

ISSN 2181-4732  
E-ISSN 2181-4015

# INNOVATION TEKNOLOGIYALAR

Ilmiy-texnikaviy jurnal

## ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Научно-технический журнал

## INNOVATIVE TECHNOLOGIES

Scientific and technical journal



2025  
1/57

QARSHI DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI  
КАРШИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
KARSHI STATE TECHNICAL UNIVERSITY

# INNOVATSION TEXNOLOGIYALAR

Ilmiy-texnikaviy  
jurnal 2010-yilda  
tashkil etilgan

2025/1(57)-son

2011-yil mart oyidan boshlab  
chiqarilgan

**Muassis:**  
**Qarshi davlat  
texnika universiteti**

**TAHRIRIYAT HAY'ATI:**  
Bosh muharrir:  
t.f.d., prof. Uzoqov G'.N.

Mas'ul kotib:  
t.f.n. Raxmatov M.I.

**Tahrir kengashi a'zolari:**

Abduraxmonov Q.X., i.f.d., prof.,  
O'zR FA akademigi  
Zoxidov R.A., t.f.d., prof.,  
O'zR FA akademigi  
Igamberdiyev X.Z., t.f.d., prof.,  
O'zR FA akademigi  
Sednin V.A., t.f.d., prof. (Belorussiya)  
Aldoshin N.V., t.f.d., prof. (Rossiya)  
Xanov N.V., t.f.d., prof. Rossiya  
Manoxina A.A., q.x.f.d., prof. Rossiya  
Gibadullin A.A., i.f.n., dots. (Rossiya)  
Voynash S.A., t.f.d., prof. (Rossiya)  
Pulyayeva V.N., i.f.n., (Rossiya)  
Morkovkin D.Y., i.f.n., (Rossiya)  
Perskaya V.V., i.f.d., (Rossiya)  
Molchanov I.N., i.f.d., (Rossiya)  
Xarchenko V.V., t.f.d., prof. (Rossiya)  
Sidorov V.A., i.f.d., prof., (Rossiya)  
Mextiyeva A.M., t.f.n. (Ozarbayjon)  
Sadridinov M.I., i.f.n., (Tojikiston)  
Abdelxamid M.A., t.f.n., (Misr Arab  
Respublikasi)  
Agzamov A.H., t.f.d., prof.  
Umurzakov R.A., g.m.f.d., prof.  
Bakiyev M.R., t.f.d., prof.  
Bobomirzayev P.X., q.x.f.d., prof.  
Jonqobilov U.U., t.f.d., prof.  
Mamatov F.M., t.f.d., prof.  
Urishev B., t.f.d., prof.

**MUNDARIJA**

**GEOLOGIYA-MINIROLOGIYA FANLARI**

<b>Muhammadiyev H.M., Abbosova S.A., Agzamova S.A., Kudaybergenov B.T.</b> Urga ko'p qatlamli konini muammolari va o'zlashtirish samaradorligini oshirish yo'llari	<b>7</b>
--	----------

**TEXNIKA FANLARI**

<b>Zakhidov R.A., Yusupov E.T.</b> O'zbekiston sharoitida to'g'ridan-to'g'ri elektr tarmog'iga ulangan quyosh fotoelektrik stansiyaning ishlash jarayonini tadqiq qilish	<b>14</b>
<b>Avezova N. R., Dehkonova M.X.</b> Jovanni bioiqlim diagrammasi asosida passiv uylar uchun energoaktiv oyna bloklarining issiqlik samaradorlik tahlili	<b>21</b>
<b>Mirzaev J.A., Babakhodjayev R.P., Tashbayev N.T., Eshkuvatov L.M.</b> Favvorali- qaynash qatlam ko'tarilish oqimida gaz-qattiq modda aralashmasi harakatidagi matematik modelning tuzilishi	<b>33</b>
<b>Abilfayziyev Sh.N., Qurbonmurodov U.J.</b> Elektr tarmoqga ullanangan 100 kW fotoelektrik stansiyaning energiya ko'rsatkichlari tahlili	<b>39</b>
<b>Toshmamatov B.M., Davlonov X.A.</b> Aktiv quyosh isitish tizimiga ega chiqindi reaktorining gidrodinamik rejimini tajribaviy tadqiqot qilish	<b>48</b>
<b>Komilov S.I.</b> Yo'l qurilish mashinalari texnologik ish jarayonlarini fizik modellashtirish	<b>54</b>
<b>Bazarov O.Sh., Babajanov Y.T., Eshev S.S., Xolmamatov I.K.</b> Ikki kanalning birlashgan qismida paydo bo'ladigan uyurmali zonasini hisobga olish bilan, oqimning gidravlik va geometrik parametrlarini aniqlash	<b>62</b>
<b>Xujaqulov R., Rahmatov M.I., Tursunov F.Y., Islomov I.M.</b> Yirik nasos stantaiyasiga suv olishda oqiziqlardan himoya qiluvchi suzib yuradigan qurilma	<b>68</b>
<b>Eshev S.S., Mahmudov U.X., Mahmudov X.E., Safarov A.A., Safarova M.A.</b> Beton kanallardagi turbulentslikning gidravlik qarshilikka ta'siri va ularning o'ziga xos jihatlari	<b>74</b>
<b>Xujakulov S.M., Pardayev Z.E., Shodiyev T.O., Quziyev O.A.</b> Issiqlik almashinish qurilmalarining issiqlik balans jarayonlarini modellashtirish	<b>81</b>

UO‘K: 697.145:697.343

## ISSIQLIK ALMASHINISH QURILMALARINING ISSIQLIK BALANS JARAYONLARINI MODELLASHTIRISH

**Xujakulov Saydulla Mirzayevich** – texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori(PhD), dotsent,

ORCID: 0000-0001-6947-6750, E-mail: [saidbek1973@mail.ru](mailto:saidbek1973@mail.ru)

**Pardayev Zokir Elmurodovich** – mustaqil izlanuvchi (PhD), dotsent

ORCID: 0009-0006-3596-7344, E-mail: [z.pardayev986@gmail.com](mailto:z.pardayev986@gmail.com)

**Shodiyev Timur O‘ktamovich** – stajyor-o‘qituvchi,

ORCID: 0009-0003-0159-3725, E-mail: [timur.shodiev005@gmail.com](mailto:timur.shodiev005@gmail.com)

**Quziyev Olmosbek Anvar o‘g‘li** – doktorant (PhD),

ORCID: 0009-0003-5737-3342, E-mail: [quziyevolmosbek57@gmail.com](mailto:quziyevolmosbek57@gmail.com)

Qarshi davlat texnika universiteti, Qarshi sh., O‘zbekiston

*Annatsiya.* Maqolada issiqlik energetikasida, xususan issiqlik elektr stansiyalari va markazlarida qo‘llaniladigan issiqlik almashinish qurilmalarining asosiy xususiyatlari, matematik modellashtirish uchun hisobiy ifodalar keltirilgan, issiqlik elektr markazidagi texnologik bug‘ iste‘molchisiga bosh bug‘ quvuridan reduksion sovitish qurilmasi orqali uzatiladigan bug‘ oqimidan foydalanib siklni ta‘minlash suvini qizdirish jarayonining issiqlik balans tenglamasi tuzilgan va natijalar olingan, modellashtirish maqsadida ketma-ket yaqinlashish usulidan foydalanilgan.

Issiqlik almashingichlar (IA) energetik qurilmalarda turli harorat va issiqlik potensialiga ega ishchi jismlarni qizdirish yoki sovitish maqsadlarida qo‘llaniladi. Yuqorida ta‘kidlanganidek, IA qurilmalari turli ishlab chiqarish va texnologik jarayonlarni amalga oshirish maqsadida qo‘llaniladi. Termodinamik qonuniyatlarga ko‘ra harorati yuqori bo‘lgan issiqlik tashuvchi yoki muhitdan past haroratli muhitga tomon issiqlik uzatilishi sodir bo‘ladi. Bu jarayonlar IA qurilmalarini issiqlik va gidravlik hisoblashlar orqali aniqlanadi.

Issiqlik almashinish qurilmalarning harorat naporini hisoblash har qanday murakkablikdagi sxema uchun issiqlik tashuvchi oqimi parametrlarini aniqlashda foydalanilishi mumkin. IAQning harorat naporini tuzatishda ifodada aniqlangan komplekslar asosida ma‘lumotnoma grafiklaridan foydalaniladi.

Issiqlik almashinish qurilmalarini loyihaviy issiqlik hisobida asosiy maqsad, uning sxemasini ishlab chiqish va ishchi yuzasining asosiy o‘lchamlarini aniqlashdan iborat.

**Kalit so‘zlar:** issiqlik almashinish qurilmalari, qizdirish yuzalari, reduksion sovitish qurilmasi, reaktor, kondensatsiyalash uskunasi, bug‘-kuch dvigatellari, deaerator.

УДК: 697.145:697.343

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОВОГО БАЛАНСА ТЕПЛООБМЕННЫХ УСТРОЙСТВ

**Худжакулов Сайдулла Мирзаевич** – доктор философии по техническим наукам (PhD),

доцент

**Пардаев Зокир Элмуродович** – самостоятельный соискатель (PhD), доцент

**Шодиев Тимур Уктамович** – стажер-преподаватель

**Кузиев Олмосбек Анвар угли** – докторант (PhD)

Каршинский государственный технический университет, г. Карши, Узбекистан

*Аннотация.* В статье приведены основные характеристики теплообменных аппаратов, используемых в тепловой энергетике, в частности на тепловых электростанциях и узлах, расчетные выражения для математического моделирования, сформулировано уравнение теплового баланса для процесса нагрева сетевой воды за счет расхода пара, передаваемого от главного паропровода к технологическому потребителю пара в тепловом энергоузле через редуцирующий охладитель, и получены результаты. Для моделирования использован метод последовательных приближений.

*Теплообменники (ТО) используются в энергетических устройствах для нагрева или охлаждения рабочих сред с различными температурами и тепловыми потенциалами. Теплообменные устройства (ТОУ) применяются для реализации различных производственных и технологических процессов. Согласно законам термодинамики передача тепла происходит от теплоносителя или среды с более высокой температурой к среде с более низкой температурой. Эти процессы определяются посредством тепловых и гидравлических расчетов ТО устройств.*

*Расчет температурного сопротивления теплообменных устройств может быть использован для определения параметров потока теплоносителя для контура любой сложности. Коррекция температуры ТОУ использует эталонные графики, основанные на комплексах, определенных в выражении.*

*Основной целью проектного теплового расчета теплообменных аппаратов является разработка его схемы и определение основных размеров рабочей поверхности.*

**Ключевые слова:** теплообменники, поверхности нагрева, редуционный холодильник, реактор, конденсационное оборудование, паровые машины, деаэрактор.

UDC: 697.145:697.343

## MODELING OF HEAT BALANCE PROCESSES OF HEAT EXCHANGE DEVICES

**Khujakulov Saidulla Mirzaevich** – Doctor of Philosophy in Technical Sciences,  
Associate professor

**Pardaev Zokir Elmurodovich** – Independent Researcher, Associate professor

**Shodiev Timur Uktamovich** – Junior Teacher

**Kuziev Olmosbek Anvar ugli** – Doctoral Student (PhD)

Karshi State Technical University, Karshi city, Uzbekistan

**Abstract.** *The article presents the main characteristics of heat exchange devices used in thermal power, in particular in thermal power plants and centers, computational expressions for mathematical modeling, a heat balance equation for the process of heating the cycle supply water using the steam flow transmitted from the main steam pipeline to the technological steam consumer in the thermal power center through a reduction cooling device is formulated and the results are obtained, the method of successive approximation is used for modeling.*

*Heat exchangers (HE) are used in power plants for the purpose of heating or cooling working bodies with different temperatures and heat potentials. As noted above, HE devices are used to implement various production and technological processes. According to thermodynamic laws, heat transfer occurs from a heat carrier or environment with a high temperature to an environment with a low temperature. These processes are determined by thermal and hydraulic calculations of HE devices.*

*Calculation of the temperature resistance of heat exchange devices can be used to determine the parameters of the heat carrier flow for a scheme of any complexity. When correcting the temperature resistance of the HED, reference graphs are used based on the complexes defined in the expression.*

*The main goal of the design heat calculation of heat exchange devices is to develop its scheme and determine the main dimensions of the working surface.*

**Keywords:** heat exchange devices, heating surfaces, reduction cooling device, reactor, condensing equipment, steam-power engines, deaerator.

### Kirish

Issiqlik energetikasida foydalaniladigan qizdirgichlar, qizdirish yuzalari, reduksion sovitish qurilmalari, reaktorlar, kondensatsiyalash uskunalari, bug'-kuch dvigatellari va deaeratsion qurilmalarning barchasi issiqlik almashinish qurilmasi hisoblanadi. Chunki bu qurilmalarda issiqlik almashinishi termodinamik qonuniyatlar asosida amalga oshadi va issiqlik o'tkazuvchanlik, issiqlik uzatish, issiqlik berish koeffitsiyentlari ishtirokida biror miqdordagi issiqlik bir muhitdan ikkinchi muhitga o'tadi.

Shu jumladan issiqlik uzatish energetik qurilmalar ekspluatatsiyasi davomida ularning konstruktiv elementlari orqali ishchi jismlar (gaz, bug‘, suyuqliklar) orasida issiqlik almashinishi ko‘rinishida sodir bo‘ladi. Ushbu jarayonni o‘rganuvchi va hisoblash ishlarini olib boradigan issiqlik texnikasining bo‘limi issiqlik uzatish deb nomlanadi. Issiqlik uzatish issiqlik almashinish qurilmalarining turi va vazifasidan qat‘iy nazar amalga oshadigan jarayon hisoblanadi.

Issiqlik uzatilishini hisoblash ishlarini amalga oshirishdan maqsad – tizimning konstruktiv elementlaridagi issiqlik yuklamalarini aniqlash, issiqlik energiyasini ishlab chiqarish va ish bajarishda samaradorlikni oshirish uchun issiqlik yo‘qotishlarini kamaytirish yo‘llarini aniqlash, energetik tizimdagi issiqlik almashinish qurilmalari va issiqlik dvigatellarining sovitish tizimlari parametrlarini hamda issiqlik almashinish intensivligini aniqlashdan iborat.

Energetik qurilmalarning turli elementlari va agregatlarini issiqlik jarayonlarini loyihalash va tadqiqot qilish bo‘yicha ko‘plab ilmiy izlanishlar amalga oshirilgan [1-3].

## Usullar

Termodinamik masalalarni yechishda, birinchi navbatda tadqiq qilinadigan obyektning konstruktiv xususiyatlari, shakli, geometrik o‘lchamlari hamda issiqlik tashuvchi muhitning turlari asosida fizik modeli ishlab chiqilishi va yetarlicha jarayon nuqtai nazaridan asoslanishi talab qilinadi. Bunda, albatta, barcha zaruriy shartli belgilangan parametrlar (harorat, bosim, tezlik, sarf, hajm) va issiqlik oqimlarining turlari, qurilmaning o‘lchamlari oldindan tanlangan bo‘lishi shart.

Keyingi bosqichda tadqiq qilinayotgan issiqlik almashinish jarayonini hisoblashning tenglamalar tizimi asosida matematik usulda yechish modeli, ya‘ni matematik modellashtirilishi amalga oshiriladi. Matematik model tizimda aniqlanishi zarur bo‘lgan noma‘lum sonli qiymatlar va berilgan kattaliklar ifodalanadigan tenglamalar va ifodalar bilan chegaralangan bo‘lishi talab qilinadi. Shuningdek matematik modelni tashkil qiladigan tenglamalar tarkibi yoki aniqlik darajasiga mos keladigan chegara shartlari tanlangan bo‘lishi shart. Biroq, bu umumiy talablar hisoblanadi va issiqlik uzatishga doir masalalarni hal etishda masalaning qo‘yilishi jihatidan farq qilishi mumkin. Ko‘pincha issiqlik uzatilishiga doir masalalar ketma-ket yaqinlashish yoki iteratsiya usuli deb ataladigan usul bilan yechiladi.

Tadqiqot davomida qo‘yiladigan masalani iteratsiya usulida yechilishi uchun tadqiqotchidan, issiqlik uzatish bo‘yicha chuqur bilim bo‘lishini, issiqlik almashinish intensivligiga asosiy va ikkilamchi ta‘sir ko‘rsatuvchi omillarni bilish talab qilinadi.

Har qanday vaziyatlarda tadqiqotchi issiqlik almashinish jarayonining fizik modelini to‘g‘ri tanlay olish darajasidagi nazariy bilimga va qo‘yilgan masalaning to‘g‘ri va qanoatlanarli yechimiga olib keladigan algoritmnini ishlab chiqish potensialiga ega bo‘lishi shart.

Issiqlik almashingichlar (IA) energetik qurilmalarda turli harorat va issiqlik potensialiga ega ishchi jismlarni qizdirish yoki sovitish maqsadlarida qo‘llaniladi. Yuqorida ta‘kidlanganidek, IA qurilmalari turli ishlab chiqarish va texnologik jarayonlarni amalga oshirish maqsadida qo‘llaniladi.

Termodinamik qonuniyatlarga ko‘ra harorati yuqori bo‘lgan issiqlik tashuvchi yoki muhitdan past haroratli muhitga tomon issiqlik uzatilishi sodir bo‘ladi. Bu jarayonlar IA qurilmalarini issiqlik va gidravlik hisoblashlar orqali aniqlanadi.

IA qurilmalarini hisoblash loyihaviy va tekshirish hisoblariga bo‘linadi. Qurilma sxemasini tanlash, gabarit o‘lchamlarini aniqlash, harorati yuqori issiqlik tashuvchidan sovuq issiqlik tashuvchiga belgilangan issiqlik uzatish shartlarini ta‘minlash parametrlarini aniqlash loyihaviy hisoblashning asosiy maqsadi hisoblanadi. Bunday hisoblashning amalga oshirilishi, aniq o‘lchamga, sxemaga va parametrlarga ega IA qurilmasini tanlash imkonini beradi.

Tekshirish hisoblarini amalga oshirilishi, ishlab chiqilgan IA qurilmasining maksimal issiqlik yuklamasini baholash va unga kirishdagi hamda chiqishdagi issiqlik tashuvchining parametrlarini aniqlash imkonini beradi. Hisoblashning bu usuli, tuzilishi jihatidan issiqlik tashuvchining kirish va chiqish parametrlarini o‘zgartirish orqali qurilmani intensivfikatsiyalash yo‘llarini aniqlashni ham o‘z ichiga oladi. IAQda issiqlik uzatilishi nazariy issiqlik uzatish va issiqlik berish masalalaridan tubdan farq qiladi. Chunki real holatlarda, IAQga kiritiladigan yoki chiqariladigan issiqlik tashuvchilarning barchasida qurilma bo‘ylab harorat potentsiali doimiy bo‘lmaydi, ya‘ni o‘zgarib turadi. Bunday holat issiqlik berish va issiqlik uzatish koeffitsiyenti intensivligini qurilma ishchi yuzalari bo‘ylab o‘zgarishini keltirib chiqaradi.

IAQni issiqlik hisobini amalga oshirishda issiqlik uzatishning harorat naporini aniqlash muhim sanaladi. Chunki, issiqlik tashuvchining harorati o'zgaruvchanligi bilan IAQ ishchi yuzalarida harorat naporining taqsimoti murakkablashib boradi. IAQda issiqlik uzatishni hisoblashning yuqorida keltirilgan xususiyatlari, maxsus usulda issiqlik tashuvchining yuza bo'ylab o'zgaruvchi parametrlarini o'rtacha qiymatga keltirishni talab qiladi.

**Matematik modellashtirish.** Issiqlik uzatish oqimi  $Q_{IA}$ , ya'ni qurilmaning issiqlik yuklamasi (1) ifodadan aniqlanadi, agar uni issiqlik uzatish koeffitsiyenti orqali ifodalansa IAQ hisoblari uchun qulay ko'rinishga keladi:

$$q_{IA} = \frac{\Delta T_{IA}}{R_{IA}}; \quad R_{IA} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda_w} + \frac{1}{\alpha_2}, \quad (1)$$

$$Q_{IA} = K_{IA} \cdot \Delta T_{IA} \cdot F_w; \quad K_{IA} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda_w} + \frac{1}{\alpha_2}}. \quad (2)$$

(2) ifoda orqali issiqlik uzatish koeffitsiyentini hisoblashda IAQ devor yuzasining harorati issiqlik berish koeffitsiyentiga kuchli ta'sir ko'rsatadi. Bu holat oqimli issiqlik tashuvchilari va nurlanish tizimlarining issiqlik almashinishida yaqqol ko'zga tashlanadi. Shuningdek, uning qiymati issiqlik uzatish masalalarida noma'lum qiymat bo'lib ketma-ket yaqinlashish usulida topiladi. Buning uchun IAQni loyihalashda quvur materiali, o'lchami va issiqlik tashuvchi oqim yo'nalishi kabilar ma'lumotnoma adabiyotlaridagi tavsiyalar asosida tanlanadi.

Masalan, silindrik shakldagi yuzali turdagi qurilmalarda issiqlik uzatish koeffitsiyentini hisoblashda yassi yuzali tizimga tegishli hisoblash tenglamalaridan foydalanish maqsadga muvofiq. Shunda hisoblash xatoligi 1,5 % dan oshmaydi; qurilmaning ishchi yuzasini  $F_w$  hisoblashda (2) ifoda hisobga olinadi va issiqlik uzatish koeffitsiyenti devorning issiqlik tashuvchi tomonidagi  $\alpha_1$  va sovuq issiqlik tashuvchi tomonidagi  $\alpha_2$  issiqlik berish koeffitsiyentlariga bog'liq bo'ladi. Bunda quyidagi holatlarga duch kelinadi:

- agar  $\alpha_1 \approx \alpha_2$  bo'lsa, hisobiy  $F_w$  qiymati quvurning o'rtacha diametriga ko'ra tanlanadi;

- agar issiqlik berish koeffitsiyentlari qiymati bir-biridan farq qilsa,  $F_w$  qiymati kichik ko'rsatkichli issiqlik berish koeffitsiyentiga ega yuza uchun tanlanadi. Misol uchun suv-havo turidagi IAQda,  $\alpha_1 < \alpha_2$  va suv quvur yo'lida harakatlanayotgan bo'lsa yuza parametri havo oqimi tomonidan hisoblanadi;

silliqli quvurli va plastinkali IAQda bitta muhit gazsimon va ikkinchi muhit suv bo'lsa, suv tomonidagi devorning termik qarshiligi va issiqlik berish koeffitsiyentini hisobga olmasa ham bo'ladi, ya'ni qurilmadagi issiqlik uzatish koeffitsiyenti gazsimon muhit tomonidagi issiqlik berish koeffitsiyentiga teng bo'lib qoladi;

issiqlik uzatish koeffitsiyentini hisoblashda ikkita holat bo'lishi mumkin:

a) issiqlik berish koeffitsiyenti devor haroratiga bog'liq bo'lmasdan issiqlik tashuvchining haroratigagina bog'liq bo'ladi (turbulent rejimdagi majburiy konveksiya). Bunday holatda issiqlik tashuvchining harorati bo'yicha fizik xususiyatlarini aniqlash talab qilinadi;

b) issiqlik tashuvchining issiqlik berish koeffitsiyenti devor haroratiga bog'liq bo'lib, issiqlik berishning mezonli tenglamalarini yechishda, radiatsion issiqlik oqimlarini hisoblashda va issiqlik tashuvchining fazaviy o'zgarishida issiqlik berishini aniqlashda hisobga olinadi, bu masalalar ham iteratsiya usuli bilan yechiladi.

Har qanday turdagi IAQni issiqlik hisobini bajarish matematik modellashtirishga olib keladigan quyidagi tenglamalarga asoslanadi:

1. Birlamchi va ikkilamchi (qaynoq va sovuq) issiqlik tashuvchilar orasida uzatiladigan issiqlik yuklamasi,  $Q$ , Vt:

$$Q = C_1 \cdot \delta T_1 = C_2 \cdot \delta T_2 = K_{IA} \cdot \Delta T_{IA} \cdot F_w, \quad (3)$$

bu yerda  $C_k = c_{pk} \cdot G_k$  – k-turdagi issiqlik tashuvchining  $c_{pk}$  issiqlik sig'imi va  $G_k$  massaviy sarfiga bog'liq bo'lgan issiqlik ekvivalenti, Vt/K.  $C_k$  kattaligi issiqlik tashuvchining bir gradusi bilan qancha energiya keltirilganligini ifodalaydi;  $\delta T_k = T_{k0} - T_{kF}$  – k-turdagi issiqlik tashuvchining IAQga kirish va chiqish nuqtalarida harorat o'zgarishi;  $F_w = \pi d \cdot l$ ,  $m^2$  – IAQning ishchi yuzasi (quvur uzunligi va o'rtacha diametriga ko'ra).

2.  $K_{IA}$  issiqlik uzatish koeffitsiyenti (IUK), Vt/( $m^2 \cdot K$ ), issiqlik tashuvchining issiqlik berishida termik qarshiligiga teskari kattalik hisoblanadi. IAQda ishchi yuzaning o'rtacha IUK quyidagicha aniqlanadi:

$$\bar{K}_{IA} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda_w} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (4)$$

3. IAQda issiqlik uzatishning o'rtacha harorat nabori  $\Delta T_{IA}$  quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta \bar{T}_{IA} = \frac{(\Delta T_0 - \Delta T_F)}{\left(\ln \frac{\Delta T_0}{\Delta T_F}\right)}, \quad (5)$$

bu yerda  $\Delta T_0$  – qurilmaga kirishdagi harorat nabori,  $\Delta T_F$  – chiqishdagi harorat nabori bo'lib, issiqlik tashuvchini haroratlar farqiga mos keladi.

“Quvur ichida quvur” sxemasidan farqli ravishda, quvur qoplamali qurilmalarda ishchi yuzasi quvurlar bog'lamidagi ko'p sonli quvur yuzasini ifodalaydi. Bunda ishchi yuza o'lchamlari IAQ o'lchamlariga bog'liq bo'lmasdan ko'p karrali kattalashishi mumkin.

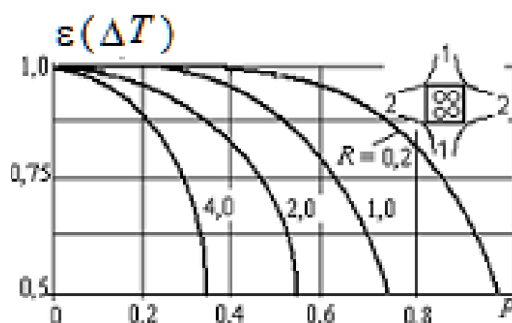
Issiqlik tashuvchi oqimining murakkab oqimiga ega qurilmalar uchun o'rtacha harorat nabori, (5) ifodaga bo'ysunmaydi. Ushbu holatda IAQ konstruktiv xususiyatlarini hisobga olgan  $\varepsilon(\Delta T)$  tuzatish kiritiladi:

$$\Delta T_{\text{IAK}} = \varepsilon(\Delta T) \cdot \Delta T_z. \quad (6)$$

Murakkab sxemali IAQ parametrlariga ko'ra  $\varepsilon(\Delta T)$  tuzatishni aniqlash grafigi 1-rasmda keltirilgan. P va R kompleks sonlari quyidagi formulalardan aniqlanadi:

$$P = \frac{\delta T_2}{\Delta T_0} = \frac{T_{2F} - T_{20}}{T_{10} - T_{20}}, \quad R = \frac{\delta T_1}{\delta T_2} = \frac{T_{10} - T_{1F}}{T_{2F} - T_{20}}. \quad (7)$$

$\varepsilon(\Delta T) = f(P, R)$  funksiya grafigi ma'lumotnomalarda IAQ turi bilan keltirilgan bo'lishi mumkin.



1-rasm.  $\varepsilon(\Delta T)$  qiymatining P va R kompleks sonlariga bog'liqlik grafigi.

P va R kompleks sonlari loyihaviy qiymatlar asosida hisoblanadi.

Loyihaviy hisoblar doirasida IAQning issiqlik hisobi bajariladi. Bunda issiqlik uzatish koeffitsiyentini oshirishga qaratilgan, ya'ni issiqlik tashuvchilar orasida issiqlik almashinishini intensivatsiyalash uchun amalga oshiriladigan o'zgarishlar hisobiga belgilangan issiqlik oqimi Q va harorat nabori  $\Delta T_{\text{ny}}$  qiymatlarida issiqlik almashinish yuzasini minimallashtirish masalasi ko'riladi.

IAQ issiqlik hisobi issiqlik balans tenglamasini yechish, harorat naborini va issiqlik uzatish koeffitsiyentini aniqlashdan iborat. Hisoblashdan maqsad – ishchi yuzaning o'lchamlarini baholash va loyihaladigan qurilma gabarit o'lchamlarida taqsimlashdan iborat. Bu parametrlarga quvurlar soni, ularning diametri va uzunligi, quvurlarning joylashuvi (koridor turida yoki shaxmat turida), quvur bo'ylamasiga va ko'ndalang joylashuvida qadami kabilar kiradi.

IAQning issiqlik balans tenglamasi atrof-muhitga issiqlik yo'qotishlarini hisobga olgan holda amalga oshiriladi. Birinchi holatda qaynoq issiqlik tashuvchi qobiq bo'ylab, sovuq issiqlik tashuvchi esa quvur ichida harakatlanadi:

$$Q = \eta_{\text{ii}} \cdot G_1 \cdot (h_{10} - h_{1F}) = G_2 \cdot (h_{2F} - h_{20}). \quad (8a)$$

Ikkinchi holatda, ikkilamchi issiqlik tashuvchi qobiqda, birlamchisi esa quvur bo'ylab harakatlanadi:

$$Q = G_1 \cdot (h_{10} - h_{1F}) = G_2 \cdot \frac{(h_{2F} - h_{20})}{\eta_{\text{ii}}}, \quad (8b)$$

bu yerda Q – IAQning issiqlik quvvati, Vt; G – issiqlik tashuvchining massaviy sarfi, kg/c; h – qurilmaga kirish va chiqishdagi issiqlik tashuvchilar entalpiyasi, kJ/kg;  $\eta_{\text{ii}} = 0,97 \div 0,995$  ga teng qurilmaning tashqi devorlari orqali issiqlik yo'qotilishi koeffitsiyenti.

Issiqlik yo'qotishlari hisobga olinmagan holatda issiqlik tashuvchining issiqlik ekvivalenti orqali ifodalash mumkin:

$$\frac{\delta T_1}{\delta T_2} = \frac{C_2}{C_1}. \quad (9)$$

(9) ifoda qurilmaning issiqlik balans tenglamasini hosilasi bo'lib, IAQda issiqlik tashuvchi harorati o'zgarishi  $\delta T$  nisbatini uning issiqlik ekvivalentlariga S teskari proporsional deb qaraladi.

IAQni hisoblash amaliyotida issiqlik tashuvchilarning harorat o'zgarishini aniqlash uchun IAQga kirishda ko'zda tutilgan napor tushunchasidan va to'g'ri oqim (t) hamda qarshi oqim (z) uchun  $Z_T$  va  $Z_Z$  yordamchi funksiyalaridan foydalaniladi:

$$\delta t_1 = \Delta t_p \cdot Z; \quad \delta t_1 = \Delta t_p \cdot \left(\frac{C_1}{C_2}\right) \cdot Z; \quad (10)$$

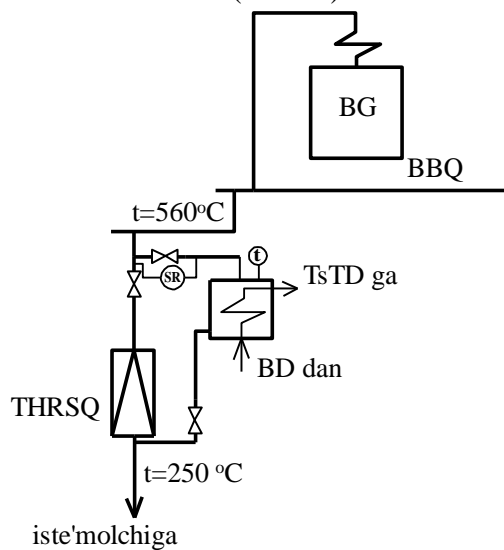
$$Z_T = \frac{1-B}{1+(C_1/C_2)}; \quad B = \exp \left[ - \left( 1 + \frac{C_1}{C_2} \right) \cdot \frac{K_{HY} \cdot F_W}{C_1} \right]; \quad (10a)$$

$$Z_Z = \frac{1-\exp(-A)}{1+(C_1/C_2) \cdot \exp(-A)}; \quad A = \left( 1 - \frac{C_1}{C_2} \right) \cdot \frac{K_{HY} \cdot F_W}{C_1}. \quad (10b)$$

Z funksiyasini ma'lumotnomalarda keltirilgan grafiklardan ham aniqlash mumkin.

### Natijalar va muhokama

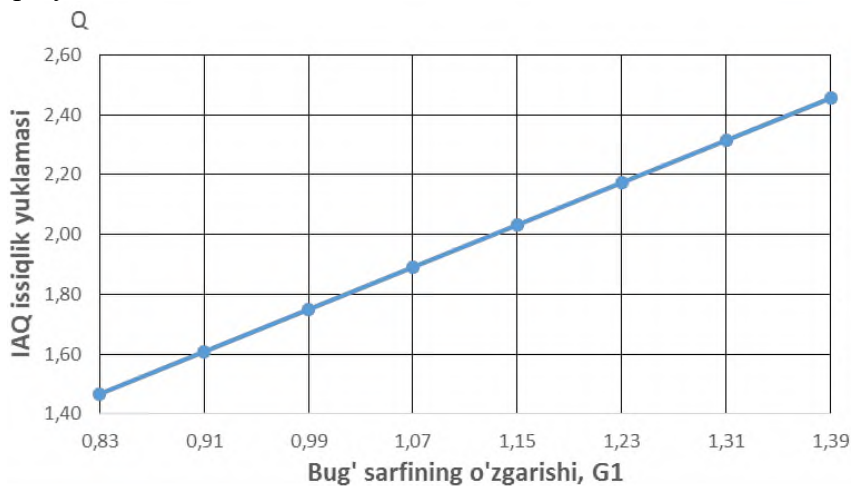
Bizning holatimizda bug'latkich deaeratoridan siklni ta'minlash deaeratoriga uzatiladigan qo'shimcha suvni reduksion sovitish qurilmasiga bosh bug' quvuridan yo'naltirilgan bug' oqimining bir qismi yordamida qizdirish masalasi ko'riladi (2-rasm).



2-rasm. Siklni ta'minlash suvini qizdirish (taklif etilgan) sxemasi.

Jarayonni amalga oshirish uchun tez harakatlanadigan reduksion sovitish qurilmasiga kirish joyidagi bug'ning bir qismi  $G_1=0,83 \div 1,39$  kg/s (3÷5 tonnagacha) sarf va  $p_1=3$  MPa bosim bilan IAQga kiritiladi. IAQdan chiqishda bug' parametrlari pasayadi va THRSQdan keyin quvur liniyasiga kiritiladi.

Qizdiriladigan suv IAQ quvurlariga  $t_{20}=40$  °C harorat bilan kiritiladi va texnologik sharoitda  $t_{2F}=50$  °C gacha qiziydi (3-6 rasm).



3-rasm. IAQ issiqlik yuklamasining qaynoq issiqlik tashuvchi (bug') sarfiga bog'liqlik grafiqi.

IAQning issiqlik yuklamasini  $Q$ , qizdiriladigan suv sarfini  $G_2$  va issiqlik tashuvchilarning issiqlik ekvivalentlarini  $C_1$  va  $C_2$  aniqlaymiz. Bug‘dan tashqi muhitga issiqlik yo‘qotilishi  $\eta_{61}=0,985$  ga teng deb qabul qilinadi.

1. Quruq bug‘ning parametrlarini topib olinadi. [4] dan dastlabki holatda bug‘ning bosimi  $p_1=3$  MPa uchun haroratini  $t_{10}=t_{1H}=234$  °C, kirishdagi entalpiyasini  $h_{10}=2802$  kJ/kg, chiqishdagi entalpiyasini  $h_{1F}=1009,1$  kJ/kg ekanligini topamiz. Bug‘ning issiqlik sig‘imi  $c_{pH}= 3,65396$  kJ/(kg\*K).

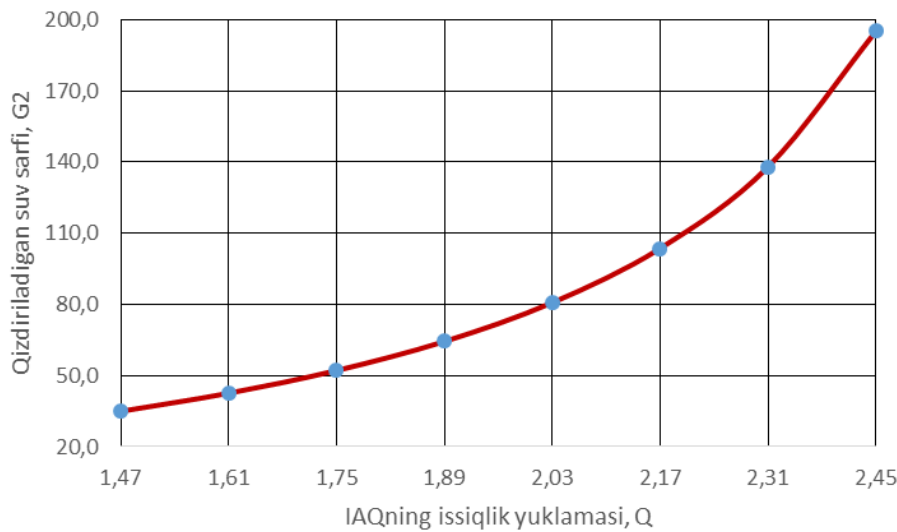
Suvning issiqlik sig‘imi berilgan harorat intervalida  $c_{p2}=4,192$  kJ/(kg\*K).

2. Qizdiruvchi bug‘ parametrlariga ko‘ra IAQning issiqlik yuklamasini (8a) ifoda yordamida aniqlaymiz:

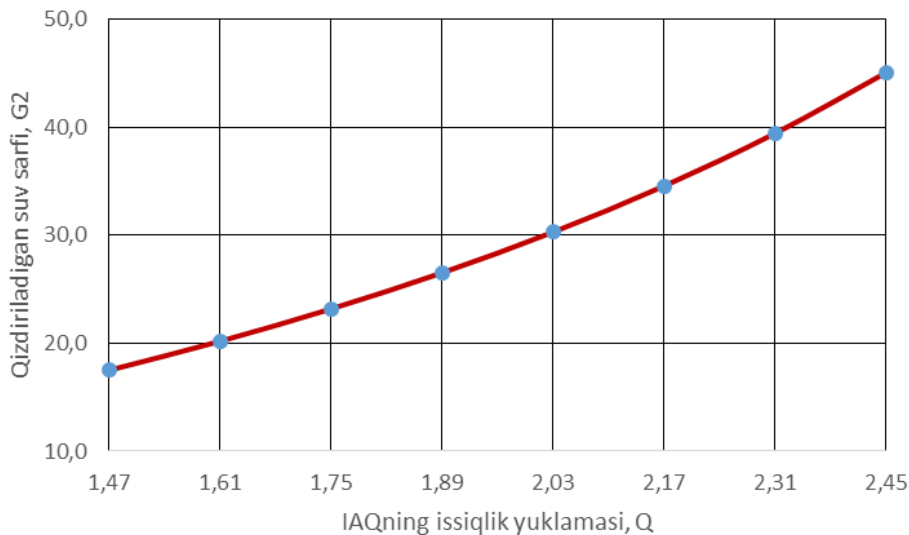
$$Q = 0,83 \cdot (2802 - 1009,1) \cdot 10^3 \cdot 0,985 = 1,47 \text{ MBt.}$$

Issiqlik balans tenglamasidan (8a) foydalanib qizdiriladigan suv sarfini aniqlaymiz:

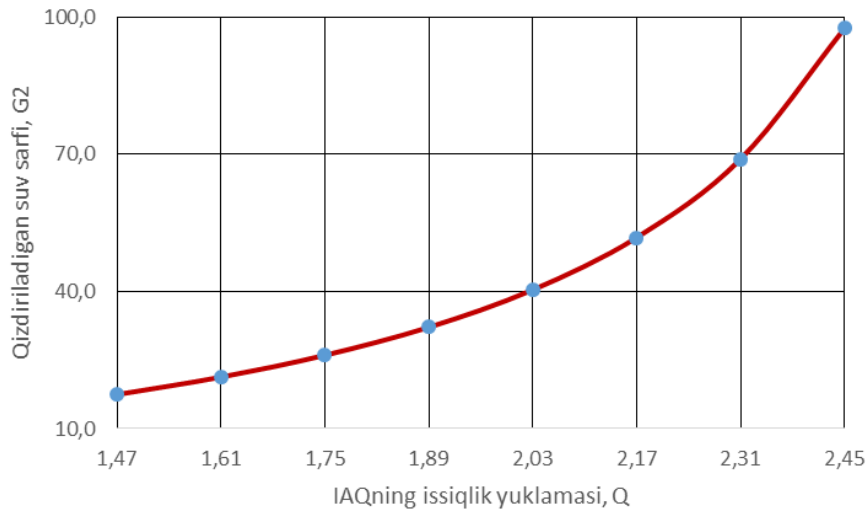
$$G_2 = \frac{1,47 \cdot 10^6}{[4,192 \cdot 10^3 \cdot (50-40)]} = 35 \text{ кг/с.}$$



**4-rasm. Kiritiladigan suv harorati 40 °Cdan 47 °C gacha o‘zgarganda chiqish harorati 50 °C bo‘lganda sovuq issiqlik tashuvchi sarfining issiqlik yuklamasiga bog‘liqlik grafiqi.**



**5-rasm. Kiritiladigan suv harorati 40 °Cdan 47 °C gacha o‘zgarganda chiqish harorati 60 °C bo‘lganda sovuq issiqlik tashuvchi sarfining issiqlik yuklamasiga bog‘liqlik grafiqi.**



**6-rasm. Kiritiladigan suv harorati 40 °C va qizdirish intensivligi 6÷20 °C oralig‘ida o‘zgariganda suv sarfining issiqlik yuklamasiga bog‘liqlik grafigi.**

4. Issiqlik tashuvchilarning issiqlik ekvivaletlarini hisoblash va taqqoslash mumkin:

$$C_1 = c_{pH} \cdot G_1 = 3,65396 \cdot 10^3 \cdot 0,83 = 3,032 \cdot 10^3 \frac{\text{BT}}{\text{K}};$$

$$C_2 = c_{p2} \cdot G_2 = 4,192 \cdot 10^3 \cdot 35 = 146,7 \cdot 10^3 \frac{\text{BT}}{\text{K}};$$

$$\frac{C_2}{C_1} = \frac{146,7}{3,032} = 48,39.$$

Olingan natijalar loyihaviy (konstruktorlik) hisoblar uchun boshlang‘ich ma‘lumot sifatida qo‘llaniladi.

IAQning harorat naporini hisoblash har qanday murakkablikdagi sxema uchun issiqlik tashuvchi oqimi parametrlarini aniqlashda foydalanilishi mumkin. IAQning harorat naporini tuzatishda (7) ifodada aniqlangan komplekslar asosida ma‘lumotnoma grafiklaridan foydalaniladi [5, 6].

IAQdan chiqishdagi bug‘ haroratini issiqlik balans tenglamasidan aniqlanadi:

$$\delta T_2 = \delta T_1 \cdot \frac{C_1}{C_2} = (t_{10} - t_{1F}) \cdot \frac{c_{p1} \cdot G_1}{c_{p2} \cdot G_2} = 10 \cdot \frac{3,65396 \cdot 10^3 \cdot 0,3 \cdot 10^4}{4,192 \cdot 10^3 \cdot 12,6 \cdot 10^4} = 2 \text{ } ^\circ\text{C},$$

$$t_{2F} = t_{20} + \delta T_2 = 40 + 2 = 42 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Issiqlik tashuvchilar o‘rtasida o‘rtacha logarifmik harorat naporini (5) ifoda yordamida aniqlash mumkin [7, 8, 9]. Turli yo‘nalishdagi issiqlik oqimlari uchun qurilmaga kirish va chiqishdagi o‘rtacha logarifmik harorat naporlarini aniqlanadi:

- to‘g‘ri (parallel) oqimli:  $\Delta T_0 = t_{10} - t_{20} = 234 - 40 = 194 \text{ } ^\circ\text{C}$ ;  $\Delta T_F = t_{1F} - t_{2F} = 104 - 50 = 54 \text{ } ^\circ\text{C}$ ;  $\Delta T_t = \frac{(194-54)}{\ln \frac{194}{54}} = 109 \text{ } ^\circ\text{C}$ ;

- qarama qarshi oqimli:  $\Delta T_0 = t_{10} - t_{2F} = 234 - 50 = 184 \text{ } ^\circ\text{C}$ ;  $\Delta T_F = t_{1F} - t_{20} = 104 - 40 = 64 \text{ } ^\circ\text{C}$ ;  $\Delta T_z = \frac{(184-64)}{\ln \frac{184}{64}} = 113 \text{ } ^\circ\text{C}$ ;

- kesishgan oqimli: kesishgan oqim uchun o‘rtacha harorat naporini  $\varepsilon$  tuzatish koeffitsiyentini, P va R parametrlarini hisobga olgan holda hisoblanadi:

$$P = \frac{\delta T_2}{\Delta T_0} = \frac{t_{2F} - t_{20}}{t_{10} - t_{20}} = \frac{42 - 40}{104 - 40} = 0,03; \quad R = \frac{\delta T_1}{\delta T_2} = \frac{T_{10} - T_{1F}}{T_{2F} - T_{20}} = \frac{234 - 104}{50 - 40} = 13.$$

1-rasmdan  $\varepsilon(\Delta T) = f(P, R)$  funksiya qiymatini P=0,03 va R=13 parametrlari kesishmasi yordamida  $\varepsilon=0,5$  aniqlab olamiz [10,11].

$$\text{Демак } \Delta T = \varepsilon(\Delta T) \cdot \Delta T_z = 0,5 \cdot 113 = 56,5 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

## Xulosa

IAQ korpusi ichida qarama qarshi oqimli issiqlik almashinishda maksimal issiqlik o'zlashtirilishiga erishildi. Bu ko'rsatkich to'g'ri oqimli issiqlik almashinishga nisbatan 1,03 marta katta.

IAQni loyihaviy issiqlik hisobida asosiy maqsad, uning sxemasini ishlab chiqish va ishchi yuzasining asosiy o'lchamlarini aniqlashdan iborat. Shu maqsadga erishish uchun (1)-(10) tenglamalar tizimidan foydalaniladi. Berilgan va aniqlangan sarf ko'rsatkichlari va kirish/chiqish haroratlari nisbiy tanlanishi ham mumkin, shuningdek ular issiqlik balans tenglamasiga bog'liq bo'lishi shart. Harorat ko'rsatkichlari va issiqlik yuklamalarini hisoblashda ketma-ket yaqinlashish usulidan foydalanib hisoblashlar bajariladi.

## Adabiyotlar

- [1] Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача: учебник для вузов, изд 4-е, перераб. и доп. М., Энергоиздат, 1981. 416 с.
- [2] Сахин В.В. Теплообмен в однородной среде (теплопередача): учебное пособие / В.В. Сахин; Балт. гос. техн. ун-т. СПб., 2017. 121 с.
- [3] Сахин В.В. Конвективный теплообмен в однородной среде (теплоотдача): учебное пособие; Балт. гос. техн. ун-т. СПб., 2013. 224 с.
- [4] Вукалович М.П. Таблицы термодинамических свойств воды и водяного пара. М.: Госэнерго, 1963. 374 с.
- [5] Стационарные газотурбинные установки / под ред. Л.В. Арсеньева и В.Г. Тырышкина. Л.: Машиностроение, 1989. 543 с.
- [6] Теплообменные аппараты газотурбинных установок. Основы проектирования. / Под общ. ред. И.А. Богова. СПб.: ООО «Издательство Полигон». 2010. 208 с.
- [7] Pardaev Z.E.. Analysis Of Scientific Research on Improving Energy Efficiency in Modern Thermal Power Plants. International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. Vol. 12, Issue 1, January 2025 Copyright to IJARSET www.ijarset.com 22784
- [8] Pardaev Z.E. Khuzhakulov S.M. Toshmamatov B.M. Application of modern technologies in the development of energy-efficient technologies. American Journal of Applied Science and Technology. Vol.05 Issue 02 2025 PAGE NO. 56-60 DOI 10.37547/ajast/Volume 05 Issue 02-14
- [9] Khuzhakulov S., Murodov I., Uzbekov M., Meyliev L., Pardaev Z. Modeling of the process of retaining the concentration of aggressive gases during the operation of deaerators. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202454905020> E3S Web of Conferences 549, 05020 (2024) *TransSiberia 2024*
- [10] Xujakulov S.M., Pardayev Z.E., Xayitov R.M., Mashrabaliyev A.R., Uzbekov M.O. Plastik chiqindilar – turlari, hosil bo'lishi va qayta ishlash usullari: ma'lumotlar tahlili. // Scientific-technical journal STJ FerPI, 2024, №8. Farg'ona. 43-51 betlar.
- [11] Xujakulov S.M., Pardayev Z.E., Mashrabaliyev A.R., Uzbekov M.O. Polimerlarning fizik-kimyoviy xossalari va degradatsion xususiyatlarini tahlil qilish. // Scientific-technical journal STJ FerPI. 2024, №12 Farg'ona. 108-116 betlar.

