

## ОСОБЕННОСТИ ЮСТИРОВКИ ГЕЛИОСТАТОВ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ИХ ЭФФЕКТИВНОСТИ

**Абдурахманов А.А.**

Д.т.н., проф., Заведующий лаборатории НИИ Материаловедении АНРУз

**Абдурахманова М.А.**

К.э.н., доц., Зам. Директор 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.7073467>

***Аннотация.** В статье представлена конкретная методика юстировки с помощью разработанным стендом с искусственным источником света, приведены особенности юстировки, которые существенно влияют на повышения эффективности работы солнечных электрических станций (СЭС).*

***Ключевые слова:** юстировка, фацета, оптическая аппаратура, конструкция, гелиостат, коллиматор, диафрагма.*

## PECULIARITIES OF ADJUSTMENT OF HELIOSTATS OF SOLAR POWER STATIONS TO INCREASE THEIR EFFICIENCY

***Abstract.** The article presents a specific method of alignment using a developed stand with an artificial light source, describes the features of alignment, which significantly affect the increase in the efficiency of solar power plants (SPS).*

***Keywords:** alignment, facet, optical equipment, design, heliostat, collimator, diaphragm.*

### ВВЕДЕНИЕ

Одной из ключевых проблем в современной быстро растущей отрасли солнечной энергетики является повышение ее потенциальных возможностей, направленных на улучшение технико-экономических показателей солнечных установок за счет использования зеркальных концентрирующих систем (ЗКС). Современное состояние исследований зеркально концентрирующих систем и разработка способов улучшения эффективности и повышения их КПД еще далеки от своего решения. Развитие солнечной энергетики нельзя представить без развития ЗКС. Так, например, без концентрации солнечного излучения нельзя получать температуры, необходимые для реализации рабочих процессов в газотурбинных и термоэмиссионных преобразователях энергии, невозможно обеспечить инверсную населенность и генерацию излучения в лазерах с прямой солнечной накачкой и т. п.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

ЗКС предназначены для улавливания лучистого потока, поступающего от источника излучения, и его концентрации на луче воспринимающих поверхностей 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.

Мощные (200, 300 МВт) СЭС, включают поле гелиостатов, состоящее из тысяч facets, требующих юстировки, приводит к задачам юстировки с точки зрения серийности.

В гелиотехнике, имитаторах солнца и оптических печах применяются только некоторые отдельные этапы технологии и методы конструирования, используемые в астрономии и радиоастрономии. Необходимо было разработать новый подход, учитывающий, с одной стороны, требования по точности изготовления поверхности, с другой стороны, технологические возможности, экономические факторы и требования к эксплуатации и надежности конструкции.

Оптическая концентрация прямого солнечного излучения является единственным способом повышения потенциала преобразования в другие практически используемые виды энергии и на этой основе повышения КПД солнечных установок и улучшения их технико-экономических характеристик.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Анализ научно-технической литературы и патентных материалов по гелиостатам показал, что при создании солнечных энергетических установок большой мощности время на юстировку facets соизмеримо с временем на разработку и монтаж всей системы в целом.

Сокращение времени на юстировку может быть достигнуто: сокращением времени на юстировку отдельной facets, проведение одновременной юстировки нескольких facets на Солнце, либо на специальных стендах. Стенды являются стационарными и могут быть выполнены с высокой точностью оснащённой оптической аппаратурой, что позволит достаточно точно провести юстировку. Сортировка отдельных элементов являются завершающим этапом технологического процесса сборки с конструктивной и технологической компетенцией.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Юстировка является неотъемлемой частью бережного процесса которая накладывает определенные требования на гелиостат. Поэтому уже на этапе конструирования необходимо иметь в виду, что:

- а) конструкция должна обеспечить независимость сбора отдельных узлов facets гелиостатов;
- б) сборочные базы должны обеспечивать требуемое положение узлов и детали гелиостатов;
- в) необходимо максимально унифицировать узлы и детали для обеспечения поточности процесса;
- г) юстировочные узлы и крепеж facets должны быть независимы друг от друга;
- д) юстировочные узлы отдельных элементов гелиостата не должны быть связаны между собой;
- е) отдельные узлы гелиостата не должны деформироваться как в процессе сборки, так и в процессе эксплуатации гелиостата;
- ж) конструкция должна обеспечивать удобства сборки и юстировки отдельных элементов гелиостатов;
- з) должен обеспечиваться удобный подход к узлам юстировки и крепежа facets в процессе юстировки и эксплуатации

Целесообразны следующие предварительные этапы юстировки 1 - выборка зеркал; 2 - предварительная сборка зеркал на рами; 3-монтаж на каркасе гелиостата; 4-приведение отражающей поверхности facets в единой плоскости (зрительно); 5-осуществление юстировки.

Для получения, требуемого положения facets на каркасе гелиостата в конструкции желательно вести базовые элементы, точность установки которых определяется по следующим основным критериям:

1. Предыдущие данные не должны ограничивать конструктивному-положению установки для её дальнейшей работы.
2. Технологическому-отклонению положения нормали опереточной единицы после монтажа не должно быть больше диапазона работы контрольно-юстировочного устройства.

Точность установки facets в процессе монтажа может быть выполнена с максимальным угловым отклонением от теоретического положения.

Эта величина определяет необходимый диапазон работы контрольно-юстировочные аппаратуры при юстировке facets и диапазон регулировки юстированных устройств.

Выше изложенные принципы показывают, что разработку конкретной методики юстировки необходимо вести параллельно с разработкой конструкции гелиостата.

Предстояло, наряду с проверкой и оценкой различных методов юстировки, описанных в литературе, попытаться создать экспрессный простой надежный и высокоточный метод юстирования плоско facetsных гелиостатов.

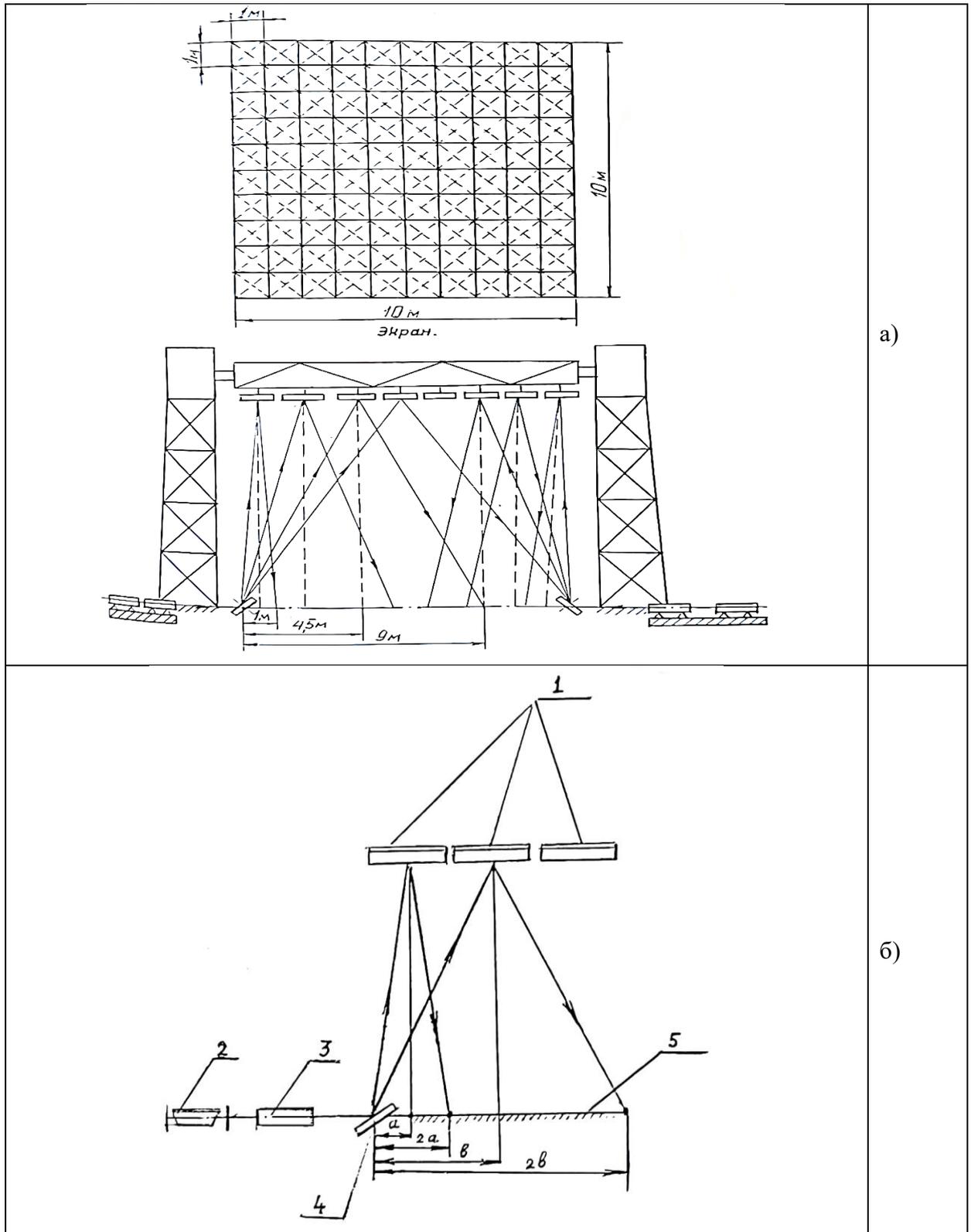
Для осуществления процесса юстировки при серийном выпуске гелиостатов, по нашему мнению, необходимо разработать стенд с искусственным источником света. Стенд устанавливается параллельно оптической поверхности юстируемого гелиостата. Принципиальная схема стенда: а) схема самой юстировки facets б) схема установки для осуществления юстировки приведена на рис.1.

Стенд устанавливается таким образом, чтобы он освещал поверхности, юстируемых facets гелиостата потоком лучей, падающих параллельно усреднённой оптической оси гелиостата (т.е. приближенной оптической оси каркаса гелиостата или, если произведена предварительная сборка facets, то относительно оптической оси опорной facets.) Стенд состоит из источника света (лазер ЛГ 56), коллиматора 2 (например, ЗРТ-457 от оптической скамьи ОСК-2), экрана диафрагмы 3 оборачивающих зеркал 4+7 юстируемого гелиостата 9 и экрана с отверстием на центральной части 10.

Световой поток от источника света I формируется в поток параллельных лучей с помощью коллиматора 2 и отражаясь оборачивающих зеркал 4+7 падает на центральную часть опорной facets. При правильном расположении этой опорной facets луч, отразившись от нее и пройдя обратно, зеркала 8-4 и автоколлиматор 2, проходит на центр экрана 10. С помощью юстировочных винтов facets можно точно совместить отраженный луч с центром экрана. Для юстирования следующей facets гелиостата зеркала координатного устройства перемещаются на шаг равный расстоянию между геометрическими центрами facets.

Анализ показывает, что точность сканирования луча находится в пределах 30 угловых секунд, что является вполне достаточным для юстировки гелиостатов СЭС.

Это методика была опробована при юстировке фацет (размеров 500\*500мм гелиостатов), (700\*650 мм) Большой солнечной печи.



**Рис.1.** а) Принципиальная схема юстировки фацет б) схема установки для осуществления юстировки.

1-Фацеты, 2-лазар, 3-автоколлиматор, 4-зеркало, 5-экран  
в) Общий вид фацетного отражателя размером 10x10м

## ВЫВОДЫ

Основная погрешность методики связана с точностью просмотра отдельных фазет, для вышеуказанных гелиостатов поверхности фазет имеют среднеквадратичные отклонения в пределах  $3 \times 3$  угловых поэтому точность юстировки находится в пределах этих величин.

Предложенный метод формирования лучистых потоков необходимой плотности с использованием специальных концентрирующих систем с высокоэффективными источниками излучения существенно помогает развитию материаловедения, ракетно-космической техники, ядерной энергетики, оптической промышленности и эффективному использованию возобновляемых источников энергии (ВИЭ).

Таким образом, широкое вовлечение ВИЭ в энергобаланс страны будет способствовать:

- сохранению энергетической независимости страны на длительную перспективу;
- улучшению энергообеспечения экономики;
- улучшению энергоснабжения сельских и отдаленных районов;
- сокращению выбросов парниковых газов;
- устойчивому развитию экономики страны.

В связи с тем, что 98.55% энергетического потенциала ВИЭ вместе взятых приходится на долю солнечной энергии, последняя считается основным определяющим фактором при планировании доли ВИЭ в общем энергобалансе страны.

## REFERENCES

1. Честа О.И., Грилихес В.А. Анализ характеристик плоских пленочных концентраторов для солнечных фотоэлектрических установок // Гелиотехника, № 6, 1987. с.20-23.
2. Абдурахманов А., Клычев Ш.И., Шульман М.Н. Анализ энергетических характеристик и юстировка плоских и фокусирующих гелиостатов СЭС // Вторая всесоюзная конф, "Возобновляемые источники энергии", Ереван, 1985. с.2.
3. Абдурахманов А., Азимов С.А., Пирматов И.И., Урюпин С.А. Стенд для юстировки фазетного концентратора. А.с. № 1481571. Положит.реш. от 22.01.1989 г.
4. Захидов Р.А., Соколова А.А., Абдурахманов А. и др. Универсальный метод юстировки концентрирующей системы АСЭУ с термодинамическим преобразователем // Гелиотехника, № 1. 1989, с.27-30.
5. Собиров Ю.Б., Рахимов Р.Х., Абдурахманов Ш.А. Определение значения плотности в конкретной фокальной точке зеркальной концентрирующей системы // Computational nanotechnology. Vol. 6, №4, 2019. -С.49-55. DOI: 10.33693/2313-223X-2019-6-4-49-55.
6. 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
7. 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 нанoeлектроники» РУз. Ташкент, 28-29 октябрь 2021г.
8. Абдурахманова М.А Повышение КПД солнечных энергетических установок, возможности снижения требований к точности концентратора. Доклад. Научно-практическая конференция “Ёш олимлар ва талабаларнинг 2-республика илмий анжумани “ Ташкент 21 май. 2022г
  9. Абдурахманова М.А., Абидов Ш. Новый подход к изучению использования приборов и установок для применения возобновляемых источников энергии в народном хозяйстве. Инновацион техника ва технологияларнинг кишлок хужалиги озик-овкат тармогидаги муаммо ва истикболлари”мавзусидаги 2-халкаро илмий-техник анжуман 22-23 апрел 2022й. 6-шуба.ТГТУ
  9. Zhu G., Wendelin T., Wagner M.J., et al. History, current state, and future of linear Fresnel concentrating solar collectors // Sol. Energy. 2014. Vol. 103. P. 639-652
  10. Исмаилов Р.Т. Кулиев Д.Т. 2022 4(97) Совершенствование теории и практики применения солнечных водонагревательных установок в горной местности
  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. Аверченков В. И. Основы математического моделирования технических систем / В. И. Аверченков, В. П. Федоров, М. П. Хйфец. – М.: Литпрес, 2016. – 272с.
  13. 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.