

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ПОЛЕЗНЫХ ДЕЙСТВИЙ ЛУЧИСТОГО ПОТОКА СОЛНЦА. ЭФФЕКТИВНОСТИ

Абдурахманов А.А.

Д.т.н., проф., заведующий лабораторией НИИ Материаловедения АНРУз

Абдурахманова М.А.

К.э.н., доц., зам. директора НИИ Физики полупроводников и микроэлектроники при НУ имени Мирзо Улугбека

Абдураимов Самар

М.н.с. НИИ Физики полупроводников и микроэлектроники при НУ имени Мирзо Улугбека

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7069828>

Аннотация. В данной работе исследованы пути повышения коэффициента полезных действий лучистого потока Солнца с помощью оптимизации технологии получения зеркальных элементов, эффективных приемников, оказывающих существенное влияние на энергетические параметры установок. Произведен анализ оптико-энергетических характеристик селективной поверхности с учетом эффекта микронеровностей.

Ключевые слова: селективная поверхность, юстировка, КПД, геометрические параметры, факета, термодинамика, лучепоглощения, оптика. ИСИ, ЗКС.

WAYS TO INCREASE THE EFFICIENCY OF THE RADIANT FLUX SUN. EFFICIENCY

Abstract. In this paper, we have studied ways to increase the efficiency of the radiant flux of the Sun by optimizing the technology for obtaining mirror elements, efficient receivers that have a significant impact on the energy parameters of installations. An analysis was made of the optical-energy characteristics of the selective surface, taking into account the effect of microroughness.

Keywords: selective surface, alignment, efficiency, geometrical parameters, facet, thermodynamics, radiation absorption, optics. ISI, ZKS.

ВВЕДЕНИЕ

Солнце является наиболее мощным и перспективным из возобновляемых источников энергии. Его потенциальные возможности на поверхности Земли по крайней мере на четыре порядка превышают существующий средний уровень энергопотребления.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования и практическая реализация в области использования солнечной энергии в наиболее развитых странах (например, США, Японии, Франции и ФРГ) ведутся на уровне национальных программ, рассчитанных на длительный период. И это потому, что на сегодняшний день солнце является самым дешёвым и экологически чистым источником энергии, дешевле угля. По словам аналитика Bloomberg NEF, Джейн Чейза в 2005 году, за 1 Ватт электроэнергии потребовалась 4 доллара США, а сейчас 1 Ватт стоит 20 центов. Профессор Висконского университета США, Грегори Немет на своей книге, посвященной истории создания ВИЭ и их использования пишет: в 1954 году в впервые в мире, в США с использованием кремниевых батареек из солнечных лучей получили электроэнергию, для космических исследований, тогда она была очень дорогим удовольствием для использования; в 2000 году в Германии создали для них рынок; начиная с 2005 года Китай создал индустрию по солнечным батареям и сделал их дешевыми. Но, несмотря на это в мире только 3% электроэнергии перерабатываются при помощи солнечных лучей.

Здесь мы видим две проблемы, возникающие при его использовании. Одним из них является хранения солнечных энергии. Для его решения исследуются использования помимо кремниевых аккумуляторов литийно-ионные батареи, который является редкоземельным и дорогаватым, чем кремниевые; проточные электрохимические аккумуляторы, которые требуют большого пространства и водородные. Но последние обходится потребителю дорого.

Другая проблема - найти пути повышения плотности потока лучистой энергии и тем самым улучшения технико-экономических показателей солнечных энергетических установок. Обычно эту проблему решают за счет использования зеркальных концентрирующих систем (ЗКС).

ЗКС предназначены для улавливания лучистого потока, поступающего от источника излучения, и его концентрации на луче воспринимающих поверхностях плоского или полостного типа. Использование ЗКС позволяет значительно улучшить удельные энергомассовые и стоимостные показатели систем преобразования энергии, снизить расход дефицитных материалов при их создании, увеличить ресурс работы, облегчить восстановление в процессе эксплуатации. Эти обстоятельства в совокупности и определяют перспективность и целесообразность применения зеркально-концентрирующих систем.

Оптическая концентрация прямо падающих лучистых потоков солнце является одним из единственным способом повышения потенциала преобразования в другие практически используемые виды энергии и на этой основе повышения коэффициента полезных действий (КПД) солнечных установок и в принципе улучшения их технико-экономических характеристик, которая по сути своей является уникальным.

Проблема создания зеркально-концентрирующих систем (ЗКС) и их эксплуатация является важнейшей при разработке энергетических установок, преобразующих лучистую энергию в тепловую, механическую и электрическую, носит комплексный характер и включает в себя специфические вопросы проектирования, разработки и оптимизации технологии получения зеркальных элементов, предварительной юстировки facets [1].

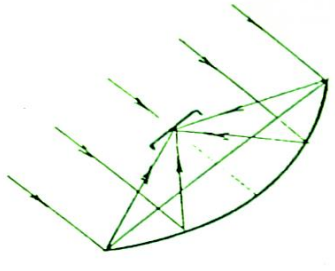
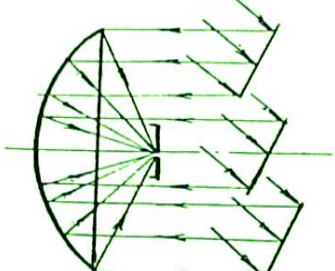
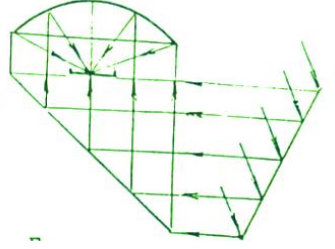
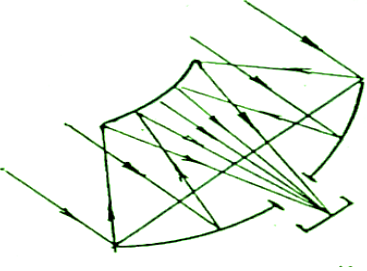
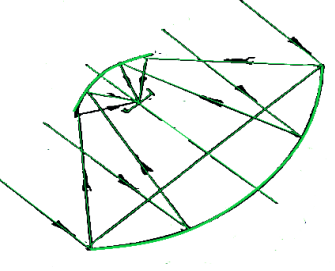
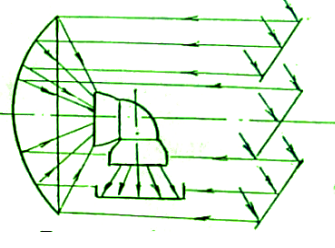
Изготовление крупного цельного зеркала с технологической, а также с экономической точек зрения - сложная задача, поэтому ЗКС с диаметром более 3 м изготавливают фрагментарно, каждое составляющее изготавливаются отдельно.

Классификация гелиотехнических установок по типам и основным потребительским (эксплуатационным) характеристикам это - зеркало, которое представляет собой вырезку из поверхности соответствующей части цельного зеркала, или фасетные, где каждое зеркало обладает собственной технологически оправданной в изготовлении геометрией, обычно отличающейся от геометрии несущей основы. На рис. 1 и 2 приведены основные типы и оптические схемы, используемые и рекомендуемые для применения в гелиотехнике и имитаторах солнечного излучения (ИСИ).

Фасетные или фрагментарные составные ЗКС предоставляют собой систему индивидуальных зеркал, которые установлены обычно на параболоидной основе, так что поверхность каждого фрагмента или фасеты должна повторять соответствующую зону параболоида вращения.

Требования по точности изготовления и юстировки обычно закладываются во время составления технического задания на конкретный тип ЗКС. По числу отражающих элементов (кратности отражения) оптические схемы подразделяются на одно – и

многозеркальные. Однозеркальные системы обладают максимально возможными энергетическими характеристиками как по мощности, так и по концентрации потока излучения.

		
Параболоид (параболоцилиндр)	Гелиостаты параболюид	Гелиостат-гелиостат параболоид
		
Параболоид-выпуклый гиперболоид	Параболоид-вогнутый	Гелиостаты-концентратор- фокон-тороид-фокон
Рис 1. Типы ЗКС концентрирующих излучение Солнца		

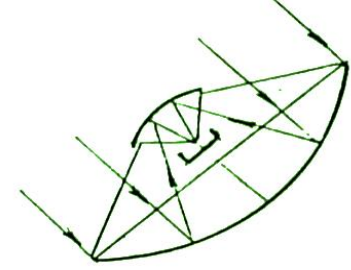
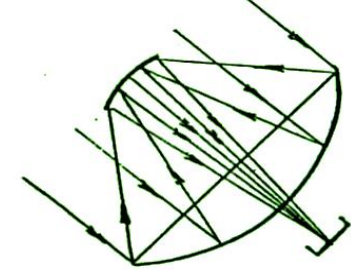

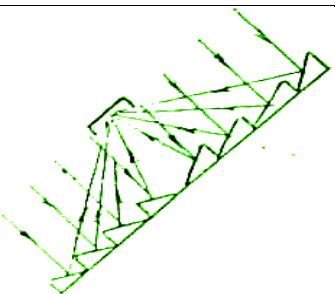
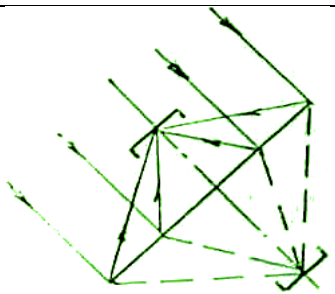
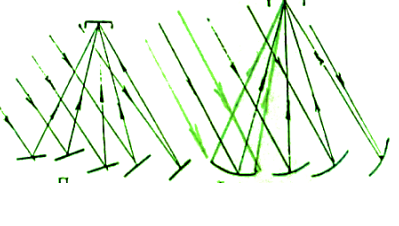
		
Параболоид-эллипсоид с приемником, расположенным в переднем фокусе эллипсоида	Параболоид-эллипсоид приёмником, расположенным в дальнем фокусе эллипсоида	Сферический концентратор
		
Отражатели Френеля	Линзы или зеркала на основе галопам	Плоские гелиостаты и фокусирующие гелиостаты

Рис 2. Оптические схемы ЗКС имитаторов Солнца.

Однако на практике из-за конструктивных, технологических и эксплуатационных проблем используются и многозеркальные системы. ЗКС который состоит из - отражающей поверхности в виде группы зеркал, обеспечивающих улавливание изменения направления поступающего лучистого потока-требуемой точности; несущей конструкции (опоры, каркас, юстировочные элементы, рамы для facets), обеспечивающей требуемого положения зеркал в системе. В соответствии с выполняемыми функциями ЗКС можно выделить на (см, рис.3.):

- Фacetные или фрагментарные составные ЗКС, которые предоставляют собой систему индивидуальных зеркал, что установлены обычно на параболической основе, так, что поверхность каждого фрагмента или facets должна повторять соответствующую зону параболического вращения.

Требования по точности изготовления и юстировки обычно закладываются во время составления технического задания числу

Структурная схема ЗКС гелиотехнических установок					
Подсистема управления и слежения					
Несущая конструкция		ЗКС гелиотехнических установок		Отражающие элементы-facets	
Опорафундамент лестничные сооружения для подъема операторов	Каркас и проемы для подхода операторов	Контрольно измерительная аппаратура для определения геометрической точности отражающей поверхности в процессе эксплуатации	Контрольно юстировочная аппаратура для монтажно юстировочных эксплуатационно доводочных работ	Подложка с определенной технологией организации оптической поверхности	Оптически отражающий слой
Рамы для крепления элементов (facet)	Крепежноюсти ровочные и баювые элементы	Контрольно измерительная аппаратура для определения оптико энергетических и спектральных параметров во время аттестации и эксплуатации	Подсистема луче поглашающая поверхность приемника преобразовател	Приспособления для формообразования	Контрольно измерительные устройства для оценки технологических работ формоброзования

Рис. 3 Структурная схема ЗКС гелиотехнических установок

на конкретный тип ЗКС. По отражающих элементов (кратности отражения) оптические схемы подразделяются на одно – и многозеркальные. Однозеркальные системы обладают максимально возможными энергетическими характеристиками как по мощности, так и по концентрации потока излучения [12].

- Контрольно – измерительные устройства для определения отрезков прогиба и угловых ошибок отклонений нормали поверхности отдельных элементов во время изготовления, а также контроля этих величин в процессе эксплуатации;
- Контрольно – юстировочную аппаратуру для осуществления монтажа и юстировки отдельных элементов – facets на каркасе ЗКС с последующим контролем с целью определения состояния и условий функционирования отражающей поверхности во время эксплуатации и при необходимости - исправления накопленных ошибок;
- Контрольно – измерительную аппаратуру для определения оптико-энергетических спектральных параметров фокального пятна с целью аттестации и оперативного сбора всей необходимой обобщенной информации в процессе эксплуатации ЗКС с последующей выдачей рекомендации по улучшению параметров;

Подсистему приемника, предназначенную для эффективного преобразования концентрированной солнечной энергии в тепловую, механическую или электрическую (для солнечных энергетических установок);

Подсистему управления, предназначенную для обеспечения слежения оптической системы за движением источника излучения, запуска и контроля функционирования установки выдачи и регистрации оперативной и текущей информации, обеспечение блокировок в аварийных ситуациях.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В целом солнечные энергетические установки используют для выработки электроэнергии из светового солнечного потока и могут быть разбиты на две основные группы – тепловые и фотоэлектрические. В солнечной тепловой энергетической установке (ЭУ) лучистая солнечная энергия концентрируется с помощью зеркала-концентратора, в фокусе которого расположен теплоприемник, и переходит в последнем в тепловую энергию. Далее тепловая энергия преобразуется в электрическую с помощью динамических или статических преобразователей. К первым относятся газотурбинные или паротурбинные преобразователи замкнутого цикла, двигатель Стирлинга с электромашинным генератором; ко вторым – термоэмиссионные и термоэлектрические преобразователи, в которых тепловая энергия преобразуется непосредственно в электрическую, минуя механическую фазу. В солнечной фотоэлектрической ЭУ происходит непосредственное преобразование солнечной энергии в электрическую в фотоэлектрических преобразователях, которые объединяются в солнечные батареи [2].

Главным препятствием для широкого внедрения многих разработанных в настоящее время технологических устройств, потребляющих солнечную энергию или преобразующих ее в другие виды, является их относительная дороговизна и, главным образом по этой причине, неконкурентоспособность. Средствами улучшения экономичности и конкурентоспособности гелиоэнергетических систем является как непосредственное их удешевление (это в особенности касается ЗКС как основного элемента установки), так и, в большей мере, повышения их эффективности.

Значительный интерес представляет использование солнечной энергии в устройствах с высокотемпературным рабочим процессом (автономные солнечные энергетические установки с двигателем Стирлинга (газопоршневые машины с внешним подводом тепла) и (ракетно-космические двигательные установки), производственно -

технологических, экспериментальных установках для высокотемпературных исследований [3]. Здесь нужно отметить, что двигатели Стирлинга получили в последнее время широкое признание и оказываются перспективными во многих областях техники. Ряд их качеств (высокий КПД, замкнутость процесса, возможность использования практически любого источника тепловой энергии, надёжность и долговечность и др.) позволяет использовать эти двигатели и в энергетических установках с солнечным источником тепла. Применительно к солнечно-энергетической установке (как аппарату, который может функционировать в пространстве на разном удалении от Солнца) температуры нагрева в зависимости от точности используемого зеркала-концентратора и характеристики селективной луче поглощающей поверхности (главным образом, её пороговой длины волны) и назначение самих этих величин как оптимальных или целесообразных [4].

Высокотемпературное преобразование солнечной энергии в электрическую может происходить при высоких КПД (до 25÷30% и более), по крайней мере в динамических системах (турбинные установки, двигатель Стирлинга). Тепловой нагрев от концентратора или даже «бросовое» тепло, отводимое от охлаждаемых элементов преобразователя (в случае космических летательных аппаратов) может быть использована для различных бытовых нужд, в частности, в системах жизнеобеспечения; при этом КПД использования солнечной энергии в целом может достигать 40-50%.

ОБСУЖДЕНИЕ

Солнечные ЗКС могут быть легче элементов ФЭП [5], стоимость единицы в высокотемпературных системах меньше (на порядок). Это обстоятельство может быть очень весомым, в частности, при внедрении разрабатываемой для космоса техники в наземную народнохозяйственную практику. Высокотемпературные двигательные системы в силу, прежде всего, лучших ожидаемых характеристик преобразования солнечной энергии, также представляются весьма перспективными.

Одним из важнейших путей повышения эффективности СЭУ - организация теплосъёма с применением в качестве приемных специальных поверхностей спектрально-селективного луче поглощения, если оно изготовлено с определенной точностью, соответствующей современному уровню технологии изготовления, за счёт придания поверхности приёмника свойства спектрально-селективного луче поглощения, то позволит получить высокотемпературный нагрев практически любого технически требуемого уровня. Спектрально-селективный приёмник, однако, должен использоваться в высокотемпературных системах все же в сочетании с концентратором. В этом случае КПД преобразования энергии при использовании концентрации излучения повышается; свойства спектральной селективности приёмника позволяют, в свою очередь, уменьшить требования и точности выполнения формы поверхности и его слежения за Солнцем, уменьшить весь его конструкции и системы ориентации, что является одним из важных вопросов для СЭУ космического типа.

За последнее время сформировалось научное и практическое направление по расчету и оптимизации системы концентратор - спектрально-селективный приемник, изготовленной с учетом эксплуатационных характеристик этих систем в наземных условиях,

Анализ гелиосистемы с ИСП позволяет представить предельные величины повышения её эффективности за счёт свойства спектрально-селективного луче поглощения независимо от реальных характеристик селективных материалов, известных сегодня. Результаты такого анализа указывают, с какими параметрами реальные селективные материалы интересны прежде всего, в каких направлениях следует вести их разработку, в каких случаях в технических устройствах с солнечным высокотемпературным нагревом могут получаться в случае использования селективного приёмника практически интересные величины выигрыша, а в каких случаях—нет.

Исследования показывают, что вопрос о возможности и целесообразности применения спектрально-селективных поверхностей для высокотемпературного нагрева за счёт солнечного излучения привлекает в настоящее время внимание исследователей в нашей стране и за рубежом [6-8]. Вопрос к настоящему времени недостаточно рассмотрен. Из сказанного следует, что вопросы, связанные с селективным луче поглощением, особенно для высокотемпературных солнечных энергоустановок, являются актуальными и представляют практический интерес.

ВЫВОДЫ

В настоящее время ряд авторов [9,10] получили спектрально-селективные поверхности, эффективно работающие до уровня температуры нагрева 2000°C. Возможность получения высоких температур нагрева за счет солнечного излучения связывается с таким замечательным свойством лучистой энергии Солнца как возможность ее концентрирования до весьма высоких плотностей, а также с применением в качестве приемных специальных поверхностей спектрально-селективного лучепоглощения.

Проведенный расчетно-теоретический анализ системы «реальный концентратор (с определенными параметрами точности) приемник-преобразователь со спектрально-селективными свойствами лучепоглощения» показывает, что эффект селективности особенно проявляется при использовании концентраторов с небольшой точностью отражающей поверхности, особенно интересной для использования в космическом варианте.

REFERENCES

1. Абдурахманов А. Захидов Р.А. и др. Концентраторы высокотемпературных оптических печей. Теори , технология и юстировка //Вторая всесоюзная конференция «возобновляемые источники энергии». Ереван
2. Концентраторы солнечной энергии/ Под. Ред. Грилихеса В.А. л.: Энергия, 1971.с.65
3. Грилихес В.А., Орлов П.П., Попов А.Б. Солнечная энергия и космические полеты. М. :Паука, 1984. 213 с.
4. 118
5. Честа О.И., Грилихес В.А. Анализ характеристик плоских пленочных концентраторов для солнечных фотоэлектрических установок // Гелиотехника, № 6, 1987. с.20-23.
6. Колтун М.М. Оптика и метрология солнечных элементов. М.: Наука, 1985, 280 с.
7. Колтун М.М. Селективные оптические поверхности преобразователей солнечной энергии. М.: Наука, 1979. 215 с.
8. Агнихотри О., Гупта Б.К. Селективные поверхности солнечных установок / Пер. с англ. Под ред. М.М. Колтуна. М.: 1984,312с.

9. Преобразование солнечной энергии. Вопросы физики твердого тела Пер. с англ. Под ред. д.т.н. М.М. Колтуна. – М. Энергоиздат. 1982, 320 с.
10. Колтун М.М. Современное состояние исследований по селективным покрытиям преобразователей солнечной энергии // Гелиотехника, № 6, 1980. с.34-39. , Захидов Р.А., Умаров Г. Я., Вайнер А.А. Теория и расчет гелиотехнических концентрирующих систем. Т.: ФАН УзССР. 1977 142с.
11. Абдурахманов А.А., Абдурахманова М.А. Зеркально-концентрирующие системы для солнечных установок и её эффективность. Монография. Издательство «Университет» 2022г.