

УДК 697.7(575.2)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ ДЛЯ ОБОГРЕВА И ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОГОРЬЯ КЫРГЫЗСТАНА**Шатманов О.Т., Исманов Ю.Х., Айдаралиев Ж.К., Исакова Ж.А.***Кыргызский государственный университет строительства, транспорта и архитектуры
им. Н. Исанова, Бишкек, e-mail: i_yusupjan@mail.ru*

Использование только тепловых насосов для удовлетворения потребностей в отоплении может быть неэффективным, особенно при низких температурах окружающей среды. Однако тепловой насос, используемый в сочетании с обычными типами отопления, может обеспечить надежное и экономичное отопление зимой и охлаждение летом. При наличии обычных систем отопления установка теплового насоса может быть эффективным способом снижения энергетических затрат. Важность использования тепловых насосов в удаленных населенных пунктах, наземный доступ к которым в течение года может быть ограничен или даже невозможен, несомненна. Подвод газо- и теплокоммуникаций к таким поселкам практически неисполним, значительно осложнена возможность подвоза топлива наземным транспортом. В условиях Кыргызстана это особенно актуально из-за особенностей природно-географических условий: почти 89% территории Кыргызстана занимают горы. Многие небольшие населенные пункты расположены в труднодоступных районах. В этих условиях использование тепловых насосов является современным и практически безальтернативным экологически чистым методом обеспечения населенных пунктов теплом и горячей водой. Использование только тепловых насосов для обогрева помещений и горячего водоснабжения недостаточно для районов с низкими зимними температурами, характерными для высокогорья Кыргызстана. Однако использование тепловых насосов в совокупности с обычными методами обогрева и горячего водоснабжения позволяет существенно снизить затраты топлива, что очень важно в условиях высокогорья Кыргызстана.

Ключевые слова: тепловой насос, грунтовые системы, обогрев и горячее водоснабжение, энергетические затраты, высокогорье

**USE OF HEAT PUMPS FOR HEATING AND HOT WATER SUPPLY
IN THE CONDITIONS OF THE HIGHLANDS OF KYRGYZSTAN****Shatmanov O.T., Ismanov Yu.Kh., Aydaraliev Zh.K., Isakova Zh.A.***Kyrgyz State University of Construction, Transport and Architecture named after N. Isanov,
Bishkek, e-mail: i_yusupjan@mail.ru*

Using only heat pumps to meet heating needs can be inefficient, especially at low ambient temperatures. However, a heat pump used in combination with conventional types of heating can provide reliable and economical heating in winter and cooling in summer. With conventional heating systems, installing a heat pump can be an effective way to reduce energy costs. The importance of using heat pumps in remote settlements, ground access to which during the year may be limited or even completely absent, is undeniable. The supply of gas and heat communications to such villages is practically impossible, the possibility of delivering fuel by land transport is significantly complicated. In Kyrgyzstan, this is especially true because of the peculiarities of natural and geographical conditions: almost 89% of the territory of Kyrgyzstan is occupied by mountains. Many small towns are located in remote areas. Under these conditions, the use of heat pumps is a modern and almost non-alternative environmentally friendly method of providing settlements with heat and hot water. Using only heat pumps for space heating and hot water supply is not enough for areas with low winter temperatures characteristic of the highlands of Kyrgyzstan. However, the use of heat pumps in combination with conventional methods of heating and hot water supply can significantly reduce fuel costs, which is very important in the conditions of the highlands of Kyrgyzstan.

Keywords: heat pump, soil systems, heating and hot water supply, energy costs, highlands

Экономический фактор играет важнейшую роль при рассмотрении возможности использования тепловых насосов для отопления и горячего водоснабжения. И этот фактор показывает, что наиболее эффективен с точки зрения экономики подход, при котором используется комбинированный метод отопления и горячего водоснабжения: тепловой насос и известные методы нагрева – газовая или электрическая печь [1–3]. При наличии обычных систем отопления установка теплового насоса может быть эффективным способом снижения энергетических затрат [4–6].

Основными типами тепловых насосов для отопления помещений и нагрева воды являются следующие насосы:

Грунтовой тепловой насос (тепловой насос «земля – вода») отбирает тепло у земли с помощью системы трубопроводов, уложенных в землю на некоторой глубине [7, 8].

Тепловой насос воздушного типа отбирает тепло у воздуха, подогревает его же и затем доставляет в обогреваемое помещение. Воздушные насосы легко устанавливать, но их производительность сильно зависит от температуры окружающей среды. В холодную погоду их производительность

резко падает. В этом их большой минус перед грунтовыми насосами [9].

Тепловой насос, использующий воду в качестве теплоносителя (тепловой насос «вода – вода»), отбирает тепло от грунтовых вод. Тепло, как и в предыдущих случаях, идет на отопление помещений и нагрев воды. Такие насосы высокоэффективны, однако для них требуется наличие водоемов недалеко, что сильно ограничивает их использование [10].

Наивысшей производительностью, которая не зависит ни от температурных условий, ни от географического расположения, обладают грунтовые тепловые насосы (тепловой насос «земля – вода»). Это связано с тем, что температура слоев земли уже в нескольких метрах от поверхности практически неизменна, не зависит от температуры окружающей среды, что является важнейшим фактором для высокогорья Кыргызстана с его резко меняющимися температурными условиями [11–13].

Целью работы является обоснование использования грунтовых систем как дополнительных источников энергии для обогрева и горячего водоснабжения в условиях высокогорья Кыргызстана.

*Грунтовые тепловые насосы.
Обоснованность их использования
в условиях высокогорья Кыргызстана*

Грунтовой тепловой насос использует землю, или грунтовые воды, или и то и другое как источники тепла зимой, а также как «теплоотвод» для отвода тепла из дома летом. Тепло отводится от земли с помощью жидкости, такой как грунтовая вода или раствор антифриза. Температура жидкости повышается тепловым насосом, и тепло передается воздуху в помещении. В летние месяцы этот процесс меняется на противоположный: тепло отбирается из воздуха в помещении и передается под землю грунтовыми водами или раствором антифриза. Геотермальная система прямого расширения использует хладагент в теплообменнике, расположенном в грунте, вместо раствора антифриза.

Грунтовые системы могут использоваться с системами принудительного воздушного и гидравлического отопления. Возможный поход при проектировании грунтовых тепловых насосов – это разработка систем, предназначенных только для отопления. В таких системах, в отличие от систем, используемых и для горячего водоснабжения, естественное охлаждение теплоносителя при прохождении по системе невозможно. В таких системах, по сути, тепловой насос не используется и охлаждение происходит

за счет простой потери тепла при прохождении через систему, т.е. естественной потери тепла.

Важная и, по сути, основная особенность грунтовых насосов заключается в том, что практически вся ее система находится либо в помещении, либо на достаточной глубине в грунте. Эта важная особенность грунтовых тепловых насосов, позволяющая их использовать при низких температурах, что очень важно в условиях высокогорья Кыргызстана. Эта особенность делает эти системы практически независимыми от внешних климатических факторов.

Возможны несколько вариантов укладки совокупности подземных трубопроводов, которая зависит от наличия или отсутствия подземных грунтовых вод вблизи отапливаемого помещения. В присутствии грунтовых вод трубы укладываются таким образом, чтобы открытая часть трубопроводов погружалась непосредственно в подземный водоем или состыковывалась с пробитой в земле скважиной. В этом случае вода из подземных источников служит теплоносителем, который проходит через систему отопления и после охлаждения, выбрасывается либо в специальный водоем, пруд и т.д., либо возвращается обратно к грунтовым водам. При отсутствии грунтовых вод подземные трубопроводы образуют замкнутую систему. Теплоноситель, протекающий по подземной системе трубопроводов, отбирает тепло непосредственно от грунта. Отобранное от подземного грунта тепло и используется для обогрева или горячего водоснабжения помещения.

В качестве теплоносителя в любых системах обогрева и горячего водоснабжения используется вода, как самый дешевый и распространенный теплоноситель. Использование антифриза было бы более эффективным, однако здесь основной помехой является экономический фактор. Поэтому использование антифриза в проектах, используемых в горных районах Кыргызстана, не предусмотрено. Так как вода в качестве теплоносителя отдает тепло хуже, чем антифриз, что естественно из-за высокой теплоемкости воды, то охлаждение воды естественным образом при прохождении через теплообменники системы слабее, чем при использовании антифриза. Поэтому необходимо предусмотреть более эффективную систему теплообмена, теплообменники, имеющие большую поверхность контакта с внешней средой. При расчетах систем обогрева и теплоснабжения необходимо учитывать экономический фактор, на который сильно давит стоимость отличного от воды теплоносителя.

Системы отбора тепла от теплоносителя в различных грунтовых системах теплообогрева и горячего водоснабжения отличаются. Наиболее распространенным и относительно дешевым является способ, при котором тепло отбирается у теплоносителя сразу после выхода его из компрессора. В общем, тепла, отбираемого от подземных слоев грунта, вполне достаточно для обогрева больших помещений, таких как сельские школы. Причем этого тепла иногда даже в избытке. Особенно это проявляется в летнее время. Избыток тепла можно конденсировать в виде нагретой воды, которая может быть использована для различных нужд, например для организации парников. Причем можно настроить систему таким образом, что она по необходимости может либо полностью переключаться либо на обогрев, либо на горячее водоснабжение.

Подогрев воды осуществлять легче в геотермальных системах, потому что компрессор находится в помещении. Поскольку грунтовые системы имеют относительно постоянную тепловую производительность, они обычно имеют значительно больший запас тепловой мощности, чем требуется для обогрева помещения.

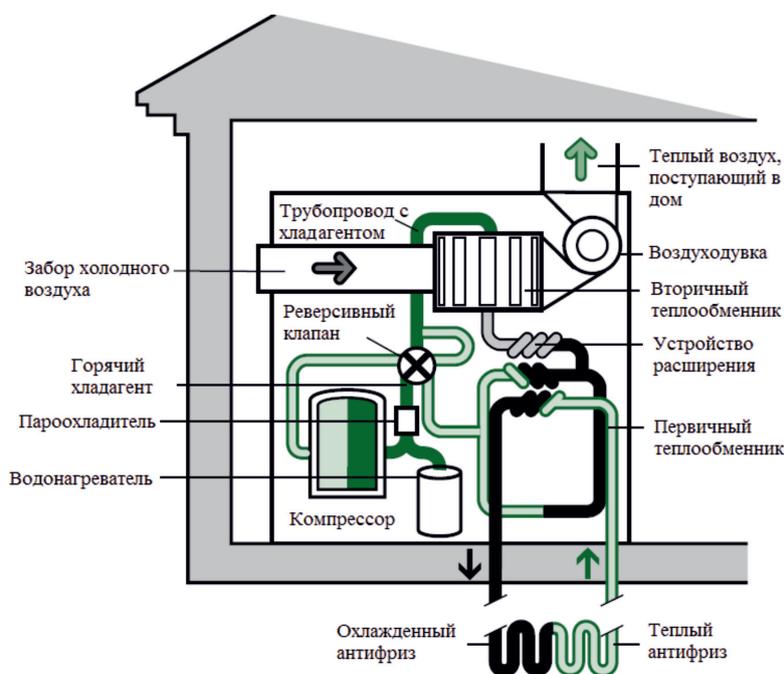
При использовании системы на основе грунтового теплового насоса вся схема как бы обращается. Тепло не поступает в среду помещения, а, наоборот, теплоноситель, проходя по трубам через помещение, забирает тепло из воздуха внутри помещения.

Отобранное тепло, в зависимости от схемы подземной системы трубопроводов, отдается либо в пруд, колодец и др., либо поступает непосредственно в грунтовые воды. Полученное тепло может быть использовано для нагрева воды.

И еще один важный момент: так как в грунтовой системе практически все оборудование находится внутри помещения, а трубопроводы находятся на достаточной глубине под землей, то снимается проблема возможного замерзания теплоносителя в зимний период. Это очень важно в условиях высокогорья.

Как показано на рисунке, грунтовые системы состоят из трех основных компонентов: самого теплового насоса, жидкого теплоносителя (открытая система или замкнутый контур) и системы подачи воздуха (воздуховод).

Грунтовые системы имеют различные значения эффективности. Грунтовые системы, предназначенные для применения в грунтовых водах или в открытых системах, имеют значения КПД для нагрева в диапазоне от 3,6 до 5,2. Те из них, которые предназначены для применения в замкнутом контуре, имеют значения КПД между 3,1 и 4,9. Коэффициент полезного действия (КПД) является мерой эффективности теплового насоса. Он находится путем деления выходной энергии теплового насоса на электрическую энергию, необходимую для работы теплового насоса при определенной температуре.



Компоненты типового геотермального теплового насоса

В высокогорных районах Кыргызстана, где температура воздуха может опускаться ниже -30°C , а температура грунта зимой обычно находится в диапазоне от -2°C до 4°C , грунтовые системы имеют коэффициент полезного действия от 2,5 до 3,8.

Поскольку тепловые системы, использующие подземное тепло, имеют стандартные показатели производительности, т.е. КПД, то возникла необходимость рассчитать сезонную производительность отопления, чтобы сравнить эксплуатационные расходы с расходами тепловых насосов типа вода – воздух.

Установка геотермальных систем для подземных вод в предгорных районах будет иметь сезонный коэффициент полезного действия для отопления от 7,7 (зимой) до 9,8 (летом). Наибольшая эффективность достигается при использовании геотермальных систем с замкнутым контуром. КПД для них в предгорных районах достигает 11, а в горных до 6,3 [14–15].

Выводы

Грунтовые системы существенно снижают расходы на отопление и охлаждение. Экономия затрат на электроэнергию по сравнению с электрическим подогревом воды составляет около 65 процентов.

В среднем грунтовые системы дают экономии примерно на 40 процентов больше, чем обеспечил бы тепловой насос типа воздух – воздух. Это связано с тем, что температура под землей зимой выше, чем температура воздуха. В результате грунтовые системы могут обеспечить больше тепла в течение зимы, чем воздушный тепловой насос.

Грунтовые системы также обеспечивают существенную экономию расходов на горячую воду, так как излишки полученного тепла можно отправить на горячее водоснабжение. Можно отрегулировать систему таким образом, что она будет полностью работать на цели отопления или горячего водоснабжения в зависимости от потребностей. Это особенно важно в летний период, когда требования по обогреву помещений, даже в горных условиях, резко падают. Эти возможности могут снизить расходы на разогрев воды на 25–50%, в зависимости от климатических условий.

Все вышесказанное показывает, насколько важно использование тепловых насосов в удаленных населенных пунктах, наземный доступ к которым в течение года может быть ограничен или даже невозможен. Подвод газо- и теплокоммуникаций к таким поселкам практически неисполним, значительно осложнена возможность подвоза топлива наземным транспортом.

В условиях Кыргызстана это особенно актуально из-за особенностей природно-географических условий: почти 89% территории Кыргызстана занимают горы. Многие небольшие населенные пункты расположены в труднодоступных районах. В этих условиях использование тепловых насосов является современным и практически безальтернативным экологически чистым методом обеспечения населенных пунктов теплом и горячей водой. Использование только тепловых насосов для обогрева помещений и горячего водоснабжения недостаточно для районов с низкими зимними температурами, характерными для высокогорья Кыргызстана. Однако использование тепловых насосов в совокупности с обычными методами обогрева и горячего водоснабжения позволяет существенно снизить затраты топлива, что очень важно в условиях высокогорья Кыргызстана.

Список литературы

1. Berner J. Wärmepumpe und solar – solarenergie den vortritt lassen. Sonne Wind & Wärme. 2011. Vol. 35. No. 8. P. 182–186.
2. Ruschenburg J., Herkel S. and Henning H.-M. A statistical analysis on market-available solar thermal heat pump systems. Solar Energy. 2013. No. 95. P. 79–89.
3. Trojek S. and Augsten E. Solartechnik und Wärmepumpe – sie finden zusammen. Sonne Wind & Wärme. 2009. Vol. 33. No. 6. P. 62–71.
4. Meggers F., Ritter V., Goffin P., Baetschmann, M., and Leibundgut, H. Low energy building systems implementation. Energy. 2012. No. 41. P. 48–55.
5. Kim D.H., Park H.S., Kim M.S. The effect of the refrigerant charge amount on single and cascade heat pump systems. International Journal of Refrigeration. 2014. Vol. 40. P. 254–268.
6. Adhikari R.S., Aste N., Manfren M., Marini D. Energy savings through variable speed compressor heat pump systems. Energy Procedia. 2012. Vol. 14. P. 1337–1342.
7. Kavanaugh S.P. and Rafferty K. Ground-Source Heat Pumps: Design of Geothermal Systems for Commercial and Institutional Buildings. Atlanta: ASHRAE, 2007. 171 p.
8. Jung H.W., Kang H., Chung H., Ahn J.H., Kim Y. Performance optimization of a cascade multifunctional heat pump in various operation modes. International Journal of Refrigeration. 2014. Vol. 42. P. 57–68.
9. Hosoz M. Performance comparison of singlestage and cascade refrigeration systems using R134a as the working fluid, Turkish Journal of Engineering and Environmental Science. 2005. Vol. 29. P. 285–296.
10. Kim D.H., Park H.S., Kim M.S. Optimal temperature between high and low stage cycles for R134a/R410A cascade heat pump based water heater system. Experimental Thermal and Fluid Science. 2013. Vol. 47. P. 172–179.
11. Исманов Ю.Х. Интерферометрия на основе метода бесцелевой радужной голографии // Вестник КГУСТА. 2015. № 4 (40). С. 194–198.
12. Исманов Ю.Х. Голографическая интерферометрия на основе эффекта Тальбота // Известия Национальной Академии наук Кыргызской Республики. 2015. № 2. С. 20–23.
13. Исманов Ю.Х., Тынышова Т.Д., Алымкулов С.А. Использование приближения Френеля для расчета распределения светового поля, прошедшего сквозь решетку // Вестник КГУСТА. 2017. № 3 (57). С. 171–178.
14. Исманов Ю.Х., Тынышова Т.Д., Абдулаев А.А. Моделирование оптической системы, работающей при некогерентном освещении // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2020. № 3. С. 98–102.
15. Исманов Ю.Х., Тынышова Т.Д. Уменьшение объема вводимых данных при компьютерной обработке интерферограмм // Материалы VIII Международной конференции по фотонике и информационной оптике: сборник научных трудов. М.: НИЯУ МИФИ, 2019. С. 695–696.