

Расчет Энергосбережения При Применении Теплонасосной Установки В Гелиотеплицах

А. А. Вардияшвили¹, Д. А. Нормуродов², И. Ж. Ибадуллаев³

Аннотация: В статье рассматриваются вопросы энергосбережения и принципиальные схемы в системах теплоснабжения гелиотеплицы с использованием теплонасосных установок. Выявлены основные направления энергосбережения и разработана альтернативная система теплоснабжения гелиотеплицы с теплонасосной установкой.

Ключевые слова: Энергосбережение, теплоснабжение, отопление, тепловой насос, эффективность, сельский солнечный дом, энергетический баланс, энергетический ресурс, горячее водоснабжение, теплоснабжение, холодный источник, горячий теплоноситель.

Введение

В настоящее время на теплоснабжение жилых, общественных и промышленных зданий, теплоснабжение овощехранилищ и холодильников, а также на низкотемпературные тепловые процессы в различных отраслях промышленности и сельскохозяйственного производства расходуется более половины всего добываемого природного газа [1].

Поэтому энергосбережение с использованием тепловых насосов, использующих рассеянную в окружающей среде тепловую энергию или утилизирующих вторичные энергоресурсы для теплоснабжения различных отраслей промышленности и сельскохозяйственного производства с наименьшими затратами является актуальной проблемой.

Использование тепловых насосов для отопления, горячего водоснабжения и теплоснабжения представляет собой способ, альтернативный другим способам, таким как традиционное сжигание органического топлива, центральное паровое или водяное отопление, электрообогрев и др. [2].

Методы и материалы

Тепловой насос представляет собой устройство, позволяющее передать теплоту от более холодного тела к более нагретому за счет использования дополнительной энергии (чаще всего - механической). Применение тепловых насосов – один из важных путей утилизации теплоты вторичных энергетических ресурсов [3].

Известно, что теплота низкого потенциала является продуктом технической деятельности человека, при чем ниже ее температурной уровень, тем больше этой теплоты безвозвратно теряется, рассеиваясь в окружающей среде. Примером носителей такой теплоты может служить нагретый воздух, уходящий в атмосферу из систем вентиляции и кондиционирования, или теплые бытовые и промышленные сточные воды, имеющие температуру примерно 20÷40 °С. Очень часто единственным экономически оправданным способом утилизации теплоты таких вторичных энергетических ресурсов является применение тепловых насосов. Тепловые насосы могут использовать не только теплоту, выработанную в различных технических устройствах, но и теплоту природных источников – воздуха, воды естественных водоемов, грунта, солнечной радиации [4-9].

^{1,2,3} Каршинский государственный университет, vardi41@mail.ru



Главное применение тепловых насосов в настоящее время – нагрев теплоносителя для систем отопления, вентиляции и горячего водоснабжения зданий. Однако их можно использовать и для технологических целей.

Наибольший энергетический и экономический выигрыш от тепловых насосов можно достичь применением комплексных систем тепло – и хладоснабжения при получении холода и тепла на любом из возможных для данной системы температурном уровне.

Целью работы является -разработка принципиальной схемы солнечного дома с гелиотеплицами, солнечными батареями и солнечной водонагревательной установки

Наиболее приемлемым вариантом с позиции энергетического анализа является режим одновременно существующей потребности в охлаждении и отоплении оба потребителя могут быть соединены друг с другом посредством теплового насоса. Периоды кондиционирования воздуха в солнечном сельском доме и эксплуатации теплиц хорошо сочетаются, так как один из них- теплица является потребителем тепла а другой - требует охлаждения (рис.1).

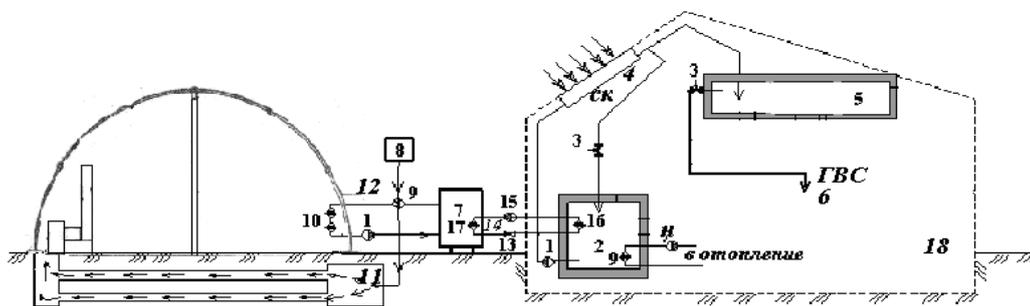


Рис. 1. Принципиальная схема системы тепло- и хладоснабжения солнечного сельского дома с гелиотеплицами.1-циркуляционный насос; 2-аккумулирующий бак горячей воды; 3-электромагнитные вентили; 4-солнечный водонагреватель; 5-бак горячей воды для теплоснабжения сельского дома; 6-потребитель горячей воды; 7-бак горячей воды для системы отопления теплицы; 8-малая котельная – источник тепла дымовых газов; 9-водяной теплообменник; 10-отопительный прибор; 11-внутрипочвенный теплоаккумулирующий канал; 12-солнечная теплица; 13-регулирующий вентиль теплового насоса; 14-теплонасосная установка; 15-компрессор теплового насоса; 16-испаритель теплового насоса; 17-конденсатор теплового насоса; 18-солнечный сельский дом.

В совместной системе тепло – и хладоснабжения теплиц и солнечного сельского дома 18 тепловой насос (ТН) 14 устанавливается между солнечным домом 18, и теплицы 12. Солнечный дом 18, охлаждается с ТН, 14 тепла вентиляционных выбросов отнимается испарителем ТН 16. Затем пары хладагента сжимается в компрессоре 15 и становится перегретым. Конденсатор ТН 17 погружен в бак – аккумулятор 2, где происходит конденсация паров хладагента и вода нагревается до $50\div 60^{\circ}\text{C}$. С помощью циркуляционного насоса 1 горячая вода из бака – аккумулятора 2 проходит через водяной теплообменник 9, где вторично нагревается отходными дымовыми газами 8, до температуры $90\div 100^{\circ}\text{C}$ и поступает в отопительный прибор 10 теплицы. При необходимости охлажденные продукты сгорания 8 можно подавать через внутрипочвенный теплоаккумулирующий канал 11, и затем в теплицу для подкормки растений углекислым газом. Солнечный водонагреватель 4 предназначен для отопления солнечного дома и регулируются вентилями 3 и 13.

Результаты

В целях энергосбережения и создания автономного теплоснабжения сельского жилого дома нами предложена теплонасосная система. Как и холодильная машина, тепловой насос



потребляет энергию на реализацию термодинамического цикла (привод компрессора). Коэффициент преобразования теплового насоса - отношение теплопроизводительности к электропотреблению - зависит от уровня температур в испарителе и конденсаторе и колеблется в различных системах в диапазоне от 2,5 до 5, т.е. на 1 кВт затраченной электрической энергии тепловой насос производит от 2,5 до 5 кВт тепловой энергии. Температурный уровень теплоснабжения от тепловых насосов 35-55°C. Экономия энергетических ресурсов достигает до 70%.

Промышленность технически развитых стран выпускает широкий ассортимент парокомпрессионных тепловых насосов тепловой мощностью от 5 до 1000 кВт.

Энергетический баланс ТН записывается следующим образом:

$$Q_{\text{конд}} = Q_{\text{исп}} + L_{\text{комп}}, \quad (1)$$

где $Q_{\text{конд}}$ - теплота, отводимая от конденсатора;

$Q_{\text{исп}}$ - теплота, подводимая к испарителю;

$L_{\text{комп}}$ - работа компрессора.

Коэффициент преобразования ТН определяется по формуле:

$$\phi = Q_{\text{конд}} / L_{\text{комп}} = \alpha \cdot T_{\text{конд}} / (T_{\text{конд}} - T_{\text{исп}}), \quad (2)$$

где

$T_{\text{конд}}$ - температура конденсации рабочего тела;

$T_{\text{исп}}$ - температура испарения рабочего тела;

α - суммарный коэффициент потерь ТН (потери цикла, потери в компрессоре, потери от необратимости при теплопередаче и т.п.).

Идеальный коэффициент преобразования ТН:

$$\phi = T_{\text{конд}} / (T_{\text{конд}} - T_{\text{исп}}). \quad (3)$$

Системы теплоснабжения с использованием тепловых насосов - теплонаносные системы теплоснабжения - могут быть применены для отопления, подогрева вентиляционного воздуха, нагрева воды для горячего водоснабжения и т.п.

В качестве низкопотенциальных (низкотемпературных) источников теплоты могут использоваться:

а) вторичные энергетические ресурсы (ВЭР):

- теплота вентиляционных выбросов;
- теплота серых канализационных стоков;
- сбросная теплота технологических процессов и т.п.

б) нетрадиционные возобновляемые источники энергии (НВИЭ):

- теплота окружающего воздуха;
- теплота грунтовых и геотермальных вод;
- теплота водоемов и природных водных потоков;
- теплота солнечной энергии и т.п.;
- теплота поверхностных и более глубоких слоев грунта.



Следует учесть, что использование тепловых насосов для теплоснабжения с использованием ВЭР и НВИЭ представляет собой новую современную технологию и требует современных архитектурно-планировочных, конструктивных и инженерно-технологических решений по всему объекту в целом. ТСТ должна быть органично вписана в объект и рационально сопряжена с остальными инженерными системами объекта.

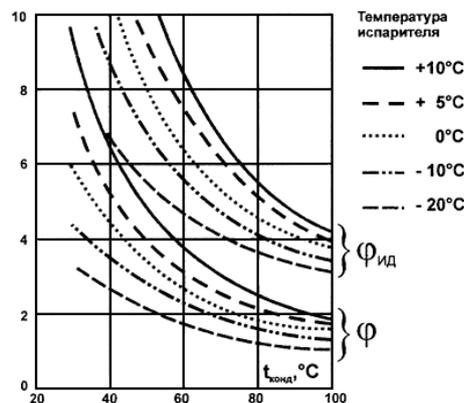


Рис.2. Зависимость идеального и действительного (реального) коэффициента преобразования ТН от температуры испарения и конденсации хладагента

Обсуждение

Рассмотрим методику расчёта тепловых насосов

Исходные условия: теплотребность одноэтажного сельского дома площадью 100 м^2 (в зависимости от теплоизоляции) $P=12 \text{ кВт}$ [9]; температура воды в системе отопления должна быть 60°C . Для отопления здания выбран тепловой насос мощностью $14,5 \text{ кВт}$ (ближайший больший типоразмер), затрачивающий на нагрев фреона $3,22 \text{ кВт}$ энергии. Отапливаемый объем здания составляет $V=300 \text{ м}^3$.

Годовая тепловая нагрузка для отопительного периода города Карши за 132 суток составляет:

$Q = p \cdot \tau = 12 \cdot 132 \cdot 24 = 38016 \text{ кВт}\cdot\text{час}$ или $Q=38,016 \text{ МВт}\cdot\text{час}$. Если переводим на: $38,016 \cdot 3,6=136,8 \text{ МДж}$.

Основными энергетическими характеристиками теплового насоса являются коэффициент преобразования (трансформации) тепла, термодинамический КПД, удельная стоимость, т.е. стоимость, отнесенная к теплопроизводительности теплового насоса.

Коэффициент преобразования тепла представляет собой отношение получаемой тепловой мощности к затрачиваемой мощности на привод компрессора. Он выше единицы и существенно зависит от температуры холодного источника теплоты T_1 и температуры получаемого горячего теплоносителя T_2 . В результате работы теплового насоса мы можем получить примерно в $2\div 8$ раз больше теплоты, чем в случае непосредственного подогрева теплоносителя в электрокалорифере [4, 5]: Коэффициент преобразования тепла теплового насоса равна (рис. 2):

$$\varphi_T = \frac{Q_B}{N} \quad (4)$$

где, Q_B – получаемая тепловая мощность, к Вт; N – затрачиваемая мощность на привод компрессора, кВт.

$$Q_B = Q_0 + N \quad (5)$$

где, Q_0 – теплота, получаемая от низкопотенциального источника, кВт.

Определим экономию топлива при использовании теплонасосной установки для отопления вместо котельной. Тепловая нагрузка $Q_B = 12 \text{ кВт}$ при температуре воды в подающем



трубопроводе $\tau_1 = 60^\circ \text{C}$. Коэффициент трансформации теплового насоса $\varphi = 4,7$; КПД электросетей $\eta_c = 0,95$; КПД котельной $\eta_k = 0,85$.

Мощность потребляемая электродвигателем компрессора теплонасосной установки,

$$N_{\text{ЭК}} = QB\varphi = 124,7 = 2,55 \text{ кВт} \quad (6)$$

Потребляемая мощность с учетом потерь в электросетях

$$N_{\text{Э}} = N_{\text{ЭК}}\eta_c = 2,550,95 = 2,7 \text{ кВт} \quad (7)$$

Расход топлива в котельной на выработку 136,8 МДж тепла:

$$B_k = \frac{Q_B}{Q_{p.n}\eta_k} = \frac{136,8}{29,3 \cdot 0,85} = 5,5 \text{ кг условного топлива/ч}$$

Экономия условного топлива

$\Delta B = B_k - B_m = 5,5 - 1,03 = 4,47 \text{ кг/ч}$ или экономия энергии за счет применения теплового насоса в период отопления составляет:

$\Delta B = 4,47 \cdot 132 \cdot 24 = 14160 \text{ кг}$ или 14,1 тонна условного топлива.

Заключение

На основе проведенных исследований и расчетов выбираем тепловой насос типа «вода-вода». Таким образом, разработанная система отопления с тепловым насосом позволяет в условиях города Карши сэкономить 14 тонна условного топлива в расчете на один сельского дома с отопительной площадью 100 м^2 в течение одного отопительного периода.

Литература

1. Кальнин И.М. Оценка эффективности термодинамических циклов парокомпрессионных холодильных машин и тепловых насосов. Высшая школа. 1983 г. 39 стр.
2. Рей Д., Макмайл Д. Тепловые насосы. пер.с.англ. – М.: Энергоиздат, 1982. – 224 с.
3. Применение термотрансформаторов (тепловых насосов) в автономных системах отопления и кондиционирования. // Холодильная техника, 2005. - №2. – с. 6 – 9.
4. Узаков Г.Н., Хужакулов С.М., Кадыров И.Н. Расчет энергетической эффективности применения теплового насоса в системах теплоснабжения. //Вестник ТашГТУ, 2009. - №1,2. - с. 51 – 53.
5. Маркус Т.А., Моррис Э.Н. Здание, климат и энергия. Ленинград. Гидрометеиздат 1985-542с.
6. Хайнрих Г., Найорн Х. Нестлер В. Теплонасосные установки для отопления и горячего водоснабжения. Москва. Стройиздат 1985.-351стр.
7. Драганов Б.Х., Есин В.В., Зуев В.П. Применение теплоты в сельском хозяйстве. Киев: Высшая школа. Головное издательство 1983-239стр.
8. Вардияшвили А.А. “Разработка и исследования многофункциональных энергоэффективных гелиотехнических комплексов с использованием энергетических отходов”. Монография. Карши «Насаф» нашриёти 2013 г. 9,6 б.т.
9. Э. Бубялис, В. Макарявичюс Процессы энергопереноса в тепловых насосах. Вильнюс. Макскас. 1990. -184с.
10. Вардияшвили А.А. “Солнечный сельский дом гелиотеплицой.”Монография. Издательство «Насаф» Карши 2017 г. 165 с.

