

2. Ризниченко Г.Ю. Математические модели в биофизике и экологии. – М.: Институт компьютерных исследований, 2003. – С. 15–18.

3. AnyLogic. [Электронный ресурс]. – Заглавие с экрана. Режим доступа: <https://www.anylogic.ru/>.

4. Киселев В.Б. Рекуррентный анализ – теория и практика // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – СПб., 2006. – №29. – С. 118–127.

УДК 662.997; 004.94

**Моделирование тепловых процессов с использованием
солнечной энергии в климатических условиях
Алтайского края**

О.А. Ефремова
АлтГУ, г. Барнаул

В последние годы в мире значительно возрос интерес к технологиям возобновляемых источников энергии (ВИЭ), особенно к технологиям преобразования солнечной энергии в тепловую и электрическую энергию [1–4].

Первые законодательные шаги в России по развитию энергоснабжения на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ) были предприняты в 2008 г. В 2009 г. утверждены основные направления государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования ВИЭ на период до 2020 г.

В связи с актуальностью теоретического исследования и практического внедрения систем солнечного теплоснабжения в энергетический рынок возникла необходимость оценить экономическую эффективность применения солнечных установок в реальных климатических условиях Алтайского края с использованием динамической имитационной модели, описывающей процессы, происходящие в системе солнечного теплоснабжения.

Схема простейшей солнечной водонагревательной установки представлена на рисунке 1. Установка состоит из солнечного коллектора и теплообменника-аккумулятора. Через солнечный коллектор циркулирует теплоноситель (специальный антифриз). Теплоноситель нагревается в солнечном коллекторе энергией солнца и отдает затем тепловую энергию воде через теплообменник. В баке-аккумуляторе хранится горячая вода до момента ее использования.



Рисунок 1 – Схема солнечной водонагревательной установки

Для многих задач проектирования солнечных установок и оценки их производительности необходимо вычислить энергию излучения, падающего на наклонную поверхность солнечного коллектора, на основе данных о солнечном излучении, поступающем на горизонтальную поверхность [5]. Это можно сделать, например, с помощью следующего уравнения:

$$R = \frac{H_T}{H} = \frac{H_b}{H} R_b + \frac{H_d}{H},$$

где H_b – прямая, H_d – рассеянная составляющие солнечной радиации, приходящей на горизонтальную поверхность, R_b – отношение прямого излучения на наклонную поверхность к соответствующему излучению на горизонтальную поверхность.

Для изучения работы коллектора при переменных условиях необходимо определить зависимость его мгновенных характеристик от метеорологических и режимных факторов. Режим работы солнечного коллектора описывается следующим уравнением, которое расчленяет энергию солнечной радиации на полезную энергию и потери:

$$Q_u = F_R A \left[I_T (\overline{\tau\alpha}) - U_L (T_{ex} - T_o) \right], \quad (1)$$

где Q_u – полезная энергия, отводимая из коллектора в единицу времени, Вт; A – площадь коллектора, m^2 ; F_R – коэффициент, связанный с эффективностью переноса тепла от пластины коллектора к жидкости, отводящей тепло; I_T – плотность потока суммарной солнечной радиации, падающего на единицу площади поверхности коллектора, $Вт/м^2$; $(\overline{\tau\alpha})$ – приведенная поглощательная способность, учитывающая результирующее влияние оптических свойств материалов коллектора; U_L – полный коэффициент тепловых потерь коллектора, $Вт/(м^2 \cdot ^\circ C)$; T_{ex} – температура жидкости на входе в коллектор, $^\circ C$; T_o – температура окружающей среды [6].

Уравнение для определения полезной энергии (1) можно использовать для расчета мгновенных характеристик коллектора. Оно может

использоваться в компьютерном моделировании для определения долговременной работы системы путем вычисления сбора энергии в течение коротких (например, часовых) промежутков времени, и последующего вычисления месячных или годовых сумм.

Температуру воды в баке-аккумуляторе к концу расчетного промежутка времени можно определить по уравнению

$$T_{\text{конечн}} = T_{\text{нач}} + \frac{\Delta T}{mC_p} [Q_u - L - U_L A (T_{\text{нач}} - T_o)],$$

где L – поток энергии, отводимой к потребителю, m – масса воды в баке, $T_{\text{нач}}$ температура воды в начале этого промежутка времени, C_p – удельная теплоемкость воды [3].

Расчет системы солнечного теплоснабжения на основе использования климатической информации, с учетом характеристик применяемого оборудования позволяет определять их основные параметры – коэффициент замещения нагрузки (доля солнечной энергии в покрытии нагрузки) за некоторый рассматриваемый период, полезную теплопроизводительность установки за этот период, оптимизировать площадь солнечных коллекторов в установке и вычислить оптимальный угол наклона.

Модель системы солнечного теплоснабжения разработана и реализована с помощью программного обеспечения AnyLogic. Входными параметрами имитационной модели системы солнечного теплоснабжения являются: температура воздуха, продолжительность солнечного сияния, площадь солнечного коллектора, угол наклона коллектора к горизонту. Выходные данные: полезная энергия, отводимая из коллектора в единицу времени, температура воды в баке-аккумуляторе к концу расчетного периода.

На рисунке 2 приведена зависимость мощности коллектора от потока солнечной радиации и температуры окружающего воздуха.

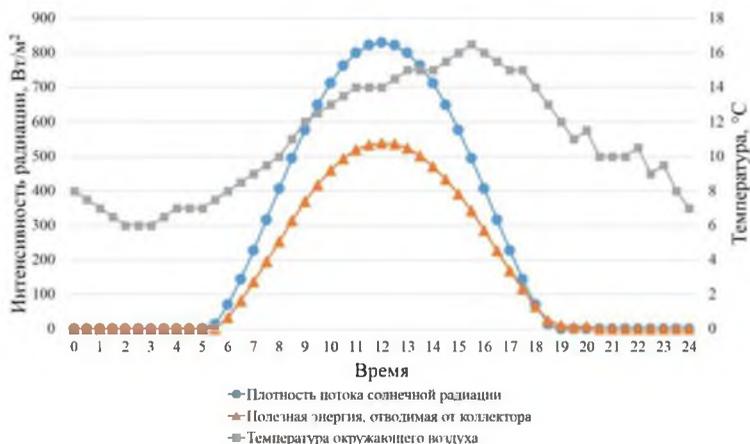


Рисунок 2 – Зависимость мощности коллектора от потока солнечной радиации и температуры окружающего воздуха

Библиографический список

1. Бастрон, А.В. Теоретические модели поля солнечной радиации и результаты исследований солнечного водонагревателя в климатических условиях красноярского края // Вестник КрасГАУ. – 2008. – №4.
2. Бутузов, В.А. Солнечное теплоснабжение в мире // Новости теплоснабжения. – 2014. – №1.
3. Duffie J.A., Beckman W.A. Solar Engineering of Thermal Processes. – New Jersey, 2013.
4. Sun energy / Sun energy. 2011. – Режим доступа: <http://www.sunenergys.ru>. – (дата обращения: 18.05.2017).
5. Гриценко А.А., Рудова Л.Н., Сукачева В.В., Хворова Л.А. Моделирование радиационного режима // Известия Алтайского государственного университета. – 1999. – №1.
6. Duffie J.A., Beckman W.A. Solar heating design. – New York, 1977.

УДК 51-76.57.036

Исследование модели фотосинтеза

В.В. Журавлева, В.В. Казаев

АлтГУ, г. Барнаул

Фотосинтез – сложный многоступенчатый процесс, продукты которого дают энергию для роста и развития растений. Побочным эффек-