

Краткая информация о проекте

Наименование	АР26197983 «Исследование концентрирующих двухсторонних кремниевых солнечных элементов с новой системой охлаждения при различных условиях внешней среды»
Актуальность	С увеличением общей численности населения на территории Казахстана и по всему миру, повышается количество электронных устройств и потребность в объеме производимой электроэнергии растет. Вследствие этого энергетика обладает огромным потенциалом развития, а в качестве мер по борьбе с экологическими проблемами, развиваются и способы получения электричества с помощью возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Ярким примером экологичного и относительно эффективного устройства для генерации электричества с ВИЭ являются солнечные батареи. Для повышения их выходных характеристик используют солнечные концентраторы. Однако, несмотря на их преимущества, использование концентраторов приводит к значительному нагреву солнечных элементов, что в свою очередь ускоряет их деградацию. Важно отметить, что на температуру солнечных элементов влияет и температура окружающей среды. Таким образом, создание оптимальной системы, учитывающей состояние внешней среды и характеристики солнечного элемента, направленной на улучшение выходных характеристик и продления срока эксплуатации солнечных элементов, представляет собой актуальную задачу. В этом контексте технология двухсторонних солнечных элементов (ДСЭ) может быть особенно полезной, так как способна генерировать на 10-20% больше электроэнергии за счет обратной светочувствительной стороны. Таким образом интеграция оптических систем и систем охлаждения с ДСЭ позволит увеличить производимую электроэнергию.
Цель	Целью Проекта является исследование параметров и выходных характеристик ДСЭ при низкой степени концентрации солнечного излучения и различных температурных условиях, для построения оптимальной оптической и трекерной системы с охлаждением, способной создавать устойчивую среду для ДСЭ с целью генерации максимального количества электроэнергии и увеличения срока их службы.
Задачи	Задача 1. Исследование оптических систем, состоящих из зеркал и линз, формирующих низкую степень концентрации на обеих сторонах ДСЭ при различной степени равномерного распределения солнечного излучения посредством использования

	компьютерного моделирования. Основной целью является определение геометрических параметров моделей оптических систем с целью получения концентрации света 2-10 и разной степени равномерного распределения излучения. Задача 2. Исследование термодинамических процессов, происходящих при использовании системы охлаждения ДСЭ на основе сотовых поликарбонатов и силиконовых трубок посредством применения компьютерного моделирования физических процессов. Работа будет выполнена с целью определения оптимальных параметров системы охлаждения, для эффективного охлаждения при большой интенсивности солнечного света и высоких температурах окружающей среды. Задача 3. Исследование динамики нагрева кремниевых ДСЭ при низкой степени концентрации и с использованием оптимальной оптической системы, начальной температуре 20°C до 40°C, температуре охлаждающей жидкости 20°C до 30°C и температуре окружающей среды -10°C до 25°C. Работа будет выполнена с целью сбора данных по динамике нагрева, для дальнейшего анализа и сравнения с компьютерной симуляцией. Задача 4. Исследование динамики охлаждения ДСЭ при концентрации солнечного света 100-1600 Вт/м² и с оптимальной оптической системой, начальной температуре солнечного элемента 70°C до 40°C, температуре охлаждающей жидкости 20°C до 30°C, температуре окружающей среды -10°C до 25°C. Работа будет выполнена с целью сбора данных по динамике охлаждения, для дальнейшего анализа и сравнения с компьютерной симуляцией. Задача 5. Математическая обработка полученных данных для построения эмпирической модели ДСЭ по зависимости скорости нагрева и охлаждения от интенсивности солнечного света, температуры окружающей среды, температуры и скорости потока охлаждающей жидкости. Работа будет выполнена с целью создания эмпирической модели динамики изменения температуры ДСЭ. Задача 6. Исследование влияния на выходные характеристики неравномерного распределения солнечного излучения по обеим поверхностям ДСЭ. Работа будет выполнена с целью определения степени влияния неравномерного распределения солнечного излучения на ДСЭ. Задача 7. Создание физической модели, обеспечивающей устойчивость среды для работы ДСЭ на основе построенной эмпирической модели. Работа будет выполнена с целью создания физической модели, состоящей из наиболее эффективной
--	--

	оптической и охлаждающей системы. Задача 8. Исследование выходных характеристик ДСЭ при различных условиях внешней среды, системы охлаждения, концентрации и при различной ориентации к Солнцу. Работа будет выполнена с целью сбора экспериментальных данных по выходным характеристикам ДСЭ в полевых условиях. Задача 9. Создание эмпирической модели выходных характеристик ДСЭ с учетом данных по неравномерному распределению солнечного света и интенсивности света, посредством обработки и анализа данных. Работа будет выполнена с целью определения общей зависимости выходной характеристики ДСЭ и внешних условий.
Ожидаемые и достигнутые результаты	Основным ожидаемым результатом Проекта является эмпирическая модель двухстороннего солнечного элемента (ДСЭ), способная предоставлять точные данные по выходным характеристикам солнечных элементов относительно его температуры, температуры окружающей среды, охлаждающей системы, оптической системы и концентрации солнечного света. Также ожидаемым результатом являются оптическая система и система охлаждения, которые обеспечивают оптимальные условия для работы ДСЭ. Основной характерной чертой полученных оптических систем является равномерный световой поток на обеих сторонах ДСЭ, что должно позволить улучшить выходные характеристики солнечного элемента. А характерной чертой охлаждающей системы является способность быстро охлаждать солнечный элемент и держать его на оптимальной температуре в течении длительного времени. План работ, выполняемый во время Проекта, делится на 3 основных вида: компьютерное моделирование, исследовательская работа и создание эмпирической модели. На текущий момент достигнуты следующие результаты: С помощью компьютерного моделирования, выполненного в программной среде COMSOL Multiphysics с использованием модуля Geometrical Optics (трассировка лучей), разработана модель двухстороннего солнечного элемента, обеспечивающие формирование светового потока на обе поверхности ДСЭ. Созданы оптические модели на основе параболических отражателей и линзы Френеля, обеспечивающие концентрацию излучения в диапазоне 2-10 солнц при входном потоке 1000 Вт/м². Определены оптимальные геометрические параметры.

	Методом конечных объёмов исследованы процессы нагрева и охлаждения ДСЭ с учётом температуры окружающей среды, параметров охлаждающей жидкости и интенсивности излучения. Разработана вычислительная модель, позволяющая анализировать тепловой отклик элемента при различных режимах работы. Получены зависимости, характеризующие влияние ключевых параметров на эффективность теплоотвода. Создана экспериментальная установка для исследования тепловых характеристик ДСЭ и верификации разработанных моделей. Проведены испытания при варьировании интенсивности излучения, температурных условий и параметров охлаждения. Получены экспериментальные данные по нагреву ДСЭ. Проводится сбор и анализ экспериментальных данных по охлаждению ДСЭ при варьировании ключевых параметров, включая интенсивность солнечного излучения, начальную температуру элемента, температуру охлаждающей жидкости и условия окружающей среды.
Имена и фамилии членов исследовательской группы с их идентификаторами (Scopus Author ID, Researcher ID, ORCID, при наличии) и ссылками на соответствующие профили	Сванбаев Елдос Абугалиевич – Scopus Author ID: 54906220800 (https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=54906220800), ResearcherIDCFS-8189-2022 (https://www.webofscience.com/wos/author/record/5238596), ORCID: 0000-0002-0093-7958 (https://orcid.org/0000-0002-0093-7958); Саймбетов Ахмет Куанышбаевич – Scopus ID: 58529450500 (https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=58529450500), ResearcherIDAAA-1820-2019 (https://www.webofscience.com/wos/author/record/1868755), ORCID: 0000-0003-3442-8550 (https://orcid.org/0000-0003-3442-8550); Құттыбай Нұржігіт Бақытұлы – Scopus Author ID: 57196375521 (https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57196375521), ResearcherIDMCY-5011-2025 (https://www.webofscience.com/wos/author/record/67853071), ORCID: 0000-0002-5723-6642 (https://orcid.org/0000-0002-5723-6642); Нұрғалиев Мадияр Кәменұлы – Scopus Author ID: 57202335235 (https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57202335235), ResearcherIDAEX-1038-2022 (https://www.webofscience.com/wos/author/record/3566502), ORCID: 0000-0002-6795-5384 (https://orcid.org/0000-0002-6795-5384); Досымбетова Гулбахар Базарбаевна – Scopus Author ID: 57202334195 (https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57202334195), ResearcherIDQ-8432-2017 (https://www.webofscience.com/wos/author/record/1080135), ORCID: 0000-0002-3935-7213 (https://orcid.org/0000-0002-3935-7213); Жоламанов Батырбек Нұрыллаұлы – Scopus Author ID: 57258537000 (https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57258537000), ResearcherIDLTZ-2127-2024 (https://www.webofscience.com/wos/author/record/65690222), ORCID: 0000-0001-8206-7425 Қошқарбай Нұрсұлтан Жалғасұлы – Scopus Author ID: 57257861100 (https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57257861100)

	authorId=57257861100), ResearcherIDLSL-5444-2024 (https://www.webofscience.com/wos/author/record/65293537), ORCID: 0009-0004-2334-3249 (https://orcid.org/0009-0004-2334-3249) Әлмен Динара Бақытжанқызы – Scopus Author ID: 58837948600 (https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=58837948600), ResearcherIDJGP-5358-2023 (https://www.webofscience.com/wos/author/record/49710760), ORCID: 0009-0000-8527-4921 (https://orcid.org/0009-0000-8527-4921) Болатбек Асхат Бауыржанұлы – Scopus Author ID: 59194889700 (https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=59194889700), ResearcherIDOKR-5178-2025 (https://www.webofscience.com/wos/author/record/82442983), ORCID: 0009-0004-7613-5507 (https://orcid.org/0009-0004-7613-5507) Орынбасар Саят Оразханұлы – Scopus Author ID: 58028274600 (https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=58028274600), ResearcherIDOJT-1102-2025 (https://www.webofscience.com/wos/author/record/82218907), ORCID: 0009-0001-9124-2560 (https://orcid.org/0009-0001-9124-2560) Каппарова Айнұр Аралбайқызы – Scopus Author ID: 58028607300 (https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=58028607300), ResearcherIDOJT-1724-2025 (https://www.webofscience.com/wos/author/record/82219529), ORCID: 0009-0008-8348-902X (https://orcid.org/0009-0008-8348-902X) Рустемов Алмас Ахметович Каниев Ерсұлтан Галымович Рахмет Әкежан Қалдыбекұлы
Использование	Результаты исследования имеют потенциал быть использованы коммерческой и энергетической сферами Казахстана, с целью производства концентрирующих и охлаждающих систем для двухсторонних солнечных элементов, имеющих потенциал повышать производительность и срок службы двухсторонних солнечных элементов.
Приоритет в сравнении с реальными аналогами	Приоритет проекта по сравнению с существующими аналогами заключается в комплексном междисциплинарном подходе, объединяющем оптическое моделирование, тепловой анализ и экспериментальную верификацию в рамках единой системы для двухсторонних солнечных элементов. Это позволяет более точно оценивать выходные характеристики ДСЭ, оптимизировать режимы работы и обеспечивать повышение эффективности и срока службы системы. Дополнительным преимуществом является ориентация на практическое применение в условиях Казахстана, что обеспечивает возможность внедрения разработанных концентрирующих и охлаждающих систем с целью повышения эффективности и срока службы солнечных установок.
Список публикаций с ссылками на них	Rustemov A., Ibraimov M., Almen D. *, Svanbayev Ye., Saymbetov A., Nurgaliyev M., Kapparova A.,

	Orynassar S. Modeling output performance of bifacial solar cells based on single diode model // <i>Eurasian physical technical journal</i> , (статус: на рассмотрении)
Информация о патентах	-