

КОМПЬЮТЕРНО-ИНТЕГРИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОДНОКОНТУРНОЙ СОЛНЕЧНОЙ УСТАНОВКОЙ ДЛЯ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Селихов Ю. А., Коцаренко В. А., Фесенко Е. О.

Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт"

Выполнен анализ технических возможностей различных типов солнечных установок, изучены материалы, применяемые в установках. Выбраны: вариант солнечной установки в качестве прототипа для оптимизации, интеграции и автоматизации; материалы, применяемые в новейших разработках солнечных установок и оборудование. Составлена новая технологическая схема в качестве проекта солнечной установки. Был выполнен расчет эксергетической эффективности применения новых материалов и оборудования. Это позволяет увеличить: температуру теплоносителя до 85-90 °С; КПД солнечной установки до 69 % по сравнению с прототипом - 40 %, при этом срок окупаемости установки соизмерим со сроком монтажа всей установки - около четырех месяцев. Были выбраны средства автоматизации и разработана схема автоматизации солнечной установки с компьютерным управлением ее работы.

Постановка проблемы. Солнечная энергия широко используется в солнечных системах, где соединяются экономичность и экология. А именно это представляет важный момент в эпоху истощения энергетических ресурсов. Использование солнечной энергии является перспективной статьей экономии для всех стран мира, отвечая их интересам еще и в плане энергетической независимости, благодаря чему она уверенно завоевывает стойкие позиции в мировой энергетике. Стоимость тепла, получаемого за счет использования солнечных установок, в значительной мере зависит от радиационно-климатических условий местности, где применяется солнечная установка. Климатические условия нашей страны, особенно юг, позволяют использовать энергию Солнца для покрытия значительной части потребностей в теплоте. Уменьшение запасов органического топлива и его удорожание привели к разработкам оптимальных технических решений, эффективности и экономической целесообразности применения солнечных установок [1, 2].

Анализ последних исследований и публикаций. В настоящее время именно в области низкопотенциального использования солнечной энергии получены наиболее ощутимые результаты, позволяющие рассматривать Солнце в качестве энергетической альтернативы при производстве тепла и холода. В связи с интенсивным развитием технологий солнечной энергетики, появилось множество конструктивных решений и вариантов гелиосистем, которые классифицируются за разными критериями. Однако, солнечные установки, предлагаемые в Украине, иностранных и отечественных производителей дороги как при покупке, так и при эксплуатации. На наш взгляд, актуальной является концепция создания новых конструкций солнечных установок, наиболее привлекательных для потенциального потребителя. Реализация данной концепции возможна при таком варианте исполнения солнечных установок, когда затраты на выработку тепловой энергии с помощью этих установок будут ниже уровня суммарных затрат на получение тепловой энергии традиционными способами (в частности, в котельных установках). Одновременно с этим срок окупаемости солнечных уста-

новок должен быть соизмерим с гарантийным сроком их эксплуатации. Для выполнения поставленных условий представляется целесообразной разработка таких конструкций солнечных установок, которые позволяли бы минимизировать затраты на их изготовление, монтаж, обслуживание и ремонт. Вышеуказанные задачи являются актуальными.

Цель статьи. В данной работе предлагается одноконтурная солнечная установка для горячего водоснабжения с круглосуточным компьютерным управлением. Для решения поставленных задач нами выполнен анализ технических возможностей различных типов уже работающих солнечных установок, изучены материалы, применяемые в этих установках. Выбран вариант солнечной установки в качестве прототипа для оптимизации, интеграции и автоматизации.

Прототипом [3] для дальнейшей оптимизации, интеграции и автоматизации работы выбираем одноконтурную солнечную установку, показанную на рис. 1.

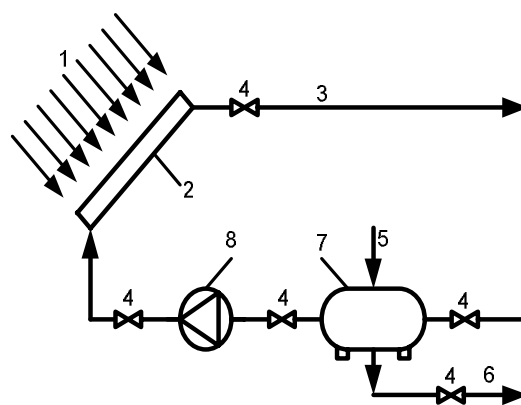


Рисунок 1 – Принципиальная схема одноконтурной солнечной установки

- 1 – солнечное излучение; 2 – солнечный коллектор;
- 3 – направление движения горячего теплоносителя;
- 4 – вентили ручного управления; 5 – подача холодного теплоносителя; 6 – подача горячего теплоносителя к потребителю; 7 – накопительный бак; 8 – циркуляционный насос

Сезонные солнечные установки для горячего водоснабжения обычно одноконтурные, функционирующие в летние и переходные месяцы с положительной температурой внешнего воздуха. Представленная на рис. 1 солнечная установка работает следующим образом. Подача холодного теплоносителя осуществляется по сетевому трубопроводу 5 в накопительный бак 7. Холодный теплоноситель из накопительного бака 7 под давлением циркуляционного насоса 8 через регулировочные вентили 4 подается снизу вверх в 32 плоских металлических коллектора 2, в котором размер одного коллектора 1200x800x0,020 мм, где нагревается солнечным излучением весь световой день (в июле месяцы до максимальной температуры $50 \div 63 \text{ }^\circ\text{C}$ при наивысшей солнечной инсоляции). Далее через регулировочный вентиль 4 по линии горячего теплоносителя 3 подается в накопительный бак 7. Нагретый теплоноситель по трубопроводу 6 подается потребителю.

Для улучшения эффективности работы и удешевления установки необходимо: улучшить конструкцию одноконтурной солнечной установки, применив новое оборудование, материалы и систему автоматизации всех узлов установки; повысить коэффициент полезного действия (КПД) солнечной установки за счет применения новых материалов, теплоносителей и другого вспомогательного оборудования; усовершенствовать работу установки с помощью ЭВМ; уменьшить стоимость установки за счет снижения материалоемкости установки, применения новых материалов и оборудования; сделать подачу теплоносителя круглосуточной. Для решения этих задач мы провели литературный обзор и выбрали плоскокапиллярный тонкоплочный солнечный коллектор [4] безнапорного типа специальной конструкции из полимерной пленки, в котором теплоноситель движется сверху вниз под действием силы тяжести по наклонной поверхности в виде пленки жидкости.

По эффективности нагрева теплоносителя на входе в коллектор и на его выходе, солнечный коллектор из полимерной пленки поглощает более солнечного излучения чем известные коллектора из металла, тем самым, обеспечивает нагрев теплоносителя до более высокой температуры ($90 \text{ }^\circ\text{C}$), чем коллектор изготовленный из металла ($63 \text{ }^\circ\text{C}$). Солнечный коллектор из полимерной пленки, предложенный нами, можно заменить в случае необходимости при засорении проходных сечений или почистить и это будет стоить значительно дешевле по сравнению с расходами на обновление коллекторов из металла. Мы также пришли к выводу, чтобы эффективность работы коллектора не снижалась, необходимо провести замену старого оборудования новым. На рис.2 представлена технологическая схема солнечной установки после ее оптимизации.

По разработанной схеме солнечная установка была изготовлена и смонтирована на крыше одного из пансионатов АР Крым.

Сделаем описание вариантов работы новой схемы, которая представлена на рис.2. Теплоноситель из сетевого трубопровода через вентиль запорный В310 и вентиль регулирующий ВР поступает и наполняет бак-аккумулятор Б1. Бак-аккумулятор состоит из теп-

лоизолированного резервуара для хранения среды, которая аккумулируется (горячей воды), оборудования для зарядки и разрядки и вспомогательного оборудования. В выбранном нами баке-аккумуляторе происходит накопление и прямое аккумулирование тепла, поскольку аккумулирующей и теплообменной является та же среда [5].

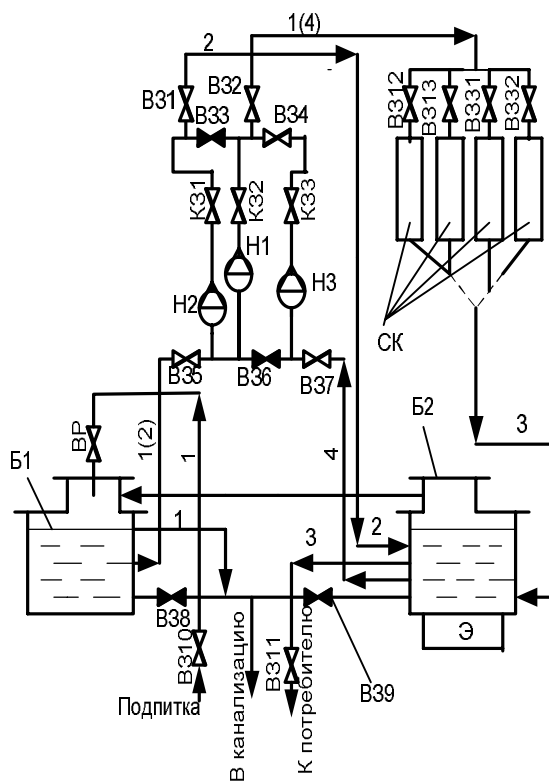


Рисунок 2 – Принципиальная схема одноконтурной солнечной установки

СК – солнечный коллектор; Б1, Б2 – баки-аккумуляторы; Н1, Н2, Н3 – циркуляционные насосы; Э – электронагреватель; ВР – вентиль регулировочный; К31, К32, К33 – клапаны обратные; В31÷В332 – вентили запорные; 1,2 – холодный теплоноситель; 3 – горячий теплоноситель; 4 – теплоноситель с температурой меньше заданной.

В первом варианте холодный теплоноситель из бака-аккумулятора Б1 через вентили запорные В35, В32 и обратный клапан К32 циркуляционным насосом Н1 подается в 21 солнечный коллектор СК установки, где он нагревается до необходимой температуры $85 \div 90 \text{ }^\circ\text{C}$ и поступает в бак-аккумулятор Б2 до полного его заполнения.

Во втором варианте предусмотрено перекачивание теплоносителя из бака-аккумулятора Б1 через вентили запорные В35, В31 и обратный клапан К31 циркуляционным насосом Н2 в бак-аккумулятор Б2 в случае переполнения Б1.

В третьем варианте горячий теплоноситель с температурой меньше заданной из бака-аккумулятора Б2 через вентили запорные В37, В34, В32 и обратный клапан К33 циркуляционным насосом Н3 подается в

21 солнечный коллектор СК установки, где он догревается до необходимой температуры 85÷90 °С и поступает в бак-аккумулятор Б2.

В случае недостаточной инсоляции в четвертом варианте предусмотрено нагревание теплоносителя в баке-аккумуляторе электронагревателями специальной конструкции [6]. Электронагреватели мощностью в 1 кВт в количестве 25 штук специальным термостойким клеем приклеиваются по всему периметру днища бака-аккумулятора Б2.

В пятом варианте горячей теплоноситель с температурой 85÷90 °С через вентиль запорный В311 поступает потребителю.

В случае аварийной ситуации есть возможность выпустить теплоноситель в канализацию через вентили запорные В38, В39.

Составив уравнения энергетического баланса (1) и сделав теплотехнические расчеты [3] прототипа и новой схемы солнечной установки получим температуры нагрева теплоносителя, удельные тепловые потоки и КПД как прототипа, так и новой солнечной установки. Эти данные представлены в табл. 1.

$$A_C \cdot \{ [H \cdot R \cdot (\tau \cdot a)]_b + [H \cdot R \cdot (\tau \cdot a)]_d \} = Q_U + Q_L + Q_S, \quad (1)$$

где A_C – площадь поверхности; H – плотность потока солнечного излучения (прямого или рассеянного), падающего на единицу площади поверхности с произвольной ориентацией; R – коэффициент перехода от плотности потока прямого или рассеянного излучения к плотности потока плоскости в плоскости ориентации коллектора; $(\tau \cdot a)$ – приведенная поглощательная способность системы покрытий относительного прямого и рассеянного излучения; величина $(\tau \cdot a)$ для прямого излучения определяется по действительному углу падения, а для рассеянного может быть принята равной соответствующей величине для прямого излучения при угле падения 60°; Q_U – тепловой поток, переданный рабочей жидкости в солнечном коллекторе (полезное тепло); Q_L – тепловые потери коллектора в окружающую среду путем излучения и конвекции, а также путем теплопроводности по опорам поглощающей пластины и т.д.; Q_S – поток тепла, аккумулируемого коллектором.

Анализ экспериментальных данных, представленный в табл. 1, показал, что замена прототипа новой солнечной установкой оказалась эффективной.

Далее нами был произведен расчет КПД прототипа и новой солнечной установки при различных удельных тепловых потоках по результатам эксперимента. Эти результаты получены по зависимости (2) [3] и представлены в табл. 2.

$$\eta = \int \frac{Q_U}{A_C} \cdot d\tau / \int H \cdot R \cdot d\tau \quad (2)$$

Срок окупаемости новой солнечной установки составил четыре месяца.

Для проверки эффективности работы новой солнечной установки из многообразия методов, мы избрали эксергетический метод расчета [7].

Таблица 1 – Анализ экспериментальных данных

τ , час. – время суток	Прототип		Новая солн. установка	
	t , °С	q , Вт·ч/м ²	t , °С	q , Вт·ч/м ²
6 ⁰⁰	12	30	15	50
8 ⁰⁰	22	130	29	240
10 ⁰⁰	34	330	58	520
12 ⁰⁰	45	620	78	760
14 ⁰⁰	56	610	88	760
16 ⁰⁰	43	590	75	600
18 ⁰⁰	32	295	43	360
20 ⁰⁰	23	110	28	180

Таблица 2 – Результаты расчета

q , Вт·ч/м ²	Прототип	Новая солн. установка
	η	η
125	0,5	0,8
250	0,69	0,89
500	0,72	0,92
750	0,65	0,85

Применяем методику оценки эффективности возобновляемых источников энергии (ВИЭ) по эксергии-нетто. Решение о пригодности или непригодности проекта ВИЭ к последующей проработке принимается в зависимости от знака неравенства $T_{ок} \geq T_{норм}$ (здесь $T_{норм}$ нормативный срок), где срок энергетической окупаемости $T_{ок}$ ВИЭ определяется приравниванием суммарных расходов первичной эксергии π по традиционному (а) и новому (б) вариантам.

$$\pi = \sum M_a \cdot E_a + \frac{N}{\eta_a} \cdot \tau_{ок} = \sum M_b \cdot E_b + \frac{N}{\eta_b} \cdot \tau_{ок} \quad (3)$$

Срок окупаемости солнечной установки:

$$\tau_{ок} = \frac{\sum m_b \mathcal{E}_b - \sum m_a \mathcal{E}_a}{1/\eta_b - 1/\eta_a}, \quad (4)$$

де $m_a = \frac{M_a}{N}$, $m_b = \frac{M_b}{N}$ – удельные расходы эксергии в прототипе и новом варианте соответственно;

N – гарантированная мощность, которая отдается, одинаковая для обоих сравниваемых вариантов;

η_a, η_b – эксергетический КПД сравниваемых вариантов по использованию первичной эксергии.

Если ВИЭ дает гарантированную мощность без дополнительного подключения к традиционному источнику энергии, то текущих расходов первичной энергии нет и можно считать $\eta_b = \infty$. Тогда срок окупаемости может быть определен по формуле:

$$\tau_{ок} = \frac{\eta_a}{3600 \cdot h} (\sum m_b \mathcal{E}_b - \sum m_a \mathcal{E}_a), \quad (5)$$

де h – время работы установки в году, часов.
КПД новой установки:

$$\eta_b = \frac{h}{h_a} \eta_a, \quad (6)$$

де h_a – время, когда установка не работает, часов.

Результаты расчетов за формулами (3) - (6) приведены в табл. 3.

Таблица 3 – Результаты расчетов

η_a	η_b	$\tau_{ок}$, мес.
0,72	0,92	3,5

Был произведен экономический и эксергетический расчеты срока окупаемости новой солнечной установки. Погрешность расчетов составила 5 %.

Выводы. Выполнен анализ технических возможностей различных типов солнечных установок, изучены материалы, применяемые в установках. Выбран вариант солнечной установки в качестве прототипа для оптимизации, интеграции и автоматизации. На основе литературного обзора материалов, применяемых в новейших разработках солнечных установок, выбраны новые материалы и оборудование. Составлена новая технологическая схема в качестве проекта солнечной установки. Показана эффективность применения новых материалов. Был выполнен расчет экономической и эксергетической эффективности применения новых материалов и оборудования. Установлено, что применение новых материалов и оборудования позволяет увеличить: температуру теплоносителя до 85-90 °С; КПД солнечной установки до 92 % по сравнению с прототипом – 72 %, при этом срок окупаемости установки соизмерим со сроком монтажа всей установки – около четырех месяцев. Были выбраны технические средства автоматизации и разработана схема автоматизации работы солнечной установки с АРМ.

Список использованных источников

1. Концепция государственной энергетической политики Украины на период до 2020 г. // Информационное приложение. – 2001. – № 10. – 8 с.
2. Дверняков В. С. Солнце – энергия та життя / В. С. Дверняков – К.: Наукова думка, 1991. – 176 с.
3. Даффи Дж. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии / Дж. Даффи, У. А. Бекман – М.: Мир, 1977. – 420 с.
4. Селихов Ю. А. Полімерна композиція: Патент України № 72078 А / Ю. А. Селихов, Л. Ю. Селихова, С. И. Бухкало – Бюл. № 10, 2004.
5. Бекман У. Тепловое аккумулирование энергии / У. Бекман, П. М. Гилли – М.: Мир, 1987.
6. Вель В. Е. Аномальное разрушение безобжиговой керамики на основе оксида алюминия, содержа-

щей стеклофазу при повышенных температурах / Вель В. Е. // Механіка та машинобудування. – 1997. – № 1. – С. 26-33.

7. Бродянский В. М. Эксергетические расчеты технических систем: Справ. Пособие / Под ред. А. А. Долинского, В. М. Бродянского АН УССР. Ин-т технической теплофизики. – К.: Наукова Думка, 1991. – 360 с.

Анотація

КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНЕ КЕРУВАННЯ ОДНОКОНТУРНОЮ СОНЯЧНОЮ УСТАНОВКОЮ ДЛЯ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

Селихов Ю. А., Коцаренко В. А., Фесенко Е. О.

Виконаний аналіз технічних можливостей різних типів сонячних установок, вивчені матеріали, застосовувані в установках. Обрані: варіант сонячної установки як прототипу для оптимізації, інтеграції й автоматизації; матеріали, застосовувані в новітніх розробках сонячних установок і обладнання. Складена нова технологічна схема як проект сонячної установки. Був виконаний розрахунок эксергетичної ефективності застосування нових матеріалів і обладнання. Це дозволяє збільшити: температуру теплоносія до 85-90 °С; ККД сонячної установки до 69 % у порівнянні із прототипом - 40 %, при цьому строк окупності установки співрозмірний зі строком монтажу всієї установки – близько чотирьох місяців. Були обрані засоби автоматизації і розроблена схема автоматизації сонячної установки з комп'ютерним керуванням її роботи.

Abstract

COMPUTER-INTEGRATED BUREAU SUN FLUIDIZER WITH ONE CIRCUIT FOR HOT WATER FACILITIES

Yu. Selikhov, V. Kocarenko, E. Fesenko

The evaluation of economic feasibilities of different classes of sun options is executed, goods, applied in options, are studied. Chosen: variant of sun installation as a prototype for optimization, integration and automation; goods, applied in the newest developments of sun options and installation. A new flowsheet is made as a device of sun installation. The calculation of эксергетической efficiency of application of new goods and installation was executed. It allows to increase: temperature of fluids to 85-90 °С; Output-input ratio sun installation to 92 % as compared to a prototype – 72 %, thus equal the date of recoupment of installation with the date of assembly of all of installation – about four months. Facilities of automation were chosen and the chart of automation of sun installation is designed with the computer bureau of its work.