

Выводы

Предложена новая схема солнечно-топливной электростанции, основанная на использовании двух термодинамических циклов (Брайтона и Дизеля). Важнейшая особенность этой схемы состоит в применении процесса термохимической регенерации – конверсии природного газа с продуктами сгорания, выходящими из ДВС, за счет солнечной энергии, что, вместе с комбинацией двух термодинамических циклов, позволяет существенно повысить эффективность преобразования энергии топлива в работу. КПД предложенной схемы в дневное время (т.е. при использовании солнечной энергии для конверсии) превышает 56 % по сравнению с КПД ДВС $\eta_R = 36,5 \%$. В ночное время схема также обеспечивает достаточно высокий КПД (41,3 – 42,4%), недостижимый для газовых двигателей. Срок окупаемости внедрения предлагаемой схемы порядка 4 лет, что значительно ниже, чем срок окупаемости традиционных схем использования солнечной энергии.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Носач В.Г.* Энергия топлива. – К.: Наук. думка, 1989. – 148 с.
2. *Носач В.Г.* Термохимический метод совместного использования энергии топлива и солнечной энергии в теплоэнергетических установках// Промышленная теплотехника. – 2005. – Т. 27, № 3. – С. 71 – 73.
3. *Прапанас Дж.* (Институт газовой технологии, Дес Плэйнз, Илл.), Частное сообщение, 2005.
4. *White W.B., Johnson S.M., Dantzig G.B.*, Chemical equilibrium in complex mixtures// J. Chem. Phys. – 1958. – Vol. 28, No. 5. – P. 751 – 755.
5. *Möller S., Kaucic A., Sattler C.*, Hydrogen production by solar reforming of natural gas: a comparison study of two possible process configurations// Trans. ASME, J. Sol. Energy Eng. – 2006. – Vol. 128, No. 1. – P. 16 – 23.

Получено 29.09.2006 г.

УДК 662.997

СЕЛИХОВ Ю.А., КОЦАРЕНКО В.А.

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СИСТЕМ СОЛНЕЧНОГО ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Отримано узагальнюючі залежності: питомої щільності теплового потоку від температури теплоносія у колекторі, часу роботи установки у плинні світлового дня і витрати теплоносія; коефіцієнта корисної дії від питомої щільності теплового потоку; максимального коефіцієнта корисної дії від максимальної питомої щільності теплового потоку. Застосування сонячних колекторів з полімерних матеріалів дає змогу зменшити: собівартість одержуваної теплової енергії; матеріалоємність сонячної установки; термін окупності сонячної установки; спростити схему її роботи, удосконалити діючі сонячні установки.

Получены обобщающие зависимости: удельной плотности теплового потока от температуры теплоносителя в коллекторе, времени работы установки в течение светового дня и расхода теплоносителя; коэффициента полезного действия от удельной плотности теплового потока; максимального коэффициента полезного действия от максимальной удельной плотности теплового потока. Применение солнечных коллекторов из полимерных материалов позволяет уменьшить: себестоимость получаемой тепловой энергии; материалоемкость солнечной установки; срок окупаемости солнечной установки; упростить схему ее работы; усовершенствовать действующие солнечные установки.

Summarizing are got dependences: specific closeness of thermal stream from the temperature of heat-carrier in a collector, time of work of setting during a light day and expense of heat-carrier; output-input ratio from the specific closeness of thermal stream; maximal output-input ratio from the maximal specific closeness of thermal stream. Application of sun collectors from polymeric materials allows to decrease: prime price of the got thermal energy; materialoemkost of the sun setting; term of recoupment of the sun setting; to simplify the chart of its work; to perfect operating sun options.

q – удельная плотность теплового потока;
 T – температура теплоносителя;
 t – время суток;

V – объемный расход теплоносителя;
 η – коэффициент полезного действия (КПД).

Опыт по использованию естественных альтернативных возобновляемых источников энергии, к которым в первую очередь относится Солнце, демонстрирует широкие возможности простого преобразования этого вида энергии в тепловую энергию, которая может успешно использоваться для обеспечения различных технологических, отопительных и бытовых потребностей. Введение в эксплуатацию солнечных установок улучшает экологическую ситуацию района потребления тепловой энергии за счет снижения объемов выбросов загрязняющих веществ, к которым относятся продукты сгорания традиционных видов энергии – органического топлива, используемого для производства тепловой энергии в котельных установках. Поступление солнечной энергии на территорию Украины для разных сезонов года и регионов по данным работы [1] составляет примерно от 290 до 1200 (Вт·ч)/м². При этом максимальное солнечное излучение наблюдается на побережье Черного и Азовского морей, где по данным метеорологических наблюдений среднегодовое количество солнечных дней составляет 250. Поэтому развитие и совершенствование нетрадиционных способов получения тепловой энергии, внедрение солнечных установок для получения тепловой низкопотенциальной энергии, которая используется для горячего водоснабжения и отопления объектов различного назначения, а также улучшение экологической обстановки региона, в котором используются солнечные установки, являются актуальными задачами.

Несмотря на сравнительно простой принцип работы солнечных коллекторов, разработано большое количество конструктивных решений по их изготовлению с использованием различных материалов. В большинстве случаев при изготовлении солнечных коллекторов, которые, как правило, предназначены для конкретных геолиттехнических установок и отличаются по технологическим, эксплуатационным и технико-экономическим параметрам, используются следующие материалы: обычный черный металл,

нержавеющая сталь, алюминий, медь, а также полимерные покрытия [2].

В технической литературе приведено много экспериментальных исследований работы солнечных коллекторов, изготовленных из разных металлов, в разных регионах с разной солнечной активностью. Однако обобщающих зависимостей, которые описывают взаимосвязь основных параметров эффективности солнечных установок для коллекторов, изготовленных из полимерных материалов: зависимость удельной плотности теплового потока от температуры теплоносителя и времени суток работы солнечной установки при разных расходах теплоносителя; зависимость коэффициента полезного действия от удельной плотности теплового потока при разных расходах теплоносителя в коллекторе; зависимость максимального коэффициента полезного действия от максимальной удельной плотности теплового потока при разных расходах теплоносителя, мы не встречали.

Нами был выполнен анализ проведенных натурных испытаний для такой конструкции солнечного коллектора, где было использовано пленочное полимерное покрытие (полиэтилен) [3]. Такое эластичное пленочное покрытие было применено в одноконтурной плоско–капиллярной солнечной установке безнапорного типа, построенной в 2002 году в одном из пансионатов Крыма [4]. Рассмотренный солнечный коллектор выполнен из полиэтиленовой пленки черного матового цвета [5] специальной конструкции, которая уложена в теплоизолированный со всех сторон пенополистиролом толщиной 30 мм металлический корпус. Площадь тепловоспринимающей поверхности равна 210 м². Сверху коллектор покрыт оконным стеклом толщиной 4 мм и фиксируется к корпусу с помощью прижимной планки. Испытания проводились при разных объемных расходах теплоносителя, в качестве которого применялась вода. Замеры проводились с помощью двух цифровых вольтметров со встроенными записывающими устройствами

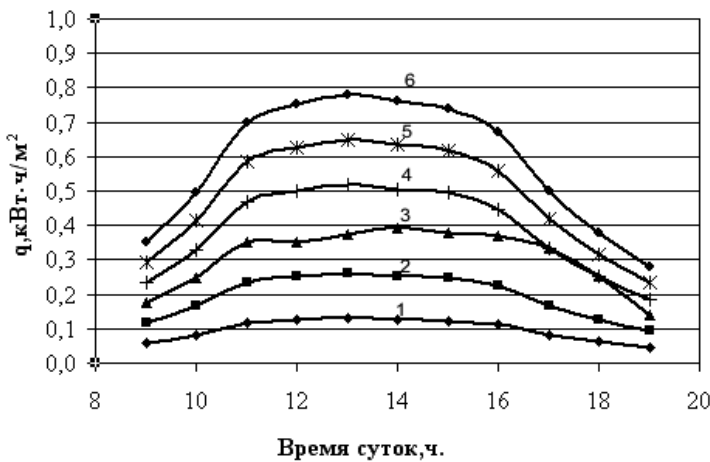


Рис. 1. Изменение удельной плотности теплового потока: 1 — $V = 0,5 \text{ м}^3/\text{ч}$; 2 — $1,0$; 3 — $1,5$; 4 — $2,0$; 5 — $2,5$; 6 — $3,0$.

Щ–68002, которыми оснащена система автоматизированного управления солнечной установкой. В качестве датчиков температуры были применены термодары. Конструкция солнечного коллектора позволяет производить ремонт по секционно, не отключая всей установки. А в случае закупоривания проходных сечений коллектора накипью, которая образуется в каналах, т.к. температура теплоносителя повышается до $85 \text{ }^\circ\text{C}$, коллектор отключается автономно, очищается и устанавливается на прежнее место или заменяется новым коллектором. Полимерная пленка, рецептура которой разработана нами, выдерживает высокую температуру, солнечную радиацию, кислород воздуха, влагу, промышленные газы и др. в течение продолжительного времени без значительного изменения внешнего вида, а также эксплуатационных свойств (физико-механических, физико-химических и др.).

В настоящей статье рассматривается вопрос обобщения экспериментальных данных, полученных для различных расходов теплоносителя с целью получения зависимостей: удельной плотности теплового потока от температуры теплоносителя в коллекторе, времени работы установки в течение светового дня и расхода теплоносителя; коэффициента полезного действия от удельной плотности теплового потока при различных расходах теплоносителя; максимального коэффициента полезного действия от максимальной удельной плотности теплового потока при разных расходах теплоносителя.

Одной из основных характеристик эффективности работы солнечного коллектора является изменение удельной плотности теплового потока, которое представлено на рис. 1.

Нами был выполнен анализ экспериментальных данных при изменении расхода V теплоносителя от $0,5$ до $3,0 \text{ м}^3/\text{ч}$ и получены обобщающие зависимости вида $q = f(T, t)$ при $V = \text{const}$. При анализе экспериментальных данных с целью представления в аналитическом виде функциональной зависимости, т. е. в подборе формулы, описывающей результаты эксперимента, были использованы возможности надстройки среды Excel (пакет анализа), а именно регрессионный анализ [6, 7]. Инструменты регрессионного анализа позволяют анализировать большие совокупности данных не только для получения основных статистических характеристик и построения, соответствующих кривых зависимости (линии регрессии) для визуальной оценки, но и найти уравнение, которое наилучшим образом отображает множество данных, которые математически описывают влияние ряда независимых переменных на ожидаемый результат.

Ниже приведены функциональные зависимости вида $q = f(T, t)$ для фиксированных значений V . Номера в скобках соответствуют номерам на кривых рис. 1.

$$q = 0,010339 \cdot 1,027805^T \cdot 1,01145^t \quad (1)$$

$$q = 0,02069 \cdot 1,021806^T \cdot 1,011405^t \quad (2)$$

$$q = 0,026081 \cdot 1,02701^T \cdot 1,032366^t \quad (3)$$

$$q = 0,041415 \cdot 1,021796^T \cdot 1,011428^t \quad (4)$$

$$q = 0,051707 \cdot 1,027809^T \cdot 1,011443^t \quad (5)$$

$$q = 0,06211 \cdot 1,0278^T \cdot 1,011416^t \quad (6)$$

Еще одной характеристикой эффективности работы солнечного коллектора является изменение коэффициента полезного действия, которое представлено на рис. 2.

Нами был выполнен анализ экспериментальных данных, представленных на рис. 2, и получены обобщающие зависимости вида $\eta = f(q)$ при

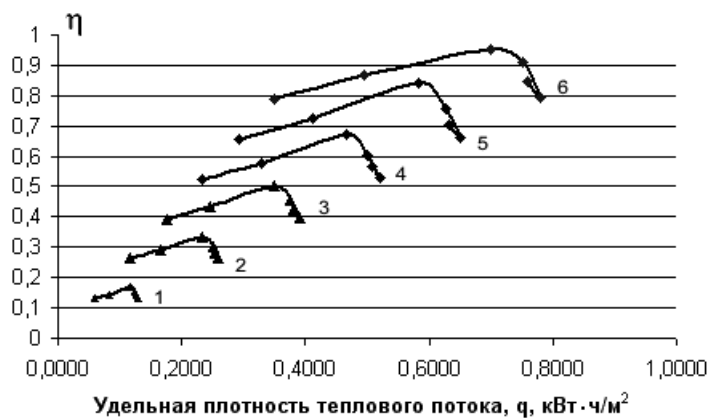


Рис. 2. Изменение коэффициента полезного действия при V ($\text{м}^3/\text{ч}$) = const:

1 – $V = 0,5 \text{ м}^3/\text{ч}$; 2 – 1,0; 3 – 1,5; 4 – 2,0; 5 – 2,5; 6 – 3,0.

$V = \text{const}$. Номера в скобках соответствуют номерам на кривых рис. 2.

Ниже приведены уравнения, которые описывают $\eta = f(q)$ при $V = \text{const}$:

$$\eta = 0,68 - 1022q^3 + 264,99q^2 - 21,4q \quad R^2 = 0,98 \quad (7)$$

$$\eta = 1,3 - 255,04q^3 + 132,45q^2 - 21,39q \quad R^2 = 0,98 \quad (8)$$

$$\eta = 2,04 - 113,45q^3 + 88,28q^2 - 21,4q \quad R^2 = 0,98 \quad (9)$$

$$\eta = 2,72 - 63,83q^3 + 66,22q^2 - 21,4q \quad R^2 = 0,98 \quad (10)$$

$$\eta = 3,4 - 40,8q^3 + 52,92q^2 - 21,38q \quad R^2 = 0,98 \quad (11)$$

$$\eta = 2,95 - 19,72q^3 + 30,94q^2 - 14,34q \quad R^2 = 0,95 \quad (12)$$

где R^2 – коэффициент корреляции.

Как видно при анализе коэффициентов корреляции, погрешность расчетов не превышает 5 %. Выполнив анализ кривых на рис. 2, мы построили зависимость максимального коэффициента полезного действия от максимальной удельной плотности теплового потока при разных объемных расходах теплоносителя, которая представлена на рис. 3.

Как видно из рис. 3, зависимость максимального коэффициента полезного действия (η) от максимальной удельной плотности теплового потока (q) носит линейный характер и может быть представлена уравнением: $\eta = 1,37q + 0,018$, с коэффици-



Рис. 3. Изменение коэффициента полезного действия при разных объемных расходах V от 0,5 до 3,0 $\text{м}^3/\text{ч}$.

ентом корреляции $R^2 = 0,99$, что свидетельствует о том, что погрешность расчетов не превышает 1 %.

Выводы

1. Проведенные исследования показали, что для всех типов полимерных материалов при разных объемных расходах V от 0,5 до 3,0 $\text{м}^3/\text{ч}$ теплоносителя можно рассчитать удельную плотность теплового потока по условиям теплообмена на входе в коллектор; максимальный коэффициент полезного действия по максимальной удельной плотности теплового потока и расходу теплоносителя.

2. Натурные испытания показали, что коллектор из полимерного материала наиболее полно поглощает теплоту солнечного излучения, это приводит к нагреву теплоносителя до более высоких температур (85 °С) по сравнению с конструкциями солнечных коллекторов, изготовленных из разных металлов (63 °С).

3. Применение солнечных коллекторов из полимерных материалов позволяет уменьшить себестоимость получаемой тепловой энергии, материалоемкость солнечной установки, срок окупаемости солнечной установки; упростить схему ее работы; усовершенствовать действующие солнечные установки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Концепция государственной энергетической политики Украины на период до 2020 г. // Информационное приложение. – 2001. – № 10, – 8 с.

2. *Даффи Дж., Бекман У.А.* Тепловые процессы с использованием солнечной энергии. – М.: Мир, 1977. – 420 с.

3. *Селихов Ю.А., Бухкало С.И., Воробьев В.М.* Вопросы энерго- и ресурсосбережения при использовании полимерных материалов в гелиосистемах // Интегровані технології та енергозбереження. – Харків: НТУ „ХПІ”, 2002. – №2. – С. 7–21.

4. *Селихов Ю.А., Ведь В.Е., Бухкало С.И., Костин В.М.* Конструкционные особенности увеличения эффективности работы гелиоустановок // Экотехнологии и ресурсосбережение – Киев: Типография НАН Украины, 2004. – № 3. – С. 70–75.

5. *Селихов Ю.А., Воробйов В.М., Дюжев В.Г., Бухкало С.И.* Геліоводонагрівник // Патент на изобретение № 45263. – Бюл. № 11. – 15.11.2004.

6. *Додж М., Стинсон К.* Эффективная работа с Microsoft Excel 2000. – СПб.: Питер, 2001. – 1056 с.

7. *Товажнянский Л.Л., Зулин Б.Д., Коцаренко В.А.* Компьютерные технологии в инженерной химии. Информатика.: Учебн. пособие – Харьков: НТУ “ХПИ”, 2004. – 456 с.

Получено 30.11.2005 г.