

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛОСКОГО СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ

Пань Янян

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Юрченко А.В., д.т.н., профессор кафедры
информационно-измерительной техники

Солнечная энергетика является одной из отраслей применения плоского коллектора. Для солнечной энергоустановки с конденсорным устройством, оценка работоспособности коллектора особенно необходима. В данной работе представлены плоский солнечный коллектор новой конструкции и модель для инженерного расчета коэффициента теплопередачи. Разработаны аналитическое выражение и экспериментальный метод для определения коэффициента теплопередачи.

Проектированный коллектор имеет две теплопередающие поверхности. Внешний вид данного коллектора является плоской коробкой (Рис.1), внутри установлены ограждающие стенки.

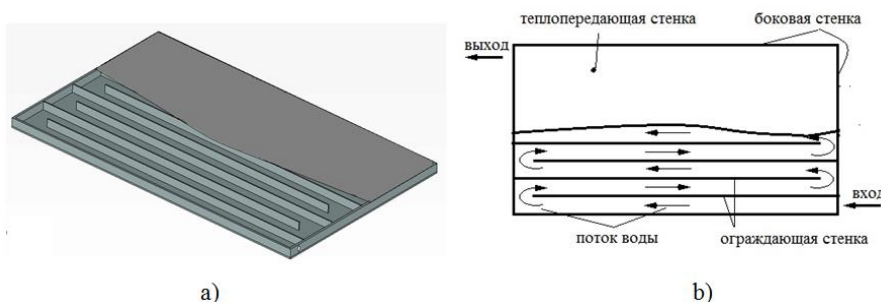


Рис .1. Конструкция плоского коллектора (а), режим работы коллектора (б).

Механизм теплопередачи коллектора показан на рис.2

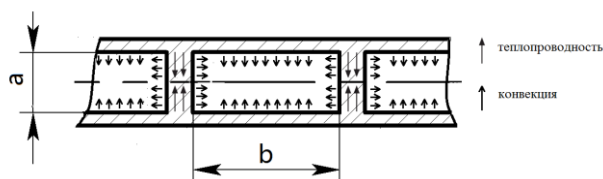


Рис.2.Механизм теплопередачи коллектора (боковой разрез)

Режим течения потока определяется числом Рейнольдса – Re [1]:

$$Re = \frac{U_{\infty} \cdot D}{\nu}$$

Для канала с прямоугольным сечением:

$$D = \frac{4 \cdot A_c}{P_n} = \frac{4 \cdot a \cdot b}{2 \cdot (a + b)}$$

где A_c - площадь поперечного сечения канала U_∞ - скорость потока (m/s); D - гидравлический диаметр (m); ν – коэффициент кинематической вязкости жидкости (m^2/s); P_n – смоченный периметр; При $Re < 2300$, поток является ламинарным; при $Re > 2300$, поток является турбулентным.

Для ламинарного потока, число Нуссельта- Nu описывается выражением[2]:

$$Nu = \frac{h \cdot D}{k_{ж}} \quad (1)$$

где h - коэффициент теплообмена между жидкостью и стенкой канала; $k_{ж}$ – коэффициент теплопроводности жидкости.

В эксплуатации, температурное поле в ограждающей стенке симметричное относительно положения $x=a/2$. Поэтому можно анализировать участок $0 < x < a/2$, как показано на рис.5

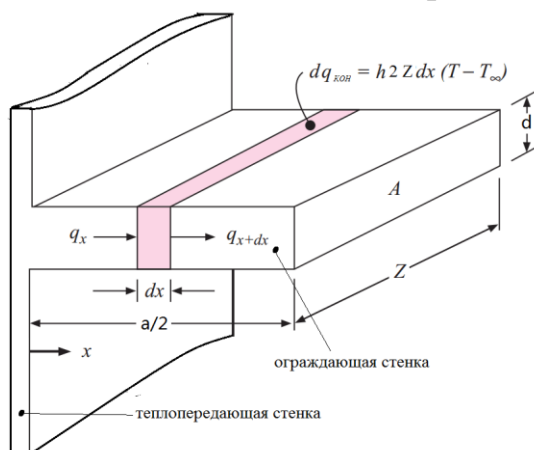


Рис.3.Механизм теплообмена в ограждающей стенке

На ограждающей стенке возьмём элементарный участок в качестве объекта исследования (рис.5)[3]. Применяя тепловой баланс

$$q_x - q_{x+dx} = dq_{кон}, \text{ получим:}$$

$$\frac{d^2 T}{dx^2} - \frac{2 \cdot Z \cdot h}{k \cdot A} \cdot (T - T_\infty) = 0 \quad (2)$$

При $x=0$, есть граничное условие:

$$T(0) = T_n \quad (3)$$

где T_n – температура теплопередающей стенки.

При $x = a/2$, есть граничное условие:

$$\frac{dT(a/2)}{dx} = 0 \quad (4)$$

Из формулы 1 - 4, получаем тепловой поток через ограждающую стенку:

$$q_o = \sqrt{2 \cdot Z \cdot k \cdot A \cdot h} \cdot (T_{\text{п}} - T_{\infty}) \cdot \tanh\left(\sqrt{\frac{2 \cdot Z \cdot h}{k \cdot A}} \cdot \frac{a}{2}\right) \quad (5)$$

где \tanh - гиперболический тангенс; Z - длина ограждающей стенки; h – коэффициент конвективного теплообмена; k - коэффициент теплопроводности материала стенки; $T_{\text{п}}$ - температура теплопередающей стенки; T_{∞} - температура обтекающей жидкости; $A = d \cdot Z$.

Аналогично, можно получать тепловой поток через боковую стенку- q_b и тепловой поток через теплопередающую стенку- $q_{\text{п}}$. Коэффициент теплопередачи между теплопередающей стенкой и теплоносителем находится выражением:

$$K = \frac{\sum q}{A_{\text{п}} \cdot (T_{\text{п}} - T_{\infty})} \quad (6)$$

где $\sum q$ - суммарный поток тепла через теплопередающую стенку.

Коэффициент K применяется для оценки эффективности и других показателей коллектора[4]. Вводя параметры коллектора в формулы, получаем теоретическое значение коэффициента: $K=265 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

По вышеуказанной модели задали граничные условия, выполнили визуализацию температурного поля (рис.6.a) и распределения плотности теплового потока (рис.6.b).

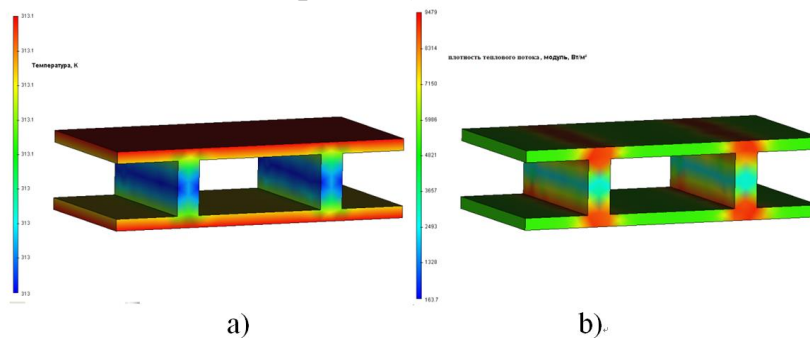


Рис.4. Температурное поле(a) и плотность теплового потока(b)

Коэффициент - K можно находить и экспериментальным путем, установка для нахождения этого коэффициента показана на рис.7.

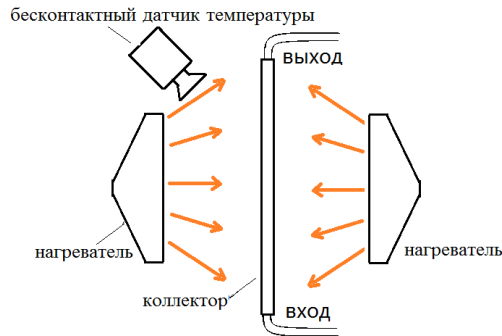


Рис.5. Экспериментальная установка

Коэффициент K можно находить по формуле[4]:

$$K = \frac{f \cdot \rho \cdot C \cdot (T_{\text{ВЫХ}} - T_{\text{ВХ}})}{2 \cdot A_{\text{П}} \cdot (T_{\text{П}} - \frac{T_{\text{ВХ}} + T_{\text{ВЫХ}}}{2})}$$

где f – расход воды; ρ - плотность воды; C - удельная теплоёмкость воды; $T_{\text{ВХ}}$ - температура входной воды; $T_{\text{ВЫХ}}$ - температура выходной воды.

Тестировали коллектор при разных расходах теплоносителя, применяя вышеуказанную установку. при холодной входной воде (15-20°C) и горячей входной воде(45-50°C).

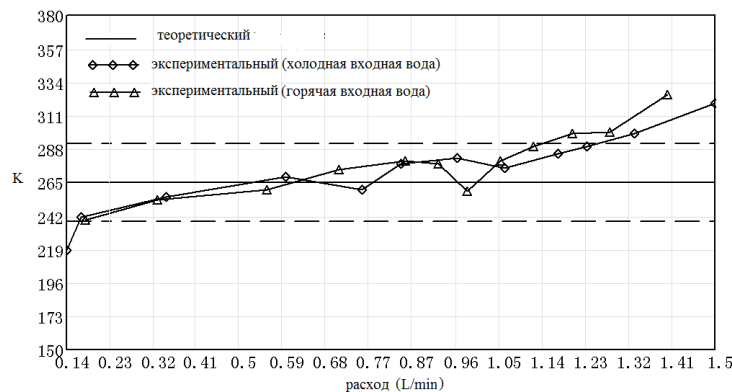


Рис.6. Коэффициент теплопередачи между теплоносителем (водой) и теплопередающей стенкой от расхода

С помощью настоящей модели можно описывать механизм теплообмена с удовлетворительной точностью при определенном условии. Данный тепловой коллектор является эффективным средством для поглощения тепла при проектировании гибридной солнечной батареи.

Список информационных источников

1. Incropera, F. P. "Fundamentals of heat and mass transfer." (2007).p-487.

2. J.P, Holman. Heat Transfer, Tenth Edition. McGraw-Hill Companies, Inc, 2010. P. 284-285, P. 45.

3. Ji, Jie, et al. "Effect of fluid flow and packing factor on energy performance of a wall-mounted hybrid photovoltaic/water-heating collector system." Energy and Buildings 38.12 (2006): 1380-1387.

4. Y. A. Cengel, Heat Transfer: A Practical Approach, 2nd ed., McGraw-Hill, 2003, P. 428

СТАБИЛИЗАТОР ТЕМПЕРАТУРЫ С АВТОПОДСТРОЙКОЙ ПАРАМЕТРОВ

Петухов Т.Д.

Томский политехнический университет г. Томск

*Научный руководитель: Пестунов Д.А., к.т.н., доцент кафедры
промышленной и медицинской электроники*

Качество работы практически всех сложных электронных приборов, используемых в промышленности, в науке или в медицине, а особенно тех, где имеют место измерения каких-либо величин, зависит от внешних условий. Часто значительное влияние на функционирование электронных систем оказывают колебания температуры. Не всегда искажения, вносимые температурой, удается компенсировать с помощью математического аппарата, и поэтому для обеспечения заданных характеристик электронные устройства оснащаются термостабилизаторами. Размеры и материал термостатируемого объекта, расположение датчиков и нагревателей (холодильников), условия эксплуатации и др. факторы оказывают влияние на качество стабилизации и на тип используемой системы термостатирования. Изготовление и настройка термостатов задача трудоемкая и в большинстве случаев требуется "индивидуальный подход" к различным типам объектов термостатирования. Таким образом возникла необходимость создания системы управления (СУ) нагревательными (охладительными) элементами, в основе которой заложены адаптационные или самообучаемые алгоритмы расчета параметров выходных сигналов.

В данной работе рассматривается возможность применения искусственной нейронной сети к задаче термостатирования.