

11-Mavzu: ISSIQLIK ALMASHINISH USKUNALARINI XISOBLASH.

Reja:

1. Issiqlik almashinish qurilmalarini tanlash.
2. Qobiq-trubali issiqlik almashinish qurilmalarini hisoblash:
 - a) Issiqlik xisobi.
 - b) Hidravlik xisobi.
 - g) Energetik xisobi.
 - d) Mexanik xisobi.

Issiqlik almashinish qurilmalarining konstruktsiyasini tanlashda quyidagilarni inobatga olish kerak: qurilma texnologik jarayonga mos bo'lishi zarur; yuqori samarali, tejamkor va ishlash paytida ishonchli, hamda metall sarfi kam bo'lishi zarur; ishchi muhitlarda qurilma materiali yemirilishga bardoshli bo'lish kerak.

Issiqlik eltkichlar qurilma orqali katta tezlikda o'tsa, issiqlik o'tkazish koeffitsientining yuqori qiymatlariga erishsa bo'ladi. Bunday yuqori qiymatlarni olish uchun issiqlik almashinish yuzasi toza bo'lishi kerak.

Agar, suyuqliklar birortasining tezligi oshirilsa, ikkinchi suyuqlik tomonidagi issiqlik berish koeffitsienti ko'payadi. Lekin, issiqlik o'tkazish koeffitsientining sezilarli darajada ko'payishi uchun devor va undagi iflosliklarning termik qarshiligi kichik bo'lishi kerak. Masalan, agar trubalararo bo'shliqdagi issiqlik berish koeffitsienti trubalar bo'shliqidan juda past bo'lsa, trubalar ichida oqayotgan suyuqlik tezligining o'sishi issiqlik o'tkazish koeffitsientiga uncha tahsir qilmaydi. Bu holda trubalararo bo'shliqdagi issiqlik berish koeffitsientini oshirish zarur, yahni u yerga segment to'siqlar o'rnatish maqsadga muvofiqdir.

Qaysi muhitni truba ichiga, qaysi birini trubalararo bo'shliqqa yo'naltirish muammosini hal etishda quyidagi qoidalarga amal qilish kerak:

- yuqori issiqlik o'tkazish koeffitsientiga erishish uchun issiqlik berish koeffitsienti kichik bo'lgan muhitni truba ichiga yo'naltirish zarur;

- kimyoviy faol, korrozion muhitlarni truba ichiga yuborish zarur, chunki bunda faqat truba, teshikli panjara va qopqoqlar tegishli legirlangan metallardan yasaladi, yahni qobiq, segment to'siq va boshqalar oddiy, uglerodli po'latdan tayyorlanishi mumkin;

- atrof muhitga issiqlik yo'qotilishini kamaytirish uchun temperaturasi yuqori muhitni truba ichiga yuborish maqsadga muvofiqdir;

- cho'kma hosil qiladigan muhitlarni trubalar yuzasi oson tozalanadigan bo'shliqqa yo'naltirish tavsiya etiladi;

- bosimi yuqori bo'lgan muhitni truba ichiga yo'naltirish zarur, chunki qobiqdan ko'ra trubalar bosimni yaxshi ushlaydi.

Issiqlik almashinish qurilmasining konstruktsiyasi texnik-iqtisodiy hisoblashlar asosida tanlanadi. Bunda, tayyorlash uchun ketgan asosiy (kapital) va

yillik ekspluatatsion sarflar taqqoslanadi. Ayrim hollarda, ekspluatatsion sarflar tejalishi hisobiga sarflar tez qoplansa, asosiy sarflarni ko'paytirish ham mumkin.

Texnologik jarayonlar uchun issiqlik almashinish qurilmasi loyihalananayotganida, hisoblashning asosiy maqsadi, qurilmaning issiqlik almashinish yuzasi va gabarit o'lchamlarini aniqlashdir.

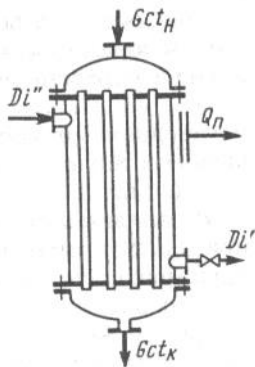
Hisoblash, birinchi navbatda qurilmaning issiqlik balansini tuzishdan boshlanadi. So'ng, issiqlik balansidan uzatilgan issiqlik miqdori topiladi. Masalan, suv bu²i yordamida biror muhit t_b dan t_{ox} temperaturagacha isitilayotgan bo'lsa, issiqlik balans ushbu ko'rinishda yoziladi (1-rasm).

$$Gct_{\sigma} + Di'' = Gct_{ox} + Di' + Q_{uyk}$$

$$Q = Gc(t_{ox} - t_{\sigma}) + Q_{uyk} = D(i'' - i') + Q_{uyk}$$

bu yerda, $D=Q/(i''-i')$ - isituvchi bu² sarfi.

Issiqlik o'tkazish koeffitsienti ushbu formuladan hisoblanadi:



1-rasm. Moddiy balans tuzishga oid.

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_1^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

bu yerda α_1 va α_2 issiqlik berish koeffitsientlari 4 - bobdagi tegishli kriterial tenglamalardan aniqlanadi.

Jarayonni o'rtacha harakatga keltiruvchi kuchi quyidagi tenglamalardan topiladi:

$$\Delta t_{yp} = \frac{\Delta t_{max} + \Delta t_{min}}{2} \quad \text{yoki}$$

$$\Delta t_{yp} = \frac{\Delta t_{max} + \Delta t_{min}}{2,31g \frac{\Delta t_{max}}{\Delta t_{min}}}$$

Issiqlik almashinish yuzasi issiqlik o'tkazishning asosiy tenglamasidan aniqlanadi:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{yp}}$$

Isitkichdagi trubalar sonini esa, ushbu tenglamadan aniqlash mumkin:

$$n = \frac{4 \cdot F}{\pi d_T^2 l}$$

bu yerda d_T - trubalar tashqi diametri, m; l – truba uzunligi, m.

Teshikli panjarada trubalar joylashtirish ushbu bobda ko'rib chiqilgan usullardan birida amalga oshiriladi.

Qobiq - trubali issiqlik almashinish qurilmasining diametrini ushbu formulada hisoblab topish mumkin:

$$D = (1,3 \dots 1,5) \cdot (b - 1) \cdot d_T + 4d_T$$

Issiqlik almashinish qurilmasining gidravlik qarshiligi Darsi - Veysbax formulasi bilan topiladi:

$$\Delta p = \left(\lambda \frac{l}{d} + \sum \xi \right) \frac{\rho w^2}{2}$$

bu yerda λ - gidravlik qarshilik koeffitsienti; l - truba uzunligi, m; d - truba diametri, m; $\sum \xi$ - mahalliy qarshilik koeffitsientlarining yig'indisi; w - muhit tezligi, m/s; ρ - muhit zichligi, kg/m³.

Isitkichning texnologik jarayon uchun yaroqligini bilish uchun tekshiruv hisoblashi o'tkaziladi. Buning uchun quyidagi boshlan'ich ma'lumotlar zarur:

F - issiqlik almashinish yuzasi; Q - issiqlik yuklama; muhitlarning qurilmaga kirish va chiqishdagi temperaturalar; w - muhit tezligi va muhitlar fizik parametrlari.

Hisoblash davrida quyidagilar aniqlanadi:

berilgan issiqlik yuklama va haqiqiy issiqlik almashinish sharoitlaridagi termik qarshilik; zarur bo'lgan o'rtacha temperaturalar farqi Δt_3 ; mavjud o'rtacha temperaturalar farqi Δt_m ; qurilmaning ish unumdorlik zahirasi.

Temperaturalarning o'rtacha farqi ushbu formuladan topish mumkin:

$$\Delta t_3 = \frac{Q}{K \cdot F}$$

Mavjud o'rtacha temperaturalar farqi (4.108) formuladan aniqlanadi.

Mavjud o'rtacha temperaturalar farqining zarur o'rtacha temperaturalar farqiga nisbati isitkichning ish unumdorlik zahirasi deb ataladi:

$$\chi = \frac{\Delta t_m}{\Delta t_3}$$

Zarur o'rtacha temperaturalar farqi issiqlik almashinish qurilmasining o'rtacha ekspluatatsion ishlash sharoitlari va issiqlik almashinish yuzasidan foydalanish koeffitsientini hisobga olgan holda aniqlanadi.

Hisoblashlarda quyidagi bo'shlang'ch ma'lumotlardan foydalanamiz. Qobiq-trubali issiqlik almashinish qurilmasida etil spirti (100%-li) isitilmoqda. Etil spirtning massaviy sarfi $G_I=25000$ kg/soat, temperaturasi $t_{Ib}=30^{\circ}\text{S}$ dan $t_{Iox}=70^{\circ}\text{S}$ gacha isitilmoqda va u trubalararo bo'shliqda harakatlanmoqda. Isituvchi suyuqlik - suv (to'yinish bosimidan yuqori bosimda) trubalar ichida harakatlanadi va temperaturasi $t_{2b}=170^{\circ}\text{S}$ dan $t_{ox}=130^{\circ}\text{S}$ gacha pasaymoqda.

Etil spirtning o'rtacha temperaturasi:

$$t_{o'r} = \frac{t_{\bar{o}} + t_{ox}}{2} = \frac{30 + 70}{2} = 50^{\circ}\text{C}$$

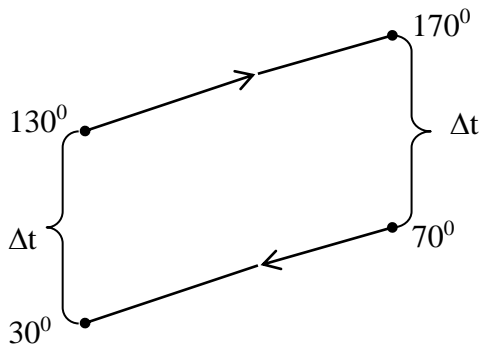
Etil spirtning $t_{o'r}=50^{\circ}\text{S}$ dagi fizik-mexanik va issiqlik-diffuzion xossalari:

- zichligi $\rho_1 = 763$ kg/m³;
- solishtirma issiqlik sig'imi $s_{r1} = 2954$ J/(kg·K);
- issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti $\lambda_1 = 0,1745$ Vt/(kg·K);

- kinematik qovushoqlik koeffitsienti $\nu_1 = 0,918 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$;
- hajmiy kengayishi koeffitsienti $\beta_1 = 1,175 \cdot 10^{-3} \text{ 1/K}$;
- Prandtl soni $\text{Pr}_{fl} = 11$.

Qurilmaning issiqlik yuklamasi:

$$Q = G_1 \cdot c_{p1} (t_{1ox} - t_{1o}) = \frac{25000}{3600} \cdot 2954 \cdot (70 - 30) = 820555,6 \text{ Vt}$$



O'rtacha temperaturalar farqini aniqlaymiz:

$$\Delta t_{ka} = 170 - 70 = 100^\circ\text{S}$$

$$\Delta t_{ki} = 130 - 30 = 100^\circ\text{S}$$

$$\frac{\Delta t_{ka}}{\Delta t_{ku}} = \frac{100}{100} = 1$$

O'rtacha temperaturalar farqi o'rtacha arifmetik temperatura sifatida topiladi:

$$t_{o'r} = \frac{100 + 100}{2} = 100^\circ\text{C}$$

Truba devoridan spirtga issiqlik berish koeffitsientini $\alpha_1 = 140 \text{ Vt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ va suvdan devorga esa - $\alpha_2 = 415 \text{ Vt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ deb qabul qilib olamiz. Legirlangan X18N10T markali po'latdan tayyorlangan trubaning $t_{o'r} = 100^\circ\text{S}$ dagi issiqlik o'tkazish koeffitsientining tahlimiy qiymatini 2-2 jadvaldan $120 \text{ Vt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ deb tanlab olamiz. Issiqlik oqimining zichligi:

$$q_o = K \cdot \Delta t_{o'r} = 120 \cdot 100 = 12000 \text{ Vt}/\text{m}^2$$

Etil spirti harakatlanayotgan bo'shliqdagi truba devorining temperaturasi

$$t_{w1} = t_1 + \frac{q_o}{\alpha_1} = 50 + \frac{12000}{140} = 135,7^\circ\text{C}$$

bu yerda, $\alpha_1 = 140 \text{ Vt}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ deb qabul qilamiz

Suv harakatlanayotgan truba devorining temperaturasi

$$t_{w2} = t_{w1} + \frac{q_o \delta}{\lambda} = 135,7 + \frac{12000 \cdot 0,002}{50,7} = 136,2^\circ\text{S}$$

Unda, yuqorida hisoblangan issiqlik yuklama uchun zarur yuzani topamiz:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t} = \frac{820555,6}{120 \cdot 100} = 68,4 \text{ m}^2$$

Ushbu, yahni $F=68,4 \text{ m}^2$ ga mos qobiq-trubali standart issiqlik almashinish qurilmasini 2-4 jadvaldan tanlaymiz:

- issiqlik almashinish yuzasi $F = 69 \text{ m}^2$;

- qobiq diametri	$D = 800 \text{ mm};$
- truba diametri	$d = 25 \times 2 \text{ mm};$
- trubalar soni	$n = 442$
- yo'llar soni	$z = 2$
- truba uzunligi	$l = 2 \text{ m};$
- trubalararo bo'shliqning eng tor ko'ndalang kesimining yuzasi	$f_{mt} = 0,07 \text{ m}^2;$
- trubalararo bo'shliq bitta yo'li ko'ndalang kesimining yuzasi	$f_{tr} = 0,077 \text{ m}^2.$

Etil spirtning o'rtacha massaviy tezligi:

$$\omega_1 = \frac{G_1}{3600 \cdot A_{m1} \cdot \rho} = \frac{25000}{3600 \cdot 0,2854 \cdot 763} = 0,032 \text{ m/s}$$

bu yerda f_{mt} ni quyidagi formuladan hisoblab topsa ham bo'ladi

$$A_{m1} = \frac{\pi D^2}{4} - n \cdot \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,8^2}{4} - 442 \frac{3,14 \cdot 0,025^2}{4} = 0,2854 \text{ m}^2$$

Etil spirtning harakat rejimi Re ni aniqlash uchun trubalararo bo'shliqning ekvivalent diametrini topamiz:

$$d_s = \frac{4f_{MT}}{\Omega_1} = \frac{D^2 - nd^2}{nd} = \frac{0,8^2 - 442 \cdot 0,025^2}{442 \cdot 0,025} = \frac{0,3638}{11,05} = 0,0329 \text{ m}$$

Etil spirti uchun Re soni:

$$Re = \frac{\omega_1 \cdot d_s}{\nu_1} = \frac{0,032 \cdot 0,0329}{0,918 \cdot 10^{-6}} = 1142,9$$

Demak, etil spirtning harakat rejimi – laminar, chunki $Re_{fl} = 1142,9 < 2300$.

Birinchi yaqinlashishda $U/d_o = 2000/25 = 80$, yahni $U/d_v > 50$, unda $\varepsilon_1 = 1$. Prandtl kriteriysini hisoblaymiz

$$Pr = \frac{\nu}{a} = \frac{c\mu}{\lambda} = \frac{3550 \cdot 0,25 \cdot 10^{-3}}{0,163} = 5,44$$

Grasgof soni esa

$$Gr_{f1} = \frac{gd_s^3}{\nu_2} \beta_1 (t_{w1} - t_1) = \frac{9,81 \cdot 0,0329^3}{(0,918 \cdot 10^{-6})} \cdot 1,175 \cdot 10^{-3} (124,4 - 50) = 36180000$$

$$\begin{aligned} Nu_{f1} &= 0,15 \cdot Re_{f1}^{0,33} \cdot Pr_{f1}^{0,42} \cdot Gr_{f1}^{0,1} \left(\frac{Pr_{f1}}{Pr_{wl}} \right)^{0,25} = \\ &= 0,15 \cdot 1143^{0,33} \cdot 5,44^{0,42} \cdot 36180000^{0,1} \cdot \left(\frac{11}{5,44} \right)^{0,25} = \\ &= 0,15 \cdot 10,2 \cdot 2,04 \cdot 32 \cdot 1,19 = 118,86 \end{aligned}$$

Truba devoridan etil spirtga issiqlik berish ko'effitsienti:

$$\alpha_1' = \frac{Nu_{f1} \cdot \lambda_1}{d_3} = \frac{118,86 \cdot 0,1745}{0,0329} = 630,4 \frac{Bm}{m^2 \cdot K}$$

Issiq suvning o'rtacha temperaturasini aniqlaymiz:

$$t_2 = \frac{t_{2\delta} + t_{2ox}}{2} = \frac{170 + 130}{2} = 150^\circ C$$

Suvning temperaturasi $t_2 = 150^\circ C$ bo'lgan davrida uning asosiy parametralarini topamiz:

- zichligi $\rho_2 = 917 \text{ kg/m}^3$;
- solishtirma issiqlik ko'effitsienti $s_{r2} = 4313 \text{ kJ/(kg}\cdot\text{K)}$;
- issiqlik o'tkazuvchanlik ko'effitsienti $\lambda_2 = 0,684 \text{ Wt/(m}^2\cdot\text{K)}$;
- kinematik qovushoqligi $\nu_2 = 0,203 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$;
- hajmiy kengayish ko'effitsienti $\beta_2 = 1,03 \cdot 10^{-3} \text{ 1/K}$;
- Prandtl soni $r_{f1} = 1,17$.

Trubalardagi suvning sarfi:

$$G_2 = \frac{Q}{C_{p2}(t_{2\delta} - t_{2ox})} = \frac{820555,6}{4313(170 - 130)} = 4,76 \text{ kg/s}$$

Truba kanallaridagi suvning o'rtacha massaviy tezligi:

$$\omega_2 = \frac{4G_2}{\pi d_s^2 \cdot n \cdot \rho_2} = \frac{4 \cdot 4,76}{3,14 \cdot 0,021^2 \cdot 442 \cdot 917} = 0,0374 \text{ m/s}$$

Reynolg'ds soni

$$Re_{f2} = \frac{\omega_2 \cdot d_3}{\nu^2} = \frac{0,0374 \cdot 0,021}{0,203 \cdot 10^{-6}} = 3869$$

yahni, issiq suv o'tish rejimida harakatlanmoqda

Grasgof sonini hisoblaymiz:

$$Gr_{f_2} = \frac{gd_b^3}{\nu_2^2} \beta_2 \cdot (t_{w_2} - t_2) = \frac{9,81 \cdot 0,021^3}{(0,203 \cdot 10^{-6})^2} \cdot 1,03 \cdot 10^{-3} \cdot (150 - 135,7) =$$

$$= \frac{9,81 \cdot 9,26 \cdot 10^{-6}}{0,041 \cdot 10^{-12}} \cdot 1,03 \cdot 10^{-3} \cdot 14,3 = 32633931$$

Issiq suv oqimi uchun Nusselg't sonini topamiz:

$$Nu_{f_2} = 0,15 \cdot Re_{f_2}^{0,33} \cdot Pr_{f_2}^{0,42} \cdot Gr_{f_2}^{0,1} \cdot \left(\frac{Pr_{a_2}}{Pr_{u_2}} \right)^{0,25} =$$

$$= 0,15 \cdot 3869^{0,33} \cdot 1,17^{0,42} \cdot 32633931^{0,1} \cdot \left(\frac{1,17}{1,22} \right)^{0,25} = 13,68$$

$$Pr_{w_2} = \frac{c_2 \mu_2}{\lambda_2} = \frac{4270 \cdot 0,196 \cdot 10^{-3}}{0,685} = 1,22$$

Issiq suvning $t_{w_2} = 136,2^{\circ}\text{C}$ dagi parametrlari quyidagicha:

$$\lambda_2 = 0,685 \text{ Wt/(m}\cdot\text{K)}$$

$$s_2 = 4270 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$$

$$\mu_2 = 0,196 \cdot 10^{-3}$$

Issiq suvdan devorga issiqlik berish koeffitsientini hisoblaymiz:

$$\alpha_2' = \frac{Nu_{f_2} \cdot \lambda_2}{d_2} = \frac{13,68 \cdot 0,685}{0,021} = 446,15 \text{ Wt/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

Issiqlik o'tkazish koeffitsienti esa

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1'} + \frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm}} + \frac{1}{\alpha_2'}} = \frac{1}{\frac{1}{630,4} + \frac{0,002}{50,2} + \frac{1}{446,15}} =$$

$$= \frac{1}{0,00158 + 0,0000398 + 0,00224} = \frac{1}{0,00386} = 259,1 \frac{\text{Wt}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

Issiqlik almashinish yuzasi:

$$F = \frac{82055,6}{235,96 \cdot 100} = 34,8 \text{ m}^2$$

Aniqlovchi hisoblashlar asosida kelib chiqqan issiqlik almashinish yuzasiga mos standart qobiq-trubali issiqlik almashinish qurilmasi quyidagiga teng:

- issiqlik almashinish yuzasi $F = 38 \text{ m}^2$
- qobiq diametri $D = 600 \text{ mm}$
- truba diametri $d = 25 \times 2 \text{ mm}$
- trubalar soni $n = 240$

- truba uzunligi $l = 2,0 \text{ m}$
- yo'llar soni $z = 2$
- bo'shliqning eng tor ko'ndalang kesimning yuzasi $f_{mt} = 0,040 \text{ m}^2$
- truba bitta yo'li ko'ndalang kesimining yuzasi $f_{tr} = 0,042 \text{ m}^2$

Trubalar ozgina korroziyaga uchragan po'latdan yasalgan deb qabul qilamiz. Truba devorining g'adir-budurligi $e = 0,2 \text{ mm}$.

$$\varepsilon = \frac{e}{d_s} = \frac{0,2}{21} = 0,0095$$

$Re_{f2} = 3869$ i $d/e = 105$ bo'lgan hol uchun gidravlik qarshilik koeffitsientni aniqlaymiz.

$$\lambda = \frac{1}{4 \left\{ \lg \left[\frac{\varepsilon}{3,7} + \left(\frac{6,81}{Re} \right)^{0,9} \right] \right\}^2} = \frac{1}{4 \left\{ \lg \left[\frac{0,0095}{3,7} + \left(\frac{6,81}{3869} \right)^{0,9} \right] \right\}^2} = \frac{1}{19,892} = 0,0503$$

Trubalardagi tezlik bosimi

$$\Delta p_{mez} = \frac{\rho \omega^2}{2} = \frac{917 \cdot 0,0374^2}{2} = 0,641 \text{ Pa}$$

Ishqalanish qarshiligini yengish jarayonidagi bosimning yo'qotilishi:

$$\Delta p_{uk} = \lambda \left(\frac{nL}{d_s} \right) \cdot \Delta p_{mez} = 0,0503 \left(\frac{240 \cdot 2}{0,021} \right) \cdot 0,641 = 737 \text{ Pa}$$

Mahalliy qarshilik koeffitsientlari:

a) kameraga kirish va chiqish $-\xi_1 = 3;$

b) trubaga kirish va undan chiqish $-\xi_2 = 2.$

Jami: $\sum \xi = 5$

$$\Delta p_{mk} = \sum \xi \cdot \frac{\rho \omega^2}{2} = 5 \cdot \frac{917 \cdot 0,0374^2}{2} = 3,2 \text{ Pa}$$

Bosimning umumiy yo'qotilishi

$$\Delta p_{ym} = \Delta p_{uk} + \Delta p_{mk} = 737 + 3,2 = 740,2 \text{ Pa}$$

Issiq suvni qurilmaga uzatish uchu nasos tanlaymiz. Nasosni tanlash asosan 2 parametr bo'yicha amalga oshiriladi:

- hajmiy sarf V (m^3/s yoki l/s);

- nasos hosil qilayotgan to'liq bosim R (Pa).

Nasosning hajmiy sarfi:

$$V = \frac{G_2}{\rho_2} = \frac{4,76}{917} = 0,0052 \text{ m}^3/\text{s}$$

To'liq napor esa

$$R = R_{um} = 0,075 \text{ m.suv.ust.}$$

So'ng esa, suvning uzatish uchun zarur bo'lgan ko'rsatkichlar V va R bo'yicha mos keladigan standart nasosni tanlaymiz .

Nasos turi X20/18; $V = 5,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$; $N = 10,5 \text{ m}$; $n = 48,3 \text{ 1/s}$;
 $\eta_n = 0,6$

Elektr yuritkich tipi A02-31-2; $N = 3 \text{ kVt}$; $\eta_{dv} = 0,83$

Issiqlik almashinish jarayonini intensivlash uchun samarador trubani aniqlaymiz.

Ma'lumki, "suyuqlik-suyuqlik" sistemasi uchun "nakatkali" trubalardan tayyorlangan "yuqori issiqlik samaradorlikka ega qobiq-trubali issiqlik almashinish qurilma" ni TU 26-02-925-81 dan tanlaymiz. Ushbu turdagi trubalar jarayonni intensivlashda yuqori samara beradi. Buning uchun "nakatka" parametrlari quyidagicha bo'lgan trubani ko'rib chiqamiz:

$$\frac{d}{D} = 0,983 \quad \text{va} \quad \frac{t}{D} = 0,496$$

Ushbu nakatka parametrli trubalar uchun issiqlik almashinish jarayonining intensivligi quyidagiga teng

$$\frac{Nu}{Nu_{mek}} = 1,34$$

Gidravlik qarshilikning o'zgarishi esa quyidagiga teng bo'ladi:

$$\frac{\xi}{\xi_{mek}} = 1,08$$

"Nakatka" trubali issiqlik almashinish qurilmasida issiq suv harakat qilayotgan tomondagi α koeffitsientni quyidagicha aniqlash mumkin:

$$\alpha_{nak} = 1,34 \cdot \alpha_{mek} = 1,34 \cdot 446,15 = 597,91 \text{ Wt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Yuqori samador trubalardan yasalgan issiqlik almashinish qurilma issiqlik o'tkazish koeffitsienti K ushbu formulalardan hisoblab topsa bo'ladi:

$$K_{\text{нак}} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{\text{нак}}}} = \frac{1}{\frac{1}{630,4} + \frac{0,002}{50,2} + \frac{1}{597,91}} = \frac{1}{3,3 \cdot 10^{-3}} = 303 \frac{\text{Bm}}{\text{M}^2 \cdot \text{K}}$$

Jarayonni “nakatka” issiqlik almashinish trubalari yordamida intensivlash natijasida issiqlik almashinish yuzasining kamayish miqdori ushbu tenglamadan aniqlanadi:

$$F_{\text{нак}} = \frac{Q}{K_{\text{нак}} \cdot \Delta t} = \frac{820555,6}{303 \cdot 100} = 27,1 \text{ m}^2$$

Qurilmaga eltichlarning kirish va undan chiqish temperaturalarini, hamda uning issiqlik yuklamasini ($Q = 820555,6 \text{ Vt} = \text{const}$) o'zgarmas holda saqlab qolinsa, unda trubalar uzunligini quyidagi miqdorgacha kamaytirsa bo'ladi.

$$l_{\text{нак}} = \frac{F_{\text{нак}}}{\pi d_g n} = \frac{27,1}{3,14 \cdot 0,021 \cdot 240} = 1,71 \text{ m}$$

Tekis trubali issiqlik almashinish qurilma trubasining uzunligi

$$l = \frac{F}{\pi d_g n} = \frac{34,8}{3,14 \cdot 0,021 \cdot 240} = 2,19 \text{ m}$$

Ko'rinib turibdiki, nakatka qilingan trubalar jarayon samaradorligini sezilarli darajada oshiradi. SHuning uchun, tekis trubadan yasalgan isitkich trubasining uzunligi $l = 2,19 \text{ m}$, «nakatka» qilingan trubaniki esa $l = 1,71$. Demak, qurilmadagi har bir trubaning uzunligi $\Delta = 0,48 \text{ m}$ (22%) ga kamaytirilishi mumkin.

Demak, nakatkali trubadan yasalgan standart issiqlik almashinish qurilma trubasining uzunligi $l_{\text{нак}} = 1,56 \text{ m}$ qilib tayyorlansa ham bo'ladi.

Agarda, trubaning uzunligi $l = 2 \text{ m}$ ni o'zgartirmasak, unda isitkichning diametrini kamaytirish mumkin, chunki $F = 27,1 \text{ m}^2$ yuza uchun $N = 195$ dona nakatkali truba zarur, yahni 45 ta truba tejaladi. Natijada, isitkich diametri 20% ga kamayadi.

Atrof muhit temperaturasi $T_{\text{atm}} = 298 \text{ K}$ bo'lgan sharoit uchun spirtga uzatilayotgan suv oqimining eksergiyasini hisoblaymiz:

$$\tau_{\text{мекс}} = 1 - \frac{T_{\text{атм}}}{T_{\text{вм}}} = 1 - \frac{298}{423} = 0,296$$

spirt oqimi uchun τ ni topamiz

$$\tau_{cn} = 1 - \frac{T_{amm}}{T_{cn}} = 1 - \frac{298}{323} = 0,0774$$

Suv uzatgan eksbergiyani topamiz

$$E_v = Q \cdot \tau_{tek.v} = 820555,6 \cdot 0,296 = 242884,5 \text{ Vt}$$

Etil spirti uzatgan eksbergiya esa

$$E_v = Q \cdot \tau_{sp} = 820555,6 \cdot 0,0774 = 63511 \text{ Vt}$$

Eksergetik yo'qotilishlarni hisoblaymiz:

$$D_{tek} = E_v - Y_{e_{sp}} = 179373,5 \text{ Vt}$$

Trubani "Haratka" tipida intensivlovchi makro²adir-budurliklar qilish natijasida gidravlik qarshiliklari ortadi. Bunday bosimning yo'qotilishini topish uchun $\xi/\xi_{tek} = 1,08$ ekanligi inobatga olish zarur.

"Nakatka" li issiqlik almashinish trubalari uchun gidravlik qarshilik koeffitsienti quyidagi tenglikdan topiladi:

$$\lambda_{nak} = 1,08 \cdot \lambda_{tek} = 1,08 \cdot 0,0503 = 0,05432$$

Bundan, ishqalanish qarshiligini yengish jarayonida bosimning yo'qotilishi

$$\Delta p_{uk} = \lambda \cdot \left(\frac{n \cdot l}{d_s} \right) \cdot \Delta p_{mez} = 0,05432 \frac{240 \cdot 2}{0,021} \cdot 0,641 = 795,9 \text{ Pa}$$

Mahalliy qarshiliklar tufayli bosimning yo'qotilish qiymatlari o'zgarmasdir.

Unda, umumiy gidravlik yo'qotilishlar quyidagiga teng bo'ladi:

$$\Delta r_{um} = \Delta r_{mk} + \Delta r_{ik} = 795,5 + 3,2 = 799,1 \text{ Pa}$$

Ishqalanish qarshiligini yengishda bosim yo'qotilishining ortishi juda kichik bo'lgani uchun, suvni uzatishda eksergetik yo'qotilishlarni hisoblamasa ham bo'ladi.

"Nakatka" trubali samarador trubalarni qo'llab, issiqlik almashinish jarayonini intensivlash mumkin. Lekin gidravlik qarshilik bu usulda sezilarsiz miqdorda ortadi.

Natijada qurilmaning gabarit o'lchamlari va massasini kamaytirish mumkin.

Mexanik hisoblashda quyidagi parametrlar aniqlanadi: bolt joylashtiriladigan aylana diametri; qistirmani siqish kuchi; boltni cho'zuvchi kuchlanish; bolt diametri; boltlar soni; flanetsning tashqi diametri va qalinligi.

Boltlarni joylashtirish diametri:

$$D_b = 1,1 \cdot D_i^{0,933} = 1,1 \cdot 0,602^{0,933} = 0,625 \text{ m}$$

bu yerda, D_i – flanetsning ichki diametri (odatda u qobiqning tashqi diametriga teng).

Zichlovchi qistirmani siqish kuchi (qistirma eni 0,02 m va ichki diametri 0,62 m):

$$R_q = \pi \cdot D_{Qo'r} \cdot v \cdot k \cdot \epsilon = 3,14 \cdot 0,6125 \cdot 0,1 \cdot 2,5 \cdot 1,6 = 0,77$$

bu yerda $\epsilon = \sqrt{\epsilon_0} = 3,16$; v_0 - qistirmaning haqiqiy eni, m.

$$D_{Kyp} = \frac{2Du + 0,015}{2} = \frac{2 \cdot 0,605 + 0,015}{2} = 0,6125$$

Boltlarni cho'zuvchi kuchlanish:

$$p_{\sigma} = \frac{\pi D_{Kyp}^2}{4} + P_K = \frac{3,14 \cdot 0,6125^2}{4} \cdot 1,6 + 0,77 = 1,25 \text{ MN}$$

bu yerda $r = 1,6 \text{ MPa}$ – suvning ishchi bosimi.

Boltlar diametrini hisoblash.

$$d_{\sigma} = \frac{D_{\sigma} - D_{\Gamma}}{2} - 0,006 = \frac{0,685 - 0,612}{2} - 0,006 = 0,03 \text{ m}$$

bu yerda, D_G – flanetsdagi payvandlash chokining tashqi diametri, m.

Rezg'basining diametri M27x1,5 bo'lgan boltni tanlaymiz. Bolt rezg'basining ichki diametri $d = 23,5 \text{ mm}$ ga teng. Bolt ko'ndalang kesimining yuzasi (rezg'baning ichki diametri bo'yicha)

$$F_{\sigma} = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,0235^2}{4} = 4,34 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

Boltlar soni

$$z = \frac{p_{\sigma}}{\sigma_{\text{d}} \cdot F_{\sigma}} = \frac{1,25}{126 \cdot 4,34 \cdot 10^{-4}} = \frac{1,25}{0,055} = 22,72 \approx 24 \text{ dona}$$

Flanetsning tashqi diametri

$$D_f = D_b + 1,83 \cdot d_b = 0,685 + 1,83 \cdot 0,03 = 0,74 \text{ m}$$

Ishchi jarayonida flanetsga tushayotgan yuklama:

$$\begin{aligned} p &= \frac{D_{\phi}}{D_{\phi} - D_u} \left[p_{\sigma} \frac{D_u}{D_{\sigma}} \left(\frac{D_{\sigma}}{D_{kyp}} - 1 \right) + \frac{\pi D_{kyp}^2}{4} p \cdot \left(1 - \frac{D_u}{D_{kyp}} \right) \right] = \\ &= \frac{0,74}{0,74 - 0,602} \left[1,25 \frac{0,602}{0,685} \left(\frac{0,685}{0,6125} - 1 \right) + \frac{3,14 \cdot 0,6125^2}{4} \cdot 1,6 \cdot \left(1 - \frac{0,602}{0,6125} \right) \right] = \\ &= 5,36(0,13 + 0,471 \cdot 0,0171) = 0,74 \text{ MH} \end{aligned}$$

Yordamchi kattaliklar:

$$\Phi = \left(\frac{p}{\sigma_T} \right) \cdot \Psi_1 = \frac{1,6}{240} \cdot 1,1 = 0,0073$$

$$A = 2 \cdot \psi_2 \cdot \delta^2 = 2 \cdot 5 \cdot 0,005^2 = 0,00025$$

bu yerda σ_T – ishchi temperaturada flanets materialining oquvchanlik chegarasi, MN/m² (St.3 va X18N10T po'latlar uchun $\sigma_T = 240$ MN/m² deb qabul qilsa bo'ladi); $\delta = 0,005$ - qobiq qalinligi, m; ψ_1 , ψ_2 – koeffitsientlar, ularning son qiymati IV.2-rasmdan aniqlanadi.

$F > 1,13 \cdot A$ bo'lgani uchun flanets balandligini ushbu formuladan aniqlaymiz:

$$h = 0,43 \sqrt[3]{D_u (\Phi - 0,85A)} = 0,43 \sqrt[3]{0,602(0,0073 - 0,85 \cdot 0,00025)} = 0,0691 \text{ m}$$

Truba teshikli panjarasining o'rta qismidagi balandligi esa ushbu tenglamadan aniqlanadi:

$$\begin{aligned} h &= K \cdot D_u \sqrt{\frac{p}{\varphi_0 \cdot \sigma_{u.d.}}} + c_\kappa + c_{\text{яял}} = 0,47 \cdot 0,602 \sqrt{\frac{1,6}{0,265 \cdot 126}} + 0,001 + c_{\text{яял}} = \\ &= 0,03193 + 0,1 + c_{\text{яял}} = 0,06293 \approx 0,063 \text{ m} \end{aligned}$$

bu yerda, $K = 0,47$ – truba teshikli panjarasining konstruksiyasiga bo'liq koeffitsient; $\sigma_{i.d.}$ – material uchun ruxsat etilgan egilish kuchlanishi, MN/m² (mo'rt bo'lmagan materiallar uchun $\sigma_{i.d.} = \sigma_{e.d.}$); φ_0 – truba mahkamlanadigan panjaraning teshiklar qilinishi natijasida mustahkamligini ifodalovchi koeffitsient. Ushbu, φ_0 koeffitsientni quyidagi formuladan topish mumkin:

$$\varphi_0 = \frac{D_{\text{кyp}} - \sum d_0}{D_{\text{кyp}}} = \frac{0,6125 - 0,41}{0,6125} = 0,265$$

bu yerda, $\sum d_0$ - truba mahkamlanadigan panjara diametridagi teshiklar diametrlarining yi'indisi quyidagicha topladi:

$$\sum d_0 = z \cdot d = 18 \cdot 0,025 = 0,45$$

Teshikli panjara diametridagi trubalar soni z qurilmadagi trubalarning umumiy soni n orqali ushbu formuladan topiladi:

$$z = 2 \sqrt{\frac{n-1}{3} + 0,25} = 2 \sqrt{\frac{240-1}{3} + 0,25} = 17,88 \approx 18 \text{ dona}$$

Nazorat uchun savollar.

1. Issiqlik almashinish qurilmalarini tanlashning asosiy vazifasi.
2. Qobiq-trubali issiqlik almashinish qurilmalarini hisoblash usuli.
3. Issiqlik xisobi qanday bajariladi.
4. Qurilmaning issiqlik yuklamasini toping.
5. Hidravlik xisobi qanday bajariladi.
6. Nasosning hajmiy sarfini toping.
7. Energetik xisobi qanday bajariladi.
8. Umumiy gidravlik yo'qotilishlar qanday topiladi?
9. Mexanik xisobi qanday bajariladi.
10. Boltlarni joylashtirish diametrini toping.