

КОМПЬЮТЕРНО-ИНТЕГРИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ДВУХКОНТУРНОЙ СОЛНЕЧНОЙ УСТАНОВКОЙ ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ ПОМЕЩЕНИЯ

Селихов Ю. А., Коцаренко В. А., Топунова Т. В.

Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт"

Исследованы различные типы солнечных установок и материалы, применяемые в них. Выбраны: вариант солнечной установки в качестве прототипа для оптимизации, интеграции и автоматизации; материалы, применяемые в новейших разработках солнечных установок и оборудование. Разработана новая технологическая схема в качестве проекта солнечной установки. По проекту построена установка в АР Крым. Были выполнены: теплотехнический расчет установки и расчет эксергетической эффективности применения новых материалов и оборудования. Это позволяет увеличить: температуру теплоносителя до 85-90 °С; КПД солнечной установки до 92 % по сравнению с прототипом - 67 %, при этом срок окупаемости установки соизмерим со сроком монтажа всей установки - около четырех месяцев. Были выбраны технические средства автоматизации и разработана схема автоматизации солнечной установки с компьютерным управлением ее работы.

Постановка проблемы. Солнечное излучение является основным источником возобновляемых ресурсов энергии на Земле. Использование энергии солнечного излучения особенно эффективно в южных районах нашей страны, где с 1 м² облучаемой поверхности можно получить теплоту, достаточную для выработки более 1000 кВт·ч в год [1]. На современных тепловых электростанциях на выработку такого количества электроэнергии расходуется 400 кг угля. При общем мировом потреблении энергии ~10 млрд. т. условного топлива в год (с ростом в перспективе на 2020 год до 25-30 млрд. т. у. т/год) за счет чистой энергии солнца можно получать до 10% потребной теплоты. Вместе с тем солнечная энергия может восприниматься на земле в среднем не более 9 часов в сутки и с переменной эффективностью, что значительно затрудняет ее использование. Поэтому считается, что солнечной энергией может покрываться не более 3-5% всей потребляемой энергии на Земле. Однако и такое использование солнечного излучения позволяет экономить многие сотни миллионов тонн органического топлива [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 спо-

собами (в частности, в котельных установках). Одновременно с этим срок окупаемости солнечных установок 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. Выше указанные задачи являются актуальными.

Цель статьи. В данной работе предлагается двухконтурная солнечная установка для горячего водоснабжения в летнее и осенне-весеннее периоды, а также для отопления зданий в холодное время года 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 двухконтурную солнечную установку, показанную на рис. 1.

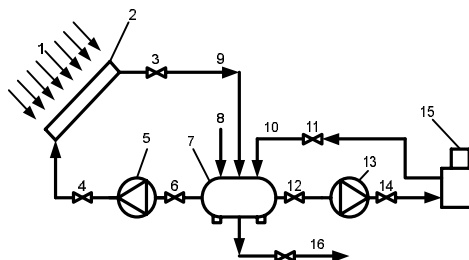


Рисунок 1 – Принципиальная схема солнечной установки для отопления зданий

1 – солнечное излучение; 2 – солнечный коллектор; 3, 4, 6, 11, 12, 14, 16 – регулировочные вентили; 5, 13 – циркуляционный насос; 7 – накопительный бак; 8 – подача холодного теплоносителя; 9, 10 – подача горячего теплоносителя; 15 – тепловой дублер; 16 – подача горячего теплоносителя к потребителю

Принцип работы солнечной установки для отопления зданий следующий. Подача холодного теплоносителя осуществляется по сетевому трубопроводу 8 в накопительный бак 7. Первый вариант работы установки: холодный теплоноситель из накопительного бака 7 через регулировочные вентили 6 и 4 циркуляционным насосом 5 подается снизу под давлением в 32 плоских металлических коллектора 2, в котором нагревается солнечным излучением до необходимой температуры. По мере подъема теплоносителя снизу вверх по коллектору, он нагревается до максимальной температуры 63 °С в июле месяце при наивысшей солнечной инсоляции. Далее через регулировочный вентиль 3 по линии горячего теплоносителя 9 подается в накопительный бак 7. Теплоноситель нагревается до температуры 50–63 °С весь световой день. Нагретый теплоноситель по трубопроводу 16 подается потребителю.

Второй вариант работы установки работает таким образом. В случае недостаточной инсоляции теплоноситель из накопительного бака 7 циркуляционным насосом 13 через регулировочные вентили 12 и 14 подается в тепловой дублер 15, где нагревается до необходимой температуры и через вентиль 11 обратно поступает в накопительный бак 7. По трубопроводу 16 нагретый теплоноситель поступает в систему отопления зданий.

Для улучшения эффективности работы и удешевления установки необходимо: улучшить конструкцию двухконтурной 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 тонкопленочный 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.

Мы также пришли к выводу, чтобы эффективность работы коллектора не снижалась, необходимо провести замену старого оборудования новым [9]. На рис.2 представлена технологическая схема солнечной установки после ее оптимизации.

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

Сделаем описание вариантов работы новой схемы, которая представлена на рис.2. Солнечная установка может работать как сезонно, так и круглогодично. Сезонная работа. По первому варианту антифриз из первого контура теплообменника Т через вентили запорные В37, В36 и В35 циркуляционным насосом Н1 подается в солнечный коллектор СК, где

он нагревается до необходимой температуры и обратно поступает в первый контур теплообменника Т. Нагретый антифриз отдает свое тепло во втором контуре теплообменника Т теплоносителю (воде), подающемуся циркуляционным насосом Н2 через вентили запорные В33, В34 и В38 из бака-аккумулятора БА1 в теплообменник Т и далее поступает обратно в теплообменник Т.

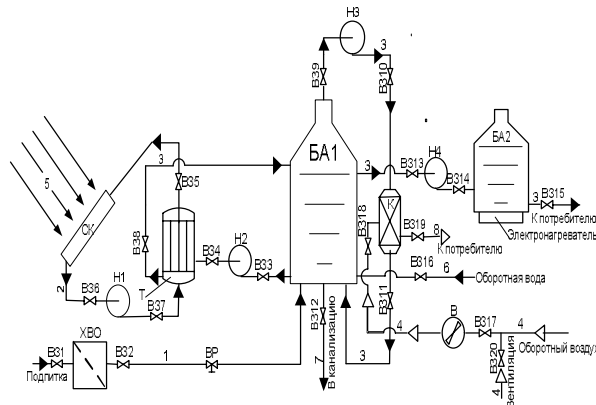


Рисунок 2 – Принципиальная технологическая схема двухконтурной солнечной установки для отопления помещений

СК – солнечный коллектор; БА1, БА2 – баки-аккумуляторы; Н1, Н2, Н3, Н4 – циркуляционные насосы; ВР – вентиль регулировочный; В31÷В34 – вентили запорные; К – калорифер; В – вентилятор; Т – теплообменник; ХВО – аппарат химводоочистки; 1, 3, 6, 7 – холодный теплоноситель; 2 – антифриз; 4,8 – воздух; 5- солнечное излучение

В третьем варианте холодный теплоноситель из сетевого трубопровода через вентиль запорный В31 подается в аппарат химводоочистки ХВО, где теплоноситель очищается от многих солей и далее через вентиль запорный В32 и вентиль регулировочный ВР поступает и наполняет бак-аккумулятор БА1. В выбранном нами баке-аккумуляторе происходит накопление и прямое аккумулирование тепла, поскольку аккумулирующей и теплообменной является одна и та же среда [5]. В случае аварийной ситуации есть возможность выпустить теплоноситель в канализацию через вентиль запорный В312.

Для круглогодичной работы. В четвертом варианте теплоноситель (горячая вода) из бака-аккумулятора БА1 через вентили запорные В39 и В310 циркуляционным насосом Н3 подается в калорифер К и далее через вентиль запорный В311 обратно в бак-аккумулятор БА1.

В пятом варианте холодный воздух из приточной вентиляции через вентили запорные В320 и В317 вентилятором В через вентиль запорный В318 подается в калорифер К, где нагревается горячей водой и через вентиль запорный В319 подается для нагрева помещения.

Когда необходимо нагреть теплоноситель до более высокой температуры в работу включается шестой вариант. Теплоноситель через вентили запорные В313 и В314 циркуляционным насосом Н4 направля-

ется в бак-аккумулятор БА2, где нагревается электронагревателями [6] до необходимой температуры и далее через вентиль запорный В315 подается к потребителю (на отопление помещений, на кухню). Обратная вода через вентиль запорный В316 возвращается обратно в бак-аккумулятор БА1.

После всех замен получилась технологическая схема, для которой необходимо сделать расчет по оптимизации, интеграции и автоматизации.

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.

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

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 определяются 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.

Таблица 1 – Анализ экспериментальных данных

τ , час. – Время суток	Прототип		Новая солн. установка	
	t , °C	q , Вт·ч/м ²	t , °C	q , Вт·ч/м ²
6 ⁰⁰	13	32	17	55
8 ⁰⁰	24	127	29	235
10 ⁰⁰	35	326	58	515
12 ⁰⁰	47	612	69	745
14 ⁰⁰	56	616	88	756
16 ⁰⁰	43	590	75	600
18 ⁰⁰	32	295	43	360
20 ⁰⁰	23	110	28	180

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 экспери-

мента. Эти результаты получены по зависимости (2) [3] и представлены в табл. 2.

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

Таблица 2 – Результаты расчета

q , Вт·ч/м ²	Прототип	Новая солн. уста- новка
	η	η
125	0,5	0,8
250	0,69	0,89
500	0,67	0,92
750	0,65	0,85

Срок окупаемости новой солнечной установки составил четыре месяца.

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

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 приравнением 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:

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

где $m_a = \frac{M_a}{N}$, $m_b = \frac{M_b}{N}$ - 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:

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

где 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.
0,67	0,92	4,0

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 - 67 %, 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 литературных источников

1. Твайделл Дж. Возобновляемые источники энергии / Дж. Твайделл, А. Уэйр; [пер. с англ.]. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 392с.
2. Мешалкин В. П. Основы теории ресурсосберегающих химико-технологических систем: Учебное пособие / В. П. Мешалкин, Л. Л. ТОВАЖНЯНСКИЙ, П. А. Капустенко – Харьков : НТУ "ХПИ", 2006. – 412 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. Мацевитый Ю. М. Разработка безобжиговых теплоизолирующих материалов для высокотемпературных покрытий металлов: / Ю. М. Мацевитый, В. Е. Вель, В. А. Иванов, С. Ф. Лушпенко; Доповіді Національної академії наук України: Сб. научн. тр. –

№ 10. – Харьков : – 1998. – С. 112–117.

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

8. Селихов Ю. А. Двоконтурна геліоводонагрівна установка: Патент України, № 64198 А / [Ю. А. Селихов, Л. Ю. Селихова, Н. В. Селихова, С. И. Бухкало]; – Бюл. № 2, 2004.

Анотація

КОМП'ЮТЕРНЕ КЕРУВАННЯ ВОКОНТУРНОЮ СОНЯЧНОЮ УСТАНОВКОЮ ДЛЯ ОПАЛЕННЯ ПРИМІЩЕННЯ

Селихов Ю. А., Коцаренко В. А., Топунова Т. В.

Досліджені різні типи сонячних установок і матеріали, застосовувані в них. Обрані: варіант сонячної установки як прототипу для оптимізації, інтеграції й автоматизації; матеріали, застосовувані в новітніх розробках сонячних установок і обладнання. Розроблена нова технологічна схема як проект сонячної установки. За проектом побудована установка в АР Крим. Були виконані: теплотехнічний розрахунок установки і розрахунки эксергетичної ефективності застосування нових матеріалів і обладнання. Це дозволяє збільшити: температуру теплоносія до 85-90 °С; КПД сонячної установки до 92 % у порівнянні із прототипом - 67 %, при цьому строк окупності установки порівнюваний зі строком монтажу всієї установки - близько чотирьох місяців. Були обрані технічні засоби автоматизації й розроблена схема автоматизації сонячної установки з комп'ютерним керуванням її роботи.

Abstract

COMPUTER-INTEGRATED BUREAU SUN FLUIDIZER WITH TWO CIRCUITS FOR FIRING OF BAY

Yu. Selikhov, V. Kocarenko, T. Topunova

The different classes of sun options and goods, applied in them are investigational. 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 designed as a device of sun installation. On a device installation is built in Crimea. Were executed: heating engineering calculation of installation and calculation of efficiency of application of new goods and installation. It allows to increase: temperature of fluids to 85-90 °С; Output-input ratio sun installation to 92 % as compared to a prototype - 67 %, thus equal the date of recoupment of installation with the date of assembly of all of installation - about four months. Engineerings facilities of automation were chosen and the chart of automation of sun installation is designed with the computer bureau of its work.