

account is given of the work units with microcontrollers. Article is recommended for students and undergraduates of technical universities.

Keywords: interface, power meter, microprocessor system, power, calibration, programmable controller, databus, LAN, calibrator.

УДК 631.3: 621.3.036

Сагындыкова Ж.Б., Сыдыков Ш.К.

Казахский национальный аграрный университет

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОНАСОСНОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ОТОПЛЕНИИ СЕЛЬСКОГО ДОМА

Аннотация

В статье описана технологическая схема энергосберегающей теплонасосной системы сельского дома в Алматинской области, определены температурные параметры элементов этой системы в самые холодные дни и обоснована целесообразность использования солнечной энергии и теплоты грунта для предварительного подогрева наружного воздуха, поступающего к тепловому насосу «воздух-вода».

Ключевые слова: отопление, тепловой насос, воздушный солнечный коллектор, грунтовой теплообменник, температура, аккумулирование теплоты.

Введение

В последние годы в связи необходимостью энергосбережения все больше внимания уделяется комплексному использованию солнечных коллекторов и тепловых насосов.

В более теплых климатических условиях южных и западных регионов Казахстана, продолжительностью отопительного периода 168 суток (при средней температуре воздуха ≤ 8 °С) в год и средней температуре $-1,6$ °С, предпочтительнее использовать низкопотенциальную теплоту атмосферного воздуха. В этом случае более экономичным с точки зрения капитальных вложений является тепловые насосы «воздух-вода» (ТНВХВ).

Основным показателем эффективности работы ТНВХВ является коэффициент трансформации тепловых насосов COP (coefficient of preformance), который определяется отношением мощности полученного полезного тепла к мощности, затрачиваемой на привод компрессора. Тепловые насосы этого типа имеют $COP = 3,5 \dots 4,0$ при температуре наружного воздуха $t=2$ °С [1].

ТНВХВ получили широкое распространение, что связано с относительной простотой монтажа, а также наиболее низкой стоимостью среди всех остальных видов тепловых насосов. Слабой стороной ТНВХВ является уменьшение тепловой мощности при снижении температуры наружного воздуха ниже -15 °С [2].

Материалы и методы

При комплектации систем автономного теплоснабжения сельских домов целесообразно учитывать возможность использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ). По данным [3,4] более предпочтительным является использования солнечной энергии для повышения температуры наружного воздуха поступающего в контур испарителя ТНВХВ. Это дает существенное сокращение потребления электрической энергии, затрачиваемое теплонасосной установкой с 25 до 15% от общей выработки.

В отличие от энергетического потенциала атмосферного воздуха в данный конкретный отрезок времени, потенциал солнечной энергии величина хотя и непостоянная, но в большой степени предсказуема и приближена к среднестатистическим данным, полученных путем

многолетних наблюдений. На рисунке 1 показано изменение солнечной радиации в течение года для географической широты $43^{\circ} 16'$.



Рисунок 1 - График изменения среднемесячной суммарной солнечной радиации в течение года

Независимо от географического расположения республики, ресурсы солнечной энергии в стране являются стабильными и приемлемыми, благодаря благоприятным сухим климатическим условиям. Количество солнечных часов составляет 2200-3000 часов в год, а энергия солнечного излучения 1300-1800 кВт на метр в год. Суммарная дневная радиация при различных условиях по республике составляет 3,8-5,2 кВт.ч/м². Среднемесячная температура наружного воздуха в Алматинской области в зимнее время не снижается ниже -11°C . В отдельных случаях эта температура может снизиться до -25°C (в течении 3-5 дней).

Распространенными устройствами для превращения солнечной энергии в тепловую являются концентрирующие и непосредственно поглощающие солнечный поток-солнечные коллекторы и абсорберы или панели. В качестве солнечных коллекторов служит гелиосистемы, включающие прозрачной крыши установленной под ним металлической пластины с волнистым профилем, внешняя сторона, которая окрашена селективным поглощающим покрытием.

Для повышения эффективности использования солнечной радиации гелиосистема может быть снабжена теплоаккумулирующей конструкцией, накапливающей теплоту солнечной энергии. Применение аккумуляторов, заряженных в период минимального энергопотребления и разряженных в период максимальной потребности, существенно повышает надежность и эффективность работы теплонасосной системы теплоснабжения (ТСТ). При этом аккумулирование энергии имеет ряд преимуществ:

- в большой степени удовлетворяется потребность потреблении энергии, когда потребитель в значительной степени становится независимым от непостоянной работы источника энергии (солнечной, воздушной);

- за счет аккумулятора можно покрыть часть пиковых нагрузок и уменьшить потребную мощность и, следовательно, стоимость источников энергии.

С помощью такой совокупности гелиосистемы температура теплоносителя в первичном контуре солнечных абсорберов и в контуре испарителя теплового насоса в зимний период может быть повышена до $3...7^{\circ}\text{C}$ по отношению к температуре наружного воздуха.

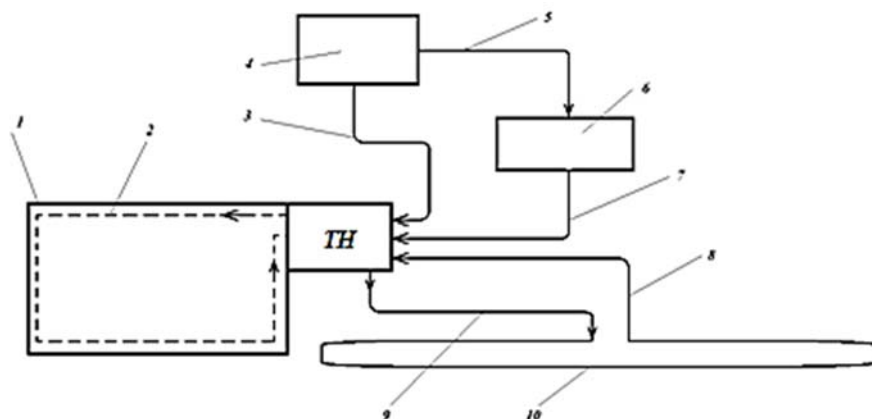
Гелиотеплонасосная установка может работать в двух режимах – летним и зимнем. В летнем периоде (апрель-октябрь) горячее водоснабжения жилого дома покрывается

полностью теплотой, полученной от солнечных коллекторов. Тепловой насос, как дополнительный источник энергии, включается только в облачные дни. В зимний период тепловая нагрузка для отопления жилого дома покрывается теплонасосной установкой, которая использует в качестве источника низкопотенциальной энергии теплоту наружного воздуха подогретого солнечными абсорберами и теплоаккумулирующей конструкцией.

Нами предложена гибридная ТСТ, состоящая из воздушных солнечных коллекторов, грунтового теплообменника и теплоаккумулятора, используемых для предварительного повышения температуры холодного наружного воздуха, поступающего в испаритель ТНВХВ. Термодинамическая схема сопряжения системы сбора низкопотенциального тепла с тепловым насосом приведена на рисунке 2.

Как видно из рисунка 2, контур испарителя теплового насоса «воздух-вода» 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 воздуховодов и снижает теплотери при трансформации тепловой энергии. В качестве ТП могут служить подсобные помещения, гаражи и т.п.



ТН - тепловой насос ТНВХВ; 1-отапливаемое помещение; 2-отопительные трубопроводы; 3-канал воздушного солнечного коллектора; 4-воздушный солнечный коллектор; 5,7-канал теплоаккумулятора; 6-теплоаккумулятор; 8-канал грунтового теплообменника; 9-канал отработанного низкопотенциального источника энергии; 10-грунтовой теплообменник.

Рисунок 2 - Структурная схема теплонасосной системы автономного теплоснабжения

Особенностью теплового пункта является и то, что все элементы системы сбора низкопотенциального тепла встроены в помещении ТП и через него осуществляется 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 перекрывается прозрачным покрытием: стеклом или двухслойным сотовым поликарбонатом. 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 переносит его через трубы, уложенные в траншею грунтового теплообменника. Для формирования грунтового теплообменника трубы укладывают в незамерзающие слои земли на глубине 1,5...2,0 м,

соединяя их, 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 канавы со вставкой заполненной теплоаккумулирующим материалом. 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 ТНВХВ, использующей теплоту утилизированной системой сбора низкопотенциальных источников.

ТСТ 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. Термотрансформация 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 ТНВХВ, 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 часть теплоносителя с помощью вентилятора подается грунтовому теплообменнику. 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. Другая часть подается в горизонтальный солнечный коллектор. Это позволяет исключить возможности охлаждения подогретого в солнечном коллекторе наружного воздуха, охлажденным в испарителе ТНВХВ теплоносителем.

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.

Результаты исследований

Целью натурных испытаний является определение основных температурных характеристик в узлах и элементах ТСТ сельского дома в климатических условиях Алматинской области.

Во время опытов измерялись температуры: наружного воздуха, теплового пункта (на высоте 1 м от пола) и в грунтовом воздуховоде. Измерения проводились в соответствии с методикой [5].

На рисунке 3 показана динамика изменения температур в различных элементах ТСТ сельского дома (пос. Каргалы Алматинской области), полученных в ходе натурных испытаний в самые холодные дни (25 января 2015 года) зимнего периода.

Суточное изменение температуры наружного воздуха приведена синим цветом (график 1). Температура в грунтовом воздуховоде (глубина 1,4 м), показанная фиолетовым цветом (график 2), практически не менялась и находилась около + 6°C.

Температура воздуха в тепловом пункте, при его нагреве воздушными солнечными коллекторами (в период от 7⁰⁰ до 18⁰⁰ часов), измерялась на высоте 1 метра от пола (график

3). Несмотря на закат солнца (примерно в 18⁰⁰ часов) теплый воздух в ТП держится примерно до 20⁰⁰ часов.

Воздух ТП, предназначенный для ТНВХВ, периодически проходил подогрев в грунтовом воздуховоде путем прогона специальным вентилятором. При работе воздушных солнечных коллекторов (с 7⁰⁰ до 18⁰⁰ часов) грунтовые воздухопроводы отключаются и собирают тепло от окружающего грунта.

На рисунке 3 красным цветом (график 4) приведена результирующая средняя температура воздуха, поступающего в испаритель ТНВХВ. Эта температура складывается за счет предварительного подогрева холодного наружного воздуха в тепловом пункте, которая в свою очередь подогревается воздушными солнечными коллекторами и грунтовым воздухопроводом.

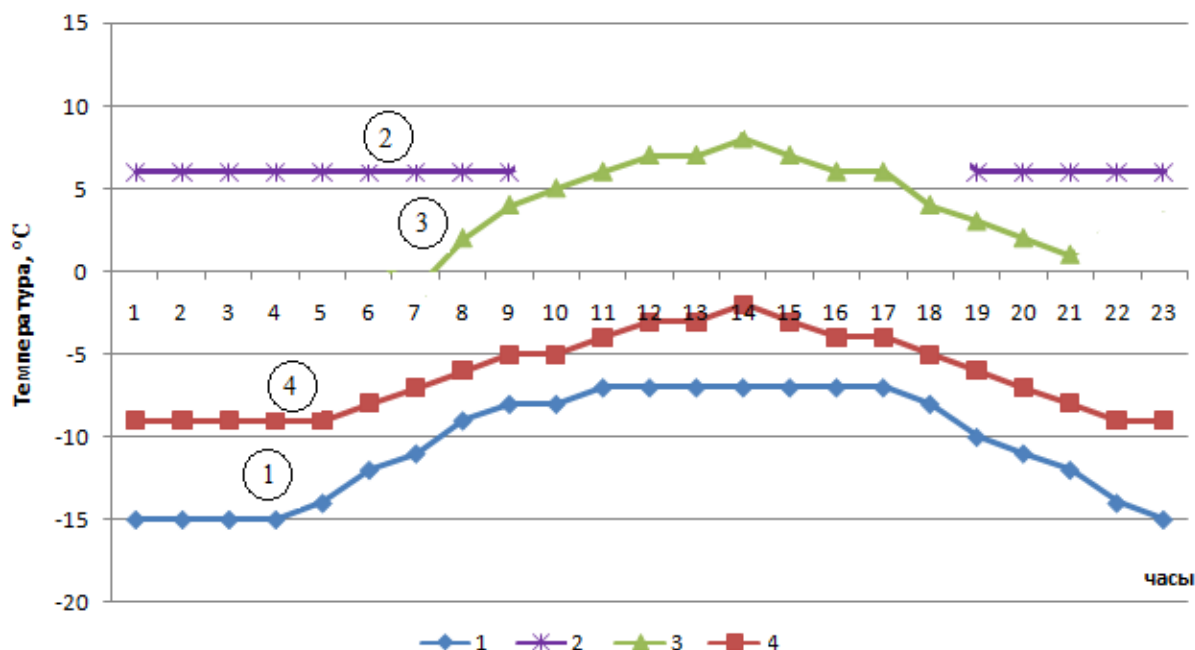


Рисунок 3 – Динамика изменения температур в ТСТ сельского дома пос. Каргалы

Обсуждение результатов

В рассматриваемой технологической схеме ТСТ сельского дома, в холодные дни зимы, происходит предварительный подогрев наружного воздуха, поступающего в ТНВХВ. Это позволяет поддерживать коэффициент трансформации COP в эффективных пределах 3-4 единиц. При более высоких температурах наружного воздуха (выше -5 °C) грунтовый воздухопровод отключается от схемы, а воздушные солнечные коллекторы позволяют минимизировать время работы ТНВХВ.

Если 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.

Выводы

Предложенная технологическая схема автономного теплоснабжения сельского дома поселка Каргалы Алматинской области позволяет поддерживать коэффициент трансформации тепла теплового насоса «воздух-вода» в допустимых пределах (3-3,5) при зимней температуре наружного воздуха в пределах -15 °C. При этом, использование

воздушных солнечных коллекторов снижает потребление электроэнергии ТНВХВ в дневное время примерно на 15%.

Литература

1 Горшков Г.В. Тепловые насосы, аналитический обзор // Справочник промышленного оборудования.-2004.-№2. с.47-80

2 Попов А.В. Анализ эффективности различных типов тепловых насосов //Проблемы энергосбережение.-2005.- №2. С.17-22.

3 Митина И.В. Сравнительный анализ воздушных систем отопления с тепловым насосом и солнечным подогревом хладагента //Возобновляемые источники энергии: материалы пятой всероссийской научной молодежной школы. – М. - 2006 г. – С.75-78.

4 Петросян Л.А. Использование солнечной энергии и тепловых насосов для теплоснабжения жилых зданий // Сб. научн. трудов Ереванского государственного университета архитектуры и строительства. Ереван, 2003.- Т. 2. - С.122-124.

5 ГОСТ Р 54856-2011. Теплоснабжение зданий. Методика расчета энергопотребления и эффективности системы теплогенерации с солнечными установками. М.: Стандартинформ, 2012.- 38 с.

Сағындықова Ж.Б., Сыдықов Ш.Қ.

АУЫЛДЫҚ ҮЙДІ ЖЫЛЫТУ КЕЗІНДЕГІ ЖЫЛУ СОРҒЫ ЖҮЙЕСІНІҢ ТИІМДІЛІГІН ЖОҒАРЫЛАТУ

Мақалада Алматы облысында орналасқан ауылдық үйдің жылу сорғы жүйесінің энергия үнемдеуші технологиялық сұлбасы сипатталған, сонымен қатар ең суық күндері жүйедегі элементтерінің температуралық параметрлері анықталған және «ауа-су» жылу сорғысына келіп түсетін сыртқы ауаны алдын ала жылыту үшін күн энергиясы мен жердің жылуын қолдану пайдалылығы көрсетілген.

Sagyndykova Zh., Sydykov Sh.

IMPROVING THE EFFICIENCY HEAT PUMP SYSTEM FOR HEATING RURAL HOUSE

The article describes the process flowsheet energy saving heat pump system of the rural house in Almaty region, to determine the temperature parameters of the elements of this system on the coldest days and proved the expediency of using solar energy and soil heat to preheat outside air flowing to the heat pump “air-water”.

УДК 621.18

Смаилов А.А., Алдибеков И.Т.

Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОДНОГО ПАРОГЕНЕРАТОРА СО ВСТРОЕННЫМ ТЕПЛООБМЕННИКОМ

Аннотация

В статье описываются конструкция и принцип действия электродного парогенератора со встроенным теплообменником и новой электродной системой, а также приведены математические модели различных режимов его работы.