

Автономные гелиоустановки для теплоснабжения

Павел Александрович Хаванов, Анатолий Сергеевич Чуленёв

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, Россия
e-mail: roverton@mail.ru

Аннотация. Энергосбережение в малой теплоэнергетике ориентировано на повышение эффективности использования ископаемых энергоносителей, электроэнергии и, возможно, более широкого их замещения альтернативными источниками в жилищно-коммунальном комплексе. Практическое использование гелиоустановок, как фотоэлектрических, так и непосредственно водонагревательных, нашло широкое применение, в то же время, особенности внедрения этих установок обусловлено климатическими и техническими условиями их применения. Для стран расположенных в климатических зонах с умеренным и холодным климатом разработка водонагревательных установок наиболее рациональна при их сезонном использовании. Низкий потенциал теплоносителя, периодичность теплопоступлений в гелиоустановках, связанные с сезонностью их работы, временем суток и погодой, обуславливают необходимость ряда технических решений с использованием дополнительного оборудования в виде аккумуляторов тепловой энергии, тепловых насосов и др. устройств, которые в любом случае необходимо объединять с традиционным источником тепловой энергии, работающим на ископаемом топливе или электроэнергии, выполняющем функции как дополнительного, так и аварийного источника тепловой энергии. Резервирование мощности альтернативных источников энергии наиболее эффективно и наименее энергозатратно осуществлять источниками теплоты на газообразном или регазифицированном топливе. Использование электроэнергии для целей теплоснабжения, при малых капитальных вложениях, требует от застройщика значительных установленных мощностей источника теплоты, имеющего низкий коэффициент полезного действия по первичному топливу. В работе для достижения наибольшей эффективности использования энергии рассмотрены тепловые схемы автономных установок теплоснабжения объектов с применением современных конденсационных котлов малой мощности и совместно с ними различных теплоаккумулирующих устройств для обеспечения бесперебойной круглогодичной эксплуатации оборудования на объектах теплоснабжения.

Ключевые слова: гелиоустановки; теплоснабжение; теплоэнергетика; горячее водоснабжение; конденсационный котел.

Для цитирования: [Хаванов П. А.], Чуленёв А. С. Автономные гелиоустановки для теплоснабжения // Аграрный научный журнал. 2022. № 4. С. 99–102. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i4pp99-102>.

AGRICULTURAL ENGINEERING

Original article

Autonomous solar plants for heat supply

Pavel A. Khavanov, Anatoliy S. Chulyenoy

Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia
e-mail: roverton@mail.ru

Abstract. Energy saving in small-scale thermal power engineering is aimed at increasing the efficiency of using fossil energy carriers, electricity and, possibly, their wider replacement with alternative sources in the housing and communal complex. The practical use of solar installations, both photovoltaic and directly water heating, has found widespread use, at the same time, the peculiarities of the introduction of these installations are due to the climatic and technical conditions of their use. For countries located in climatic zones with relatively cold climates, the development of water heating installations is most rational when they are used seasonally. The relatively low potential of the coolant, the frequency of heat supply in these installations, associated with the seasonality of their operation, time of day and weather, necessitate a number of technical solutions using additional equipment in the form of thermal energy accumulators, heat pumps and other equipment, which in any case must be combined with a traditional source of thermal energy operating on fossil fuels or electricity, performing the functions of both an additional and emergency source of thermal energy. Reserving the capacity of alternative energy sources is most efficient and least energy-consuming to carry out with heat sources using gaseous or degasified fuel. The use of electricity for the purposes of heat supply, with small capital investments, requires significant installed capacities of the heat source with a low coefficient of efficiency for primary fuel. In order to achieve the highest efficiency of energy use, thermal schemes of autonomous heat supply installations for objects using modern condensing boilers of low power and, together with them, various heat storage devices, providing year-round operation of equipment at heat supply facilities, are considered.

Keywords: solar installations; heat supply; thermal power engineering; hot water supply; condensing boiler.

For citation: [Khavanov P. A.], Chulyenoy A. S. Autonomous solar plants for heat supply. Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal. 2022;(4):99–102. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i4pp99-102>.

Введение. В комплексе мероприятий по энергосбережению, частичному замещению и сокращению потребления ископаемых энергоносителей и электроэнергии водонагревательные гелиоустановки для систем теплоснабжения давно вошли в практику применения на объектах малой энергетики. Солнечная энергетика является одним из наиболее динамично развивающихся направлений использования возобновляемых источников энергии, особенности внедрения которых связаны с климатическими условиями и техническими требованиями их применения.





Фотоэлектрические гелиоустановки обладая рядом преимуществ, по сравнению с установками непосредственно нагрева воды для систем ГВС и теплоснабжения объектов, имеют и ряд недостатков, связанных с низкими удельными электрическими мощностями и значительно более высокими стоимостями как самих гелиоприемников, так и со сложным комплексом вспомогательного оборудования электроаккумуляции и электропреобразования.

Территория России расположена преимущественно в холодной климатической зоне и в регионах с резко континентальным климатом, при котором эксплуатация водонагревательных гелиоустановок обоснована и наиболее рациональна при сезонном использовании, в этом случае их техническая эксплуатация осуществляется преимущественно в неотапливаемый период года и, безусловно, требует полного резервирования источником теплоты на традиционных энергоносителях. В таких установках в ряде случаев можно отказаться от необходимости использования «незамерзающих» теплоносителей, в связи с чем тепловые схемы установок проще по конструкции и дешевле, так как можно исключить теплообменники или бивалентные баки-аккумуляторы для передачи теплоты от антифриза к воде отопительного контура или в систему горячего водоснабжения.

В теплый период года результирующее поступление солнечной радиации от поверхности гелиоприемника, с учетом его тепловой эффективности, существенно выше, чем в зимнее время. Так, ресурсы гелиопоступлений в различных регионах России (по результатам обобщенных данных исследований, выполненных в Институте высоких температур РАН) за теплое полугодие (апрель – сентябрь) составляют 3,5–6,0 кВт·ч/м² в сутки, при среднегодовом (за весь год) 2,5–4,0 кВт·ч/м². Наиболее высокие удельные гелиопоступления имеют место в Краснодарском крае, на Северном Кавказе, Приморье, Юге Сибири, вместе с тем в других регионах России ресурсы солнечной энергии также могут рассматриваться как достаточные. Это позволяет утверждать, что возможности малой гелиоэнергетики в любом случае, при сезонном получении теплоты для целей автономного теплоснабжения, имеются не только в южных регионах, но и в средней полосе России.

Методика исследований. Серьезным препятствием для широкого внедрения гелиоустановок является низкий уровень технического информирования населения и отсутствие государственных мер материального стимулирования, а также невозможность обеспечить постоянную надежную и бесперебойную выработку тепловой энергии для целей теплоснабжения в течении всего года без использования (резервных) традиционных источников энергии.

Поскольку поступление солнечной энергии подвержено сезонным и суточным колебаниям, практически ежедневно претерпевает изменения из-за метеоусловий, от нуля до максимума в течение суток, система теплоснабжения помимо гелиоконтура (с баком-аккумулятором) должна иметь резервный источник, например, котел на ископаемом топливе или электрокотел с автоматическим его включением в работу системы автономного теплоснабжения при недостатке теплоты от гелиоконтура. Последнее положение должно быть обеспечено в соответствии с требованием норм проектирования систем при использовании любого нетрадиционного источника энергии независимо от того работает он постоянно или периодически (циклически). Для гелиоприемников, как низкопотенциальных тепловых источников, наиболее адаптированы конденсационные котлы на газообразном или жидком топливе, так как они приспособлены и имеют наибольшую эффективность как раз при работе на низкотемпературном теплоносителе.

Результаты исследований. Применение конкретной схемы с совместным использованием гелиоприемников (как панельных, так и с вакуумными трубками) и конденсационных котлов, в первую очередь, определяется ее функциональным назначением и техническими характеристиками используемого оборудования. Рассмотрение тепловых схем начнем с простейшей, предназначенной только для горячего водоснабжения (рис. 1). В ней солнечные коллекторы подключаются к нижнему нагревательному элементу бивалентного бака – аккумулятора, а к верхнему нагревателю – конденсационный котел. Инвариантность такой схемы объясняется рассмотренными ранее факторами и ограниченным временем работы гелиоустановки со значительными изменениями температуры теплоносителя.

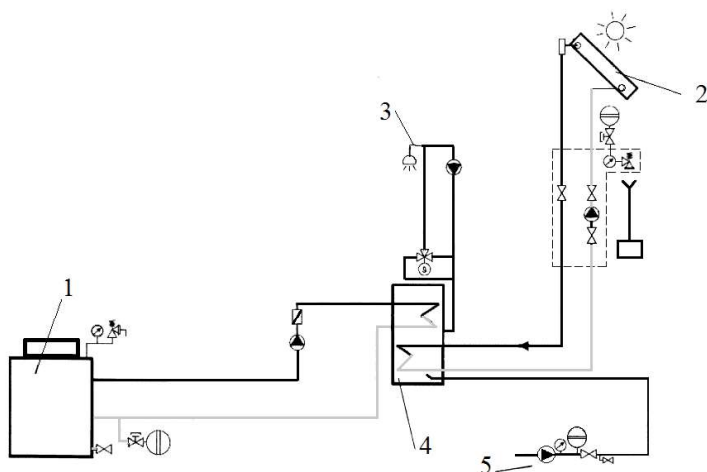


Рис. 1. Схема применения конденсационного котла с использованием панельных гелиоприемников и гелиоприемников с вакуумными трубками для целей горячего водоснабжения: 1 – конденсационный котел; 2 – солнечный коллектор с панельными или вакуумными трубчатymi гелиоприемниками; 3 – система горячего водоснабжения; 4 – бак-аккумулятор послыдного нагрева (бивалентный); 5 – система холодного водоснабжения

Поскольку применение котла регламентировано нормативной документацией, рациональным представляется объединение в единую комплексную схему систем горячего водоснабжения и отопления. Такую комплексную схему с использованием энергосберегающего конденсационного котла и двух объединенных по приводимой схеме (рис. 2) баков-аккумуляторов. При установке для приготовления горячей воды баков-аккумуляторов увеличенной емкости появляется техническая возможность обеспечить частичное покрытие потребности в теплоте системы отопления в переходные периоды работы. Схема благодаря комплексному подходу может обеспечить большую глубину регулирования и точность использования, распределения и регулирования работы гелиоприемников и системы в целом.

Близкую по алгоритму управления и организации работы комплексную систему автономного теплоснабжения можно создать, используя для горячего водоснабжения бивалентный многоконтурный бак – аккумулятор (рис. 3). Такой бак-аккумулятор разделен по вертикали на зоны, с те-

плоносителем стратифицированным по температуре, и дает возможность рационально использовать и распределять нагрузку в соответствии с условиями генерации и потребления теплоты. Эта схема требует достаточно сложную автоматизированную систему управления, однако, она же позволяет создать на ее базе, энергосберегающие комплексные системы, объединяющие несколько альтернативных источников генерации теплоты. Например, автономную систему теплоснабжения (рис. 4) с использованием гелиоприемников и теплонасосной установки «земля – вода».

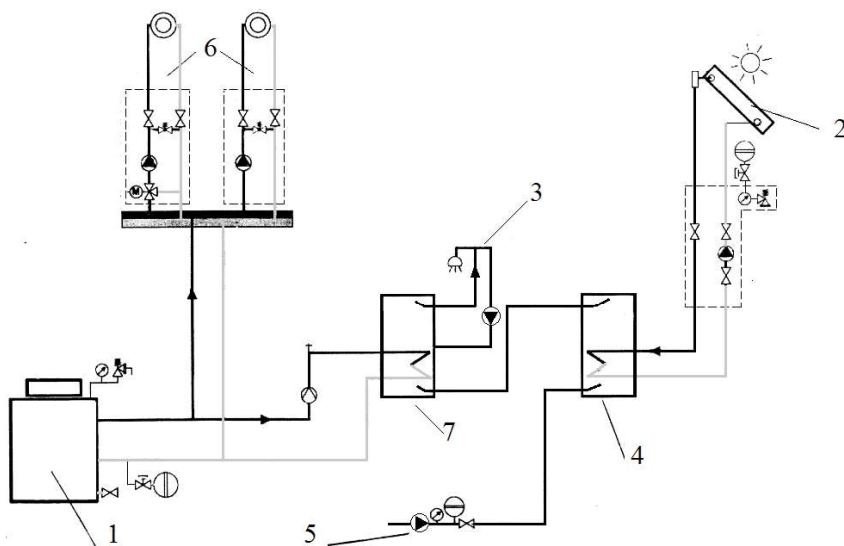


Рис. 2. Схема применения конденсационного котла с использованием баков-аккумуляторов контура котла и гелиоприемников: 1 – конденсационный котел; 2 – солнечный коллектор; 3 – система горячего водоснабжения; 4 – бак-аккумулятор гелиоприемников; 5 – система холодного водоснабжения; 6 – местные системы отопления; 7 – бак-аккумулятор конденсационного котла

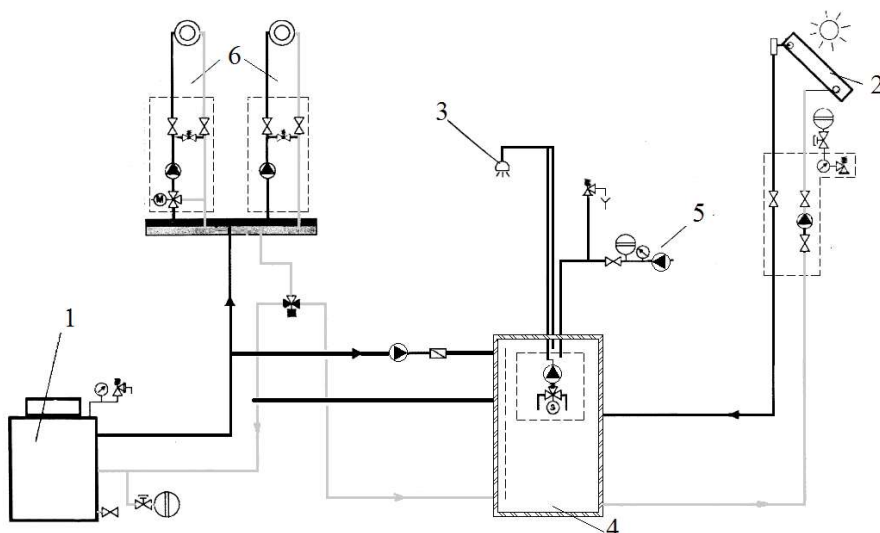


Рис. 3. Схема применения конденсационного котла совместно с гелиоприемником и бивалентным баком-аккумулятором послойного нагрева: 1 – конденсационный котел; 2 – солнечный коллектор; 3 – система горячего водоснабжения; 4 – бак-аккумулятор послойного нагрева (бивалентный); 5 – система холодного водоснабжения; 6 – местная система отопления

Очевидно, что гелиосистемы, какими бы схемными решениями ни были представлены, замещают только часть потребности в теплоте системы ГВС (или системы теплоснабжения) и для климатических зон России, по самым оптимистическим оценкам, могут обеспечить в течение года максимальную экономию до 45 % энергии, затрачиваемой на цели ГВС, и до 15 % энергии, затрачиваемой на цели отопления, что обеспечивает соответствующую экономию топлива. Использование электроэнергии (электродных котлов и др.) в системах автономного теплоснабжения в силу малой доли теплоступления в течение года (до 25 %) не может рассматриваться как энергоэффективное и энергосберегающее решение.

Важнейшими факторами, определяющими эффективность работы гелиосистемы (при идентичности географических и климатических условий), являются техническое совершенство солнечных коллекторов (их эффективный оптический КПД и интегральный коэффициент теплопотерь поверхностей к внешней среде, Вт/м²·°C), а также правильность установки и монтажа коллекторов. Расчетами и опытом эксплуатации подтверждено, что независимо от типа солнечных коллекторов (плоские панельные или с вакуумными трубками) рациональные углы установки коллекторов определяются периодом их работы и для используемой на практике южной ориентации составляют:

- для круглогодично работающих установок угол наклона следует принимать равным широте местности (φ);
- для эксплуатируемых только в неотапливаемый (летний) период $\varphi = -15^\circ$;
- для работающих в отопительный период $\varphi = 15^\circ$.



Во всех случаях при произвольном расположении коллекторов для углов наклона $\varphi = \pm 15^\circ$ отклонение от южной ориентации на 10° изменяет суммарный годовой поток солнечной радиации не более чем на 5 %, при отклонении до 20° – на 10 %; до 30° – на 15 %.

Современные солнечные коллекторы различных типов являются результатом многолетней деятельности конструкторов, направленной на создание рациональных высокоэффективных, надежных и практичных конструкций, с использованием научных и технических достижений в этой области.

Если анализировать конструкции гелиоприемников для автономного теплоснабжения, то линейка представлена коллекторами двух основных типов: плоские (пассивные) солнечные коллекторы без концентраторов с высоким оптическим КПД и эффективной теплоизоляцией; трубчатые пассивные (с наличием условных концентраторов) вакуумные солнечные коллекторы, обладающие высокой селективностью при минимальных значениях тепловых потерь.

Большинство отечественных и зарубежных производителей выпускают как полные комплекты оборудования, систем автоматизированного управления и монтажных принадлежностей для рассмотренных схем, так и всю элементную базу для разработки гелиосистем ГВС и отопления по индивидуальным проектам.

Заключение. Рассмотренные схемы и комплексные решения, безусловно, должны рассматриваться как частные решения, однако они представляются наиболее рациональными с позиций энерго- и ресурсосбережения. Из большого множества гелиосистем, различающихся по назначению (системы ГВС, системы отопления и теплоснабжения); по продолжительности и режимам работы; по виду используемого теплоносителя (вода, антифриз, воздух); по техническому решению (одно-, многоконтурные), выбраны те, которые не содержат чрезвычайно дорогостоящих элементов и в зависимости от климатических условий эксплуатации наиболее полно могут отвечать требованиям энергоэффективности при использовании высокотехнологичного и современного оборудования.

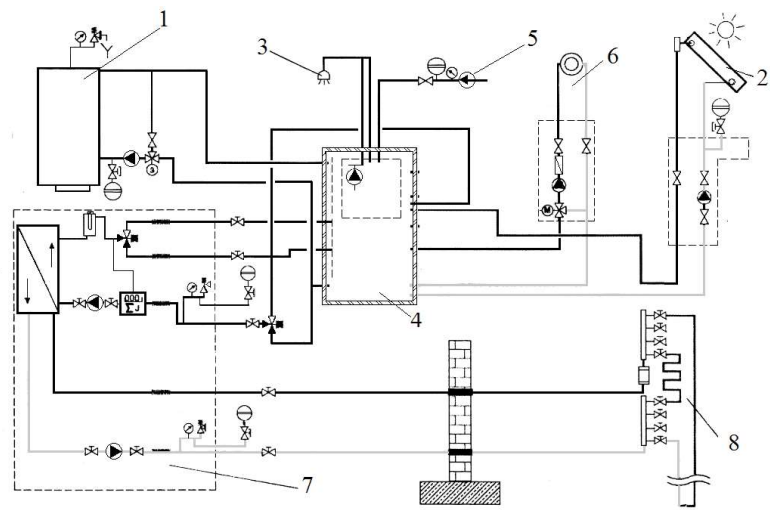


Рис. 4. Схема комбинированной системы автономного теплоснабжения с конденсационными котлами, гелиоприемниками и теплонасосной установкой «земля-вода»: 1 – конденсационный котел; 2 – солнечный коллектор; 3 – система горячего водоснабжения; 4 – бак-аккумулятор послойного нагрева (бивалентный); 5 – система холодного водоснабжения; 6 – местная система отопления; 7 – тепловой насос; 8 – теплоизолирующие трубы теплового насоса «земля-вода»

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хаванов П.А. Источники теплоты автономных систем теплоснабжения. М., 2014. 208 с.
2. Kalchevsky S. Renewable energy sources, waste energy in industry. Sofia, 2012.
3. Zervos A., Lius Ch., Schrafer O., Tomorrow's World // Renewable Energy World. 2004. Vol. 7. No. 4.
4. Novak Stefan. Photovoltaic in the World. Status and Future Trends. Chairman IEA PVPS. Warsaw, Poland, 2004.
5. Strebkov D.S., Irodionov A.E. Global Solar Power System. Eurosun – 2004. Freiburg, 2004. Vol. 2.
6. Kemp William H. The Renewable Energy Handbook. Guide to Rural Independence, Off-Grid and Sustainable Living // New Society Publishers. 2005.
7. Energy, Technology, Perspectives 2008. Scenarios & Strategies To 2050 International Energy Agency. OECD / IEA, 2008. <https://www.oecd-ilibrary.org/>
8. Дьяков А.Ф. Малая Энергетика России: проблемы и перспективы. М., 2003.
9. Перспективы развития возобновляемых источников энергии в России / В.Г. Николаев [и др.]. Результаты проекта Tacis Europe AID/116951/C/SV/RU/. Москва 2009. 455 стр.
10. Khavanov P.A., Chulenyov A.S. Calculation of Heat Transfer in Condensing Boilers. 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon). INSPEC Accession Number: 19229167. DOI: 10.1109/FarEastCon.2019.8934299.

REFERENCES

1. Khavanov P.A. Heat sources of autonomous heat supply systems. Moscow, 2014. 208 p.
2. Kalchevsky S. Renewable energy sources, waste energy in industry. Sofia, 2012.
3. Zervos A., Lius Ch., Schrafer O., Tomorrow's World. *Renewable Energy World*. 2004; 7; 4.
4. Novak Stefan. Photovoltaic in the World. Status and Future Trends. Chairman IEA PVPS. Warsaw, Poland, 2004.
5. Strebkov D.S., Irodionov A.E. Global Solar Power System. Eurosun - 2004. Freiburg, 2004; 2.
6. Kemp William H. The Renewable Energy Handbook. Guide to Rural Independence, Off-Grid and Sustainable Living. *New Society Publishers*. 2005.
7. Energy, Technology, Perspectives 2008. Scenarios & Strategies To 2050 International Energy Agency. OECD / IEA, 2008. <https://www.oecd-ilibrary.org/>
8. Dyakov A.F. Small power industry of Russia: problems and prospects. Moscow, 2003.
9. Prospects for the development of renewable energy sources in Russia / V.G. Nikolaev et al. Results of the project Tacis Europe AID/116951/C/SV/RU/. Moscow, 2009. 455 p.
10. Khavanov P.A., Chulenyov A.S. Calculation of Heat Transfer in Condensing Boilers. 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon). IN-SPEC Accession Number: 19229167. DOI: 10.1109/FarEastCon.2019.8934299.

Статья поступила в редакцию 14.10.2021; одобрена после рецензирования 28.10.2021; принята к публикации 11.11.2021.
The article was submitted 14.10.2021; approved after reviewing 28.10.2021; accepted for publication 11.11.2021.

