

ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЕ ПРОИЗВОДСТВО ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ: СОЛНЕЧНЫЕ КОНЦЕНТРАТОРЫ

Васиредди Нагешвараро

Таджикский технический университет имене академика М.С. Осими

В настоящей работе рассмотрен вклад солнечной энергетики в окружающую среду. Приведены результаты анализа по видам устройств и принципу работы солнечных концентраторов для получения тепла, а также способы их использования. Большое внимание уделено выбору материала для рабочего органа (коллектора) солнечных лучей, обладающих высокой теплопередачей и низкой стоимостью, а также способам формирования и получения самого приёмника солнечного концентратора (СК). На основе проведенных исследований даются рекомендации по практическому использованию энергии солнца.

Ключевые слова: солнечная энергия, концентратор, коллектор, теплопроводность, цинковый сплав, экология.

ИСТЕҲСОЛИ ЭКОЛОГИИ БЕХАТАРИ ЭНЕРГИЯИ ГАРМИИ: КОНЦЕНТРАТОРҲОИ ОҒТОБӢ

Васиредди Нагешвараро

Дар мақола саҳми энергияи оғтоб ба муҳити зист баррасӣ гардидааст. Дар он натиҷаҳои таҳлили навъҳои дастгоҳҳо ва принципҳои кори концентраторҳои гармии оғтоб, инчунин усулҳои истифодабарии онҳо оварда шудаанд. Дар интиҳоби масолеҳ барои элементҳои кори (коллектор) шуоъҳои оғтоб, ки гармигузаронии баланд ва камхарҷӣ дорад, инчунин ба усулҳои ташаккул ва истеҳсоли худӣ қабулкунандаи концентратори оғтобӣ (КО) диққати калон дода мешавад. Дар асоси тадқиқоти гузаронидашуда оид ба истифодаи амалии энергияи оғтоб тавсияҳо дода шудаанд.

Калидвожаҳо: энергияи оғтоб, концентрат, коллектор, гармигузаронӣ, ҳулаи рух, экология.

ENVIRONMENTALLY SAFE PRODUCTION OF THERMAL ENERGY: SOLAR CONCENTRATORS

Vasireddy Nageswararao

This paper examines the environmental impact of solar energy. It presents an analysis of the types of devices and operating principles of solar heat generators, as well as their uses. Much attention is paid to the selection of material for the working element (collector) of solar rays, which has high heat transfer and low cost, as well as to the methods of forming and producing the solar concentrator (SC) receiver itself. Based on the research conducted, recommendations are provided for the practical use of solar energy.

Keywords: solar energy, concentrator, collector, thermal conductivity, zinc alloy, ecology.

Введение

Основной проблемой мировой энергетики считается ожидаемое снижение запасов углеводородов и других невозобновляемых источников энергии. Один из действенных подходов, позволяющих частично решить этот вопрос – использование альтернативных вариантов её получения за счёт возобновляемых источников и солнечной энергии. Реализовать эту возможность удается путём применения специальных устройств, получивших название «солнечные концентраторы» [1].

В последние годы проблемы изменения климата и экологии являются самыми обсуждаемыми темами на мировой арене. Нахождение новых экологически используемых источников энергии является приоритетным направлением развития техники и технологии, а солнечная энергетика вышла в одно из ключевых направлений в данном процессе, так как она даёт возможность эффективно и экологически безопасно решать вопросы устойчивого развития человечества по следующим показателям [1, 2]:

Солнечная энергия — это неисчерпаемый источник энергии, она доступна повсеместно, что открывает огромные возможности для производства как тепла, так и электроэнергии без вреда окружающей среде. Солнечная энергия в отличие от традиционных источников, таких как твёрдые виды ископаемых топлива, не вызывает выбросов парниковых газов и других вредных веществ и, которые могут быть главной причиной изменения климата и загрязнения окружающей среды.

Солнечная энергия даёт возможность снижать зависимость от традиционно используемых видов топлива, что позволит предприятиям и человечеству в целом генерировать собственную электроэнергию. Это в свою очередь снизит их зависимость от питаемых сетей энергосбережения, что также будет способствовать устойчивости питания энергетической системы, и повысит энергетическую безопасность.

Принцип действия концентраторов солнечной энергии

Солнечные концентраторы (СК) — это технология, позволяющая собирать рассеянное солнечное излучение и фокусировать его в одну точку или линию. Это значительно повышает плотность потока энергии, позволяя достигать температур, недоступных обычным плоским коллекторам. Принцип работы СК основывается на фокусировке инфракрасных лучей и передачи этой энергии теплоносителю, находящегося в коллекторе установки. С целью реализации технических

возможностей рабочих агрегатов необходим специальный приёмник солнечных лучей, т.е. излучатель-рефлектор, а также преобразователь тепла в необходимый вид энергии [3, 4].

Функцию такого преобразующего устройства выполняет особый узел, называемый коллектором. В нём циркулирует теплоноситель определённого вида, благодаря которому после ряда превращений с помощью встроенных генераторных установок получают тепло или электрическое напряжение определённой мощности. Солнечный концентратор состоит из следующих компонентов:

1. Фокусирующие или же отражающие линзы, которые предназначены для фокусировки солнечных лучей в определённой области.
2. Основание, на которое крепятся рабочие узлы установки.
3. Солнечный коллектор, задача которого принять сконцентрированное излучение.
4. Трубопровод. По нему происходит подача теплоносителя в коллектор
5. Система слежения за положением солнца и механизм, приводящий в движение всю конструкцию (трекер).

Виды конструкций солнечных концентраторов [3, 5]:

1. **Параболоцилиндрические желоба:** Зеркала в форме желоба фокусируют свет на трубке, проходящей по центру.
2. **Солнечные башни:** Поле зеркал (гелиостатов) направляет свет на вершину башни. Позволяют достигать экстремально высоких температур.
3. **Параболические тарелки:** Напоминают спутниковые антенны. Фокусируют свет в одну точку. Обладают самым высоким КПД (рис.1).
4. **Линейные линзы Френеля:** Плоские зеркала или линзы, имитирующие работу параболы. Дешевле в производстве, но менее эффективны.



Рисунок 1- Солнечный концентратор параболического типа

Как отмечено выше, СК параболического типа обладают самым высоким КПД и просты в эксплуатации.

Для повышения эффективности действия системы параболических концентраторов установки содержат в своем составе одноосные или двухосные модули слежения за положением солнца на горизонте. Чаще всего они изготавливаются в мобильном варианте и могут перевозиться.

В особых случаях эти установки делаются стационарными, используемыми в одном конкретном месте. Стационарные солнечные концентраторы можно самостоятельно соорудить на приусадебном участке, заменив солнечные растворы обычной водой.

К числу преимуществ параболических систем относятся:

- возможность выравнивания пиковых нагрузок солнечной активности;
- частота механизма слежения за положением солнца;
- возможность сборки системы своими силами.

Выбор материала коллектора СК и результаты исследования. Чтобы повысить КПД передачи тепла от стенки приемника к теплоносителю, применяются различные методы. При этом большое внимание уделяется выбору материала коллектора. Материал приёмника должен иметь высокий коэффициент поглощения в видимом спектре и низкий коэффициент излучения. С этой

целью при производстве СК часто используют селективные покрытия, которые обеспечивают требуемые показатели вышеназванных коэффициентов.

На практике в качестве материала коллекторов широко используют Ag, Cu, Al, Zn, а также их сплавы [5], которые имеют диапазон показателей по теплопроводности 115 - 430 Вт/м•град. К примеру, углеродистые качественные и легированные стали имеют более низкие показатели по теплопроводности (таблица 1).

Таблица 1- Теплопроводность отдельных цветных металлов и конструкционных сталей

Материал	Теплопроводность, Вт/м•град	Показатели к применению
Ag	430	Высокая стоимость
Cu	400-410	Высокая стоимость, подвержена окислению при высоких температурах
Al	220-240	Хороший баланс цены и теплопроводности для среднетемпературных систем
Zn	110-120	Хороший баланс цены и теплопроводности для средне- и низкотемпературных систем
Углеродистая качественная сталь30	48-50	Возможность использования в высокотемпературных системах (башни) из-за высокой прочности
Нержавеющая сталь	20-25	То же из-за высокой прочности и коррозионной стойкости

Анализ имеющихся в литературе сведений [6] по использованию конструкционных материалов в качестве коллектора СК показал, что для средне- и низкотемпературных систем возможно использовать баббиты на основе Zn и Cu. Применение цинковых сплавов даст возможность снизить себестоимость СК, так как цинк дешевле меди и многих нержавеющих сталей. Использование литья под давлением из цинковых сплавов позволяет массово производить сложные детали приемников с высокой точностью и имеет высокую долговечность в 25-30 лет.

Одним из известных и часто используемых сплавов на основе цинка является антифрикционный сплав ЦАМ5-10 [6]. Данный сплав (цинк-алюминий-медь) относится к группе антифрикционных цинковых сплавов. В отличие от стандартных конструкционных сплавов он содержит повышенное количество меди, что значительно улучшает его механические и теплофизические свойства. Вместе с тем данный сплав имеет довольно высокую температуру плавления.

С целью определения фактического значения теплопроводности исследуемого цинкового сплава ЦАМ5-10, а также определения возможности его использования в качестве материала коллектора в настоящей работе проведены испытания и расчёты по теплопроводности последнего.

На практике определение теплопроводности определяют двумя методами — относительным и абсолютным. В настоящем исследовании использовался метод абсолютный оценки данного параметра, в котором применялся прибор ИТМ-МГ4 (по ГОСТ7076-99). В данном случае изучены влияние и значение направленного теплового потока на исследуемый образец. Форма образца принята в форме стержня (возможны варианты пластинчатого, а в отдельных случаях можно использовать полый цилиндр). Так как металлы, характеризуются довольно высокой теплопроводностью, то чаще образец принимается в форме цилиндрического стержня (монолит). Образцы изготавливались способом литья в металлическую форму размером d=15мм; h=12мм и шероховатостью Rz0.63.

Методика проведения замеров заключается в следующем. На противоположных плоскостях образца поддерживается постоянная температура, исходящая от нагревателя-источника тепла, который расположен строго перпендикулярно к одной из поверхностей образца, в нашем случае от верхнего торца. Температура и время нагрева отмечались автоматически. По полученным данным проводились расчёты.

В нашем случае искомая величина теплопроводности λ рассчитывается по следующей формуле:

$$\lambda = (Q \cdot d) / (F(T_2 - T_1)), \text{ (Вт/м} \cdot \text{K)} \quad (1)$$

где: Q — мощность теплового потока;

d — диаметр образца, мм;

F — площадь образца, на которую воздействует тепловой поток;

T1 и T2 — температуры на поверхностях образца.

Применив расчётную формулу (1), в работе установлена фактическая величина теплопроводности для исследуемого цинкового сплава ЦАМ5-10, равная $\lambda = 104$ Вт/м·К, что является достаточно высоким показателем теплопроводности для его использования в качестве материала коллектора СК.

КПД солнечных концентраторов. На самом деле принцип работы установки, как было отмечено ранее, предельно прост и заключён в том, что происходит фокусировка солнечного потока на определённой ёмкости, в которой присутствует теплоноситель (вода, соленые растворы и т.д.). Данные установки эффективны только тогда, когда на приемную область падают прямые лучи солнца, и стоит только небольшой туче перекрыть доступ солнца, нагрев прекращается. По этой причине такие установки целесообразно использовать в экваториальных областях, в частности РТ, где солнечные дни составляют 280-300 дней в году.

При этом в среднем КПД солнечных концентраторов варьируется от 20% до 30%, рекордным считается показатель в 32% [4]. Рассматриваемый вид установки СК может с успехом использоваться в гибридных системах в совокупности, например, с углеводородным топливом, когда аккумулирующая система может обеспечить генерацию круглосуточно, а также с использованием геотермальной энергии.

Заключение

1. Рассмотрев состояние и перспективы использования солнечной генерации на практике, а также на основании приведенного анализа по выбору нового материала с целью применения последнего в СК, можно сделать следующие выводы:

2. Технология использования СК является перспективной и может быть использована как дополнение к настоящей рабочей системе энергетики. Кроме того, рассмотренные энергетические системы с использованием СК отлично подходят для локального отопления производственных помещений, а также решения бытовых нужд населения.

3. Солнечная генерация тепловой энергии, а также её дальнейшее развитие в основном связано с энергетической безопасностью отдельного региона, испытывающего недостаток в традиционных источниках получения энергии.

4. Коэффициент теплопроводности ЦАМ5-10 составил $\lambda = 104$ Вт/(м·К). Этот показатель в 2.5 раза выше, чем у углеродистой стали (~ 50 Вт/(м·К)) и в 5 раз выше, чем у нержавеющей стали (~ 20 Вт/(м·К)). Благодаря такой теплопроводности, приемник из сплава ЦАМ5-10 может эффективно работать в условиях концентрированного потока, не допуская локального перегрева («прогара») стенок приёмника.

5. Использование сплава ЦАМ5-10 для элементов приемника солнечного концентратора позволит объединить две функции: - эффективный теплообмен и быструю передачу энергии воде теплоносителю; - работа в подвижных узлах, в случае, когда концентратор имеет поворотные механизмы (трекеры), детали из этого сплава могут одновременно служить подшипниками скольжения, не требуя сложной смазки.

Рецензент: Расулов О. У. – доктор Фил.Д. кафедры «Безопасность жизнедеятельности и экологии» ТПУ имени академика М.С. Осими.

Литература

- Алексеев, В.В. Солнечная энергетика. / В.В. Алексеев, К. Чеков. - М.: Знание. -1991г.
- Азизов, Р. О. Теплогенератор вихревого действия с U - образным резонатором для получения тепловой энергии в условиях кавитации / Р. О. Азизов, Г. С. Столяренко, Н. Васиредди // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2025. – № 4(72). – С. 12-15. – DOI 10.65599/ZQGA1574. – EDN SFVXUG.
- Д.Майк-Вейг. Применение солнечной энергии. / Д.Майк-Вейг. – М.: Энергоиздат. 1981-210с.
- Пиляева, О.В. Солнечная энергия для жилого дома / О.В. Пиляева // Эпоха науки. 2018. №16. -С. 189-192.
- Челяев, В.Ф. Солнечная энергетика - энергетика будущего. / В.Ф.Челяев // Энергия: экономика, техника, экология. 2008. №10.- С.24-31.
- Гуляев А.П. Металловедение. Учебник для вузов./ А.П.Гуляев. –М.: Металлургия,1986. -544с.
- Шатунов Е.С. Теплофизические измерения. / Е.С. Шатунов. – М.: Энергия,1972. -181с.
- Бозоров, Ш.А. Аналитические методы расчета влияния температурного режима и производительности солнечных опреснительных установок / Ш. А. Бозоров, А. С. Джафаров // Политехнический вестник. Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции. - 2021. - № 4(56). - С. 22-30. EDN: MDCTQV

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФ-СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАЕ-INFORMATION ABOUT AUTHOR

TJ	RU	EN
Васиредди Нагешварарао	Васиредди Нагешварарао	Vasireddy Nageswararao
докторант Ph.D	докторант Ph.D	Ph.D. student
Донишгоҳи техники Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik technical university named after academician M.S. Osimi
E-mail: nageshwar.vasireddy@gmail.com ;		