ВЛИЯНИЕ ЗАТЕНЁННЫХ УЧАСТКОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ СОЛНЕЧНЫХ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ.

Салиев Адил Ганиевич
Доцент Ташкентского государственного технического университета кандидат технический наук
Холбоев Бобур-Мирзо Маъруфжон угли
Исследователь Ташкентского государственного технического университета

Annonasiya: Olmaliq shahri iqlim sharoitida quyosh fotoelektr stansiyasi uchun barcha fasllar bo‘yicha optimal qiyalik burchagi va qatorlar orasidagi masofa hisobga olingan holda, PVSyst dasturi yordamida 100 kVt quvvatga ega quyosh fotoelektr stansiyasi misolida tashqi obyektlar hamda panellarning o‘zaro soyalanishi natijasida yuzaga keladigan yillik energiya yo‘qotishlari aniqlab chiqildi.

Kalit so’zi: Quyosh, Quyosh panellari, soyalanish, burchak qiyaligi, Quyosh nuri, Quyoshning ko'tarilishi, Qatorlar orasidagi masofa.

Аннотация: На основе климатических условий города Алмалык, с учётом оптимального угла наклона и расстояния между рядами для всех сезонов, с помощью программы PVSyst были определены годовые потери энергии, возникающие в результате взаимного затенения панелей и внешних объектов на примере солнечной фотоэлектрической станции мощностью 100 кВт.

Ключевые слова: Солнца, Солнечные панели, затенение, угла наклона, Солнечная инсоляция, Солнечного подъема, расстояния между рядами.

Annotation: Based on the climatic conditions of the city of Almalyk, using the average tilt angle and row spacing optimal for all seasons, we determined the annual energy loss caused by shading from external objects and the panels themselves using the PVSyst software, taking a 100 kW solar power plant as a case study.

Key words: Sun, Solar panels, shading, tilt angle, Solar insolation, Solar elevation, distance between rows.

Введение.

Актуальность и востребованность темы диссертации. Развитие зеленной энергетики считается особо актуальным, так как в первую очередь служит экономию первичных энергоресурсов республики, уменьшению эмиссии CO_2 и смягчению последствий изменения климата, обеспечению энергетической безопасности и энергетической независимости страны, улучшению уровня и качества жизни населения. Также широкомасштабное внедрение практического использования возобновляемой энергии способствует к улучшению социальных условий населения – обеспечение гарантированного и непрерывного доступа к

ISSN 3030-3907

недорогим, надежным, устойчивым и современным источником энергии для всех. Одной из актуальных задач является получение высокой мощности за счет ориентация и углы установки солнечных батарей, которые требует новых подходов для решения проблем повышения эффективности использования солнечной энергии в промышленных масштабах в республике.

В соответствии №ПП-4477 от 04.10.2019 «Об утверждении стратегии по переходу Республики Узбекистан на «зеленую» экономику на период 2019-2030 годов а также в других нормативно-правовых документах, в этой сфере, что в свою очередь доказывает востребованность тематики исследования.

С развитием солнечной энергетики всё больше объектов строятся в условиях плотной городской застройки, где значительную роль играет затенение. В таких условиях даже небольшие тени от деревьев, зданий или технологического оборудования могут вызывать серьёзные потери в выработке электроэнергии.

Для города Алмалык, где наблюдается высокая солнечная активность, но также имеется плотная застройка и развитая промышленная инфраструктура, проблема затенения становится особенно актуальной. Эффективность солнечных фотоэлектрических станций (СФЭС) здесь напрямую зависит от правильного учёта затенения на этапе проектирования.

Цель исследования. Целью данного исследования является оценка влияния затенения на производительность солнечной фотоэлектрической станции (СФЭС) в условиях города Алмалык с использованием программного моделирования в среде PVSyst.

Задачи исследования. Провести моделирование работы солнечной электростанции мощностью 100 кВт с использованием программы **PVSyst**, учитывая влияние затенения от объектов и межрядного расстояния и определить годовые потери электроэнергии, вызванные затенением, в различных сезонных условиях.

Энергия является фундаментом существования и развития человеческой цивилизации. В настоящее время в целях получения экологически чистой и экономически выгодной энергии во всем мире активно внедряются солнечные фотоэлектростанции (СФЭС). Объёмы использования фотоэлектрических модулей и выработка электроэнергии с помощью автономных солнечных электростанций неуклонно растут. По состоянию на сегодняшний день совокупная установленная мощность всех СФЭС в мире превышает 160 ГВт и продолжает стремительно увеличиваться

ISSN 3030-3907

[1]. Согласно мнению экспертов, будущее энергетики связано с использованием возобновляемых источников энергии (ВИЭ), среди которых солнечная энергия занимает особое место благодаря своей повсеместной доступности, неисчерпаемости и высокой суммарной потенциальной мощности [2–3].

Солнечные фотоэлектрические станции (СФЭС) преобразуют солнечную радиацию в электрическую энергию при помощи фотоэлектрических модулей. Эффективность этого процесса напрямую зависит от количества и качества поступающего солнечного излучения. Одним из наиболее критичных факторов, ограничивающих поступление солнечного света, является затенение**.**

Затенение – это частичное или полное перекрытие солнечного излучения, поступающего на поверхность фотоэлектрических модулей. Этот фактор оказывает существенное влияние на эффективность работы солнечных фотоэлектрических станций (СФЭС), особенно в условиях городской застройки, промышленного окружения, а также в регионах с выраженной сезонной растительностью.

Потери от тени могут быть серьезными, особенно если большая часть панели находится в тени. Даже небольшая тень, например, от ветви дерева, может снизить производительность солнечной панели на несколько процентов. В некоторых случаях, при полной тени, панель может перестать генерировать энергию полностью. При затенении одной ячейки выработка падает на 40%, при затенении 2/3 панели, наблюдаем снижение на 70% [4]

1.Моделирование влияния затенения в программе PVSyst.

Для определения влияние затенения на СФЭС дневного, недельного, месячного и годового влияния мы используем программу “PVSyst”. При проектировании солнечной электростанции мощностью 100 кВт для максимального использования площади выбирают одну из самых современных солнечных панелей мощностью 700 Вт и размером 2,38×1,30 м. Прежде всего, определяются высота Солнца и продолжительность инсоляции в течение года для города Алмалык, что показано на следующем рисунке.

ISSN 3030-3907

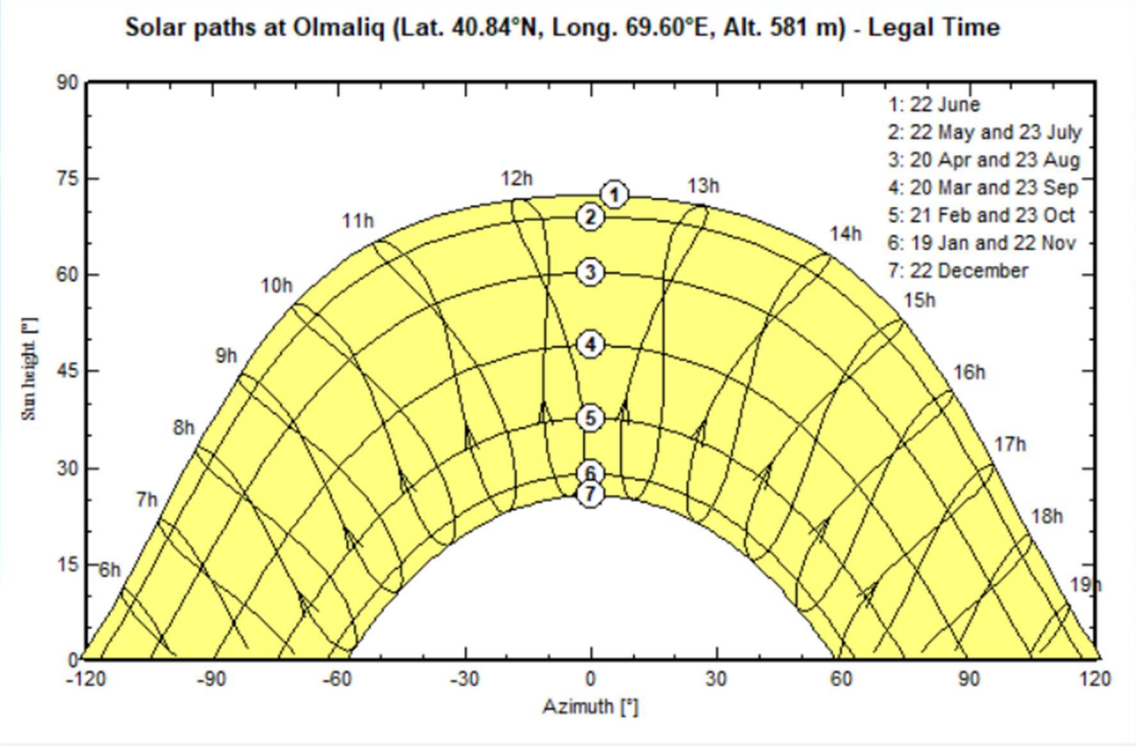


Рисунок 1– Диаграмма солнечных траекторий для города Алмалык.

Диаграмма показывает годовые пути Солнца для географических координат г. Алмалык (широта 40,84° с.ш., долгота 69,60° в.д., высота 581 м). каждая соответствует линии траектории Солнца в определенный день года. На графике можно увидеть изменение высоты и азимута Солнца в течение суток для разных сезонов.

Если для солнечной электростанции мощностью 100 кВт спроектировать использование указанных выше панелей, потребуется 144 панели. Общая площадь самих панелей составит 447 м². Учитывая изменение тока и напряжения при последовательном и параллельном соединениях, предположим, что панели будут соединены в 8 рядов по 18 панелей в каждом. Если ввести расстояние между рядами, рассчитанное для оптимального угла наклона 35,9° для всех сезонов, равное 4,95 метра, общая площадь составит 1200,65 м². Найти такую большую свободную территорию без тени внутри города довольно сложно. Исследуем влияние затенение от объектов с помощью 3D-модели в программе “PVSyst”.

ISSN 3030-3907

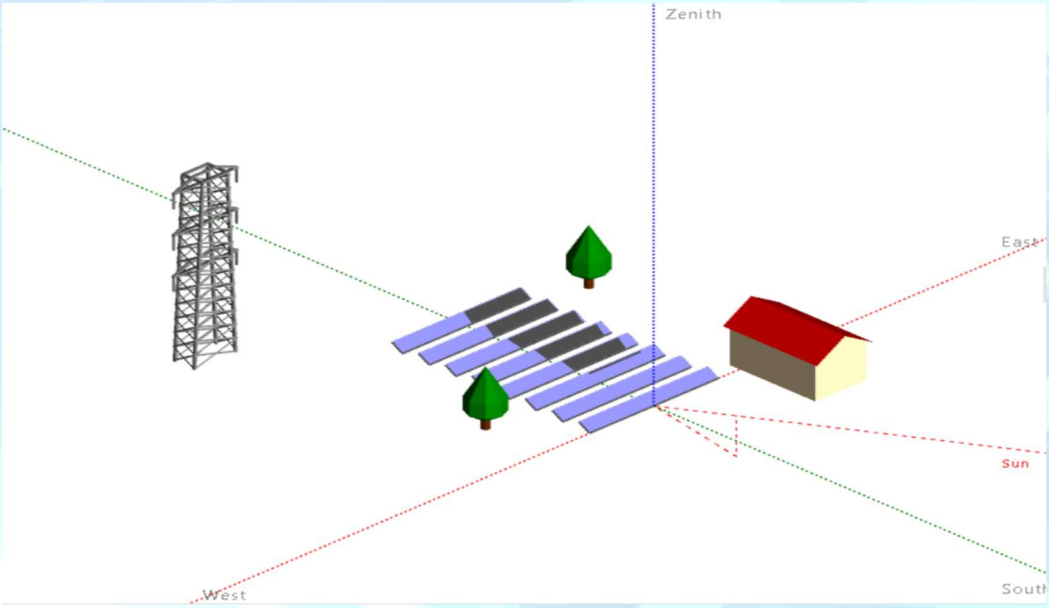


Рисунок 2 – Влияние окружающих объектов на затенение солнечной электростанции.

На рисунке видно, что когда азимутальная точка достигает -10 градусов, тень от дерева начинает падать на панели.

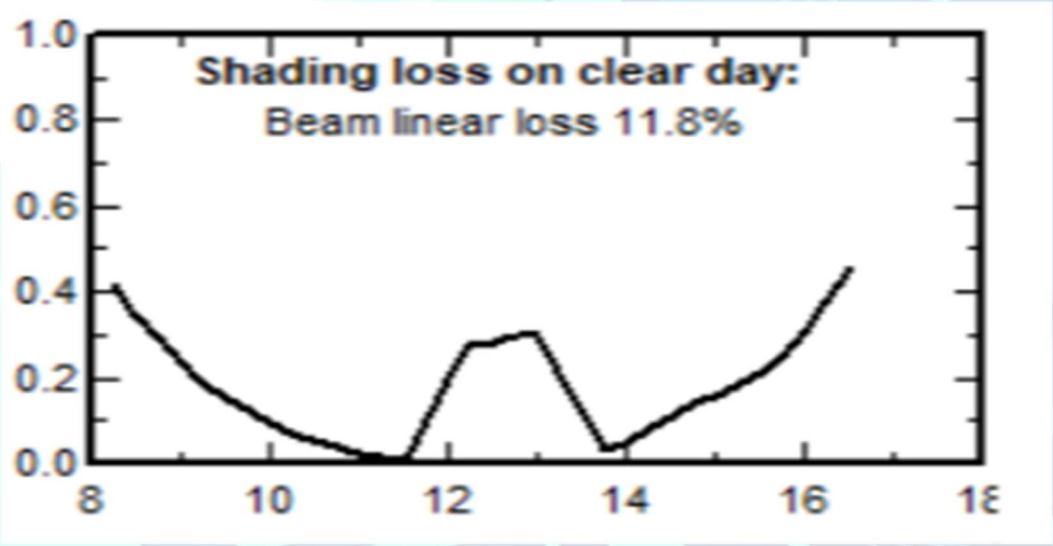


Рисунок 3. Суточное воздействие затенения на работу солнечной электростанции при высоте солнца 25 градусов.

2.Результаты моделирования в PVSyst.

Для города Алмалык самая низкая высота Солнца над Землей наблюдается с 15 по 27 декабря и составляет около 25 градусов. В этом случае тени от объектов становятся длиннее, а зона их влияния шире. Таким образом, в этот день можно увидеть максимальную потерю мощности солнечной электростанции из-за воздействия тени. На рисунке также отображено взаимное затенение между панелями. Общие суточные потери составляют 11,8 %.

ISSN 3030-3907

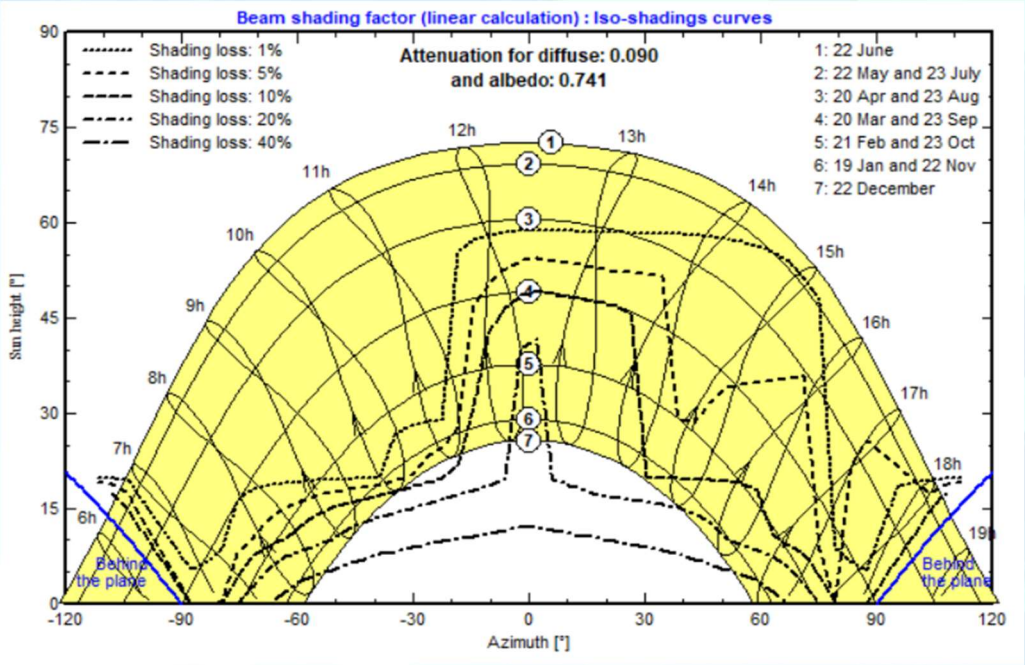


Рисунок 4. Годовое влияние затенения солнечных электростанций окружающими объектами и панелями в межрядьях.

На рисунке показывает влияние затенения на поступление прямого солнечного излучения в зависимости от высоты и азимута солнца. Линии обозначают уровни потерь: 1%, 5%, 10%, 20% и 40%.

Таблица 1.

Коэффициенты затенения солнечных излучений.

Shading factor table (linear), for the beam component, Orient. #1

Azimuth / Height	-180°	-160°	-140°	-120°	-100°	-80°	-60°	-40°	-20°	0°	20°	40°	60°	80°	100°	120°	140°	160°	180°
90°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
80°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
70°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
60°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.016	0.092	0.067	0.057	0.026	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.016	0.226	0.192	0.054	0.016	0.026	0.000	0.000	0.024	0.039	0.000
30°	Behind	Behind	Behind	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.359	0.182	0.036	0.082	0.100	0.000	0.000	Behind	Behind	Behind
20°	Behind	Behind	Behind	Behind	0.000	0.000	0.000	0.003	0.105	0.228	0.105	0.092	0.092	0.053	0.000	Behind	Behind	Behind	Behind
10°	Behind	Behind	Behind	Behind	0.000	0.000	0.119	0.304	0.404	0.452	0.404	0.304	0.119	0.000	0.000	Behind	Behind	Behind	Behind
0°	Behind	Behind	Behind	Behind	Behind	0.034	0.549	0.711	0.799	0.864	0.799	0.711	0.549	0.034	Behind	Behind	Behind	Behind	Behind

Shading factor for diffuse: 0.090 and for albedo: 0.741

На данном рисунке и таблице видно, что в течение года, исходя из высоты Солнца относительно Земли, можно наблюдать потери из-за влияния тени от объектов и панелей. В мае, июне и июле влияние тени практически не ощущается. Наибольшие потери приходятся непосредственно на период с октября по февраль.

ISSN 3030-3907

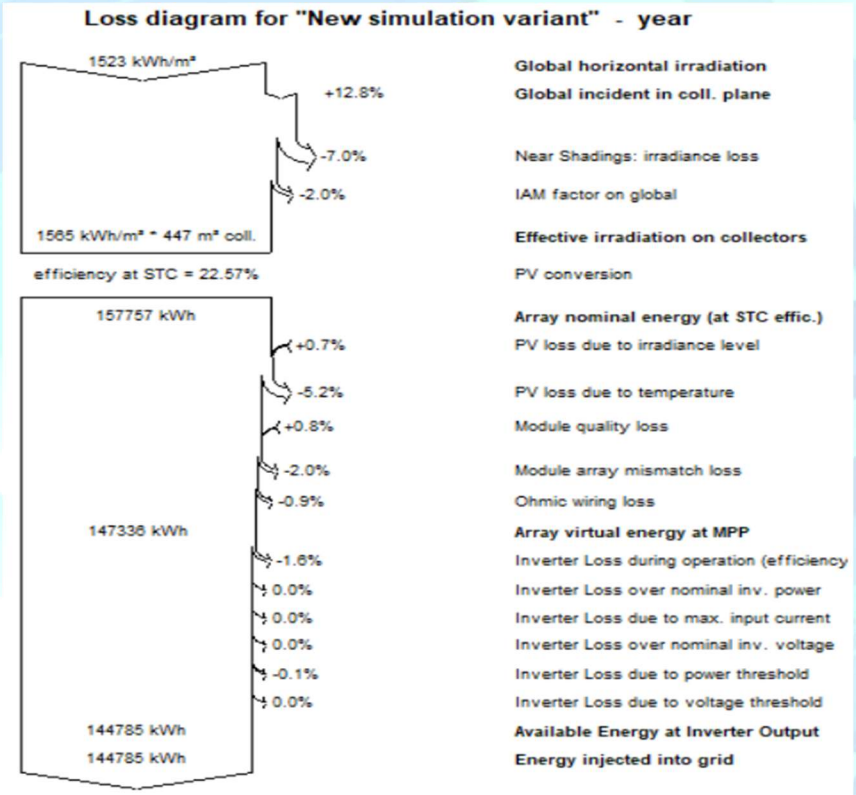


Рисунок 5 – Диаграмма потерь солнечной электростанции по результатам моделирования.

В описанном выше случае годовые потери солнечной электростанции из-за тени составляют 7 %.

Заключение.

Затенение является одним из ключевых факторов, существенно снижающих эффективность работы солнечных фотоэлектрических станций (СФЭС). Даже незначительное частичное перекрытие солнечного излучения может привести к непропорционально большим потерям в выработке электроэнергии. Проведённое моделирование в программном обеспечении PVSyst для условий города Алмалык показало, что при размещении СФЭС в городской среде с учётом влияния окружающих объектов и взаимного затенения между рядами, годовые потери составляют около 7 % от потенциальной выработки. Особенно выраженное влияние затенения наблюдается в зимний период, когда Солнце располагается низко над горизонтом. Полученные результаты подчеркивают необходимость детального анализа теневых факторов на этапе проектирования СФЭС, особенно в условиях ограниченного пространства и плотной городской застройки. Использование 3D-моделирования и оптимизация компоновки оборудования позволяют существенно снизить энергетические потери и повысить общую эффективность работы солнечной электростанции.

ISSN 3030-3907

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

1) Ирха В. А. Чеботарев С. Н. Пащенко А. С. Региональный опыт инсталляции и эксплуатации индивидуальной солнечной энергоустановки в условиях юга России. Renewable energy forum, REEFOR 2013 — М, 2013, с. 205–209.

2) Ахмедов Х. М.., Каримов Х. С. Солнечная энергетика. –Душанбе: Дониш, 2007,179с.

3) А. да Роза. Возобновляемые источники энергии. Физико-технические основы/ Перевод с англ. под ред. С. П. Малышенко и О. С. Попеля. — М.: Издательский дом 2010,704 с

4) https://ekoproekt-energo.ru/news/2023/10/24/vliyanie-teni-na-solnechnyie-paneli/.

5) Duffie J.A., Beckman W.A. Solar Engineering of Thermal Processes. – 4th ed. – Wiley, 2013. – 910 p.

6) Чирсков А.С. Фотоэлектрические преобразователи энергии солнечного излучения. – М.: Изд-во МЭИ, 2018. – 384 с.

7) Поляков В.В., Лазуткин С.Н. Фотоэлектрические системы: проектирование, расчет, эксплуатация. – М.: Энергия, 2017. – 312 с.

ISSN 3030-3907