



## РАСЧЕТ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ТЕПЛОНАСОСНОЙ УСТАНОВКИ В ГЕЛИОТЕПЛИЦАХ

доц. А.А.Вардияшвили  
Каршинский государственный университет  
E-mail: vardi41@mail.ru

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

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

**Abstract.** Are shown questions energy savings is considered in system heat chill of the provision vegetable vault with use heat pumping installation. On base of the research analysis existing systems heat chill of the provision helio hot houses are revealed main trends energy savings and is designed alternative system heat chill of the provision helio hot houses with heat by pumping installation.

**Keywords:** Energy saving, heat supply, heating, heat pump, efficiency, rural solar house, energy balance, energy resource, hot water supply, heat supply, cold source, hot coolant.

### Введение.

В настоящее время на теплоснабжение жилых, общественных и промышленных зданий, теплохладоснабжение 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 теплохладоснабжения различных отраслей промышленности и сельскохозяйственного производства с наименьшими затратами является актуальной проблемой.

Использование тепловых насосов для отопления, горячего водоснабжения и теплохладоснабжения 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, и чем ниже ее температурный 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





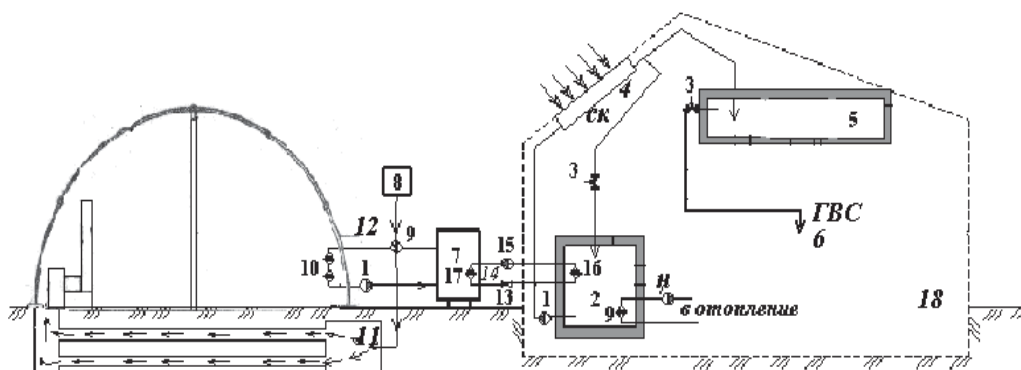
способом утилизации теплоты таких вторичных энергетических ресурсов является применение тепловых насосов. Тепловые насосы могут использовать не только теплоту, выработанную в различных технических устройствах, но и теплоту природных источников – воздуха, воды естественных водоемов, грунта, солнечной радиации [4-9].

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 установкой.

Наиболее приемлемым вариантом с позиции энергетического анализа является режим одновременно существующей потребности в охлаждении и отоплении, когда два 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 теплицей 12. Солнечный дом 18, охлаждается ТН 14, тепло вентиляционных выбросов отнимается испарителем ТН 16. Затем пары хладагента сжимаются в компрессоре 15 и становятся перегретыми. 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 регулируется 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 парокompрессионных 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;  $\alpha$  - 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 - теплонасосные 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.



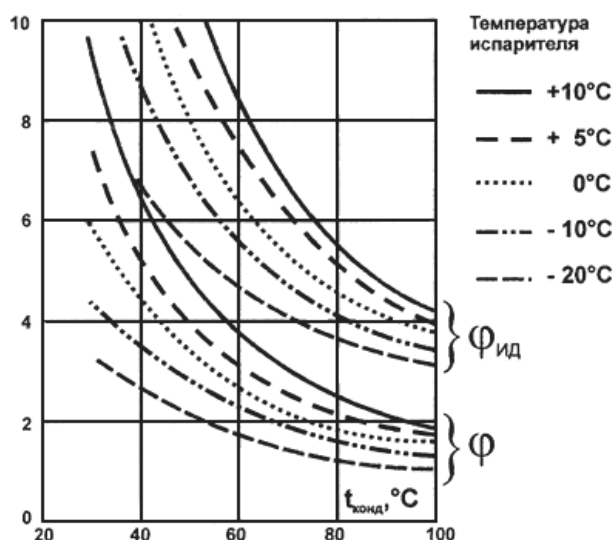


Рис.2. Зависимость идеального и действительного (реального) коэффициента преобразования ТН от температур испарения и конденсации хладагента.

**Обсуждение.**

**Рассмотрим методику расчёта тепловых насосов.**

Исходные условия: теплопотребность одноэтажного сельского дома площадью  $100 \text{ м}^2$  (в зависимости от теплоизоляции)  $P=12 \text{ кВт}$  [9]; температура воды в системе отопления должна быть  $60^\circ\text{C}$ . 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 [4-14]: 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.

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

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

Определим экономию топлива при использовании теплонасосной установки для отопления вместо котельной. Тепловая нагрузка  $Q=12 \text{ кВт}$  при температуре воды в подающем трубопроводе  $t_1 = 60^\circ\text{C}$ . 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,

$$N_y^e = \frac{Q_B}{\varphi} = \frac{12}{4,7} = 2,55, \text{ кВт} \quad (6)$$



Потребляемая мощность с учетом потерь в электросетях

$$N_y = \frac{N_y^e}{\eta_c} = \frac{2,55}{0,95} = 2,7, \text{ кВт} \quad (7)$$

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

$$\Delta B = B_k - B_m = 5,5 - 1,03 = 4,47 \text{ кг/ч} \text{ или экономия энергии за счет применения}$$

теплового насоса в период отопления составляет:

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

#### 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 тонн условного топлива в расчете на один сельский дом с отапливаемой площадью 100 м<sup>2</sup> 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 п.л.
9. Э. Бубялис, В. Макарявичюс Процессы энергопереноса в тепловых насосах. Вильнюс. Макслас. 1990. -184с.
10. Вардияшвили А.А. “Солнечный сельский дом с гелиотеплицей”. Монография. Издательство «Насаф» Карши 2017 г. 165 с.
11. Uzakov G N 2010 Efficiency of joint operation of greenhouses and solar greenhouses *Applied Solar Energy (English translation of Geliotekhnika)* 46(4) PP. 319–320.
12. Uzakov G N 2011 Calculation of the heat engineering characteristics of a combined system of a vegetable storage facility and solar greenhouse *Applied Solar Energy (English translation of Geliotekhnika)* 47(3) PP. 248–251. (4)
13. Khuzhakulov, S.M., Uzakov, G.N., Vardiyashvili, A.B. Effectiveness of solar heating systems for the regeneration of adsorbents in recessed fruit and vegetable storages. *Applied Solar Energy (English translation of Geliotekhnika)*, 2013, 49(4), PP. 257–260. (4)
14. Uzakov, G.N. Technical and economic calculation of combined heating and cooling systems vegetable store-solar greenhouse. *Applied Solar Energy (English translation of Geliotekhnika)*, 2012, 48(1), PP. 60–61. (3)

