DOI: 10.65322/j.srd.04182026.48

# SANOAT KORXONALARIDA ISSIQLIKNI UTILIZATSIYA QILISHDA ISSIQLIK ALMASHTIRGICH ASOSIDAGI TIZIMLARNI QO‘LLASH SAMARADORLIGINI TADQIQ QILISH

***Toshpo‘latov I.,*** *PhD, dotsent,*
*Qo‘qon davlat universiteti,*
***Abduaziz uulu A.,*** *PhD, dotsent,*
*Namangan davlat texnika universiteti,*
***Raxmonov U.,*** *o‘qituvchi,*
*Qo‘qon davlat universiteti.*

***Annotatsiya:*** *Ushbu maqolada sanoat korxonalarida texnologik jarayonlar natijasida hosil bo‘ladigan ikkilamchi va chiqindi issiqlik energiyasidan samarali foydalanish masalasi ko‘rib chiqilgan. Chiqindi gazlar, texnologik qurilmalar va issiqlik tashuvchilardan ajralib chiqayotgan issiqlikni qayta tiklashda issiqlik almashtirgich asosidagi tizimlarning imkoniyatlari tahlil qilingan. Issiqlik almashtirgichlarning issiqlik uzatish jarayoni, foydali issiqlik miqdori, issiqlik samaradorligi va energiya tejamkorlik ko‘rsatkichlarini aniqlash usullari keltirilgan. Zamonaviy tadqiqotlarda issiqlik almashtirgich tarmoqlari, issiqlik quvurlari va boshqa chiqindi issiqlikni qayta tiklash texnologiyalaridan foydalanish kengayib borayotgani ko‘rsatilgan.*

***Аннотация:*** *В данной статье рассмотрен вопрос эффективного использования вторичной и отходящей тепловой энергии, образующейся в результате технологических процессов на промышленных предприятиях. Проанализированы возможности систем на основе теплообменников для рекуперации тепла, выделяющегося из отходящих газов, технологического оборудования и теплоносителей. Приведены методы определения процесса теплопередачи в теплообменниках, количества полезной теплоты, тепловой эффективности и показателей энергосбережения. Показано, что в современных исследованиях расширяется применение теплообменных сетей, тепловых труб и других технологий рекуперации отходящего тепла.*

***Annotation:*** *This article examines the effective utilization of secondary and waste heat energy generated as a result of technological processes in industrial enterprises. The potential of heat exchanger-based systems for recovering heat released from waste gases, process equipment, and heat-transfer fluids is analyzed. Methods for determining the heat transfer process in heat exchangers, the amount of useful heat, thermal efficiency, and energy-saving performance indicators are presented. It is shown that the application of heat exchanger networks, heat pipes, and other waste heat recovery technologies is expanding in modern research.*

***Kalit so’zlar:*** *sanoat korxonasi, chiqindi issiqlik, ikkilamchi energiya resurslari, issiqlik almashtirgich, utilizatsiya, issiqlik uzatish, energiya samaradorligi, issiqlik tejamkorligi.*

***Ключевые слова:*** *промышленное предприятие, отходящее тепло, вторичные энергетические ресурсы, теплообменник, утилизация, теплопередача, энергоэффективность, теплосбережение.*

***Keywords****: industrial enterprise, waste heat, secondary energy resources, heat exchanger, heat recovery, heat transfer, energy efficiency, thermal energy conservation.*

**Kirish.** Bugungi kunda sanoat korxonalarida energiya resurslaridan samarali foydalanish, ishlab chiqarish jarayonlarida yuzaga keladigan issiqlik yo‘qotishlarini kamaytirish va ikkilamchi energiya resurslarini qayta foydalanishga yo‘naltirish muhim vazifalardan biridir. Texnologik pechlar, qozon qurilmalari, quritish agregatlari, kompressorlar hamda boshqa issiqlik-texnologik qurilmalardan chiqayotgan yuqori va past haroratli issiqlik oqimlari katta energetik potensialga ega. Ushbu issiqlikni utilizatsiya qilish orqali korxonaning tashqi energiya manbalariga bo‘lgan

DOI: 10.65322/j.srd.04182026.48

ehtiyojini kamaytirish va ishlab chiqarish jarayonlarining umumiy energetik samaradorligini oshirish mumkin.

Chiqindi issiqlikni qayta tiklashning samarali usullaridan biri issiqlik almashtirgich asosidagi tizimlardan foydalanish hisoblanadi. Bunday qurilmalarda yuqori haroratli chiqindi oqimning issiqligi issiqlik tashuvchi muhitga uzatiladi va undan texnologik suvni, havoni yoki boshqa ishchi muhitni oldindan qizdirishda foydalaniladi. Issiqlik almashtirgichning samaradorligi issiqlik almashinish yuzasi, haroratlar farqi, issiqlik tashuvchilarning sarfi, oqim tezligi, konstruktiv parametrlari va gidravlik qarshilik kabi omillarga bog‘liq. Shu sababli ushbu parametrlarning o‘zaro ta’sirini tadqiq qilish va optimal ish rejimlarini aniqlash muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega [1].

Mazkur tadqiqotda sanoat korxonalarida hosil bo‘ladigan chiqindi issiqlikni issiqlik almashtirgich asosida utilizatsiya qilish imkoniyatlari, issiqlik uzatish jarayonining asosiy ko‘rsatkichlari hamda tizimning energetik samaradorligi o‘rganiladi. Tadqiqot natijalari asosida qayta tiklanadigan issiqlik miqdorini aniqlash, issiqlik almashtirgichning optimal parametrlarini belgilash va energiya tejamkorligini baholash ko‘zda tutiladi. Bunday yondashuv sanoat korxonalarida ikkilamchi energiya resurslaridan samarali foydalanish, yoqilg‘i sarfini kamaytirish va issiqlik yo‘qotishlarini qisqartirishga xizmat qiladi.

Sanoat korxonalarida texnologik jarayonlarning uzluksiz amalga oshirilishi natijasida katta miqdorda ikkilamchi issiqlik energiyasi hosil bo‘ladi. Mazkur issiqlik energiyasi, asosan, tutun gazlari, qizdirilgan havo, bug‘ va kondensat, sovitish suvlari hamda texnologik agregatlarning issiqlik yo‘qotishlari ko‘rinishida atrof-muhitga chiqariladi. Zamonaviy tadqiqotlarda chiqindi issiqlikni qayta tiklashning asosiy manbalari sifatida chiqindi gazlar, issiq havo, issiq suv va boshqa yuqori hamda past potensialli issiqlik oqimlari ko‘rsatilgan. Shu sababli mavjud ikkilamchi issiqlik resurslarini aniqlash, ularning harorat va energetik potensialini baholash hamda texnologik ehtiyojlarga qayta yo‘naltirish sanoat issiqlik energetikasining muhim vazifalaridan hisoblanadi [2].

**Tadqiqot metodlari va materiallari.** Chiqindi issiqlikni qayta tiklashda issiqlik almashtirgichlar eng ko‘p qo‘llaniladigan texnik qurilmalardan biridir. Issiqlik almashtirgichning asosiy vazifasi issiq oqim tarkibidagi energiyani sovuq oqimga uzatish orqali mavjud issiqlik resursining foydali qismini qayta tiklashdan iborat. Bunda issiq va sovuq issiqlik tashuvchilar, odatda, qattiq devor bilan ajratiladi va ularning bevosita aralashishi sodir bo‘lmaydi. Qayta tiklangan issiqlik texnologik suvni oldindan qizdirish, yonish havosini isitish, quritish jarayonlarini ta’minlash, bug‘ hosil qilish yoki boshqa texnologik ehtiyojlarga yo‘naltirilishi mumkin. Shu jihatdan issiqlik almashtirgichli utilizatsiya tizimi tashqi energiya manbalariga bo‘lgan talabni kamaytiruvchi energiya tejamkor texnologiya sifatida qaraladi [3].

Issiqlik almashtirgich orqali uzatiladigan issiqlik miqdorini aniqlashda issiqlik tashuvchining massaviy sarfi, solishtirma issiqlik sig‘imi va kirish-chiqish haroratlari asosiy parametrlar hisoblanadi. Bir fazali issiqlik tashuvchi uchun foydali issiqlik miqdori quyidagi tenglama orqali aniqlanadi [4]:

$$Q = G c_p (T_{kir} - T_{chiq}) \quad (1)$$

bu yerda $Q$ – uzatilgan issiqlik quvvati, W;

$G$ – issiqlik tashuvchining massaviy sarfi, kg/s;

$c_p$ – solishtirma issiqlik sig‘imi, J/(kg·K);

$T_{kir}$ – issiqlik tashuvchining kirish harorati, °C;

$T_{chiq}$ – chiqish harorati, °C.

Issiqlik almashtirgichning konstruktiv hisobida esa issiqlik uzatish jarayoni ko‘pincha umumiy issiqlik uzatish tenglamasi asosida baholanadi [5]:

DOI: 10.65322/j.srd.04182026.48

$$Q = KA\Delta T_{ln} \quad (2)$$

bu yerda $K$ – umumiy issiqlik uzatish koeffitsiyenti, W/(m²·K);

$A$ – issiqlik almashinish yuzasi, m²;

$\Delta T_{ln}$ – logarifmik o‘rtacha haroratlar farqi, K.

Ushbu ifoda issiqlik almashtirgichning konstruktiv o‘lchamlarini aniqlashda muhim ahamiyatga ega bo‘lib, issiqlik yuklamasi ortishi bilan zarur issiqlik almashinish yuzasini aniqlash imkonini beradi.

Issiqlik almashtirgichning samaradorligini baholashda faqat uzatilgan issiqlik miqdorini aniqlash yetarli emas. Qurilmaning real energetik samaradorligi issiq oqimdan olinishi mumkin bo‘lgan maksimal issiqlik miqdoriga nisbatan qayta tiklangan issiqlik miqdori bilan belgilanadi. Shu asosda issiqlik almashtirgich samaradorligi [6]:

$$\varepsilon = \frac{Q}{Q_{max}} 100\% \quad (3)$$

ko‘rinishida aniqlanishi mumkin.

Bu yerda: $\varepsilon$– issiqlik almashtirgichning samaradorligi, %

$Q$– amalda uzatilgan issiqlik miqdori, W

$Q_{max}$– nazariy maksimal issiqlik almashinuvi, W.

Samaradorlik qiymatining ortishi chiqindi issiqlik potensialidan foydalanish darajasining oshishini bildiradi.

1-jadval

**Sanoat korxonalarida chiqindi issiqlik manbalari va utilizatsiya usullari**

| № | Chiqindi issiqlik manbai | Taxminiy harorat oralig‘i, °C | Utilizatsiya qurilmasi | Qayta foydalanish yo‘nalishi |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Qozonxona tutun gazlari | 150 - 600 | Issiqlik almashtirgich, ekonomayzer | Yonish havosi va suvni qizdirish |
| 2 | Pech va quritish qurilmalari gazlari | 200 - 800 | Rekuperator, regenerativ almashtirgich | Xomashyo yoki havoni oldindan qizdirish |
| 3 | Gaz turbinasining chiqindi gazlari | 300 - 600 | Issiqlik almashtirgich, utilizatsion qozon | Bug‘ olish va qo‘shimcha energiya ishlab chiqarish |
| 4 | Kompressorlarning sovitish suvi | 40 - 90 | Plastinali issiqlik almashtirgich | Issiq suv va isitish tizimi |
| 5 | Dvigatel ko‘ylagidagi sovitish suvi | 70 - 95 | Issiqlik almashtirgich | Issiq suv olish va isitish |
| 6 | Kondensator chiqish suvi | 40 - 70 | Plastinali issiqlik almashtirgich, issiqlik nasosi | Bino va texnologik jarayonlarni isitish |
| 7 | Issiq texnologik suv | 60 - 120 | Plastinali yoki quvurli almashtirgich | Sovuq suvni oldindan qizdirish |
| 8 | Metallurgiya va metall qizdirish jarayonlari | 400 - 1000 | Rekuperator, regenerativ qurilma | Yonish havosini qizdirish |

DOI: 10.65322/j.srd.04182026.48

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 9 | Sanoat bug‘i kondensati | 80 - 180 | Issiqlik almashtirgich | Oziqlantiruvchi suvni qizdirish |
| 10 | Past haroratli chiqindi issiqlik | 30 - 100 | Issiqlik nasosi, issiqlik almashtirgich | Isitish va issiq suv ta’minoti |

Biroq issiqlik uzatish jarayonini jadallashtirish doimo energiya tejamkorligining oshishiga olib kelmaydi. Oqim tezligining ortishi konvektiv issiqlik uzatishni kuchaytirishi mumkin, lekin shu bilan birga quvur va kanallardagi bosim yo‘qotishlarini oshiradi. Natijada nasos yoki ventilyatorlarning elektr energiyasi sarfi ortishi mumkin. Shu sababli issiqlik almashtirgichni loyihalashda issiqlik samaradorligi va gidravlik qarshilik o‘rtasidagi optimal nisbatni aniqlash zarur. Aynan shu sababli zamonaviy tadqiqotlarda issiqlik almashtirgichlarning faqat termik ko‘rsatkichlari emas, balki energiya sarfi, kapital xarajatlar va ekspluatatsion xarajatlar ham birgalikda optimallashtirilmoqda [7].

Issiqlik almashtirgichning samaradorligiga issiqlik almashinish yuzasi, issiqlik tashuvchilarning massaviy sarfi, haroratlar farqi, oqim rejimi, konstruktiv geometriya va materialning issiqlik o‘tkazuvchanligi sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Qarama-qarshi oqimli issiqlik almashtirgichlarda issiq va sovuq oqimlar o‘rtasidagi o‘rtacha haroratlar farqidan samaraliroq foydalanish imkoniyati mavjud. Shu bilan birga, plastinkali, qobiq-quvurli, spiral va issiqlik quvurli konstruksiyalarning har biri muayyan sanoat sharoitlarida o‘ziga xos afzalliklarga ega. Issiqlik quvurli almashtirgichlarning ixchamligi, issiq va sovuq oqimlarni to‘liq ajratish imkoniyati hamda turli konfiguratsiyalarda ishlashi chiqindi issiqlikni qayta tiklashdagi muhim afzalliklar sifatida qayd etilgan [8].

Sanoat chiqindi issiqligini utilizatsiya qilishda issiqlik almashtirgichning ishchi yuzasida ifloslanish qatlamlarining shakllanishi ham muhim texnik muammo hisoblanadi. Ayniqsa, chang va qattiq zarrachalar miqdori yuqori bo‘lgan tutun gazlari bilan ishlaydigan tizimlarda issiqlik almashinish yuzasida cho‘kindilar hosil bo‘lishi natijasida issiqlik qarshiligi ortadi. Bu esa umumiy issiqlik uzatish koeffitsiyentining pasayishiga va bosim yo‘qotishlarining ortishiga olib keladi. Shuning uchun sanoat utilizatsiya tizimlarini loyihalashda qurilmaning dastlabki samaradorligi bilan bir qatorda, uning uzoq muddatli ekspluatatsion barqarorligi, tozalash imkoniyati va texnik xizmat ko‘rsatish talablari ham hisobga olinishi lozim [9].

Ikkilamchi issiqlik energiyasini qayta tiklashning muhim sharti issiqlik manbasi va iste’molchi o‘rtasidagi harorat darajalarining mosligini ta’minlashdir. Yuqori haroratli chiqindi gazlarning issiqligidan texnologik suv yoki yonish havosini qizdirishda bevosita foydalanish mumkin bo‘lsa, past potensialli issiqlik manbalaridan foydalanishda issiqlik nasoslari kabi qo‘shimcha qurilmalarni qo‘llash talab qilinishi mumkin. Zamonaviy sharhlar chiqindi issiqlik potensialini baholashda faqat mavjud issiqlik miqdorini emas, balki uning harorat darajasi va aniq issiqlik iste’moli bilan mosligini ham hisobga olish zarurligini ko‘rsatmoqda [10].

Sanoat korxonalarida bitta issiqlik almashtirgichdan foydalanish o‘rniga bir nechta issiq va sovuq oqimlarni o‘zaro bog‘lovchi issiqlik almashtirgichlar tarmog‘ini tashkil etish orqali yanada yuqori energiya samaradorligiga erishish mumkin. Bunday yondashuvda korxonaning turli texnologik jarayonlarida mavjud issiqlik oqimlari yagona energiya integratsiyasi tizimiga birlashtiriladi. Pinch-tahlil yordamida issiqlik oqimlarining harorat darajalari tahlil qilinib, tashqi isitish va sovitish energiyasiga bo‘lgan ehtiyojni kamaytiruvchi optimal ulanishlar aniqlanadi. Tadqiqotlarda issiqlik almashtirgichlar tarmog‘ini matematik optimallashtirish orqali chiqindi issiqlikni qayta tiklash va tashqi energiya xarajatlarini kamaytirish imkoniyatlari ko‘rsatilgan. Ayrim hisoblash holatlarida umumiy yillik xarajatlarni 3,15–14,5 % gacha kamaytiruvchi yechimlar olingan [11].

Ayniqsa, energiya sig‘imi yuqori bo‘lgan sanoat tarmoqlarida issiqlik integratsiyasining samarasi yuqori bo‘lishi mumkin. Masalan, tadqiqotlarda kalsiy karbid ishlab chiqarish tizimida

DOI: 10.65322/j.srd.04182026.48

korxona ichidagi va korxonalararo issiqlik integratsiyasi birgalikda ko‘rib chiqilgan. Tadqiqotda umumiy issiqlikni qayta tiklash potensiali 38,55 MW gacha aniqlangan va issiqlik integratsiyasi orqali sezilarli energiya tejash imkoniyati ko‘rsatilgan. Ushbu natija issiqlik utilizatsiyasini alohida qurilma darajasida emas, balki butun texnologik tizim darajasida ko‘rib chiqish zarurligini ko‘rsatadi [12].

Utilizatsiya tizimining energetik samaradorligini baholash bilan bir qatorda uning iqtisodiy samaradorligini aniqlash ham muhimdir. Qayta tiklangan issiqlik miqdori yil davomida qurilmaning ishlash vaqti bilan ko‘paytirilib, yillik energiya tejamkorligi aniqlanadi [12]:

$$E_y = Q_{fotdali}\tau \tag{4}$$

bu yerda $E_y$ – yillik qayta tiklangan energiya, kWh;

$Q_{foydali}$ – foydali issiqlik quvvati, kW;

$\tau$ – qurilmaning yillik ishlash vaqti, soat.

Agar qayta tiklangan issiqlik yoqilg‘i sarfini kamaytirish uchun ishlatilsa, tejalgan yoqilg‘i miqdorini taxminan quyidagicha aniqlash mumkin:

$$B_t = \frac{E_y}{q_n \eta_q} \tag{5}$$

bu yerda: $B_t$ – tejalgan yoqilg‘i miqdori;

$q_n$– yoqilg‘ining quyi yonish issiqligi;

$\eta_q$ – issiqlik qurilmasining foydali ish koeffitsiyenti.

**Natijalar.** Ushbu ko‘rsatkichlar asosida yillik iqtisodiy samara va investitsiyaning qoplanish muddati aniqlanishi mumkin.

5 yil mobaynida keramika ishlab chiqarish korxonasidan chiqayotgan chiqindi energiyasini utilizatsiya qilish orqali olingan foydani quydagicha ifodalaymiz.

$$S_y = T_y - X_y \tag{6}$$

bu yerda: $S_y$ – yillik sof iqtisodiy samara, mln so‘m;

$T_y$ – utilizatsiya natijasida tejalgan mablag‘;

$X_y$– yillik ekspluatatsiya va texnik xizmat xarajatlari.

5 yil davomida jami iqtisodiy samara: $S\Sigma = 5 + 7 + 9 + 11 + 13 = 45$ mln so‘m.

2-jadval

**Utilizatsiyadan foydalanishning 5 yillik hisobi**

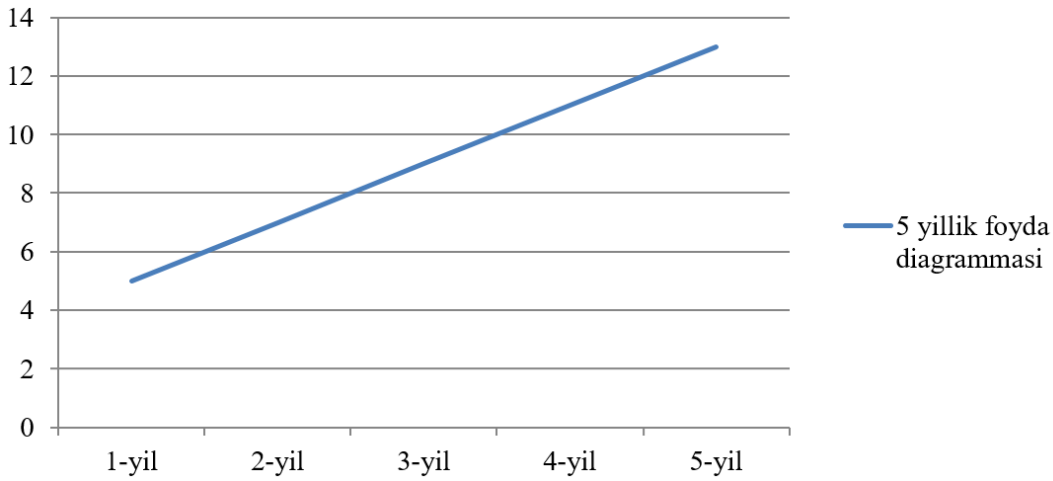
| Yil | Yillik tejalgan mablag‘, mln so‘m | Xarajat, mln so‘m | Sof yillik samara, mln so‘m | Jamlangan samara, mln so‘m |
|---|---|---|---|---|
| 1-yil | 12,0 | 7,0 | 5,0 | 5,0 |
| 2-yil | 14,0 | 7,0 | 7,0 | 12,0 |
| 3-yil | 16,0 | 7,0 | 9,0 | 21,0 |
| 4-yil | 18,0 | 7,0 | 11,0 | 32,0 |
| 5-yil | 20,0 | 7,0 | 13,0 | 45,0 |

Zamonaviy ilmiy tadqiqotlarning muhim yo‘nalishlaridan biri issiqlik almashtirgichlarni ko‘p mezonli optimallashtirish hisoblanadi. Bunda maksimal issiqlik qaytarish, minimal bosim

DOI: 10.65322/j.srd.04182026.48

yo‘qotilishi, qurilma narxini kamaytirish va ekspluatatsion xarajatlarni minimallashtirish kabi bir nechta mezon bir vaqtda hisobga olinadi. Chiqindi issiqlikni qayta tiklash va bir nechta issiq energiya manbalaridan foydalanishni birgalikda optimallashtiruvchi matematik modellar ishlab chiqilgan. Bunday yondashuv issiqlik almashtirgichlar tarmog‘ining konfiguratsiyasini avtomatik tanlash va energiya xarajatlarini kamaytirishga imkon beradi [12].

Shuningdek, sanoat korxonalarining energiya tizimlarini bir nechta energiya oqimlari bilan kompleks integratsiyalash bo‘yicha tadqiqotlar ham rivojlanmoqda. Tadqiqotlarda issiqlik almashtirgichlar tarmoqlari organik Rankin sikli, absorbsiya sovitish tizimlari va boshqa energiya konversiyasi texnologiyalari bilan birlashtirilgan. Bunday kompleks tizimlar chiqindi issiqlikni faqat issiq suv yoki havo olish uchun emas, balki elektr energiyasi, sovitish va boshqa foydali energiya shakllarini olish uchun ham ishlatish imkonini beradi. Demak, sanoat korxonalarida issiqlik almashtirgich asosidagi utilizatsiya tizimlarining samaradorligini tadqiq etishda uchta asosiy bosqichni ajratish mumkin: birinchidan, chiqindi issiqlik manbasining energetik potensialini aniqlash; ikkinchidan, mavjud sharoitga mos issiqlik almashtirgich konstruksiyasi va ish rejimini tanlash; uchinchidan, tizimning energetik, gidravlik, ekologik va iqtisodiy samaradorligini kompleks baholash. Aynan ushbu yondashuv chiqindi issiqlikdan maksimal darajada foydalanish, tashqi energiya sarfini kamaytirish va sanoat korxonalarining umumiy energiya samaradorligini oshirish uchun ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi [13].




**3-rasm. 5 yillik foydaning ortish diagrammasi**

Tadqiqot nuqtai nazaridan, issiqlik almashtirgichli utilizatsiya tizimining samaradorligini faqat qurilmaning nominal issiqlik quvvati bilan emas, balki qayta tiklangan issiqlik miqdori, issiqlik samaradorligi, bosim yo‘qotishi, yordamchi energiya sarfi, yillik energiya tejamkorligi va iqtisodiy qoplanish muddati kabi ko‘rsatkichlarning o‘zaro bog‘liqligi asosida baholash maqsadga muvofiqdir. Bunday kompleks baholash sanoat korxonasi uchun texnik jihatdan samarali va iqtisodiy jihatdan asoslangan utilizatsiya tizimini tanlash imkonini beradi.

**Xulosa.** Sanoat korxonalarida texnologik jarayonlar natijasida hosil bo‘ladigan chiqindi issiqlikni qayta utilizatsiya qilish energiya resurslaridan samarali foydalanishning muhim yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, issiqlik almashtirgichli tizimlardan foydalanish orqali chiqindi gazlar, issiq suv, bug‘ va boshqa issiqlik tashuvchilarning energiya potensialidan qayta foydalanish imkoniyati yaratiladi. Bunda issiqlik almashtirgichning konstruktiv parametrlari, issiqlik almashinish yuzasi, oqim tezligi, haroratlar farqi va issiqlik uzatish koeffitsiyenti tizim samaradorligiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi.

Umuman olganda, sanoat korxonalarida chiqindi issiqlikni issiqlik almashtirgichlar yordamida utilizatsiya qilish birlamchi yoqilg‘i sarfini kamaytirish, qayta foydalaniladigan issiqlik

DOI: 10.65322/j.srd.04182026.48

energiyasi miqdorini oshirish va texnologik jarayonlarning energiya samaradorligini yaxshilash imkonini beradi. Ayniqsa, issiqlik almashtirgichlarni issiqlik tarmoqlari bilan integratsiyalash, issiqlik almashinuvi yuzasini optimal tanlash va ifloslanish hamda gidravlik yo‘qotishlarni kamaytirish tizimning texnik-iqtisodiy samaradorligini oshirishning asosiy shartlari hisoblanadi. Shu sababli chiqindi issiqlik manbalarining harorat darajasi va iste’molchi ehtiyojlarini o‘zaro moslashtirish asosida optimallashtirilgan issiqlik utilizatsiya tizimlarini ishlab chiqish sanoat energetikasining istiqbolli yo‘nalishlaridan biridir.

**Foydalanilgan adabiyotlar**

1. Bergman T.L., Lavine A.S., Incropera F.P., DeWitt D.P. Fundamentals of Heat and Mass Transfer. 8th ed. – Wiley, 2017. -1040 p.

2. Çengel Y.A., Ghajar A.J. Heat and Mass Transfer: Fundamentals, Applications. 6th ed. – McGraw-Hill Education, 2020. – 944 p.

3. Shah R.K., Sekulić D.P. Fundamentals of Heat Exchanger Design. – John Wiley, Sons, 2003. – 976 p.

4. Абдуазиз уулу Абдурауф. Роль возобновляемых источников энергии в развитии энергетики. “Экономика и социум” №2 (117)-1 2024 www.iupr.ru

5. Hewitt G.F., Shires G.L., Bott T.R. Process Heat Transfer. – CRC Press, 1994.

6. Turek V., Kilkovský B., Daxner J., Babička Fialová D., Jegla Z. Industrial Waste Heat Utilization in the European Union–An Engineering-Centric Review. – Energies, 2024, Vol. 17, No. 9, 2084.

7. Kosmadakis G. Industrial waste heat potential and heat exploitation solutions. – Applied Thermal Engineering, 2024, Vol. 246, Article 122957.

8. Gilani B.S., Morosuk T. Heat Exchanger Networks: Applications for Industrial Integrations. – Energies, 2025, Vol. 18, No. 12, 3021.

9. Modelling and economic assessment of organic Rankine cycle integration into an inter-plant heat exchanger network. – Applied Energy, 2025, Vol. 394, Article 126126.

10. Kemp I.C. Pinch Analysis and Process Integration: A User Guide on Process Integration for the Efficient Use of Energy. 2nd ed. – Butterworth-Heinemann, 2007.

11. Abduaziz uulu Abdurauf, Sh.A. Qo‘chqorov. Quyosh elektr stansiyalarida fotoelektrik modullarning qizishi, ifloslanishi va degradatsiyasi: muammolar va innovatsion yechimlar. Scientific journal of Construction and Education ISSN 2181-3779, volume 5, Issue 3, 2026.

12. M. Mukhammadiev, K. Dzhuraev, Abduaziz Uulu Abdurauf, S. Gadaev. Operating modes of wind power installations as composition of hydro power plant. AIP Conf. Proc. 3152, 060003 (2024). https://doi.org/10.1063/5.0218813

13. K. Dzhuraev, Abduaziz Uulu Abdurauf, F. Shadibekova, I. Sabitova. Study of the possibility of using pumps in turbine mode. AIP Conf. Proc. 3152, 040009 (2024). https://doi.org/10.1063/5.0218799