

УДК 621.577

## ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ИСТОЧНИК ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Каранкевич В.В., Таранчук А.С.

Научный руководитель – ст. преподаватель Павловская А.А.

В современных экономических условиях выбор оптимальной системы отопления дома или квартиры с точки зрения расходов на обслуживание и её эффективности довольно актуален. Привычные газовые и твердотопливные котлы становятся всё дороже в обслуживании, а отапливать жильё электроприборами (теплые полы, конвекторы, инфракрасные обогреватели и т.п.) ещё дороже. Поэтому сейчас все чаще как на больших, так и на малых объектах используется альтернативный источник тепла, такой как тепловой насос для отопления дома и даже квартиры.

Тепловым насосом называют устройство, позволяющее осуществлять преобразование и перенос теплоты от какого-либо источника с низкой температурой к потребителю с более высокими температурными параметрами. Термодинамический цикл и принцип работы теплового насоса идентичен холодильной машине или кондиционеру. В основе данных устройств лежит один и тот же круговой процесс – обратный цикл Карно. Ключевая разница между данными устройствами заключается непосредственно в назначении оборудования и диапазоне рабочих температур. [1].

На сегодняшний день в мире успешно эксплуатируются миллионы тепловых насосов различных конструкций и назначения. Однако наибольшее распространение в сфере теплоснабжения и кондиционирования зданий получили именно парокомпрессионные установки.

Рассмотрим подробнее принцип работы и устройство парокомпрессионного теплового насоса (рисунок 1).

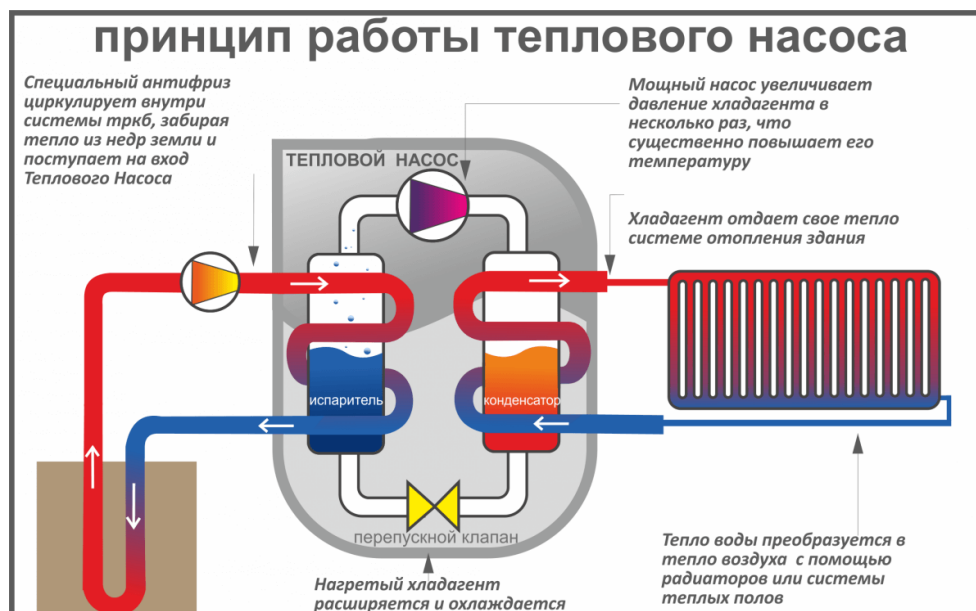


Рисунок 1. Принцип работы теплового насоса

В специальном теплообменнике, называемом испарителем, осуществляется передача тепла от внешнего низкопотенциального источника теплоты к рабочему телу теплового насоса – хладагенту.

Низкопотенциальным источником теплоты для теплового насоса может выступать любая общедоступная среда с невысокой температурой, например, окружающий воздух, грунт, подземные воды либо открытый водоём, какой-либо вторичный энергоресурс. В

качестве хладагента в современных теплонасосных установках применяются экологичные фреоновые смеси.

Так, поступая в испаритель в жидком состоянии и под низким давлением, хладагент теплового насоса принимает теплоту от внешнего источника и испаряется, после чего в газообразном состоянии попадает в компрессор. В компрессоре теплового насоса происходит сжатие фреона с резким повышением его температуры. При этом основное потребление электроэнергии тепловым насосом приходится как раз именно на питание компрессора.

После компрессора сжатый и разогретый до высоких температур фреон поступает в следующий специальный теплообменник – конденсатор. В конденсаторе происходит передача преобразованного до высокого потенциала тепла от рабочего тела теплового насоса (фреона) к потребителю – воздуху отапливаемых помещений либо теплоносителю (воде) системы отопления здания.

Передавая тепло в конденсаторе, фреон переходит обратно в жидкое состояние и, после прохождения через редуцирующее устройство (расширительный клапан), возвращается к первому теплообменнику-испарителю с первоначальными параметрами – низким давлением и температурой.

Парокомпрессионный цикл замыкается. Таким образом, затрачивая лишь энергию на привод компрессора, в тепловом насосе происходит преобразование и передача тепла от источника с низкой температурой к потребителю с более высоким потенциалом. При этом к тепловому насосу требуется подвести в несколько раз меньше энергии, чем можно получить на выходе.

#### **Коэффициент преобразования теплового насоса**

Соотношение количества производимого тепла к затрачиваемой энергии называется коэффициентом преобразования теплового насоса или коэффициентом трансформации (обозначается как COP). Для современных тепловых насосов величина COP может достигать 5 – 5,5. Значение  $COP = 5$  показывает, что при подводе к тепловому насосу 1 кВт электрической энергии можно получить 5 кВт тепла.

COP – это специальная безразмерная величина, позволяющая оценить эффективность использования теплового насоса, а также объективно сравнить различные тепловые насосы между собой.

Необходимо отметить, что часто величину COP путают с коэффициентом полезного действия (КПД) устройства. COP теплового насоса в основном варьируется в диапазоне от 2 до 5, а КПД любой установки не может быть выше 1 (более 100%), ведь в каждом процессе существуют неизбежные потери и отступления от идеальных условий. Дело в том, что в значении COP не учитывается то количество энергии, которое подводится к тепловому насосу от низкопотенциального источника. Величина COP отражает эффективность трансформации тепла от источника тепла к потребителю.

Тепловой насос позволяет использовать общедоступное и «бесплатное» внешнее тепло, аккумулируемое в грунте, водоемах, окружающем воздухе. Потребителем при этом затрачивается в несколько раз меньше энергии только на электропитание установки (работа, направленная преобразование теплоты от источника). Таким образом, значение COP для потребителя принято объективно использовать вместо КПД, в качестве величины, показывающей непосредственную эффективность работы теплового насоса.

Чем выше температура используемого низкопотенциального источника и чем ниже температура нагреваемой среды, тем выше производительность и эффективность работы теплового насоса. Этим обуславливается высокая эффективность применения тепловых насосов с низкотемпературными системами отопления. Так, при работе с радиаторным отоплением, COP теплового насоса приблизительно равен 3,5. При работе теплового насоса с низкотемпературной системой, например, напольным отоплением, COP достигает величины 4,5 – 5,1. То есть, в случае с напольным отоплением тепловой насос будет потреблять на

30...40% меньше электрической энергии в сравнении с вариантом применения обычной радиаторной системы. [2]

### **Виды тепловых насосов, особенности монтажа и эксплуатации**

В зависимости от используемого источника тепла, а также нагреваемой (охлаждаемой) среды различают следующие тепловые насосы: воздух-воздух, воздух-вода, вода-вода, грунт-вода и т.д. Рассмотрим особенности устройства и эксплуатации основных типов тепловых насосов. [3]

#### ***Тепловой насос «Воздух-воздух»***

Тепловые насосы данного типа используют энергию наиболее общедоступного источника тепла – окружающего воздуха, нагревая при этом воздух отапливаемых помещений.

Самый распространенный пример такого теплового насоса – бытовой кондиционер с функцией обогрева. Особенно популярны такие тепловые насосы в странах с более теплым климатом, где нет необходимости установки полноценной системы отопления, а функция обогрева нужна только в кратковременные периоды года.

Основные достоинства данного типа оборудования: лёгкость монтажа и относительно невысокая стоимость, возможность работы как в режиме отопления, так и в режиме кондиционера без установки дополнительных приборов.

Основной недостаток: эффективность работы теплового насоса, использующего в качестве источника тепла наружный воздух, зависит от температуры последнего.

В холодный период года при отрицательных температурах, когда дому требуется больше тепла, COP теплового насоса и производительность значительно снижаются и мощности оборудования становится недостаточно для обогрева помещений. При этом такой тепловой насос всегда имеет ограничение по используемой температуре - минимально допустимую для работы температуру наружного воздуха.

Современные тепловые насосы «воздух-воздух» способны работать до температур  $-25^{\circ}\text{C}$ ... $-35^{\circ}\text{C}$ . Но снижение эффективности работы и ограничения по температурам в холодный период года всё же не позволяют использовать такие тепловые насосы в качестве основного источника отопления дома в нашем климате, в этом случае необходимо наличие отдельной полноценной независимой системы теплоснабжения.

#### ***Тепловой насос «Воздух-вода»***

Тепловые насосы, также использующие в качестве источника тепла наружный воздух, но в качестве нагреваемой среды выступает теплоноситель водяной системы отопления или горячего водоснабжения здания (рисунок 2). Выпускаются модели как небольшой мощности в несколько киловатт, так и промышленные установки высокой производительности. Могут работать и в режиме нагрева, и в режиме охлаждения.



Рисунок 2. Тепловой насос «воздух-вода»

Эффективность работы таких тепловых насосов сопоставима с моделями «воздух-воздух». Минимальная рабочая температура наружного воздуха  $-25^{\circ}\text{C}$ , максимальная температура нагреваемого теплоносителя  $+65^{\circ}\text{C}$ . Среднегодовой коэффициент преобразования для систем «воздух-вода» равен примерно 3, при этом в тёплый период года значение COP может быть равно 5 и выше.

Достоинства: лёгкость монтажа, возможность интеграции в общую бивалентную систему практически с любым действующим источником тепла, развитая система автоматики.

Недостатки: ограничения по используемой температуре, снижение производительности при отрицательных температурах наружного воздуха. Такие тепловые насосы чаще всего используются в системах отопления и горячего водоснабжения вместе с традиционными источниками тепла, такими как дизельный, электрический либо газовый котел.

#### **Тепловой насос «Грунт-вода» или «рассол-вода»**

Тепловые насосы, использующие в качестве источника тепла энергию, аккумулированную в грунте – наиболее дорогие в монтаже, но и наиболее надежные и эффективные источники теплоснабжения среди теплонасосных установок (рисунок 3). Выпускаются тепловые насосы в широком диапазоне мощностей – от компактных тепловых насосов для частных жилых домов производительностью нескольких киловатт до каскадных промышленных устройств мощностью в сотни киловатт.

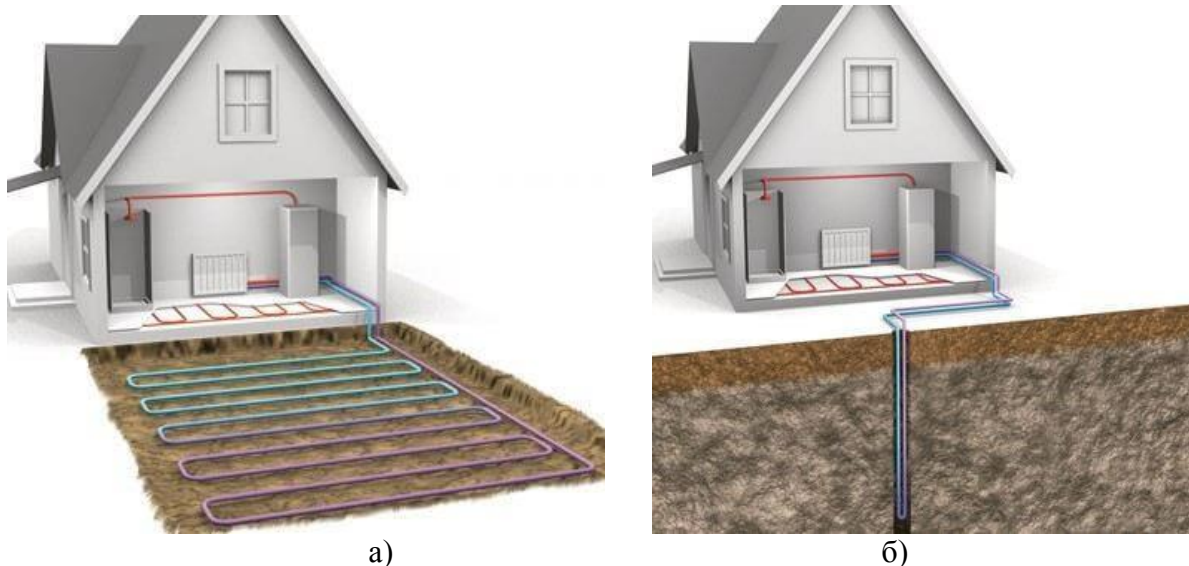


Рисунок 3. Геотермальные тепловые насосы с горизонтальным (а) и вертикальным (б) грунтовыми контурами

Температура грунта на глубине остается постоянной на протяжении всего года и практически не подвержена сезонным влияниям. В зависимости от типа геотермального контура различают тепловые насосы с вертикальным контуром – скважинами, и горизонтальным – с укладкой в земле замкнутого горизонтального контура. В первом случае в пробуренные скважины опускаются U-образные зонды, количество и глубина скважин зависят от тепловой мощности устанавливаемого оборудования. В случае горизонтальной укладки – геотермальный коллектор петлями укладывается по территории на глубине, превышающей глубину промерзания грунта (1,2...1,5 м).

Тепловые насосы «грунт-вода» также способны работать и в качестве кондиционера летом, буквально «закачивая» в землю тепло и охлаждая здание. Кроме грунта горизонтальный геотермальный контур может быть уложен и на дно водоёма.

Тепловые насосы «рассол-вода» могут работать не только с устройством геотермального контура, они также позволяют рационально использовать энергию вторичных ресурсов, например, на предприятиях, отбирать тепло от канализационных стоков, систем водоснабжения и водоотведения, технологических жидкостей и т.д.

СОР тепловых насосов «грунт-вода» остается практически неизменным за всё время эксплуатации оборудования и составляет для современных установок около 3,5 – для высокотемпературных систем отопления, и от 4,5 до 5 – для низкотемпературного отопления.

Достоинства: возможность использования теплового насоса в качестве основного и единственного источника теплоснабжения дома, надежность, полная автономность системы и автоматизация всех процессов, высокая эффективность работы.

Недостатки: дороговизна монтажа вертикального контура либо необходимость наличия большой территории для горизонтальной укладки геотермального коллектора.

#### **Тепловой насос «Вода-вода»**

Разновидность тепловых насосов, позволяющих осуществлять отбор тепла от воды без организации промежуточного контура, например, с устройством системы переливных скважин, либо с использованием воды в качестве промежуточного теплоносителя вместо рассольного раствора (рисунок 4). Условно данный тип тепловых насосов можно отнести к предыдущим установкам «грунт-вода» и «рассол-вода».



Рисунок 4. Горизонтальный водный контур теплового насоса

#### **Вентиляционные тепловые насосы (рекуператоры)**

Как правило, тепловые насосы небольшой мощности, специально спроектированные для отбора низкопотенциального тепла от воздуха с температурой от  $-15^{\circ}\text{C}$  до  $+35^{\circ}\text{C}$  из системы вентиляции зданий. В таких системах воздух, поступающий из помещений, перед выбросом на улицу предварительно проходит через испаритель теплового насоса, передавая тепло фреоновому контуру. В тепловом насосе может осуществляться нагрев поступающего из улицы воздуха, теплоносителя системы отопления либо горячего водоснабжения. На сегодняшний день в Европе выделен отдельный класс вентиляционных тепловых насосов для горячего водоснабжения, позволяющих заменить традиционные электрические бойлеры.

#### **Преимущества тепловых насосов**

Автономность работы. Автоматика теплового насоса позволяет обогревать дом на протяжении всего отопительного сезона совершенно автономно, без участия человека.

Возможность удаленного контроля и управления: современные тепловые насосы позволяют осуществлять контроль и управление системой отопления дома через сеть Интернет.

Безопасность и экологичность. Отсутствие пожароопасных процессов горения органического топлива с появлением вредных продуктов сгорания.

Надежность и долговечность. Тепловой насос окупится примерно за 6 сезонов, гарантия поставщиков тепловых насосов на оборудование составляет от 1 до 5 лет. Расчетный срок службы теплонасосного оборудования 20...30 лет.

Тихая работа. По уровню шума при работе тепловой насос сопоставим с холодильником.

Возможность монтажа в любых помещениях: для установки теплового насоса не требуется специализированное помещение с отдельным входом, тепловой насос может быть установлен даже на кухне либо в ванной комнате.

Минимальные затраты на техническое обслуживание: отсутствие дополнительных расходов на обслуживание системы в процессе эксплуатации, кроме оплаты за потребленную электроэнергию.

Экономическая эффективность. Тепловой насос потребляет в среднем в 4 раза меньше электроэнергии, чем электрический котел аналогичной мощности. Эксплуатационные затраты сопоставимы со стоимостью газа при работе газового котла.

### **Особенности выбора теплового насоса**

Тепловой насос – это современный эффективный и экологичный источник отопления дома. Однако ввиду относительно высокой стоимости оборудования (первоначальных капиталовложений) к выбору конкретного типа и модели теплового насоса стоит подходить максимально рационально [3-4].

При этом желательно сделать принципиальный выбор конкретного источника тепла ещё до проектирования системы отопления дома. Как правило, в новых домах с ещё не существующей системой отопления оптимальным может быть выбор системы типа «грунт-вода». В случае наличия уже действующего основного источника тепла в доме, например, дизельного котла, оправданным решением может быть установка теплового насоса типа «воздух-вода».

Тепловой насос (тип грунт-вода) может являться полноценным источником теплоснабжения и кондиционирования здания наряду с такими традиционными системами, как газовый, дизельный или электрический котел, либо работать с ними в единой системе по бивалентной схеме (тип воздух-вода).

При выборе мощности устанавливаемого теплового насоса необходимо произвести теплотехнический расчет ограждающих конструкций здания с целью уточнения тепловой нагрузки. Ведь дома даже с одинаковой отапливаемой площадью могут отличаться по тепловым потерям в несколько раз из-за конструктивных особенностей. Определившись с теплопотреблением здания, необходимо оценить, на какую часть нагрузки стоит подбирать теплонасосное оборудование.

Зачастую правильнее подобрать тепловой насос мощностью 70...80% от тепловой нагрузки здания, так как максимальное (расчетное) количество тепла для системы отопления требуется лишь в совсем короткий промежуток времени в году – при самых низких температурах, от  $-24^{\circ}\text{C}$  и ниже, что случается не так часто при нашем климате. Рациональнее выбрать тепловой насос меньшей мощности, существенно снизив капиталовложения в установку, и использовать несколько часов в году пиковый нагреватель, либо вложить средства в дополнительное утепление ограждающих конструкций здания.

### **Литература**

1. Лунева, С.К. К вопросу применения тепловых насосов / С.К. Лунева, А.С. Чистович, И.Х. Эмиров // Техничко-технологические проблемы сервиса – 2013.–№4. – С. 45–52.
2. Некоторые особенности проектирования и эксплуатации теплонасосных систем теплохладоснабжения часть 1. О требуемой тепловой нагрузке системы и мощности теплового насоса / Н.Б. Чиркин [и др.] // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2010. – №8.– С. 27–35.
3. Гарипов, М.Г. Использование низкопотенциального тепла земли с помощью теплового насоса / М.Г. Гарипов, В.М. Гарипов // Вестник Казанского технологического университета – 2014. – №6 – С. 197–198.
4. Гетман, В.В. Применение теплонасосных установок для утилизации теплоты вторичных энергетических ресурсов / В.В. Гетман // Вестник Казанского технологического университета.—2014. – №2 – С. 233–236.