

Орозов Р.Н.

Исследование гелиоустановки с параболическим концентратором солнечного излучения

Использование солнечной энергии в наших условиях сопровождается некоторыми затруднениями. Основным фактором, лимитирующим использование солнечной энергии в наземных условиях, является непостоянство поступления солнечных лучей на поверхность земли.

Анализ траектории Солнца на небосводе и опыт практической эксплуатации гелиосистем свидетельствуют о том, что при их размещении в средних широтах наибольшее количество солнечной энергии приходится на средний временной диапазон дня, когда угол склонения по отношению к полуденному положению Солнца меняется в пределах 30 .. 60 угловых градусов.

При стохастическом изменении плотности энергии солнечных лучей, в зависимости от широты местности, амплитуды ее пульсируются в весьма широких пределах (от 100 до 1000 Вт/м²), что приводит к нарушению режимов работы, следовательно, к уменьшению среднесуточной производительности установки, а также надежности системы в целом.

В конструкциях гелиоустановки получаемую энергию можно увеличить путем концентрации солнечной энергии /1/. Одним из возможных вариантов концентрации является создание параболических конструкций концентратора солнечного излучения (КСИ) с коэффициентом концентрации, достигающим 100-кратного уровня. Такие конструкции требуют ориентации по углу склонения Солнца.

Неотъемлемой частью разрабатываемой нами гелиоустановки является система ориентации, задача которой непрерывное отслеживание положения Солнца и в соответствии с ним осуществление перемещения концентратора (или концентраторов) с целью удерживания заданного количества энергии с помощью подвижного приемника СИ в фокальной оси.

На солнечно-энергетических установках, предназначенных для различных целей /2,3/, не оценены изменения выходных параметров источников тепловой энергии (концентраторов), а также установок в целом при произвольных изменениях плотности энергии солнечных лучей. Поэтому данный вопрос представляет большой практический интерес.

В работе /2/ проведен сравнительный тепловой расчет гелиоустановки при условии равных площадей приемника солнечного излучения (СИ) и температурных параметров. Расчет продемонстрировал, что тепловая эффективность гелиоконцентраторов может быть значительно выше, чем у гелиоколлекторов за счет существенного уменьшения площади приемника СИ.

Поэтому в нашей разработке имеются механизмы изменения энергетических характеристик гелиоустановки с геометрически изменяемым параболическим концентратором, применяемой для получения тепловой и электрической энергии, в зависимости от произвольного изменения плотности энергии солнечных лучей, конструктивных параметров механизма подвижного теплоприемника ТП и программы для автоматизированного управления, а также геометрических параметров КСИ. Гелиоустановка содержит параболический концентратор с коэффициентом отражения $R_{\text{пк}}=0,72$ и отдельным подвижным ТП, установленным в фокальной оси КСИ.

КСИ гелиоустановки установлено на опорно-поворотное устройство, который посредством следящего устройства меняют свое положение в течение дня в соответствии с изменением угловых координат солнца в небе. Этим достигаются значительные снижения α и β дефокусировок КСИ гелиоустановки, если не учесть тех погрешностей, которые связаны с геометрической погрешностью γ в результате неточности изготовления концентратора и,

согласно /5/, задаются заводом-изготовителем параболического концентратора. Таким образом, в данном случае одним из факторов, существенно влияющий на α и β дефокусировки КСИ является геометрическая погрешность изготовления концентратора γ . Для реального концентратора суммарные угловые отклонения солнечных лучей зависят не только от γ , а также от угловой погрешности слежения за солнцем ψ и от углового радиуса солнечного диска φ_0 . Этот фактор в основном оказывает существенное влияние при неточном выборе фокусного расстояния ПК /1/. Поскольку в нашем случае применяется автоматически следящее устройство, то погрешностью, вызванной ψ , можно пренебречь.

Упрощенная технологическая схема и принципы работы рассматриваемой установки подробно изложены в работе /4/. Для проведения расчетов и установления графических зависимостей между отдельными параметрами установки была использована методика, изложенная в работе /2/, согласно которой степень концентрации может быть определена по следующей эмпирической формуле:

$$C = \frac{S_{КСИ}}{S_{П}}, \quad (1)$$

где $S_{КСИ}$ и $S_{П}$ — площади активных лучевоспринимающих поверхностей КСИ и подвижной ТП, соответственно.

Значения $S_{КСИ}$ и $S_{П}$ для ТП могут быть найдены из следующих уравнений:

$$\begin{aligned} S_{КСИ} &= 2r_{КСИ} \\ S_{П} &= \frac{2}{3}\pi r_{П}^2 K(U_0, \varphi_0, \gamma) \end{aligned} \quad (2)$$

где $r_{КСИ}$ - расстояние от произвольной крайней точки до плоскости симметрии КСИ; $r_{П}$ — радиус ТП; $K(U_0, \varphi_0, \gamma)$ - коэффициент, зависящий от угла раскрытия концентратора U_0 , углового радиуса солнечного диска φ_0 и геометрической погрешности γ .

Для конструкции КСИ с заданными параметрами U_0 , φ_0 , γ коэффициент K имеет конкретное значение и является постоянной величиной /3/, а как функция с тремя переменными этот коэффициент может быть найден из следующего выражения:

$$K = \frac{U_0 + 90^\circ - \varphi_0 - 2\gamma}{180} \quad (3)$$

При изменениях главного параметра U_0 от 0 до 90° значение K меняется в пределах $0,5 < K < 1,0$. Поскольку в нашем случае $U_0 = 60^\circ$; $\varphi_0 = 16'$ и по предварительным определениям γ лежит в пределах $15' < \gamma < 25'$, то $K = 0,829$. Кроме того, в данном случае, фокальная ось КСИ совпадает с осью ТП, поэтому при угле раскрытия КСИ 60° активная поверхность ТП равна $1/3$ части его общей боковой поверхности ($S_{П}^{об} = 2r_{П}^2 K$). Исходя из этого, в уравнении (2) введен коэффициент $2/3$. Учитывая $r_{КСИ} = 1,6\text{м}$; $r_{П} = 0,20\text{м}$ и условия (3) в уравнениях (2), находим $S_{КСИ} = 3,2\text{м}^2$; $S_{П} = 0,13\text{м}^2$. Максимальная лучевоспринимающая площадь ТП при этом определяется следующим образом:

$$S_{П}^{макс} = \frac{1}{2} S_{П}^{об} = 0,195\text{ м}^2 \quad (4)$$

Реальное значение коэффициента концентрации C для используемого нами концентратора, согласно формуле (1), составляет 24,6. В идеальном случае для КСИ с заданными конструктивными параметрами $C_{макс} = 70,4$. Для краевых полос КСИ при $C = 19$ $\gamma = 22'$, которая найдена из выражения /1/:

$$\gamma = \frac{1}{2} \left[\frac{3438 \sin U_0 (1 + \cos U)}{\pi C \left(\frac{90^\circ + U_0}{180} \right) (1 + \cos U_0)} - \varphi_0 \right] \quad (5)$$

При изменении геометрического параметра КСИ значения γ для краевых полос КСИ в уравнении (5) были приняты $U = U_0 = 60^\circ$. Аналогично найдены γ и для промежуточных полос

КСИ, в частности, для углов $U = 0^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ, 40^\circ$ и 50° . Расчеты проводили для $C=20, 30, 40, 50, 60$ и 70 . На основе полученных результатов построены семейства графических зависимостей γ от U (рис.1).

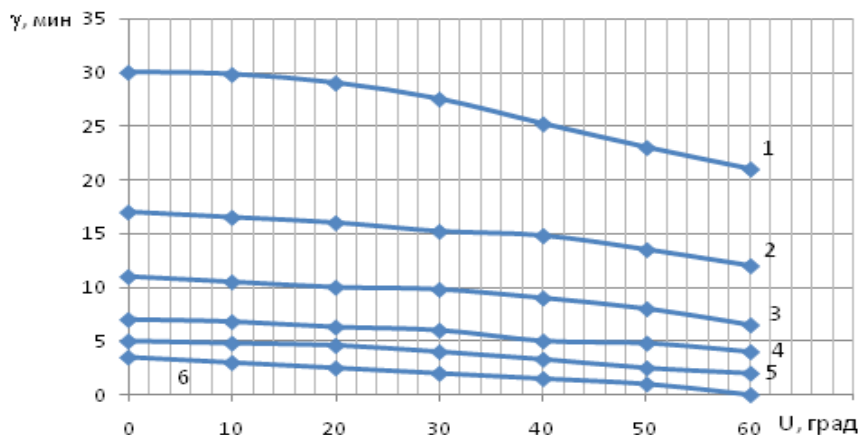


Рис.1. Графическая зависимость геометрической погрешности γ КСИ от угла раскрытия U_0 .

Были определены также графические зависимости коэффициента концентрации C от угла раскрытия U_0 для следующих значений геометрической погрешности $\gamma=0; 5'; 10'; 15'; 20'; 25'$ и $30'$ (рис.2).

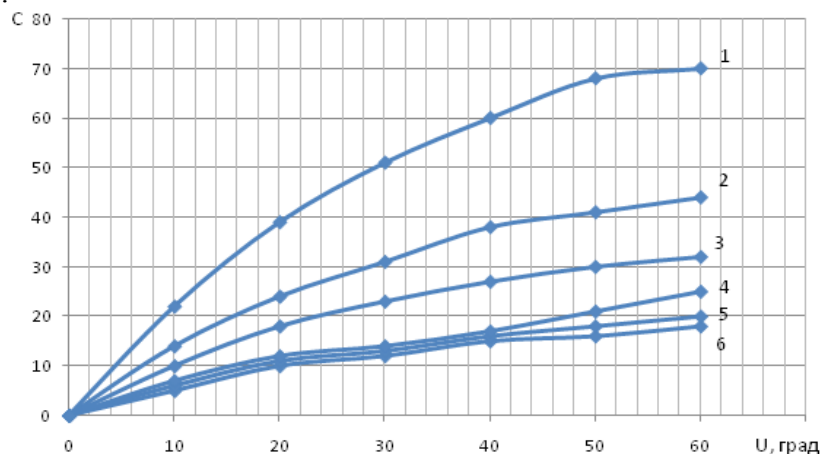


Рис.2. Графические зависимости коэффициента концентрации C от угла раскрытия U_0 КСИ.

При уменьшении геометрической погрешности от $30'$ до $15'$ (см.рис.2) степень концентрации растет незначительно (от 15 до 24,7), а при дальнейшем уменьшении γ (от $15'$ до $0'$)- относительно резко и достигает своего максимального значения (70,4) при $\gamma = 0$. Однако в реальных условиях степень концентрации не превосходит 30-35, что соответствует геометрической погрешности $15' < \gamma < 30'$, а для достижения концентраций свыше 30-35 требуется идеальное геометрическое совершенство КСИ, что практически невозможно.

Таким образом, в реальных условиях степень концентрации КСИ не превосходит 30-35, что соответствует геометрической погрешности $15' < \gamma < 30'$, а для достижения концентраций свыше 30-35 требуется идеальное геометрическое совершенство КСИ, что практически невозможно.

Литература

1. *Клычев Ш.И.* Концентраторы солнечного излучения /схемы, параметры, методы расчета/ АН РУз НПО Академприбор 2008.
2. *Клычев Ш. И., Захидов Р. А., Ибрагимова Н. С.* Допуски на неточности геометрии параболоцилиндрических концентраторов с трубчатыми теплоприемниками //Гелиотехника. 1991. №6. С. 50-54.
3. *Саламов О.М., Мамедов Ф.Ф., Гарибов А.А., Рзаев П.Ф., Исаков Г.И.* Исследование солнечной установки с параболическим концентратором для тепловой обработки сырой нефти //Альтернативная энергетика и экология. АЭЭ №11(31). 2005 С48 -54.
4. *Акматов А.К., Фролов И.О., Коган В.И., Турдукулов К.Р., Орозов Р.Н.* Концепция разработки установки по получению водорода, кислорода, тепловой и электрической энергии. // Вестник Кыргызского отделения Международной академии энергетики им. А. Эйнштейна, 2008, № 2(4). – С. 17-26.
5. *Тепляков Д. И.* Угловые дефокусировки параболоцилиндрических модулей СЭС //Гелиотехника. 1991. № 4. С. 17-21.

* * *