

ОТОПЛЕНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛЬДА HEATING WITH ICE

Чуев М. Н., Chuyev M. N., КазГАСА,
student of the STR group 16-13 KazGASA, (misha_chuev@mail.ru)
Дубинин А. А., Dubinin A. A., ассоц. проф. ФОС, МОК (КазГАСА), Assoc. Prof,
KazGASA(IEC), (alex.dub777@mail.ru)

Казахская головная архитектурно-строительная академия
Kazakh Academy of Architecture and Civil Engineering

***Аннотация.** В статье рассматриваются разработки в области современных систем отопления. Рассматривается один из путей получения тепла от окружающей среды система отопления льдом. Целью исследования является использование инновационных проектов в области систем отопления зданий и сооружений. Описывается метод, принцип работы инновационной системы и приводятся результаты исследования.*

***Abstract.** The article deals with developments in the field of modern heating systems. One of the ways of obtaining heat from the environment is considered an ice heating system. The aim of the research is the use of innovative projects in the field of heating systems for buildings and structures. The method, the operating principle of the innovation system and the results of the study are described.*

***Ключевые слова:** Система отопления; солнечная энергия; альтернатива; земляная корзина; тепловой насос; массивные абсорберы; энергетическая сетка.*

***Keywords:** heating system; solar energy; alternative; earthen basket; heat pump; massive absorbers; energy grid.*

За последние годы тепловые насосы заняли прочную позицию среди отопительной техники. Особый потенциал данного оборудования проявляется при использовании в энергоэффективных домах и при условии получения электричества из таких возобновляемых источников как ветер или солнце. Излишки электричества направляются в электросеть. Ожидается, что доля тепловых насосов на рынке отопительного оборудования продолжит расти. Геотермальные тепловые насосы используют низкотемпературные источники теплоты, преобразуют его в тепло. В традиционных системах используют тепло атмосферного воздуха, грунтовых вод и почвы. Новая концепция включает в себя не только вышеупомянутые источники, но и прямое использование солнечной энергии.

Почва и грунтовые воды являются экономичными источниками теплоты. Их температура практически не изменяется в течении года, что обеспечивает высокую производительность и стабильность работы теплового насоса. Использование энергии при использовании скважин либо горизонтальной прокладке зондов, т.е. после проведения достаточно большого объема земельных работ. Эти работы как правило требуют множества согласований, разрешений, а также существенных инвестиций.

Хорошим источником теплоты является наружный воздух. Он всасывается тепловым насосом, отдает свое тепло в испарителе и выдувается насосом обратно в окружающую среду. Таким образом нет необходимости в проведении дорогостоящих земельных работах. Тем не менее, имеется проблема в том, что в самые холодные дни насос может поглотить не так много достаточно теплого воздуха, а больше потребность дома в тепле в такие дни возрастает. Поэтому для покрытия пиковых нагрузок необходим второй источник теплоты.

С самого начала использования тепловых насосов многие ученые, институты и фирмы ищут способы снижения капитальных и эксплуатационных затрат. Ищутся новые низкотемпературные источники возобновляемого тепла и пути оптимизации системы

теплового насоса.

В первую очередь в эти разработки входят попытки использовать солнечную энергию тепловым насосом. Уже в конце 1970-ых годов рассольно-водяные тепловые насосы работали вместе неостекленными солнечными коллекторами для выработки необходимой энергии. Данные решения были не очень эффективны и не приобрели большой популярности. Кроме того, зимой и в переходные периоды в средней полосе нет достаточного количества солнечной энергии. Глядя на работу грунтовых и солнечных систем отопления, приходит в голову возможность объединения этих систем. На рынке отопительной техники уже есть предложения по одновременному использованию энергии грунта и солнца, но в них так и не реализована система накопления тепла от гелиосистемы.

Возможность накопления теплоты в летние месяцы от солнца и грунта для последующего использования данной энергии зимой сильно зависят от геологических условий местности. Так, например, при проходе зонда через водный горизонт все тепло передается воде и уносится потоком. Кроме того, расходы на проведение земляных работ неоправданно высоки.

Альтернативой бурения скважин и горизонтальной прокладки зондов стали массивные абсорберы и, так называемые, энергетические сетки. Массивные абсорберы — это бетонные блоки, в которых упорядоченно расположены коллектора рассольного контура. Бетонные блоки благодаря своей массе обладают большим запасом теплоты. Энергетическая сетка представляет собой паутину упорядоченных трубопроводов с рассолом без какой-либо обшивки. Обе системы где-то на треть погружаются в землю. Таким образом наземная часть поглощает солнечное тепло, а подземная воспринимает геотермальную энергию. Для эффективной работы такой схемы в холодные зимние дни без существенного поступления солнечного тепла, система должна получать большую часть энергии из земли. Однако, изменить площадь поверхности теплообмена коллектора с землей в данном случае не представляется возможным.

Есть возможность использования так называемых земляных корзин. Это хорошая альтернатива в первую очередь горизонтальным коллекторам, так как они требуют существенно меньшей площади. По сути это проволочные корзины, которые имеют цилиндрическую форму, либо форму усеченного конуса, в которые заведены трубы рассольного контура. Они закапываются на глубину до 4 метров. Такие системы очень требовательны к условиям теплоотвода грунта. Грубо говоря, ледохранилищем называется энергосистема теплового насоса, рассольный контур которого находится в бетонном бункере. В свою очередь, бункер получает тепло из различных источников. Специальная автоматика регулирует поступления тепла в бункер. Основными источниками энергии являются – солнце, воздух, земля. Энергия поступает в бункер и накапливается при невысоких температурах, но достаточных для работы теплового насоса. Также для повышения эффективности работы системы используется энергия фазового перехода вещества, находящегося в ледохранилище.

Принцип работы системы:

Существует такое явление как энергия кристаллизации. Речь идет о том, что вода в процессе замерзания выделяет достаточное количество тепловой энергии- 330 кДж/кг, это в 80 раз больше, чем выделяется при её остывании на 1 градус. При этом она фактически не меняет свою температуру (около -1С) пока не замерзнет вся. [5] И это тепло фазового перехода воды из жидкого в твердое агрегатное состояние можно и нужно использовать.

Разберем компоненты системы (рис.1).

- Бункер для хранения льда
- Теплообменник
- Солнечные (воздушные абсорберы)
- Тепловой насос
- Командоконтроллер



Рис.1. Типовая схема системы установк

Причем следует отметить, что в традиционных гелиосистемах используются тепло атмосферного воздуха, почвы и грунтовых вод. Новая же система включает в себя не только те источники, которые упомянуты выше, но и прямое использование солнечной энергии.

Рассмотрим принцип действия системы (рис. 2). Бункер, который служит хранилищем для льда, представляет собой емкость, в которую встроены теплообменники. Емкость наполняется водой далее закапывается на определенную глубину в грунт. Коллекторы (воздушные абсорберы), расположенные на крыше, собирают тепло из окружающей среды и солнечного излучения, затем накапливают его в баке. В том числе, система поглощает тепло из земли, окружающей емкость и получает геотермальную энергию земли. Функция теплового насоса - отбирать из резервуара по мере необходимости тепло, которое необходимо для отопления и приготовления горячей воды. [3]

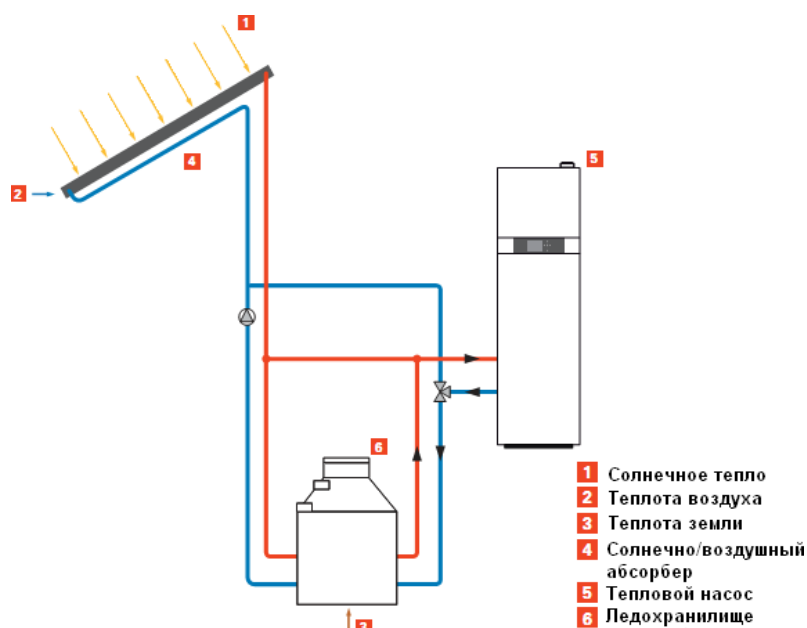


Рис. 2. Принцип действия системы

В случае, когда температура в баке опускается ниже температуры замерзания воды, высвобождается скрытая энергия кристаллизации, которая поглощается тепловым насосом. [3]. Бункер является сердцем системы. Вода в свою очередь играет роль энергоносителя. Теплоемкость воды ограничена и лежит в пределах $4,18 \text{ кДж}/(\text{кг К})$. При охлаждении 1 кг воды высвобождается 4.18 кДж энергии. [2] Та- ким образом, тепловой насос отбирает это тепло от воды в бункере, пока не охладит ее до 0 градусов (рис. 3). Дальнейший отбор тепла и превращение воды в лед так же оправдано, так как при фазовом переходе выделяется дополнительное тепло (рис. 4).

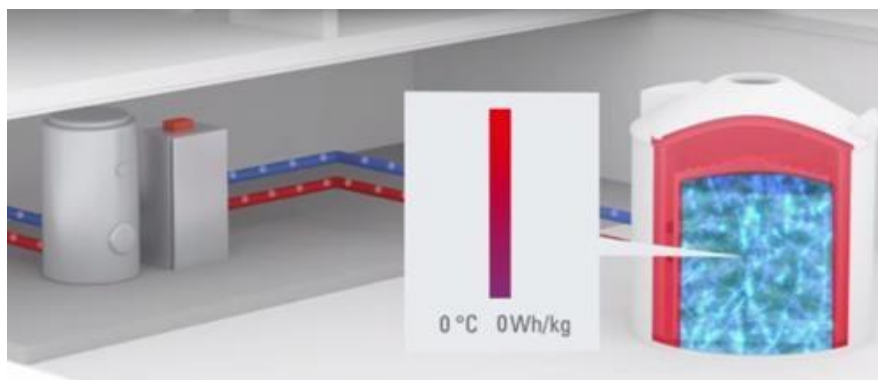


Рис. 3. Остуженная вода до 0 градусов.

Температура воды будет оставаться 0 градусами, но выделится 334 кДж/кг энергии, что было бы достаточно для нагрева воды от 0 до 80 градусов.

Выделившуюся теплоту так же поглотит тепловой насос. [3]

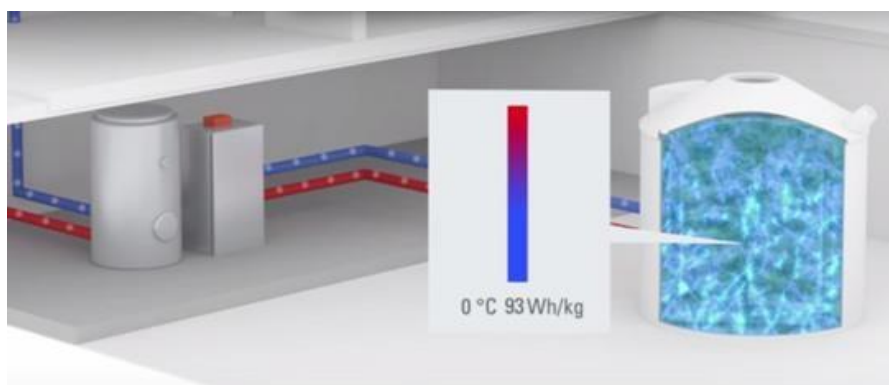


Рис. 4. Фазовый переход воды

Абсорберы получают тепло из окружающего воздуха, а также от солнечных лучей. Они представляют собой пластиковые абсорберы, состоящие из труб, которые устанавливаются на плоских и покатых крышах, так же фасадах. Командоконтроллер управляет источниками тепла, в независимости тепловой насос это или абсорберы, в зависимости от потребностей в тепле в данный момент бункером-ледохранилищем.

Солнечно-воздушные абсорберы предназначены специально для использования с системой ледохранилищ, а именно для нагрева бункера. Большие трубы абсорбера делают возможным проход теплоносителя (рассола) теплового насоса. Поток сохраняется с минимальными потерями давления. Абсорбер состоит из пластиковых труб, стойких к ультрафиолетовому излучению. Идея заключается в получении тепла от окружающей среды, а именно воздуха и солнца, таким образом, система работает круглосуточно. Солнечное излучение является лишь дополнительным источником тепла для повышения эффективности. Незастекленные солнечные коллектора особенно хорошо подходят для использования в системах типа SolarEis, так как они прекрасно работают в низкотемпературном режиме. В отличии от обычных солнечных панелей, в таких системах нет опасности конденсации воды на стекле. Такие солнечные панели идеально подходят для использования в системах SolarEis. Но все же одним из самых важных компонентов системы является тепловой насос. Так как в отопительный период температура первичного контура лежит в диапазоне от -7 до +25 С, холодный контур теплового насоса системы ледохранилищ может быть несколько оптимизирован. Поэтому для таких систем мы предлагаем использовать непосредственно тепловой насос Viessmann Vitocal 300-G, работающий в режиме рассол/вода. Он может быть оснащен системой RCD и электронным расширительным клапаном.

В сравнении с предустановленным обычным расширительным клапаном, электронный позволяет добиться большего контроля над работой системы. Он управляется шаговым двигателем и контролирует проток хладагента. У данного клапана большой диапазон регулирования (10-100%), а также малое время открытия и закрытия. В результате точной работы этого клапана температура теплоносителя на выходе из теплового насоса остается неизменной независимо от соответствующего состояния теплового насоса. Как правило, электронные расширительные клапана — это приводы, для работы которых необходимы сенсоры и датчики. Виссманн для этих целей изобрел систему RCD. Она отслеживает основные показатели давления и температуры в холодильном контуре и записывает их для последующей диагностики работы системы. Так же учитывается потребление электричества из сети и количество теплоты, произведенной тепловым насосом.

Рассмотрим последовательность системы с объемом воды 10 м^3 : в начале отопительного сезона 10 м^3 воды доступны в качестве источника энергии. Тепловой насос в свою очередь, будет отбирать энергию у воды, пока не доведет до 0 градусов, после, у воды будет происходить процесс фазового перехода в лед. Всю энергию, выделившуюся в процессе превращения воды в лед, получает тепловой насос. Тем самым тепло ото льда в ледохранилище подается на отопление. При превращении 10 м^3 воды в лед, выделяется энергия, равная 100 литрам горючего. А для того чтобы лед растаял, используются регенеративные теплообменники, расположенные на внешней стороне ледохранилища. Тепло полученное абсорберами подается в ледохранилище, следовательно, лед будет таять и снова будет выделяться энергия. Отсюда следует, что процесс замкнутый. Вода – лед - вода.

Проведем расчет. Энергия кристаллизации воды составляет при температуре ноль градусов примерно 333 кДж на килограмм. Один литр льда (примерно равный 916 граммам льда) даст примерно 306 кДж энергии. Это соответствует примерно $0,085 \text{ кВтч} : 306 \text{ кДж} = 306 \text{ кВт с} = 306/3600 \text{ кВтч} = 0,085 \text{ кВтч}$. Энергия сгорания одного литра дизельного топлива составляет 10 кВтч. Таким образом 120 литров льда «соответствуют» приблизительно одному литру дизельного топлива. Бак на 10000 литров, а такова минимальная емкость, применяемая для индивидуальных жилых домов, «сохраняет» приблизительно 850 кВтч энергии, выделяемой при каждом цикле заморозки. выброс вредных веществ которых составляет около 2 млрд. тонн в год.

В европейских странах, в особенности Германии, ледяное отопление находит достаточно широкое применение – существует обширный портфель соответствующих объектов – как индивидуальных жилых домов, так и многоквартирных, офисных, торговых и производственных зданий. В 2014 году под Гамбургом заканчивается строительство целого микрорайона на почти 500 квартир (крупнейшая система ледяного отопления в мире), центральное отопление которых организуется с помощью льда в емкости на 1,5 миллиона литров воды.

Систему также можно использовать в летний период, то есть для охлаждения помещений используется холод, накопленный зимой. К концу отопительного периода отключают теплообменники абсорберов. Лед остается в бункере как естественный источник охлаждения. Извлекается теплообменник контура отопления и теплоноситель циркулирует через бункер, тем самым остывает сам и растапливает лед в бункере. Для увеличения холодильной мощности, можно подключить к тепловым насосам блоки активного охлаждения. При активном охлаждении выделяется дополнительное тепло, которое можно накапливать в бункере и использовать в начале отопительного сезона для обогрева.

Система может быть независима от здания, что обеспечивает сейсмическую устойчивость, что несомненно является плюсом для регионов с высокой сейсмической активностью. Система может быть использована при плотной городской застройке, так как ее можно расположить под зданием.

Выводы: 1. Применение данной системы позволит полностью отказаться от традиционного отопления и использования нефти, при этом не строя новых атомных электростанций. Следовательно, мы сможем снизить загрязнение окружающей среды, полностью вытесняя отопительные системы, выброс вредных веществ которых составляет около 2 млрд. тонн в год.

Метод - инновационный и энергоэффективный, позволяющий реализовать самые интересные проекты, и вывести традиционное строительство на новый уровень.

Данная публикация может заинтересовать не только специалистов строительной отрасли, но и крупных инвесторов, которых интересуют инновационные решения и технологии.

Литература:

1. Назарова В.И. Современные системы отопления. – Москва, 2011. - 26 с.
2. Васильев Г.П. Теплохладоснабжение зданий и сооружений с использованием низкопотенциальной тепловой энергии поверхностных слоев Земли. – Москва, 2009. – 57 с.
3. Васильев Г.П. Хрустачев Л.В, Розин А.Г. – Руководство по применению тепловых насосов с использованием вторичных энергетических ресурсов и нетрадиционных возобновляемых источников энергии - Москва, 2008. – 59 с.
4. System Theory Models of Different Types of Heat Pumps – WSEAS Conference in Portoroz. – Slovenia, 2014. - 75 с.