

УДК 621.1.016

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ГИБРИДНОЙ СИСТЕМЫ ТЕПЛО И ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ТИПОВОГО СЕЛЬСКОГО ДОМА

Узаков Гулом Норбоевич-доктор технических наук, профессор, e-mail: profecor66@mail.ru
Камалов Бекзод Илхомович-докторант (PhD)

Каршинский инженерно-экономический институт, Карши, Узбекистан

Аннотация. *Повышение энергоэффективности современных зданий и сооружений является актуальной задачей. Для решения этой задачи важным считается развитие использования возобновляемых источников энергии, которые обладают огромным потенциалом. Рациональным техническим решением эффективного использования традиционных и возобновляемых энергоресурсов являются гибридные системы энергоснабжения автономных потребителей. В связи с этим, в данной работе разработана технологическая схема гибридной автономной системы тепло- и электроснабжения типового сельского дома с учетом изменений потенциала солнечной энергии. Определена приведенная электрическая мощность потребителей типового сельского дома, которая составляет в пределах $2,5 \div 2,74$ кВт. Приведены результаты исследований характеристик солнечной фотоэлектрической станции мощностью 5,0 кВт. Обоснована эффективность применения солнечной фотоэлектрической станции и солнечного коллектора в составе гибридной системы тепло-и электроснабжения типового сельского дома.*

Ключевые слова: *гибридная система теплоснабжения, технологическая схема, тепловой насос, котельная установка, рекуператор-теплообменник, электроэнергия, энергетическая эффективность.*

UO'K 621.1.016

QISHLOQ NAMUNAVIY UYLARINING GIBRID ISSIQLIK VA ELEKTR TA'MINOTI TIZIMINING SAMARADORLIGINI BAHOLASH

Uzoqov G'ulom Norboyevich-texnika fanlari doktori, professor
Kamalov Bekzod Ilhomovich-tayanch doktorant (PhD)

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

Аннотация. *Замонавий бино ва inshootlarning energiya samaradorligini oshirish dolzarb masala hisoblanadi. Ushbu masalani yechishda yuqori potensialga ega bo'lgan qayta tiklanadigan energiya manbalaridan foydalanishni rivojlantirish muhim hisoblanadi. An'anaviy va qayta tiklanadigan energiya manbalaridan samarali foydalanishning ratsional texnik yechimi avtonom iste'molchilarning gibrid energiya ta'minoti tizimlari hisoblanadi. Shu sababli, ushbu tadqiqot ishida quyosh energiyasi potensialini hisobga olib, namunaviy qishloq uylarining avtonom gibrid issiqlik ta'minoti tizimining texnologik sxemasi ishlab chiqilgan. Namunaviy qishloq uyining elektr iste'molchilarining keltirilgan quvvati aniqlangan bo'lib, $2,5 \div 2,74$ kVt quvvatni tashkil qiladi. Maqolada elektr quvvati 5,0 kVt bo'lgan quyosh fotoelektrik stansiya ishining asosiy xarakteristikalari tadqiqoti natijalari keltirilgan. Qishloq namunaviy uylarining avtonom gibrid issiqlik ta'minoti tizimi tarkibida quyosh fotoelektrik stansiyasi va quyosh kollektorlarini qo'llash samaradorligi asoslangan.*

Калит со'злар: *гибрид issiqlik ta'minoti, texnologik sxema, issiqlik nasosi, qozon qurilmasi, rekuperator-issiqlik almashtirgich, elektr energiya, energiya samaradorlik.*

UDC 621.1.016

ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF A HYBRID SYSTEM OF HEAT AND ELECTRIC SUPPLY FOR A TYPICAL RURAL HOUSE**Uzakov Gulom Norboevich**- Doctor Of Technical Sciences, Professor
Kamalov Bekzod Ilkhomovich-doctoral student

Karshi Engineering-Economics Institute, Karshi, Uzbekistan

Abstract. *Increasing the energy efficiency of modern buildings and structures is an urgent task. To solve the problem, the development of the use of renewable energy sources, which have enormous potential, is considered important. A rational technical solution for the effective use of traditional and renewable energy resources is hybrid energy supply systems for autonomous consumers.*

In this regard, a technological diagram of a hybrid autonomous heat and power supply system for a typical rural house with a set of solar energy potential lines has been developed in this work. The reduced electrical power of consumers of a typical rural house has been determined, which is in the range of 2.5÷2.74 kW. The results of studies of the characteristics of a solar photovoltaic station with a power of 5.0 kW are presented. The effectiveness of using SPES and SC as part of a hybrid heat and power supply system for a typical rural house is substantiated.

Keywords: *hybrid heat supply system, technological scheme, heat pump, boiler plant, recuperator-heat exchanger, electricity, energy efficiency.*

Введение

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 (ВИЭ) [1]. 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 достигают до 30-40 % в общем энергобалансе страны. В нашей республике удельные затраты энергии на отопление зданий в среднем составляет около 350-400 киловатт.час/м², т.е. затраты энергии на отопление 1 м² площади в 2,5-3,0 раза больше чем развитых стран мира почти с одинаковыми климатами. Анализ систем отопления типовых сельских домов в условиях Каршинского района показывает, что расход природного газа на обогрев 1,0 м² жилого помещения в отопительный период составляет 12-18 м³/м² [2,3].

Необходимо отметить, что эксплуатация традиционных систем тепло-и электроснабжения влечет за собой значительные термодинамические потери. Это как следствие, становится причиной снижения КПД всей системы, при использовании химической энергии органического топлива. Анализ работ традиционных систем теплоснабжения жилых зданий показывает, что среднее значение эксергетического КПД находится в пределах 50-60 %. Кроме того, в местах, удаленных от централизованного энергоснабжения и теплоснабжения сельской и горной местности в системах теплоснабжения сельских домов имеются проблемы бесперебойного обеспечения традиционным топливом (природный газ, уголь, и т.п.). В связи с невысокой энергетической эффективности, высокими транспортными расходами, обострением экологической нагрузки и истощением запасов традиционного природного топлива необходимым является рассматривать альтернативные системы энергоснабжения. К одной из энергоэффективных альтернатив традиционным системам относятся гибридные системы энергоснабжения в сочетании с ВИЭ (солнечная, геотермальная энергия, низкопотенциальное тепло окружающей среды с использованием тепловых насосов).

В данной работе рассматривается гибридная система тепло- и электроснабжения типового сельского дома на основе традиционной котельной установки, теплового насоса и установок ВИЭ.

Целью исследования является разработка технологической схемы гибридной системы тепло- и электроснабжения типового сельского дома, и обоснование эффективности системы в природно-климатических условиях Каршинского района Кашкадарьинской области.

Методы и материалы

Разработана технологическая схема (рис. 1.) и определены основные теплотехнические и энергетические показатели гибридной автономной системы тепло- и электроснабжения сельского дома [1-5].

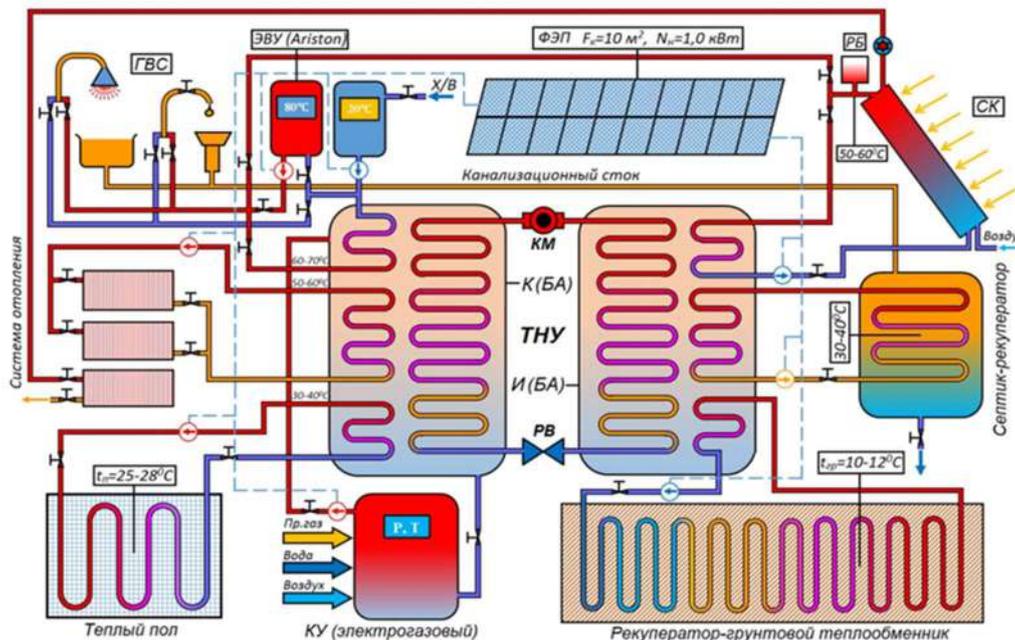


Рис.1. Схема гибридной автономной системы тепло- и электроснабжения.

Разработанная технологическая схема гибридной системы тепло – и электроснабжения (рис. 1) включает в себе следующие компоненты:

- универсальное котельное оборудование (КУ), использующее традиционные энергоносители (газ, электричество) и нетрадиционные энергоносители (биогаз, пирогаз, жидкое топливо);
- тепловой насос (ТН);
- теплый пол (ТП);
- рекуператор грунтовой-теплообменник (РГТ);
- фотоэлектрические панели (ФЭП);
- комбинированной водо-воздушный гелиоколлектор (СК);
- накопительный водонагреватель косвенного нагрева;
- отопительные приборы (радиаторы), системы теплого пола, распределительные узлы, насосное оборудование, трубопроводы;
- общую систему управления.

Отличительной особенностью разработанной системы является совместное использование традиционной КУ, парокомпрессионного ТН, солнечных коллекторов, ФЭП и рекуператоров теплообменников, которые позволяют обеспечить стабильную и надежную работу систему в любых погодных условиях местности. Предложенная система обеспечивает надежную работу системы отопления, ГВС и электроснабжения типового сельского дома в

условиях изменчивости солнечной радиации, температуры окружающей среды и параметров потребителя энергии.

На полигоне кафедры “Альтернативные источники энергии” Каршинского инженерно-экономического института создан экспериментальный солнечный дом и проведены экспериментальные исследования в натуральных условиях с учетом потенциала солнечной энергии (рис.2).



Рис.2. Экспериментальный солнечный дом с гибридной системой энергоснабжения.

С целью определения расхода электроэнергии потребителей типового сельского дома и для оптимального выбора параметров ФЭП произведен расчет приведенной электрической мощности всех электрооборудований и приборов. Результаты расчетов приведены в табл.1.

Таблица 1

Расчет приведенной мощности потребителей типового сельского дома

Электроприборы	Коэффициент спроса	Мощность	Приведенная мощность
	K_c	$P, Вт$	$P, Вт$
Освещение	0,7	800	560
Телевизор	0,7	160	112
Бытовая электроника	0,2	200	40
Холодильник	0,8	150	120
Посудомоечная машина	0,1	300	30
Стиральная машина	0,1	380	38
Утюг	0,1	800	80
Пылесос	0,1	400	40
Тепловентилятор	0,9	800	720
Бойлер (котельная установка)	0,2	1500	300
Электробатарея	0,5	1000	500
Другие потребители	0,3	660	198
Итого:	0,38	7150	2738

Анализ расчетов энергопотребления сельского типового дома, показывает, что общая приведенная мощность электрической энергии составляет в среднем 2,74 кВт. Таким образом, для покрытия расхода электроэнергии типового сельского дома необходимо создать ФЭС мощностью не ниже 2,74 кВт. Поэтому для автономного электроснабжения типового сельского дома создана солнечная фотоэлектрическая станция (СФЭС) мощностью 5,0 кВт. Общий вид СФЭС-5 представлен на рис.3.



Рис.3. Солнечная фотоэлектрическая станция мощностью 5,0 кВт для электроснабжения сельского типового дома.

Экспериментальное исследование и измерение основных характеристик СФЭС проведены по общеизвестным методикам [6-10]. Общая площадь (апертура) СФЭС – 5,0 кВт составляет 24,8 м², максимальный КПД-20%. Однако, выработанная электрическая мощность СФЭС и, соответственно КПД резко отличается при эксплуатации в натуральных условиях. В работе исследованы основные характеристики СФЭС-5,0 кВт в натуральных условиях. Проведены измерения температуры атмосферного воздуха, температуры корпуса СК, падающей солнечной радиации на поверхности СК, определены электрическая мощность и КПД СФЭС в течение светового дня. Натурные измерения параметров проведены 24.08.2023 г. с 8⁰⁰ до 18⁰⁰ и приведены в табл.2.

Анализ экспериментальных и расчетных результатов характеристик СФЭС показывает, что солнечная станция в день вырабатывает электрическую энергию средней мощностью 2,76 кВт, КПД СФЭС составляет в среднем 15,8 % при значении падающей солнечной радиации 16,848 кВт. Таким образом, СФЭС-5 полностью обеспечит электрическую нагрузку рассматриваемого типового сельского дома. В системе горячего водоснабжения для приготовления горячей воды выбран СК (ROYAL). Энергетические показатели приведены в табл.3.

Таблица 2

Основные характеристики солнечной фотоэлектрической станции мощностью 5,0 кВт

24.08.2023		СФЭС-5.0						
№	Время	Температура окружающей среды, $t_{\text{ТХ}}, ^\circ\text{C}$	Температура корпуса СК, $t_{\text{п.кор}}, ^\circ\text{C}$	Солнечная радиация, $q_p, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$	Площадь апертуры ФЭС, $F, \text{м}^2$	Общая падающая солнечная радиация, $Q_p = q_p \cdot F, \text{Вт}$	Выработанная электрическая мощность, $N_{\text{эл}}, \text{Вт}$	КПД СФЭС, $\eta = \frac{N_{\text{эл}}}{Q_p}, \%$
1	8:00	24	32.09	294	24.8	7291.2	1050	14.4
2	9:00	24	43.14	499	24.8	12375.2	2030	16.4
3	10:00	33	52.48	831	24.8	20608.8	3420	16.59
4	11:00	34	56.49	885	24.8	21948	3620	16.49
5	12:00	36	58.94	989	24.8	24527.2	4070	16.59
6	13:00	37	62.8	1006	24.8	24948.8	4060	16.27
7	14:00	38	61.06	947	24.8	23485.6	3860	16.44
8	15:00	37	56.11	834	24.8	20683.2	3470	16.78
9	16:00	37	52.11	643	24.8	15946.4	2690	16.87
10	17:00	36	44.84	428	24.8	10614.4	1780	16.77
11	18:00	35	33.47	117	24.8	2901.6	300	10.34
Среднедневное значение		33.73	50.32	679.36	24.8	16848.22	2759.1	15.81

Таблица 3

Энергетические показатели солнечного коллектора в системе ГВС

№	Тип коллектора	Производительность, литр в сутки	Площадь абсорбера, м^2	Тепловая мощность кВт	Годовая экономия электроэнергии кВт час
1	Солнечный коллектор (Royal)	300	2,4	1,8	5000÷5400

Предложенный солнечный коллектор с апертурой 2,4 м² позволяет получить 300 литров горячей воды с температурой не ниже 50÷60 °С в сутки. Применение СК в системе ГВС позволяет экономить 5000÷5400 кВт.час электроэнергии в год.

Обсуждение результатов

Результаты проведенных исследований были апробированы в типовых коттеджах с площадью 144 м². Использование системы водяного теплого пола с солнечным коллектором в системах отопления типового дома позволяет покрыть 50-55 % всей тепловой нагрузки на отопление в солнечные дни и обеспечивает экономию 3230-3236 кг условного топлива за отопительный сезон за счет солнечной энергии. В результате расход тепловой энергии на систему водяного теплого пола снижается на 55-60 %. Применение гибридной системы теплоснабжения на основе традиционной и солнечной энергии с ТН в типовом сельском доме обеспечивает экономию 11500-12000 кг.у.т. за один отопительный сезон. Применение солнечной энергии в системе горячего водоснабжения типового сельского дома обеспечивает экономию 5000-5400 квт.час электроэнергии, или 1950-2400 кг у.т. в год.

Выводы

Гибридная система энергоснабжения типового сельского дома на основе традиционных КУ, установок ВИЭ и ТН имеют следующие эффекты по сравнению с традиционными системами:

1. Оптимальное сочетание различных источников энергии повышает эффективность всей системы энергоснабжения. Применение СФЭС с площадью 24,8 м² позволяет получить максимальную мощность 5,0 кВт, в среднем 2,8-3,0 кВт электрической мощности.

2. Использование солнечных коллекторов, ФЭП и тепловых насосов позволяет сэкономить традиционное топливо в среднем 30-40 %.

3. Использование солнечных водонагревательных коллекторов в системе горячего водоснабжения типового сельского дома обеспечивает экономию 1950-2400 кг условного топлива в год, в результате расход тепловой энергии на горячее водоснабжение снижается на 65-70%.

Литература

- [1] Uzakov G.N., Khamraev S.I., Khuzhakulov S.M. Rural house heat supply system based on solar energy IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 1030, VII International Scientific Conference "Integration, Partnership and Innovation in Construction Science and Education" (IPICSE 2020) 11th-14th November 2020, Tashkent, Uzbekistan 2021 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 1030 012167.
- [2] Uzakov G.N., Khuzhakulov S.M., Khamraev S.I. Rural house heat supply system based on solar energy. IPICSE-2020// November 11-14, Tashkent, Uzbekistan.
- [3] Uzakov G.N., Shomuratova S.M. and Toshmamatov B.M. 2021 Study of a solar air heater with a heat exchanger – accumulator IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 723 (2021) 052013. doi:10.1088/1755-1315/723/5/052013.
- [4] A.Sychov, V.Kharchenko, P.Vasant, G.Uzakov. Application of various computer tools for the optimization of the heat pump heating systems with extraction of low-grade heat from surface watercourses.//International Conference on Intelligent Computing & Optimization. 10.4. (2018) Springer, Cham: 310-319.
- [5] V.Kharchenko, A.Sychov, G.Uzakov. Innovative instruments for extraction of low-grade heat from surface watercourse for heating systems with heat pump. EAI/ Springer Innovations in Communication and Computing. PP. 59-68. 2019.
- [6] Стоянов Н.И. и др. Повышение эффективности энергоснабжения от гибридного солнечного коллектора //Альтернативная энергетика и экология. №5, 2015. С.14-18.
- [7] Кундас С.П., Шенк Ю., Вайцехович Н.Н. Гибридные технологии в использовании возобновляемых источников энергии. //Энергоэффективность. ;2, 2012. С. 19-23.

- [8] Глушкова Д.В, Ермоленко Б.В. Гибридные системы электро-и теплоснабжения автономных автозаправочных станций. //Успехи в химии и химической технологии. Том. XXXI. 2017 ;9, С.71-74.
- [9] Велькин В.И., Щеклеин С.Е. Возобновляемая энергетика и энергосбережение. Екатеринбург. Из-во «Урал-университет». 2020. -312 с.
- [10] Белоглазова Т.Н., Романова Т.Н. Эффективность внедрения солнечных коллекторов. //Проблемы современной экономики. 2014. №4. С. 357-359.