

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF AGRICULTURAL SCIENCES

ISSN 2224-526X

Volume 5, Number 23 (2014), 92 – 96

**SUBSTANTIATION OF COMPLEX USE OF RENEWABLE ENERGY
IN THE HEAT PUMP SYSTEM**

Sh. Sydykov, N. Alibek, K. Yntybaev

Kazakh national agrarian university, Almaty, Kazakhsta

Key words: heat pump heating system, low-potential heat sources, air solar collector, ground heat exchanger, the heat accumulator.

Abstract. A brief analysis of the heat pump system of independent heating residential buildings, industrial buildings, based on heat pumps «air-water» and renewable energy sources is given. There is a consideration of rational combination systems based on waste heat of the ambient air, solar energy and soil surface layers of the Earth, which allows stabilizing the operation of the heat pump and making it possible to increase the conversion factor of heat.

УДК 621.577+697.1

**К ОБОСНОВАНИЮ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ
В ТЕПЛОНАСОСНЫХ УСТАНОВКАХ**

Ш. К. Сыдыков, Н. Б. Алибек, К. М. Интибаев

Казахский национальный аграрный университет, Алматы, Казахстан

Ключевые слова: теплонасосная система теплоснабжения, низкопотенциальные источники теплоты, воздушный солнечный коллектор, грунтовой теплообменник, аккумулятор теплоты.

Аннотация. Дан краткий анализ теплонасосной системы автономного теплоснабжения жилых домов на базе тепловых насосов «воздух-вода» и возобновляемых источников энергии. Предложена рациональная комбинация системы, основанная по утилизации теплоты окружающего воздуха, солнечной энергии и грунта поверхностных слоев Земли, позволяющая стабилизировать работу теплового насоса и дающая возможность повышения коэффициента преобразования теплоты.

Введение. Теплонасосная система теплоснабжения (ТСТ), как правило, состоит из системы сбора низкопотенциального тепла, собственно тепловых насосов (ТН) и традиционных источников тепловой энергии (генераторов теплоты), и служит для покрытия пиковых нагрузок. В некоторых случаях применяются аккумуляторы тепловой энергии, которые используются для систем горячего водоснабжения, с целью выравнивания суточной неравномерности потребления горячей воды.

Система сбора низкопотенциального тепла представляет собой различные теплообменные аппараты, утилизирующие возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и включенные в единый с испарителем ТН контур, по которым циркулирует теплоноситель.

Если в водовоздушных тепловых насосах температура в этом контуре окажется ниже 0 – -5 °С, то низкопотенциальный теплоноситель должен быть подогрет. Это связано, прежде всего, влиянием температуры наружного воздуха на коэффициент преобразования теплоты (COP) – основной показатель эффективности теплового насоса. Чем ниже температура окружающего воздуха, тем ниже коэффициент трансформации энергии. Поэтому система сбора низкопотенциальной теплоты

должна быть рационально комбинирована с различными видами ВИЭ и постоянно обеспечивать испарители теплового насоса достаточно высокой (не ниже 0°C) температурой.

Связи с этим возникает задача выбора рациональной комбинации тепловых насосов и ВИЭ и изыскание возможности повышения эффективности использования водовоздушных ТН, работающих с большой массой низкопотенциальной теплоты окружающего воздуха.

По данным [1], более предпочтительным является использования солнечной энергии для обогрева наружного воздуха, поступающего в испаритель теплового насоса «воздух-вода» (ТНВХВ). Это дает существенное сокращение потребления электрической энергии, затрачиваемое теплонасосной установкой с 25 до 15% от общей выработки.

Эффективным может также оказаться комбинация тепловых насосов с другими источниками возобновляемой энергии, например, комбинация грунтовой теплообменник – тепловой насос, где первое устройство повышает температуру теплоносителя, а второе производит более глубокое извлечение энергии. В работах [2, 3] отмечается, что почва на глубине более 1,5 м характеризуется невысокой (8–12 °С), незначительно изменяющейся температурой, и позволяет рассматривать ее как эффективный источник энергии для тепловых насосов.

В условиях южной и юго-восточной зоны Казахстана ресурсы солнечной энергии достаточно стабильны и приемлемы. Количество солнечных часов составляет 2200–3000 часов в год, а энергия солнечного излучения 1300–1800 кВт на м² в год [4]. Суммарная дневная радиация при различных условиях по республике составляет 3,8–5,2 кВт·ч/м². При таком уровне энергии перспективны солнечные нагреватели воды или окружающего воздуха.

Использование лишь теплоты окружающего воздуха и солнечной энергии в качестве единственных источников низкопотенциальных источников теплоты в комбинации с тепловым насосом малоэффективно. Это, прежде всего, связано с сезонными и суточными колебаниями температуры наружного воздуха, изменения интенсивности солнечной радиации в зависимости от конкретных почвенно-климатических условий, которая влечет за собой колебания режимов работы теплового насоса, снижающего его эффективность.

Грунт поверхностных слоев Земли, в связи с его повсеместной доступностью и достаточно высоким температурным потенциалом, также используется источником тепловой энергии низкого потенциала для испарителей тепловых насосов.

Поверхностный слой Земли фактически представляет собой тепловой аккумулятор неограниченной емкости, тепловой режим которого формируется под воздействием солнечной радиации и потока радиогенного тепла, поступающего из земных недр. На сравнительно небольшой глубине от поверхности имеются слои грунта, температурный потенциал которых в холодное время года значительно выше, чем у наружного воздуха, а в жаркое время года – значительно ниже.

При устройстве в грунте горизонтальных либо вертикальных труб с циркулирующим по ним теплоносителем (воздух, вода), имеющим пониженную относительно окружающего грунтового массива температуру, происходит отбор тепловой энергии из грунта и их отвод потребителю. Это позволяет получить более высокую температуру теплоносителя, поступающего в испаритель ТН, и способствует повышению коэффициента преобразования теплоты.

Негативными свойствами грунтовых теплообменников считается изменения температуры грунта в годовом цикле относительно его естественной. Корректный учет процесса распределения тепла сопряжен со значительными трудностями. Между тем, потребление тепловой энергии из грунтового массива, как указывалось [3], вызывает уменьшение температуры вокруг теплообменника на 2–4 °С. В дальнейшем температура грунта колеблется в пределах 0,5–1 °С, в зависимости от ежегодной отопительной нагрузки.

Еще одной важной особенностью возобновляемых источников энергии, использующих энергию воздуха, солнца, воды и грунта, является работа в стохастическом (неуправляемом) режиме, когда производство энергии не согласовано с ее потребителем. Поэтому система сбора низкопотенциального тепла, включающая ВИЭ, должна комплектоваться дополнительными энергетическими источниками на органическом топливе.

При подборе теплового насоса для автономной обогревательной системы жилого дома, производственных объектов невыгодно ориентировать мощностные показатели ТН на максимальные требования по мощности (на покрытие энергозатрат в отопительном контуре в самый холодный

период года). Опыт показывает, что ТН должен покрывать 70–75% общей годовой потребности в энергии для отопления и горячего водоснабжения.

В наших климатических условиях, часто теплота из внешнего контура все же недостаточна для отопления в сильные морозы, поэтому при эксплуатации должна быть предусмотрена возможность подключения теплового насоса в паре с резервным генератором тепла, например, газовым котлом.

Поскольку в настоящее время отсутствует каких-либо единых требований для теплообменников, основанных на базе ВИЭ, то подобные системы теплосбора должны проектироваться с учетом сезонных и суточных изменений температуры наружного воздуха, интенсивности падающей солнечной радиации, основных почвообразующих пород и их свойств в зависимости от природных условий данной местности.

Связи с изложенным, возможным решением этой проблемы с точки зрения эффективности, себестоимости внедрения, а соответственно и окупаемости являются комбинация системы, основанные по утилизации теплоты солнечной энергии, грунта поверхностных слоев Земли и энергии окружающего воздуха.

По результатам НИР [5], а также оценки характеристики метеорологических условий в период отопительного сезона юго-восточной зоны республики, нами предлагается следующая гибридная ТСТ, состоящая из воздушных солнечных коллекторов, грунтового теплообменника и теплоаккумулятора, используемая для предварительного нагрева наружного воздуха, который впоследствии поступает в испаритель теплового насоса. Термодинамическая схема сопряжения системы сбора низкопотенциального тепла с тепловым насосом приведена на рисунке.

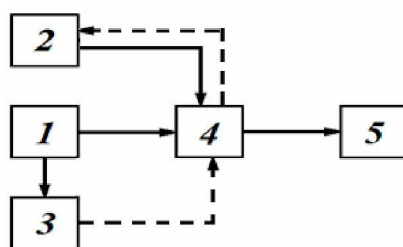


Схема теплоснабжения потребителей (5) от ТНВХВ (4) с использованием солнечного коллектора (1), грунтового теплообменника (2) и теплонакопителя (3)

Как видно из рисунка, контур испарителя ТНВХВ запитан от различных источников низкопотенциальной теплоты: энергии солнца, грунта, окружающего воздуха и теплоты аккумулированной в теплонакопителе.

Для максимально эффективного использования тепловых ресурсов ВИЭ система сбора низкопотенциального тепла от них размещается в помещении, которая пристроена к отапливаемому зданию как тепловой пункт (ТП). Такое размещение сводит к минимуму количество воздухопроводов и снижает теплотери при трансформации тепловой энергии. В качестве теплового пункта могут служить подсобные помещения, гаражи и т.п.

Особенностью теплового пункта является и то, что все элементы системы сбора низкопотенциального тепла встроены в помещении ТП и через него можно осуществлять автоматическое регулирование потребляемой теплоты в системах отопления в зависимости от изменения температуры наружного воздуха.

В кровлю и южный фасад ТП размещаются горизонтальные и вертикальные воздушные солнечные коллекторы, состоящие из герметичной, теплоизолированной металлической или деревянной рамы и черной металлической пластины, поглощающей теплоту. Сверху эта рама покрывается прозрачным покрытием: стеклом или двухслойным сотовым поликарбонатом. Габаритная площадь коллектора должна быть не менее $1,0 \text{ м}^2$. Отношение длины коллектора к его ширине должно находиться в диапазоне 5:1–3:1.

Предлагаемая конструкция грунтового теплообменника имеет вентилятор, которая забирает охлажденный в контуре испарителя ТНВХВ теплоноситель и прогоняет его через трубы, уложенные в траншею грунтового теплообменника. Для формирования грунтового теплообменника трубы укладывают в земляные траншеи глубиной 1,5–2,0 м, соединяя ветви, последовательно или

параллельно. В качестве теплообменника можно использовать двухслойные гофрированные снаружи и гладкие изнутри трубы, изготовленные из полиэтилена высокой плотности с номинальным внутренним диаметром от 90 мм.

Теплоаккумулирующая конструкция формируется в помещении ТП в виде ямы объемом не менее 5 м³. В качестве теплоаккумулирующей массы могут применяться незамерзающие жидкости (тосол, антифриз и т.п.) или твердые материалы (магнезит, талькохлорит, шамот и др.), обладающие высокой теплоемкостью. Теплоаккумулирующая конструкция сообщается по контуру циркуляции солнечными водяными коллекторами, установленными по краям прозрачной крыши, накапливающей теплоту солнечной энергии.

В помещении теплового пункта также размещается наружный блок теплового насоса «воздух-вода», использующей теплоту утилизированной системой сбора низкопотенциальных источников возобновляемой энергии.

Теплонасосная система теплоснабжения работает следующим образом. В отопительный период, до поступления в испаритель ТНВХВ, наружный воздух проходит через горизонтальные и вертикальные воздушные солнечные коллекторы, и сопровождается отбором теплоты из солнечного излучения. Нагретый теплоноситель подается в испаритель наружного блока ТНВХВ. Термо-трансформация теплоты до более высокого температурного уровня происходит путем передачи теплоты от нагретого низкопотенциального теплоносителя хладагенту, циркулирующему в контуре испарителя. Далее хладагент испаряется, пары хладагента сжимаются в компрессоре теплового насоса, и его теплота передается циркулирующей через конденсатор теплового насоса воде системы отопления. Вода для системы отопления нагревается в тепловом насосе до некоторой температуры, определяемой условиями экономичной работы ТНВХВ и с помощью циркуляционного насоса подается в систему отопления (в теплый пол или нагревательные приборы).

Охлажденный в контуре испарителя ТНВХВ теплоноситель с помощью вентилятора подается грунтовому теплообменнику (на схеме показан пунктиром). Проходя через гофрированные трубы, уложенные в траншее грунтового теплообменника, охлажденный воздух отнимает теплоту грунта на глубине незамерзающего слоя почвы и вновь возвращается обратно в тепловой пункт. Это позволяет исключить возможности охлаждения подогретого в солнечном коллекторе наружного воздуха, охлажденным в испарителе ТНВХВ теплоносителем.

В случае холодной погоды, когда температура наружного воздуха ниже, чем температура отработанного в испарителе ТНВХВ теплоносителя, грунтовой теплообменник будет работать в замкнутом режиме. При этом, отработанный теплоноситель прогоняется через интегрированные системы воздушных солнечных коллекторов и подогревается вместо наружного воздуха. Такой способ подогрева низкопотенциального источника теплоты намного выгоднее, чем нагревать холодный наружный воздух.

Аккумуляция теплоты происходит от водяных солнечных коллекторов, в теплоаккумулирующей конструкции. В теплоаккумулирующей конструкции теплота отдается теплоаккумулирующей массе. В ночное время, аккумулярованная в теплоаккумулирующей конструкции теплота, передается на догрев окружающего воздуха перед подачей ее в контур испарителя ТНВХВ.

Выводы. Использование предлагаемой теплонасосной системы позволит повысить эффективность автономного теплоснабжения децентрализованных и отдаленных жилых и производственных объектов, предприятий сервиса и услуг. Кроме того, предлагаемая комбинация теплонасосных установок и ВИЭ расширяет ресурсную базу ТСТ, делает ее менее зависимой от колебаний температуры окружающего воздуха, что весьма важно для повышения уровня надежности тепловых насосов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Митина И.В. Сравнительный анализ воздушных систем отопления с тепловым насосом и солнечным подогревом хладагента // «Возобновляемые источники энергии»: Материалы пятой всероссийской научной молодежной школы. 25–26 октября 2006 г. Москва.
- [2] Федянин В.Я., Карпов М.К. Использование грунтовых теплообменников в системах теплоснабжения // Ползуновский вестник. – 2006. – № 4. – С. 98-103.

- [3] Костиков А.О., Харлампиди Д.Х. Влияние теплового состояния грунта на эффективность теплонасосной установки с грунтовым теплообменником // Энергетика: экономика, технологии, экология. – 2009. – № 1. – С. 32-40.
- [4] Научно-прикладной справочник по климату СССР: Сер. 3. Многолетние данные. Солнечная радиация и солнечное сияние. Вып. 18. Казахская ССР. Ч. 1-6, кн. 1 / Гос. ком. СССР по гидрометеорологии. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 510 с.
- [5] Отчет о научно-исследовательской работе: «Разработка энергосберегающей системы отопления жилых домов и зданий на базе использования тепловых насосов «воздух-вода» с дистанционным управлением». – Алматы, 2013. – 131 с.

REFERENCES

- [1] Mitina I.V. Srovnitel'nyj analiz vozdušnyh sistem otoplenija s teplovym nasosom i solnechnym podogrevom hladagenta. «Vozobnovljajemye istočniki jenerгии»: Materialy pjatoj vsrossijskoj nauchnoj molodezhnoj shkoly. 25–26 oktjabrja 2006 g. Moskva.
- [2] Fedjanin V.Ja., Karpov M.K. Ispol'zovanie gruntovyh теплоobmennikov v sistemah teplosnabzhenija. Polzunovskij vestnik. 2006. N 4. S. 98-103.
- [3] Kostikov A.O., Harlampidi D.H. Vlijanie teplovogo sostojanija grunta na jeffektivnost' teplonasosnoj ustanovki s gruntovym теплоobmennikom. Energetika: ekonomika, tehnologija, ekologija. 2009. N 1. S. 32-40.
- [4] Nauchno-prikladnoj spravocnik po klimatu SSSR: Ser. 3. Mnogoletnie dannye. Solnechnaja radiacija i solnechnoe sijanie. Вып. 18. Kazahskaja SSR. Ч. 1-6, kn. 1. Gos. kom. SSSR po gidrometeorologii. L.: Gidrometeoizdat, 1989. 510 s.
- [5] Otchet o nauchno-issledovatel'skoj rabote: «Razrabotka jenergosberegajushhej sistemy otoplenija zhilyh domov i zdaniј na baze ispol'zovanija teplovyh nasosov «vozduh-voda» s distancionnym upravleniem». Almaty, 2013. 131 s.

ЖАҢАРТЫЛҒАН ЭНЕРГИЯ КӨЗДЕРІ МЕН ЖЫЛУСОРҒЫ ҚОНДЫРҒЫЛАРЫН КЕШЕНДІ ПАЙДАЛАНУДЫ НЕГІЗДЕУ

Ш. Қ. Сыдықов, Н. Б. Әлібек, Қ. М. Ынтыбаев

Қазақ ұлттық аграрлық университеті, Алматы, Қазақстан

Тірек сөздер: жылусорғы жүйесімен жылыту, төменгіпотенциалды энергия көздері, ауа жылытатын күн коллекторы, топырақпен жылуалмастырғыш, жылу аккумуляторы.

Аннотация. Мақалада тұрғын үйлер, өндірістік құрылыстарды жылусорғы жүйесімен автономды жылытуда жаңартылған энергия көздері мен жылусорғы қондырғыларын пайдалануға қысқаша шолу берілген. Күн энергиясының, жердің және ауаның жылылығын пайдалану арқылы жылу сорғысының жұмысын тұрақтандыратын және жылу өзгерту коэффициентін жоғарылатуға мүмкіндік беретін жүйенің тиімді қисындастырылуы ұсынылған.

Поступила 15.09.2014