

ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ СИСТЕМ СОЛНЕЧНОГО ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Селихов Ю.А., канд. техн. наук, доцент, Коцаренко В.А., канд. техн. наук, доцент,
Горбунов К.А., канд. техн. наук, доцент, Давыдов В.А., аспирант
Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт", г. Харьков

Получены обобщенные зависимости: удельной плотности теплового потока от температуры теплоносителя в солнечном 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 при изменении расхода теплоносителя V от 0,5 до 3,0 м³/ч.

The generalized dependences are got: to the specific closeness of thermal stream from the temperature of thermal transmitter in a sun collector, time of work of setting during a light day and expense of thermal transmitter; output-input ratio from the specific closeness of thermal stream; maximal output-input ratio from the maximal specific closeness of thermal stream at different by volume charges V from 0,5 to 3,0 m³/h.

Ключевые слова: коэффициент полезного действия, удельная плотность теплового потока, солнечный коллектор.

q – удельная плотность теплового потока, кВт/м²;

T – температура теплоносителя, К;

t – время суток, час;

V – объемный расход теплоносителя, м³/ч;

η – коэффициент полезного действия (КПД).

Постановка проблемы. Опыт по использованию естественных альтернативных возобновляемых источников энергии, к которым в первую очередь относятся 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 гелиотехнических установок и отличаются по технологическим, эксплуатационным и технико-экономическим параметрам, используются следующие материалы: обычный черный металл, нержавеющая сталь, алюминий, медь, а также используют полимерные покрытия [2].

Цель статьи. 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. Поэтому целью настоящей статьи является получение таких обобщающих зависимостей.

Результаты. 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 ЦЧ-68002, которыми оснащена система автоматизированного управления солнечной установкой. В качестве датчиков температуры были применены термопары. Конструкция солнечного коллектора позволяет производить ремонт посекционно, не отключая всей установки. А в случае закупоривания проходных сечений коллектора накипью, которая образуется в каналах, т.к. температура теплоносителя повышается до 90 °С, 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 (q) от температуры теплоносителя (T) в коллекторе, времени работы установки в течение светового дня (t) и расхода теплоносителя (V); коэффициента полезного действия (η) от удельной плотности теплового потока (q) при различных расходах теплоносителя (V); максимального коэффициента полезного действия (η) от максимальной удельной плотности теплового потока при разных расходах (V) теплоносителя.

Нами был выполнен анализ экспериментальных данных при изменении расхода V теплоносителя от 0,5 до 3,0 м³/ч и получены обобщающие зависимости вида $q = f(T, t)$ при $V = const$. 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]. 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 .

$$V = 0,5 \text{ м}^3/\text{ч} \quad q = 0,010339 \cdot 1,027805^T \cdot 1,01145^t \quad (1)$$

$$V = 1,0 \text{ м}^3/\text{ч} \quad q = 0,02069 \cdot 1,021806^T \cdot 1,011405^t \quad (2)$$

$$V = 1,5 \text{ м}^3/\text{ч} \quad q = 0,026081 \cdot 1,02701^T \cdot 1,032366^t \quad (3)$$

$$V = 2,0 \text{ м}^3/\text{ч} \quad q = 0,041415 \cdot 1,021796^T \cdot 1,011428^t \quad (4)$$

$$V = 2,5 \text{ м}^3/\text{ч} \quad q = 0,051707 \cdot 1,027809^T \cdot 1,011443^t \quad (5)$$

$$V = 3,0 \text{ м}^3/\text{ч} \quad q = 0,06211 \cdot 1,0278^T \cdot 1,011416^t \quad (6)$$

Еще одной характеристикой эффективности работы солнечного коллектора является изменение коэффициента полезного действия. Нами был выполнен анализ экспериментальных данных и получены обобщающие зависимости вида $\eta = f(q)$ при $V = const$.

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

$$V = 0,5 \text{ м}^3/\text{ч} \quad \text{КПД}(\eta) = 0,68 - 1022q^3 + 264,99q^2 - 21,4q \quad R^2 = 0,98 \quad (1)$$

$$V = 1,0 \text{ м}^3/\text{ч} \quad \text{КПД}(\eta) = 1,3 - 255,04q^3 + 132,45q^2 - 21,39q \quad R^2 = 0,98 \quad (2)$$

$$V = 1,5 \text{ м}^3/\text{ч} \quad \text{КПД}(\eta) = 2,04 - 113,45q^3 + 88,28q^2 - 21,4q \quad R^2 = 0,98 \quad (3)$$

$$V = 2,0 \text{ м}^3/\text{ч} \text{ КПД}(\eta) = 2,72 - 63,83q^3 + 66,22q^2 - 21,4q \quad R^2 = 0,98 \quad (4)$$

$$V = 2,5 \text{ м}^3/\text{ч} \text{ КПД}(\eta) = 3,4 - 40,8q^3 + 52,92q^2 - 21,38q \quad R^2 = 0,98 \quad (5)$$

$$V = 3,0 \text{ м}^3/\text{ч} \text{ КПД}(\eta) = 2,95 - 19,72q^3 + 30,94q^2 - 14,34q \quad R^2 = 0,95 \quad (6)$$

где R^2 – коэффициент корреляции.

Как видно при анализе коэффициентов корреляции погрешность расчетов не превышает 5 %. Выполняв анализ зависимостей $\eta = f(q)$, мы построили зависимость максимального коэффициента полезного действия от максимальной удельной плотности теплового потока при разных объемных расходах теплоносителя от 0,5 до 3,0 м³/ч. Эта зависимость носит линейный характер и может быть представлена уравнением:

$$\text{КПД}(\eta) = 1,37 q + 0,018 \quad R^2 = 0,99,$$

это показывает, что погрешность расчетов не превышает 1 %.

Выводы

1. Для всех типов полимерных материалов получены обобщающие зависимости: удельной плотности теплового потока от температуры теплоносителя в коллекторе, времени работы установки в течение светового дня; коэффициента полезного действия от удельной плотности теплового потока; максимального коэффициента полезного действия от максимальной удельной плотности теплового потока. Зависимости получены при разных объемных расходах V от 0,5 до 3,0 м³/ч теплоносителя. Максимальная погрешность проведенных расчетов не превышает 5 %.

2. Натурные испытания показали, что коллектор из полимерного материала наиболее полно поглощает тепло солнечного излучения, это приводит к нагреву теплоносителя до более высоких температур (90 °C) по сравнению с конструкциями солнечных коллекторов, изготовленных из разных металлов (63 °C).

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. Селихов Ю.А., Ведь В.Е., Бухало С.И., Костин В.М. Конструкционные особенности увеличения эффективности работы гелиоустановок. Экотехнологии и ресурсосбережение. – Киев: Типография НАН Украины, № 3, 2004. – С. 70–75.
2. Геліоводонагрівник. Патент України № 75178, Бюл. № 3, 2006
3. Полімерна композиція. Патент України № 72078 А, Бюл. № 1, 2005
4. Даффи Дж., Бекман У.А. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии. – М: Мир, – 1977. – 420 с.
5. Додж М., Стинсон К. Эффективная работа с Microsoft Excel 2000. – СПб.: Питер, 2001. – 1056 с.
6. Коцаренко В.О., Селіхов Ю.А., Горбунов К.О. Розрахунки в середовищі Excel: навч. посіб. – Харків: Вид-во «Підручник НТУ «ХПІ», 2011. – 272 с.