

**Рекалов Константин Владимирович,**

студент кафедры ТТ, Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

**Дубовицкий Тимофей Андреевич,**

студент кафедры ТТ, Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

**Григорьев Данила Александрович,**

студент кафедры ТТ, Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

**Малеев Андрей Сергеевич,**

студент кафедры ТТ, Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

**Морозов Павел Алексеевич,**

студент кафедры ТТ, Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

**Салахян Георгий Артурович,**

студент кафедры ТТ, Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

## **СПОСОБЫ ПРИМЕНЕНИЯ И ВИДЫ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ – ОБЗОР**

**Аннотация:** В данной обзорной статье будут рассмотрены возможности внедрения тепловых насосов с системы центрального отопления (ЦО) и горячего водоснабжения (ГВС). Преимущества и недостатки внедрения тепловых насосов. Способы выработки электроэнергии с помощью тепловых насосов. Виды тепловых насосов и их преимущества и недостатки.

**Ключевые слова:** тепловой насос; трансформация теплоты; энергоэффективность; энергопотребление; теплопроизводительность.

**Abstract:** This review article will consider the possibilities of introducing heat pumps from the central heating (CW) and hot water supply (DHW) systems. Advantages and disadvantages of introducing heat pumps. Methods of generating electricity using heat pumps. Types of heat pumps and their advantages and disadvantages.

**Keywords:** heat pump; heat transformation; energy efficiency; energy consumption; heating capacity.

### **Введение**

Тепловой насос — это термодинамическое технологическое устройство, которое передаёт тепло от источника с более низкой температурой к приёмнику с более высокой температурой, используя электрическую энергию. Он может извлекать тепло из окружающего воздуха, грунта или водоёмов и подавать его для отопления помещений, нагрева воды или охлаждения, изменяя направление теплового потока. [1]

Исходя из исследований [2] в Германии, общество воспринимает воздушный тепловой насос как наиболее экологически чистый и энергоэффективный с учётом затрат на их установку и эксплуатацию. Однако в странах с холодным климатом их использование осложняется образованием наледи на теплообменнике испарительного блока, что существенно снижает теплопроизводительность и коэффициент полезного действия (КПД).

Среди перспективных технологий особое место занимают гибридные тепловые насосы с грунтовым источником тепла (HGSHPs), в том числе варианты с использованием солнечной энергии (SAGSHPs). Эти инновационные системы эффективно комбинируют солнечную и геотермальную энергию, решая такие проблемы, как дисбаланс температуры грунта и минимизация требований к земельным участкам для установки.

Недавние разработки [3-4] в области низкоуглеродных систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (ОВКВ) представили несколько перспективных альтернатив, включая:

- геотермальные тепловые насосы с использованием солнечной энергии;
- Системы геотермальных тепловых насосов с использованием солнечной энергии.

### **Принцип работы теплового насоса**

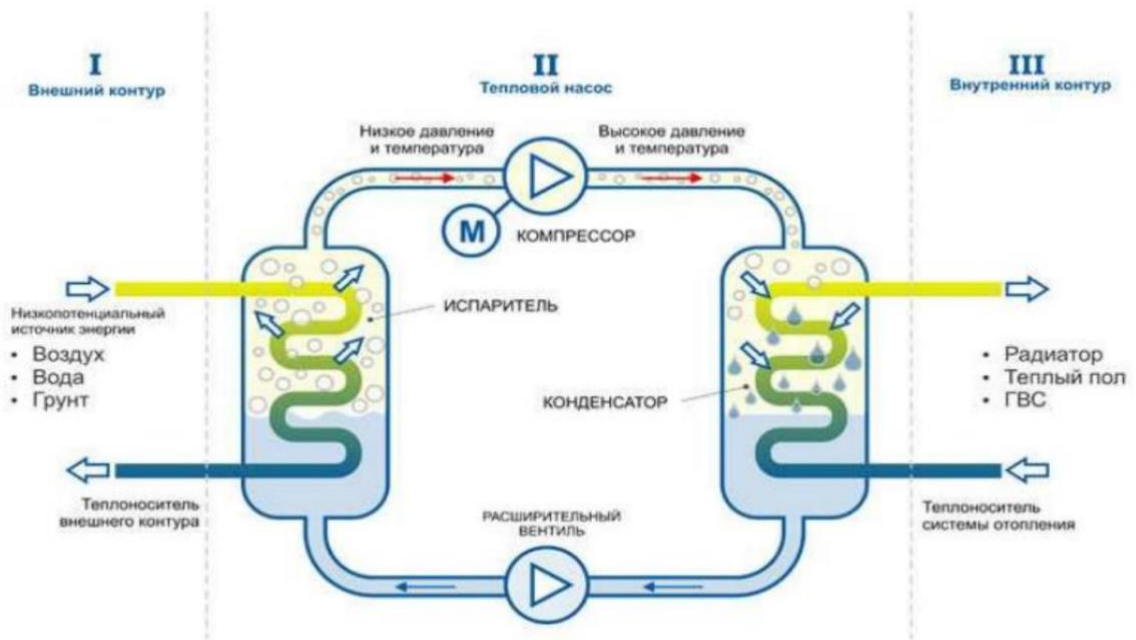


Рисунок 1. Принцип действия теплового насоса

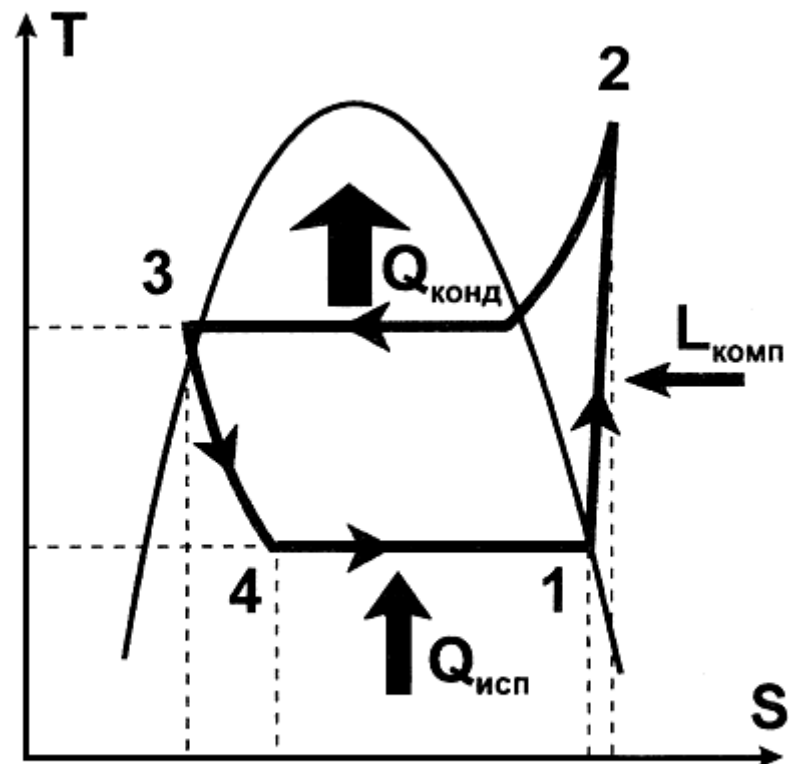
### Принцип и рабочий цикл теплового насоса

Система теплового насоса функционирует на основе трёх контуров: внешнего (источник низкопотенциального тепла), среднего (контур хладагента) и внутреннего (отопление и ГВС) (рис. 2).

Первый (внешний) контур может включать теплообменники, размещённые в грунте, водоёмах или других источниках.

Второй (средний) контур содержит основные элементы установки — испаритель, компрессор, конденсатор и систему автоматического управления.

Третий (внутренний) контур состоит из оборудования конечного пользователя — радиаторов, систем «тёплый пол», бойлеров и т. д.



1-2 сжатие в компрессоре  
 2-3 отвод тепла к потребителю  
 3-4 расширение через дроссель  
 4-1 подвод тепла от низкопотенциального источника

Рисунок 2. Рабочий цикл теплового насоса

### Виды тепловых насосов/самые распространенные виды

Также при низкой температуре может помочь использование отходов тепла из сточных вод, которые можно применять в сорбционных тепловых насосах.

Устройства абсорбционного охлаждения обладают рядом преимуществ, таких как: лёгкая регенерация; минимальная коррозия; гибкая эксплуатация; экологически безопасные рабочие пары.

Они могут обеспечивать охлаждение, используя низкопотенциальное тепло в диапазоне 50–90 °С (и даже выше), за счёт использования солнечной энергии или отходов тепла. Кроме того, в качестве безопасного хладагента в них обычно используется вода, что также снижает проблемы, связанные с коррозией. [5-6]

Кроме абсорбционных очень распространены парокompрессионные тепловые насосы. Они используют теплоту испарения и конденсации

хладогента, который обычно является фреоном. Принципиальная схема приведена в рисунке 3.

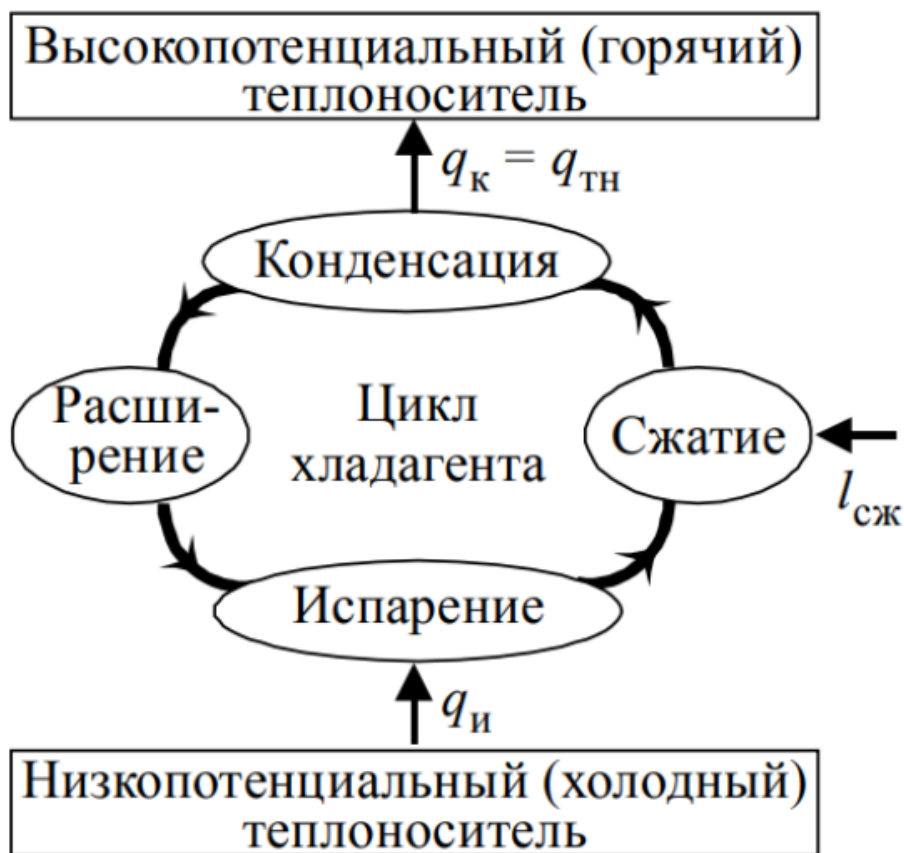


Рисунок 3. Принципиальная схема парокомпрессионного теплового насоса [7]

Один из самых эффективных методов решения проблемы повышенного потребления тепловой энергии в холодную время года это использование энергии отходов промышленного и коммунального сектора экономики.[8]

Также в условиях холодного климата значительным потенциалом обладают грунтовые ресурсы, поскольку поддерживают стабильные и предсказуемые температуры, особенно на глубинах больше 200 м. Эта особенность делает их отличной средой для пассивного теплообмена. [9]

### **Современные разработки в области тепловых насосов**

Развитие рынка тепловых насосов обусловлено ростом цен на энергоносители, борьбой с глобальным потеплением и стимулированием перехода к «чистым источникам энергии» со стороны правительств развитых стран. Прав

ительство России, как и другие передовые страны мира, сосредоточило внимание на привлечении новых перспективных проектов. [10]

Вследствие развития рынка некоторые виды тепловых насосов были усовершенствованы. Так абсорбционные тепловые насосы, которые существуют с 1990-х годов, интенсивно изучаются для применения в системах охлаждения, отопления и холодильных установках.

Последние разработки включают:

- Использование новых абсорбирующих материалов, например, металлоорганических каркасных структур,
- композитных адсорбентов, в дополнение к традиционным физическим (силикагель, цеолит и т. д.). [11]

Для получения более высококачественной тепловой энергии геотермальные тепловые насосы могут эффективно работать с солнечными коллекторами. В дневное время такая схема работает на аммиаке под высоким давлением, а ночью солнечный контур выключается и остаётся только геотермальный под комплекс. [12]

Одной из перспективных технологий на данный момент является насосное накопление тепловой энергии (ННТЭ). Она аккумулирует электроэнергию, запасая тепловую энергию от подсистемы теплового насоса в периоды, когда производство электроэнергии превышает спрос. И наоборот, она генерирует электроэнергию из запасённой тепловой энергии. [13]

Новейшие разработки также позволяют избавиться от недостатка отдельных тепловых насосов. Чтобы поднять их производительность и не модернизировать электросистемы были разработаны воздушно-воздушные многофункциональные тепловые насосы. Они обеспечивают кондиционирование помещений с помощью змеевиков прямого расширения и совмещают производство горячей бытовой воды за счёт интегрированного холодильного контура. [14]

Разработка фотовольт-термических компонентов (PV/T) позволила более эффективно совмещать тепловые насосы с фотоэлектрическими элементами. Лишь 12–20% солнечного излучения, падающего на поверхность фотоэлектрических (PV) элементов, преобразуется в электроэнергию, а более 80% излучения теряется. Система PV/T эффективно снижает температуру PV – элементов за счёт теплосбронных сред, одновременно утилизируя собранное тепло. Это повышает общую эффективность солнечной энергии. [15]

Были придуманы высокотемпературные тепловые насосы способные заменить традиционные котлы комбинированных систем электрифицированного тепла. Они обеспечивают подачу тепла при температуре 100–200°C и пригодные для большинства технологических процессов.

В последние годы научные и инженерные коллективы активно исследуют [16] новые схемы парокомпрессионных, каскадных, транс критических, абсорбционных и термохимических насосов, способных обеспечивать нагрев до 200 °C при умеренных температурных напорах.

### **Современные особенности применения [2]**

Во многих технологически развитых государствах тепловые насосы, особенно малой мощности (до 100 кВт), нашли широкое применение благодаря своей надёжности, компактности и способности функционировать при низких температурах. Однако для масштабов России более актуальными представляются мощные ТНУ (до 30 МВт и выше), которые позволяют модернизировать централизованное теплоснабжение мегаполисов, характеризуясь меньшими удельными капиталовложениями и компактным размещением.

Основным препятствием для массового распространения ТНУ в России является низкая стоимость природного газа, из-за чего сроки окупаемости тепловых насосов оказываются чрезмерно длительными. Вместе с тем, прогнозируемый рост цен на газ в перспективе может повысить экономическую привлекательность тепловых насосов.

Наиболее целесообразно применять ТНУ для организации отопления и горячего водоснабжения, поскольку при относительно невысокой температуре теплоносителя экономия топлива становится наиболее ощутимой.

### **Заключение**

Тепловые насосы уже сейчас являются хорошим и относительно экологичным способом получения тепловой и электрической энергии и могут применяться совместно с другими экологичными источниками энергии для повышения их эффективности и работоспособности.

### **Список литературы**

1. Патент № 2187769 С1 Российская Федерация, МПК F25B 29/00, F25B 30/00. Способ работы теплового насоса и тепловой насос для его осуществления: № 2001121661/06: заявл. 03.08.2001: опубл. 20.08.2002 / А. Ф. Конов; заявитель Общество с ограниченной ответственностью "Медбиофарм-Энерго". – EDN LQPQEP.
2. Lukas Kriesch, Sebastian Losacker, Tracking the public perception of heat pumps: A sentiment analysis of German news articles, Energy and Buildings, Volume 358, 2026.
3. Ивлиева, Д. А. Энергосберегающие технологии в централизованном теплоснабжении на основе тепловых насосов / Д. А. Ивлиева, Т. В. Федюнина // Основы рационального природопользования: Материалы XI Национальной конференции с международным участием, Саратов, 16 октября 2025 года. – Саратов: Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н. И. Вавилова, 2025. – С. 348–356. – EDN WQDLXZ.
4. Mohammad Liravi, Yanjun Dai, Laurent Georges, Comparing regeneration and bivalent strategies for ground-source heat pumps in heating-dominated buildings, Energy Conversion and Management, Volume 348, Part A, 2026.

5. Zahra Hajabdollahi Ouderji, Muhammad Abid, Tania Gomez Borraz, Andrew Mckeown, Siming You, William T. Sloan, Zhibin Yu, Enhancing heat pump efficiency through wastewater heat recovery: a dual tank approach for sustainable energy storage, *Thermal Science and Engineering Progress*, Volume 73, 2026.
6. Дроздов, М. В. Обзор вариантов конструкций сорбционных термотрансформаторов с различными парами сорбат/сорбент / М. В. Дроздов, О. В. Царегородцева // Проектирование и строительство : Сборник научных трудов 2-й Международной научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров, Курск, 04–05 июня 2018 года / Ответственный редактор Н.В. Бакаева. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2018. – С. 47–51. – EDN XWRVET.
7. Седнев, В. О. Принцип действия и виды теплового насоса / В. О. Седнев // Инновационный потенциал развития общества: взгляд молодых ученых: сборник научных статей 4-й Всероссийской научной конференции перспективных разработок, Курск, 01 декабря 2023 года. Том 4. – Курск: ЗАО «Университетская книга», 2023. – С. 130–132. – EDN BRLAFB.
8. Ямбаев, Р. Р. Использование тепловых насосов для извлечения энергии сточных вод / Р. Р. Ямбаев, В. В. Вдовин, И. О. Маршев // Экология и безопасность жизнедеятельности : Сборник статей XXIII Международной научно-практической конференции, Пенза, 11–12 декабря 2023 года. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2023. – С. 436–439. – EDN HTLUFP.
9. Amirmohammad Behzadi, Taha Arghand, Christophe Duwig, Hailong Li, Sasan Sadrizadeh, Dynamic seasonal energy management of borehole thermal energy storage and smart heat pump synergies in fossil-free, ultra-efficient buildings, *Applied Energy*, Volume 406, 2026.

10. Il'ina, T. N. Efficiency of Operation of Air Heat Pumps with Evaporators of Various Designs / T. N. Il'ina, P. A. Orlov, A. O. Echina // Proceedings of the Southwest State University. – 2023. – Vol. 27, No. 2. – P. 62-74. – DOI 10.21869/2223-1560-2023-27-2-62-76. – EDN SJDXXBJ.
11. Mohamed G. Gado, Valeria Palomba, Vincenza Brancato, Gabriel Yarce, Walter Mittelbach, Andrea Frazzica, A new concept of adsorption heat pumps: Proof-of-concept and feasibility assessment, Renewable Energy, Volume 265, 2026.
12. Alireza Bakhtiari, Saeed Jafari, Ebrahim Jahanshahi Javaran, Mehran Ameri, Multi-objective economic and exergoeconomic optimization of a cascade-configured solar-geothermal heat pump for high-temperature applications, Results in Engineering, Volume 29, 2026.
13. Pengcheng Li, Chengxing Shu, Jing Li, Zhenyu Ma, Chenhan Jin, Yiran Cheng, Sifan Nie, Desuan Jie, Gang Pei, an innovative high temperature pumped thermal energy storage driven by transcritical CO<sub>2</sub> heat pump and steam Rankine cycles, Renewable Energy, Volume 258, 2026.
14. Subhrajit Chakraborty, Matthew J. Ellis, Vinod Narayanan, Air-to-air multi-function heat pumps for combined space conditioning and domestic water heating, Energy Reports, Volume 14, 2025.
15. Jinyou Qiu, Jiale Liu, Yubing Li, Shaogeng Zhong, Guilong Dai, Wenhua Liu, Simulation and Performance Analysis of a Photovoltaic-Thermal Heat Pump System, Frontiers in Heat and Mass Transfer, Volume 23, Issue 6, 2025.
16. Байда, Б. Ю. Энергоэффективные высокотемпературные тепловые насосы для утилизации низкопотенциальной теплоты в промышленности / Б. Ю. Байда, Д. В. Гатитцкий // ЛУЧШИЕ НАУЧНЫЕ ПРОЕКТЫ и ИССЛЕДОВАНИЯ 2025: сборник статей VIII Международного научно-исследовательского конкурса, Пенза, 30 октября 2025 года. – Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г. Ю.), 2025. – С. 20–23. – EDN CWMYLL.