

УДК 662.997; 621

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
ПАРОКОМПРЕССИОННОЙ ТЕПЛОНАСОСНОЙ УСТАНОВКИ С УЧЕТОМ
МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МЕСТНОСТИ****Узаков Гулом Норбоевич** - доктор технических наук, профессор, e-mail: uzoqov66@mail.ru**Камолов Бехзод Илхомович** - докторант (PhD)**Тошмаматов Бобир Мансурович** - старший преподавательe-mail: bobur160189@mail.ru

Каршинский инженерно-экономический институт, г.Карши, Узбекистан

***Аннотация.** В статье проведен энергетический анализ автономных систем теплоснабжения типовых сельских домов и оценены их энергетические показатели. Выбран инверторный тепловой насос (ТН) типа «воздух-вода» и «вода-вода» для систем отопления сельского типового дома. Представлены теплотехнические характеристики и тепловой расчет парокомпрессионного теплового насоса (ПКТН) TSCA 120DH2D. Произведен расчет коэффициента COP (φ) с учетом изменения температуры наружного воздуха.*

***Ключевые слова:** гибридная система теплоснабжения, теплонасосное устройство, парокомпрессионный тепловой насос, рабочее тело, коэффициент нагрева, коэффициент охлаждения.*

УО‘К 662.997; 621

**HUDUDNING METEOROLOGIK PARAMETRLARINI HISOBGA OLGAN HOLDA
BUG‘-KOMPRESSORLI ISSIQLIK NASOSLI QURILMANING ISSIQLIK-TEXNIK
PARAMETRLARINI TADQIQOT QILISH****Uzoqov G‘ulom Norboyevich** — texnika fanlari doktori, professor, e-mail: uzoqov66@mail.ru**Kamolov Bekzod Ilhomovich** — doktorant (PhD)**Toshmamatov Bobir Mansurovich** — katta o‘qituvchi, e-mail: bobur160189@mail.ru

Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti, Qarshi sh., O‘zbekiston

***Annotatsiya.** Maqolada qishloq namunaviy uylarining avtonom issiqlik ta‘minoti tizimlarining energiya sarfi tahlil qilingan va ularning energiya samaradorligi baholangan. Qishloq namunaviy uyining isitish tizimlari uchun “havo-suv” va “suv-suv”li issiqlik nasosi (IN) tanlangan. Bug‘-kompressorli issiqlik nasosi (BKIN) TSCA 120DH2Dning issiqlik-texnik parametrlari va issiqlik-texnik hisobi keltirilgan. COP (φ) koeffitsiyenti tashqi havo haroratining o‘zgarishini hisobga olgan holda hisoblab chiqilgan.*

***Kalit so‘zlar:** gibrid issiqlik ta‘minoti, issiqlik nasosli qurilma, bug‘-ompressorli issiqlik nasosi, ishchi jism, isitish koeffitsiyenti, sovutish koeffitsiyenti.*

UDC 662.997; 621

**RESEARCH OF THERMAL TECHNICAL PARAMETERS OF STEAM
COMPRESSION HEAT PUMP INSTALLATION TAKEN INTO ACCOUNT OF
METEOROLOGICAL PARAMETERS OF THE TERRAIN****Uzakov Gulom Norboevich**-Doctor of Technical Sciences, professor,e-mail: uzoqov66@mail.ru**Kamolov Bekhzod Ilkhomovich** - Doctoral student (PhD)**Toshmamatov Bobir Mansurovich** - Senior lecturere-mail: bobur160189@mail.ru

Karshi engineering-economics institute, Karshi city, Uzbekistan

Abstract. The article carried out an energy analysis of autonomous heat supply systems of typical rural houses and assessed their energy performance. An inverter heat pump (HP) of the air-to-water and water-to-water types was selected for the heating systems of a typical rural house. Thermal characteristics and thermal calculations of a vapor compression heat pump (PCHP) TSCA 120DH2D are presented. The coefficient COP (ϕ) was calculated taking into account changes in outside air temperature.

Keywords: hybrid heat supply system, heat pump device, vapor compression heat pump, working fluid, heating coefficient, cooling coefficient.

Введение

В современном мире проблемы энергосбережения при использовании традиционных топливно-энергетических ресурсов приобрели особую актуальность, что обусловлено сокращением традиционных энергоресурсов и обострением экологических нагрузок на окружающую среду. Энергетическая проблема приобрела глобальный характер и возникла необходимость своевременной перестройки энергетической базы и поиска путей освоения возобновляемых и экологически чистых источников энергии [1].

Согласно прогнозу Мирового энергетического Агентства, к середине нынешнего столетия доля возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в общем энергобалансе должна достичь 40%. При таком соотношении традиционных и возобновляемых источников энергии и может произойти стабилизация концентрации CO_2 в атмосфере к 2050 г. с дальнейшим снижением к 2100 г. В связи с этим, в предстоящие 15÷20 лет необходимо разработать конкурентоспособные и экологически чистые энерготехнологии, создать энергосберегающие установки и оборудования, использующие возобновляемые и альтернативные источники энергии [2].

В настоящее время в Республике Узбекистан большое внимание уделяется проблемам энергосбережения и экономии традиционных энергоресурсов в системах теплоснабжения зданий, сооружений, коммунально-бытовых и социальных объектов, внедрению энергосберегающих технологий в отраслях экономики и ускоренному развитию использования возобновляемых источников энергии [3, 4].

Материалы и методы

Теплоснабжению зданий и сооружений в природно-климатических условиях Узбекистана характерны высокие затраты на энергоресурсы. При использовании традиционных методов теплоснабжения жилых зданий в течение отопительного периода и в системах горячего водоснабжения (ГВС) затраты на потребляемые традиционные топливно-энергетические ресурсы (природный газ, уголь, жидкого топлива, дрова и т.п.) в год достигает до 30-40% в общем энергобалансе страны. В нашей Республике удельные затраты энергии на отопление зданий в среднем составляет около 320÷400 *киловатт·час/м²*, т.е. затраты энергии на отопление 1 *м²* площади 2,5÷3,0 раза больше чем развитых стран мира почти с одинаковыми климатами [5, 6].

В данной статье авторы использовали метод, основанный на совместном исследовании энергетического и эксергетического баланса гибридной системы теплоснабжения зданий с учетом метеорологических параметров климата местности. При его реализации, в отличие от ранее известных подходов в этой области, будет предложен метод определения оптимизации теплопроизводительности и холодопроизводительности ТНУ в гибридной системе в зависимости от неравномерности поступления солнечной радиации, изменение температуры окружающей среды, запыленности наружного воздуха и тепловой мощности источника низкопотенциального тепла местности.

Результаты и обсуждения

Проведенные исследования показывают, что типовые одноэтажные дома с площадью 144÷180 *м²* в природно-климатических условиях Кашкадарьинских области имеют тепловую

нагрузку в пределах 10÷14 кВт. На основе проведенных исследований установлено, что в одноэтажных типовых сельских домах с отопительной площадью 144 м² тепловые потери составляют около 10÷14 кВт в зависимости метеорологических параметров местности. Для отопления сельского дома выбран инверторный тепловой насос (ТН) типа «воздух-вода» и «вода-вода», предназначенный для снабжения горячей водой радиаторов систем отопления, теплого пола и ГВС. В качестве энергоэффективного отопительного устройства выбран парокомпрессионный тепловой насос (ПКТН) TSCA 120DH2D со следующими теплотехническими характеристиками (таблица 1.) [7].

Таблица 1

Теплотехнические характеристики ПКТН

№	Характеристики	Обозначение	Единица изм.	Величина
1	Теплопроизводительность	Q_m	кВт	14,0
2	Холодопроизводительность	Q_x	кВт	12,0
3	Потребляемая мощность	N_n	кВт	4,0
4	Коэффициент преобразования энергии	φ	-	3,0÷4,0
5	Рабочее тело (хладагент)	-	-	R410A
6	Температура на входе в испаритель	t_u	°С	20
7	Температура на выходе из конденсатора	t_k	°С	50
8	Количество проживающих	$n_{чел}$	-	4
9	Отопительная площадь	$F_{ом}$	м ²	144
10	Продолжительность отопительного периода	$\tau_{ом}$	сут	132

В работе предложено использование низкопотенциального сбросного тепла канализационных сточных вод с помощью ПКТН на нужды теплоснабжения сельского типового дома. Эффективность применения систем утилизации низкопотенциальной тепловой энергии канализационных сточных вод зависит от основных теплотехнических параметров ПКТН и источника низкопотенциального тепла. Расчет энергетического потенциала сточных вод произведем по следующей методике [8].

Валовый тепловой потенциал можно определить по формуле [9]:

$$Q_g = m_g (i_2 - i_1), \tag{1}$$

где, m_g - массы сточных вод, кг; i_2 и i_1 -энтальпия воды на входе и выходе канализации здание, кДж/кг.

Произведем расчет для типового коттеджа при $F_{ом} = 144 \text{ м}^2$, $m_g = 500 \text{ л}$.

$$Q_g = 500(83,90 - 0,06) = 41920, \text{кДж}$$

Если переведем на кВт·час, т.к. 1 кВт·час=3600 кДж, тогда получим, $Q_g = 11,64 \text{кВт} \cdot \text{час}$.

Определим технический потенциал сточной воды, собранной в специальном устройстве, т.е. в «септик» по формуле:

$$Q_m = c_{pв} \cdot m_g (t_2 - t_1), \text{кДж}, \tag{2}$$

где, $c_{pв}$ -теплоёмкость воды, $c_{pв} = 4,19 \text{кДж} / \text{кг} \cdot \text{ч}$, t_2 -температуры воды на входе в «септик» из канализации, t_1 -температуре воды на выходе, °С.

В нашем случае $t_1 = 10 \text{ °С}$, $t_2 = 20 \text{ °С}$.

Тогда технический потенциал вторичной тепловой энергии составил:

$$Q_m = 4,19 \cdot 500(20 - 10) = 20950 \text{кДж}$$

или $Q_m = 5,82, кВт \cdot час$, т.е. составляет 50% от валового потенциала сточной воды.

Произведем расчет для получения горячей воды с температурой не ниже 50°, с учетом технического потенциала «септик»-сооружение для сбора канализационной воды следующим образом:

$$m_{ГВ} = \frac{Q_m}{c_{pв}(t_2 - t_1)}, кг \tag{3}$$

$$m_{ГВ} = \frac{20950}{4,19(50 - 20)} = 167 кг$$

Таким образом, используя реальный технический потенциал энергии канализационной воды одного типового коттеджа, собранной в «септик» с объемом $V_c = 500л$ можно получить горячей воды с температурой 50° и $m_{ГВ} = 167 кг$.

Полученное значение показывает, что в предложенной системе можно утилизировать для системы ГВС более 30% тепловой энергии.

Для предложенной системы утилизации тепловой энергии канализационной воды с учетом реального технического потенциала вторичной тепловой энергии в «септик» можно определить тепловую мощность ПКТН по формуле [10].

$$Q_{ТН} = Q_0 + N_{эл}, \tag{4}$$

где, $Q_{ТН}$ -тепловая мощность ПКТН, кВт; $N_{эл}$ -потребляемая мощность ПКТН, кВт; Q_0 -холодопроизводительность ПКТН, кВт.

Основной энергетической характеристикой ПКТН является COP (φ)-коэффициент преобразования энергии, можно определить по формуле [11]:

$$\varphi = \frac{Q_{ТН}}{N_{эл}} = \frac{Q_0 + N_{эл}}{N_{эл}}, \tag{5}$$

или

$$\varphi = 1 + \frac{Q_0}{N_{эл}}, \tag{6}$$

Теоретическое значение коэффициента преобразования энергии ПКТН можно рассчитать с применением второго закона термодинамики следующим образом.

$$\varphi = \frac{T_2}{T_2 - T_1}, \tag{7}$$

где, T_2 -температура внутри помещения, К; T_1 -температура наружного воздуха, К.

Используя формулы (7), можно найти требуемую величину φ для поддержания оптимальной температуры внутри здания в зависимости от температуры наружного воздуха.

Таблица 2

Результаты расчетных исследований по определению коэффициента φ

№	T ₁ , К	T ₂ , К	φ
1	273	293	14,65
2	263	293	9,7
3	253	293	7,3
4	250	293	6,81
5	240	293	5,5

Если, температура наружного воздуха $t_1=0$ °С, $t_2=t_{оп}=20$ °С, тогда получим следующее значение:

$$\varphi = \frac{273 + 20}{293 - 273} = 14,65$$

При $t_1 = -10^\circ\text{C}$, $T_1 = 263\text{K}$.

$$\varphi = \frac{293}{293 - 263} = 9,7$$

Результаты расчетных исследований по определению коэффициента φ приведены в таблице 2 и рис.1.

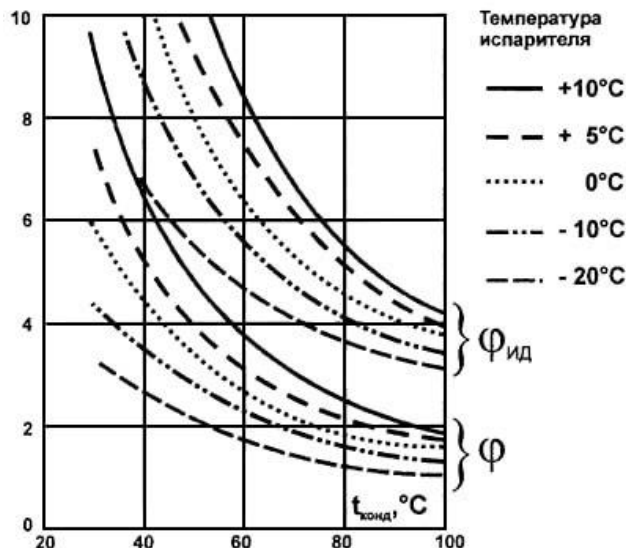


Рис.1. Зависимость идеального и действительного коэффициента преобразования энергии ПКТН от температур испарения и конденсации хладагента.

Заклучение

Анализ существующих систем отопления типовых сельских домов показывает, что энергоэффективным является теплонасосная система отопления. ТН вырабатывают 80% тепла от низкопотенциального источника, а 15-20% тепла - за счет потребления электроэнергии. В результате 100% общего количества тепла передается системе отопления или потребителю тепла.

Проведен энергетический анализ автономных систем теплоснабжения типовых сельских домов и оценены их энергетические показатели. Анализ теплового баланса типовых сельских домов, построенных в Кашкадарьинской области, показывает, что количество потребляемой энергии на 1 м² площади обогрева составляет 350÷400 кВт·ч в год, т.е. требуется 43÷45 кг условного топлива.

На основе расчетных исследований обоснованы основные теплотехнические характеристики паракомпрессионной теплонасосной установки для систем ГСТ типового сельского дома с учетом метеорологических параметров местности.

Полученные результаты служат для разработки энергоэффективных гибридных систем теплоснабжения сельских домов с использованием ВИЭ и ТН.

Литература

- [1] Узаков Г. Н., Базаров О. Ш., Давланов Х. А., Тошмаматов Б. Научно-инновационные разработки Каршинского инженерно-экономического института по использованию возобновляемых источников энергии. - Беларусь-Узбекистан: формирование рынка инновационной продукции Сборник материалов научно практической конференции (Минск, 14–15 марта 2023 г.), стр. 353-356.

-
- [2] Узаков Г.Н., Давланов Х.А., Тошмаматов Б.М. Энергоэффективные системы и технологии с использованием альтернативных источников энергии. //Альтернативная энергетика. 2021. Т. 1. С. 7-19.
- [3] Узаков Г.Н., Алиярова Л.А., Ибрагимов У.Х., Тошмаматов Б.М. Исследование комбинированного водовоздушного солнечного коллектора при ламинарном гидродинамическом режиме.//Альтернативная энергетика. 2021. Т. 1. С. 33-40.
- [4] Узаков Г.Н., Давланов Х.А., Тошмаматов Б.М. Анализ гибридных систем отопления жилых зданий, использующие ВИЭ.//Альтернативная энергетика. Научно-технический журнал. 2023. Т. 8. № 1. С. 9-15.
- [5] Узаков Г.Н., Давланов Х.А., Камолов Б.И., Тошмаматов Б.М. Интегрированные автономные системы энергоснабжения объектов, расположенных в сельской местности.//Альтернативная энергетика. Научно-технический журнал. №2, 03.07.2023-г. Стр. 9-14.
- [6] Узаков Г.Н., Тошмаматов Б.М., Хусенов А.А., Нурманов Ш.Х. Геотермальные системы автономного теплоснабжения локальных объектов.//Альтернативная энергетика. Научно-технический журнал. 2021. Т. 3. № 3. С. 41-46.
- [7] Islam, M.A. and Aldaihani, F.M.F., 2022. Justification for adopting qualitative research method, research approaches, sampling strategy, sample size, interview method, saturation, and data analysis. *Journal of International Business and Management*, 5(1), pp.01-11.
- [8] Herez A., Hage H.E., Lemenand T., Ramadan M., Khaled M.: Review on photovoltaic/thermal hybrid solar collectors: Classifications, applications and new systems. *Solar Energy*. 2020, 207, 1321–1347.
- [9] Узаков Г.Н., Камолов Б.И. Оценка эффективности гибридной системы тепло и электроснабжения типового сельского дома.//Инновационные технологии. Научно-технический журнал. 2023/3 (21). Стр. 107-114.
- [10] Камолов Б.И., Давлонов Х.А., Тошмаматов Б.М. Обоснование теплотехнических параметров автономной гибридной системы теплоснабжения типовых сельских домов.//Инновационные технологии. Научно-технический журнал. 2023/3 (21). Стр. 115-122.
- [11] Kudratov J., Toshmamatov B. Justification of heat-technical parameters of hybrid heat and hot water supply system. *European international journal of multidisciplinary research and management studies*. Volume 03 Issue 09. (2023). <https://doi.org/10.55640/eijmrms-03-09-06>.