

9- Mavzu: ISSIQLIK ALMASHINISH JARAYONLARI. ISSIQLIK O'TISHI

Reja:

- 1. Issiqlik almashinish jarayonlari haqida umumiy tushunchalar.**
- 2. Issiqlik balansi.**
- 3. Temperatura maydoni va gradienti.**
- 4. Issiqlik o'tkazuvchanlik.**
- 5. Issiqlik nurlanishi.**
- 6. Konvektiv issiqlik almashinish.**
- 7. Issiqlik o'tkazish.**

Temperaturasi yuqori bo'lgan jismdan temperaturasi past jismga issiqlikning o'z - o'zidan, qaytmas o'tish jarayoniga issiqlik almashinish deyiladi.

Jarayonni harakatga keltiruvchi kuchi, bu har xil temperaturali bo'lgan jismlarning temperaturalar farqidir. Termodinamikaning 2-qonuniga binoan, issiqlik har doim temperaturasi yuqori jismdan temperaturasi past jismga o'tadi.

Issiqlik (issiqlik miqdori) – bu issiqlik almashinish jarayonining energetik xarakteristikasi bo'lib, jarayon mobaynida uzatilgan yoki olingan energiya miqdori bilan belgilanadi.

Issiqlik almashinish jarayonida ishtirok etuvchi jismlar issiqlik tashuvchi eltkich yoki issiqlik eltkich deb nomlanadi.

Issiqlik o'tkazish – issiqlik energiyasining tarqalish jarayonlari to'g'risidagi fan.

Issiqlik almashinish jarayonlariga isitish, sovitish, kondensatsiyalash, bug'lanish va bug'latishlar kiradi. Ushbu jarayonlarni amalga oshirish uchun mo'ljallangan qurilmalar issiqlik almashinish qurilmalari deb ataladi.

Ma'lumki, issiqlik almashinish jarayonlarida kamida 2 ta turli temperaturali muhitlar ishtirok etadi. O'z issiqlik energiyasini uzatuvchi, yuqori temperaturali muhit - issiqlik eltkich deb atalsa, issiqlik energiyasini qabul qiluvchi past temperaturali muhit esa-sovuqlik eltkich deb ataladi.

Issiqlik va sovuqlik eltkichlar kimyoviy bardoshli bo'lishi, qurilmalarini yemirmasligi va uning devorlarida qattiq, g'ovak, quyqa hosil qilmasligi kerak. SHuning uchun, issiqlik yoki sovuqlik eltkichlarni tanlashda jarayon temperaturasi, narxi va ularni qo'llanish sohalari kabi ko'rsatgichlarga katta ahamiyat berish kerak.

Temperaturasi turli bo'lgan muhitlar orasida issiqlik o'tkazish turg'un va noturg'un sharoitlarda amalga oshishi mumkin.

Turg'un jarayonlarda qurilmaning temperatura maydoni vaqt o'tishi bilan o'zgarmaydi. Noturg'un jarayonlarda esa, vaqt o'tishi bilan temperatura o'zgaradi. Uzlüksiz ishlaydigan qurilmalarda jarayonlar turg'un boradi, uzlukli (davriy) ishlaydigan qurilmalarda esa – jarayonlar noturg'un bo'ladi. Undan tashqari, davriy

ishlaydigan qurilmalarni yurgizish va to'xtatish, hamda ish rejimlari o'zgargan hollarda noturg'un jarayonlar sodir bo'ladi.

Issiqlik o'tkazish jarayonining asosiy kinetik xarakteristikalari bo'lib, o'rtacha temperaturalar farqi, issiqlik o'tkazish koeffitsienti va uzatilayotgan issiqlik miqdorlari hisoblanadi.

Issiqlik almashinish qurilmalarini hisoblashda quyidagi parametrlar topiladi:

1. Issiqlik oqimi (qurilmaning issiqlik yuklamasi), ya'ni issiqlik miqdori Q hisoblanadi. Issiqlik oqimini aniqlash uchun issiqlik balansi tuziladi va u Q ga nisbatan yechib topiladi;

2. Berilgan vaqt ichida zarur issiqlik miqdorini uzatishni ta'minlovchi qurilmaning issiqlik almashinish yuzasi aniqlanadi.

Buning uchun issiqlik o'tkazishning asosiy tenglamasidan foydalaniladi.

Issiqlik asosan 3 usulda uzatilishi mumkin. Issiqlik o'tkazuvchanlik, konvektsiya va issiqlik nurlanishi.

Temperaturasi yuqori issiqlik eltkichdan berilayotgan issiqlik miqdori Q_1 temperaturasi past eltkichni isitish uchun Q_2 va ma'lum bir qismi qurilmadan atrof muhitga yo'qotilayotgan issiqlik o'rnini to'ldirish uchun $Q_{yo'q}$ sarf bo'ladi. Odatda, issiqlik qoplamali qurilmalar uchun $Q_{yo'q}$ miqdori foydali issiqlik miqdorining 3...5% ni tashkil etadi. SHuning uchun, bu turdagi qurilmalarni hisoblashda $Q_{yo'q}$ ni ehtiborga olmasa ham bo'ladi. Unda, issiqlik balansi quyidagi tenglik bilan ifodalanishi mumkin:

$$Q = Q_1 = Q_2 \quad (1)$$

bu yerda, Q - qurilmaning issiqlik yuklamasi.

Agar, issiqlik eltkichning massaviy sarfi G_1 , uning qurilmaga kirish entalg'piyasi I_{1b} va chiqishdagisi esa I_{1ch} , sovuqlik eltkichning sarfi G_2 qurilmaga kirishdagi entalg'piyasi I_{2b} v chiqishdagisi I_{2ch} bo'lganda (4.1) tenglikni ushbu ko'rinishda yozish mumkin:

$$Q = G_1(I_{1b} - I_{1ch}) = G_2(I_{2b} - I_{2ch}) \quad (2)$$

Agar, issiqlik almashinish jarayonida issiqlik eltkichning agregat holati o'zgarmasa, unda uning entalg'piyasi ushbu ko'rinishda ifodalanadi:

$$I_{1b} = c_{1b}t_{1b} \quad I_{1ch} = c_{1ch}t_{1ch} \quad (3)$$

$$I_{2b} = c_{2b}t_{2b} \quad I_{2ch} = c_{2ch}t_{2ch}$$

Odatda, texnik hisoblarda ma'lum temperatura uchun entalg'piya qiymati jadval va diagrammalardan topiladi.

Agar, ikkala eltkichning solishtirma issiqlik sig'implari (S_1 va S_2) temperaturaga bog'liq emas deb hisoblansa, unda issiqlik balansining tenglamasi quyidagi ko'rinishni oladi:

$$Q = G_1c_1(t_{1b} - t_{1ch}) = G_2c_2(t_{2b} - t_{2ch}) \quad (4)$$

Muhitlarda issiqlik oqimi va temperaturaning taqsimlanishi o'rtasidagi bog'liqlikni aniqlash issiqlik almashinish nazariyasining asosiy vazifalaridan biridir.

Tekshirilayotgan muhitning hamma nuqtalari uchun istalgan biror vaqtdagi temperatura qiymatlari majmuiga *temperatura maydoni* deyiladi.

Eng umumiy holatda ma'lum bir nuqtadagi temperatura t shu nuqtaning koordinatalari (x, y, z) bog'liq bo'ladi va vaqt τ o'tishi bilan o'zgaradi. Demak, temperatura maydonini ushbu funktsiya bilan ifodalash mumkin:

$$\tau = f(x, y, z, \tau) \quad (5)$$

Ushbu bog'liqlik turg'un temperatura maydonini ifodalovchi tenglamadir.

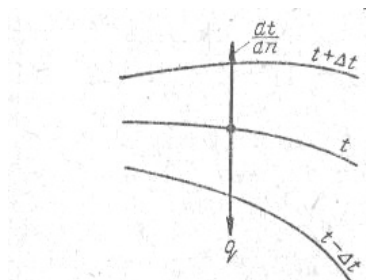
Xususiyl holatda (4.5) tenglama faqat fazoviy koordinatalar funktsiyasi bo'ladi, ya'ni:

$$t = f(x, y, z) \quad (6)$$

va unga tegishli turg'un temperatura maydonini ifodalaydi.

Agar, jismda biror tekislik o'tkazilsa va ushbu tekislikdagi bir xil temperaturali nuqtalarni birlashtirsak, o'zgarmas temperaturali chiziq (izoterma) ga ega bo'lamiz. Temperaturasi bir xil nuqtalardan tashkil topgan jismning yuzasi izotermik yuzaga deb nomlanadi.

Ikkita bir-biriga yaqin joylashgan izotermik yuzalarning temperaturalar farqi Δt bo'lsa, ular orasidagi eng qisqa masofa Δn bo'ladi (1-rasm). Agar, ikkala izotermik yuzalar bir-biriga yaqinlashib borsa $\frac{\Delta t}{\Delta n}$ nisbat ushbu chegaraga intiladi:



1-rasm. Temperatura gradientini aniqlashga oid.

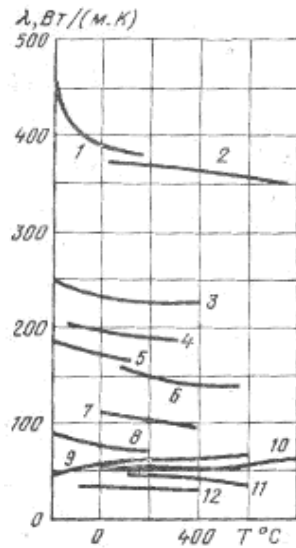
$$\lim \left(\frac{\Delta t}{\Delta n} \right)_{\Delta n \rightarrow 0} = \frac{\partial t}{\partial n} = \text{grad } t \quad (7)$$

Izotermik yuzaga normal bo'yicha yo'nalgan temperatura hosilasi temperatura gradienti deb nomlanadi.

Temperatura gradienti vektor kattaligidir.

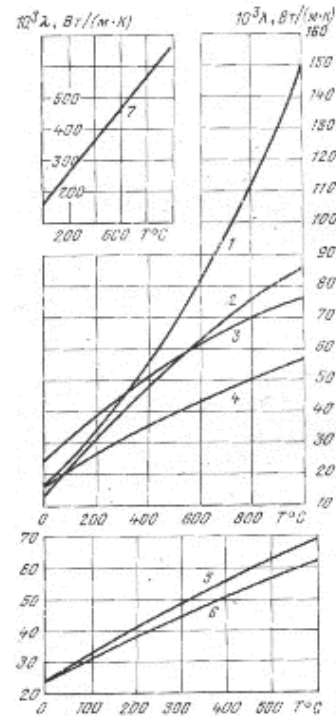
Temperatura gradienti nolga teng bo'lmagan ($\text{grad } t \neq 0$) sharoitdagina issiqlik oqimi hosil bo'lishi mumkin. Ma'lumki, issiqlik oqimi har doim temperatura gradienti chizig'i bo'ylab harakat qiladi. Lekin, uning harakat yo'nalishi temperatura gradientiga qarama-qarshi bo'ladi.

Fur'ye qonuni. qattiq jismlarda issiqlik tarqalish jarayonini tajribaviy o'rganish natijasida Fur'ye (1768-1830) issiqlik o'tkazuvchanlikning asosiy qonuni kashf etdi. Ushbu qonunga binoan, issiqlik o'tkazuvchanlik orqali uzatilgan issiqlik



2- rasm. Ayrim metallarning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsientlari.

1-toza mis; 2-mis 99,9%; 3- alyuminiy 99,7%; 4-alyumiy 99,0%; 5-toza manganets; 6-manganets 99,6% ; 7- rux 99,8%; 8-toza platina; 9-nikelg' 99%; 10-nikelg' 99,2%; 11-temir 99,2%; 12-texnik toza qo'rfoshin.



3- rasm. Turli gazlarning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsientlari.

1- suv buxi; 2- uglekislotaga; 3- xavo; 4- argon; 5- kislorod; 6- azot; 7- vodorod.

miqdori dQ temperatura gradienti $\frac{\partial}{\partial n}$, vaqt $d\tau$ ga va issiqlik oqimi yo'nalishiga perpendikulyar bo'lgan maydon yuzasi dF ga proporsional bo'ladi, ya'ni:

$$dQ = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n} dF \cdot d\tau \quad (8)$$

(8) formuladagi proporsionallik koeffitsienti λ issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti deb ataladi. Bu koeffitsient jismning issiqlik o'tkazish qobiliyatini xarakterlaydi va quyidagi o'lchov birligiga ega:

$$[\lambda] = \left[\frac{dQ \partial n}{\partial t dF \cdot d\tau} \right] = \left[\frac{\mathcal{K} \cdot m}{K \cdot m^2 \cdot c} \right] = \left[\frac{Bm}{m \cdot K} \right]$$

Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti issiqlik almashinish yuza birligidan (1 m^2) vaqt birligi davomida izotermik yuzaga normal bo'lgan 1 m uzunlikka to'g'ri kelgan temperaturalarning 1 K ($^{\circ}\text{S}$) ga pasayishi vaqtida uzatilgan issiqlik miqdorini ifodalaydi.

Jismlarning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti uning tarkibi, fizik-kimyoviy xossalari, temperatura, bosim va boshqa kattaliklarga bog'liq. Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti turli materiallar uchun quyidagi oraliqda bo'ladi:

- gazlar uchun $0,005 \dots 0,5 \text{ Wt/(m}\cdot\text{K)}$;
- suyuqliklar uchun $0,08 \dots 0,7 \text{ Wt/(m}\cdot\text{K)}$;
- issiqlik qoplama va qurilish materiallari uchun $0,22 \dots 3,0 \text{ Wt/(m}\cdot\text{K)}$;
- metallar uchun $2,3 \dots 458,0 \text{ Wt/(m}\cdot\text{K)}$.

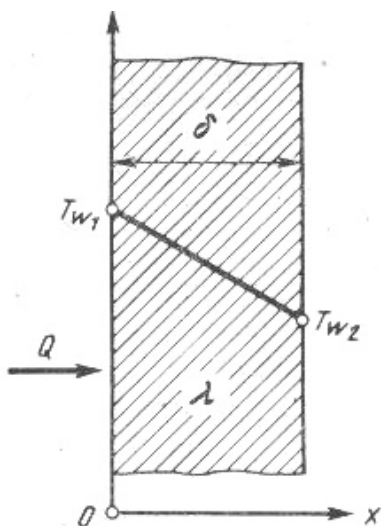
Kimyo va oziq-ovqat sanoatlarida qo'llaniladigan ayrim metallar issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti quyidagi qiymatlarga ega: legirlangan po'lat - 14...23; qo'rg'oshin - 35; uglerodli po'lat - 45; nikelg' - 58; cho'yan - 63; alyuminiy - 204; mis - 384; kumush - 458 $\text{Wt/(m}\cdot\text{K)}$. Sanoatda eng ko'p qo'llaniladigan metallar va suyuqliklar issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsientlari 4.2 va 3 -rasmlarda keltirilgan.

Bir jinsli, devorning qalinligi δ va issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti λ bo'lgan bir qatlamli tekis devordan issiqlik o'tishini ko'rib chiqamiz. Devorning tashqi yuza temperaturasi t_{w1} , ichki yuzasini esa t_{w2} ga teng, lekin $t_{w1} > t_{w2}$ (5-rasm).

Bir qatlamli, tekis devorning issiqlik o'tkazuvchanlik tenglamasini keltirib chiqarish uchun Furg'ening differentsial tenglamasidan foydalanamiz.

Ma'lumki, turg'un issiqlik rejimda devorning turli nuqtalaridagi temperatura, vaqt o'tishi bilan o'zgarmaydi, ya'ni $dt/d\tau=0$. Undan tashqari, temperatura maydoni bir o'lchamli bo'ladi.

Demak, temperatura faqat bir yo'nalish (x o'qi) bo'ylab o'zgaradi, ya'ni:



5-rasm. Tekis bir qatlamli devorning issiqlik ytkazuvchanlik tenglamasini keltirib chiqarishga oid.

aniqlaymiz:

$$\frac{\partial^2 t}{\partial y^2} = \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} = 0$$

Shunday qilib, turg'un jarayonda bir qatlamli tekis devor uchun (4.16) tenglamani quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} = 0 \quad (9)$$

(9) tenglamani integrallasak, quyidagi tengliklarni olamiz:

$$\frac{dt}{dx} = C_1; \quad t = C_1 x + C_2 \quad (10)$$

Integrallash konstantalari S_1 va S_2 larni chegaraviy ($x=0$ va $x=\delta$) shartlardan

$$C_2 = t_{w1}; \quad C_1 = \frac{dt}{dx} = \frac{t_{w2} - t_{w1}}{\delta} \quad (11)$$

Agar, (10) ni (11) ga qo'ysak, quyidagi natijaga ega bo'lamiz:

$$t = \frac{t_{w2} - t_{w1}}{\delta} \cdot x + t_{w1} \quad (12)$$

Oxirgi (12) tenglamani tahlil qilsak, ushbu xulosaga kelish mumkin: turg'un issiqlik jarayonida tekis devorning qalinligi bo'ylab temperatura to'g'ri chiziq

qonuniga binoan o'zgaradi va temperatura gradienti o'zgarmas qiymatini saqlaydi.

Aniqlangan temperatura gradienti qiymati bo'yicha issiqlik o'tkazuvchanlikning asosiy qonunini ifodalovchi tenglamani olamiz:

$$dQ = \lambda \frac{t_{w1} - t_{w2}}{\delta} dF d\tau$$

yoki

$$Q = \frac{\lambda}{\delta} (t_{w1} - t_{w2}) F \tau \quad (13)$$

bu yerda λ/δ nisbat devorning issiqlik o'tkazuvchanligini, unga teskari kattalik δ/λ - devorning termik yoki issiqlik qarshiligini ifodalaydi.

Agar, tekis devor n ta (bir-biridan farqli) qatlamlardan iborat bo'lsa, turg'un issiqlik jarayonida har bir qatlam orqali bir xil miqdorda issiqlik o'tadi (4.6-rasm) va u turli qatlamlar uchun quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$Q = \frac{\lambda_1}{\delta_1} (t_{w1} - t_a) F \tau \quad \text{yoki} \quad Q \frac{\delta_1}{\lambda_1} = (t_{w1} - t_a) F \tau$$

$$Q = \frac{\lambda_2}{\delta_2} (t_a - t_b) F \tau \quad \text{yoki} \quad Q \frac{\delta_2}{\lambda_2} = (t_a - t_b) F \tau$$

$$Q = \frac{\lambda_n}{\delta_n} (t_n - t_{w2}) F \tau \quad \text{yoki} \quad Q \frac{\delta_n}{\lambda_n} = (t_n - t_{w2}) F \tau$$

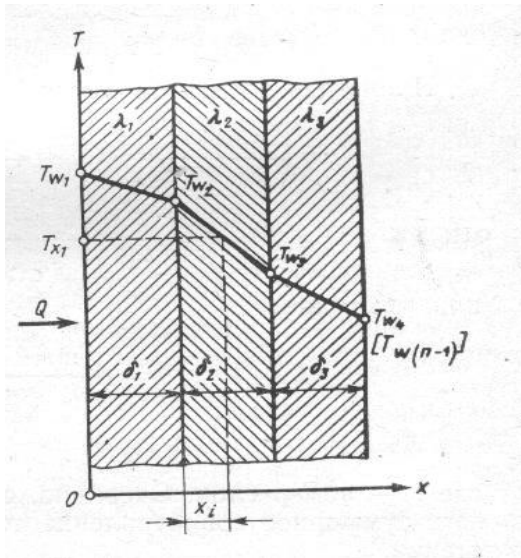
Tenglamalar o'ng va va chap qismlarini qo'shish natijasida ushbu ko'rinishga erishamiz:

$$Q \left(\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} \right) = (t_{w1} - t_{w2}) F \tau$$

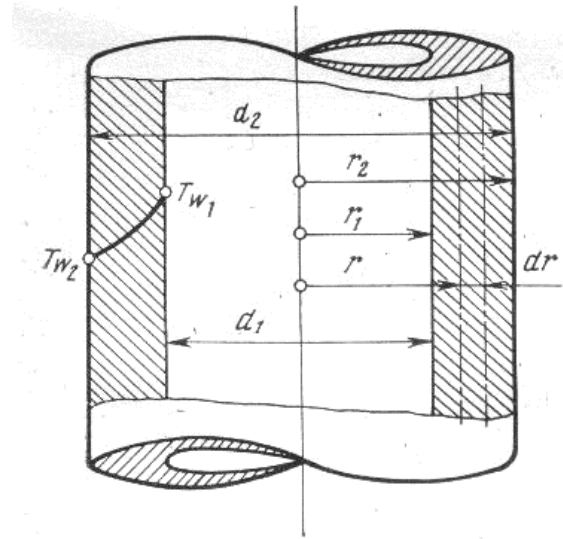
Bunda

$$Q = \frac{(t_{w1} - t_{w2}) F \tau}{\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}} \quad (14)$$

bu yerda i - devor qatlamlarining tartib raqami; n - qatlamlar soni.



6-rasm. Tekis, ko'p qatlamli devorning issiqlik o'tkazuvchanlik tenglamasini keltirib chiqarishga oid.



7-rasm. Tsilindrik devorning issiqlik o'tkazuvchanlik tenglamasini keltirib chiqarishga oid.

Uzunligi L , ichki radiusi r_i va tashqi radiusi r_t bo'lgan tsilindrik devorning issiqlik o'tkazuvchanligini ko'rib chiqamiz (4.7-rasm). Issiqlik o'tkazish turg'un jarayonda amalga oshayotgani uchun devorning ichki va tashqi yuzalaridagi haraturalari o'zgarmasdir, ya'ni $t_{w1} = t_{w2}$. Ammo, ichki va tashqi yuzalar bir-biriga teng bo'lmagani uchun (4.21) tenglamani qo'llash o'rinli emas.

Temperatura faqat radius bo'ylab o'zgarmoqda va $t_{w1} > t_{w2}$ deb qabul qilamiz. Tsilindrik devorning biror r radiusdagi yuzasi $F = 2\pi rL$ bo'lsin. Agar, F ning qiymatini (4.8) tenglamaga qo'ysak, bir o'lchovli maydon uchun Q ni topish mumkin:

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

bu yerda $\delta = r_t - r_i$.

Agar $d\delta$ o'rniga dr ni qo'ysak, unda

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

yoki

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

ushbu tenglamani r_i dan r_t va t_{w1} dan t_{w2} oralikda integrallasak, quyidagi ko'rinishga erishamiz:

$$\ln \frac{r_m}{r_u} = -\frac{2\pi L \tau}{Q} (t_{w2} - t_{w1})$$

yoki $r_t/r_i = d/d_i$ ekanligi hisobga olsak, ushbu formulani olamiz:

$$Q = \frac{2\pi L \tau (t_{w1} - t_{w2})}{\frac{1}{\lambda} 2,3 \lg \frac{d_r}{d_u}} \quad (15)$$

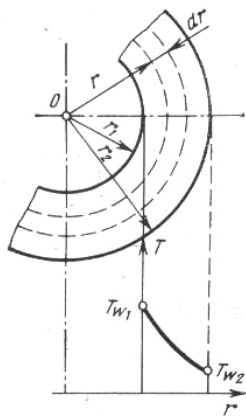
Keltirilib chiqarilgan (15) formuladan ko'rinib turibdiki, tsilindrik devorlarning qalinligi bo'yicha temperatura logarifmik (egri chiziq) qonuni asosida o'zgaradi. Ushbu tenglama turgun issiqlik o'tish jarayoni uchun tsilindrik devorning issiqlik o'tkazuvchanligini ifodalaydi.

Xuddi shu yo'l bilan n - qatlamli tsilindrik devor orqali issiqlik o'tkazuvchanlik usulida uzatilgan issiqlik miqdorini aniqlash mumkin:

$$Q = \frac{2\pi L \tau (t_{w1} - t_{w2})}{\sum_{i=1}^{i=n} \frac{1}{\lambda_i} 2,3 \lg \frac{d_{i+1}}{d_i}} \quad (16)$$

Devori materialining issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti λ , ichki radiusi r_1 va tashqi radiusi r_2 bo'lgan sharsimon devorning issiqlik o'tkazuvchanligini ko'rib chiqamiz (8-rasm).

Bunday shakldagi jismlarda temperatura tarqalishi bir o'lchovli bo'lgani uchun, temperaturaning devorda taqsimlanishi sharning faqat radiusiga bog'liq. SHuning uchun sferik koordinatalar sistemasida issiqlik o'tkazuvchanlikning differentsial tenglamasi ushbu ko'rinishda yoziladi:



8-rasm. Sharsimon devorda temperaturaning taqsimlanishi.

$$\frac{d^2 t}{dr^2} + \frac{2}{r} \frac{dt}{dr} = 0 \quad (17)$$

Devorning istalgan qalinligidagi temperatura ushbu formuladan topiladi:

$$t(r) = -\frac{C_1}{r} + C_2 \quad (18)$$

Agar, sharsimon devorda temperaturaning taqsimlanishi giperbola egri chizig'i shaklida, tashqi temperaturasi t_{w1} va ichki temperaturasi t_{w2} bo'lganda integrallash konstantalari S_1 va S_2 ushbu tenglamalar sistemasidan topiladi:

$$t_{w1} = -\frac{C_1}{r_1} + C_2; \quad t_{w2} = -\frac{C_1}{r_2} + C_2 \quad (19)$$

ya'ni

$$C_1 = \frac{t_{w1} - t_{w2}}{\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1}}; \quad C_2 = \frac{r_2 t_{w2} - r_1 t_{w1}}{r_2 - r_1} \quad (20)$$

Olingan S_1 va S_2 larning qiymatlarini (18) ga qo'ysak, ushbu ifodani olamiz:

$$t(r) = \frac{t_{w1} \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r_2} \right) + t_{w2} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r} \right)}{\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}} \quad (21)$$

Turg'un jarayonda to'liq issiqlik oqimi ushbu formuladan aniqlanadi:

$$Q = -\lambda \frac{dt}{dr} 4\pi r^2 \quad (22)$$

(20) va $dt/dr = S_l/r^2$ lardan foydalanib, sharsimon devor orqali issiqlik o'tkazuvchanlik yo'li bilan o'tgan issiqlik miqdorini topish formulasini keltirib chiqarish mumkin:

$$Q = \frac{4\pi\lambda}{\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}} (t_{w1} - t_{w2}) \quad (21)$$

Ko'p qatlamli sharsimon devor uchun esa, Q ni hisoblash formulasi ushbu ko'rinishda bo'ladi:

$$Q = \frac{4\pi(t_{w1} - t_{w(n+1)})}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{\lambda_i} \left(\frac{1}{r_i} + \frac{1}{r_{i+1}} \right)} \quad (22)$$

bu yerda λ_i va r_i – i qatlamning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti va ichki radiusi.

Yuqorida keltirilgan paragraflarda eng sodda jismlarning turg'un jarayonda issiqlik o'tkazuvchanligi ko'rib chiqildi. Lekin, ayrim hollarda murakkab jismlarning issiqlik o'tkazuvchanligini bilishga to'g'ri keladi. Buning uchun ushbu bobda keltirib chiqarilgan formulalarning umumlashtirilgan ko'rinishidan ham foydalanish mumkin, ya'ni:

$$Q = \frac{\lambda}{\delta} (t_{w1} - t_{w2}) \cdot F_x \quad (23)$$

bu yerda, F_x —jismning biror sohta (hisoblangan) issiqlik berish yuzasi.

Tekis devorlar uchun

$$F_{xtek} = \frac{2F}{2} = \frac{F_1 + F_2}{2} \quad (24)$$

bu yerda F_1 va F_2 – issiq va sovuq holatlardagi yuzalari (tekis plastina uchun $F_1=F_2$).TSilindrik devorlar uchun

$$F_{xyuu} = \frac{2\pi r_2 - 2\pi r_1}{\ln \left(\frac{2\pi r_2}{2\pi r_1} \right)} = \frac{F_2 - F_1}{\ln \left(\frac{F_2}{F_1} \right)} \quad (25)$$

SHarsimon devorlar uchun

$$d_1 = \sqrt{\frac{F_1}{\pi}} \quad \text{va} \quad d_2 = \sqrt{\frac{F_2}{\pi}}$$

ya'ni

$$F_{xuuap} = \sqrt{F_1 \cdot F_2} \quad (26)$$

Agarda, jismlar o'ta murakkab bo'lsa, har qaysi holatda alohida yondashuv zarur.

Quyida mamlakatimizning asosiy texnik xom - ashyosi bo'lmish - paxta chigitining issiqlik o'tkazuvchanligini ko'rib chiqamiz. Mahlumki, paxta chigiti noto'g'ri, ellips - shaklli jism bo'lib, tashqi yuzasi paxta tolalari bilan qoplangan geterogen murakkab (4 qatlamli) sistemadir. SHuni alohida tahkidlash kerakki, har bir qatlam fizik-mexanik va diffuzion-issiqlik xossalari bilan bir-biridan keskin farq qiladi.

Paxta chigitining issiqlik o'tkazuvchanligini aniqlash uchun ko'p qatlamli sfera ko'rinishidagi soddalashgan modeldan foydalanamiz.

Ko'pgina tajribalar asosida, chigit markazida 0,1...0,15 mm o'lchamli bo'shliq (embrion) borligi aniqlandi. Shuning uchun ham, paxta chigitini ichi bo'sh sferalar sistemasi deb ham hisoblasa bo'ladi.

Sfera turli jinsli 4 ta qatlamdan iborat va uning ichki t_1 va tashqi yuzalari t_5 temperaturalari bo'lsin, lekin $t_1 > t_5$. Sferaning ichki radiusi r_1 , tashqisidiki- r_5 . Jismdagi izotermalar konsentrik aylanalar ko'rinishidadir.

Furg'e qonuniga binoan, ichi bo'sh sfera uchun issiqlik oqimi Q ushbu formuladan topiladi:

$$Q = -\lambda F \frac{dt}{dr} = -4\lambda\pi r^2 \frac{dt}{dr} \quad (27)$$

Bu tenglamani integrallasak, quyidagi natijani olamiz:

$$t = -\frac{Q}{4\pi\lambda} \cdot \frac{1}{r} + C$$

(27) tenglamaga devor chegaralaridagi o'zgaruvchan kattaliklar qiymatlarini qo'yib, ushbu formulaga ega bo'lamiz:

$$Q = \frac{4\pi\lambda(t_1 - t_5)}{\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_5}} \quad (28)$$

Paxta chigitining har bir qatlamidan o'tayotgan issiqlik miqdorini (28) formula yordamida topish mumkin. Formulaning yoyilgan ko'rinishi quyidagicha bo'ladi:

$$Q = \frac{4\pi(t_1 - t_5)}{\frac{1}{\lambda_1} \frac{r_1 - r_2}{r_1 r_2} + \frac{1}{\lambda_2} \frac{r_2 - r_3}{r_2 r_3} + \frac{1}{\lambda_3} \frac{r_3 - r_4}{r_3 r_4} + \frac{1}{\lambda_4} \frac{r_4 - r_5}{r_4 r_5}} \quad (29)$$

bu yerda r_1, r_2, r_3, r_4, r_5 – paxta chigiti bo'shlig'i, mag'izi, havo qatlami, qobig'i va tolali qatlamlarining radiuslari, m; $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$ – chigit mag'izi, havo, qobig'i va paxta tolalarining issiqlik o'tkazuvchanligi.

Issiqlik nurlanishi to'liq uzunliklari spektrning ko'z ilg'amas qismida bo'lib, 0,8...40 mkm oralikda bo'ladi. Ular yorug'lik nurlari 0,4...0,8 mkm dan faqat to'liq uzunliklari bilan farqlanadi. 1- jadvalda nurlanish turiga qarab to'liq uzunliklarining o'zgarishi haqida ma'lumotlar keltirilgan.

1- jadval

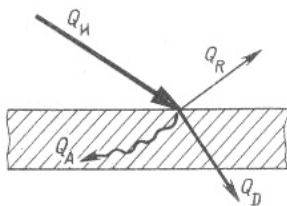
Elektromagnit to'liqlarining umumiy klassifikatsiyasi

Nurlanish turi	To'liq uzunligi, m
Kosmik	$0,05 \cdot 10^{-12}$
γ - nurlanish	$0,05 \cdot 10^{-12} \dots 0,1 \cdot 10^{-12}$
Rentgen	$10^{-12} \dots 20 \cdot 10^{-9}$
Ulg'trabinafsha	$20 \cdot 10^{-9} \dots 0,4 \cdot 10^{-6}$
Ko'z ilg'aydigan	$0,4 \cdot 10^{-6} \dots 0,8 \cdot 10^{-6}$
Issiqlik (infriqizil)	$0,8 \cdot 10^{-6} \dots 0,8 \cdot 10^{-3}$
Radio to'liqlar	$0,2 \cdot 10^{-3} \dots x \cdot 10^{-3}$

Issiqlik va yorug'lik nurlanishining tabiati bir xil bo'lib, umumiy qonuniyatlar bilan xarakterlanadi, ya'ni bir jinsli va izotrop muhitlarda nurlanish energiyasi to'g'ri chiziq bo'ylab tarqaladi. Issiq jismlardan tarqalayotgan oqim nurlari boshqa jismga tushganda, energiyaning bir qismi yutiladi Q_{yut} , bir qismi qaytariladi Q_{qay} va bir qismi o'zgarimasdan $Q_{o't}$ o'tib ketadi.

Unda, energiyaning umumiy balansi:

$$Q_{yut} + Q_{qay} + Q_{o't} = Q_{nur} \tag{30}$$



yoki ushbu balansning ulushlardagi ko'rinishi:

$$\frac{Q_{yut}}{Q_{nur}} + \frac{Q_{qay}}{Q_{nur}} + \frac{Q_{o't}}{Q_{nur}} = 1 \tag{31}$$

8a- rasm. Nurlanish energiyasi balansiga oid.

bu yerda Q_{yut}/Q_{nur} – jismning nurlangan issiqlikni yutish qobiliyatini; Q_{qay}/Q_{nur} – jismning nurlangan issiqlikni qaytarish qobiliyatini; $Q_{o't}/Q_{nur}$ – jismning nurlangan issiqlikni o'tkazib yuborish qobiliyatini xarakterlaydi. Umuman olganda har bir nisbat 1 ga teng bo'lishi mumkin, agar qolgan ikkita nisbat nolga teng bo'lsa.

$Q_{yut}/Q_{nur}=1$ bo'lganda ($Q_{qay}/Q_{nur}= Q_{o't}/Q_{nur}=0$), jismga tushayotgan nurlangan

energiyaning hammasi yutiladi. Bu holda jism absolyut qora jism deb nomlanadi.

$Q_{o'}/Q_{nur} = 1$ bo'lganda ($Q_{yut}/Q_{nur} = Q_{qay}/Q_{nur} = 0$), jismga tushayotgan nurlangan energiyaning hammasi o'zgarasdan o'tib ketadi. Bu holda jism **absolyut shaffof jism** deb nomlanadi.

Sanoatda va tabiatda absolyut qora, oq va shaffof jismlar bo'lmaydi. Q_{yut}/Q_{nur} , Q_{qay}/Q_{nur} va $Q_{o'}/Q_{nur}$ o'rtasidagi bog'liqlik jism tabiatiga, yuzasi holatiga va temperaturasiga bog'liqdir. Tabiatda uchraydigan hamma jismlar nurlangan energiyaning bir qismini yutadi, bir qismini qaytaradi va bir qismini o'zidan o'tkazib yuboradi. Bunday jismlar **kul rang jismlar** deb nomlanadi.

Tabiatda uchraydigan jismlardan qorakuya absolyut qora jismga yaqinroq. Lekin, u ham faqat 90...96 % nurlangan energiyaning yuta oladi. Tushayotgan nurlangan energiyaning o'ta silliqilgan, yorug' yuzalargina to'liqroq qaytarish qobiliyatiga ega. Ko'pchilik qattiq jismlar shaffof emas jismlar turiga kiradi. Ammo, hamma gazlar (ko'p atomli gazlardan tashqari) shaffof bo'ladi.

Issiqlik nurlanish qonuniyatlari Stefan-Bolg'tsman, Kirxgof va Lambert qonunlari bilan ifodalanadi.

Stefan-Bolg'tsman qonuni jismning nur chiqarish qobiliyati Y_e va jismdan 1 soat mobaynida F yuzasidan ajralib chiqayotgan issiqlik miqdori Q orasidagi bog'liqlikni ifodalaydi:

$$E = \frac{Q}{F \cdot \tau} \quad (32)$$

Nurlanish energiyesi to'lqin uzunligi va jismning temperaturasiga bog'liq bo'ladi. Absolyut qora jismning nur tarqatish qobiliyati va temperaturasi orasidagi bog'liqlik ushbu formuladan topiladi:

$$E_0 = K_0 T^4 \quad \text{yoki} \quad E_0 = C_0 \left(\frac{T}{100} \right)^4 \quad (33)$$

bu yerda $K_0 = (4,19...5,67) \cdot 10^{-8} \text{ Vt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$ – absolyut qora jismning nur chiqarish konstantasi; $S_0 = K_0 \cdot 10^8 = 4,19...5,67 \text{ Vt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$.

(33) formula Stefan - Bolg'tsman qonunining ifodasi bo'lib, Plank tenglamasining hosilasidir.

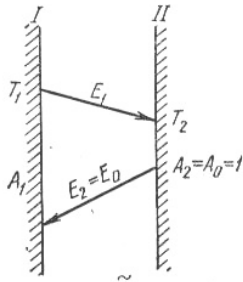
Stefan - Bolg'tsman qonunini absolyut qora bo'lmagan jismlar uchun ham qo'llash mumkin. Masalan, kul rang jismlar uchun quyidagi ko'rinishga ega:

$$E = \varepsilon \cdot C_0 \left(\frac{T}{100} \right)^4 \quad (34)$$

bu yerda $\varepsilon = S/S_0$ – kul rang jismning qoralik darajasi yoki uning nur chiqarish koeffitsienti; S_0 – kul rang jismning nur chiqarish koeffitsienti.

Kul rang jismning nur chiqarish koeffitsienti har doim 1 dan kichik bo'lib, 0,055...0,95 oralikda o'zgaradi.

Kirxgof qonuni kul rang jismlarning nur tarqatish va uni yutish qobiliyatlari o'rtasidagi bog'liklikni ifodalaydi.



9-rasm. Kirxgof qonuniga oid sxema.

$$Q_{\text{ait}}/Q_{\text{hvp}} = Q_{\text{t}}/Q_{\text{hvp}} = 1.$$

Bir-biriga parallel joylashgan, kul rang **I** va absolyut qora **II** jismlarni ko'rib chiqamiz (9-rasm).

Kulrang jismning yutish qobiliyatini A_1 , absolyut qora jismnikini esa $A_2 = A_0 = 1$. Kul rang jism temperaturasi absolyut qoranikidan katta, ya'ni $T_1 > T_2$ deb qabul qilamiz. Bunda, kul rang jismdan nurlanish usulida uzatilgan issiqlik miqdori quyidagicha aniqlanadi:

$$q = E_1 - E_0 A_1 \quad (35)$$

Ikkala jismning temperaturasi tenglashganda, issiqlik muvozanat holati yuzaga keladi va $q = 0$ bo'ladi.

Demak:

$$E_1 - E_0 A_1 = 0 \quad (36)$$

bundan

$$\frac{E_1}{A} = E_0 \quad (37)$$

Ushbu xulosani umumlashtirib, bir nechta parallel joylashtirilgan jismlar uchun ushbu ifodani keltirib chiqaramiz:

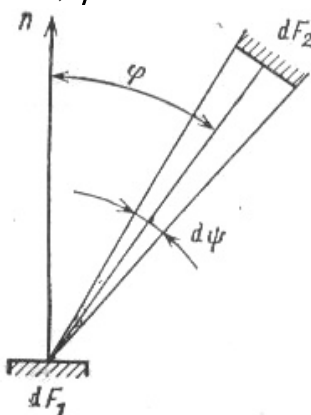
$$\frac{E_1}{A_1} = \frac{E_2}{A_2} = \dots = \frac{E_n}{A_n} = \frac{E_0}{A_0} = f(T) \quad (38)$$

(38) tenglama Kirxgof qonunini xarakterlaydi. Ushbu tenglamaga binoan, ma'lum biror temperatura uchun istalgan bir jismning nur tarqatish qobiliyati, uning nur yutish qobiliyatiga bo'lgan nisbati o'zgarmas miqdor bo'lib, absolyut qora jismning nur tarqatish qobiliyatiga tengdir.

Lambert qonuni turli yo'nalishlarda nurlanish intensivligi o'zgarishini ifodalaydi va ushbu ko'rinishda yoziladi:

$$dQ = \frac{1}{\pi} E d\psi \cdot \cos \varphi \cdot dF_1 \quad (39)$$

bu yerda, $d\psi$ - dF_1 elementdan dF_2 element ko'rinishi mumkin bo'lgan fazoviy burchak; φ - dF_1 va dF_2 ni birlashtiruvchi to'g'ri chiziq va dF_1 ga o'tkazilgan



10-rasm. Lambert qonuniga oid sxema.

normal orasida hosil bo'lgan burchak (10-rasm).

Ushbu qonunga binoan, jismning normal yo'nalishida nur tarqatish qobiliyati jismning to'la nur tarqatish qobiliyatidan π marta kam bo'ladi.

Ikki parallel joylashtirilgan jismlar o'rtasidagi nurlanish jarayonida uzatilgan issiqlik miqdori

Stefan - Bolg'tsman qonuni asosida keltirib chiqarilgan formula yordamida hisoblash mumkin:

$$Q_{1-2} = C_{1-2} \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \cdot F \quad (40)$$

bu yerda Q_{1-2} –1-jismdan 2- siga uzatilayotgan issiqlik miqdori; C_{1-2} – 1-va 2-jismlardan iborat sistemaning keltirilgan nur tarqatish koeffitsienti; F –jismning nur tarqatish yuzasi.

$$C_{1-2} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_0}} \quad (41)$$

Agar, bir jism ikkinchisini butunlay o'rab olgan hollarda ($F=F_1$, bu yerda F_1 - o'ralib turgan jism yuzasi) (40) formuladan foydalansa bo'ladi. Keltirilgan nur tarqatish koeffitsientini esa, ushbu formuladan hisoblab topish mumkin:

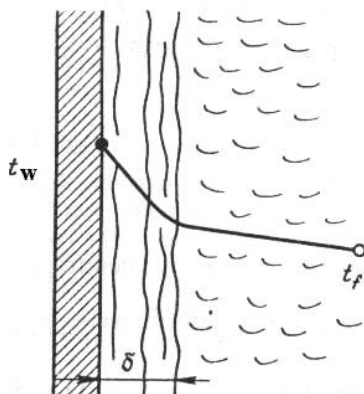
$$C_{1-2} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{F_1}{F_2} \left(\frac{1}{C_2} - \frac{1}{C_1} \right)} \quad (42)$$

Suyuqlik massasi turbulenti qanchalik yuqori va uning zarrachalari jadal ravishda aralashtirilsa, konvektsiya usulida issiqlik almashinish shunchalik intensiv bo'ladi. SHunday qilib, konvektiv issiqlik almashinish, issiqlikning mexanik uzatilishi va suyuqlik harakati gidrodinamikasiga qattiq bog'liqdir.

Issiqlik almashinish jarayonida qatnashayotgan suyuqlik ikki qatlamdan tashkil topgan, ya'ni chegaraviy qatlam va oqim o'zagi (yadrosi) dan.

Oqim o'zagi issiqlik o'tish vaqtining o'zida ham konvektsiya, ham issiqlik o'tkazuvchanlik usullarida amalga oshadi. Bunday issiqlik almashinish **konvektiv issiqlik almashinish** deyiladi (11-rasm).

Issiqlikning qattiq jism yuzasidan suyuqlik (yoki gaz) ga yoki suyuqlik (yoki gaz) dan qattiq jism yuzasiga o'tishi **issiqlik berish** deb nomlanadi.



11-rasm. Konvektiv issiqlik almashinish sxemasi.

Devor yuzasidan chegaraviy qatlam orqali energiya issiqlik o'tkazuvchanlik usuli bilan o'tadi. CHegaraviy qatlamdan esa, suyuqlik o'zagiga energiya asosan konvektsiya usulida uzatiladi. Issiqlik energiyasining devor yuzasidan suyuqlikka uzatilish jarayoniga oqimning harakat rejimi katta ta'sir qiladi.

Konvektiv issiqlik almashinish asosan 2 xil bo'ladi, ya'ni **erkin** (yoki **tabiiy**) va **majburiy** konvektsiya.

Suyuqlik hajmining turli nuqtalaridagi zichliklarning farqi tufayli ro'y beradigan issiqlik almashinishga **erkin konvektsiya** deyiladi. Bu jarayonga suyuqlikning

fizik xossalari, uning hajmi, sovuq va issiq zarrachalari orasidagi temperaturalar farqi katta taʼsir koʻrsatadi.

Butun suyuqlik hajmining tashqi kuchlari taʼsiri natijasida roʻy beradigan issiqlik almashinishga **majburiy konvektsiya** deyiladi. Suyuqlikning harakati nasos, aralashtirgich, ventilyatorlar yordamida amalga oshirilishi mumkin. Bu jarayonga suyuqlikning fizik xossalari, uning tezligi, kanalning shakli va oʻlchamlari salmoqli taʼsir etadi.

Suyuqlikning turbulent harakat rejimida laminar rejimdagiga qaraganda issiqlik almashinish ancha intensiv boʻladi.

Issiqlik almashinish jarayonlarida koʻpincha issiqlik energiyasi bir suyuqlikdan ikkinchisiga ularni ajratib turuvchi devor orqali uzatiladi. Temperaturasi yuqori boʻlgan suyuqlikka devor orqali issiqlikning uzatilishi **issiqlik oʻtkazish** deyiladi. Ushbu yoʻl bilan uzatilgan issiqlik miqdori issiqlik oʻtkazishning asosiy tenglamasidan aniqlanadi:

$$Q = K\Delta t_{ur} F \quad (43)$$

bu yerda K – issiqlik oʻtkazish koeffitsienti, $Vt/(m^2 \cdot K)$; Δt_{ur} – issiqlik va sovuqlik eltkichlar temperaturalarining farqi, K ; F – ajratib turuvchi devor yuzasi, m^2 .

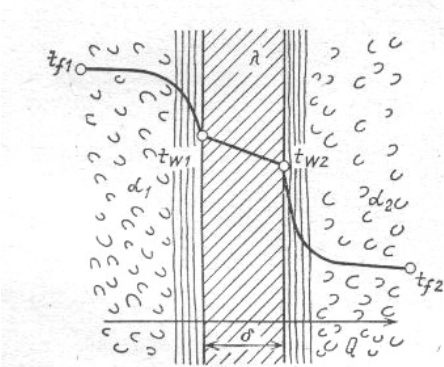
Tekis devorning issiqlik oʻtkazishi. 13-rasmda qalinligi δ va materialining issiqlik oʻtkazuvchanlik koeffitsienti λ boʻlgan tekis devor tasvirlangan.

Devorning bir tomonidan temperaturasi t_{f1} (oqim oʻzagida) boʻlgan issiqlik eltkich, ikkinchi tomonidan esa – temperaturasi t_{f2} boʻlgan sovuqlik eltkich oqib oʻtmoqda.

Devor yuzalarining temperaturasi t_{w1} va t_{w2} . Issiqlik berish koeffitsientlari α_1 va α_2 .

Turgʻun jarayonda F yuza orqali birinchi issiqlik eltkich oʻzagidan devorga uzatilaётgan issiqlik miqdori, devordan oʻtgan va devordan ikkinchi issiqlik eltkich oʻzagiga uzatilayotgan issiqlik miqdoriga teng boʻladi.

Ushbu issiqlik miqdorini quyidagi tenglamalardan topish mumkin:



$$Q = \alpha_1 (t_{f1} - t_{w1}) \cdot F$$

$$Q = \frac{\lambda}{\delta} (t_{w1} - t_{w2}) \cdot F$$

$$Q = \alpha_2 (t_{w2} - t_{f2}) \cdot F$$

Yuqorida keltirilgan tenglamalardan quyidagi ifodalarni olish mumkin:

$$t_{f1} - t_{w1} = \frac{1}{\alpha_1} \cdot \frac{Q}{F}$$

13-rasm. Tekis devor orqali issiqlik oʻtkazish jarayonida temperaturaning oʻzgarish xarakteri.

$$t_{w1} - t_{w2} = \frac{\delta}{\lambda} \cdot \frac{Q}{F} \quad (44)$$

$$t_{w2} - t_{f2} = \frac{1}{\alpha_2} \cdot \frac{Q}{F}$$

Tenglamalar chap va o'ng tomonlarini qo'shish natijasida, ushbu ko'rinishga erishamiz:

$$t_{f1} - t_{f2} = \frac{Q}{F} \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \right) \quad (45)$$

bundan:

$$Q = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \cdot (t_{f1} - t_{f2}) \cdot F \quad (46)$$

(43) va (46) tenglamalarni solishtirib, quyidagi formulaga erishamiz:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (47)$$

bu yerda K – issiqlik o'tkazish koeffitsienti, $Vt/(m^2 \cdot K)$.

Unda, tekis devorning issiqlik eltkichning o'zgarmas temperaturalarida issiqlik o'tkazish tenglamasi ushbu ko'rinishni oladi:

$$Q = KF\tau \cdot (t_{f1} - t_{f2}) \quad (48)$$

uzluksiz jarayonlar uchun esa:

$$Q = KF(t_{f1} - t_{f2}) \quad (49)$$

(48) tenglamaga binoan issiqlik o'tkazish koeffitsientining o'lchov birligi:

$$K = \left[\frac{Q}{F\tau(t_{f1} - t_{f2})} \right] = \left[\frac{\mathcal{K}}{m \cdot c \cdot K} \right] = \left[\frac{Bm}{m^2 \cdot K} \right]$$

(47) tenglamadan

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \quad (50)$$

SHunday qilib issiqlik o'tkazish koeffitsienti K temperaturasi yuqori bo'lgan, issiqlik eltkichdan temperaturasi past eltkichga vaqt birligida ajratuvchi devorning $1m^2$ yuzasidan eltkichlar temperaturasi $1K$ bo'lganda o'tkazilgan issiqlikning miqdorini bildiradi.

Issiqlik o'tkazish koeffitsientiga teskari bo'lgan kattalik **termik qarshilik** deb nomlanadi. $1/\alpha_1$ va $1/\alpha_2$ lar issiqlik berishning termik qarshiligi bo'lsa, δ/λ devorning termik qarshiligi. (50) tenglamadan ko'rinib turibdiki, issiqlik o'tkazishning termik qarshiligi issiqlik berish va devorning termik qarshiliklar yig'indisiga teng.

Devorning termik qarshiligini aniqlashda, unga o'tirib qolgan ifloslarning termik qarshiligini ham hisobga olish zarur (2- jadval).

$$r_{u\phi n} = \frac{\delta_{u\phi n}}{\lambda_{u\phi n}}$$

Ko'p qatlamli tekis devordan issiqlik o'tish jarayonida har bir qatlamning termik qarshiligi hisobga olinishi zarur. Bunday devorlar uchun K ni quyidagi tenglamadan aniqlash lozim:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (51)$$

bu yerda i - qatlamning tartib raqami; n - qatlamlar soni.

Shuni alohida ta'kidlash kerakki, har doim issiqlik o'tkazish koeffitsienti eng minimal issiqlik berish koeffitsienti qiymatidan kichik bo'ladi.

2- jadval

rifl. ning tahminiy qiymatlari

t/r	Issiqlik eltkich	$r_{u\phi n}, \frac{m^2 \cdot K}{Bm}$
1.	Suv	
	- distillangan	0,00009
	- dengiz	0,00009
	- sifatli quduq, ko'l, vodoprovod, daryo suvi	0,00018
	- w<0,9 m/s	0,00035
	- w>0,9 m/s	0,00018
	- ifloslangan daryo suvi	
	- w<0,9 m/s	0,00053
2.	- w>0,9 m/s	0,00035
	Neftg' mahsulotlari	
3.	- xom-ashyo	0,00009
	- toza (shu jumladan mineral moylar)	0,00018
4.	Organik suyuqliklar, tuzli eritmalar, sovuqlik eltkichlar (NH ₃ , freonlar va hokazo.)	0,00018
	Suv bug'i	0,00018
5.	Bug'lar	
	- organik suyuqlikniki	0,00009
	- sovuq eltichlarniki	0,00035
6.	Yavo	0,00035

Tsilindrik devorning issiqlik o'tkazishi. Ma'lumki, sanoatning turli sohalarida issiqlik almashinish truba orqali o'tadi (7-rasm). Trubadan temperaturasi

t_1 bo'lgan suyuqlik harakat qilsa, tashqarisidan esa t_2 temperaturali suyuqlik oqib o'tsin, ya'ni $t_1 > t_2$ dan. Temperaturasi yuqori suyuqlikdan truba ichki devoriga issiqlik berish koeffitsienti α_1 , tashqi yuzasidan sovuq suyuqlikka issiqlik berish koeffitsienti - α_2 , truba balandligi L , ichki radiusi r_1 va tashqi radiusi r_2 bo'lsa, tsilindrik yuzadan uzatilgan issiqlik miqdori quyidagicha aniqlanadi:

$$Q = K_R 2\pi\tau \cdot (t_1 - t_2) \quad (52)$$

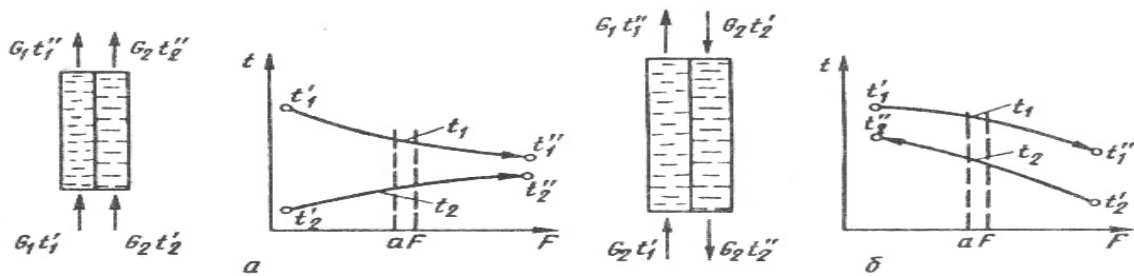
Issiqlik o'tkazish koeffitsienti K ni esa ushbu tenglamadan topiladi:

$$K_R = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 r_1} + \frac{1}{\lambda} 2,3 \lg \frac{r_2}{r_1} + \frac{1}{\alpha_2 \cdot r_2}} \quad (53)$$

bu yerda K_R – issiqlik o'tkazishning chiziqli koeffitsienti, $Vt/(m \cdot K)$.

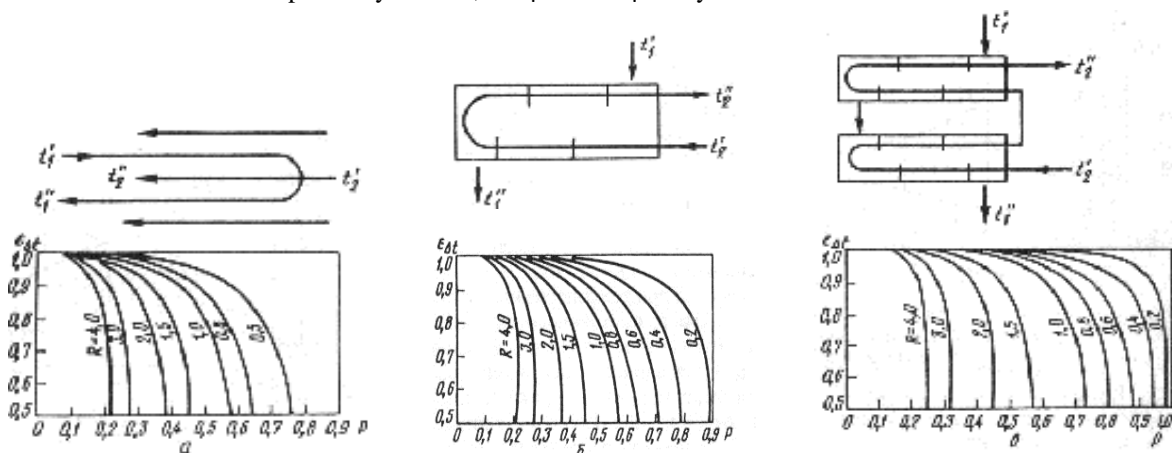
K ning K_R dan farqi shundaki, K devorning yuza birligiga nisbatan olinsa, ikkinchisi K_R - truba uzunligining birligiga nisbatan olinadi.

16-rasmda qobiq - trubali issiqlik almashinish qurilmalarida tez-tez uchrab



15-rasm. Issiqlik eltichlar temperaturalarining o'zgarish sxemasi.

a - parallel yo'nalish; b - qarama - qarshi yo'nalish.



16-rasm. Aralash yo'nalishli ko'pik - trubali issiqlik almashinish qurilmasiida

issiqlik eltichlarning xarakat sxemasi va ϵ ko'effitsienti:

a - trubalararo bo'shliqi bir va trubalar bo'shliqi esa ikki, to'rt, olti va undan ortik yo'lli; b -

ko'ndalang to'sikli trubalararo bo'shliqi bir va trubalar bo'shliqi ikki, to'rt, olti va ortik yo'lli; v

- ko'ndalang to'sikli trubalararo bo'shliqi ikki va trubalar bo'shliqi to'rt yo'lli.

turadigan aralash yo'nalishli suyuqliklar harakat sxemalari keltirilgan.

15-rasmdan ko'rinib turibdiki, issiqlik almashinish jarayonida ikki issiqlik eltkichlar orasidagi harakatga keltiruvchi kuch miqdori devor yuzasi bo'ylab o'zgarib bormoqda. Masalan, issiqlik eltkichlarning qurilmaga kirishda, parallel yo'nalishda (15a-rasm) lokal harakatga keltiruvchi kuch maksimal qiymatga ega: $\Delta t_{max} = t_1' - t_2'$, qurilmadan chiqishda esa, minimal $\Delta t_{min} = t_1'' - t_2''$. qarama-qarshi yo'nalishli harakatda ham xuddi shunday natijaga ega bo'lamiz. SHuning uchun issiqlik almashinish jarayonlarini hisoblashda o'rtacha harakatga keltiruvchi kuchdan foydalaniladi.

Issiqlik almashinishi yuzasining cheksiz kichik elementida vaqt birligida issiq eltkichdan sovuq eltkichga uzatilayotgan issiqlik miqdori (4.15a-rasm) ushbu tenglamadan aniqlanadi: $dQ = K(t_1 - t_2)dF$. Issiqlik almashinish oqibatida issiq eltkichning temperaturasi $dt_1 = -dQ/(G_1s_1)$ ga pasayadi, sovuq eltkichning temperaturasi esa $dt_2 = -dQ/(G_2s_2)$ ga ko'tariladi, bu yerda G_1 va G_2 issiq va sovuq eltkichlarning massaviy sarfi; s_1 va s_2 - issiq va sovuq eltkichlarning solishtirma issiqlik sig'implari. Issiqlik eltkichlar temperaturasining o'zgarishini topish uchun birinchi tenglamadan ikkinchisini ayirish kerak:

$$d(t_1 - t_2) = -dQ \left(\frac{1}{G_1 \cdot c_1} - \frac{1}{G_2 \cdot c_2} \right) \quad (54)$$

Agar, issiqlik o'tkazishning asosiy tenglamasining dQ qiymatini (54)ga qo'ysak ushbu ifodaga ega bo'lamiz:

$$\frac{d(t_1 - t_2)}{t_1 - t_2} = -K \left(\frac{1}{G_1 c_1} + \frac{1}{G_2 c_2} \right) dF \quad (55)$$

F yuzali issiqlik almashinish qurilmasida vaqt birligida issiqlik eltkichdan sovuq'iga o'tgan issiqlik miqdori Q , issiqlik balansi tenglamasidan topiladi:

$$Q = G_2 c_2 (t_1' - t_1'') = G_2 c_2 (t_2'' - t_2') \quad (56)$$

(56) tenglamadagi $G_1 c_1$ va $G_2 c_2$ larning qiymatlarini (4.103a) ga qo'ysak, ushbu ko'rinishni olamiz:

$$\frac{d(t_1 - t_2)}{t_1 - t_2} = - \frac{K}{Q} [(t_1' - t_1'') + (t_2'' - t_2')] \cdot dF \quad (57)$$

(57) tenglamani o'zgarmas K da integrallasak:

$$Q = KF \frac{(t_1' - t_2') - (t_1'' - t_2'')}{\ln \frac{t_1' - t_2'}{t_1'' - t_2''}} \quad (58)$$

yoki:

$$Q = KF \frac{\Delta t_{max} - \Delta t_{min}}{\ln \frac{\Delta t_{max}}{\Delta t_{min}}} \quad (59)$$

(58), (59) va issiqlik o'tkazishning asosiy tenglamalarini solishtirish natijasida issiqlik o'tish jarayonining o'rtacha harakatga keltiruvchi kuchini topish mumkin:

$$\Delta t_{yp} = \frac{\Delta t_{max} - \Delta t_{min}}{\ln \frac{\Delta t_{max}}{\Delta t_{min}}} \quad (60)$$

Ushbu ifoda issiqlik eltkichlarning qarama-qarshi yo'nalishli harakati uchun ham taalluqlidir.

Agar $\Delta t_{max}/\Delta t_{min} \leq 2$ va issiqlik eltkichlarning tezligi kichik bo'lganda, temperaturalarning farqi o'rtacha arifmetik qilib hisoblanadi:

$$\Delta t_{yp} = \frac{(\Delta t_{max} + \Delta t_{min})}{2} \quad (61)$$

Bu formulada hisoblaganda, xatolik 5% dan oshmaydi.

Issiqlik eltkichlarning kesishib o'tgan va aralash yo'nalishli harakatida o'rtacha harakatlantiruvchi kuch ushbu formuladan aniqlanadi:

$$\Delta t_{yp} = \varepsilon_{\Delta t} \frac{\Delta t_{max} - \Delta t_{min}}{\ln \frac{\Delta t_{max}}{\Delta t_{min}}} \quad (62)$$

bu yerda $\varepsilon_{\Delta t}$ - o'lchamsiz, koeffitsient bo'lib, 16-rasmdagi grafiklardan topish mumkin.

Grafiklardagi R va R kattaliklar Bouman formulasidan topiladi:

$$P = \frac{t_2'' - t_2'}{t_1' - t_2'}; \quad R = \frac{t_1' - t_1''}{t_2'' - t_2'} \quad (63)$$

Nazorat uchun savollar.

1. Issiqlik almashinish jarayonlari haqida umumiy tushunchalarni aytib bering.
2. Issiqlik balansi nima?
3. Temperatura maydoni va gradient qanday amalga oshirilad?
4. Issiqlik o'tkazuvchanlik nima?
5. Issiqlik nurlanishi nima?
6. Konvektiv issiqlik almashinish usuli qanday amalga oshiriladi?
7. Issiqlik o'tkazish qanday bajariladi?
8. Issiqlik nurlanishini tushuntiring.
9. Tekis devorning issiqlik o'tkazishini tushuntiring.
10. Tsilindrik devorning issiqlik o'tkazishini tushuntiring.