АНАЛИТИЧЕСКАЯ ФОРМУЛА ДЛЯ РАСЧЕТА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СОЛНЕЧНОГО ПАРАБОЛОЦИЛИНДРИЧЕСКОГО КОНЦЕНТРАТОРА

Analytical formula for calculation of the energetic characteristics of the Solar Parabolic Trough Collector

Возобновляемые источники энергии и гелиоматериаловедение, их прикладные аспекты

Акбаров Р.Ю., Уринбоев М.М., Кучкаров А.А., [1]Каххоров С.С

Институт Материаловедения НПО “Физика-Солнце” АН РУз

[1]Наманганский инженерно-технологический институт

100084, Ташкент, Бодомзор йули, 2Б , +998935820984, r.akbarov@inbox.uz

Высокопотенциальные системы концентрации должны иметь конфигурацию в форме поверхностей вращения второго порядка - параболоида, эллипсоида, гиперболоида или полусферы. В этом случае достигается высокая концентрация излучения. Наиболее эффективные концентраторы солнечного излучения имеют форму: цилиндрического параболоида; параболоида вращения; плоско-линейных зеркал Френеля. Большая часть солнечных преобразователей работает при температурах до 200^{o}С. Такие температуры легко достигаются в параболоцилиндрических концентраторах и плоско-линейных линзах Френеля. Например, максимальная концентрация в параболоцилиндрических концентраторах составляет 298.6, что достаточно высоко.

Солнечный параболоидный концентратор имеет наиболее высокую степень концентрации. Для практических расчетов можно использовать известную формулу Априсиси:

$$E_r = \left(\frac{180}{\pi}\right)^2 E_0 R_s h^2 \sin^2(U_m)\, e^{-cr^2}\ , \quad c = 3.283\cdot 10^3 \left(\frac{h}{p}\right)^2 (1+\cos U_m)^2$$

где $\boldsymbol{h}$ – мера точности концентратора (максимальное значение 4 град-1, $\boldsymbol{P}$ – фокальный параметр, $\boldsymbol{U_m}$ – угол раскрытия, $\boldsymbol{E_0}$ – падающая радиация и $\boldsymbol{R_S}$ – коэффициент отражения.

Рассмотрим случай параболоцилиндрического концентратора. Для такого концентратора также можно представить формулу, аналогичную формуле Априсиси для параболоидного концентратора.

В данной работе представлен вывод аналитической формулы для расчета энергетических характеристик параболоцилиндрического концентратора и соответствующая программа на платформе Windows .

В работе [1] представлена формула для максимальной концентрирующей способности параболоцилиндрических зеркал, которая имеет вид:

$$E_{\max} = 298{,}6\, E_0 R_s \sin(U_m)$$

Данная формула выведена для идеальной системы и для использования ее в реальной системы можно вводить некий корректирующий коэффициент ***К,*** учитывающий уменьшение этой величины (0 < К <=1). Тогда,

$$E_{\max} = 298{,}6\, K\, E_0 R_s \sin(U_m)$$

Значение ***К*** можно определить исходя из корректного численного расчета [2] или по результатам экспериментов для конкретной установки.

Рассмотрим вывод приближенной формулы для расчета распределения плотности энергии в фокальной зоне параболоцилиндрического концентратора. Пусть ***P*** – фокальный параметр, $\boldsymbol{U_m}$ – угол раскрытия, ***L*** – длина концентратора, ***К*** - корректирующий коэффициент, $\boldsymbol{E_0}$ – падающая радиация и $\boldsymbol{R_S}$ – коэффициент отражения. Тогда для входного потока энергии можно написать следующее выражение

$$W_{in} = 2\, P\, tg(\frac{U_m}{2})\, L\, E_0 R_s$$

Теперь предположим, что распределение плотности энергии в продольном сечении концентратора ***E(r)*** имеет форму распределения Гаусса, причем во всех сечениях одинаковую форму. Это не совсем соответствует действительности и является слабым местом данного моделирования процесса перераспределения энергии, но интуитивно понятно, что это существенного значения не имеет. Итак,

$$E(r) = E_{\max} \exp(-ar^2)$$

Теперь для W_{in} можно также написать следующую формулу

$$W_{in} = \iint E(r) dr dl$$

Здесь граничные значения r меняется в интервале от - ∞ до +∞, а *l* от *0* до ***L.***

С учетом вышеприведенных выражений имеем

$$W_{in} = 298{,}6\, K\, E_0 R_s \sin(U_m)\, L \int \exp(-ar^2)\, dr$$

Таким образом,

$$298{,}6\, K\, E_0 R_s \sin(U_m)\; L \int \exp(-ar^2)\, dr = 2\, P\, tg(\frac{U_m}{2}) L\, E_0 R_s$$

Или

$$298{,}6\,K\sin(U_m)\int \exp(-ar^2)\,dr = 2\,P\,tg(\frac{U_m}{2})$$

В этом выражении присутствует интеграл Гаусса, значение которого имеет рациональный вид:

$$\int_{-\infty}^{\infty} e^{-ax^2}\,\mathrm{d}x = \sqrt{\frac{\pi}{a}} \quad (a>0)$$

Таким образом,

$$298{,}6\,K\ \sin(U_m)\sqrt{\frac{\pi}{a}} = 2\,P\,tg(\frac{U_m}{2})$$

Отсюда

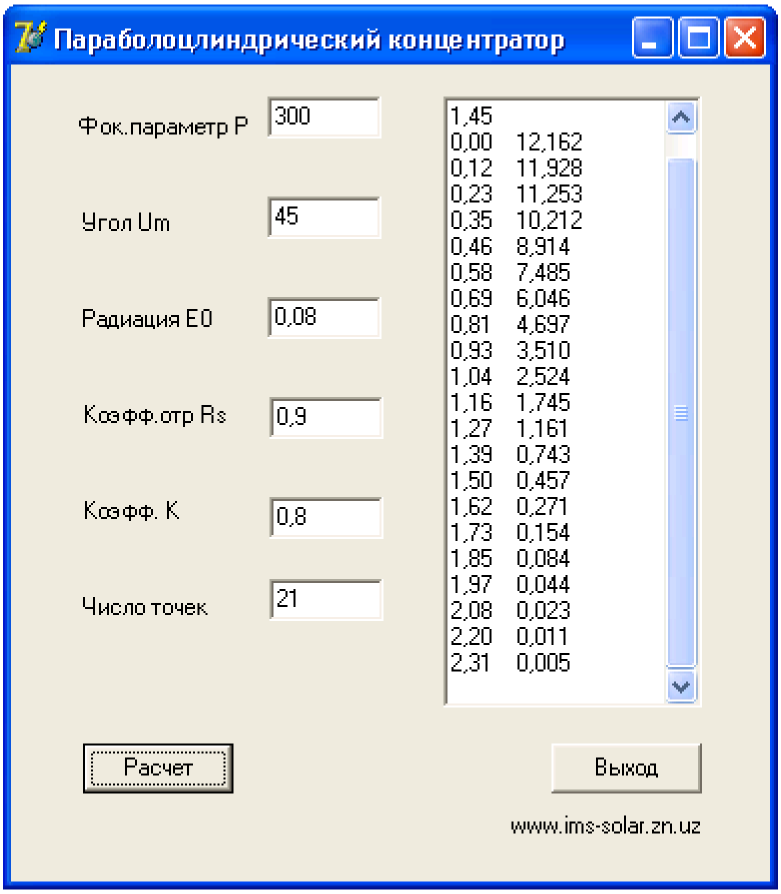
$$\sqrt{a} = \frac{298{,}6\,K\sin(U_m)\sqrt{\pi}}{2\,P\ tg(\frac{U_m}{2})}$$

Окончательно, ($298{,}6\sqrt{\pi}\,/\,2 = 264{,}63$)

$$E_{\max} = 298{,}6\,K\,E_0 R_s \sin(U_m)\exp\left(-\left[264{,}63\frac{K\sin(U_m)}{P\,tg(U_m\,/\,2)}r\right]^2\right)$$

Нами разработана программа на основе вышеприведенных математических соотношений в среде Windows с понятным интерфейсом.

На нижеследующем рисунке показан внешний вид рабочей программы:



Входными параметрами программы являются: фокальный параметр, угол раскрытия, радиация, коэффициент отражения, корректирующий коэффициент и число точек распределения.

Предложенную программу можно использовать при проектировании и эксплуатации солнечных параболоцилиндрических концентраторов.

Программу можно скачать на сайте института Материаловедения.

Литература

1.Р.А.Захидов, Ш.И.Клычев. Максимальная концентрирующая способность параболоцилиндрических зеркал. Гелиотехника, 1973, №4, стр.46-47.

2.Умаров Г. Я., Захидов Р. А., Ходжаев А. Ш. Распределение лучистого вектора в поле излучения параболоцилиндрического концентратора. Гелиотехника, 1976, №1. Стр. 27-32.