ISNN 3030-3907

2026
JUNE
ISSUE - 6
VOLUME -5

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

IYUN 2026
Issue - 6, VOLUME – 5

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

UDK 621.577

ISSIQLIK NASOSLI QURILMALARDAN YUQORI HARORATLI JARAYONLARDA FOYDALANISH

Saydulla Xujakulov
PhD, professor, Qarshi davlat texnika universiteti

Annotatsiya. Mazkur maqolada issiqlik nasosli qurilmalarining yuqori haroratli sanoat jarayonlarida qo‘llanilish imkoniyatlari, energiya samaradorligi va dekarbonizatsiyalashdagi o‘rni tadqiq etilgan. 2020–2025 yillarda chop etilgan ilmiy tadqiqotlar tahlili asosida yuqori haroratli issiqlik nasoslarining texnologik rivojlanish tendensiyalari, ishlash samaradorligi va sanoat tarmoqlaridagi qo‘llanish istiqbollari baholangan. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, yuqori haroratli issiqlik nasoslari 100–200 °C diapazondagi sanoat issiqlik ehtiyojlarini qoplashda samarali yechim bo‘lib, issiqlik tashlamalaridan qayta foydalanish va isssiqligini utilizatsiyalash orqali energiya sarfini 30–50 % gacha kamaytirish imkonini beradi. Zamonaviy qurilmalarda samaradorlik koeffisiyenti (SK) ko‘rsatkichi 2,5–6,0 oralig‘ida bo‘lib, CO_2 emissiyalarini sezilarli darajada qisqartirish imkoniyatini yaratadi.

Kalit so‘zlar: issiqlik nasosi, yuqori haroratli issiqlik nasosi, sanoat issiqlik ta’minoti, issiqlik tashlamalari, energiya samaradorligi, dekarbonizatsiya, samaradorlik koeffisiyenti.

Аннотация. В данной статье рассматриваются потенциальные области применения тепловых насосов в высокотемпературных промышленных процессах, их роль в повышении энергоэффективности и декарбонизации. На основе анализа научных исследований, опубликованных в 2020–2025 годах, оцениваются тенденции технологического развития, производительность и перспективы применения высокотемпературных тепловых насосов в промышленных секторах. Результаты исследования показывают, что высокотемпературные тепловые насосы являются эффективным решением для удовлетворения потребностей промышленности в тепле в диапазоне 100–200 °C и позволяют снизить энергопотребление до 30–50 % за счет рекуперации тепла. Коэффициент эффективности (КЭ) современных устройств находится в диапазоне 2,5–6,0, что позволяет значительно сократить выбросы CO_2.

Ключевые слова: тепловой насос, высокотемпературный тепловой насос, промышленное теплоснабжение, тепловые выбросы, энергетическая эффективность, декарбонизация, коэффициент эффективности.

Abstract. This article examines the potential applications of heat pump devices in high-temperature industrial processes, their role in energy efficiency and decarbonization. Based on an analysis of scientific research published in 2020–

2025, the technological development trends, performance and application prospects of high-temperature heat pumps in industrial sectors are assessed. The results of the study show that high-temperature heat pumps are an effective solution for covering industrial heat needs in the range of 100–200 °C, and allow reducing energy consumption by up to 30–50% through heat recovery and heat recovery. The COP of modern devices is in the range of 2.5–6.0, which allows for a significant reduction in CO_2 emissions.

Keywords: heat pump, high-temperature heat pump, industrial heating, waste heat recovery, energy efficiency, decarbonization, COP.

1. KIRISH.

Jahon miqyosidagi energetika tizimlarida issiqlik ishlab chiqarish umumiy energiya iste'molining qariyb 50 %ini tashkil etadi. Sanoat korxonalarida esa energiya sarfining asosiy qismi texnologik issiqlik ta'minoti jarayonlariga to‘g‘ri keladi. Oziq-ovqat, farmatsevtika, kimyo, qog‘oz va metallurgiya sanoatlarida 100–200 °C diapazondagi issiqlikka bo‘lgan talab yuqori hisoblanadi.

An'anaviy ravishda bunday issiqlik tabiiy gaz, ko‘mir yoki neft mahsulotlarini yoqish orqali olinadi. Biroq global iqlim o‘zgarishi va uglerod emissiyalarini qisqartirish bo‘yicha xalqaro majburiyatlar yangi energiya tejamkor texnologiyalarni joriy etishni talab qilmoqda. Shu nuqtai nazardan yuqori haroratli issiqlik nasoslari (YHIN) kelajakda sanoatni elektrlashtirish va dekarbonizatsiya qilishning muhim vositasi sifatida qaralmoqda.

So‘nggi yillarda olib borilgan tadqiqotlar yuqori haroratli issiqlik nasoslari chiqindi issiqlikni qayta tiklash va uni 100–200 °C darajasigacha oshirish imkoniyatiga ega ekanligini ko‘rsatmoqda. Ular sanoat korxonalarida yoqilg‘i sarfini kamaytirish va ekologik samaradorlikni oshirishda muhim ahamiyatga ega.

2. TADQIQOT METODOLOGIYASI

Mazkur tadqiqot ishi ilmiy nashrlarda chop qilingan manbalarni tahlil qilish usuliga asoslangan. Tadqiqot obyekti sifatida 2020–2025 yillarda nufuzli ilmiy bazalarda indeksasiyalangan ilmiy maqolalar tanlab olindi.

Tahlil quyidagi bosqichlarda amalga oshirildi:

a) YHIN texnologiyalarini o‘rganish;

b) ularning energiya samaradorligi ko‘rsatkichlarini taqqoslash;

c) sanoat tarmoqlaridagi qo‘llanilish imkoniyatlarini baholash;

d) ekologik va iqtisodiy samaradorlik ko‘rsatkichlarini aniqlash;

e) YHINlarning istiqbolli rivojlanish yo‘nalishlarini belgilash.

Asosiy baholash mezonlari sifatida SK, harorat ko‘tarilish darajasi, energiya tejalishi va CO_2 tashlamalarining kamayishini baholash qabul qilindi.

3. YUQORI HARORATLI ISSIQLIK NASOSLARI ISHLASHINING NAZARIY ASOSLARI.

ISSN 3030-3907

Issiqlik nasosi past haroratli manbadan issiqlik energiyasini olib, kompressor yordamida uning potensialini oshiradi va iste'molchiga uzatadi.

Qurilma quyidagi elementlardan tashkil topadi:

– bug'latgich;
– kompressor;
– kondensator;
– kengaytirish klapani.

1-jadval

YHINlari odatda quyidagi harorat diapazonlarida ishlatiladi:

Harorat diapazoni (°C)	Qo'llanish sohasi
80–120	Quritish, oziq-ovqat sanoati
120–180	Kimyo va farmatsevtika
180–250	Maxsus texnologik jarayonlar
>250	O'ta yuqori haroratli tizimlar

So'nggi tadqiqotlarda 250 °C dan yuqori harorat hosil qiluvchi o'ta yuqori haroratli issiqlik nasoslari ishlab chiqilayotgani qayd etilgan.

4. 2020–2025 YILLARDAGI ILMIY TADQIQOTLAR TAHLILI

Wang va boshq. (2024) suvni sovutish agent sifatida qo'llaydigan YHINlarni o'rgangan. Tadqiqot natijalariga ko'ra, suv asosidagi YHIN tizimlari 100 °C gacha bo'lgan harorat ko'tarilishini ta'minlab, yuqori SK qiymatlarini saqlab qoladi. Shuningdek, ekologik xavfsizlik nuqtai nazaridan tabiiy ishchi moddalarning istiqbollari ko'rsatib berilgan [1].

Nawaz va boshq. (2024) tadqiqotlarida YHINlarining sanoatni elektrlashtirishdagi roli ko'rib chiqilgan. Mualliflar texnologiyaning asosiy afzalligi sifatida issiqlik tashlamalaridan foydalanish va organik yoqilg'ilar ulushini qisqartirish imkoniyatini ta'kidlaydi [3].

Bellos va boshq. (2025) mualliflar 100–180 °C oralig'ida ishlovchi sanoat issiqlik nasoslarining iqtisodiy samaradorligini baholaganlar. Natijalarga ko'ra, chiqindi issiqlik manbasi 50–100 °C bo'lganda tizimlar iqtisodiy jihatdan samarali ishlaydi va energiya sarfini sezilarli kamaytiradi [2].

Applied Energy (2025) tadqiqoti. Mazkur tadqiqot ultra yuqori haroratli (>250 °C) issiqlik nasoslarining istiqbollarini baholagan. Tadqiqotchilar kaskad sikllar, Brayton sikli va yangi ishchi moddalardan foydalanish orqali yuqori haroratli texnologik jarayonlarni elektrlashtirish mumkinligini ko'rsatganlar [3].

Kompressorlar bo'yicha tadqiqotlar (2024). Kompressor issiqlik nasosining eng muhim elementi hisoblanadi. Tadqiqotlar vintli, porshenli va markazdan qochma kompressorlarning yuqori haroratli tizimlarda qo'llanilishini

ISSN 3030-3907

tahlil qilgan. Katta quvvatli sanoat qurilmalarida turbokompressorlarning istiqboli yuqori deb baholangan [4].

Sanoat quritish jarayonlari bo‘yicha tadqiqotlar (2024). AQShda olib borilgan tadqiqotlarda YHIN yordamida sanoat quritgichlarida yoqilg‘i sarfini kamaytirish va uglerodli aralashma tashlamalarining miqdorini qisqartirish mumkinligi aniqlangan [5,6,8].

O‘ta (ultra) yuqori haroratli issiqlik nasoslari. 2025-yilda chop etilgan tadqiqotlarda 250 °C dan yuqori harorat hosil qiluvchi tizimlar o‘rganilgan. Brayton sikli va kaskadli sikllar asosidagi texnologiyalar metallurgiya va kimyo sanoati uchun istiqbolli yechim sifatida baholangan [7].

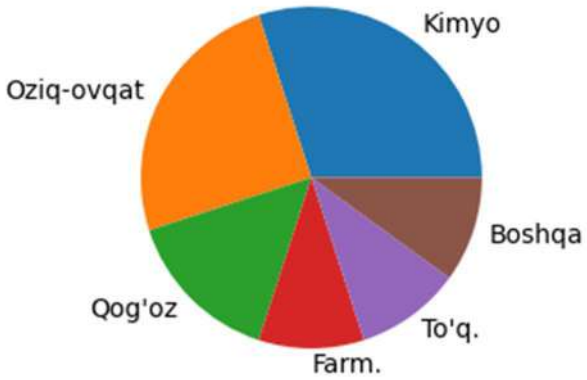
5. NATIJALAR VA MUHOKAMA.

Tahlillar shuni ko‘rsatdiki, zamonaviy YHINlari sanoat jarayonlari uchun yetarli harorat darajasini ta’minlay oladi.

2-jadval

Ko‘rsatkich	Qiymat
Issiqlik tashlamasining harorati	100–200 °C
SK	2,5–6,0
Energiya tejamkorligi	30–50 %
CO_2 tashlamalarini kamayishi	30–70 %

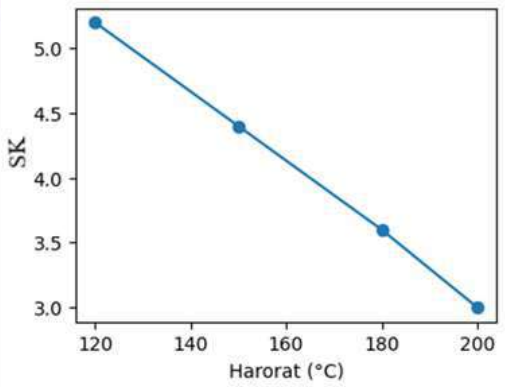
Natijalar sanoat korxonalarida energiya sarfini sezilarli kamaytirish imkoniyatini ko‘rsatmoqda. Zamonaviy tizimlarda SK qiymati 2,5–4,0 bo‘lib, ayrim ilg‘or konstruksiyalarda 6,0 dan yuqori natijalar qayd etilgan [6].



1-rasm. YHINlarining sanoatdagi qo‘llanish yo‘nalishlari

Bunda - kimyo sanoati – 30 %; oziq-ovqat sanoati – 25 %; tsellyuloza qog‘oz sanoati – 15 %; farmatsevtika – 10 %; to‘qimachilik – 10 %; boshqa tarmoqlar – 10 % ulushga ega hisoblanadi. Keltirilgan ma’lumotlar birlamchi bo‘lib, hisoblash natijalariga ko‘ra o‘zgarishi mumkin.

ISSN 3030-3907



2-rasm. Issiqlik nasoslarida SK ko‘rsatkichining haroratga bog‘liqligi

Bunda mos keluvchi parametrlar – 120 °C → SK = 5,2; 150 °C → SK = 4,4; 180 °C → SK = 3,6; 200 °C → SK = 3,0 ni tashkil qiladi [7,8].

Tahlillar shuni ko‘rsatadiki, harorat ko‘tarilishi bilan SK qiymati pasayadi, biroq tizimlarning umumiy energiya samaradorligi yuqori darajada saqlanib qoladi.

6. O‘zbekiston sanoatida qo‘llash istiqbollari

O‘zbekiston sanoatida tabiiy gaz asosiy energiya manbai hisoblanadi. Kimyo, oziq-ovqat, qurilish materiallari va to‘qimachilik korxonalarida katta hajmdagi issiqlik tashlamalarining oqimlari mavjud.

YHINlarini joriy etish quyidagi afzalliklarni beradi:

– tabiiy gaz sarfini kamaytirish;

– energiya samaradorligini oshirish;

– CO_2 emissiyalarini qisqartirish;

– ishlab chiqarish tannarxini pasaytirish;

– qayta tiklanuvchi energiya manbalari bilan integratsiya qilish.

XULOSA.

Olib borilgan tahliliy tadqiqotlar asosida quyidagi xulosalarga kelindi:

1. YHINlari sanoatning 100–200 °C diapazondagi issiqlik ehtiyojlarini qoplash imkoniyatiga ega;

2. Issiqlik tashlamalaridan foydalanish hisobiga, yuqori haroratli sanoat jarayonlarida energiya sarfini 30–50 % gacha kamaytirishga erishiladi;

3. Zamonaviy tizimlarda SK 2,5–6,0 oralig‘ida bo‘ladi;

4. CO_2 tashlamalarini 30–70 % gacha qisqartirish mumkin;

5. O‘ta yuqori haroratli (>250 °C) issiqlik nasoslari kelajakdagi istiqbolli texnologiya hisoblanadi;

6. O‘zbekiston sanoat korxonalarida ushbu texnologiyalarni joriy etish energiya tejamkorligi va ekologik barqarorlikni oshirishga xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Wang R., Yan H., Wu D. et al. High temperature heat pumps for industrial heating processes using water as refrigerant. *Energy*, 2024.

ISSN 3030-3907

2. Bellos E. et al. Feasibility Analysis of Industrial High-Temperature Heat Pumps. *Applied Sciences*, 2025.
3. Investigation of Heat Pump Technologies for High-Temperature Applications above 250 °C. *Applied Energy*, 2025.
4. A Review of Compressors for High Temperature Heat Pumps. *Thermal Science and Engineering Progress*, 2024.
5. Technology Feasibility of High-Temperature Heat Pumps for Industrial Drying Process in the US. *Purdue Conference Proceedings*, 2024.
6. High Temperature Heat Pumps and Their Roles in the Decarbonization of Building and Industry, 2024.
7. High-temperature Heat Pumps: Key Technologies and Industrial Applications toward Carbon-neutral Process Heating, 2025.
8. Low-Carbon Industrial Heating in the EU and UK: Integrating Waste Heat Recovery, High-Temperature Heat Pumps, and Hydrogen Technologies, 2025.

ISSN 3030-3907