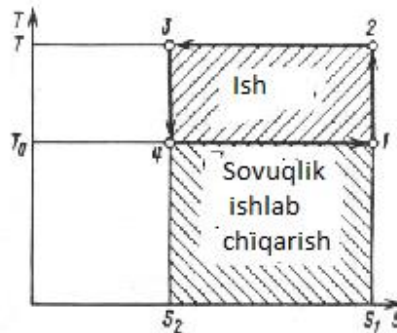
Termodinamikaning ikkinchi qonuniga binoan, atrof muhit temperaturasidan past temperaturagacha sovitish, temperaturasi quyi sathdan yuqori sathga issiqlik o'tkazish bilan bogliq bo'lganligi uchun, albatta energiya sarflanishi zarur. Bunday issiqlik uzatish Karnoning teskari tsikli asosida amalga oshiriladi.

Karno to'g'ri tsiklining energetik balansi ushbu tenglama bilan ifodalanadi:

$$Q = L + Q_0 \quad (20)$$

Karno teskari tsiklini ko'rib chiqamiz (7-rasm).

T_0 temperaturali gaz holatidagi ishchi jism mahlum miqdorda ish bajarganda adiabatik siqilmoqda va shu jarayon natijasida T temperaturagacha isitilmoqda. Ushbu jarayon grafikda vertikal 1-2 chizigi bilan tasvirlangan. Siqish jarayonidan so'ng, T temperaturada gaz izotermik kondensatsiyalanadi (2-3 chiziq). Bu jarayonda Q miqdorda issiqlik ajralib chiqadi. Undan keyin esa, hosil bo'lgan suyuqlik adiabatik kengaytiriladi.



7-rasm. Karno teskari tsikli.

$L_{1-2-3-4}$ - ushbu yuza sarflangan ishga teng;

Kengayish jarayonida suyuqlik T_0 temperaturagacha sovutiladi (3-4 chiziq)

va foydali ish bajariladi. So'ng esa, past bosimda va T_0 temperaturada buglanadi (4-1 chiziq). SHu jaraen paytida sovutilayotgan obhektdan Q_0 miqdorda issiqlik olinadi.

(4.130) tenglamadan gazning foydali ishini aniqlaymiz:

$$L = Q - Q_0 \quad (21)$$

Q va Q_0 issiqlik miqdorlarini ishchi jismning kondensatsiyagacha S_1 va undan keyingi S_2 entropiyalari bilan ifodalash mumkin:

$$\begin{aligned} Q &= T \cdot (S_1 - S_2); \\ Q_0 &= T_0 \cdot (S_1 - S_2) \end{aligned} \quad (22)$$

Agar, Q va Q_0 qiymatlarini (21) tenglamaga qo'ysak, ushbu ifodani olamiz:

$$L = (T - T_0) \cdot (S_1 - S_2) \quad (23)$$

Sovitish koeffitsienti ushbu ko'rinishga ega:

$$\varepsilon = \frac{Q_0}{L} = \frac{Q_0}{Q - Q_0} = \frac{T_0}{T - T_0} \quad (24)$$

Shunday qilib, sovitish koeffitsienti ε sarflangan ish birligi L hisobiga quyi T_0 temperaturadan yuqori T temperatura sathigacha qancha issiqlik miqdori Q_0 ni uzatish mumkinligini ifodalaydi. Issiqlik miqdori Q_0 **sovuqlik ish unumdorligi** deb nomlanadi.

Ma'lumki, sanoatning turli sohalarida xilma-xil xom - ashyo va mahsulotlarni qayta ishlashda issiqlik almashinish jarayonlari va ularni amalga oshiruvchi qurilmalar juda keng miqyosda qo'llaniladi. Jarayonlarni o'tkazish shartlari va qurilmalarni qo'llash sohasiga qarab, issiqlik almashinish qurilmalarning tuzilishi turlicha bo'ladi.

Ishlash printsipli qarab issiqlik almashinish qurilmalari sirtiy (rekuperativ), regenerativ va aralashtiruvchi (gradirnya, skrubber, aralashtiruvchi kondensator va h.) qurilmalarga bo'linadi.

Sirtiy issiqlik almashinish qurilmalarida issiqlik eltkichlar devor bilan ajratilgan bo'lib, ularda bir muhitdan ikkinchisiga issiqlik ushbu devor orqali uzatiladi. Konstruktsiyasiga ko'ra sirtiy issiqlik almashinish qurilmalari qobiq - trubali, zmeevikli, plastinali, spiralsimon, qirrali, gilofli, blok-grafitli va maxsus

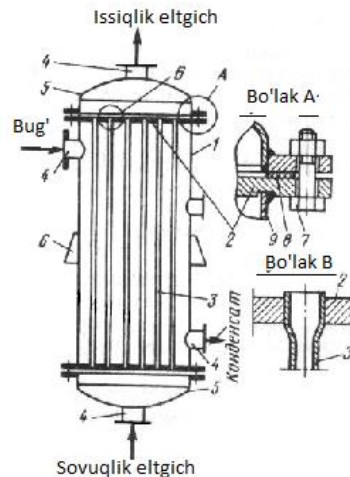
issiqlik almashinish qurilmalariga bo'linadi.

Regenerativ issiqlik almashinish qurilmalarida bir issiqlik almashinish yuzasi galma-gal issiq va sovuq eltkichlar bilan yuvilib turadi. Agar, issiqlik almashinish yuzasi issiq eltkich bilan yuvilib tursa, muhitning issiqligi hisobiga isiydi, sovuq eltkich bilan yuvilganda esa - o'z issiqligini beradi. SHunday qilib, issiqlik almashinish yuzasi issiqlik eltkichning issiqligini yigib oladi, so'ng esa sovuq eltkichga beradi.

Aralashtiruvchi issiqlik almashinish qurilmalarida ikkala eltkich bevosita o'zaro aralashuvi paytida issiqlik almashadi.

Issiqlik almashinish turiga ko'ra qurilmalar isitkich, buglatkich, sovutkich va kondensatorlarga ajratiladi.

Konstruktsiyasiga qarab ushbu turdagi qurilmalar qobiq - trubali, «truba ichida truba», zmeevikli, spiralsimon, yuvilib turuvchi, plastinali, qirralli, gilofli, blok-grafitli, shnekli va hokazo bo'lishi mumkin. **Qobiq - trubali issiqlik almashinish qurilmalari** xalq xo'jaligining turli sohalarida eng keng tarqalgan va ko'p ishlatiladigan turidir.



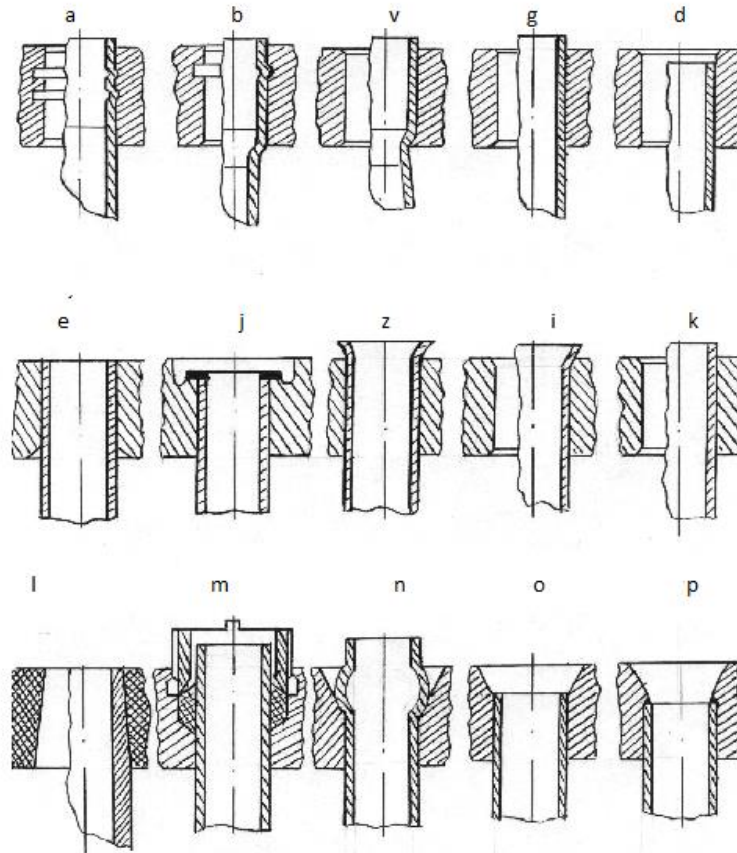
18-rasm. Vertikal, bir y'illi qobiq - trubali issiqlik almashinish qurilmasi.

1 - qobiq; 2 - teshikli panjara; 3 - isituvchi trubalar; 4 - patrubok; 5 - qopqoq; 6 - tayanch; 7 - hilt; 8 - nistirma; 9 - ocherhavka

18-rasmda trubalarning qo'zgalmas teshik panjarali, bir yo'lli, vertikal qobiq-trubali issiqlik almashinish qurilmasi tasvirlangan. Ushbu qurilma tsilindr qobiq 1 va uning ikki chekkasiga isituvchi trubalar 3 mahkamlangan teshikli panjara 2 lardan tarkib topgan. Trubalar o'rami issiqlik almashinish qurilmasining butun hajmini ikkiga bo'ladi: 1) truba bo'shligi; 2) trubalararo bo'shliq. Teshikli panjara 2 lar tsilindrik qobiq 1 ga payvandlash usulida mahkamlanadi. Qurilma qobigiga boltli birikma yordamida 2 ta qopqoq mahkamlanadi. Issiqlik eltkichlar kirishi va chiqishi uchun tsilindrik qobiq 1 va qopqoq 5 larda patrubkalar o'rnatilgan. Issiqlik eltkichlardan biri, masalan suyuqlik, trubalar bo'shligiga yo'naltirilsa, u trubalar orqali o'tib qopqoqning patrubkasidan chiqib ketadi. Boshqa issiqlik eltkich oqimi esa, masalan bug, trubalararo bo'shliqqa yo'naltiriladi, isituvchi trubalar tashqi yuzasiga o'z issiqligini beradi va suyuq agregat holati (kondensat) ga aylanib qobiqning pastki patrubkasidan chiqazib yuboriladi. Muhitlar orasidagi issiqlik

almashinish jarayoni trubalar devori orqali amalga oshiriladi.

Isituvchi trubalar teshikli panjaraga payvandlash yoki razvalg'tsovka qilib mahkamlanadi (18-rasm).



19-rasm. Trubalarni teshikli panjaralarga mahkamlash usullari.

a - ikkita ariqchaga razvalg'tsovka qilish; b - bitta ariqchaga razvalg'tsovka qilish; v - payvandlash va razvalg'tsovka qilish; g, d - payvandlash; ye, j - ariqchali va tishli payvandlash; z - kirish qismini konussimon razvalg'tsovka qilish; i - tekis teshikka razvalg'tsovka qilish va buklash; k - kavsharlash; l - yelimlash; m - salg'nik bilan zichlash; n - portlatib payvandlash; o - teshikli panjara tashqi tomonini konussimon razvalg'tsovka qilish; p - teshikli panjaraning tashqi tomoni asta - sekin silliq, toraytirib razvalg'tsovka qilish

Ko'pincha, isituvchi trubalar po'lat,

legirlangan po'lat, mis, latun, titan yoki boshqa materiallardan tayyorlanishi mumkin.

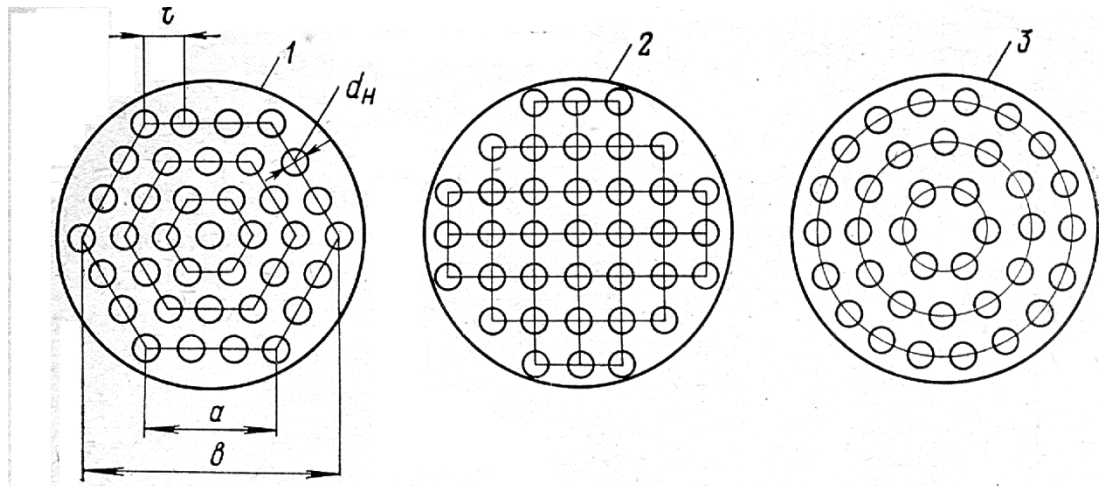
Isituvchi trubalar 3 ni teshikli panjaralar 2 da mahkamlashning eng keng tarqalgan usuli bu oddiy razvalg'tsovkadir (19-rasm). Valg'tsovka nomli asbobda radial yo'nalishda hosil qilinadigan kuch tahsirida truba deformatsiyaga (diametri ortadi, yahni kengayadi) uchrab, teshikli panjaraga zichlanadi va mahkamlanadi. Truba o'ramining to'r pardaga mustahkam joylashtirishga erishish uchun teshikli panjarada eni 2...3,5 mm va chuqurligi 0,4...1,0 mm li ikkita halqasimon ariqcha qilinadi. Undan tashqari, trubalarni teshikli panjaralarga payvandlash, kavsharlash, salg'nik yordamida ham mahkamlash mumkin. Salg'nik yordamida zichlash murakkab va qimmat. Bu usulda mahkamlash muhitlar temperatura farqi katta bo'lganda, trubalarning bo'ylama siljishiga imkon beradi, ammo bunda birikma zichlanishi buzulmaydi.

Trubaning kirish qismini konussimon razvalg'tsovka qilish, mahalliy qarshilik

koefitsientini sezilarli darajada pasaytiradi. Bu esa, o'z navbatida kirish qismining yemirilish oldini oladi.

Agar, trubalar tebranish, tsiklik qizishga, temperaturalar katta o'zgarishi yoki ularning uchlari issiqlik tahsirida o'ta isib ketish hollari yuz beradigan bo'lsa, unda trubalarning uchi albatta teshikli panjaraga payvandlanish zarur. Payvandlash choki cho'ktirilgan, valik va ariqchada valik holadi, hamda ariqcha va tishli ko'rinishlarda bo'lishi mumkin.

Odatda, qalin devorli trubalarni payvandlash maqsadga muvofiqdir. Agar, trubalar kuchlanish ostida ishlatiladigan bo'lsa, portlatib payvandlash tavsiya etiladi. Ushbu usulda trubalarni mahkamlash uchun portlatish zaryad quvvati katta, teshikli panjaraning tashqi yuzasi razzenkovka qilishini va panjara tashqarisiga truba uchlari ko'p chiqib turishi kerak. Bu usulda truba teshikli panjaraga o'ta mustahkam holatda biriktiriladi. Agar, trubaning bir uchi panjaraga ushbu usulda



4.20-rasm. Truba teshikli panjarasida trubalarni joylashtirish sxemasi.

- a – to'g'ri oltiburchak tomonlari va cho'kkilarida;
- b - kvadrat tomonlari va cho'qqalarida;
- v – konsentrik aylanalar bo'ylab.

portlatib payvandlansa, ikkinchi uchi esa portlatib razvalg'tsovka qilinsa, eng yuqori mustahkamlikka erishsa bo'ladi.

Hozirgi kunda trubalarni teshikli panjaraga mahkamlashning eng zamonaviy, ilgor texnologiyasi - bu portlatib valg'tsovka qilishdir. Bunda, portlatuvchi zaryad truba ichida, yahni uchida joylashtiriladi. So'ng esa, zaryad kapsyulg' yordamida portlatiladi. Natijada, portlash energiyasi trubani radial yo'nalishda deformatsiya qiladi va teshikli panjara bilan truba mustahkam birikma hosil qilib ulanadi. Bu usuldagi birikma, razvalg'tsovka usulidagiga qaraganda ancha mustahkamroq bo'ladi. Portlatib payvandlash usulini trubalarni tahmirlash uchun ham qo'llash mumkin. Trubalarni teshikli panjaraga elektrogidravlik mahkamlash va biriktirish usuli ham mavjud.

Qobiq - trubali issiqlik almashinish qurilmalarida truba teshikli panjaraga quyidagi usullarda joylashtirilishi mumkin (4.20-rasm):

- to'g'ri oltiburchak cho'qqi va qirralari yoki teng yonli uchburchak bo'ylab;

- kontsentrik aylanalardan bo'ylab;
- kvadrat cho'qqi va tomonlari bo'ylab;
- shaxmatli ko'rinishda (bir va har xil ko'ndalang qadamli).

Ushbu usullarda trubalarni issiqlik almashinish qurilmasida joylashtirish, qurilmaning ixcham bo'lish sharti bilan belgilanadi. Undan tashqari, har bir qurilmaga iloji boriga ko'proq truba joylashtirishga harakat qilinadi.

Kimyo mashinasozligida to'g'ri oltiburchak tomonlari va cho'qqalarida trubalarni joylashtirish keng tarqalgan. Bu usul uchun, trubalar sonini aniqlashga quyidagi formula tavsiya etiladi:

$$n = 3a \cdot (a - 1) + 1 \quad (25)$$

bu yerda a - eng katta oltiburchak tomonidagi trubalar soni; $v = 2a - 1$ - eng katta oltiburchak diagonalidagi trubalar soni.

Agar, trubalar teshikli panjaraga razvalg'tsovka usulida mahkamlansa, unda trubalarni joylashtirish qadami t ni, ularning tashqi diametriga d_t qarab, ushbu oralikdan tanlanadi:

$$t = (1,3 \dots 1,5) \cdot d_t \quad (26)$$

Payvandlab mahkamlashda esa – $t = 1,25 d_t$.

Issiqlik almashinish qurilmasining diametri quyidagi tenglamadan topiladi:

$$D = t \cdot (b - 1) + 4d_t \quad (27)$$

Trubalarning uzunligi zarur issiqlik almashinish yuzasi F va trubaning o'rtacha diametri d_{ur} lardan kelib chiqqan holda ushbu formulada hisoblanadi:

$$l = \frac{F}{\pi \cdot n \cdot d_{yp}} \quad (28)$$

Qobiq - trubali issiqlik almashinish qurilmalarida issiqlik eltkichlarning yo'nalishi parallel yoki qarama - qarshi bo'ladi. Issiq eltkich qurilmaning yuqori qismidan trubalararo bo'shliqqa, sovuq eltkich esa, pastki qismidan trubalar ichiga yuboraladi. Natijada, bug issiqligini beradi va soviydi, yahni kondensatga aylanadi va pastga qarab harakatlanadi. Temperaturasi ortishi bilan sovuq eltkichning zichligi kamayadi va u yuqoriga qarab ko'tariladi. Agar, suyuqliklar sarfi ko'p bo'lsa, ularning tezligi ham yuqori va issiqlik almashinish jarayoni intensiv bo'ladi. Undan tashqari, suyuqliklarning qarama – qarshi yo'nalishida ularning tezliklari bir xilda taqsimlanib, qurilmaning butun ko'ndalang kesimida issiqlik almashinishi o'zgarmas bo'ladi.

Agar, issiqlik almashinish qurilmasi qo'zgalmas teshik panjara tuzilishi, qobiq va trubalar temperaturalarining o'rtacha farqi 50°S dan katta bo'lsa, qobiq va trubalar uzayishi har xil bo'ladi. Bu hol o'z navbatida teshikli panjarada katta kuchlanishlar hosil qiladi va panjaradagi trubalar zichlanishini, payvand choklarini buzadi va yo'l qo'yib bo'lmaydigan issiqlik eltkichlar aralashishiga olib keladi. SHuning uchun, temperaturalar farqi katta bo'lganda, temperatura tahsirida uzayini kompensatsiya qiladigan issiqlik almashinish qurilma konstruksiyalari qo'llaniladi.

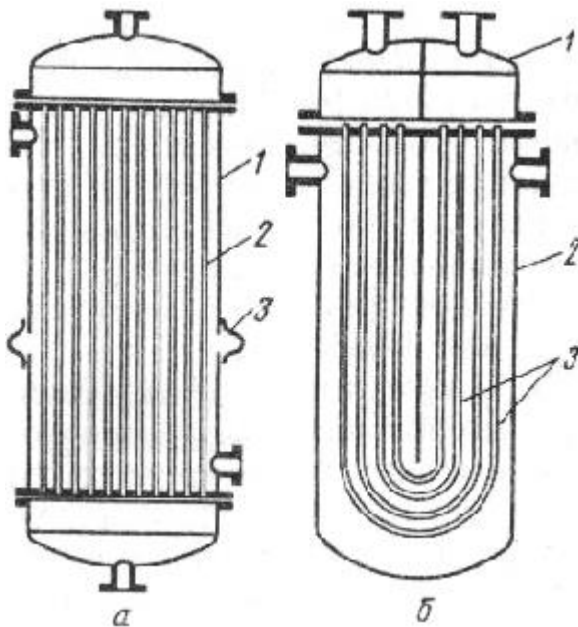
Linza kompensatorli issiqlik almashinish qurilmasi. Ushbu turdagi qurilmalar suyuqliklar temperatura farqi katta bo'lganda ishlatiladi. Linzali kompensatorlar temperatura deformatsiyasini bartaraf qiladi. Bu turdagi qurilmalar truba va trubalararo bo'shliqlari bosimlar $R \leq 6 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$ bo'lganda ishlatiladi (24a-rasm).

Linzali kompensator issiqlik almashinish qurilmalar qobigiga payvandlab qo'yiladi va u elastik deformatsiya ostida siqiladi yoki uzayadi. Bunday qurilmalar tuzilishi sodda va ixcham. Undan tashqari, vertikal qilib yasalgan linza kompensatorli qurilmalar ko'p joy egallamaydi.

U-simon trubali issiqlik almashinish qurilmasi. Bunday qurilmalarda bitta teshikli truba panjarasi bo'lib, U-simon trubaning ikkala uchi unga mahkamlanadi. SHuni alohida aytish kerakki, trubalarning o'zi kompensatsiyalovchi moslama funksiyasini bajaradi (24b-rasm). Qurilma tuzilishi sodda va trubalarning tashqi yuzasini tozalash oson. Undan tashqari, ikki va undan ortiq yo'lli bo'lgani uchun issiqlik almashinish jarayoni intensiv bo'ladi. Trubalarning ichki yuzasini tozalash qiyin va teshikli panjarada ko'p miqdorda trubalar joylashtirish murakkab.

Harakatchan qalpoqchali issiqlik almashini qurilmasi. Truba va qobiqning katta siljishini tahminlash zarur bo'lgan hollarda harakatchan qalpoqchali issiqlik almashinish qurilmalaridan foydalaniladi (25-rasm).

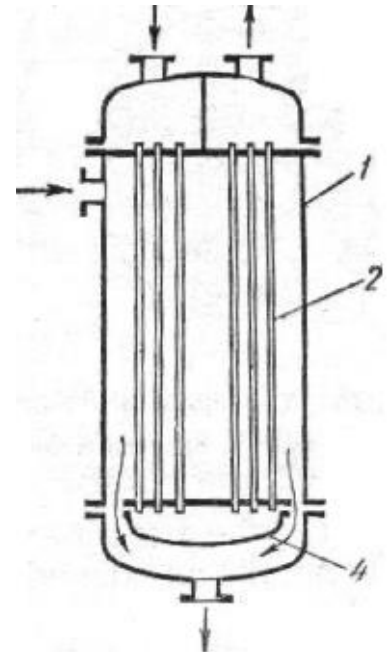
Qurilmaning pastki teshikli truba panjarasi harakatchan bo'lganligi uchun butun trubalar o'rami qo'zgalmas qobigiga nisbatan mustaqil, erkin harakat qila



24-rasm. Temperatura kuchlanishlarini kompensatsiya qiluvchi issiqlik almashinish qurilmalarining tuzilishi.

A - linza kompensatorli: 1 - qobiq; 2 - isituvchi truba; 3 - linzali kompensator.

B - U-simon trubali: 1 - qopqoq; 2 - qobiq; 3 - U-simon isituvchi trubalar.

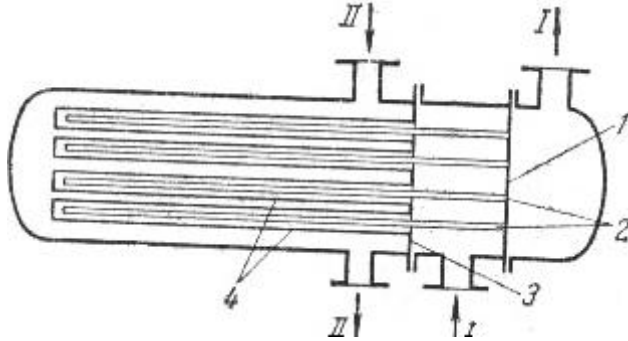


25-rasm. Harakatchan qalpoqchali issiqlik almashinish qurilmasi.

1 - qobiq; 2 - isituvchi trubalar;

3 - harakatchan qalpoqcha.

oladi. Bu esa havfli bo'lgan trubalar temperatura deformatsiyasi, ularning teshikli panjara bilan zichlanishining buzilishi oldini olish imkoniyatini beradi. Lekin shuni qayd qilish kerakki, temperatura tahsirida uzayishi kompensatsiya qilish, qurilmani murakkablashishi va ogirlashishi hisobiga erishiladi.



26-rasm. Qo'shaloq trubali qobiq - trubali issiqlik almashinish qurilmasi.
1, 3 - teshikli panjara; 2 - ichki truba; 4 - tashqi truba.

Qo'shaloq trubali issiqlik almashinish qurilmasi. Qurilmaning bir tomonida ikkita teshikli truba panjarasi o'rnatilgan bo'ladi (26-rasm). Teshikli panjara 1 da kichik diametrli ikkala uchi ochiq trubalar o'rami 2 mahkamlansa, panjara 3 da esa, katta diametrli chap uchi yopiq trubalar mahkamlanadi. Ichki truba tashqi trubaning o'rtasida joylashishi shart. Muhitlardan biri I qurilmaning ichki 2 va tashqi 4 trubalari hosil

qilgan halqasimon bo'shliq orqali harakatlanib, truba 2 orqali trubalararo bo'shliqdan chiqarib yuboriladi. Ikkinchi muhit II esa, yuqoridan pastga qarab qurilmaning trubalararo bo'shligidan harakat qiladi va truba 4 ning tashqi yuzasini yuvib chiqib ketadi.

Bunday qurilmalarda temperatura tahsirida trubalar bir – biridan bevosita istalgan miqdorda uzayishi mumkin.

Qo'shaloq trubali issiqlik almashinish qurilmalarining afzalliklari: sodda, trubalararo bo'shliqda yuqori bosimlarni qo'llash mumkin va qarama - qarshi yo'nalishli qobiq - trubali qurilmaga o'xshab ishlaydi.

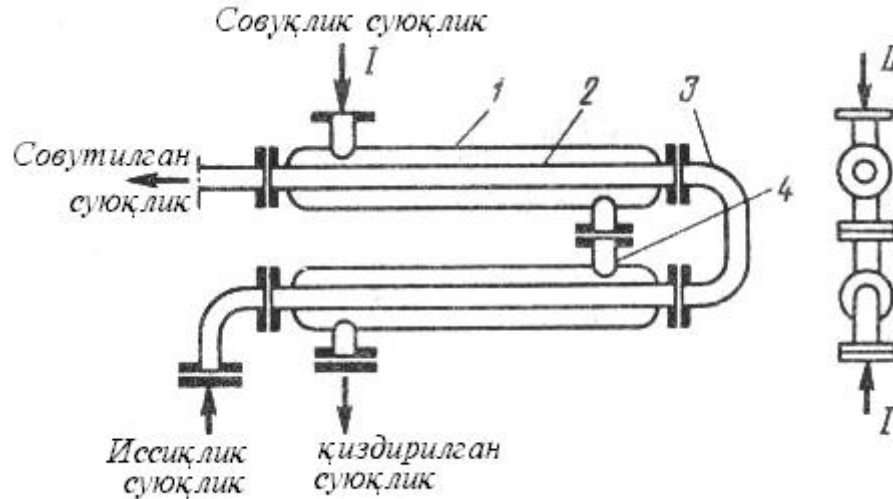
Kamchiliklari: oddiy qobiq - trubali issiqlik almashinish qurilmasiga nisbatan o'lchami katta va narxi qimmat.

Qobiq - trubali issiqlik almashinish qurilmalari suyuqlik va kondensatsiyalanayotgan bug orasida issiqlik almashinish uchun qo'llaniladi. Odatda suyuq faza trubalar ichiga yo'naltiriladi, bug esa - trubalararo bo'shliqqa.

Qobiq - trubali issiqlik almashinish qurilmalarining afzalliklari: ixcham, metall sarfi kam, U-simon trubali qurilmadan tashqari hamma qurilmalardagi trubalar ichini tozalash nisbatan oson.

Kamchiliklari: issiqlik eltkichlar tezligini oshirish murakkab (ko'p yo'lli qurilmalardan tashqari); trubalararo bo'shliqni tozalash qiyin; trubalararo bo'shliqni kuzatish va tahmirlash uchun imkoniyatlar chegaranlangan; razvalg'tsovka va payvandlashga moyil bo'lmagan materiallardan, bu turdagi qurilmalarni yasash murakkab.

"Truba ichida truba" tipidagi issiqlik almashinish qurilmasi bir nechta elementlardan tarkib topgan bo'ladi (27-rasm).



27-rasm. "Truba ichida truba" tipidagi ajralmas, bir oqimli issiqlik almashinish qurilmasi.

1 – tashqi truba; 2 - ichki truba; 3 - kalach; 4 – patrubka.

I, II – issiqlik eltkichlar.

Har bir element katta diametrli tashqi truba 1 (odatda 25...159 mm) va konsentrik joylashtirilgan ichki truba 2 (odatda 57...219 mm) lardan tashkil topgan. Sovuqlik eltkich I truba ichida harakatlansa, issiqlik eltkich II trubalararo bo'shliqda harakatlanadi. Issiqlik almashinish ichki trubaning devori orqali amalga oshadi.

Ushbu qurilmalarning truba va trubalararo bo'shligida yuqori tezliklarga (3,0 m/s gacha) erishsa bo'ladi. Agar, katta yuzalar zarur bo'lsa, bir necha sektiylardan batareya hosil qilish oson va mumkin.

Bu turdagi qurilmalarda suyuqliklar sarfi katta va «suyuqlik – suyuqlik», «suyuqlik – bug» sistemalarida issiqlik almashinish uchun qo'llaniladi.

"Truba ichida truba" issiqlik almashinish qurilmaning afzalliklari: tuzilishi va yasalishi sodda; suyuqliklar tezliklari katta bo'lgani uchun issiqlik o'tkazish koeffitsienti yuqori.

Kamchiliklari: qo'pol; metall sarfi ko'p, trubalararo bo'shliqni tozalash qiyin.

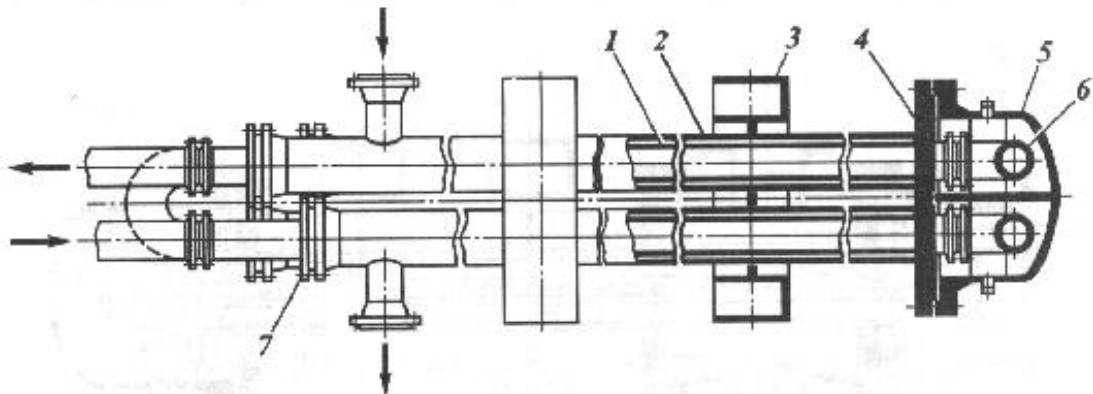
Ajraluvchan konstruksiyali «truba ichida truba» tipidagi issiqlik almashinish qurilmalarida, temperatura ortishi bilan tashqi trubalarga bogliq bo'lmagan holda, ichki trubalar uzayishi mumkin (27a,v-rasm). Kurilmaning konstruksiyasi issiqlik almashinish trubalarining ichki yuzasini ifloslik va quyqalardan muntazam ravishda mexanik tozalab turish imkonini beradi. Undan tashqari, bu qurilmalarda trubalarni almashtirish jarayonini amalga oshirish uchun ularni yechib olish oson va tashqi yuzasini tozalash mumkin.

Ko'p oqimli issiqlik almashinish qurilmalaridagi (27 b-rasm) taqsimlash kamerasi 1 oqimlarni truba 6 larga bo'lib beradi. Truba-qobiq 4 va truba 2 larning teshikli

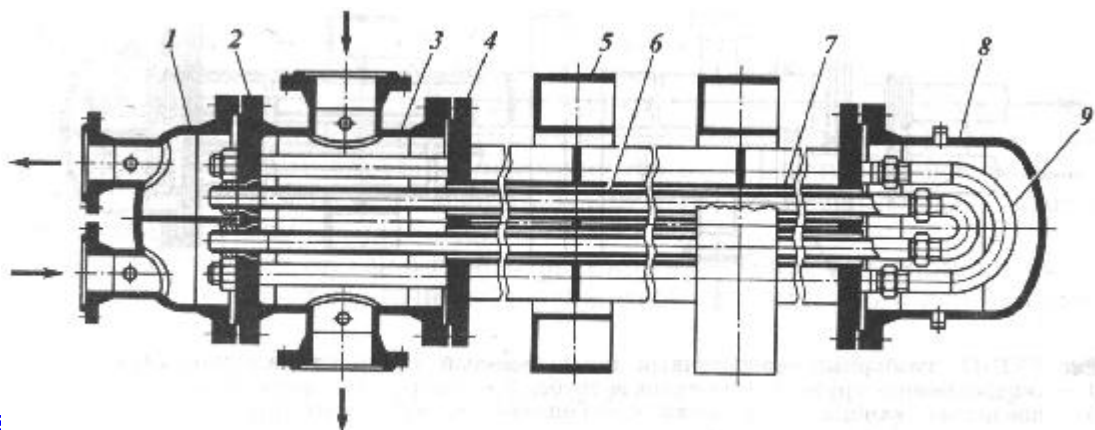
panjarasi orasida taqsimlash kamerasi 3 joylashgan. Ushbu kamera trubalararo bo'shliqda harakatlanayotgan muhit uchun mo'ljallangan. Ko'p oqimli qurilmalarning ichki va tashqi trubalari ikkita yo'lli bo'ladi.

Bu turdagi qurilmalarda oqimlarning harakat tezligi qobiq-trubali qurilmalarnikiga qaraganda ancha yuqori. SHu sababli issiqlik o'tkazish koeffitsienti va truba yuzasining issiqlik kuchlanishi katta bo'ladi. Undan tashqari, issiqlik almashinuvchi muhitlarni qarama-qarshi yo'nalishda harakat qilishini tashkil etish oson. Bir va ko'p oqimli kurilmalarning trubalarida issiqlik eltkichlar tarkibidagi agressiv va mexanik iflosliklar kamroq o'tirib qoladi. Ko'pchilik hollarda, «truba ichida truba» qurilmalarining issiqlik ko'rsatkichlari qobiq-trubali qurilmalarnikiga qaraganda ancha yuqori bo'ladi.

Ayrim hollarda, qurilmaning ichki trubalarning tashqi yuzasi qirrali qilib yasaladi. Natijada, issiqlik almashinish yuzasi 4...5 marotaba ortadi. Odatda bu usuldan trubaning birorta muhit harakatlanayotgan tomonida issiqlik berish koeffitsientini oshirish qiyin bo'lganda (gaz, qovushoq suyuqlik harakatida yoki laminar rejimda) foydalaniladi. Bunday hollarda, qirrali trubalarni qo'llash, uzatilayotgan issiqlik miqdorini anchaga oshirish imkonini beradi.

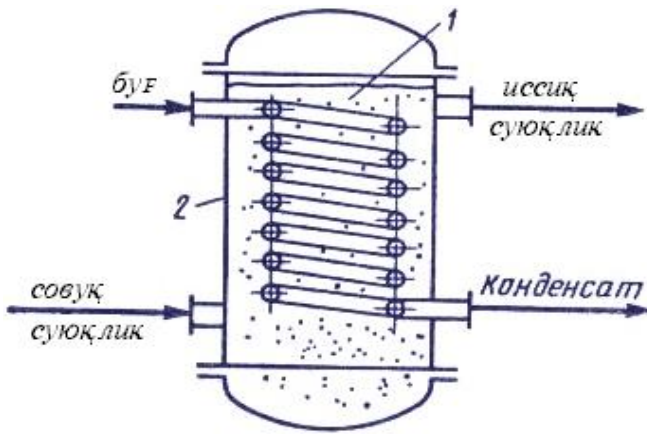


27a-rasm. «Truba ichida truba» tipida ajraluvchan, bir oqimli issiqlik almashinish qurilmasi.
1-issiqlik almashinish trubasi; 2-truba-qobiq;
3-tayanch; 4-qobiq-truba teshikli panjarasi;
5-burilish kamerasi; 6-qo'shaloq truba;



27b-rasm. «Truba ichida truba» tipidagi ajraluvchan, ko'p oqimli issiqlik almashinish qurilmasi.
1-birinchi taqsimlash kamerasi; 2-trubalar teshikli panjarasi; 3-ikkinchi taqsimlash kamerasi; 4-truba-qobiq teshikli panjarasi; 5-tayanch; 6-issiqlik almashinish trubasi; 7-truba-qobiq; 8-burilish kamerasi; 9-qo'shaloq truba.

Zmeevikli issiqlik almashinish qurilmasi. Zmeevik shaklida egilgan truba tsilindrik qobiqli idishga o'rnatilgan bo'ladi (28-rasm). TSilindrik qobiqli idish 2 isitilishi zarur bo'lgan suyuqlik bilan to'ldiriladi.



28-rasm. Zmeevikli issiqlik almashinish qurilmasi.
1 - zmeevik; 2 - qobiq.

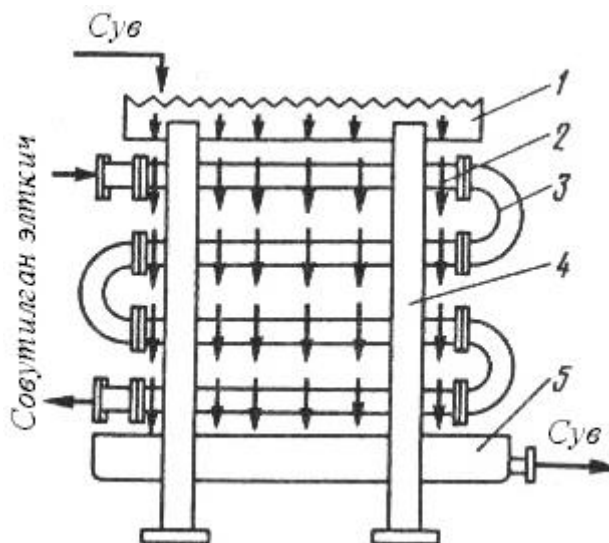
Zmeeviklar ko'pincha 15...75 mm diametrli trubalardan yasaladi. TSilindrik idishning hajmi katta bo'lgani uchun, suyuqlikning tezligi kichik, yahni issiqlik berish koeffitsientining qiymati past bo'ladi. Issiqlik eltkich odatda zmeevik ichiga yuboriladi. Bu turdagi qurilmalar kam miqdordagi suyuqliklarni isitish uchun

mo'ljallangan.

Zmeevikli issiqlik almashinish qurilmalarining afzalliklari: tuzilishi sodda; narxi arzon; tozalash va tahrirlash oson; yuqori bosim (0,2...0,5 MPa) qo'llash mumkin; kimyoviy faol suyuqliklarni isitish ham mumkin; isitish yuzasi 10...15 m²; suyuqlik hajmi kattaligi uchun ishchi rejimlar o'zgarishi jarayonga sezilarli ta'sir etmaydi.

Ushbu turdagi qurilmaning kamchiliklari: suyuqlikning tezligi va issiqlik berish koeffitsienti kichik; truba ichki devorini tozalash qiyin; $l/d \geq 200...275$ bo'lsa, zmeevik pastida kondensat yigiladi, issiqlik almashinish yomonlashadi va gidravlik qarshilik ortib ketadi.

Yuvilib turuvchi issiqlik almashinish qurilmasi gaz, suyuqliklarni sovitish



29-rasm. Yuvilib turuvchi issiqlik almashinish qurilmasi.
1 – taqsimlovchi tarnov; 2 - truba; 3 - kalach; 4 - tayanch;
5 – yig'uvchi tarnov.

va buglarni kondensatsiyalash uchun qo'llaniladi (29-rasm).

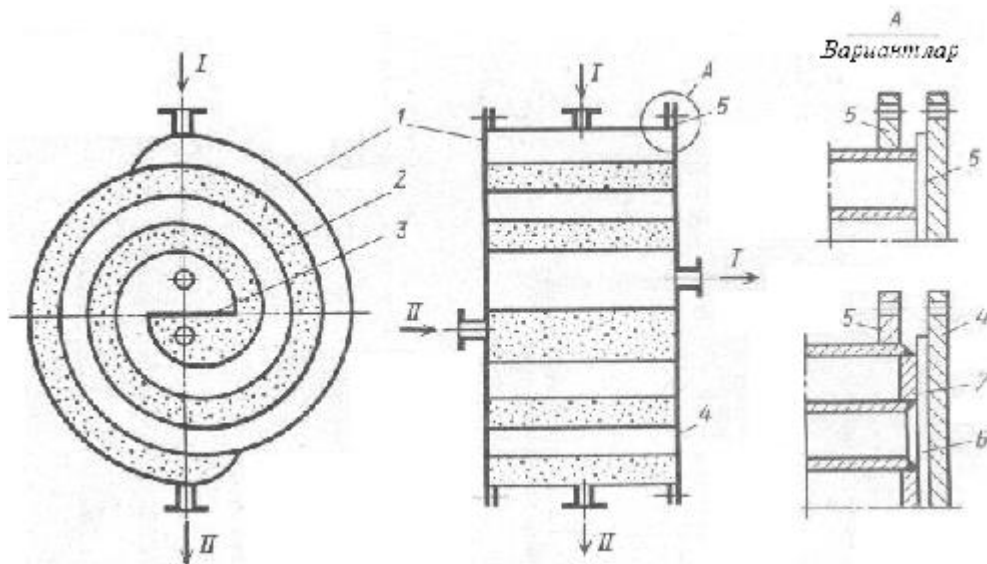
Bu qurilma bir-biri ustiga joylashtirilgan truba 2 va ularni birlashtiruvchi kalach 3 lardan iborat. Tubalar ichidan sovutilayotgan issiqlik eltkich harakatlanadi. Sovutuvchi suv chetlari tishli taqsimlovchi tarnov 1 ga quyuladi va undan trubalar 2 ga oqib tushadi. Suvning bir qismi truba yuzasidan buglanib ketadi.

Suv bir trubani yuvib ikkinchisiga, undan so'ng uchinchisiga va hokazo tartibda harakatlanib, oxiri isigan holda yiguvchi tarnovga oqib tushadi.

Yuvilib turuvchi issiqlik almashinish qurilmalarining afzalliklari: tuzilishi sodda; ochiq havoda ishlatish mumkin; suv sarfi kam; trubalarni tozalash oson.

Ushbu qurilmaning kamchiliklari: qo'pol; issiqlik o'tkazish koeffitsienti kichik; metall sarfi ko'p.

Spiralsimon issiqlik almashinish qurilmasi. Bu qurilmalarda issiqlik almashinish yuzasi ikkita yupqa metall list 1 va 2 larni spiral bo'ylab o'rash natijasida hosil bo'ladi (30-rasm). Spirallarning ichki uchlari plastina– to'siq 3 yordamida birlashtirilgan.



30-rasm. Spiralsimon issiqlik almashinish qurilmasi.

1,2- metall listlar; 3- plastina-to'siq; 4-qopqoqlar;
5- flanets; 6- qistirma; 7- oralikni belgilovchi bo'lakcha.
I va II- issiqlik eltkichlar.

Kanallar yon tomoni qistirma va tekis qopqoq yordamida zichlab yopilgan. Natijada bir - biridan ajrab turuvchi kanallar hosil bo'ladi va ularda qarama - qarshi yo'nalishda suyuqliklar harakatlantiriladi. Kanallarning eni metall list eni bilan belgilanadi. Balandligi esa oralikni belgilovchi bo'lakcha 7 ning o'lchami bilan aniqlanadi. Tekis qopqoq 4 lar flanets 5 ga boltlar yordamida mahkamlanadi.

Issiqlik eltkichlar kirishi va chiqishi uchun tekis qopqoqlarning markazida va spiralning tashqi uchlari shtutserlar o'rnatiladi.

Bu qurilma suyuqlik va gazlar orasida issiqlik almashinish uchun ishlatiladi. Agar, issiqlik eltkich tarkibida qattiq zarrachalar bo'lgan taqdirda ham ushbu

qurilmalardan foydalanish mumkin, chunki to'g'ri to'rtburchak shakldagi kanalga tiqilib qolmaydi.

Spiralsimon issiqlik almashinish qurilmalarining afzalliklari: tuzilish ixcham; gidravlik qarshiligi nisbatan kichik; suyuqliklar tezligi yuqori (1...2 m/s); issiqlik o'tkazish koeffitsienti katta; kam joy egallaydi.

Ushbu qurilma kamchiliklari: yasash, tahmirlash va tozalash qiyin; yuqori bosim ($\geq 1,0$ MPa) da ishlatish mumkin emas, chunki bu bosimlarda zichlanishni tahminlash qiyin.

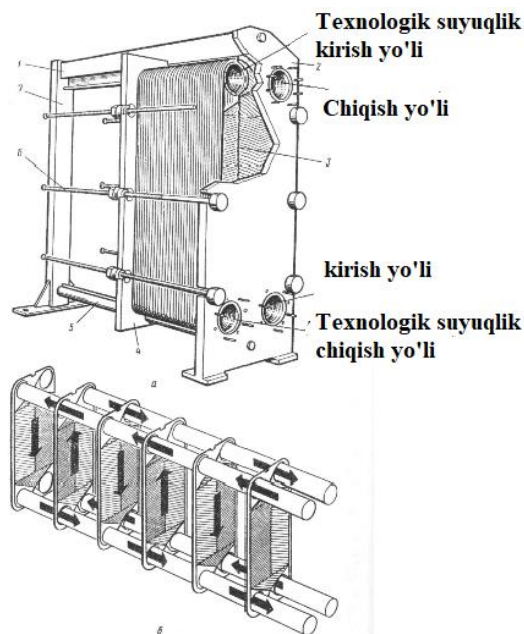
Plastinali issiqlik almashinish qurilmasi. Yupqa metall listlardan tayyorlangan bir necha plastina tepa va pastki tutib turuvchi bruslardan iborat romda yigiladi (31-rasm).

Qo'zgalmas va harakatchan plitalar orasida shtampovka qilingan po'lat, gofrirlangan plastina dastasi joylashgan bo'lib, ularda issiqlik eltkichlar harakati uchun kanallar bor.

Plastina dastasi qo'zgalmas 2 va harakatchan plitalar 4 orasida yigiladi va tortib turuvchi shpilg'ka 6 yordamida siqiladi.

Plastinalarni zichlash yuqori bosimga bardosh bera oladigan qistirmalar yordamida amalga oshiriladi. Plastinalar orasidagi kanallar eni 3...6 mm bo'ladi.

Plastinali issiqlik almashinish qurilmalarining ishlash printsiipi 31b-rasmda ko'rsatilgan. Rasmdan ko'rinib turibdiki, suyuqliklarning harakati qarama - qarshi yo'nalishda. SHuni qayd etish kerakki, har bir issiqlik eltkich plastinaning bir tomoni bo'ylab harakat qiladi.



31-rasm. Plastinali isitkich (a) va uning ishlash printsiipi (b):

- 1-tepa tutib turuvchi brus; 2-qo'zg'falmas plita; 3-plastina;
- 4-xarakatchan plita; 5-pastgi tutib turuvchi brus;
- 6-yo'naltiruvchi va tortib turuvchi shpilg'ka; 7-tayanch.

Bu turdagi qurilmalar isitgich, sovutkich, hamda pasterizatsiya, sterilizatsiya

qilish uchun ham qo'llash mumkin.

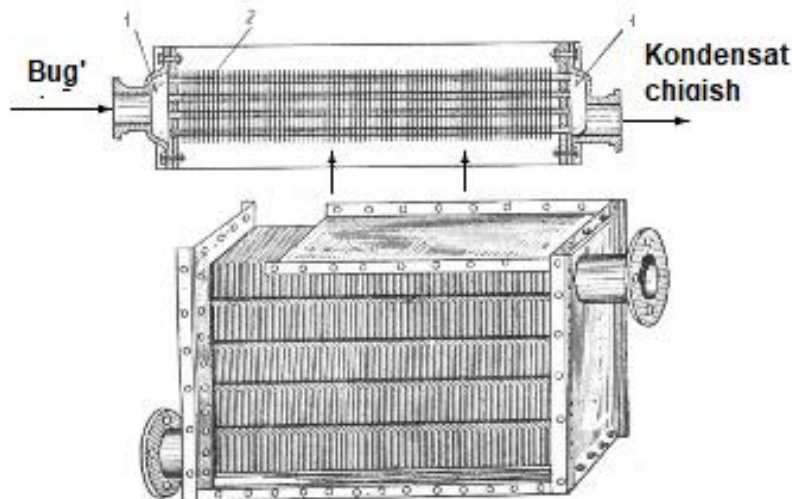
Plastinalar orasidagi kanallarda suyuqlik tezliklari yuqori bo'lgani uchun issiqlik o'tkazish koeffitsienti $K \leq 3800 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{K}$ gacha erishish mumkin. Undan tashqari, bunday yuqori issiqlik o'tkazish koeffitsientlarni olishga sababchi bo'lgan omillardan biri, gofrirlangan plastina yuzasining suyuqlik oqimini turbo'lizatsiya qilishi va devorning kichik termik qarshiligidir.

Plastinali issiqlik almashinish qurilmalarining afzalliklari: issiqlik o'tkazish koeffitsienti katta; gidravlik qarshiliga nisbatan kichik; tuzilishi ixcham; suyuqliklar tezligi yuqori; issiqlik almashinish yuzasi katta.

Bu turdagi qurilmalar kamchiliklari: katta bosimga bardosh berolmaydi; tayyorlash qiyin; suyuqlik tarkibidagi qattiq zarrachalar kanallarni yopib qo'yish ehtimoli bor.

Qirrali issiqlik almashinish qurilmasi. Bu turdagi qurilmalarda issiqlik berish koeffitsienti past muhit tomonidagi, issiqlik o'tkazish yuzasini ko'paytirish imkoniyati bor (32-rasm).

Sanoatda ishlatiladigan issiqlik almashinish jarayonlarida devorning ikki tomonidagi issiqlik berish koeffitsientlar bir - biridan keskin farq qiladi. Masalan, suv bugi yordamida havo isitilganda, bugning devorga issiqlik berish koeffitsienti tahminan $10000 \dots 15000 \text{ Vt/(m}^2 \cdot \text{K)}$ ni tashkil etadi. Demak, ushbu holatda havo tomonidan yuza miqdorini oshirish kerak, yahni α past tomonidan.



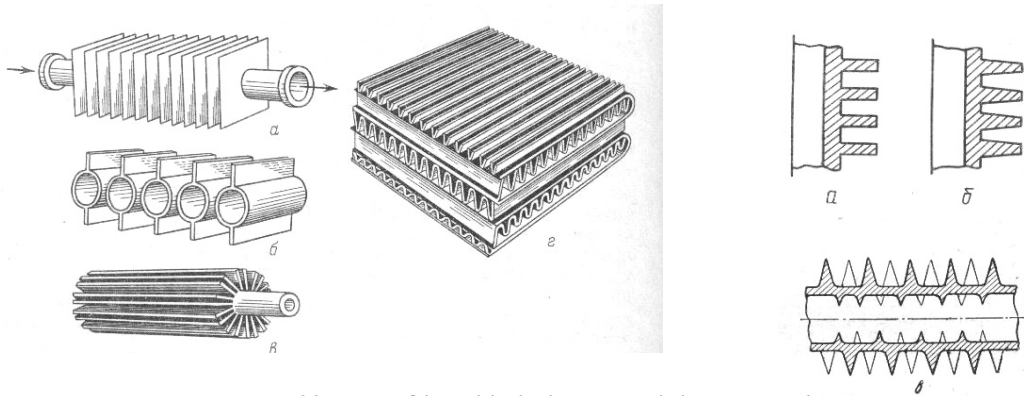
32-rasm. Plastinali kalorifer.
1 - quti; 2 - qovurg'a.

Trubalar yuzasini oshirish maqsadida uning tashqi yuzasiga dumaloq yoki to'rtburchak shaklidagi metall shaybalar payvandlanadi. Trubali issiqlik almashinish qurilmalarida ko'ndalang yoki bo'ylama qovurgalar qo'llanishi mumkin. Natijada, bu turdagi trubalar o'rnatilgan qurilmaning issiqlik yuklamasi ortadi. Mahlumki, qirrali trubalar yasaladigan materialning issiqlik o'tkazuvchanlik

ko'effitsienti yuqori bo'lishi kerak. Bunday trubalarning gidravlik qarshiligi kichik bo'lishi uchun qirralar yuzasi issiqlik eltkich oqimining yo'nalishiga parallel bo'lishi zarur. Hozirgi kunda to'g'ri to'rtburchak va trapetsiya shaklidagi ko'ndalang kesimli qirralar eng ko'p qo'llaniladi. (33-rasm) Qirrali issiqlik almashinish yuzali elementlar havo va turli gazlarni isitadigan issiqlik almashinish qurilmalarida o'rnatiladi.

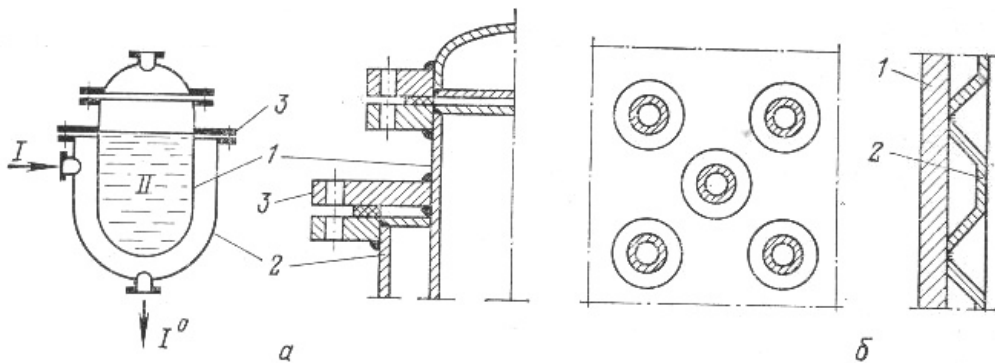
G'ilofli issiqlik almashinish qurilmasi. Bunday qurilmalarda issiqlik almashinish jarayonlari (isitish yoki sovitish) bilan kimyoviy jarayon bir vaqtda yuz beradi. g'ilofli qurilma tasviri 34-rasmda keltirilgan.

Bunday qurilmalarda issiqlik almashinishni yuzasi sifatida reaktor devori



33-rasm. Qirrali issiqlik almashinish yuzalari.

a – to'g'ri to'rtburchak qirrali; b - trapetsiya shaklidagi qirrali; v – ko'ndalang qirra; g – bo'ylama, qirrali "yuzgich"; d – bo'ylama, qirrali; ye - gofrirlangan qirrali; j - uchburchak shaklidagi, qirrali.

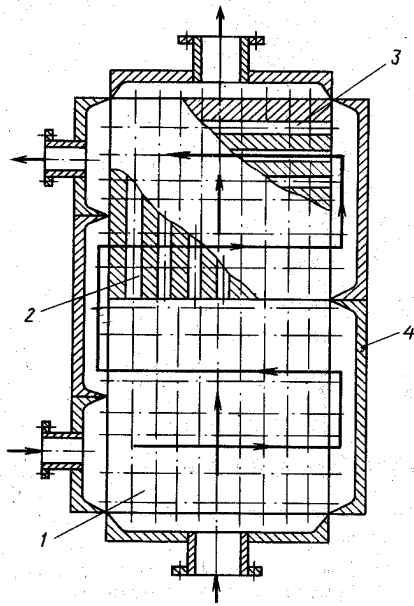


34-rasm. G'ilofli issiqlik almashinish qurilmalari

a - past bosimlar uchun; b – yuqori bosimlar uchun;
1 - qobiq; 2 – filof; 3 - flanetsli birikma;
I, I^o; II – issiqlik eltkichlar.

xizmat qiladi. Flanets birikma 3 yordamida qobiq 1 ga gilof 2 mahkamlanadi. Qobiq va gilof orasidagi bo'shliqda issiqlik eltkich I tsirkulyatsiya qiladi. Qurilmaning ichida esa, eltkich II joylashtiriladi. Bu turdagi qurilmalarning issiqlik almashinish yuzasi $\leq 10 \text{ m}^2$ va gilofdagi bosim 1,0 MPa dan oshmaydi.

Agar, bosim 7,5 MPa dan ortsa, gilofda ko'p miqdorda teshiklar qilinadi va gilof listining chetlari perimetri bo'yicha buklanadi va qurilma qobigiga payvandlanadi (34 b-rasm).

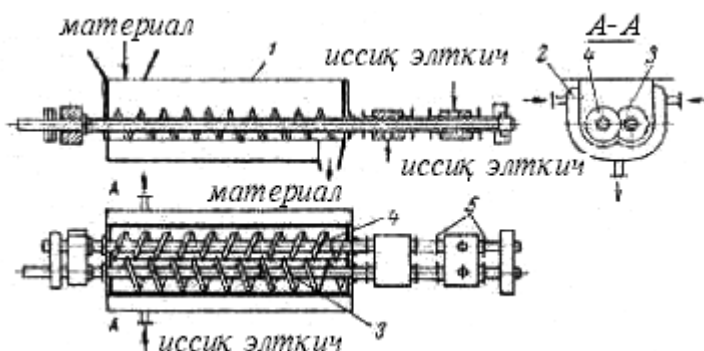


35-rasm. Blok-grafitli issiqlik almashinish qurilmasi.

1 - grafitli blok; 2 - vertikal kanallar; 3 - gorizontall kanallar; 4 - qobiq.

Yon tomonidagi metall plitalar yordamida har bir blokda issiqlik eltkichning ikki yo'lli gorizontall kanallarda harakati tashkil etiladi. O'lchami $350 \times 515 \times 350 \text{ mm}^3$ bo'lgan bloklardan yigilgan issiqlik almashinish qurilmasining vertikal kanallari bo'yicha eltkich bir yoki ikki yo'lli harakat qilishi mumkin. Vertikal yo'llarning soni qurilmaning pastki va yuqori qopqoqlarining konstruksiyasiga bogliqdir. Grafitli issiqlik almashinish qurilmasining ishchi bosimning qiymati $2,9 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ dan oshmasligi kerak.

Blok-grafitli qurilmalarni muhitlar-dan biri korrozion-faol bo'lgan hollarda ishlatish mumkin. Agarda ikkala muhit ham korrozion-aktiv bo'lsa, unda yon tomondagi plitalar maxsus grafit vkladishlar bilan himoya qilinadi.



36-rasm. Shnekli issiqlik almashinish qurilmasi.

1 - qobiq; 2 - g'ilof; 3, 4 - shneklar; 5 - ichi bo'sh o'qlarning salg'niki.

Blok-grafitli issiqlik almashinish qurilmasi. Blok-grafitli isitgichlarda grafitning yuqori issiqlik o'tkazuvchanlik [$100 \text{ Wt}/(\text{m} \cdot \text{K})$ gacha] va suyuqlik tahsirida yemirilmasligi tufayli grafitli issiqlik almashinish qurilmalari sanoatning barcha sohalarida ishlatiladigan isitgichlarga nisbatan keng tarqalgan bo'lib, uning afzalliklarini hech qanday isitgich bilan solishtirib bo'lmaydi.

Bu turdagi issiqlik almashinish qurilmalarning asosiy elementi parallepiped shaklidagi grafitli blokdir. Unda issiqlik eltkichlar uchun bir-biri bilan kesishmaydigan teshiklar yasalgan (35-rasm). Jurilma bir yoki bir necha to'gri to'rtburchakli blokdan yigiladi.

Shnekli issiqlik almashinish qurilmasi.

Yuqori qovushoqli suyuqlik va issiqlik o'tkazuvchanligi kichik bo'lgan sochiluvchan materiallarni isitish davrida, jarayonni intensivlash uchun qurilma devoriga tegib turgan muhit yuzasini doimiy ravishda yangilab turish kerak. Buning uchun, bir paytning o'zida shnek

yordamida materialni mexanik aralashtirish va uzatib turish maqsadga muvofiqdir (36-rasm).

Qurilma qobigining bir uchidan material yuklanadi va bir – biriga qarab aylanayotgan 3 va 4 shneklar yordamida aralash-tiriladi. Aralashtirish bilan birga materialni qurilmaning boshqa uchiga uzatadi. Ayrim hollarda, issiqlik almashinish jarayonini intensivlash uchun shnekning ichi bo'sh qilib tayyorlanadi va ular orqali issiqlik eltkich (bug yoki issiq havo) yuboriladi.

Nazorat uchun savollar.

1. Isitish, buglatish, sovitish va kondensatsiyalash jarayonini qo'llash usullarini tushuntiring.
2. Isitish usullari qanday amalga oshiriladi.
3. Kondensatsiyalashning vazifalari.
4. Atrof muhit temperaturasigacha sovitish qanday amalga oshiriladi.
5. Atrof muhit temperaturasidan past temperaturagacha sovitish qanday.
6. Issiqlik almashinish qurilmalarini ishlash prinsiplari.
7. Regenerativ issiqlik almashinish qurilmalarini tushuntiring.
8. Aralashtiruvchi issiqlik almashinish qurilmalarini tushuntiring.
9. Suv bilan sovitish issiqlik almashinish qurilmasini tushuntiring.
10. Muz bilan sovitish qurilmasini tushuntiring.