



ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СОЛНЕЧНОГО КОНЦЕНТРАТОРА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

Ахадов Ж.З.¹, Узаков Г.Н.²

¹Институт материаловедения НПО «Физика-Солнце» Академии Наук Республики Узбекистан, Ташкент, Узбекистан

²Каршинский инженерно-экономический институт, Карши, Узбекистан

Аннотация: В статье приведены результаты работы по разработке и созданию автономных солнечных теплоэнергетических установок на основе параболического концентратора, в приемнике которого, расположенного в фокальной зоне концентратора, вырабатывается высокотемпературный пар в виде теплоносителя. Разработаны методики расчета зеркально-концентрирующих систем, позволяющие определять концентрации для любых геометрий приемника и учитывать практически всех видов неточностей зеркально концентрирующих систем.

Ключевые слова. Солнечная энергия, тепловой режим, солнечный концентратор, лучевоспринимающие поверхности, фокальная зона.

ISSIQLIK ENERGIYASI ISHLAB CHIQRARISH UCHUN QUYOSH KONSENTRATORINING ISSIQLIK ENERGETIK XARAKTERISTIKASINI TADQIQOT QILISH

Axadov J.Z.¹, Uzoqov G.N.²

¹O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi "Fizika-Quyosh" ICHBsi Materialshunoslik instituti, Toshkent, O'zbekiston

²Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti, Qarshi, O'zbekiston

Annotatsiya: Ushbu maqolada konsentratorning fokal zonasida joylashgan qabul qiluvchida sovutish suyuqligi shaklida yuqori haroratli bug' hosil qiluvchi paraboloid konsentrator asosida avtonom quyosh issiqlik elektr stansiyalarini ishlab chiqish va yaratish bo'yicha ishlar keltirilgan. Ko'zguni konsentratsiyalash tizimlarini hisoblash usullari ishlab chiqilgan bo'lib, ular har qanday qabul qiluvchi geometric parametrlari uchun konsentratsiyalarni aniqlashga imkon beradi va oynani konsentratsiyalash tizimlarining deyarli barcha turdagi noaniqliklarini hisobga oladi.

Kalit so'zlar. Quyosh energiyasi, issiqlik rejimi, quyosh konsentratori, nurni qabul qiluvchi yuzalar, fokus zonasi.

RESEARCH OF THERMAL ENERGY CHARACTERISTICS OF A SOLAR CONCENTRATOR FOR THERMAL ENERGY PRODUCTION

Akhadov J.Z.¹, Uzakov G.N.²

¹Institute of Material Sciences SPA "Physics-Sun" Academy of Sciences Republic of Uzbekistan

²Karshi Engineering Economics Institute, Karshi, Uzbekistan

Abstract: This article presents work on the development and creation of autonomous solar thermal power plants based on a paraboloid concentrator, which produces high-





temperature steam in the form of a coolant in the receiver located in the focal zone of the concentrator. Methods for calculating mirror-concentrating systems have been developed that make it possible to determine concentrations for any receiver geometry and take into account almost all types of inaccuracies of mirror-concentrating systems.

Keywords. *Solar energy, thermal regime, solar concentrator, beam-receiving surfaces, focal zone.*

Введение.

Важнейшим условием успешного развития экономики Республики Узбекистан является интенсивное производство конкурентоспособной продукции с целью импортозамещения и экспорта. В последние годы в энергетической отрасли развитие солнечной энергии становится актуальным и востребованным. Достоинствами солнечной энергии является высокая надежность, отсутствие расходов на топливо, бесшумность, постоянное улучшение производительности, снижение затрат на производство гелиоустановок и отсутствие опасных загрязнителей или отходов [1,2].

В связи с этим, одной из основных задач оценки и использования солнечной энергии в отраслях экономики в настоящее время является оптимизация энергетических, конструктивных и стоимостных характеристик солнечных тепло- и электроэнергетических установок, поиск путей экономически эффективного применения солнечных установок в отоплении зданий, в том числе путем создания солнечных концентрирующих установок, фотоэлектрических станций разного типа, а также развития использования солнечных лучей для освещения помещений и др [3].

Материалы и методы.

Концентрация солнечного излучения является более эффективным способом повышения энергетической плотности процессов преобразования солнечной энергии и на этой основе повышения КПД солнечных установок и, в принципе, улучшения их технико-экономических характеристик.

Одним из путей повышения эффективности использования солнечной энергии в системах теплоснабжения является создание автономных солнечных концентрирующих установок для получения тепловой энергии.

Один из основных факторов, влияющих на КПД солнечной установки, это радиационные часто, характеристики приемников (поглощения, отражения, потеря и др.) солнечного излучения, а также отражающая способность и точность поверхностей конструкций [5].

Такие установки в мире применяются очень, но прогнозирование производительности и технико-экономический анализ солнечного концентратора для производства тепловой энергии исходя из климатических условий мало изучены.

Поэтому в данной работе исследованы математическая модель теплового режима разработанного солнечного концентратора, модель теплового анализа концентратора-приемника, выполнены расчеты рабочей температуры и КПД приемника.

Целью наших исследований является оценка оптико-энергетических и тепловых характеристик, а также моделирование теплового режима и эффективности параболического солнечного концентратора для производства тепловой энергии для отопления зданий в зимний период года в климатических условиях Узбекистана.

Общая схема параболического концентратора и его основные параметры солнечного излучения для производства тепловой энергии, преобразования солнечной энергии в тепловую энергию представлены на рис.1.

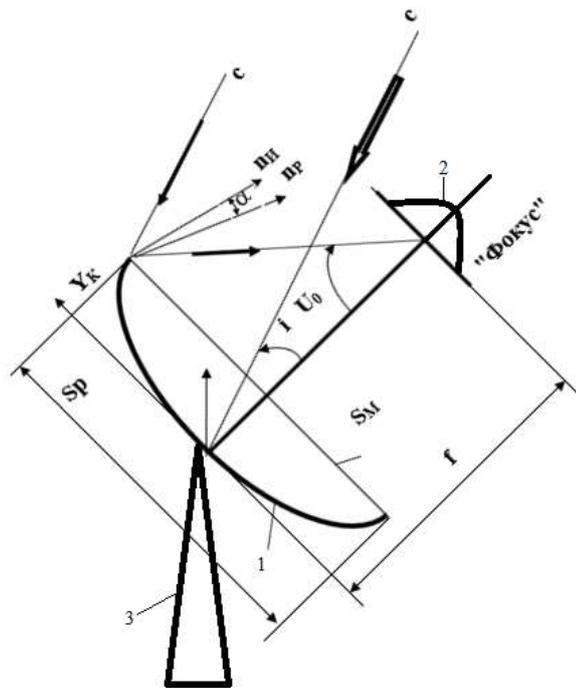


Рис.1. Общая схема концентратора солнечного излучения и его основные параметры.

К параметрам зеркально концентрирующих систем (ЗКС) в общем случае относятся:

1. фокусное расстояние – f ;
2. угол раскрытия – U_0 , или в более общем случае имеем телесный угол Ω .
3. площадь поверхности ЗКС – S_p ;
4. геометрическая неточность – α .

К параметрам солнечного излучения относят:

1. плотность прямой части падающего солнечного излучения – E_0
2. угол падения i – угол между осевым солнечным лучом и оптической осью ЗКС.

Отметим, что E_0 и i – являются функциями времени.

Выделяют следующие собственные энергетические характеристики концентратора:

Предельные собственные характеристики ЗКС (для случая $i = 0$)

1. Максимальная плотность потока в «фокусе» E_F , или её безразмерный аналог, фокальная концентрация – $K_F (K_F = E_F/E_0)$;
2. Средняя плотность потока по солнечному пятну в фокальной плоскости концентратора $E_{ср0}$, или её безразмерный аналог, – средняя концентрация C_0 .

Отметим, что эти характеристики ЗКС являются функцией неточности геометрии α .

Отметим, что в общем случае методики расчета ЗКС должны, во-первых, определять поток и его распределение по приемнику, и во-вторых, определять требования к геометрическим и схемным параметрам концентратора (в основном, определять допустимые неточности поверхности), таким при которых обеспечиваются требуемые концентрация и мощность потока на приемнике.

Системы концентратор-приемник (К-П) исследованы в работах В.А.Гриликса, Р.А.Захидова, А.А.Абдурахманова, Ш.И.Клычева, Д.И.Теплякова, Ю.А. Дудко, Р.Ю.Акбарова и Ш.Р.Нурматова, Fareed Mohamed, Reza Karimi, Niba Cherif. Определены специальные геометрии приемника, исходя из угла раскрытия концентратора и облученности лучевоспринимающей поверхности приемника [5-8].

Развитию методов и моделей расчета параметров концентраторов солнечного излучения, определению их энергетических характеристик посвящено достаточно большое количество работ отечественных и зарубежных ученых.



Результаты и обсуждения.

Разработанные методики расчета зеркально-концентрирующих систем позволяют определять концентрации для любых геометрий приемника и с учетом практически всех видов неточностей ЗКС. В работе [9,10,11] на основе подхода Апариси Р.Р. была получена приближенная аналитическая зависимость, определяющая распределение облученности в фокальной плоскости круглой в плане параболической ЗКС с углом раскрытия U_0 , вида:

$$E_r = R_Z \cdot E_0 \cdot h_1^2 \cdot \sin^2 U_0 \cdot \exp[-h_1^2 (1 + \cos U_0)^2 (r/P)^2], \quad (1)$$

где R_Z – коэффициент зеркального отражения (КЗО), E_0 – плотность прямого солнечного излучения на поверхности Земли, h_1 – параметр, характеризующий источник излучения и интегральную неточность геометрии концентратора, P – фокальный параметр параболоида ($P = 2 \cdot f$, где f – фокусное расстояние ЗКС).

В [9] рассматривалась связь параметра h_1 (или h , где $h = h_1 \cdot \pi/180$) и σ (среднеквадратическая неточность геометрии ЗКС – отклонение нормалей). Было получено, что формула (1) применима для ЗКС, имеющих σ больше 6 угл. мин. (далее – ').

Для оценки этого предположения, в работе [10,11] были проведены сравнительные модельные исследования распределения облученности в фокальной плоскости на основе методики [10] – E_a и на основе (1) – E_r . Соответствие между h_1 и σ определялось из условия равенства облученностей в фокусе для этих моделей. Т.е., в численной модели [11] задавалось σ , определялась облученность в фокусе, и из (2) находилось h_1 :

$$h_1 = (E_F / (R_Z \cdot E_0))^{0.5} / \sin U_0 \quad (2)$$

Как видно из рис.1., действительно, для $r > 0$, до $\sigma < 6'$ E_a , в основном, больше E_r . Здесь, E_a – численное решение по разработанной нами программе, E_r – по (1). Однако и далее, при $\sigma > 6'$, различие между E_a и E_r не только не уменьшается, но даже начинает увеличиваться. Более детальное исследование разности $dE \% = 100 \cdot (E_a - E_r) / E_a$ показывает, что различие между кривыми имеет более сложный характер и в общем не уменьшается с увеличением σ . Однако, в тоже время анализ показал, что если учесть, что в области последнего пересечения кривых с абсциссой поток на приемнике составляет от 80 до 97% падающего, то можно считать, что независимо от σ максимальная погрешность формулы Апариси не превышает 10-15 %, что, позволяет использовать её на практике, в том числе как первое приближение и для фасетных концентраторов. Эти результаты показывают, что в принципе для определения распределения облученности в фокальной плоскости достаточно измерить облученность в фокусе и далее на основании формулы (1.) уже можно говорить о распределении облученности в фокальной плоскости.

Также необходимо уточнить геометрии (прогиб) концентратора. Для этого задается фокальный параметр p (фокусное расстояние) и угол раскрытия U_0 . На основе этого определяется радиус концентратора.

$$R = p \operatorname{tg} \left(\frac{U_0}{2} \right)$$

Прогиб концентратора диаметром 6,36 м.2.

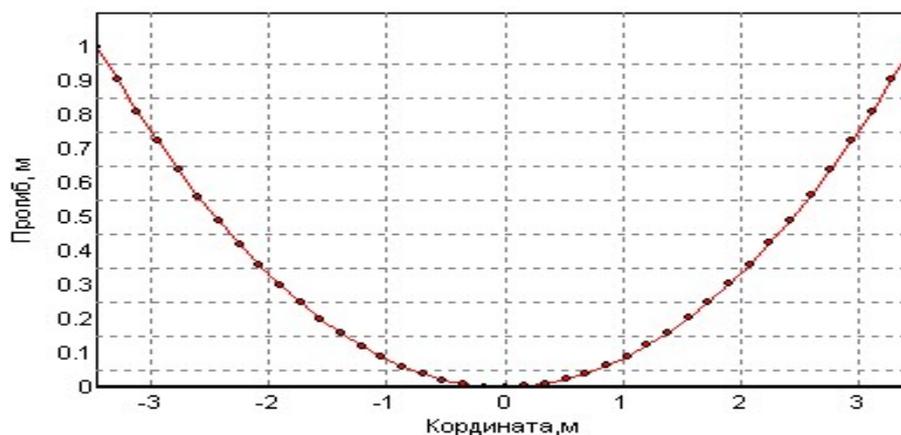


Рис.2. Прогиб концентратора.

Для уменьшения стоимости солнечного концентратора и обеспечения его мобильности разработана 3D модель легковесного концентратора диаметром 6,36 м, которая отражающая часть концентратора сделана из металлического листа толщиной 1,5 мм, который покрыт специальной алюминиевой фольгой «Maular» с коэффициентом отражения 90 %. Как видно из рисунка 2, в фокусе параболического концентратора 1 устанавливается паровой котел 2.

Заключение.

Обеспечивается автоматическая система слежения системы и с утра до вечера оптическая ось концентратора направляется движения к солнцу и отраженные лучи от поверхности концентратора подаются на лучевоспринимающую поверхность приемника. Приемник поглощает лучистую энергию солнца и тепловую энергию дает на воду внутри приемника. Полученная высокотемпературная вода подается как тепловая энергия для системы отопления зданий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Указ Президента Республики Узбекистан № УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан».
2. Указ Президента Республики Узбекистан от 09.09.2022 г. №УП-220 «О дополнительных мерах по внедрению энергосберегающих технологий и развитию возобновляемых источников энергии малой мощности».
3. Абдурахманов А., Кудрин О.И., Николенко В.В., Севрук Д.Д. Нагревные характеристики системы концентратор-приемник при использовании поверхности селективного лучепоглощения. Докл. Всесоюзной конф. «Использование солнечной энергии», Ашхабад: 1977. –С.134-136.
4. Захидова Р.А. Зеркальные системы концентрации лучистой энергии. –Ташкент: ФАН, 1986. - 173с.
5. А.А.Абдурахманов, Р.Н.Авезова, Р.Р.Авезов, Ж.З.Ахадов, С.Ф.Умаров. Оптические потери зеркально-концентрирующих систем солнечных установок с лицевым прозрачным защитным покрытием и тыльным металлическим отражающим слоем// Гелиотехника. - Ташкент, 2006.-№4.-С.38-44
6. Р.Р.Авезов, Н.Р.Авезова, А.У.Вохидов, Э.Ю.Рахимов, Н.О. Усмонов. Влияние внешних метеорологических факторов на коэффициент тепловых потерь лучепоглощающих теплообменных панелей плоских солнечных водонагревательных коллекторов через светопрозрачные покрытия их корпусов. Гелиотехника. 2018 №3. С.42-51
7. Р.Р. Авезов, Д.У. Абдухамидов К определению коэффициента поглощения солнечного излучения в светопрозрачных покрытиях плоских гелиоустановок. // Гелиотехника. 2015.№3. С. 88-90



8. Ж.З.Ахадов. Разработка автономной комбинированной солнечной энергоустановки для индивидуального использования. Журнал молодых ученых АН РУз. 2010г. 5-9ст.
9. Ж.З.Ахадов, А.М.Султанов. Физико-химические аспекты фотокаталитического разложения воды с помощью концентрированного потока солнечного излучения. Гелиотехника 2015 №4. Ст.96-100.
10. Ж.З.Ахадов, А.А.Абдурахманов, М.А.Маматкосимов, А.А.Кучкаров, Ш.Р.Холов. Оптико-геометрические и оптико-энергетические характеристики автономных солнечных установок для освещения определенного участка внутри здания. // Международный журнал «Computational nanotechnology» Россия (Издательский дом «Юр-ВАК»). 2016г. №2, 113-118стр.
11. А.А. Абдурахманов, А.А. Кучкаров, Ж.З.Ахадов, М.А. Маматкосимов. Оптимизация оптико-геометрических характеристик зеркально-концентрирующих систем. Гелиотехника 2014. №.4. ст.67