

УДК 62-69

***ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ В КАЧЕСТВЕ  
АЛЬТЕРНАТИВНОГО ИСТОЧНИКА ОТОПЛЕНИЯ В МУРМАНСКОЙ  
ОБЛАСТИ***

***Паюсова Е.С.***

*Обучающийся,*

*Мурманский политехнический лицей*

*г. Мурманск, Россия*

***Клименко М.Г.***

*учитель физики,*

*Мурманский политехнический лицей*

*г. Мурманск, Россия*

***Троценко А.А.***

*кандидат биологических наук,*

*Мурманский арктический университет*

*г. Мурманск, Россия*

**Аннотация**

В статье описан пример потенциального и реального применения тепловых насосов на территории Мурманской области за счёт тепла из вторичных источников – сточных вод, канализации, грунта, морской воды, теплого воздуха и т.д. На основе анализа научных источников и практического изучения устройства, принципа работы теплового насоса типа «воздух-воздух» в Арктическом учебном центре холодильных технологий Мурманского государственного технического университета предложен план применения насоса с учётом уникальной системы отопления Мурманской области.

**Ключевые слова:** Мурманская область, альтернативная энергия, теплоснабжение, тепловой насос.

***THE USE OF HEAT PUMPS AS AN ALTERNATIVE SOURCE OF  
HEATING IN THE MURMANSK REGION***

***Payusova E.S.***

*grade student,*

*Murmansk Polytechnic Lyceum*

*Murmansk, Russia*

**Klimenko M.G.**  
*teacher of physics,  
Murmansk Polytechnic Lyceum  
Murmansk, Russia*

**Trotsenko A.A.**  
*PhD in Biological sciences,  
Murmansk Arctic University  
Murmansk, Russia*

### **Annotation**

The article describes an example of a potential and real application of heat pumps in the Murmansk region due to heat from secondary sources – sewage, sewage, soil, sea water, warm air, etc. Based on the analysis of scientific sources and practical study of the device, the principle of operation of an air-to-air heat pump in the Arctic Training Center for Refrigeration Technologies of the Murmansk State Technical University, a plan for the use of the pump is proposed, taking into account the unique heating system of the Murmansk region.

**Keywords:** Murmansk region, alternative energy, heat supply, heat pump.

**Введение.** В настоящее время энергетика только Мурманской области в России основывается на привозном топливе - мазуте, так как регион не имеет собственных источников топлива. Из-за длительной доставки топлива, его стоимость существенно возрастает. Поэтому использование данной системы отопления для удаленных территорий, расположенных в прибрежных и глубинных районах Кольского полуострова, не является рациональным и требует альтернативных решений.

**Целью** исследования является выявление технической возможности и целесообразности адаптации системы отопления прибрежных и отдаленных сооружений Мурманской области на основе тепловых насосов.

В соответствии с целью мною были определены следующие задачи:

1. изучить принцип действия теплового насоса;

2. выявить преимущества и недостатки установки теплового насоса;
3. изучить отопительные системы Мурманской области;
4. разработать рекомендации по модернизации отопительных систем для удаленных и прибрежных районов.

**Объект исследования:** тепловой насос.

**Предмет исследования:** применение тепловых насосов для обеспечения отопления удаленных территорий (на примере Мурманской области).

**Гипотеза:** в Мурманской области есть необходимые условия и технические возможности для установки тепловых насосов; их использование благоприятно скажется на экологии Кольского полуострова.

**Система отопления и водоснабжения Мурманской области.** Несмотря на отрицательную динамику численности населения в последние годы, Мурманская область относится к высоко урбанизированным регионам. Основу её экономики составляет производство апатитового концентрата, никеля, меди, железной руды, рыбопереработка. Для производства этой продукции необходимы большие затраты энергии, которые обеспечивает Кольская энергосистема: 17 гидроэлектростанций, 2 тепловых электростанции, Кольская атомная электростанция и единственная в России приливная электростанция [6].

Существующие системы теплоснабжения спроектированы для обеспечения теплом с учетом неуклонного увеличения численности населения, строительства новых микрорайонов. Поскольку этого не произошло, то источники теплоснабжения оказались избыточными по установленной тепловой мощности, они превышают нормативное значение на 30-40% [7].

Для повышения энергоэффективности в жилищной сфере необходимо наладить жесткий учет расхода тепловой энергии, модернизировать тепловые сети и энергоустановки. Один из вариантов ресурсо- и энергосбережения - Дневник науки | [www.dnevniknauki.ru](http://www.dnevniknauki.ru) | СМИ Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

использование низкопотенциальной теплоты (энергии) возобновляемых источников, таких как: энергия грунта и воды с помощью тепловых насосов. Это направление особенно интересно потребителям, расположенным в прибрежных районах Баренцева и Белого морей.

Из-за удорожания топлива в ходе долгой доставки в удаленные объекты региона себестоимость полученной энергии становится в несколько раз выше. К таким объектам можно отнести метеорологические станции и маяки, прибрежные пограничные заставы, прибрежные объекты Северного флота, рыболовецкие колхозы, крупные оленеводческие хозяйства, отдаленные поселки. Они получают энергию от небольших дизельных электростанций и котельных установок. Техническое состояние таких источников энергоснабжения не удовлетворяет современным требованиям: высокий уровень износа, низкая экономичность, значительными эксплуатационными потерями [7].

Решениями этой проблемы являются модернизация электростанции и тепловых сетей, а также замена данных предприятий на те, которые используют возобновляемую энергию.

Требования к экологичности использования технологий становятся все жестче, поэтому использование отопительных котлов, работающих за счет сжигания топлива для получения тепловой энергии, заменяется в пользу устройств и механизмов, использующих возобновляемую энергию.

Тепловые насосы – устройства, использующие энергию нагретого воздуха, тепла земли или грунтовых вод для производства тепловой энергии. Его также называют «холодильником наоборот», так как тепловой насос - это такая же холодильная машина. Отличие состоит в том, что насос забирает тепло из окружающей среды и передаёт его в систему отопления или водоснабжения, а холодильник забирает тепло из холодильной камеры и выбрасывает его в окружающую среду для её охлаждения (Рис. 1).

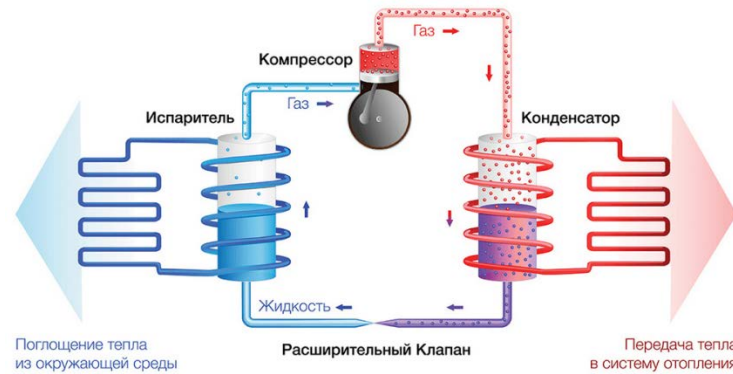


Рис. 1. Тепловой насос

В основе работы теплового насоса лежит обратный термодинамический цикл (обратный цикл Карно). Окружающая среда выступает в роли низкопотенциального источника тепла. При работе теплового насоса тепло внешней среды благодаря совершению работы передается потребителю, но с уже более высокой температурой.

Преобразование энергии возобновляемых источников тепла происходит за счет особых веществ – хладагентов, способных закипать при отрицательной температуре. Кроме того, хладагенты могут переходить из жидкого состояния в газообразное, поглощая при этом тепло и увеличивая тем самым свою внутреннюю энергию, и наоборот - из газообразного в жидкое состояние, выделяя тепло [1].

Эффективность теплового насоса зависит от конкретных условий, в которых используется насос. Пример: эффективность земляного теплового насоса на участке с глинистой почвой выше, чем эффективность теплового насоса, находящегося в песчаном грунте.

Эффективность тепловых насосов также зависят от температурных условий, т.е. в холодные дни их эффективность падает. При температуре минус 20 °С она составляет 150%, а при температуре плюс 7 °С - около 300%. Расходуя 1кВт электроэнергии, мы получаем до 5 кВт тепла.

### **Виды тепловых насосов**

Геотермальные: тепловая энергия берется из грунта или воды. («грунт-вода», «вода-вода»). Они являются самыми эффективными среди других видов.

Воздушные насосы используют тепло из атмосферы. Данные насосы подразделяются на 2 типа: «воздух-вода» и «воздух-воздух». В первом типе хладагент поглощает тепло из воздуха снаружи помещения, кипит и затем горячий газ с высоким давлением поступает в компрессор, где конденсируется и после попадает в систему отопления. Второй тип забирает воздух снаружи, нагревает его и подает в помещение.

Использующие вторичное тепло в качестве источника тепла (воздух, вода, канализационные стоки) [5].

**Принцип действия.** Тепловой насос состоит из двух частей: наружной и внутренней. Наружная часть забирает тепло от возобновляемых источников, а внутренняя направляет это тепло. Одно из главных преимуществ тепловых насосов – высокая эффективность. Передать тепло от холодного тела можно при затрачивании электрической энергии на работу компрессора [2; 3].

Основные части насоса: компрессор (сжимает хладагент для повышения его давления и температуры), расширительный клапан (терморегулирующий вентиль, который резко понижает давление хладагента), испаритель (теплообменник, в котором хладагент с низкой температурой поглощает тепло от окружающей среды), конденсатор (теплообменник, в котором уже горячий хладагент после сжатия передает тепло в рабочую среду отопительного контура) [4].

**Преимущества и недостатки насоса.** Главное преимущество тепловых насосов – низкая стоимость произведенного тепла по сравнению с другими устройствами. Также тепловые насосы не выбрасывают вредные вещества в атмосферу, как это делают тепловые котлы, практически бесшумно работают и просты в эксплуатации [9].

Еще один плюс – можно легко регулировать температуру поступающего газа из внутренней части насоса, а также переключать насос с отопления на охлаждение. Для этого нужно лишь иметь не только отопительные радиаторы, но и фанкойлы.

Главный недостаток – высокая стоимость самого теплового насоса. Но эти затраты окупятся в дальнейшем, так как стоимость вырабатываемой энергии достаточно низкая. Также к недостатку можно отнести то, что нагреваемая вода имеет не очень высокую температуру 50-60°C [3].

**Расчёт эффективности теплового насоса.** В лаборатории технического университета г. Мурманска был проведён эксперимент, в результате которого рассчитан коэффициент теплового преобразования (или тепловой коэффициент). Это значение показывает, во сколько раз тепловой насос производит больше энергии, чем потребляет сам, то есть определяет разницу между производимой и потребляемой тепловым насосом энергией.

Лабораторный стенд теплового насоса представляет собой бытовой кондиционер, состоящий из наружного блока и внутреннего блока. Данный тепловой насос может работать как в режиме обогрева, так и в реверсивном режиме охлаждения (кондиционера), что позволяет использовать его для охлаждения воздуха в помещении летом.

Порядок выполнения работы:

1. Включить установку и выставить на пульте управления температурой в помещении.
2. Наблюдая за изменением температур в системе мониторинга, дождаться выхода работы установки на стационарный режим, о котором свидетельствует неизменность показаний давлений.
3. При помощи системы мониторинга снять значения в точках и занести значения в таблицу.
4. Используя полученные данные построить цикл в программе SOLKANE, найти необходимые для вычисления значения в точках.



5. Произвести расчеты, согласно методике.

Формула для расчета коэффициента теплового преобразования:

Полное количество теплоты, отдаваемое в помещение:

$$Q_k = G_k * (i_{2'} - i_{4'}), \text{ кДж/кг}$$

Полное количество теплоты, подведенное из окружающей среды:

$$Q_{и} = G_{и} * (i_{1'} - i_{5'}), \text{ кДж/кг}$$

Удельная работа цикла ТН:

$$L = Q_k - Q_{и} = G_k * (i_{2'} - i_{4'}) - G_{и} * (i_{1'} - i_{5'}), \text{ кДж/кг}$$

Коэффициент теплового преобразования ТН:

$$\mu = \frac{Q_k}{L} = \frac{G_k * (i_{2'} - i_{4'})}{G_k * (i_{2'} - i_{4'}) - G_{и} * (i_{1'} - i_{5'})}$$

Значения расходов ХА нам не известны, но из энергетического баланса следует:  $G_k = G_{и}$

Тогда: 
$$\mu = \frac{i_{2'} - i_{4'}}{i_{2'} - i_{4'} - i_{1'} - i_{5'}}$$

Значение коэффициента теплового преобразования должно быть больше единицы, это показывает, что в систему отопления помещения отдано теплоты больше, чем затрачено работы.

В результате коэффициент теплового преобразования для воздушного теплового насоса был равен 4,64, что говорит, что произведенная энергия в 4,64 раза больше, чем затраты на ее получение (Рис. 3).

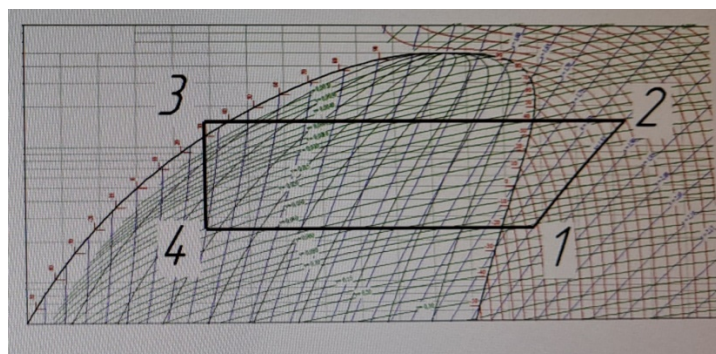


Рис. 3. Полученный цикл работы теплового насоса



Мурманская область расположена в суровой по климатическим условиям субарктической зоне. Но за счет влияния теплого Северо-Атлантического течения в суровые зимы юго-западная часть Баренцева моря не замерзает, поэтому применение геотермальных тепловых насосов сможет обеспечить прибрежные районы более низкой по стоимости энергией, а также уменьшить экологические загрязнения.

В г. Мончегорск Мурманской области уже год работает промышленный тепловой насос. Власти города Мончегорска установили его на очистных сооружениях, чтобы добиться экономии ресурсов, которые тратятся на их обогрев. Тепловой насос работает на стоках промышленной и бытовой канализации. Протекая через установку, стоковые воды нагреваются до 70 градусов.

Срок окупаемости этого проекта 4,5 года, а стоимость восемь миллионов рублей. И уже сейчас муниципалитет ощущает реальную экономию – стоимость гигакалории, производимой на очистных сооружениях, на 40 % ниже, чем той, что поставляла система центрального отопления от мазутной котельной [8].

Наиболее перспективным является установка теплового насоса на очистных сооружениях и в системе оборотного водоснабжения предприятий. Экономическая эффективность таких проектов значительно возрастает за счет высокого энергетического потенциала сбросного тепла. Тепловой насос, установленный на стоках, позволяет извлекать низкопотенциальное тепло сточных вод для отопления и горячего водоснабжения.

### **Выводы:**

1. Тепловые насосы являются альтернативными источниками энергии, позволяющими получать дешевое тепло без вреда для окружающей среды. По оценке Мирового энергетического комитета, уже в ближайшие пять лет доля отопления и горячего водоснабжения от тепловых насосов будет составлять в развитых странах не менее 75%.

2. Применение тепловых насосов в Мурманской области – одно из эффективнейших способов решения проблем существующих систем отопления и водоснабжения.
3. Изучение принципа работы и расчёты при испытаниях теплового насоса показали потенциальную экономическую и экологическую эффективность в условиях суровых зим региона с учётом особенностей системы отопления и энергоснабжения в Мурманской области.

### Библиографический список

1. Федосов С.В., Федосеев В.Н., Воронов В.А. Использование низкопотенциальной теплоты окружающего воздуха в испарительно-конденсационном блоке воздушного теплового насоса. // Приволжский научный журнал. – 2019 - №3 - С. 37-45.
2. Дегтярёв К.С. Тепло Земли // Наука и жизнь. – 2013 – №9, №10.
3. Topclimate.ru. Тепловые насосы для отопления вашего дома. // Публикация сайта. - Отопление. – Климатическая техника.  
[http://www.topclimat.ru/publications/heat\\_pump\\_for\\_your\\_house.html](http://www.topclimat.ru/publications/heat_pump_for_your_house.html)
4. Учебно-консультационный центр Университет Климата. Типы кондиционеров. // Принцип работы холодильной машины. – С. 55-76.  
[https://hvac-school.ru/upload/files/folder\\_43/ananiev\\_55\\_76.pdf](https://hvac-school.ru/upload/files/folder_43/ananiev_55_76.pdf)
5. Статья 2021 года «Комсомольской правды». Тепловые насосы для дома: особенности технологии, сфера применения и стоимость оборудования. <https://www.kp.ru/guide/teplovye-nasosy.html>
6. Клюкин А.М., Кузнецов Н.М., Трибуналов С.Н. Повышение эффективности использования энергоресурсов в Мурманской области. // Журнал «Труды Кольского научного центра РАН». – 2016 – 12 с.  
<https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-effektivnosti-ispolzovaniya-energoresurov-v-murmanskoy-oblasti>

7.Минин В. А. Теплоснабжение городов Мурманской области. // Журнал «Труды Кольского научного центра РАН». - 2014 – 10 с. <https://cyberleninka.ru/article/n/teplosnabzhenie-gorodov-murmanskoy-oblasti-1>

8.Nord-news.ru. Финны предлагают обогревать Мурманскую область тепловыми насосами. - 27.05.13. <https://nordnews.ru/news/2013/05/27/?newsid=49113>

9. Троценко А. А. Некоторые аспекты химизма самовозгорания и самовоспламенения // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций: в 2-х ч. Ч. 1 / ФГБОУ ВО Воронежский институт ГПС МЧС России. - Воронеж, 2016. - 523 с. (С. 284-288).

*Оригинальность 84%*