

ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ БОЛЬШОЙ СОЛНЕЧНОЙ ПЕЧИ И ЕГО ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Абдурахманов А.А.

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

Абдурахманова М.А.

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

Абдураимов С.

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

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7179627>

***Аннотация.** В статье изложены характеристики, уникальность и преимущества Большой солнечной печи (БСП) с тепловой мощностью 1 МВт, который сооружен в Паркентском районе Ташкентской области, для всестороннего изучения проблемы использования энергии лучистых потоков. Приведены некоторые практические аспекты его применения и эффективность.*

***Ключевые слова:** большая солнечная печь (БСП), автоматические системы управления (АСУ), двигатели Стирлинга, апертурный угол, парабоцилиндрическая СЭС, гелиостат, фокальная точка.*

PRACTICAL ASPECTS OF THE USE OF A LARGE SOLAR OVEN AND ITS EFFICIENCY

***Abstract.** The article describes the characteristics, uniqueness and advantages of the Large Solar Furnace (BSP) with a thermal power of 1 MW, which was built in the Parkent district of the Tashkent region, for a comprehensive study of the problem of using the energy of radiant fluxes. Some practical aspects of its application and effectiveness are given.*

***Keywords:** large solar oven (BSP), automatic control systems (ACS), Stirling engines, aperture angle, parabolic trough solar power plant, heliostat, focal point.*

ВВЕДЕНИЕ

В 1981 г. начато и в 1987 г. закончено сооружение Большой Солнечной Печи (БСП) с тепловой мощностью 1 МВт в Паркентском районе Ташкентского области, который входит к объекту Научно-производственное объединение «Солнце». Создание этой установки предусматривало всестороннее изучение проблемы использования энергии лучистых потоков Солнца и развития передовых высокотемпературных технологий в области материаловедения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

На рис.1 приведен общий вид БСП и поля гелиостатов необходимо отметить, что в настоящее время уже существуют солнечные энергетические станции (СЭС) с концентраторами башенного типа мощностью от десятков до сотен мегаватт. Например, башенные СЭС с электрической мощностью 10 МВт. (Испания, Альмира), 10 МВт. (США, Калифорния), Парабоцилиндрическая электрическая станция мощностью 80 МВт. (США, Калифорния), Солнечная модульная с двигателями Стирлинга и парабоцилиндрическими концентраторами общей мощностью 4,9 МВт. (Калифорния), парабоцилиндрическая СЭС мощностью 300 кВт (США, штат. Джорджия). Но при этом в мировом масштабе, в

настоящее время установки технологического назначения с большими апертурными углами $U=75^\circ$ и мощностью один мегаватт имеются только в Одейо (Франция) и Паркенте (Узбекистан), которые являются до сих пор уникальными из-за высокой точностью изготовления отражающих поверхностей гелиостатов (2÷3 угл мин) и концентратора (2÷3 угл мин). На рис. 2. приведен внешний вид БСП который находится во Франции.

Рис.1.

Общий вид уникальной Большой солнечной печи мегаваттной мощности в Паркенте (Узбекистан)



Рис.2.

Общий вид уникальной Большой солнечной печи в Одейо (Франция)



РЕЗУЛЬТАТЫ

В БСП в Узбекистане есть несколько преимуществ, (см. табл. 1 и табл 2.)

Таблица 1.

Технические	Большая Солнечная Печь	Большая Солнечная Печь
-------------	------------------------	------------------------

характеристики	Узбекистан	Франция
Концентратор		
Общая площадь миделя	1840м ²	1725м ²
Фокусное расстояние	18м	18м
Размер facets	0,443x0,443 м	0,45x0,45 м
Общее число facets	10700	9000
Число гелиостатов	62	63
Размеры гелиостата	7,5x6,5 м	7,5x6,0 м
Число facets на гелиостате	195	180
Размеры facets	0,5x0,5 м	0,5x0,5 м
Общее число facets гелиостатного поля	12090	11340
Отражающая поверхность	3022,5 м ²	2835 м ²
Азимутальный угол разворота	±60°	-90°
Зенитальный угол разворота	0-38°	0-36°
Максимальная скорость разворота	0,1 °/с	0,3 °/с
Точность отражающей поверхности	4,0 угловых минут	1-3,0 угловых минут
Технологическая башня		
Высота	26 м	18,5 м
Высота фокуса	16,6 м	13,5 м
Отражающая поверхность		
Способ нанесения	тыльное напыление, алюминий	тыльное напыление, алюминий
Коэффициент отражения	65-75%	50-75%
Точность	3-5 угловых минут	3-5 угловых минут
Число солнечных дней	240-270 дней	240-270 дней
Прямая солнечная радиация	700-1000 Вт/м ²	700-1000 Вт/м ²
Максимальная концентрация	763-1000 Вт/см ²	763-1000 Вт/см ²
Размер фокального пятна	0.9 м	0.9 м

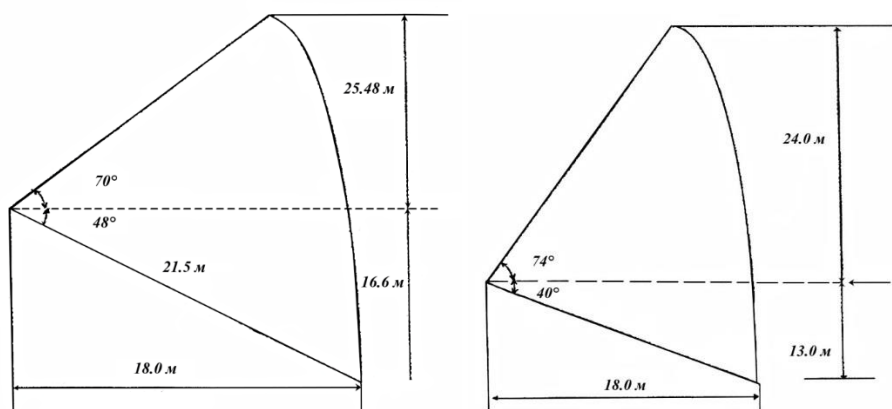
Таблица 2.

Характеристики	Большая Солнечная Печь Узбекистан	Большая Солнечная Печь Франция
Параметров солнечных печей		
Мощность	1000 кВт	1000 кВт
Фокальная концентрация	11000	10000
Площадь, м ²	2000	1923

Эффективный диаметр, м	50,46	49,5
Эффективность концентрации	0,197	0,179
Коэффициент отражения	0,7	0,7
Основные данные		
Место расположения	69,1°	43°
Широта, долгота, высота	41,35° 1100 м	5° 1600 м
Организация - разработчик	НПО “Физика-Солнце” АН РУз	НЦНИ (Национальный Центр Научных Исследований) Франции
Начало запуска	1987	1969
Область применения	Синтез высокотемпературных материалов, исследования и испытания материалов под воздействием концентрированных световых потоков. Фундаментальные астрофизические исследования.	Синтез высокотемпературных материалов, исследования и испытания материалов под воздействием концентрированных световых потоков.
Тип	Двухзеркальная гелиостат-параболоидная система	Двухзеркальная гелиостат-параболоидная система
Тепловая мощность	1000 кВт при прямой солнечной радиации 950 Вт/м ²	1000 кВт при прямой солнечной радиации 950 Вт/м ²

Сравнительная оптическая схема обоих БСП приведена на рис.3.

Рис.3.



Сравнительная оптическая схема двух уникальных в мире солнечных печей во Франции и Узбекистане мегаваттной мощности

БСП представляет собой сложный оптико-механический комплекс с автоматической системой управления, состоящей из гелиостатного поля и параболического концентратора, формирующих в фокальной зоне концентратора (технологическая башня) лучистый стационарный поток высокой плотности.

Отражающая поверхность гелиостатного поля составляет 3022,5 м², - концентратора - 1840 м².

Во Большой Солнечной Печи Узбекистана в отличие от Французской использована более близкая к главной оптической оси зона размером миделя, что позволяет увеличить степень концентрации с 10000 до 11000, при этом фокальная точка в месте 13 м находится на высоте до 16,6 м.

Концентратор фокусирует отраженные гелиостатным полем солнечные лучи в фокальную зону диаметром 1м, где создается высоко энергичная область. Фокальная область расположена в технологической башне, где установлены специальные приборы и оборудования для исследования физико-химических процессов протекающих при воздействии мощных концентрированных солнечных потоков и при высоких температурах и обладает следующими особыми свойствами:

Особо чистый источник нагрева, не вносит никаких примесей от нагревательных элементов, экранов и т.д.

Полихроматический спектр в фокальном пятне обеспечивает высокое поглощение излучения по сравнению с монохроматическим излучением лазеров в 10 раз больше.

Высокая скорость нагрева (ввода тепла 100-800°С/мин) материала.

Открытость зоны термообработки, что позволяет использовать дополнительные технологические приемы (как обработка в ультразвуковом поле, обработка в магнитном поле, закалка и т.

Нет особых требований к электромагнитным свойствам материалов.

Плотность потока в центре фокального пятна достигает до 900 Вт/см², что позволяет работать практически со всеми высокотемпературными материалами в воздушной среде.

Возможность регулировать плотность потока и получать квазиравномерное облучение в фокальном пятне, это позволяет создавать гибкие технологические процессы. БСП является единственным уникальным инструментом, который позволяет проводить испытания материалов, конструкций, оборудования и т.д. на световое воздействия ядерного взрыва. Кроме этого, БСП является инструментом для проведения целого ряда испытаний и исследований по космической программе.

Уникальность этой установки обусловлена в первую очередь возможностью проведения уникальностью научных исследований и прикладных работ, проводимых на БСП.

Так сравнение с высокотемпературными оптическими печами с искусственными источниками излучения показывает следующую картину:

-Электрическая дуга - в результате горения дуги в горячую область попадают продукты сгорания, т.е. источник нагрева не является чистым, большие затраты электроэнергии.

-Плазменный нагрев - тепло передается за счет газа теплоносителя, требуются высокочистый газ. Температура плазмы от 5000°С и до 100 000°С распределение

температуры в потоке плазмы сильно неоднородное, при таких высоких температурах в материалах может происходить декомпозиция и нарушаться стехиометрия.

-Высокочастотный нагрев - основное требование данного метода в том, чтобы материал обладал электропроводностью и не имел высоких сублимационных характеристик. Есть группа материалов типа SiO_2 , CaO , MgO , которые высокочастотным методом не плавятся. Хотя высокочастотный метод не загрязняет материал, он не является экологически чистым и требует больших затрат электроэнергии.

-Лазеры являются особо чистым источником нагрева, обладающим монохроматичностью, когерентностью и высокой спектральной мощностью. Стоимость 1Вт лазерного излучения 100-300 \$/Вт, как следствие высокой стоимости изготовления, так и высокой стоимости эксплуатации. КПД твердотельных лазеров до 1%, газовых 3-4%. После каждого включения или выстрела лазера требуются достаточно большое время (несколько часов, иногда дней) для повторного включения.

Анализ высокотемпературных источников нагрева в окислительной среде показывает, что в настоящее время экономически чистым, экономически выгодным, с полихроматическим спектром излучения и минимальными затратами по энергии является Большой Солнечная Печь.

Особые свойства БСП определяют следующие перспективные направления научных и прикладных исследований. Из них можно выделить:

- Поведение материалов в экстремальных условиях;
- Физика высоких потоков облучения (фото каталитические процессы);
- Синтез новых материалов (наноматериалов и керамики);
- Получение и хранение водорода;
- Высокотемпературные химические процессы и реакции в условиях воздействия концентрированного солнечного излучения;
- Метрологическая аттестация высоких световых потоков и высоких температур.

Согласно результатам проведенных оценок, технический потенциал ВИЭ в республике составляет 179.4 млн. т.н.э, что более чем в три раза превышает ее ежегодную потребность в энергоресурсах. При этом 95,5 % энергетического потенциала ВИЭ вместе взятых приходится на долю солнечной энергии. Ибо Солнце является самым крупным из доступных возобновляемых источников энергии в окрестностях Земли (его мощность по оценкам не менее 5000 раз превышает потенциальную мощность всех других источников вместе взятых, и в разумных масштабах времени практически неисчерпаема) и при преобразовании его энергии в другие необходимые виды дает минимальные негативные экологические последствия. Как известно Узбекистан является солнечной Республикой - солнечные дни в Узбекистане составляет 250-270 дней в году и максимальная плотность прямого потока достигает до 1100 Вт/м². Поэтому использование энергии Солнца как возобновляемого источника является наиболее целесообразным и экономически выгодным.

На основе материалов, синтезированных на БСП разрабатываются и изготавливаются керамические детали для нужд легкой, нефтегазовой и химической промышленности, энергетики и бытовой электроприбор строении Республики. Разработана технология получения кремний содержащих материалов - диоксида кремния SiO_2 , карбида кремния SiC , натриевого силиката SiNa_2O_3 из шелухи риса на основе

термической обработки с использованием солнечной энергии, в специальных тиглях из графита в фокусе БСП.

В 21 веке мировое сообщество уже сталкивается серьезными проблемами в топливно энергетическом комплексе. На сегодняшний день удельный вклад традиционного топлива в мировом энергопроизводстве составляет около 86 %, доля ядерного топлива - 6% гидроэнергетики -7% и прочие -0,5%. Традиционные энергоисточники истощаются, а потребность в энергии с каждым годом увеличивается, т.е. производство энергии не успевает за темпом роста потребления населения. Вместе с тем, растет воздействие техносферы на окружающую среду. Эти проблемы глубоко между собой взаимосвязаны, так как экономический рост стран как Китай, Индия, Россия и др. требуют масштабного изъятия материальных ресурсов из недр планеты, а их добыча, переработка, транспортировка и использование сопровождаются выбросами и сбросами значительной массы вредных веществ в биосферу. По оценкам экспертов ежегодно в атмосферу Земли выбрасывается около 200 млн.тонна твердых частиц, 200 млн т сернистого газа, 700 млн т оксида углерода, 150 млн т оксидов азота, что в сумме 1 млрд вредных веществ. В результате природной среде происходят аномальные изменения: «Кислотные Дожди», потепление климата, истощение озонового слоя, а также в биологический круговорот поступают токсичные для живых организмов химические элементы, которые наносят существенные экологические, экономические и социальные ущербы.

ОБСУЖДЕНИЕ

Растущее энергопотребление развитых и развивающихся стран, а также глобальные экологические проблемы требуют не только изменения глобальной системы энергоснабжения, но и поиск альтернативных источников энергоснабжения, прежде всего энергии Солнца, ветра и биомассы. В настоящее время исследования по переходу на зеленую экономику ведутся практически во всех странах мира.

В Узбекистане по данной проблеме решены ряд задач в области разработок и их использования.

Задачами интеграционной программы по использованию ВИЭ являются:

-Реализация инновационных проектов по внедрению солнечных систем горячего водоснабжения для объектов удаленных от централизованных сетей.

-Реализация инновационных проектов по внедрению фотовольтаических систем дежурного освещения особо важных объектов и автономных Солнечных энергетических установок для потребителей удаленных от централизованных энергосетей

-Разработка проточных рекуперативных солнечных водоопреснителей коллективного использования.

- Разработка двигателей Стирлинга, а также пара высокого давления с помощью концентрирующих систем для производства тепла, электроэнергии (2-10 кВт) и холода (1-3 кВт) для фермерских хозяйств, специализирующихся на производстве молока и мяса.

В целях интеграции науки и образования в 2000г.в институте материаловедения АН РУз был организован Международный Учебный Центр, который функционировал до 2009 года, принималось по 25 студентов в сезон из различных ВУЗов Республики Узбекистан, а также ближнего зарубежья (Киргизстан, Россия). Студенты – слушатели обучались по тематике «Использование Солнечной Энергии» ведущими специалистами

этой области науки. Чтобы продолжить эту инициативу совместно с Институтом физики полупроводников и микроэлектроники разработан проект по созданию «Научно-образовательного кластера по изучению технологии возобновляемых источников энергии». Он является олицетворением признания наших результатов, придает гордость быть достойными продолжателями дел наших великих предков средневековья- сынов священной земли Авеста Аль Хорезми, Бируни, Ибн Сина, Улугбека, а также наших современников С. Азимова, Г.Умарова, У. Арипова и многих других. Ибо это есть доказательство того утверждения, что у нашего общества светлое будущее. Солнечный Узбекистан является не только источником знаний прошедших веков, но мы уверены, что он является страной с великим будущим, и мы создаем третий ренессанс.

Выводы.

ВЫВОДЫ

Развитие использования ВИЭ вызвано не только потребностями собственно энергетики и необходимостью решения глобальных мировых проблем, а также обеспечению энергобезопасности Республики существенным стимулом для этого является также попутное развитие сопутствующих отраслей промышленности и сельского хозяйства, увеличение числа рабочих мест, улучшение социально - экономических условий жизни населения. Значительная обеспеченность нашей Республики солнечной энергией определяет необходимость подобного изучения всех аспектов ее использования. Появление крупногабаритных, полупромышленных (Одейо Франция, Паркент Узбекистан) солнечных печей, зеркально концентрирующих системах дало толчок развитию материаловедения и появлению нового направления - гелиоматериаловедения. Опыт использования солнечных печей особенно для энергоёмких технологий синтеза материалов показал, что он не имеет аналогов, является уникальной и позволяющей получить материалы с комплексом принципиально новых свойств.

REFERENCES

1. Абдурахманов А. и др. //Технический отчет по метрологической аттестации испытательного стенда и методики измерения характеристик светового импульса при облучении образцов на БСП. НПО "Физика Солнца" АН Республики Узбекистан. Ташкент, 1991. 320 с.
2. Абдурахманов А., Захидов Р.А., Панов П.А., Нишанбаев Р. Измерение оптико-энергетических характеристик отражающих поверхностей зеркальных концентрирующих систем // "Гелиотехника", 1983, №6. с.22-26.
3. Абдурахманов А., Захидов Р.А. и др. Концентраторы высокотемпературных оптических печей. Теория, технология и юстировка.// Вторая Всесоюзная конференция "Возобновляемые источники энергии". Ереван, 1985.
4. Абдурахманов А., Казаков К.Н., Пирматов И.И., Урюпин С.А. Юстировочное устройство facets отражателя // А.с. № 1568651. Приоритет изобр. от 1.02,1990г.
5. Абдурахманова М.А. Замонавий микроэлектрониканинг ривожланишида фан, таълим ва инновация интеграцияси АндУ: Республика илмий-услубий анжумани. 2020 й. 24-26 декабрь
6. Абдурахманова М.А. Пути ускорения интеграции образования, науки и производства по распространению обучения и применения возобновляемых энергий во всех

- регионах РУз Док. Республиканской научно-практической конференции.г. Карши. 2021г.
7. Абдурахманова М.А., Далиев Х.Х. Пути ускорения интеграции образования, науки и производства по распространению образования и применения возобновляемых источников энергии во всех регионах РУз Тезис. Материалы научно-практической конференции «Интеграция науки и образования в развитии современной микрoeлектроники» Андижан 2020г.стр.428-429.
 8. Абдурахманова М.А. Мукобил энергия манбаларидан фойдаланишда инновацион технологиялар ва ахборот коммуникацияларни тадбик этиш истикболлари УДК:620;9;316.070. Международная научно-практическая конференция «Достижения женщин в области науки, образования, культуры и инновационных технологий» (27-28 май 2022г.) Джиз. ПИ. Г. Джизак 31-33 бетлар
 9. Абдурахманова М.А. Необходимость профессионального образования по использованию энергосберегающих технологий для перехода к «зеленой» экономике Тез. доклада на 1-международной конф. «Фундаментальные и прикладные проблемы физики полупроводников, микро- и наноэлектроники» РУз. Ташкент, 28-29 октябрь 2021г.
 10. Муминов Ш.А., Кучкаров А.А. Моделирование и создание плоского френелевского линейного зеркального солнечного концентратора. Межд. Научн. Журнал 2020.№3. (72) URL. Universum: Технические науки: электрон журнал
 11. Алиев Р.А. «Зеленая экономика» в Азербайджанской Республике: предпосылки и направления развития [Электронный ресурс] /Р.А. Алиев, Г.Ф. Исмаилова // Интернет-журнал «Наукoведение». - Том 7. - №6 (2015). - Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/107EVN615.pdf>. DOI: 10.15862/107EVN615
 12. Кучкаров А. А., Муминов Ш. А., Абдурахманов А. А. Комбинированное энергообеспечение 62 гелиостатов Большой Солнечной Печи //Журнал Сибирского федерального университета. Техника и технологии. – 2020. – Т. 13. – №. 4.
 13. Хакимов М. Ф., Тожибоев А. К., Сайитов Ш. С. Способы повышения энергетической эффективности автоматизированной солнечной установки //Актуальная наука. – 2019. – №. 11. – С. 29-33