



UO‘K 662.997; 621

## PAST HARORATLI MANBA ASOSIDAGI “SUV-SUVLI” ISSIQLIK NASOSINING ENERGIYA SAMARADORLIGINI TADQIQ QILISH

**Uzoqov G‘ulom Norboyevich**<sup>1</sup>- texnika fanlari doktori, professor,  
ORCID: 0009-0005-7386-8075 E-mail: [uzoqov66@mail.ru](mailto:uzoqov66@mail.ru)

**Elmurodov Nuriddin Sayitmurodovich**<sup>1</sup> – doktorant (PhD),  
ORCID ID 0000-0002-2992-3533 E-mail: [elmurodov\\_nuriddin@mail.ru](mailto:elmurodov_nuriddin@mail.ru)

**Raxmanqulov Aliqul Amirovich**-fizika-matematika fanlari nomzodi, dotsent,  
E-mail: [rahmanqulovalikul@gmail.com](mailto:rahmanqulovalikul@gmail.com)

<sup>1</sup>Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti, Qarshi sh., O‘zbekiston

**Bog‘lanish uchun:** Elmurodov Nuriddin Sayitmurodovich – doktorant (PhD),  
E-mail: [elmurodov\\_nuriddin@mail.ru](mailto:elmurodov_nuriddin@mail.ru)

**Annotatsiya. Kirish.** Bugungi kunda issiqlik nasoslarini issiqlik taminoti tizimlariga joriy etish tendensiyalari o‘shib bormoqda. Issiqlik nasoslarida past patensialli issiqlikni manba sifatida ishlatish mumkinligi tufayli, u yuqori energiya samaradorligiga ega. Shuning uchun past haroratli issiqlik manbalarida issiqlik nasosining ishlash samaradorligini hisoblash, O‘zbekistoning Qarshi shahri hududlarida isitish tizimlariga issiqlik nasosini joriy etishning maqsadga muvofiqligini baholashda muhim masala hisoblanadi.

**Usul va materiallar.** Ushbu maqolada tajriba bug‘ kompressorli issiqlik nasosining to‘rtta 5 °C, 10 °C, 15 °C, va 20 °C past haroratli issiqlik manbaida ishlaganda energiya samaradorligini aniqlash yo‘llari va energiya samaradorligini oshirish uchun berilgan sxemadan foydalanish taklif etiladi. Ishchi suyuqlik sifatida azon uchun xavfsiz bo‘lgan R134a freon tanlangan.

**Natijalar.** Tadqiqotlar davomida past haroratli manbaning turli haroratlarida issiqlik nasosining energiya o‘zgartirish koeffitsienti qiymati 2,1 dan 3,5 gacha o‘zgarganligi aniqlandi. Shuningdek, 3,5 ga teng energiya o‘zgartirish koeffitsientiga 20 °C harorali issiqlik manbadan foydalanilganda erishildi. Issiqlik nasosining bug‘latkichida past haroratli manba suvining harorati 2 °C dan 20 °C oralig‘ida o‘zgarganligi tajriba o‘lchov natijalari asosida aniqlandi. Kondensatordagi istemolchiga beriladigan suvning harorati esa 15 °C dan 53,5 °C haroratgacha ko‘tarildi.

**Xulosa.** Olib borilgan tajriba natijalari asosida Qarshi shahri sharoitida past haroratli manbaning turli haroratlarida issiqlik nasosining energiya o‘zgartirish koeffitsienti qiymati 2 dan katta bo‘lganligi uchun issiqlik nasosini issiqlik ta‘minoti tizimlarida qo‘llash samarali yechim ekanligini ko‘rsatadi.

**Kalit so‘zlar:** Bug‘ kompressorli issiqlik nasosi, bug‘latkich, kondensator, bosim manometri, filtr, issiqlik almashtirgich.

Дата поступления: 26.01.2024. После обработки: 11.03.2024. Принято печать: 14.03.2024

УДК 662.997; 621

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО ТЕПЛОВОГО НАСОСА ТИПА «ВОДА-ВОДА»

**Узаков Гулом Норбоевич**- доктор технических наук, профессор,  
ORCID: 0009-0005-7386-8075 E-mail: [uzoqov66@mail.ru](mailto:uzoqov66@mail.ru)

**Эльмуродов Нуриддин Сайитмуродович** – докторант (PhD),  
ORCID ID 0000-0002-2992-3533 E-mail: [elmurodov\\_nuriddin@mail.ru](mailto:elmurodov_nuriddin@mail.ru)





Рахманкулов Аликул Амирович<sup>1</sup>-кандидат физико-математических наук, доцент  
E-mail: [rahmankulovalikul@gmail.com](mailto:rahmankulovalikul@gmail.com)

<sup>1</sup>Каршинский инженерно-экономический институт, г. Карши, Узбекистан

**Аннотация. Введение.** На сегодняшний день растет тенденции внедрения тепловых насосов в системе теплоснабжения. Благодаря тому, что низкопотенциальное тепло может быть использовано в качестве источника в тепловых насосах, оно обладает высокой энергоэффективностью. Поэтому важен расчет эффективности теплового насоса на низкотемпературных источниках тепла, оценка целесообразности внедрения теплового насоса в системы отопления.

**Методы и материалы.** В данной статье предлагается методика определения энергетической эффективности экспериментального парокomppressorного теплового насоса при работе в четырех низкотемпературных источниках тепла 5 °C, 10 °C, 15 °C и 20 °C, а также улучшить энергоэффективность. В качестве рабочей жидкости был выбран азонобезопасный фреон марки R134a.

**Результаты.** В ходе исследований было установлено, что коэффициент преобразования энергии теплового насоса при различных температурах низкотемпературного источника изменялся от 2,1 до 3,5. Также коэффициент преобразования энергии 3,5 был достигнут при использовании источника тепла с температурой 20 °C. По результатам экспериментальных измерений установлено, что температура низкотемпературной исходной воды в испарителе теплового насоса изменяется от 2 °C до 20 °C. Температура воды, подаваемой потребителю в конденсаторе, увеличилась с 15 °C до 53,5 °C.

**Заключение.** По результатам проведенных экспериментов использование теплового насоса в системах теплоснабжения является эффективным решением, так как значение коэффициента преобразования энергии теплового насоса превышает 2 при различных температурах низкотемпературного источника в условиях города Карши.

**Ключевые слова:** Парокomppressorный тепловой насос, испаритель, конденсатор, манометр, фильтр, теплообменник.

UDC 662.997; 621

## STUDY OF ENERGY EFFICIENCY OF LOW-TEMPERATURE WATER-TO-WATER HEAT PUMP

Uzakov Gulom Norboevich - Doctor of Technical Sciences, Professor,

ORCID: 0009-0005-7386-8075 E-mail: [uzoqov66@mail.ru](mailto:uzoqov66@mail.ru)

Elmurodov Nuriddin Sayitmurodovich- Doctoral student (PhD),

ORCID ID 0000-0002-2992-3533 E-mail: [elmurodov\\_nuriddin@mail.ru](mailto:elmurodov_nuriddin@mail.ru)

Rakhmankulov Aliqul Amirovich<sup>1</sup>-candidate of physics-mathematical sciences, docent

E-mail: [rahmankulovalikul@gmail.com](mailto:rahmankulovalikul@gmail.com)

<sup>1</sup>Karshi Engineering Economics Institute, Karshi, Uzbekistan

**Abstract. Introduction.** Today, there is a growing trend towards the introduction of heat pumps in the heating system. Because low-grade heat can be used as a source in heat pumps, it is highly energy efficient. Therefore, it is important to calculate the efficiency of a heat pump using low-temperature heat sources and assess the feasibility of introducing a heat pump into the heating systems of the Karshi districts of Uzbekistan.

**Methods and materials.** This article proposes to use a scheme to determine the energy efficiency of an experimental steam-compressor heat pump when operating in four low-temperature





heat sources of 5 °C, 10 °C, 15 °C and 20 °C, and also to improve energy efficiency. Azo-safe freon R134a was chosen as the working fluid.

**Results.** During the research, it was found that the energy conversion coefficient of the heat pump at different temperatures of the low-temperature source varied from 2.1 to 3.5. Also, an energy conversion coefficient of 3.5 was achieved when using a heat source with a temperature of 20 °C. Based on the results of experimental measurements, it was established that the temperature of low-temperature source water in the evaporator of a heat pump varies from 2 °C to 20 °C. The temperature of the water supplied to the consumer in the condenser increased from 15 °C to 53.5 °C.

**Conclusion.** Based on the results of the conducted experiment, it shows that the use of the heat pump in the heat supply systems is an effective solution, as the value of the energy conversion coefficient of the heat pump is greater than 2 at different temperatures of the low-temperature source in the conditions of Karshi city.

**Keywords:** Steam compressor heat pump, evaporator, condenser, pressure gauge, filter, heat exchanger.

**Iqtibos uchun:** Uzoqov G'.N., Elmurodov N.S. Past haroratli manba asosidagi "suv-suvli" issiqlik nasosining energiya samaradorligini tadqiq qilish. *Muqobil energetika*. 2024. №1 (12). 62-69 b.

### Kirish

Jahonda yashil texnologiyalar hamda ekologik xavfsiz energiya texnologiyalarini rivojlantirish, Energetika, yashil iqtisodiyot va davlat barqaror rivojlanishining asosi bo'lib xizmat qiladi[1]. Buning uchun ikkilamchi energiya manbalari va qayta tiklanadigan energiya manbalaridan foydalanib, issiqlik nasosli tizim asosida qizdirish tizimlari hamda isitilishi zarur bo'lgan obektlarni energiya samaradorligini oshirish mumkin. Olimlarning tadqiqotlariga ko'ra ko'plab qizdirish tizimlarida issiqlik nasosli qurilmalarning qo'llanilishi 12% ga yetishi prognoz qilinmoqda[2-5]. Ko'rinib turibdiki CO<sub>2</sub> chiqindilarini atrof-muhitga ta'sirini kamaytirish uchun qizdirish tizimlariga ekologik toza energiya manbalarini joriy etish issiqlik nasoslarining ko'payishiga olib keladi.

Issiqlik nasoslari ko'plab olimlar tomonidan o'rganilgan va muayyan natijalarga erishilgan. Xususan Kwon va boshqalar tomonidan CO<sub>2</sub> issiqlik nasos tizimlari uchun ichki issiqlik almashinuvchilarining issiqlik uzatish xususiyatlari tadqiqot qilindi [6]. Wantha R1234yf va R134a xladagentlari uchun quvur ichidagi ichki issiqlik almashtirgichning issiqlik uzatish xususiyatlarini eksperimental va nazariy jihatdan tadqiqot qilgan [7].

Shuning uchun past haroratli issiqlik manbalarida issiqlik nasosining ishlash samaradorligini hisoblash, O'zbekistonning Qarshi shahri hududlarida isitish tizimlariga issiqlik nasosini joriy etishning maqsadga muvofiqligini baholashda muhim hisoblanadi.

Ushbu tadqiqot ishida bug' kompressorli issiqlik nasosining(BKIN) energiya samaradorligini oshirish uchun uning issiqlik almashinuv jarayonlari eksperimental tadqiqot qilindi. Issiqlik nasosining qizdirish tizimi samaradorligini oshirishdagi o'rni tajriba natijalari asosida hisoblandi.

### Usul va materiallar.

Issiqlik nasosi 4 ta asosiy qismdan, 2 ta issiqlik almashtirgichdan, yani bug'latkich va kondensatordan, shuningdek, Kompressor va kengaytirish klapanidan iborat. Issiqlik nasosi konturining ishchi suyuqligi R 134a xladagent, keyingi konturlarning ishchi suyuqligi esa suv. Issiqlik nasosi bug'latkichi va kondensatori mis quvurlar joylashtirilgan qobiqdan iborat bo'lib, xladagent qobiq ichidagi mis quvurlar orqali oqadi. Past haroratli issiqlik tashuvchi va yuqori haroratli issiqlik tashuvchi suvlari esa issiqlik almashtirgichning qobiq tomoni bo'ylab oqadi.

Tizimning samaradorligini aniqlashda har bir konturning samaradorligini aniqlash va tahlil qilish muhim hisoblanadi. Bu orqali issiqlik nasosi va butun qizdirish tizimining ishlash samaradorligini aniqlash mumkin. Qizdirish rejimida issiqlik nasosining ishlash samaradorligi





(transformatsiya koeffitsienti) issiqlik nasosining isitish quvvati va kompressor quvvati o‘rtasidagi nisbat orqali aniqlanadi[8].

$$\eta_{i.n} = \frac{Q_{kon}}{N_{komp}} \tag{1}$$

Issiqlik nasosining isitish quvvati xladagent qizigan bug‘ining kondensatoridagi issiq suvga beradigan issiqlikka teng. Kondensatorga uzatiladigan issiqlik, issiqlik nasosining bug‘latkichining quvvati va kompressor quvvatining yig‘indisiga teng:

$$Q_{kon} = Q_{bug'} + N_{komp} \tag{2}$$

(2) formulani (1) formulaga qo‘yib quyidagi tenglikni olamiz:

$$\eta_{i.n} = \frac{Q_{bug'} + N_{komp}}{N_{komp}} = \frac{Q_{bug'}}{N_{komp}} + 1 \tag{3}$$

Tengliklardan ko‘rinib turibdiki issiqlik nasosining ishlash samaradorligini aniqlashda sirkulyatsiya nasoslarining istemol qiladigan elektr quvvatlari hisobga olinmaydi.

Past va yuqori haroratli qidirish konturiga joylashtirilgan sirkulyatsiya nasoslarining suv sarfini to‘g‘ri tanlash orqali issiqlik nasosi ishlash samaradorligini oshirish mumkin.

Shunga ko‘ra issiqlik nasosi bug‘latkichi va kondensatorida issiqlik almashinuv jarayonlarini hisoblash, issiqlik energiyasini past patensiali issiqlik manbaidan yuqori haroratli istemolchiga o‘tkazish jarayonlari issiqlik nasosi tajriba stendida tadqiqot qilindi. Tadqiqotlar davomida eksperiment o‘tkazish metodi va tartibi aniqlandi. O‘lchov natijalarini hisoblash va qayta ishlash davomida issiqlik nasosining energiya samaradorlik (transformatsiya) koeffitsienti aniqlandi.

Issiqlik nasosi bloki yopiq germetik tizim bo‘lib, mator-kompressor, ikkita mis quvurli issiqlik almashtirgich yani bug‘latkich, kondensator, filtr quritgich, drossel, bosim o‘lchash manometrlari, harorat termometrlari, mis quvurlar va shuningdek ishga tushirish va himoya avtomatik uskunalari o‘z ichiga oladi. Mis quvurli issiqlik almashtirgichlar, konvektiv issiqlik almashinuvini kuzatiladigan suvli idishlarga joylashtirildi. Filtr quritgich freonni mexanik aralashmalar va namlikdan tozalaydi. Bosim o‘lchash manometrlari issiqlik nasosi gidropnevmatik tizimining to‘rtta nuqtasida yuqori va past bosimni o‘lchash imkonini beradi. Kompressor bir bosqichli bo‘lib, issiqlikni yuqori darajaga ko‘tarishda R134a Freon (xladagent) ishlatilgan.

Tadqiqot ishlarini olib borish jarayonida birinchi navbatda o‘lchov natijalari asosida tizimning quyidagi kattaliklari aniqlandi.

Tajriba vaqtida kompressorning istemol qilgan elektr energiyasi hisoblandi:

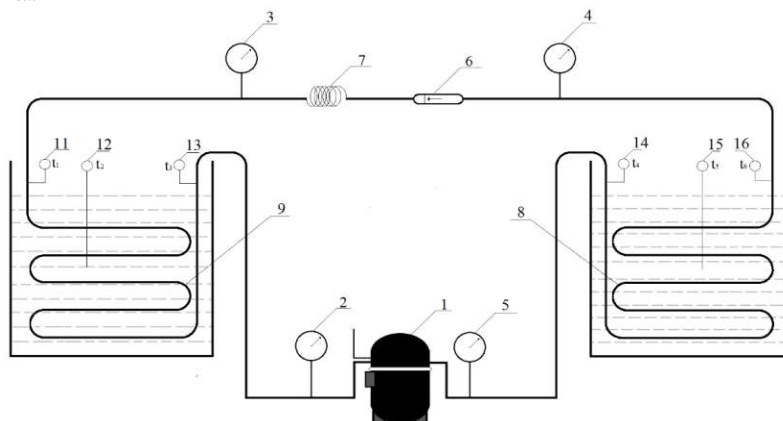
$$N_{komp} = I \cdot U \cdot \tau \tag{4}$$

Bu yerda  $I$ -tok kuchi (A),  $U$ - kuchlanish (V),  $\tau$  - vaqt (sek).

Kondensatorida suvni isitish uchun sarflangan energiya miqdori hisoblandi.

$$Q_{kon} = c \cdot m(t_{bosh} - t_{oxir}) \tag{5}$$

Bu yerda  $c$ - suvning solishtirma issiqlik sig‘imi ( $c=4,19$  kJ/(kg K));  $m$ -idishdagi suvning massasi (kg);  $t_{bosh}$ ,  $t_{oxir}$  kondensatoridagi suvning boshlang‘ich va oxirgi harorati.



1-rasm. Issiqlik nasosi eksperimental qurilmasining gidropnevmatik sxemasi.



1-kompressor; 2-3-past bosim manometri; 4-5-yuqori bosim manometri; 6-filtr; 7-drossel; 8- issiqlik almashtirgich(zmeevik kondensator); 9- issiqlik almashtirgich (zmeevik bug‘latkich); 11- bug‘latkichga kirishdagi harorat termometri ( $t_1$ ); 12- bug‘latkich tomonidagi suvning harorat termometri ( $t_2$ ); 13- bug‘latkichdan chiqishdagi harorat termometri ( $t_3$ ); 14- kondensatorga kirishdagi harorat termometri ( $t_4$ ); 15- kondensator tomonidagi suvning harorat termometri ( $t_5$ ); 16- kondensatordan chiqishdagi harorat termometri ( $t_6$ );

Figure 1. Hydropneumatic scheme of the heat pump experimental device.

1-compressor; 2-3-low pressure manometer; 4-5 high pressure manometer; 6th filter; 7-throttle; 8- heat exchanger (zmeevik condenser); 9- heat exchanger (zmeevik evaporator); 11- temperature thermometer at the entrance to the evaporator ( $t_1$ ); 12- water temperature thermometer on the side of the evaporator ( $t_2$ ); 13- temperature thermometer at the outlet of the evaporator ( $t_3$ ); 14- temperature thermometer at the entrance to the condenser ( $t_4$ ); 15- water temperature thermometer on the condenser side ( $t_5$ ); 16- temperature thermometer at the outlet of the condenser ( $t_6$ ).

Yuqoridagi hisoblashlarni amalga oshirish uchun tajriba issiqlik nasosi stendida tajriba ishlari olib borildi. Tajriba ishlari davomida xladagentning bug‘latkich va kondensatorga kirishdagi hamda chiqishdagi haroratlari TPM-10 mini raqamli termometr orqali aniqlandi. Bug‘latkich va kondensatordagi suvning haroratlari elektron termometr yordamida o‘lchab borildi. Xladagentning kompressorga kirishdagi 2 ta nuqtadagi past bosimlari hamda chiqishdagi 2 ta nuqtadagi yuqori bosimlari manometr yordamida o‘lchab borildi. Issiqlik nasosining istemol qiladigan elektr quvvatini, kuchlanish va o‘zgaruvchan tok kuchini aniqlash uchun V040EU tipidagi raqamli o‘lchov asbobidan foydalanildi. Tajriba o‘tkazish davomida jarayon vaqti hisoblandi va har bir qiymat o‘lchangan vaqt qayd etib borildi.

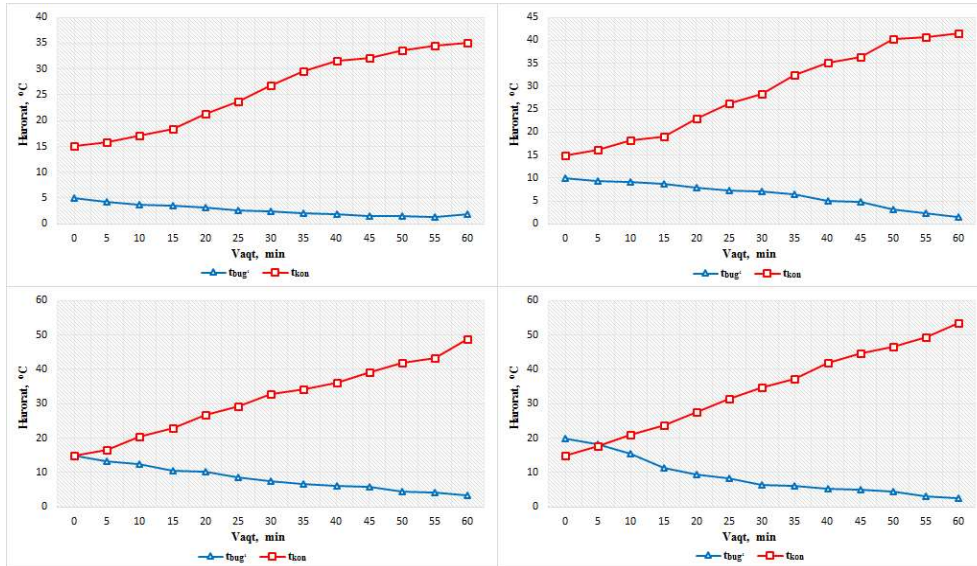
Tajriba jarayonlari suvning turli 5, 10, 15 va 20 °C boshlang‘ich haroratlari uchun olib borildi. Ushbu turli boshlang‘ich haroratlarda suvni talab etilgan haroratgacha qizdirishda har bir tajriba jarayoni uchun tajriba o‘lchov ishlari amalga oshirildi. Tajriba jarayonida xladagentning bug‘latkich va kondensatorga kirish va chiqishdagi harorati, yuqori va past bosimlari hamda kondensatordagi va bug‘latkichdagi suvning harorat o‘zgarishlari o‘lchab borildi. O‘lchov natijalari asosida bug‘-kompressorli issiqlik nasosi qurilmasining har bir tajriba jarayoni uchun samaradorlik(transformatsiya) koeffitsientlari aniqlandi.

### Natijalar

Issiqlik nasosining qizdirish tizimidagi samaradorligini aniqlashda nasos davrlari, freon va issiqlik almashinuvchilarida belgilangan harorat farqlari asosida ko‘plab termodinamik hisoblashlarni amalga oshirishni talab qiladi. Issiqlik nasoslarini hisoblash uchun ishchi suyuqliklarning (freon) diagrammalaridan ham foydalaniladi.

Olib borilgan tadqiqot jarayonlari hamda jadvallarda keltirilgan tajriba natijalari asosida, vaqtga nisbatan quyidagi kattaliklarning o‘zgarish grafiklari olindi.

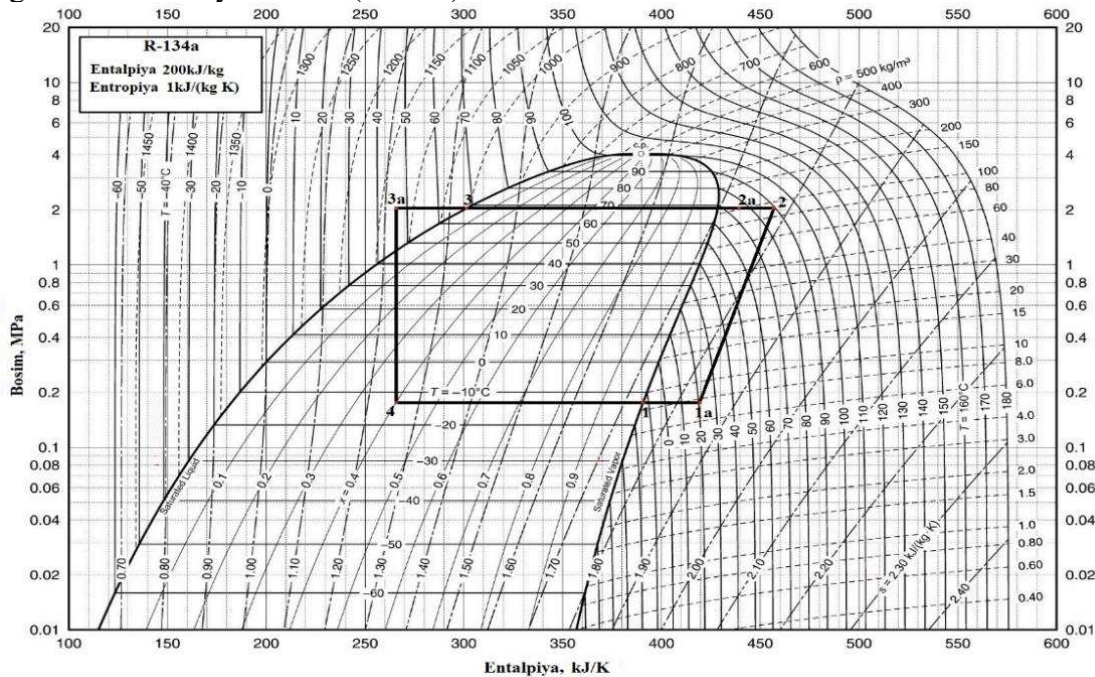
Bug‘ kompressorli issiqlik nasosining bug‘latkichdagi suvning turli haroratlarida, kondensatordagi suv haroratini 60 daqiqa davomida qancha haroratgacha ko‘tarishi mumkinligi tajribalar davomida o‘lchandi. Tajriba davomida bug‘latkichdagi suvning harorati 5 °C bo‘lganda kondensatordagi suvning harorati maksimal 35 °C gacha ko‘tarilishi kuzatildi. Xuddi shunday bug‘latkich suvining 10 °C, 15 °C, 20 °C haroratlarida kondensatordagi suvning harorati 41,5 °C, 48,8 °C va 53,5 °C ni tashkil etdi (2-rasm). Issiqlik nasosining bug‘latkich hamda kondensator qismi sig‘imi 45 l.



2-rasm. Kondensatoridagi va bug‘latkichdagi suv haroratining vaqtga nisbatan o‘zgarish grafigi.  
Figure 2. A plot of water temperature in the condenser and evaporator versus time.

Ushbu tadqiqotning yana bir maqsadi bug‘latkich va kondensatorning samaradorligini hisobga olib, R134a xladagentida ishlaydigan issiqlik nasosi samaradorlik koeffitsientini hisoblash uchun aniqroq va umumiy qo‘llaniladigan hisoblash metodikasini ishlab chiqishdir.

Tajriba bug‘ kompressorli issiqlik nasosining samaradorlik (transformatsiya) koeffitsienti aniqlash va tajribada aniqlangan qiymatlar bilan taqqoslash uchun ushbu tajriba qurilmasining p-h diagrammasidan foydalanildi (3-rasm).

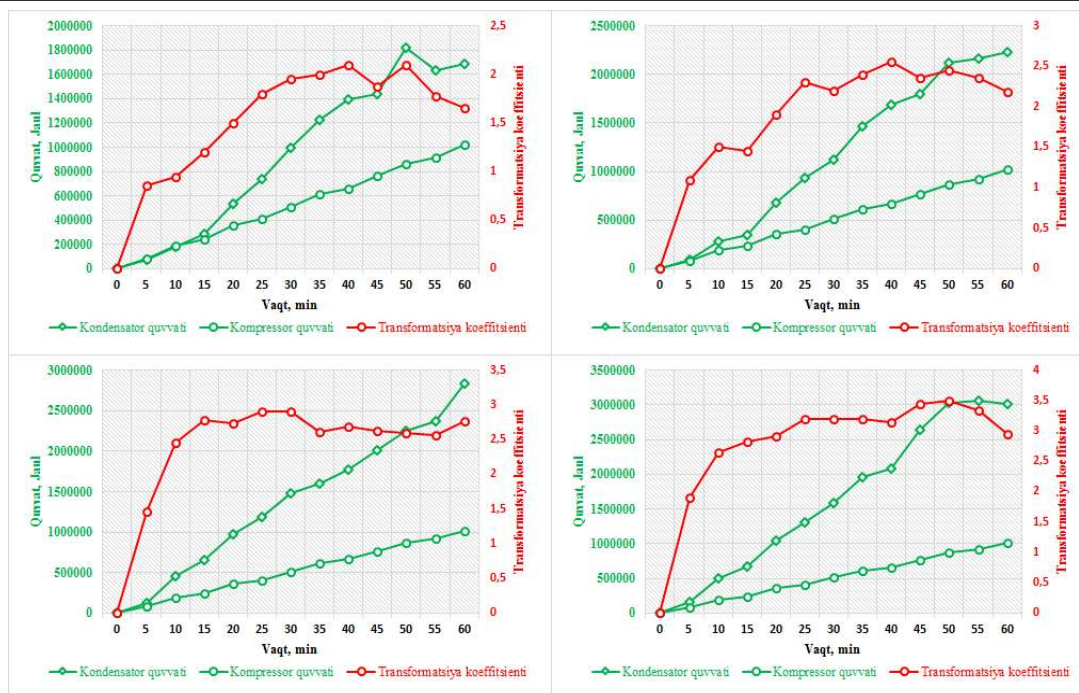


3-rasm. Tajriba bug‘ kompressorli issiqlik nasosi siklining p-h diagrammasi.  
Figure 3. Experiment p-h diagram of cycle of heat pump with steam compressor.

Bug‘latkichdagi past haroratli manbadan olingan, kondensatoridagi yuqori issiqlik manbaiga o‘tkazilgan hamda istemol qilingan elektr energiya miqdorining vaqtga nisbatan o‘zgarishi hisoblandi.

Yuqorida olib borilgan tadqiqot natijalari asosida suvning turli 5, 10, 15 va 20 °C boshlang‘ich haroratlarida issiqlik nasosining samaradorlik (transformatsiya) koeffitsienti aniqlandi (4-rasm).





4-rasm. Tajriba bug‘ kompressorli issiqlik nasosining energetik xarakteristikalari.  
Figure 4. Energy characteristics of an experimental steam compressor heat pump.

Tajribalar davomida bug‘ kompressorli issiqlik nasosining energiya samaradorlik ko'effitsienti bug‘latkich suvi 20 °C bo‘lganda yuqori ko‘rsatkichga etdi va energiya samaradorlik  $\eta_{i,n} = 3,5$  teng bo‘lishi ilmiy asoslandi.

### Xulosa

Bug‘ kompressorli issiqlik nasosida olib borilgan tadqiqotlar davomida bug‘latkichdagi suvning harorati 5 °C bo‘lganda kondensatordagi suvning harorati maksimal 35 °C gacha ko‘tarilishi kuzatildi. Xuddi shunday bug‘latkich suvining 10 °C, 15 °C, 20 °C haroratlarida kondensatordagi suvning harorati 41,5 °C, 48,8 °C va 53,5 °C ni tashkil etdi.

Bug‘ kompressorli issiqlik nasosining energiya samaradorlik ko'effitsienti past haroratli issiqlik manbai haroratining ortishi bilan ortishi kuzatildi. Past haroratli issiqlik manbai 20 °C bo‘lganda energiya samaradorlik  $\eta_{i,n} = 3,5$  teng bo‘lishi ilmiy asoslandi.

Qarshi shahri sharoitida past haroratli issiqlikning turli haroratlarida bug‘ kompressorli issiqlik nasosining energiya samaradorlik ko'effitsienti qiymati 2 dan katta bo‘lib, bu issiqlik nasosining samarali ishlashiga to‘g‘ri keladi. O‘zbekistonning Qarshi shahri hududlarida issiqlik nasoslarini joriy etish maqsadga muvofiq bo‘ladi.

### Adabiyotlar

- [1] Elmurodov, N. S., and N. N. Axmedov. “Suzish basseynlarining energiya balansi tahlili.” *Innovatsion texnologiyalar* 3.3 (47) (2022): 21-27.
- [2] Elmurodov, N. S., and D. B. Temirova. “Kombinatsiyalashgan qizdirish tizimli suzish basseynining issiqlik energiyasi istemoli va issiqlik yo‘qotishlarini eksperimental tadqiq qilish.” *Muqobil energetika* 1.10 (2023): 88-95.
- [3] Nyers J., Garbai L., Nyers A. A modified mathematical model of heat pump's condenser for analytical optimization // *Energy*. – 2015. – T. 80. – C. 706-714.
- [4] Santa R., Bošnjaković M., Čikić A. Experimental and numerical testing of heat pump evaporator // *Applied Sciences*. – 2022. – T. 12. – №. 23. – C. 11973.
- [5] Elmurodov N., Davlonov K. yassi reflektorli quyosh hovuzining samaradorligini tadqiq qilish // *Innovatsion texnologiyalar*. – 2023. – T. 52. – №. 3.



[6] Kwon Y. C. et al. Experimental study on heat transfer characteristics of internal heat exchangers for CO<sub>2</sub> system under cooling condition //Journal of mechanical science and technology. – 2009. – T. 23. – C. 698-706.

[7] Wantha C. Analysis of heat transfer characteristics of tube-in-tube internal heat exchangers for HFO-1234yf and HFC-134a refrigeration systems //Applied Thermal Engineering. – 2019. – T. 157. – C. 113747.

[8] Uzakov, G., Elmurodov, N., Toshboev, A., & Sulstonov, S. (2023). Mathematical modeling the heat balance of a solar pond device. In BIO Web of Conferences (Vol. 71, p. 02023). EDP Sciences.

### References

[1] Elmurodov, N. S., and N. N. Axmedov. “Suzish basseynlarining energiya balansi tahlili.” Innovatsion texnologiyalar 3.3 (47) (2022): 21-27. (*In Uzb*)

[2] Elmurodov, N. S., and D. B. Temirova. “Kombinatsiyalashgan qizdirish tizimli suzish basseynining issiqlik energiyasi istemoli va issiqlik yo‘qotishlarini eksperimental tadqiq qilish.” Muqobil energetika 1.10 (2023): 88-95. (*In Uzb*)

[3] Nyers J., Garbai L., Nyers A. A modified mathematical model of heat pump's condenser for analytical optimization //Energy. – 2015. – T. 80. – C. 706-714.

[4] Santa R., Bošnjaković M., Čikić A. Experimental and numerical testing of heat pump evaporator //Applied Sciences. – 2022. – T. 12. – №. 23. – C. 11973.

[5] Elmurodov N., Davlonov K. yassi reflektorli quyosh hovuzining samaradorligini tadqiq qilish //Innovatsion texnologiyalar. – 2023. – T. 52. – №. 3. (*In Uzb*)

[6] Kwon Y. C. et al. Experimental study on heat transfer characteristics of internal heat exchangers for CO<sub>2</sub> system under cooling condition //Journal of mechanical science and technology. – 2009. – T. 23. – C. 698-706.

[7] Wantha C. Analysis of heat transfer characteristics of tube-in-tube internal heat exchangers for HFO-1234yf and HFC-134a refrigeration systems //Applied Thermal Engineering. – 2019. – T. 157. – C. 113747.

[8] Uzakov, G., Elmurodov, N., Toshboev, A., & Sulstonov, S. (2023). Mathematical modeling the heat balance of a solar pond device. In BIO Web of Conferences (Vol. 71, p. 02023). EDP Sciences.

**For citation:** Uzakov G.N., Elmurodov N.S. Study of energy efficiency of low-temperature water-to-water heat pump. *Alternative Energy. 2024. No 1 (12). pp.62-69. (In Uzb.)*

**Correspondence:** Elmurodov Nuriddin Sayitmurodovich- Doctoral student (PhD),  
E-mail: [elmurodov\\_nuriddin@mail.ru](mailto:elmurodov_nuriddin@mail.ru)