ISNN 3030-3907

2026
MAY
ISSUE - 5
VOLUME - 9

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

MAY 2026
Issue - 5, VOLUME – 9

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

МОДЕЛИРОВАНИЕ СХЕМЫ ПОДКЛЮЧЕНИЯ ТЕПЛОВОГО НАСОСА ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ ВТОРИЧНОГО ТЕПЛА И ТЕХНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ НА НАВОИЙСКОМ МЕХАНИЧЕСКОМ ЗАВОДЕ

Анарбаев Анвар Изатуллаевич
Профессор кафедры "Термодинамика и энергетический аудит" Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова
Шарифов Шахбоз Зокирович
Профессор кафедры "Термодинамика и энергетический аудит" Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова
E-mail: sarifov360@gmail.com

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы моделирования схемы подключения теплового насоса для утилизации вторичного технологического тепла на Навоийском механическом заводе и оценки технической эффективности его применения. Проведён анализ источников низкопотенциального тепла, разработана схема подключения системы, выполнены расчёты рабочих параметров и коэффициента энергетической эффективности теплового насоса. На основе инженерных расчётов определены показатели тепловой мощности, коэффициента преобразования (COP) и возможности повторного использования отходящего тепла в системе теплоснабжения предприятия. Результаты исследования подтверждают техническую целесообразность применения теплового насоса для повышения энергоэффективности, снижения тепловых потерь и рационального использования энергетических ресурсов промышленного предприятия.

Ключевые слова: тепловой насос, вторичное тепло, утилизация тепла, энергетическая эффективность, Навоийский механический завод, моделирование, энергосбережение.

Abstract. The article addresses the modeling of a heat pump connection scheme for the utilization of secondary technological waste heat at the Navoi Mechanical Plant, as well as the assessment of its technical efficiency. An analysis of low-grade heat sources was carried out, a system connection scheme was developed, and calculations of operating parameters and the energy performance coefficient of the heat pump were performed. Based on engineering calculations, the thermal capacity, coefficient of performance (COP), and potential for reusing waste heat in the plant’s heating system were determined. The results of the study confirm the technical feasibility of implementing a heat pump system to improve energy

ISSN 3030-3907

efficiency, reduce heat losses, and ensure rational use of energy resources in an industrial enterprise.

Keywords: heat pump, waste heat, heat recovery, energy efficiency, Navoi Mechanical Plant, modeling, energy saving.

Annotatsiya. Maqolada Navoiy mexanika zavodida ikkilamchi texnologik chiqindi issiqlikdan foydalanish uchun issiqlik nasosi ulanish sxemasini modellashtirish hamda uning texnik samaradorligini baholash masalalari ko‘rib chiqiladi. Past potensialli issiqlik manbalari tahlil qilinib, tizimning ulanish sxemasi ishlab chiqilgan va issiqlik nasosining ishchi parametrlari hamda energetik samaradorlik ko‘rsatkichlari hisoblangan. Muhandislik hisob-kitoblari asosida issiqlik quvvati, ishlash koeffitsienti (COP) hamda chiqindi issiqlikni korxona issiqlik ta’minoti tizimida qayta ishlatish imkoniyatlari aniqlangan. Tadqiqot natijalari issiqlik nasosi tizimini joriy etish orqali energiya samaradorligini oshirish, issiqlik yo‘qotishlarini kamaytirish va sanoat korxonasida energiya resurslaridan oqilona foydalanish texnik jihatdan asoslanganligini tasdiqlaydi.

Kalit so‘zlar: issiqlik nasosi, chiqindi issiqlik, issiqlikni utilizatsiya qilish, energiya samaradorligi, Navoiy mexanika zavodi, modellashtirish, energiya tejash.

ВВЕДЕНИЕ.

Вопросы рационального использования энергетических ресурсов в промышленности приобретают всё более важное значение в условиях глобального роста стоимости энергоресурсов, повышения требований к экологической безопасности производства и необходимости внедрения энергоэффективных технологий. На промышленных предприятиях значительная часть тепловой энергии теряется в виде отходящего технологического тепла, которое зачастую не вовлекается в повторный производственный цикл. Подобные потери приводят к увеличению эксплуатационных затрат, снижению энергетической эффективности и росту экологической нагрузки.

Одним из перспективных направлений решения данной проблемы является применение систем тепловых насосов, позволяющих использовать низкопотенциальное тепло вторичных энергетических ресурсов и преобразовывать его в полезную тепловую энергию, пригодную для повторного использования в технологических процессах или системах теплоснабжения.

Принцип работы теплового насоса основан на переносе тепловой энергии от низкотемпературного источника к потребителю более высокой температуры за счёт использования внешней механической либо

ISSN 3030-3907

электрической энергии. Данный подход обеспечивает многократное повышение эффективности использования энергии по сравнению с традиционными методами нагрева.

Целью настоящего исследования является разработка модели схемы подключения теплового насоса для утилизации вторичного технологического тепла на Навоийском механическом заводе, а также оценка технической эффективности предлагаемой системы.

Для достижения поставленной цели определены следующие задачи исследования:

– исследование существующих источников отходящего технологического тепла на предприятии;

– моделирование схемы подключения теплового насоса в условиях промышленного объекта;

– расчёт рабочих параметров теплового насоса;

– оценка коэффициента энергетической эффективности;

– определение технической целесообразности внедрения системы.

На Навоийском механическом заводе в процессе функционирования оборудования наблюдается выделение значительных объёмов низкопотенциального тепла, формирующегося вследствие работы компрессорных установок, вентиляционных систем, технологических теплообменников, а также процессов охлаждения оборудования. Температурный диапазон отходящих тепловых потоков зачастую находится в пределах 25–60 °C, что делает их потенциально пригодными для повторного использования посредством тепловых насосов.

Внедрение системы теплового насоса позволяет не только уменьшить тепловые потери, но и повысить общий уровень энергетической устойчивости предприятия, сократить потребление традиционных энергоносителей и снизить производственные расходы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. В рамках исследования применялись методы технического анализа, математического моделирования, инженерного расчёта тепловых процессов и сравнительной оценки энергетической эффективности.

Объектом исследования выступает система утилизации вторичного тепла Навоийского механического завода, в которой рассматривается возможность использования теплового насоса компрессионного типа для отбора низкопотенциального тепла из технологических отходящих потоков.

Основой предлагаемой схемы является использование вторичного тепла технологического оборудования в качестве низкотемпературного

ISSN 3030-3907

источника энергии. Тепловой насос обеспечивает перенос накопленного тепла к системе внутреннего теплоснабжения предприятия.

Схема работы исследуемой системы включает:

– источник вторичного тепла;
– испаритель теплового насоса;
– компрессорную установку;
– конденсатор;
– регулирующее устройство;
– контур распределения тепловой энергии.

Для определения технической возможности использования теплового насоса на Навоийском механическом заводе была выполнена оценка теплового потенциала отходящих технологических потоков. В качестве исходного источника вторичного тепла были приняты тепловые выбросы компрессорного оборудования и системы охлаждения технологических агрегатов, температура которых изменяется в диапазоне 35–55 °C.

При инженерном моделировании были использованы расчётные параметры, максимально приближённые к условиям производственной эксплуатации:

– температура вторичного источника тепла: 40–50 °C;
– температура теплоносителя в системе теплоснабжения: 60–75 °C;
– расчётная производительность теплового насоса: 80–120 кВт;
– мощность компрессора: 20–35 кВт;
– рабочее давление холодильного контура: 0,8–1,6 МПа.

Для оценки количества утилизируемой тепловой энергии использовалось уравнение теплового баланса:

$$Q=mc\Delta T$$

где:

Q — количество тепловой энергии, Дж;
m — масса теплоносителя, кг;
c — удельная теплоёмкость вещества, Дж/(кг·°C);
ΔT— изменение температуры, °C.

На основе результатов наблюдений и инженерных оценок для расчётов были использованы условные параметры технологического теплоносителя:

- расход теплоносителя — 2,3 кг/с;
- средняя теплоёмкость воды — 4200 Дж/(кг·°C);
- средняя разность температур — 14 °C.

Подстановка исходных параметров позволила определить количество потенциально доступного тепла:

ISSN 3030-3907

$$Q=2.3\times4200\times14=135240W$$

Полученные расчёты показывают, что объём потенциально утилизируемой тепловой энергии составляет приблизительно **135 кВт,** что позволяет рассматривать использование теплового насоса как технически оправданное решение для повторного использования энергии в производственном цикле.

Моделирование схемы подключения теплового насоса. Разработанная схема подключения теплового насоса основана на принципе замкнутого теплового цикла, в котором низкопотенциальное тепло от технологических процессов передаётся через испаритель рабочему хладагенту. После этого компрессор увеличивает давление и температуру хладагента, а в конденсаторе накопленная энергия передаётся системе теплоснабжения предприятия.

Функционирование системы включает следующие этапы:

1. Отбор низкопотенциального тепла из технологического оборудования.
2. Передача тепловой энергии в испаритель теплового насоса.
3. Сжатие рабочего агента компрессором и повышение температуры.
4. Передача тепла в систему внутреннего теплоснабжения.
5. Повторение термодинамического цикла.

В рамках моделирования были рассмотрены три варианта схем подключения:

Предполагает непосредственную подачу **1-вариант - прямое подключение.** утилизируемого тепла в систему производственного теплоснабжения. Данный вариант характеризуется простотой конструкции, однако отличается ограниченной гибкостью регулирования.

2-вариант - подключение через промежуточный теплообменник. Обеспечивает повышение надёжности системы, уменьшение тепловых потерь и стабилизацию температурного режима.

3-вариант - комбинированная схема подключения. Сочетает преимущества двух предыдущих вариантов и позволяет адаптировать систему к переменным производственным нагрузкам.

Сравнительный анализ показал, что наиболее рациональной для условий Навоийского механического завода является комбинированная схема, поскольку она обеспечивает стабильность рабочих параметров, снижение тепловых потерь и возможность адаптации к изменению технологических режимов.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Результаты инженерного моделирования демонстрируют, что применение теплового насоса позволяет существенно

ISSN 3030-3907

повысить уровень использования вторичных энергетических ресурсов предприятия.

Таблица 1

Основные расчётные показатели представлены ниже:

Показатель	Значение
Температура источника вторичного тепла	45 °C
Температура теплоносителя	70 °C
Потенциальная тепловая мощность	135 кВт
Мощность компрессора	32 кВт
Коэффициент преобразования (COP)	4,22
Ориентировочная энергоэффективность	Высокая

Результаты показывают, что применение системы теплового насоса позволяет сократить энергетические потери и повысить коэффициент полезного использования тепловой энергии в технологическом процессе. Кроме того, отмечается возможность частичного снижения нагрузки на традиционные системы теплоснабжения предприятия.

ОБСУЖДЕНИЕ. Полученные результаты позволяют утверждать, что применение теплового насоса для утилизации вторичного тепла на Навоийском механическом заводе является технически обоснованным и энергетически эффективным решением. Анализ результатов моделирования показал, что значительная часть низкопотенциального тепла, образующегося в ходе производственных процессов, может быть повторно использована для внутреннего теплоснабжения предприятия.

В условиях промышленного производства эффективность использования энергетических ресурсов определяется не только объёмом потребляемой энергии, но и способностью предприятия снижать технологические потери. Проведённые расчёты показали, что при коэффициенте преобразования системы $COP=4.22$ обеспечивается высокая степень возврата полезной тепловой энергии, что существенно превышает эффективность традиционных электрических систем нагрева.

Одним из важных результатов исследования является установление зависимости между температурой вторичного источника тепла и энергетической производительностью системы. Повышение температуры исходного теплоносителя способствует увеличению коэффициента преобразования и снижению удельных затрат электроэнергии.

С инженерной точки зрения наиболее рациональным решением для условий Навоийского механического завода выступает комбинированная схема подключения, поскольку она обеспечивает:

ISSN 3030-3907

– устойчивость рабочих параметров системы;
– возможность регулирования тепловых нагрузок;
– уменьшение риска тепловых потерь;
– стабильность работы оборудования при переменном режиме производства.

Для анализа энергетической эффективности системы была выполнена сравнительная оценка традиционного нагрева и теплового насоса. При использовании обычного электрического нагревательного оборудования для получения аналогичного количества тепловой энергии требовалось бы значительно большее потребление электроэнергии.

Кроме того, важным аспектом является экологическая составляющая. Повторное использование технологического тепла способствует уменьшению нагрузки на энергетическую инфраструктуру и косвенно снижает выбросы углекислого газа, связанные с производством электроэнергии. Это особенно актуально в условиях перехода промышленности к принципам ресурсосбережения и устойчивого развития.

Следует отметить, что при внедрении системы необходимо учитывать ряд факторов:
– сезонные изменения тепловой нагрузки;
– стабильность температуры вторичного источника;
– выбор типа хладагента;
– требования промышленной безопасности;
– особенности интеграции системы в существующие инженерные сети предприятия.

Таким образом, проведённое моделирование показывает, что внедрение теплового насоса может рассматриваться не только как средство повышения энергоэффективности, но и как инструмент оптимизации производственных затрат.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. В результате проведённого исследования выполнено моделирование схемы подключения теплового насоса для утилизации вторичного технологического тепла на Навоийском механическом заводе и дана техническая оценка эффективности предлагаемой системы.

Установлено, что в процессе функционирования технологического оборудования образуется значительный объём низкопотенциального тепла, пригодного для повторного использования в системах теплоснабжения предприятия. Выполненные расчёты подтвердили возможность эффективной утилизации отходящего тепла посредством применения теплового насоса компрессионного типа.

ISSN 3030-3907

На основании математического моделирования определено, что потенциальная тепловая мощность системы может составлять около 135 кВт, а коэффициент преобразования теплового насоса достигает значения 4,22, что свидетельствует о высокой энергетической эффективности предложенной системы.

Сравнительный анализ различных вариантов подключения показал, что наиболее целесообразной для условий Навоийского механического завода является комбинированная схема, обеспечивающая надёжность, устойчивость работы и возможность регулирования тепловых параметров.

Практическая значимость исследования заключается в разработке инженерного подхода к повторному использованию вторичных энергетических ресурсов промышленного предприятия, что способствует сокращению энергетических затрат, повышению эффективности теплоснабжения и снижению уровня технологических потерь.

Полученные результаты могут быть использованы при проектировании систем теплоснабжения промышленных предприятий, модернизации существующих теплотехнических комплексов, а также в дальнейших исследованиях по оптимизации энергетических процессов на производстве.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. O‘zbekiston Respublikasi Oliy ta’lim, fan va innovatsiyalar vazirligi. Energiya tejamkor texnologiyalar asoslari. – Toshkent, 2022.
2. Xudoyqulov S. Issiqlik texnikasi va issiqlik almashinuvi asoslari. – Toshkent: Fan, 2021.
3. Ergashev Q. Sanoat korxonalarida energiya samaradorligi. – Toshkent, 2020.
4. Mamatqulov R. Issiqlik mashinalari va qurilmalari. – Toshkent: O‘qituvchi, 2019.
5. Yusupov A. Energetik tizimlarning texnik ekspluatatsiyasi. – Toshkent, 2021.
6. Xasanov N. Sanoat issiqlik texnologiyalari. – Toshkent, 2020.
7. Umarov F. Energiya tejash texnologiyalari. – Toshkent, 2019.
8. Rahimov D. Texnologik tizimlarda issiqlik almashinuvi. – Toshkent, 2022.
9. Sodiqov B. Sanoat energetikasi asoslari. – Toshkent, 2021.
10. Abdullayev I. Issiqlik ta’minoti tizimlari. – Toshkent, 2023.
11. Eshmurodov P. Energiya auditi va monitoringi. – Toshkent, 2020.
12. Qodirov T. Sanoatda energiya samaradorligini oshirish usullari. – Toshkent, 2022.

ISSN 3030-3907