

ванная числовая плотность молекул примеси в области, ограниченной сверху кривой 2, больше 10^{-2} [1].

Список литературы

1. Катков В.Л. Математическое моделирование ветрового переноса загрязнений / В.Л.Катков. – Минск: Изд-во БГУ, 2005. – 88 с.
2. Котов Г.В. Моделирование распространения облака примесей под действием ветра в приземленном слое / Г.В.Котов, С.П.Фесенко. // Инженерно-физический журнал. – 2011. – Т. 84, №3. – С. 535 – 539.
3. Лазеров Н.П. Топливо-энергетические ресурсы / Н.П.Лазеров // Вестник РАН. – 2006. – №5. – С. 398 – 408.
4. Монин А.С. Атмосферная диффузия / А.С.Монин. // Успехи физических наук. – М. 1959. – К. 1. – С. 119 – 130.
5. Монин А.С. Безразмерные характеристики в приземном шаре атмосферы / А.М.Монин, А.М.Обухов. // Докл. АН СССР, 1993. – №2. – С. 223 – 226.
6. Монин А.М. Новое о климате / А.А.Брестов, А.М.Монин. // Вестник РАН. – 2005. Т. 75, – №2. – С. 126 – 138.

Наведено математичну модель тривимірного турбулентного потоку. Викладено метод аналізу поширення в атмосфері техногенних домішок під дією вітру.

Турбулентний потік, міжфазовий потік, метод Галеркіна, поширення домішок, поширення хмар.

A mathematical model of three-dimensional turbulent flow. A method for analyzing the propagation of man-made contaminants in the atmosphere by the wind.

Turbulent flow, interphase flow, Galerkin method, distribution of impurities, distribution of clouds.

УДК 621.47: 677.057

ХАРАКТЕРИСТИКИ СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА ИЗ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

***И.К.Жмакин, кандидат технических наук
Всероссийский научно-исследовательский институт
электрификации сельского хозяйства, г. Москва
Л.И. Жмакин, доктор технических наук
А.А. Крюков, кандидат технических наук
Московский государственный университет дизайна
и технологии, г. Москва***

Описан солнечный коллектор для нагрева воды, абсорбер которого изготовлен из водостойкой ткани с полимерным покрытием. Проведены экспериментальные исследования его теплотехнических характери-

стик. Получены опытные данные по коэффициентам потерь тепла и эффективности этих коллекторов. Ряд характеристик коллектора определен с использованием математического моделирования.

Солнечный коллектор, водостойкая ткань, коэффициент потерь тепла, эффективность коллектора.

В настоящее время самой распространенной и освоенной технологией в солнечной энергетике является сезонное горячее водоснабжение с использованием плоских солнечных коллекторов [2]. В них вырабатывается низкопотенциальная теплота, что позволяет экономить энергоресурсы, снизить зависимость региона от привозного топлива и сократить выбросы вредных веществ в окружающую среду.

Цель исследований – разработка конструкции коллектора из современных текстильных и полимерных материалов.

Материалы и методика исследований. Как известно, основным элементом коллектора является водонаполненная панель (абсорбер), в которой происходит поглощение потока солнечного излучения и передача его теплоты жидкости. Нами был разработан и исследован опытный образец коллектора с панелью, изготовленной с помощью клеевой технологии из двух полотнищ водонепроницаемой тентовой ткани черного цвета с двухсторонним поливинилхлоридным покрытием. Использовалась ткань марки «Unisol – 630», выпускаемая южнокорейской фирмой «Hanwha». Она имела толщину $0,53 \pm 0,02$ мм и поверхностную плотность $630 \pm 0,4\%$ г/м², а её основой служили полиэстеровые нити 1100 дтекс. По данным изготовителя такая ткань работоспособна в диапазоне температур – 30...+70 °С и выдерживает давление воды до 3 бар. В процессе склеивания панели в ней формировалась система параллельных каналов (17 шт.) для движения жидкости и два гидравлических коллектора – раздающий и собирающий. В последних монтировались штуцеры для воды.



Рис. 1. Торцевой срез ткани

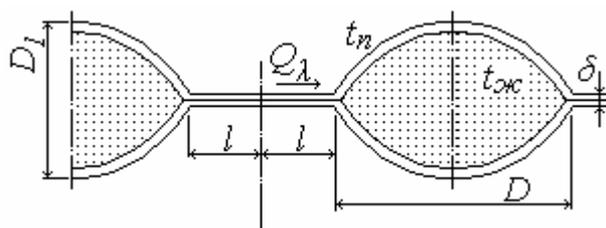


Рис. 2. Конфигурация каналов в тканевой панели

На рис. 1 показан торцевой срез водостойкой ткани при 100 – кратном увеличении, а на рис. 2 – конфигурация каналов в панели. Сечение канала формируют два круговых сегмента с размерами $D = 19$ мм и $D_1 =$

12 мм; каналы соединены ребрами с полудлиной $l = 6$ мм, толщина ребер $\delta = 1,06$ мм.

Площадь тканевой панели составляла $0,84 \text{ м}^2$; она имела размеры 1320×640 мм, сухую удельную массу $1,7 \text{ кг/м}^3$ и вмещала $4,4$ л воды. В экспериментах панель размещалась в теплоизолированном корпусе с прозрачным покрытием из листового сотового поликарбоната толщиной 4 мм. Поликарбонат непрозрачен для излучения с длинами волн $\lambda < 380$ нм и, тем самым, защищает текстильную панель от повреждения жестким ультрафиолетом. В видимой же области спектра его коэффициент пропускания достаточно высок и составляет $81,5\text{--}82\%$ [1].

Отказ от традиционных для солнечной энергетики материалов (металла и стекла) позволил нам существенно снизить удельную массу коллектора и повысить его ударостойкость при сохранении удовлетворительных теплотехнических характеристик, что подтвердили лабораторные испытания и эксперименты в натуральных условиях (г. Москва). Последние проводились с использованием квазистационарной методики на универсальном теплогидравлическом стенде с замкнутым контуром циркуляции теплоносителя. Автоматизированная система записи и обработки опытных данных, подключенная к персональному компьютеру, позволяла с заданной периодичностью регистрировать и архивировать результаты измерений. На стенде определяли мгновенные КПД коллекторов:

$$\eta = gc_p(t'' - t')/E, \quad (1)$$

которые аппроксимировали уравнениями Уиллера и Уиллера-Хоттеля-Блисса [6]:

$$\eta = F_R\eta_0 - F_RU_L \frac{t' - t_0}{E} = A_1 - B_1t_1^*, \quad (2)$$

$$\eta = F'\eta_0 - F'U_L \frac{0,5(t' + t'') - t_0}{E} = A_2 - B_2t_2^*, \quad (3)$$

где F_R и F' – коэффициент отвода тепла из коллектора и эффективность поглощающей панели; U_L – полный коэффициент потерь; E – плотность лучистого потока; $g = G/F_K$ – удельный расход теплоносителя (G – расход, F_K – площадь панели); c_p – теплоемкость воды; t' и t'' – ее температура на входе и на выходе; t_0 – температура окружающей среды; $\eta_0 = \tau\alpha$ – оптический КПД (произведение коэффициента пропускания покрытия и коэффициента поглощения панели); t^* – приведенная температура. Уравнения (2) и (3) устанавливают линейную связь между КПД и приведенной температурой при условии, что коэффициент потерь является постоянной величиной. В соответствии с действующими стандартами комплексы $A_1 = F_R\eta_0$; $A_2 = F'\eta_0$ и $B_1 = F_RU_L$; $B_2 = F'U_L$ являются основными параметрами теплотехнического совершенства солнечных коллекторов.

Результаты исследований. Регрессионные уравнения для мгновенных КПД коллекторов с текстильным абсорбером, полученные при натуральных испытаниях, имеют вид:

$$\eta = 0,69 - 6,37t_1^*;$$

$$\eta = 0,72 - 6,81t_2^*$$

Инструментальная погрешность измерений КПД не превышала 12 %, однако разброс опытных точек приводил к дополнительным ошибкам аппроксимации, составлявшим 5 – 7 %.

Для солнечного коллектора с текстильной панелью были проведены и независимые измерения коэффициентов тепловых потерь с использованием метода регулярного режима охлаждения [5]. Они проводились в лабораторном помещении при остывании коллекторов с отключенной циркуляцией жидкости. В опытах фиксировалась температура воды в панели в различные моменты времени. Из уравнения дифференциального теплового баланса коллектора можно получить следующее выражение для полного коэффициента потерь:

$$U_L = mc_p M_{ж} / F_k, \quad (4)$$

где $M_{ж}$ – масса воды в панели; m – темп ее охлаждения, определяемый при обработке соответствующих термограмм. Среднее значение коэффициента потерь для коллектора с тканевой панелью оказалось равным 5,77 Вт/м²гр, что на 10–15 % превышает потери отечественных коллекторов, не имеющих селективных покрытий [3, 4].

Методами математического моделирования [6] для текстильной панели солнечного коллектора были определены следующие характеристики:

- 1) эффективность ребра (при теплопроводности ткани 0,22 Вт/мК) $E_p = 0,73$;
- 2) рассчитаны распределения температуры по длине ребра;
- 3) эффективность текстильной панели коллектора $F' = 0,84$;
- 4) доля кондуктивного теплового потока Q_{λ} от ребер к жидкости в канале достигала 31 % общего энергопоступления.

При моделировании были также рассчитаны температуры воды на выходе из панели, а также выработка тепла коллектором при различных внешних условиях; определены коэффициенты потерь тепла в окружающую среду. Расчетные данные в пределах погрешности согласуются с найденными в экспериментах.

Выводы

Технико-экономические оценки показали, что затраты на комплектующие материалы для изготовления опытных образцов коллекторов с текстильными панелями составляют около 1400 руб. Это позволяет надеяться, что при массовом производстве их себестоимость не превысит 2000 руб/м². Применение таких коллекторов будет экономически оправдано у децентрализованных потребителей горячей воды, но лишь при условии замещения ими теплоты, вырабатываемой электрическими водонагревателями. К примеру, в средней полосе России по нашим расчетам они окупятся за два сезона эксплуатации.

Список литературы

1. Опыт разработки солнечного коллектора из теплостойких пластмасс / О.С. Попель, М.Ж. Сулейманов, С.Е. Фрид [и др.] // Теплоэнергетика. – 2008. – №12. – С. 6–8.

2. Солнечная энергетика / [Виссарионов В.И., Дерюгина Г.В., Кузнецова В.А., Малинин Н.К.]. – М.: Изд. дом МЭИ, 2008. – 276 с.

3. Сравнительный анализ показателей конструкций солнечных коллекторов зарубежного и отечественного производства. Новые технологические решения / О.С. Попель, С.Е. Фрид, В.Н. Щеглов [и др.] // Теплоэнергетика. – 2006. – №3. – С. 11– 15.

4. Тарнижевский Б.В. Технический уровень и освоение производства плоских солнечных коллекторов в России / Б.В. Тарнижевский, И.М. Абуев // Теплоэнергетика. – 1997. – №4. – С. 18–22.

5. Теория теплообмена / [под ред. Леонтьева А.И.] – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана. – 1997. – 683 с.

6. Duffie J.A, Beckman W.A. Solar Engineering of Thermal Processes, 2 Ed., J.Wiley & Sons, USA. – 1991. – 919 p.

Описано сонячний колектор для нагрівання води, абсорбер якого виготовлений з водостійкої тканини з полімерним покриттям. Проведено експериментальні дослідження його теплотехнічних характеристик. Отримані дослідні дані за коефіцієнтами втрат тепла та ефективності цих колекторів. Деякі характеристики колектора визначені з використанням математичного моделювання.

Сонячний колектор, водостійка тканина, коефіцієнт втрат тепла, ефективність колектора.

Describes a solar collector to heat water, the absorber is made of water-resistant fabric with a polymer coating. An experimental study of its thermal characteristics. Experimental data obtained from the coefficients of heat loss and efficiency of these collectors. A number of reservoir characteristics determined using mathematical modeling.

Solar collector, water-resistant fabric, the coefficient of heat loss, the efficiency of the collector.

УДК 621.3: 631.53.027.33

ДОСЛІДЖЕННЯ ШВИДКОСТІ ПОТОКУ ЗЕРНОВОЇ МАСИ В КАМЕРІ ОБРОБКИ ПРИ ВІБРАЦІЙНОМУ ВИТІКАННІ

**О.М. Берека, доктор технічних наук
О.В. Науменко, аспірант***

Розглянуто процес витікання зерна з камери обробки під дією сил тяжіння та штучної вібрації. Наведено залежності швидкості та часу витікання зерна від кута відкриття затвора під дією вібрації.

Зернова маса, швидкість витікання, час обробки, кут відкриття, вібрація, сильне електричне поле.

*Науковий керівник – доктор технічних наук, професор О.М. Берека

© О.М. Берека, О.В. Науменко, 2013