



QUVUR ICHIDA QUVUR TURIDAGI ISSIQLIK ALMASHINISH APPARATINING TERMODINAMIK TAHLILI

<https://doi.org/10.5281/zenodo.15493653>

Karabayev Asatilla Sunnatillayevich
Toshkent Davlat Texnika universiteti
katta o'qituvchi,
Norxo'jayev Abdullaxo'ja Saydolimxo'jayev
Toshkent Davlat Texnika universiteti
katta o'qituvchi,
Yo'lliyev Shukurali Ravshan o'g'li
Toshkent Davlat Texnika universiteti
assistent,
Xayitboyev Ravshanbek Asqar o'g'li
Toshkent Davlat Texnika universiteti
Bakalavr

Annotatsiya

Issiqlik energiyasidan oqilona va samarali foydalanish bugungi kunda korxonalarni texnik va texnologik qayta jihozlash strategiyasini tanlashda hal qiluvchi omil hisoblanadi. Issiqlik almashinish apparatlarida energiya tejamkorligini oshirish va hajmiy(gabarit) o'lchamlarini ixchamlashtirish maqsadida kanallarda issiqlik almashinish jarayonini jadallashtirish lozim. Issiqlik almashinish apparatlari quvurlarida harakatlanadigan modda(suyuqlik)ni silliq va nakatkalangan quvurlarda taqqoslash natijasida issiqlik almashinish jarayonini jadallashtirish, mahalliy va gidravlik qarshiliklarni hisobga olib energiya sarfini minimal darajaga tushirishga erishildi.

Kalit so'zlar: issiqlik energiyasi, issiqlik almashinish apparatlari, energiya tejamkorligi, jadallashtirish, silliq va nakatkalangan quvurlar, mahalliy va gidravlik qarshiliklar.

KIRISH

Issiqlik energiyasidan oqilona va samarali foydalanish bugungi kunda korxonalarni texnik va texnologik qayta jihozlash strategiyasini tanlashda hal qiluvchi omil hisoblanadi. Sanoatda issiqlik almashinish apparatlari deb ataladigan maxsus qurilmalarda ishchi moddalar (issiqlik tashuvchilar) o'rtasida issiqlik almashinish jarayoni amalga oshadi. Issiqlik almashinish apparatlari kimyo va oziq-ovqat, neft va gazni qayta ishlash sohalarida texnologik uskunalarning juda muhim qismidir. Issiqlik almashinish uskunolari kimyo sanoati korxonalarida ulushi o'rtacha o'n besh-o'n sakkiz foizini, neft-kimyo va neftni qayta ishlash sanoatida ellik foizni tashkil etadi. Kimyoviy korxonalarda issiqlik almashinish apparatlarining katta qismi deyarli barcha asosiy kimyoviy texnologik jarayonlar (bug'lanish, quritish va boshqalar) issiqlikni yetkazib berish yoki olib tashlash zarurati bilan bog'liq. Issiqlik jarayonlarida issiqlik bir moddadan ikkinchisiga uzatiladi. O'z-o'zidan issiqlik uzatish uchun ushbu moddalardan biri boshqasidan ko'ra ko'proq isitilishi kerak. Issiqlik almashinish jarayonida ishtirok etadigan moddalar sovutgich deb ataladi. Issiqlik almashinish jarayonida issiqlikni beradigan yuqori haroratli moddaga issiqlik tashuvchi deb ataladi va issiqlikni oladigan past haroratli modda sovuqlik tashuvchi deyiladi. Issiqlik almashinish apparatlarining vazifasi haroratni tartibga solish va issiqlik almashinish yuzasining ifloslanishini bartaraf qilishdir. Tartibga solish zarur harorat rejimini saqlab qolish uchun amalga oshiriladi va isitish yoki sovutish uzatiluvchi suyuqlikni miqdorini o'zgartirib amalga oshiriladi. Shunday qilib, isitgichlarda issiqlik tashuvchini yetkazib berishni tartibga solish orqali sovuqlik tashuvchining doimiy yakuniy harorati saqlanadi. Quvvur ichida quvvur issiqlik almashinish apparatlari neft, gaz, kimyo, neft-kimyo va boshqa sohalarda texnologik jarayonlarda muhitni isitish va sovutish uchun mo'ljallangan.

ADABIYOTLAR TAHLILI VA METODLAR

Sanoatning rivojlanishi natijasida zarur energiya quvvatining doimiy o'sishi cheklangan davr sharoitida issiqlik almashinish yuzasi va umumiy o'lchamlarini kamaytirish yoki mavjud issiqlik almashinish sirtining samaradorligini oshirish muammosini keltirib chiqardi, issiqlik almashinish apparatlari massagabarit parametrlarining oshishiga olib keldi va ushbu muammoni Kalinin E.K., Migay V.K.,

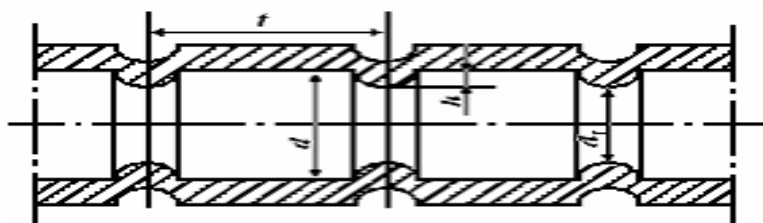
Dreytser G.A., Antuf'yev V.M., Kovalenko L.M., Gortishev Yu.F., Olimpiyev V.V., Buznik V.M., Laptev A.G., Popov I.A. ilmiy ishlarida ko'rib chiqdilar va nakatlangan quvur orqali issiqlik almashinishni jadallashtirish mumkinligini taklif qilishgan.

Yana bir muammo shunda bo'lganki, uzoq vaqt davomida operatsion omillarning salbiy ta'siri, masalan, ifloslantiruvchi moddalar, shlaklar, kimyoviy reaksiyalarning issiqlik almashinuvi yuzalarida cho'kmalar bo'lib, bu apparatning ish parametrlarini pasayishiga va texnik holatning asta-sekin yoki to'satdan buzilishiga olib kelishi mumkin. Bundan tashqari, cho'kindilarning mavjudligi termik qarshilikning oshishi tufayli talab qilinadigan sirt o'sishiga olib keladi. Jarayonda ishtirok etadigan ko'plab omillar va mexanizmlar tufayli ifloslantiruvchi moddalarning ta'sir darajasini baholash har doim ham mumkin emas.

Nakatlangan issiqlik almashinish apparatlarining asosiy afzalliklari yuqori issiqlik uzatish koeffitsiyentida va shuning uchun yanada ixcham umumiy o'lchamlarda bo'ladi. Yuqori issiqlik uzatish koeffitsiyenti oqimning rivojlangan turbulizatsiyasi bilan bog'liq. Turbulizator kanaldagi issiqlik uzatish koeffitsiyentini oshiradi, shuningdek quvurga qo'shimcha qattiqlik beradi.

Nakatlash yordamida quvurning tashqi yuzasiga davriy joylashgan halqali bo'rtiqlar hosil qilinadi (1-rasm).

Bunda quvurning ichki yuzasida ravon shaklli halqali diafragmalar hosil bo'ladi. Halqali diafragmalar va bo'rtmalar devor oldi qatlamidagi oqimni turbulizatsiyalaydi va quvurning ichki va tashqi tomonida issiqlik almashinuvi jadallashishini ta'minlaydi. Shuningdek bunda to'plamning tashqi diametri oshmaydi va issiqlik almashinish qurilmalarini yig'ishning oldingi texnologiyasi o'zgarmaydi.



1-rasm. Halqali nakatkali quvurning ko'ndalang qirgimi.

Quvurlarni nakatlashning taklif etilgan usulini amalga oshirish qiyin emas. Nakatkani amalga oshirish narxi quvur narxining bir necha foizini tashkil etadi xolos.

Taklif etilgan halqali turbulizatorli quvurlar gaz va suyuqlikda ishlovchi moslamalarda, issiqlik tashuvchilarning qaynashida va kondensatsiyalanishida qo'llaniladi, shuningdek amaliyotda qo'llashda universallikni ta'minlaydi. Shunday qilib, halqali turbulizatorli quvurlar barcha talablarni qoniqtiradi, bu esa ularni amaliyotda keng qo'llash imkonini beradi.

Shuni ta'kidlash kerakki, ushbu quvurlarda birinchi marotaba ilgari no'malum bo'lgan qonuniyat, ya'ni majburiy konveksiya sharoitida oqimning diskret turbulizatsiyalanishida kanal qismlarida issiqlik berishning o'zgarishi kashf etildi, ya'ni turbulizatorlarning belgilangan ko'lamdagi o'lchamida va joylashuvida issiqlik berishning o'sishi gidravlik qarshilikning o'sishidan katta bo'ladi. $Nu/Nu_t > \xi / \xi_t$ munosabatni amaliyotga joriy etib foydalanish natijasida, issiqlik almashinish qurilmasining belgilangan quvvatida va gidravlik qarshiligida nafaqat moslamaning hajmi kamayadi, balki uning ko'ndalang kesimi maydoni qisqaradi.

Halqali turbulizatorli quvurlar uchun Reynolds soniga bog'liq holda issiqlik berish va gidravlik qarshilik koeffitsiyentlarini aniqlash uchun turbulizatorlarning joylashish qadami va balandligi d/D uchun umumlashtiruvchi bog'liqliklar olingan. Barcha keltirilgan bog'liqliklarda halqali turbulizatorli quvurlarda va quvurlar to'plamida issiqlik berish koeffitsiyentini aniqlashda issiqlik almashinish yuzasining oshishi hisobga olinmagan, ya'ni issiqlik oqimining zichligi tekis quvurlarning o'tish kesimi bo'yicha aniqlanadi.

Nakatkalangan quvurlarda issiqlik berish va issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyentlarini aniqlash usuli. Intensivlash usulini tanlash bir qator shartlar bilan belgilanadi. Ulardan eng asosiylari:

1. Issiqlik almashinish qurilmasining gabarit o'lchamlari va massasini kamaytirish;
2. Issiqlik almashinish jarayonini intensivlash uchun ruxsat etilgan energetik sarflar va uni amalga oshirish uchun bor energiya turi;
3. Issiqlik berish intensivlanadigan oqimning gidrodinamik tarkibi. Issiqlik oqimi zichligining taqsimlanish yoki issiqlik eltkichda temperaturalar maydoni;
4. Issiqlik almashinish qurilmasining tayyorlash texnologiyasiga moyilligi, hamda ekspluatatsiya davrida qulayligi va ishonchliligi.

Undan tashqari, qurilma konstruksiyasi va jarayonning tahlili, issiqlik eltkichni uzatish uchun ruxsat etilgan energiya sarfini aniqlash imkonini beradi. Odatda, energiya sarfi deganda nasosning quvvati nazarda tutiladi. Shuning uchun, qurilma orqali issiqlik eltkichni uzatishda bosimlar yo'qotilishining yig'indisi o'zgarmas bo'lganda, uning gabarit o'lchamlarini kamaytirishni ta'minlaydigan intensivlash usullari yaratilishi kerak.

Turbulent oqimning gidrodinamik tarkibini va undan issiqlik almashinishni o'ziga xos xususiyatlarini bilish, oqimning qaysi sohasida turbulent tebranishlarni intensivlash zarurligini aniqlashga yordam beradi. Ko'pgina olimlarning ma'lumotlariga binoan, odatda quvur devori yaqinidagi suyuqliklar harakatini jadallashtirish kerakligini hech kim inkor qilmaydi. Odatda, turbulentlik intensivligini oshirish energetik sarflar o'sishi bilan bog'liq, ya'ni gidravlik qarshilik koeffitsiyenti ortadi. Shuning uchun, λ_t ni butun oqimda emas, balki devor yaqinida oshirish maqsadga muvofiq. Shunga alohida e'tibor berish kerakki, yaratilgan intensivlash usuli issiqlik almashinish qurilmalarini yasash texnologiyasini tubdan buzmasligi kerak va katta seriyada ishlab chiqarishga moyil bo'lishi zarur. Bu yerda nafaqat yasash va yig'ish texnologiyasi nazarda tutilgan, balki oddiy qurilmaga nisbatan narxi ham hisobga olingan bo'lishi kerak.

Hamma oqimlarni jadallashtirish usullarida issiqlik berishni jadallashtirish uchun oqim qo'shimcha sun'iy turbulizatsiya qilinadi. Lekin, shu bilan birga gidravlik qarshilik koeffitsiyenti ham oshadi. Shuning uchun, intensivlash darajasini bilish uchun intensivlash usulida olingan natijalarni, tekis quvurda olingan tajriba ma'lumotlar bilan taqqoslash maqsadga muvofiq. Buning uchun Nu/Nu_{sil} nisbatdan foydalanish mumkin.

Suyuqlik va gazlarning oqimi quvur ichida harakati davrida devor atrofidagi yupqa, chegaraviy qatlamni sun'iy ravishda turbulizatsiya qilishi kerak. Undan tashqari, ushbu devor atrofidagi yupqa qatlamni sun'iy ravishda turbulizatsiya qilish uchun diskret joylashgan ko'ndalang bo'rtiq turbulizatorlar qo'llash maqsadga muvofiq.

"Nakatka" qilish usulida tayyorlangan issiqlik almashinish qurilmasi tekis quvurlardan qurilma yasash texnologiyasidan farq qilmaydi. Lekin, samarador quvurli issiqlik almashinish qurilmasidagi nakatkali quvurlarning umumiy uzunligi, tekis quvurli qurilmanikidan kam bo'ladi, ya'ni kamroq sarf bo'ladi.

Shuning uchun ham, ushbu usulda jarayonni intensivlash qurilmaning gabarit o'lchamlari va massasini 1,5...2,0 marta kamaytirish imkonini beribgina qolmay, balki uning narxini ham arzonlashtirishga erishiladi.

"Nakatka" qilingan quvurlar issiqlik almashinish jarayonining samaradorligini oshiradi va bir qator afzalliklarga ega: quvurning ichki va tashqi tomonlarida issiqlik almashinish samaradorligini bir vaqtda amalga oshirish mumkin;

- boshqa usullarga nisbatan yuqori issiqlik almashinish samaradorligiga erishiladi;
- bu turdagi turbulizatorli quvurlarni sanoat miqyosida tayyorlash oson.

Gazlarni isitish va sovitish jarayonida ($Re=10^4 \dots 4 \cdot 10^5$, $d/D=0,88 \dots 0,98$ uchun $T_w/T_b=0,13 \dots 1,6$) o'rtacha issiqlik berishni ushbu formula yordamida aniqlash mumkin:

agar $t/d = 0,25 \dots 0,8$ bo'lsa,

$$\frac{Nu}{Nu_{sil}} = \left[1 + \frac{\lg Re - 4,6}{35} \right] \left\{ 3 - 2 \exp \left[\frac{-18,2(1 - d/D)^{1,13}}{(t/D)^{0,326}} \right] \right\} \quad (1)$$

agar $t/D = 0,8 \dots 2,5$ bo'lsa,

$$\frac{Nu}{Nu_{sil}} = \left[1 + \frac{\lg Re - 4,6}{30} \right] \left[\left(3,33 \frac{t}{D} - 16,33 \right) \frac{d}{D} + 17,33 - 3,33 \frac{t}{D} \right] \quad (2)$$

(1) va (2) formulardagi Nu ni hisoblashda hamma parametrlar gazning o'rtacha massaviy temperaturasida olinadi.

$d/D = 0,9 \dots 0,97$ va $t/D = 0,5$ parametrlarga ega turbulizatorli quvurlarda issiqlik berishni hisoblashda quyidagi formuladan foydalanish mumkin:

$$\frac{Nu}{Nu_{sil}} = \left(1 + \frac{\lg Re_w - 4,6}{7,45} \right) \left(\frac{1,14 - 0,28 \sqrt{1 - \frac{d}{D}}}{1,14} \right) \times \exp \left[\frac{9(1 - d/D)}{(t/D)^{0,58}} \right] \quad (3)$$

bu yerda Re_w - devorning o'rtacha temperaturasida hisoblanadi.

Agar $t/D = 0,5$ va $d/D > 0,94$ ($Re > Re^*$) bo'lsa, suyuqliklar uchun o'rtacha issiqlik berish quyidagi formuladan topiladi;

$$\frac{Nu_{nak}}{Nu_{sil}} = \left[100 * \left(1 - \frac{d}{D} \right) \right]^{0,445} \quad (4)$$

Bu yerda Nu_{sil} o'tish rejimi uchun ushbu formuladan hisoblab topiladi;

$$Nu_{sil} = 0,008 * Re^{0,9} * Pr^{0,43} \quad (5)$$

Issiqlik berish koeffitsiyentini aniqlaymiz:

$$\alpha_{nak} = \frac{Nu_{nak} * \alpha_{sil}}{Nu_{sil}}; \quad \left[\frac{Wt}{m^2 K} \right] \quad (6)$$

Ushbu quvurlarning gidravlik qarshiligi $Re = 3000...4*10^5$ oraliqda quydagi formuladan aniqlasa bo'ladi;

$d/D = 0,90...0,97$ va $t/D = 0,5...1,0$ bo'lganida.

Gidravlik qarshilik koeffitsiyenti;

$$\frac{\xi_{nak}}{\xi_{sil}} = \left[1 + \frac{100 * (lg Re - 4.6) * \left(1 - \frac{d}{D}\right)^{1.65}}{\exp\left(\frac{t}{D}\right)^{0.3}} \right] * \exp \left[\frac{25 \left(1 - \frac{d}{D}\right)^{1.32}}{\left(\frac{t}{D}\right)^{0.75}} \right]; \quad (7)$$

$d/D = 0,88...0,98$ va $t/D = 0,5$ bo'lganida;

$$\frac{\xi_{nak}}{\xi_{sil}} = \left[1 + \frac{(lg Re - 4.6)}{3,4 * Re * 10^{-5} + 6} \right] (1,3 - \sqrt{\frac{d}{D} - 0,93}) * \exp[20,9 * (1 - d/D)^{1,05}]; \quad (8)$$

$d/D = 0,90...0,98$ va $t/D = 0,25$ bo'lganida esa;

$$\frac{\xi_{nak}}{\xi_{sil}} = \left[1 - \frac{(lg Re - 4.6)}{6 * (Re * 10^{-5})^{0,33}} \right] \left(3 \frac{d}{D} - 2 \right) (2,5 - 1,5 \frac{d}{D}) * \exp[17(1 - d/D)^{0,858}]; \quad (9)$$

Standart quvur uchun: λ_{sil} -gidravlik qarshilik koeffitsiyenti

$$\lambda_{sil} = 0.316 * (Re)^{-0.25} \quad (10)$$

Nakatlangan quvurlar uchun;

$$\lambda_{nak} = \frac{\xi_{nak} * \lambda_{sil}}{\xi_{sil}} \quad (11)$$

Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{H1}} + \sum_{i=0}^n r + \frac{1}{\alpha_{H2}}}; \quad [Wt/m^2 K] \quad (12)$$

Nakatlangan quvurlar uchun apparatning haqiqiy issiqlik almashinish yuzasini aniqlaymiz:

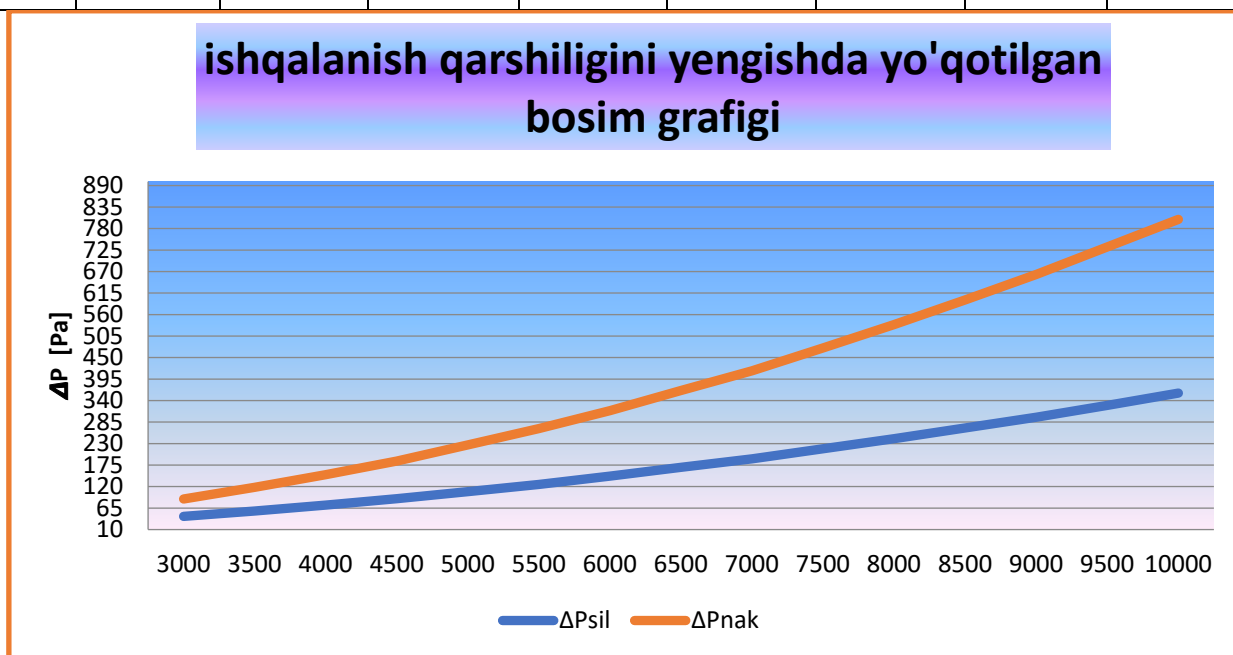
$$F = \frac{Q}{\Delta t_{ort} * K_H}; \quad [m^2] \quad (13)$$

NATIJALAR

Tajriba davomida standart(silliqlik) quvur va nakatlangan quvurlarda ishqalanishda bosim yo'qotuvlari, (ΔP_{nak} va ΔP_{sil} [Pa]) ni (**Re**) Reynolds soniga bo'g'liqligi jadval shaklida keltirilgan (quvur ichida issiq suv harakatlanganda) 1 – jadval.

1-jadval

Re	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	6500
ΔP_{sil}	43,737	57,445	72,516	88,782	107,064	125,632	146,636	169,063
ΔP_{nak}	88,223	117,998	150,49	185,186	226,722	268,42	314,187	365,828
Re	7000	7500	8000	8500	9000	9500	10000	
ΔP_{sil}	191,073	216,574	242,419	269,922	297,605	327,831	359,12	
ΔP_{nak}	415,996	474,853	534,348	597,439	662,496	733,169	803,473	



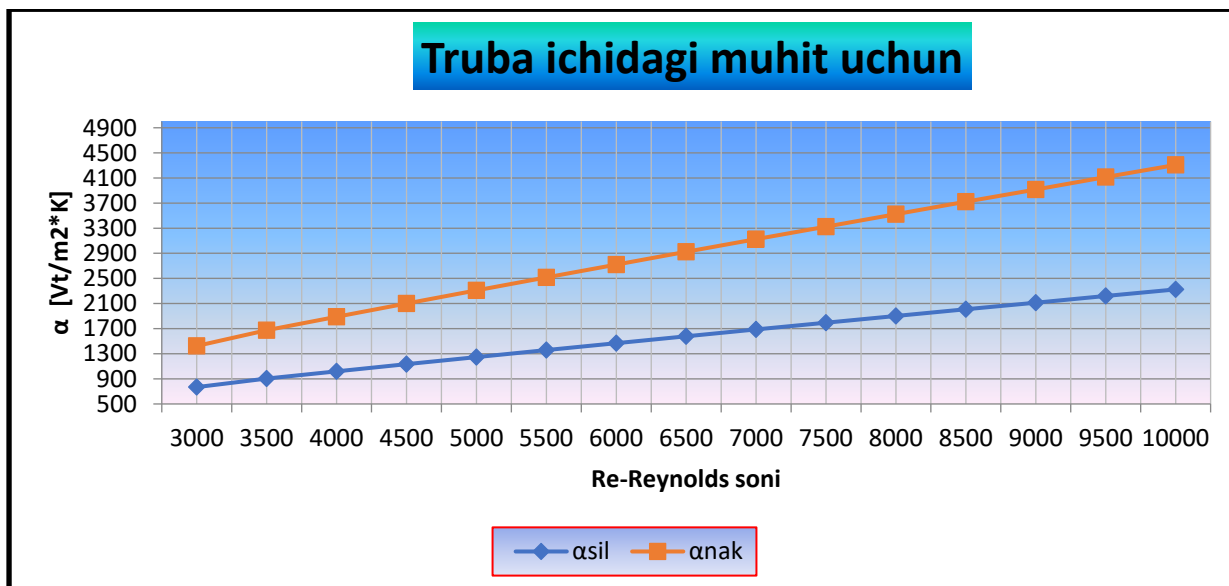
1-grafik. Standart(silliq) quvurlarda bosim yo'qotuvlari va nakatkalangan quvurlarda bosim yo'qotuvlarining (quvur ichida issiq suv harakatlanganda) o'zaro farqi.

Tajriba davomida standart(silliq) quvur va nakatlangan quvurlarda issiqlik berish koeffitsiyentlari (α_{sil} va α_{nak} [Wt/m²K])ni (Re) Reynolds soniga bo'g'liqligi jadval shaklida keltirilgan (quvur ichida issiq suv harakatlanganda) 2 – jadval.

2 – jadval.

Re	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	6500
α_{sil}	768,471	903,687	1019,125	1133,048	1245,79	1357,345	1467,918	577,574
α_{nak}	1424,112	674,532	1888,541	2099,73	2308,66	2515,391	2720,31	923,512

Re	7000	7500	8000	8500	9000	9500	10000	
α_{sil}	1686,393	794,375	1901,758	2008,384	2113,375	2219,841	2324,712	
α_{nak}	3125,172	325,281	3524,28	3721,876	3916,443	4113,742	4308,086	

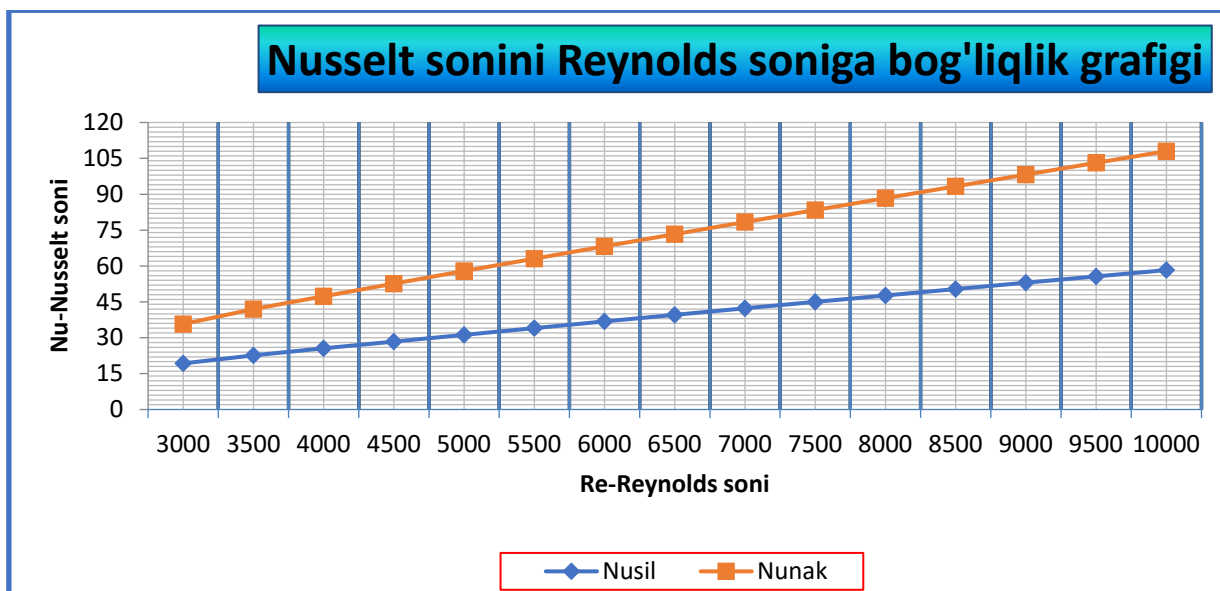


2 – grafik. Tajriba davomida standart(silliqlik) quvur va nakatlangan quvurlarda issiqlik berish koeffitsiyentlari,(α_{sil} va α_{nak} [Wt/m²K])ni (**Re**) Reynolds soniga (quvur ichida issiq suv harakatlanganda) bog'liqlik grafiki keltirilgan.

Tajriba davomida standart (silliqlik) quvur va nakatlangan quvurlarda Nusselt sonlarini, (Nu_{sil} va Nu_{nak})ni (**Re**) Reynolds soniga (quvur ichida issiq suv harakatlanganda) olingan natijalar 3 – jadval shaklida keltirilgan.

3 – jadval.

Re	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	6500
Nu_{sil}	19,272	22,663	25,558	28,415	31,242	34,04	36,813	39,563
Nu_{nak}	35,714	41,998	47,363	52,657	57,897	63,081	68,22	73,316
Re	7000	7500	8000	8500	9000	9500	10000	
Nu_{sil}	42,292	45	47,693	50,367	53	55,67	58,3	
Nu_{nak}	78,374	83,392	88,383	93,338	98,218	103,165	108	



3 – grafik. Tajriba davomida standart (silliqlik) quvur va nakatlangan quvurlarda Nuselt sonlarini, (Nu_{sil} va Nu_{nak})ni (Re) Reynolds soniga (quvur ichida issiq suv harakatlanganda) bog'liqlik grafigi.

MUHOKAMA

Entropik usul va termodinamika qonunlari tahlili. Entropiya usuli R. Klauziusning takomillashtirilgan va yanada rivojlangan usulidir. Ushbu uslub bilan tahlil qilish faqat issiqlikning eksergiyasi bilan cheklangan. Ikkinchidan, issiqlikning aylanadigan qismini faqat ushbu qurilmaning kirish va chiqishida hisoblash uchun ishlatiladi. Entropiya uslubining asosi eksergetik yo'qotish koeffitsiyentlari tizimi hisoblanadi. Issiqlik energiyasi, sovitish moslamalari, issiqlik nasoslari va gaz ajratish qurilmalaridan foydalangan holda va ishlatmasdan turli xil quvvat qurilmalarini tahlil qilish uchun entropik usulni qo'llashning maxsus holatlari ko'rib chiqiladi. Iqtisodiy omillarni entropiya uslubiga bog'lab ularni hal qilishga urinishlar mavjud.

Haqiqiy jarayonlarda qaytmas energiya yo'qotilishlari sodir bo'ladi. Shuning uchun hozirgi vaqtda sistemalarni termodinamik tahlil qilishda jarayonlarni qaytmasligini inobatga oluvchi ikkita usuli qo'llaniladi: entropiya (sikllar usuli) va eksergiya usullari. Ikkala usulga ham R.K.Klauzius, D.V. Gibbs va A. Stodola ilmiy ishlarida asos solingan. Undan tashqari, bu usullarning rivojiga A.I. Andryushenko, V.M.Brodyanskiy, D.P. Goxshteyn va boshqalar o'z hissalarini qo'shganlar. Ikkala usul ham termodinamikaning ikkinchi qonuniga asoslangan bo'lib,

bir maqsad uchun, ya'ni haqiqiy jarayonlardagi energiya yo'qotilishlarini aniqlash uchun ishlatiladi.

XULOSA

Mayjud issiqlik almashinish apparatlaridan foydalanadigan elektr stansiya, ishlab chiqarish korxonalari va tizimlarda nakatkalangan quvurlardan imkon qadar keng foydalanishni yo'lga qo'yish kerak, chunki bunday quvurlarda ishchi modda harakatlanishi issiqlik uzatish koeffitsiyentining oshishiga olib keladi va shunga mos ravishda issiqlik almashinish apparatlarining kerakli sirt maydonini kamayishi isbotlandi va iqtisodiy samaradorlikning oshishi aniqlandi.

ADABIYOTLAR

1. Калинин Э.К., Дрейцер Г.А., Копп И.З., Мякочин А.С. «Эффективные поверхности теплообмена». М.: Энергоатомиздат, 1998 г. 407 с.
2. Каримов К.Ф., Карабаев А.С., Маслов А.В., Азизов Д.Х. “Термодинамический анализ потерь компрессорно-конденсаторного узла холодильной установки”. Международная научно-практическая конференция «Современные энергосберегающие тепловые технологии (Сушка и термовлажностная обработка материалов)». 28-31 Мая 2002 г. Москва.
3. Закиров С.Г., Закирова Н.С., Карабаев А.С. “Эксергетический анализ теплообмена в теплообменнике “Труба в трубе” в переходном режиме течения жидкости”. Ферганский политехнический институт. СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ 1 международной научно практической конференции “Актуальные проблемы внедрения инновационной техники и технологий на предприятиях по производству строительных материалов, химической промышленности и в смежных отраслях” 24-25 мая 2019 года 1-том.