

## ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕПЛОВОГО НАСОСА

Даутов Р.Р., Кондратьев Е.В.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань,  
Российская Федерация  
gluza.dautova@yandex.ru

Ключевые слова: тепловой насос, низкопотенциальный источник, отопление, коэффициент трансформации, энергетическая эффективность.

Из-за ограниченности ресурсов и ухудшения состояния окружающей среды традиционные источники энергии заменяются возобновляемыми - это их новая альтернатива. Таким образом, на сегодняшний день все более актуальным и перспективным направлением становится использование тепловых насосов, использующих низкопотенциальное тепло в качестве основного вида энергии. В статье особенности систем отопления, горячего водоснабжения с использованием теплонасосных устройств. Также дана оценка низкопотенциальных источников тепла с точки зрения эффективности теплового насоса, связанного с объектами теплоснабжения жилых домов.

Тепловой насос – это устройство, которое позволяет преобразовать теплоту от низкопотенциального источника (грунта, воды, воздуха и др.) с низкой температурой, передать ее потребителю в виде теплоносителя с более высокой температурой. Принцип работы идентичен с принципом работы кондиционера или холодильной машины, но в отличие

259

от них он переносит тепло из внешней среды непосредственно вовнутрь, в систему отопления или ГВС. Суть работы теплового насоса заключается в следующем: в теплообменнике, называемом испарителем, осуществляется передача тепла от внешнего низкопотенциального источника теплоты к жидкости, кипящей при низкой температуре – к хладагенту. Он испаряется и в виде газа идет в компрессор. Тут происходит его сжатие и повышение температуры. Далее, попадая в другой теплообменник – конденсатор, хладагент с новыми параметрами передает тепло теплоносителю.

Тепловые насосы могут обеспечить жилое помещение не только отоплением и горячим водоснабжением. Они оснащены реверсивным клапаном, поэтому в жаркое время года можно и охлаждать дом. Это позволяет сэкономить денежные средства на системе кондиционирования.

Система теплоснабжения жилого здания предусматривает бивалентность системы, т.е. в тот период пока мощности теплового насоса еще хватает, он будет обеспечивать своей теплопроизводительностью все тепловые потери, но как только его мощности будет недостаточно, необходимо обеспечить поддержку с помощью дополнительного источника, тем самым повышая и температуру теплоносителя, и температуру воздуха в помещении.

Электрическая энергия является одним из барьеров на пути использования тепловых насосов, так как это один из самых дорогих энергоресурсов, но в данном случае ее расход очень небольшой и все затраты окупают себя со временем [1].

Эффективность использования теплового насоса определяется коэффициентом преобразования или коэффициентом трансформации (COP) – соотношение количества производимого тепла к затрачиваемой энергии. Для современных тепловых насосов величина COP может достигать от 5 до 5,5. Значение коэффициента равно 5, например, означает, что при подводе к теплому насосу 1 кВт электрической энергии можно получить 5 кВт тепла. COP зависит от температуры на входе и на выходе теплового насоса, т.е. от температуры источника тепла и температуры в системе отопления жилого здания:

$$COP = T2 / (T2 - T1) \quad (1)$$

где T1 - температура источника тепла; T2 - температура воды в отопительном контуре.

По формуле 1 видно, что чем выше температура низкопотенциального источника и чем ниже температура воды в отопительном контуре, тем выше эффективность и производительность работы теплового насоса. Исходя из этого, теплонасосные установки более выгодно применять совместно с низкотемпературными системами отопления. Например, COP теплового насоса при системе напольного отопления достигает величины 4,5 – 5. Величина коэффициента трансформации одного и того же насоса может меняться от сезона к сезону, поэтому необходимо учитывать климатические условия. Наименее подвержен колебаниям COP насос, который использует тепло грунта, грунтовой воды, так как их эффективность определяется малоизменяющейся температурой земных недр [2].

Чтобы подобрать тепловой насос с наилучшим (эффективным и выгодным) решением рассмотрим системы теплоснабжения с использованием различных источников низкопотенциальной тепловой энергии, разберем основные преимущества и недостатки. В тепловом насосе непосредственно может использоваться тепло, содержащееся в наружном воздухе. Этот источник наиболее доступный, однако, учитывая, что производительность

260



установки зависит от температуры окружающей среды, а температура воздуха в отопительном периоде значительно меняется, то применение не всегда целесообразно для надежного и качественного теплоснабжения. Достоинством такого теплого насоса является то, что он позволяет обеспечивать круглогодичную утилизацию тепла вентиляционных выбросов. Коэффициент преобразования (COP) при использовании теплоты наружного воздуха ниже 2,5 - невысокая энергетическая эффективность.

Тепло, которое содержится в подземной воде, может также напрямую подаваться в тепловой насос. Вода должна иметь соответствующий состав, быть чистой, ее температура на протяжении всего года должна составлять не менее + 8 °С. COP таких тепловых насосов практически не изменяется со временем и составляет для высокотемпературных систем отопления около 3,5, для низкотемпературного отопления – от 4,5 до 5. Плюсами являются высокая эффективность работы и возможность использования теплового насоса в качестве основного и единственного источника теплоснабжения дома. Большие затраты на монтаж вертикального контура или необходимость наличия большой территории для горизонтальной укладки геотермального коллектора являются основными недостатками такой системы теплоснабжения.

Тепло земли забирают горизонтальными грунтовыми коллекторами, либо вертикальными геотермальными зондами. Грунтовые коллекторы собирают тепло, накапливающееся в верхних слоях почвы. Но температура почвы здесь из-за постоянного съема теплоты понижается, тем самым при определенных температурных условиях этот участок может промерзнуть. Геотермальные зонды достают тепло с больших глубин, где температура грунта более стабильна и практически не подвержена сезонным влияниям. По мере увеличения углубления отбираемая от земли температура растет. Коэффициент преобразования тепла (COP) высок и достигает до 3 [3].

Тепловой насос по типу грунт-вода может являться полноценным источником теплоснабжения и кондиционирования жилых зданий так же, как и такие традиционные системы (газовые и электрические котлы).

При использовании поверхностной воды в качестве источника низкопотенциального тепла для теплового насоса, как и для подземной воды также предъявляются определенные требования. Особое внимание уделяется чистоте воды и регулировке ее температуры. В случае если жилое помещение находится в климатической зоне с мягким климатом и регулярной температурой поверхностной воды, то система с тепловым насосом может стать отличным решением для решения проблем с горячим водоснабжением.

Тепловой насос может использовать тепловые сбросы самого жилья для отопления и ГВС: сбросную воду, дымовые и вентиляционные выбросы газы. Производится отбора низкопотенциальной теплоты от воздуха с температурой от -15°C до +35°C из системы вентиляции зданий. Данная комбинация поможет с проблемой, связанной с появлением сырости и плесени [4].

Использование тепловых насосов для нужд теплоснабжения является целесообразным и конкурентоспособным направлением. Подтвердим это, используя коэффициент трансформации. Значение COP колеблется для различных видов теплонасосных систем в диапазоне от 2,5 до 7, это означает, что на 1 киловатт затраченной электроэнергии тепловой

насос вырабатывает от 2,5 до 7 киловатт тепла. Достичь такого результата не под силу любому другому генератору тепла. Поэтому можно утверждать, что эффективность тепловых насосов превосходит эффективность любого другого энергетического оборудования, которое используется для отопления и горячего водоснабжения [5].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гафуров А.М. Перспективные области применения энергетических установок на низкокипящих рабочих телах. // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2015. – №1 (25). – С. 93-98.
2. Гетман, В.В. Применение теплонасосных установок для утилизации теплоты вторичных энергетических ресурсов / В.В. Гетман // Вестник Казанского технологического университета. — 2014. — №2 — С. 233–236.
3. Иванова Е.А. Исследование работы теплового насоса: учебное пособие / Е.А. Иванова, А.Н. Козлобородов. – Томск : Изд-во Том. Гос. Архит.-строит. ун-та, 2017. – 64 с.
4. Трубаев П.А., Гришко Б.М. Тепловые насосы: учеб. пособие. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2009. С. 17–180.
5. Тимофеев Д.В. Эффективность работы геотермальной теплонасосной системы теплоснабжения в жилом доме / Д.В. Тимофеев, Е.Г. Малявина // СОК. – 2018. – №2 [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <https://www.c-ok.ru/articles/effektivnost-raboty-geotermalnoy-teplonasosnoy-sistemyteplonasabzheniya-v-zhilom-dome>, свободный. – Загл. с экрана. – 27.03.18.

#### İSTİLİK NASOSUNDAN İSTİFADƏ ETDİKDƏ İSTİLİK TƏCHİZATI SİSTEMLƏRİN XÜSUSİYYƏTLƏRİ

**Dautov R.R., Kondratyev Y.V.**

*Federal Peşə Təhsili Federal Dövlət Büdcə Təhsil Təşkilatı  
Kazan Dövlət Energetika Universiteti, Kazan, Rusiya Federasiyası  
gluza.dautova@yandex.ru*

Açar sözlər: istilik nasosu, aşağı gərginlikli mənbə, istilik, transformasiya əmsalı, enerji səmərəliliyi.

Məhdud ehtiyatlar və ətraf mühitin deqradasiyası səbəbindən ənənəvi enerji mənbələri yenilənə bilən mənbələrlə əvəz olunur - bu onların yeni alternatividir. Beləliklə, hazırda, getdikcə daha aktual və perspektivli bir istiqamət aşağı dərəcəli istilikdən əsas enerji növü kimi istifadə olunan istilik nasoslarının istifadəsidir. Məqalədə istilik sistemlərinin xüsusiyyətləri, istilik nasos qurğularının istifadəsi ilə isti su təchizati. Yaşayış binaları üçün istilik təchizati obyektləri ilə əlaqəli istilik pompasının səmərəliliyi baxımından aşağı dərəcəli istilik mənbələrinin qiymətləndirilməsini də təmin edir.

262

#### FEATURES OF HEAT SUPPLY SYSTEMS WITH APPLICATION HEAT PUMP

**Dautov R.R., Kondratiev Y.V.**

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education  
Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia Federation  
gluza.dautova@yandex.ru*

Key words: heat pump, low-potential source, heating, transformation coefficient, energy efficiency.

Due to limited reserves and environmental degradation, traditional energy sources are being replaced by renewable sources - their new alternative. So, at the present time, an increasingly relevant and promising direction is the use of heat pumps that use low-grade heat as the main type of energy. The article discusses the features of heating systems, hot water supply with the use of heat pump installations. It also provides an assessment of low-grade heat sources in terms of the efficiency of the heat pump as applied to heat supply facilities for residential buildings.



ISSN 2708-955X

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ  
SUMQAYIT DÖVLƏT UNIVERSİTETİ

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ  
СУМГАИТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

MINISTRY OF EDUCATION OF AZERBAIJAN REPUBLIC  
SUMGAYIT STATE UNIVERSITY

# KONFRANS MATERİALLARI

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИЙ  
CONFERENCE PROCEEDINGS

2020 № 7



SUMQAYIT - 2020

# **TƏTBİQİ FİZİKA VƏ ENERGETİKANIN AKTUAL MƏSƏLƏLƏRİ**

**II BEYNƏLXALQ ELMİ KONFRANS**  
*(12-13 noyabr 2020-ci il)*

---

## **АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ И ЭНЕРГЕТИКИ**

**II МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**  
*(12-13 ноября 2020-го года)*

---

## **ACTUAL PROBLEMS OF APPLIED PHYSICS AND ENERGETICS**

**II INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**  
*(November 12-13, 2020)*

---

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ  
SUMQAYIT DÖVLƏT UNİVERSİTETİ

RUSIYA FEDERASIYASININ ELM VƏ ALI TƏHSİL NAZİRLİYİ  
TATARİSTAN RESPUBLİKASININ ELM VƏ TƏHSİL NAZİRLİYİ  
FEDERAL PEŞƏ TƏHSİLİ DÖVLƏT BÜDCƏ TƏHSİL TƏŞKİLATI  
KAZAN DÖVLƏT ENERGETİKA UNİVERSİTETİ

**TƏTBİQİ FİZİKA VƏ ENERGETİKANIN AKTUAL MƏSƏLƏLƏRİ**  
**II BEYNƏLXALQ ELMİ KONFRANS**  
*12-13 noyabr 2020*

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ  
СУМГАИТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ И ЭНЕРГЕТИКИ**  
**II МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**  
*12-13 ноября 2020*

MINISTRY OF EDUCATION OF AZERBAIJAN REPUBLIC  
SUMGAI T STATE UNIVERSITY  
MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION OF THE RUSSIAN FEDERATION  
MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN  
FEDERAL STATE BUDGETARY EDUCATIONAL INSTITUTION OF HIGHER EDUCATION  
«KAZAN STATE POWER ENGINEERING UNIVERSITY»

**ACTUAL PROBLEMS OF APPLIED PHYSICS AND ENERGETICS**  
**II INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE FOR THE**  
*November 12-13, 2020*

# KONFRANS MATERİALLARI

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИЙ

CONFERENCE PROCEEDINGS

2020 № 7



SUMQAYIT – 2020  
СУМГАИТ – 2020  
SUMGAYIT – 2020

Sumqayıt Dövlət Universiteti  
Konfrans materialları

REDAKSİYA HEYƏTİ

**ELXAN HÜSEYNOV** *prof., rektor (baş redaktor)*  
**RAMAZAN MƏMMƏDOV** *prof., elm və innovasiyalar üzrə prorektor, (baş redaktor müavini)*  
**ƏKBƏR AĞAYEV** *prof. (təbii və texniki elmlər bölməsi üzrə məsul katib)*  
**NİGAR İSGƏNDƏROVA** *prof., (sosial və humanitar elmlər bölməsi üzrə məsul katib)*

Сумгайтский государственный университет  
Материалы конференций

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

**ЭЛЬХАН ГУСЕЙНОВ** *prof., ректор (главный редактор)*  
**РАМАЗАН МАМЕДОВ** *prof., проректор по науке и инновациям (заместитель главного редактора)*  
**АКБЕР АГАЕВ** *prof. (ответственный секретарь раздела естественных и технических наук)*  
**НИГЯР ИСКЕНДЕРОВА** *prof., (ответственный секретарь раздела социальных и гуманитарных наук)*

Sumgayit State University  
Conference proceedings

EDITORIAL BOARD

**ELKHAN HUSEYNOV** *prof., rector (chief editor)*  
**RAMAZAN MAMMADOV** *prof., vice-rector for science and innovations, (deputy chief editor)*  
**AKBAR AGAYEV** *prof. (executive secretary of the department of natural and technical sciences)*  
**NIGAR ISGANDAROVA** *prof., (executive secretary of the department of social and humanitarian sciences)*