

УДК 621.577



Ю.І. Галкун

викладач,
Херсонське
морехідне училище
рибної промисловості.
e-mail:
ygalkun@mail.ru

ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ: АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ СПОСОБ ОТОПЛЕНИЯ

Ю.И.Галкун. Тепловые насосы: Альтернативный способ отопления. В статье рассмотрена новая энерго-сберегающая технология отопления теплового насоса (ТН). Сравнивается экономичность работы ТН и электротеплового отопительного агрегата. Рассматривается принцип действия и различные типы тепловых насосов (грунт-вода, вода-вода). Также рассматривается и дополнительное оборудование, такое как тепловой коллектор и методика его расчета. В конце статьи делается вывод об экономичности тепловых насосов и о преимуществах и недостатках их использования.

Y. I. Galcon. Heat pumps: an Alternative method of heating. The article considers a new energy-saving heating technology HP. Compares the efficiency of HP and electric heating system. Discusses the principle of operation of the heat pump and the different types of heat pumps (ground-water, water-water). Also seen and accessories, HP such as a heat collector and the method of its calculation. The article ends with a conclusion about the efficiency of heat pumps and the advantages and disadvantages of their use.

Вступление. Ни для кого не секрет, что дороговизна и катастрофическая нехватка природных энергетических ресурсов дала толчок развитию альтернативной энергетики. Сегодня человечество стремится достать энергию отовсюду, откуда только возможно. Как говорится, для достижения цели все средства хороши. Одним из таких альтернативных способов добычи тепловой энергии и является тепловой насос [3]. В настоящее время в мире эксплуатируется более 10 млн. тепловых насосов различной мощности: от десятков киловатт до мегаватт. Ежегодно парк ТН пополняется примерно на 1 млн. штук. Так, в Стокгольме тепловая насосная станция мощностью 320 МВт, используя

Технології, матеріали, транспорт і логістика

зимой морскую воду с температурой +4 °С, обеспечивает теплом весь город. В 2004 г. мощность тепловых насосов, установленных в Европе, составляла 4531 МВт, а во всем мире тепловыми насосами была получена тепловая энергия эквивалентная 1,81 млрд.м³ природного газа [1].

Материалы и результаты исследований. С тепловым насосом-обыкновенном холодильником – знакомы все с самого детства. Именно в нем наглядно представлена работа устройств такого рода. Кроме холода, сохраняемого в холодильнике, его оборудование также вырабатывает и тепло (оно отбирается у продуктов, находящихся в холодильнике). Это видно по задней панели, которая, как правило, все время горячая.

Точно по такому же принципу современные тепловые насосы могут отбирать тепло из почвы, воды и даже воздуха. Наибольшую эффективность в работе показали тепловые насосы, берущие энергию почвы или воды. С воздухом дела обстоят немного хуже, так как его температура в зимний период низкая, и тепла из него можно извлечь не так уж много.

Однако используются холодильные машины и тепловой насос для разной цели. Цель работы холодильной машины состоит в том, что бы поддерживать в холодильной камере постоянную и при том более низкую температуру чем температура окружающей среды T_0 . Для этого холодильные машины должны отводить из этой камеры теплоту самопроизвольно проникающую в нее (не смотря на изоляцию) из внешней среды, и затем отводить эту теплоту уж в окружающую среду, но при более высокой температуре. Цель работы теплового насоса-поддерживать в помещении постоянную, но более высокую температуру чем T_0 , за счет отбора теплоты из окружающей среды. Эту теплоту тепловой насос переносит на более высокий температурный уровень, соответствующей температуре в помещении, где она воспринимается водой циркулирующей в отопительной системе. Кроме рабочего тела в качестве воды может быть использован и обыкновенный атмосферный воздух. Тепловой насос является высокоэффективным с термодинамической точки зрения, средством для отопления помещений. Убедиться в этом можно сопоставив работу теплового насоса с работой, например, системой электронагрева при условии, что в обоих случаях затрачивается одинаковая внешняя удельная работа l_0 . При электронагреве вся подводимая к электронагревателю электрическая

енергия превращается в теплоту, поэтому имея в виду, что эффективность теплового насоса оценивается отопительным коэффициентом

$$\omega = \frac{|q_1|}{|l_0|} \quad (1)$$

Можем записать $|q_1| = |l_0|$ и $\omega = 1$ (2)

Другая картина получается при использовании теплового насоса, в этом случае воспользовавшись уравнением (для обратного цикла холодильной машины) можно записать:

$$|q_1| = |l_0| + |q_2|, \quad (3)$$

Где q_1 – удельная теплота, выделяемая при конденсации холодильного агента в конденсаторе,

l_0 – удельная внешняя работа затрачиваемая на привод компрессор

Таким образом, для теплового насоса:

$$\omega = \frac{|q_1|}{|l_0|} = (|q_2| + |l_0|) / |l_0| = |q_2| / |l_0| + 1 \quad (4)$$

отношение $\frac{|q_2|}{|l_0|} = \chi_t$, где χ_t – холодильный коэффициент.

$$\chi_t = \frac{|Q_2|}{|L_0|} = \frac{|Q_2|}{|Q_1| - |Q_2|} \quad (5)$$

Практически значение этого коэффициента изменяется в пределах 3-5. Это значит, что при одинаковых затратах внешней работы в тепловом насосе потребителю подводится теплоты в 3-5 раз больше, чем в электронагревателе. Такая высокая эффективность теплового насоса возможна потому, что в цикле участвует теплота $|q_2|$, получаемая из внешней среды в «готовом» виде [2].

В цикле теплового насоса она лишь переносится с нижнего на верхний температурный уровень. За счет этой «даровой» теплоты цикл теплового насоса и оказывается более эффективными, чем электронагревателя.

Аккумуляторами такой энергии в природной среде могут быть:
– просто наружный воздух;

Технології, матеріали, транспорт і логістика

- тепло водоемов (озер, морей, рек);
- ґрунта, ґрунтових вод (термальних и артезианських скважинах)

Если разбираться более подробно с принципом работы теплового насоса, то он выглядит следующим образом (рис. 1). Жидкость, имеющая хотя бы небольшую плюсовую температуру, прогоняется через теплообменник, в котором она охлаждается примерно на 5°C . В испарителе находится фреон (или другое вещество теплоноситель), в жидком состоянии, который подогревается за счет теплообмена и начинает кипеть превращаясь из жидкого состояния в насыщенный пар, попадает в компрессор [3]. В компрессоре происходит сжатие пара, увеличивая тем самым его температуру. После компрессора нагретый пар поступает в теплообменник, где он остывает за счет теплообмена и конденсируется, отдавая тепло контуру отопления или горячего водоснабжения. Остывшая в теплообменнике вода вновь поступает в испаритель, где заново начинается цикл ее нагрева. Фреон поступает в дроссельный клапан проходя через который уменьшает температуру и давление до температуры немного ниже температуры кипения данного холодильного агента. Цикл повторяется [5].

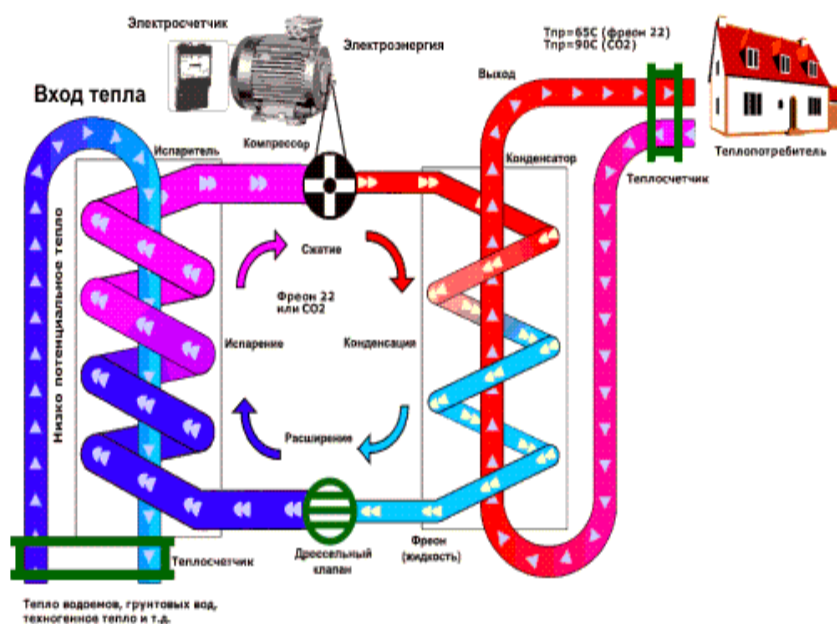


Рис. 1. Принципиальная схема теплового насоса

Технології, матеріали, транспорт і логістика

Тепловой насос интегрирован в систему отопления, которая состоит из 2-х контуров + третий контур — система самого насоса. По внешнему контуру циркулирует незамерзающий теплоноситель, который забирает на себя тепло из окружающего пространства. Попадая в тепловой насос, точнее его испаритель, теплоноситель, остывая, отдает удельное тепло в среднем от 4 до 7 °С хладагенту теплового насоса. А его температура кипения составляет -10 °С. Вследствие этого хладагент закипает с последующим переходом в газообразное состояние. Теплоноситель внешнего контура, уже охлажденный уходит на следующий «виток» по системе для набора температуры.

В составе функционального контура теплового насоса «числятся»: испаритель; компрессор (электрический); капилляр; конденсатор; хладагент; терморегулирующее управляющее устройство.

Процесс выглядит приблизительно так: «закипевший» в испарителе хладагент по трубопроводу поступает в компрессор, работающих от электроэнергии. Компрессор сжимает газообразный хладагент до высокого давления, что, соответственно, приводит к повышению его температуры. Теперь уже горячий газ далее попадает в другой теплообменник, который называется конденсатором. Здесь тепло хладагента передается воздуху помещения или теплоносителю, который циркулирует по внутреннему контуру системы отопления. Хладагент остывает, одновременно переходя в состояние жидкости. Затем он проходит через капиллярный редукционный клапан, где «теряет» давление и вновь попадает в испаритель. Цикл замкнулся и готов к повтору [6] .

Все системы отопления, основанные на принципе работы теплового насоса, состоят их трех основных частей – это зонд, посредством которого осуществляется отбор тепла, непосредственно сам тепловой насос и привычная всем жидкостная система отопления.

1. Зонд. По сути это обширная система трубопроводов, представляющая собой огромный змеевик, помещенный в грунт или в воду, или же если речь идет про тепловой насос воздух-воздух, размещенный на продуваемом всеми ветрами придомовом участке. В задачи зонда входит сбор тепловой энергии из определенной среды и ее передача теплового насосу.

2. Тепловой насос. С принципом его работы мы уже ознакомились. Единственное, о чем здесь можно еще рассказать, так это о его видах. А их несколько.

- Грунт-вода. Призван извлекать тепло из почвы и передавать его посредством жидкости к отопительным приборам.

- Тепловой насос вода-вода. Извлекает тепло из жидкости и с его же помощью передает отопительным приборам дома.

- Вода-воздух. Тепло, выделенное из воды, передается в дом посредством системы воздушного отопления.

- Тепловой насос воздух-воздух. Работает в паре с системой воздушного отопления и извлекает тепло из воздуха [5].

3. Система отопления. Важным ее элементом является теплообменник – именно от его способности передавать тепло из одной среды в другую во многом зависит эффективность использования ресурсов теплового насоса.

4. Расчет тепловых насосов проводят в зависимости от типа насоса, применяют два основных типа насосов:

Тепловые насосы с водяными источниками тепла

В тепловых насосах с водяными источниками тепла (реки, озера, моря) используется накопленная энергия Солнца. Эта энергия является идеальным источником для тепловых насосов, так как она поступает непрерывно, хотя и является менее доступной, чем воздух. Температура воды в незамерзающих водоемах не опускается ниже 4 °С, а артезианская вода имеет почти постоянную температуру 10–12 °С. Учитывая, что при отборе тепла воду нельзя охлаждать ниже 0 °С, перепад температуры на теплообменнике составляет несколько градусов. При этом для увеличения отбора необходимого количества тепла требуется увеличивать расход воды. Для ТН небольшой мощности не рекомендуется качать грунтовую воду с глубины более 15 м. В противном случае потребуются большие затраты на насосы и их эксплуатацию.

Тепловые насосы с грунтовыми теплообменниками

В грунтовых ТН используется тепловая энергия, накопленная в грунте за счет нагрева ее Солнцем или другими источниками. Аккумулированное грунтом тепло трансформируется с помощью горизонтально проложенных грунтовых теплообменников (которые также называют грунтовыми коллекторами) или с помощью вертикально расположенных теплообменников (грунтовые зонды). Чтобы разобраться

в том, что из себя представляет грунтовой коллектор, рассмотрим пример расчета грунтового коллектора теплового насоса который используется для обогрева дома общей площадью 100 м^2 и высотой потолка 3м. Теплосъем производится с поверхности грунта. Грунт- влажная глина. Вид обогрева- теплый пол [4] .

Пример расчета теплового насоса с грунтовым теплообменником

Считается, что для обогрева дома с высотой потолка 3 м, необходимо расходовать 1 кВт. тепловой энергии на 10 м^2 площади. При площади дома $10 \times 10\text{ м} = 100\text{ м}^2$, необходимо 10кВт тепловой энергии.

При использовании теплого пола, температура теплоносителя в системе, должна быть 35°C , а минимальная температура теплоносителя – 0°C .

Для обогрева здания нужно выбрать тепловой насос мощностью 15,6 кВт (ближайший больший типоразмер), расходующий на работу компрессора 5 кВт. Выбираем по типу грунта теплосъем с поверхностного слоя грунта. Для (влажной глины) q равняется 25 Вт/м.

Рассчитаем мощность теплового коллектора:

$$Q_0 = Q_{wp} - P \quad (6)$$

где Q_0 – мощность теплового коллектора, кВт;

Q_{wp} – мощность теплового насоса, кВт;

P – электрическая мощность компрессора, кВт.

Требуемая тепловая мощность коллектора составит:

$$Q_0 = 15,6 - 5 = 10,6 \text{ кВт};$$

Теперь определим суммарную длину труб:

$$L = Q_0 / q, \quad (7)$$

где q – удельный (с 1 м. пог. трубы) теплосъем, кВт/м.

$$L = 10,6 / 0,025 = 424 \text{ м}.$$

Для организации такого коллектора потребуется 5 контуров длиной по 100 м. Исходя из этого, определим необходимую площадь участка для укладки контура.

$$A = L \times d_a \quad (8)$$

где d_a – расстояние между трубами (шаг укладки), м. При шаге укладки 0,75 м необходимая площадь участка составит: $A = 500 \times 0,75 = 375\text{ м}^2$.

Для более точных расчетов применяют следующие данные: сухие осадочные породы – 20 Вт/м; каменистая почва и насыщенные водой осадочные породы – 50 Вт/м; каменные породы с высокой теплопроводностью – 70 Вт/м; подземные воды – 80 Вт/м.

За период отопительного сезона (октябрь–май) для обогрева 100 м² жилого помещения электрическим котлом потребуется 37440 кВт электроэнергии, а тепловым насосом – 12024 кВт. При тарифе 0,24 грн за 1 кВт электроэнергии экономия составит 6100 грн. (данные ООО «Сантехник ЛТД и Ко»).

По данным компании "АЭРОПРОФ", создающей энергоэффективные и экологичные системы жизнеобеспечения зданий, применение тепловых насосов в 1,2–1,5 раза выгоднее самой эффективной газовой котельной.

Выводы. Преимущества тепловых насосов:

1. Самым главным преимуществом тепловых насосов является возможность отказаться от использования дорогостоящих углеводородных сортов топлива, рост цен на которые на Украине имеет последнее время стойкую тенденцию.

2. Использование тепловых насосов экономичнее, чем использование электрических котлов.

3. Экологичность.

4. Повсеместность использования (установку и эксплуатацию оборудования, что делает его использование эффективным с экономической точки зрения.)

Недостатки тепловых насосов:

1. С понижением температуры окружающей среды эффективность установки резко падает, и уже при температуре воздуха в -5°C агрегаты начинают потреблять чуть ли не вдвое больше электрической энергии от заявленного производителем, что будет проблемно в условиях суровых зим.

2. Относительно высокие капитальные затраты на строительство установки.

3. Эффективность обогрева: тепловой насос отлично справляется со своей работой только в хорошо утепленных и изолированных от внешних факторов помещениях, т. е. в помещениях имеющих хорошую и надежную теплоизоляцию (по европейским меркам-теплопотери до 100 Вт/м²).

Литература

1. Гершкович, В.Ф. Пять шагов на пути к избавлению от метановой зависимости [Текст] // Отопление Водоснабжение Вентиляция + кондиционеры, - 2006, - №1. - С. 30-41.
2. Кузовлев В. А. Техническая термодинамика и основы теплопередачи [Текст] - М.: Высшая школа, 1983г.-334с.
3. Овчаренко, В.А. Використання теплових насосів [Текст] / В.А. Овчаренко, А.В. Овчаренко // Холод М+Т, - 2006, - №2. С. 34-36.
4. Принцип действия тепловых насосов [Электронный ресурс] / М. Стахов Режим доступа: <http://plusteplo.ru/otoplenie/sistemy-otopleniya/teplovoj-nasos/princip-raboty>
5. Принцип работы тепловых насосов [Электронный ресурс] / А.С. Куликов Режим доступа: <http://stroisovety.org/princip-raboty-teplovux-nasosov/>
6. Рей, Д. Тепловые насосы [Текст] / Д. Рей, Д.Макмайкл Пер. с англ. - М.: Энергоиздат, 1982. - 224 с., ил.

Надійшла до редакції 23.12.2014