УДК 620.92(575)

Ш.З. Усмонов

ПИТТУ, ФГБОУ ВПО «МГСУ»

ПРИМЕНЕНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ И ОХЛАЖДЕНИЯ ЗДАНИЯ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ

Рассмотрено применение солнечной энергии после реконструкции и модернизации жилых домов массовой серии на примере северных регионов Таджикистана, а также применение литий-ионных систем автономного электроснабжения в целях создания собственной независимой системы энергоснабжения.

Ключевые слова: солнечная энергия, солнечный коллектор, возобновляемая энергия, гелиоустановка, пароэжекторная холодильная установка, охлаждение воздуха, нагрев воды, солнечная батарея, Центральная Азия, Таджикистан.

Солнечная радиация представляет собой самый крупный поток энергии, поступающей в наземную экосистему. Солнечная радиация является главным источником тепловой энергии практически для всех процессов, развивающихся в атмосфере, гидросфере и биосфере. Этот ресурс огромен и превышает почти в 6000 раз текущее глобальное потребление первичной энергии (13,7 ТВт [1]). Таким образом, солнечная энергия имеет потенциал стать одним из основных компонентов устойчивой энергии, потребление которой ограничивается выбросом парниковых газов.

Солнечная радиация является возобновляемым ресурсом энергии, который использовался человечеством во все времена. Пассивные солнечные технологии уже присутствовали в древних цивилизациях для отопления и охлаждения жилищ, а также для нагрева воды. В эпоху Возрождения концентрация солнечной радиации подробно изучалась, а в XIX в. были построены первые солнечные механические двигатели [2].

Начиная с 1992 г. на ряде конференций под эгидой ООН [3, 4] рассматривается вопрос, напрямую связанный с выживанием человечества, а именно — глобальное потепление, обусловленное непрерывным повышением концентрации в атмосфере парниковых (трехатомных) газов [5].

Большинству стран пока не удается снизить выбросы в атмосферу. Основной мерой по смягчению глобального потепления является широкое практическое использование возобновляемых источников энергии.

Энергетическая политика XXI в. будет основываться на использовании нетрадиционных возобновляемых экологически чистых источников энергии: солнечной энергии, энергии ветра, тепла Земли, воды, наружного воздуха и т.п. [6].

В СССР в 1990 г. эксплуатировались гелиоустановки общей площадью солнечных коллекторов около 150 тыс. ${\rm M}^2$. В то же время в США функционировали гелиоустановки общей площадью 10 млн ${\rm M}^2$, солнечные коллекторы для которых выпускались 80 фирмами [7].

© Усмонов Ш.З., 2014

Сегодня требования к комфортности зданий должны учитывать стандарты энергоэффективности, стремиться к снижению энергопотребления и использованию возобновляемых источников энергии [8].

Практическая задача, стоящая перед разработчиками и создателями различного вида солнечных установок, состоит в том, чтобы наиболее эффективно «собрать» этот поток энергии и преобразовать его в нужный вид энергии (теплоту, электроэнергию) при наименьших затратах на установку [9]. Простейшим и наиболее дешевым способом использования солнечной энергии является нагрев бытовой воды в так называемых плоских солнечных коллекторах [9].

Рассмотрим проблему применения солнечной энергии для отопления и охлаждения здания в условиях Центральной Азии, в частности в Таджикистане. Общая продолжительность солнечного сияния в Республике Таджикистан колеблется от 2100 до 3170 ч в год [10]. На квадратный метр поверхности территории Центральной Азии за год приходится до 1600 кВт·ч солнечной энергии [11], а в среднем — 1200 кВт·ч.

Жилые дома в настоящее время расходуют значительную часть потребляемой энергии. В связи с этим появление «солнечных» домов повлекло за собой изменение представления о жилом доме как о возможном автономном производителе и потребителе энергии, что является одной из отличительных черт «постиндустриального общества»¹. В будущем в наших жилищах, по всей вероятности, солнечная энергия станет важнейшим фактором, приносящим всевозможные блага [12].

При проектировании зданий с солнечным электроснабжением необходимо использовать наиболее эффективные конструкции и материалы, рациональные формы и объемно-планировочные решения, оптимальную ориентацию, содействующие максимальному улавливанию и преобразованию солнечной радиации. Гелиоприемники и аккумуляторы солнечной энергии целесообразно размещать на южном скате крыш или южной стене, чердачном пространстве или подвальной части здания. Солнечные коллекторы могут быть совмещены с покрытием, стеной, ограждением балкона, лоджии, веранды, цоколем здания или могут располагаться автономно.

На крыше дома после его реконструкции и модернизации можно монтировать солнечные коллекторы.

Произведем расчет для условия с использованием солнечных коллекторов типа Derya, у которых реальный КПД гелиосистемы составляет около 65 %. 1200 кВт·ч × КПД (65 %) = 780кВт·ч (площадь коллектора 1,8 м² 404 кВт·ч) (780 кВт·ч × 1,8 м²) выработает солнечный коллектор за год. 1000 кВт·ч примерно соответствует содержанию энергии в 100 л, дизельного топлива [13], т.е. один солнечный коллектор за год сэкономит 187 л, дизельного топлива. Габаритные размеры солнечного коллектора составляют $1925 \times 925 \times 93$ мм. На обоих скатах крыши можно разместить 192 солнечных коллектора, которые вырабатывают в год 269 568 кВт·ч ($192 \times 1404 = 269$ 568). Потребность энер-

Safety of building systems. Ecological problems of construction projects. Geoecology

¹ «Постиндустриальное общество» — термин, часто используемый в зарубежной литературе и обозначающий промышленно развитое общество, в котором экологическое загрязнение среды сведено к минимуму.

гии на отопление и охлаждение жилого дома серии 105 после модернизации и реконструкции составляет 144917,1 кВт·ч. При этом необходимое количество солнечных коллекторов для всего дома составит 144917,1/1404 = $103,22 \approx 104$.

Большими возможностями обладают активные тепловые солнечные системы, обеспечивающие получение низко- и высокотемпературного тепла. Активные системы предполагают применение специального инженерного оборудования для сбора, хранения, преобразования и распределения тепла. В основе низкопотенциальной системы лежит принцип использования плоского солнечного коллектора. Коллектор соединен с баком-аккумулятором для хранения нагретой воды, газа и т.д. Температура воды находится в пределах 50...60 °C.

Для бытового горячего водоснабжения оптимальным будет в коллекторе один слой стекла, а для отопления помещений необходимо использовать два слоя стекла. В простейшем режиме применения солнечного коллектора для ночного радиационного охлаждения, при котором теплоноситель циркулирует через коллектор, охлаждаясь вследствие излучения тепла в окружающее пространство, стеклянное покрытие не требуется.

Гелиоустановку можно снабдить для усиления потока тепла концентратором солнечной энергии, посредством которого она будет преобразована в высокопотенциальную активную гелиосистему. Такие гелиосистемы можно использовать для приготовления пищи, плавления, сварки металлов, выпаривания хладагента в испарителях холодильника, преобразования солнечной энергий в электрическую и т.д. Солнечное охлаждение осуществляется гелиосистемами для кондиционирования воздуха и гелиосистемами с холодильниками периодического и непрерывного действия. В процессе абсорбционного охлаждения используется испарение жидкого холодильного агента для отвода тепла из воздуха или воды, подлежащих охлаждению. В абсорбционном холодильном цикле применяют два рабочих вещества: хладагент и абсорбент, выполняющие одну и ту же задачу. Испарившийся хладагент поглощается с охлаждающих змеевиков абсорбентом. Полученный раствор подается насосом в регенератор, где под действием тепловой энергии хладагент дистиллируется из абсорбента.

На рис. 1 приведен тип пароэжекторной холодильной установки, рабочим телом которой является фреон-12.

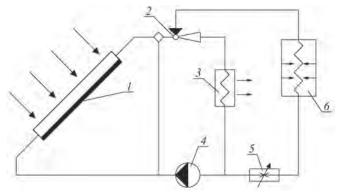


Рис. 1. Схема пароэжекторной холодильной установки: 1 — гелиоприемник; 2 — эжектор; 3 — конденсатор; 4 — насос; 5 — дроссель; 6 — испаритель

В этой системе в гелиоприемнике I жидкий фреон превращается в пар с температурой около 70 °C и давлением $20\cdot10^5$ Па. В эжекторе 2 создается давление в $3\cdot10^5$ Па, а на выходе из диффузора — $7\cdot10^5$ Па. Далее пар направляется в конденсатор 3 и при температуре около 20 °C превращается в жидкость, которая насосом 4 снова закачивается в коллектор. По другому контуру жидкий фреон через дроссель 5 поступает в испаритель 6, где испаряется и отнимает тепло из холодильной камеры.

На рис. 2 показана схема солнечной установки для непосредственного охлаждения воздуха и нагрева воды [14].

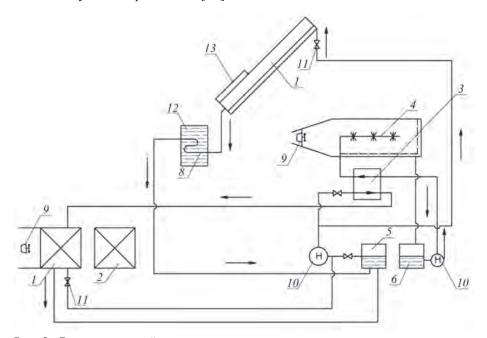


Рис. 2. Схема солнечной установки для непосредственного охлаждения воздуха и нагрева воды: 1,2 — роторные камеры с раствором и водой; 3 — противоточный теплообменник; 4 — вентиляторная градирня; 5 — бак для сбора рабочего раствора; 6 — бак для сбора охлаждающей воды; 7 — открытый регенератор; 8 — теплообменник; 9 — вентилятор; 10 — насос; 11 — вентиль; 12 — бак-аккумулятор; 13 — остекление части регенератора

Общая установленная мощность электродвигателей, используемых в установке, составляет 1,03 кВт, а фактическая потребляемая мощность — 0,73 кВт. При круглосуточной работе установки потребление электроэнергии равно около 0,44 кВт. В приведенной схеме раствор после роторной камеры *I* охлаждается в противоточном теплообменнике *3*, по которому циркулирует вода из вентиляторной градирни *4*. Рабочий раствор установки собирается в баке *5*, а охлаждающая вода — в баке *6*. В растворной камере снижается теплосодержание воздуха, поглощения водяных паров раствором и передачи раствору явного тепла. Такие системы, работающие по принципу снижения теплосодержания воздуха путем его обработки солеводянным раствором с применением солнечных регенераторов раствора, являются одними из наиболее приемлемых для комбинированного охлаждения воздуха и нагревания воды. Они позволяют создать устройства для индивидуального использования кондиционеров без

сложных систем охлаждения зданий. Работа этих систем связана с малым потреблением электроэнергии — в среднем 125 Вт на 1160 Вт·ч холодильной мощности.

Для летнего кондиционирования воздуха в условиях жаркого климата можно рекомендовать использовать абсорбционную солеводяную солнечную установку с открытым выпариванием раствора.

Элементами, характеризующими систему использования солнечного тепла, служат коллектор, тепловой аккумулятор, аккумулятор холода, тепловые насосы и холодильная система.

По данным компании «Возобновляемая энергия», в 2013 г. было запущено производство литий-ионных систем автономного электроснабжения премиум-класса UltraSolar PRO (рис. 3) на базе силового оборудования Schneider Electric [15]. Долговечность аккумуляторного блока, бесшумность, компактный размер, длительный период автономного электроснабжения при отключении сети и возможность увеличения времени автономной работы за счет добавления солнечных батарей, — это главные отличия UltraSolar PRO от стандартных источников бесперебойного питания (ИБП).

С помощью UltraSolar PRO появляется возможность сделать дом независимым от традиционного электроснабжения. Совмещено надежное силовое оборудование Schneider Electric и инновационные технологии хранения энергии в автономном и резервном энергоснабжении. Традиционные системы бесперебойного электроснабжения являются недолговечными, поскольку они хранят энергию в свинцовых аккумуляторах, у которых срок службы незначителен. Свинцовые аккумуляторы требуют особых условий обслуживания, особенно для работы в режиме постоянного разряда-заряда, и склонны к неожиданному завершению срока службы. Из-за нехватки энергии в Таджикистане, особенно в северной части республики в зимний период, внезапный отказ свинцовых аккумуляторов в условиях отключения коммунальной электросети приводит к отключению автоматики и полному разрушению отопительной системы здания в зимнее время. Вместо них можно применять промышленные литий-ионные аккумуляторы, срок службы ко-



Рис. 3. UltraSolar PRO (Li-iON AKБ)

торых на порядок больше, а надежность значительно выше, чем свинцовых. UltraSolar PRO — полностью готовая к эксплуатации компактная бесшумная литий-ионная электростанция.

В зависимости от выбранной конфигурации она обеспечит автономное электроснабжение объекта со среднесуточным потреблением от 7 до 25 кВт·ч и номинальной мощностью от 4,5 до 54 кВт (до 24 ч полной автономности по электричеству и даже выше) [15]. В сочетании с солнечными батареями такая система обеспечит дом собственной электроэнергией.

Библиографический список

- 1. IEA. World Energy Outlook 2004. International Energy Agency. Paris, IEA/OECD, 2004.
- 2. *Butti K.*, *Perlin J.* A golden thread 2500 years of solar architecture and technology / ed. Marion Boyars. London, 1980.
 - 3. United Nations on Climate Change. General Convention Kyoto, 1997.
- 4. *Грицевич И*. Протокол конференции по глобальному климату в Киото: новые правила игры на следующее десятилетие // Экономическая эффективность : Ежеквартальный бюллетень Центра по эффективному использованию энергии (ЦЭНЭФ). М., 1998. № 18 (январь-март).
- 5. Гликсон А.Л., Дорошенко А.В. Гелиосистемы и тепловые насосы в системах автономного тепло- и холодоснабжения // ABOK. 2004. № 7. С. 18—23.
- 6. *Табунщиков Ю.А.*, *Акопов Б.Л.* Энергетические возможности наружного климата // Энергосбережение. 2008. № 4. С. 50—55.
- 7. *Бутузов В.А.* Солнечное теплоснабжение: состояние дел и перспективы развития // Энергосбережение. 2000. № 4. С. 28—30.
- 8. Дик Долманс. Возможности затеняющих гелиосистем // Энергосбережение. 2010. № 7. С. 66—69.
- 9. Попель О.С. Эффективность применения солнечных водонагревателей в климатических условиях средней полосы России // Энергосбережение. 2001. № 1. С. 30—33.
- 10. Интегрированная оценка состояния окружающей среды Республики Таджикистан. Программа ООН по окружающей среде (UNEP) // Комитет по охране окружающей среды при правительстве Республики Таджикистан. Режим доступа: http://hifzitabiat.tj/files/integrirovanaya_otsenka_sostoyaniya_os_rt_2005.pdf. Дата обращения: 14.01.2014.
- 11. Как начать экономить 75 % затрат на горячее водоснабжение и 40 % затрат на отопление? // Sun-air-water.ru. Режим доступа: http://www.sun-air-water.ru/geliosystems. Дата обращения: 14.01.2014.
- 12. *Танака С., Суда Р.* Жилые дома с автономным солнечным теплохладоснабжением / пер. с яп. Е.Н. Успенской ; под ред. М.М. Колтуна, Г.А. Гухман. М. : Стройиздат, 1989. 185 с.
- 13. Система отопления за счет энергии Солнца уже сегодня! // Компания EngSystem. Режим доступа: http://eng-system.com/id7533.htm. Дата обращения: 14.01.2014.
- 14. *Нигматов И.И.* Особенности архитектурно-строительного проектирования зданий в условиях Центральной Азии. Душанбе: Таджик НИИНТИ, 1993. 216 с.
- 15. Энергия солнца // Компания Возобновляемая энергия. Режим доступа: http://www.smarthome26.ru/sun-energy. Дата обращения: 14.01.14.

Поступила в редакцию в январе 2014 г.

Об авторе: Усмонов Шухрат Заурович — старший преподаватель кафедры строительства и архитектуры, Политехнический институт Таджикского технического университета (ПИТТУ), 735700, Таджикистан, г. Худжанд, ул. Ленина, д. 226; стажер кафедры архитектуры гражданских и промышленных зданий, Московский государственный строительный университет (ФГБОУ ВПО «МГСУ»), 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, usmonov.shuhrat@gmail.com.

Для цитирования: *Усмонов Ш.З.* Применение солнечной энергии для отопления и охлаждения здания в условиях Центральной Азии // Вестник МГСУ. 2014. № 4. С. 142—149.

Sh.Z. Usmonov

APPLICATION OF SOLAR ENERGY IN HEATING AND COOLING OF RESIDENTIAL BUILDINGS UNDER CENTRAL ASIAN CONDITIONS

Solar radiation is the main source of thermal energy for almost all the processes developing in the atmosphere, hydrosphere, and biosphere. The total duration of sunshine in Tajikistan ranges from 2100 to 3170 hours per year.

Solar collectors can be mounted on the roof of a house after its renovation and modernization. One square meter of surface area in Central Asia accounts for up to 1600 kW/h of solar energy gain, whilst the average gain is 1200 kW/h. Active solar thermal systems are able to collect both low- and high-temperature heat. Active systems require the use of special engineering equipment for the collection, storage, conversion and distribution of heat, while a low-grade system is based on the principle of using a flat solar collector. The collector is connected to the storage tank for storing the heated water, gas, etc. The water temperature is in the range 50-60 °C.

For summer air conditioning in hot climates, absorption-based solar installations with open evaporating solution are recommended.

The UltraSolar PRO system offers an opportunity to make a home independent of traditional electricity. Combining Schneider Electric power generation and innovative energy storage technology results in an independent power supply. Traditional power supply systems can be short-lived since they store energy in lead-acid batteries which have a negligible lifetime. Lead-acid batteries operate in a constant charge-discharge mode, require specific conditions for best performance and can fail suddenly. Sudden failure of lead acid batteries, especially in winter in the northern part of Tajikistan, completely disables the heating system of a building. Instead, it is recommended to use industrial lithium-ion batteries, which have a significantly longer life and reliability compared to lead-acid type. UltraSolar PRO are ideal and provide a complete package, low noise and compact lithium-ion power supply.

Key words: solar energy, solar panel, renewable energy, solar power plant, steam jet cooling plants, air cooling, water heating, solar battery, Central Asia, Tajikistan.

References

- 1. IEA. World Energy Outlook 2004. International Energy Agency, Paris, IEA/OECD, 2004.
- 2. Butti K., Perlin J. A Golden Thread: 2500 Years of Solar Architecture and Technology. London, 1980.
 - 3. United Nations on Climate Change. General Convention Kyoto, 1997.
- 4. Gritsevich I. Protokol konferentsii po global'nomu klimatu v Kioto: novye pravila igry na sleduyushchee desyatiletie [Protocol of the Conference on Global Climate in Kyoto: New Game Rules for the Coming Decade]. *Ekonomicheskaya effektivnost': Ezhekvartal'nyy byulleten' Tsentra po effektivnomu ispol'zovaniyu energii (TsENEF)* [Economic Efficiency: Quarterly Bulletin of the Center on Eficcient Energy Use (TsENEF)]. Moscow, 1998, no. 18.
- 5. Glikson A.L., *Doroshenko A.V. Geliosistemy i teplovye nasosy v sistemakh avtonom-nogo teplo- i kholodosnabzheniya* [Heliosystems and Heat Pumps in the Systems of Autonomous Heat and Cooling Supply]. ABOK. 2004, no. 7, pp. 18—23.
- 6. Tabunshchikov Yu.A., Akopov B.L. Energeticheskie vozmozhnosti naruzhnogo klimata [Energy Possibilities of Outside Climate]. *Energosberezhenie* [Energy Saving]. 2008, no. 4, pp. 50—55.
- 7. Butuzov V.A. Solnechnoe teplosnabzhenie: sostoyanie del i perspektivy razvitiya [Solar Heat Subbly: Situation and Development Prospects]. *Energosberezhenie* [Energy Saving]. 2000, no. 4, pp. 28—30.
- 8. Dik Dolmans. Vozmozhnosti zatenyayushchikh geliosistem [Possibilities of Shading Heliosystems]. *Energosberezhenie* [Energy Saving]. 2010, no. 7, pp. 66—69.
- 9. Popel' O.S. Effektivnost' primeneniya solnechnykh vodonagrevateley v klimaticheskikh usloviyakh sredney polosy Rossii [Efficiency of Solar Water Heaters Application in in Central Russia Climate Conditions]. *Energosberezhenie* [Energy Saving]. 2001, no.1, pp. 30—33.



- 10. Integrirovannaya otsenka sostoyaniya okruzhayushchey sredy Respubliki Tadzhikistan. Programma OON po okruzhayushchey srede (UNEP) [Integrated Assessment of the Environment State in the Tajikistan Republic. United Nations Environmental Programme]. Komitet po okhrane okruzhayushchey sredy pri pravitel'stve Respubliki Tadzhikistan [Environmental Protection Committee under the Government of Tajikistan Republic]. Available at: http://hifzitabiat.tj/files/integrirovanaya_otsenka_sostoyaniya_os_rt_2005.pdf. Date of access: 14.01.2014.
- 11. Kak nachat' ekonomit' 75 % zatrat na goryachee vodosnabzhenie i 40 % zatrat na otoplenie? [How to Start Saving 75 % of Expenses on Hot-water Supply and 40 % of Expenses on Heating?]. Sun-air-water.ru. Available at: http://www.sun-air-water.ru/geliosystems. Date of access: 14.01.2014.
- 12. Tanaka S., Suda R. *Zhilye doma s avtonomnym teplokhladosnabzheniem* [Living Houses with Independent Heating and Cooling Supply]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1989, 185 p.
- 13. Sistema otopleniya za schet energii Solntsa uzhe segodnya! [Heating System by Means of Solar Energy Today!]. EngSystem Company. Available at: http://eng-system.com/id7533.htm. Date of access: 14.01.2014.
- 14. Nigmatov I.I. Osobennosti arkhitekturno-stroitel'nogo proektirovaniya zdaniy v usloviyakh Tsentral'noy Azii [Peculiarities of Architectural and Construction Design of Buildings in Central Asian Conditions]. Dushanbe, Tadzhik NIINTI Publ., 1993, 216 p.
- 15. Energiya solntsa [Solar Energy]. Kompaniya Vozobnovlyaemaya energiya [Renewable Energy Company]. Available at: http://www.smarthome26.ru/sun-energy. Date of access: 14.01.14.

About the author: Usmonov Shukhrat Zaurovich — senior lecturer, Department of Civil Engineering and Architecture, Khujand Politechnic Institute of Tajik Technical University by academic M. Osimi (KPITUT), 226 Lenina str., Khujand, 735700, Tajikistan, graduate associate, Department of Architecture of Civil and Industrial Buildings, Moscow State University of Civil Engineering (MGSU), 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; usmonov.shuhrat@gmail.com.

For citation: Usmonov Sh.Z. Primenenie solnechnoy energii dlya otopleniya i okhlazhdeniya zdaniya v usloviyakh Tsentral'noy Azii [Application of Solar Energy in Heating and Cooling of Residential Buildings under Central Asian Conditions]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2014, no. 4, pp. 142—149.