

Обозначения и сокращения

В настоящей работе использованы следующие обозначения и сокращения:

ВИЭ – Возобновляемые источники энергии

ИС – источниками света

ЭЭ – электроэнергия

НО – наружного освещение

УО – уличного освещение

ВЭ – возобновляемая энергетика

АСО – автономная система освещения

СБ – солнечная батарея

АБ – аккумуляторная батарея

СП – световой прибор

СС – светодиодная система

ЕСЭ – единица световой энергии

КПД – коэффициент полезного действия

УГ – угол наклона

Олгавление

Введение	13
1. Возобновляемая энергетика и перспектива их применения	15
1.1 Энергия Солнца	15
1.2 Энергия Ветра	15
1.3 Гибридные солнечные установки для освещения	16
1.4 Автономные системы освещения на солнечных модулях	16
2. Выбор оборудование для АСО	19
2.1 Структура устройства СБ	19
2.2 Выбор солнечных панелей	21
2.3 Выбор контроллера и аккумуляторов	24
2.4 Экономическая эффективность автономных систем освещения на солнечных батареях	25
2.5 Конструктивное исполнение в программе SolidWorks	28
3. Программное обеспечение	31
3.1 PVgis	31
3.2 PVGIS для удаленных автономных систем в Азии, Африке и Европе	32
3.3 Использование PVGIS для автономных систем освещения (АСО)	35
3.4 Программа «HOMER»	38
3.5 Описание главных окон программы «HOMER»	38
4. Методика расчета	42
4.1 Методика расчета определения мощности солнечной батареи	44
4.2 Расчёт по методике определения мощности солнечной батареи (Алматы Талгарского тракта)	45
4.3 Расчет мощности СБ для города Томск	60
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	79
Введение	79
5.1 FAST-анализ	79
5.2 Выбор объекта FAST-анализа	79
5.2.1 Описание главной, основных и вспомогательных функций, выполняемых объектом	80
5.3 Определение значимости выполняемых функций объектом	80
5.3.1 Анализ стоимости функций, выполняемых объектом исследования	81
5.3.2 Построение функционально-стоимостной диаграммы объекта и ее анализ	82
5.3.3 Оптимизация функций выполняемых объектом	83

5.4 Расчет срока окупаемости	84
5.5 Расчет чистого дисконтированного дохода	85
5.6 Диаграмма Ганта	86
6 Социальная ответственность	86
Введение	88
6.1 Техногенная безопасность	88
6.1.1 Неблагоприятные условия микроклимата	89
6.1.2 Монотонность труда	91
6.1.3 Работа на ПК сопровождается постоянным и значительным напряжением функций зрительного анализатора	92
6.1.4 Расстройство органов зрения резко увеличивается при работе более четырех часов в день	92
6.1.5 Нервно-психические перегрузки	92
6.1.6 Электробезопасность.	93
6.1.7 Статическое электричество	93
6.2 Региональная безопасность	94
6.3 Организационные мероприятия обеспечения безопасности	94
6.4 Особенности законодательного регулирования проектных решений	96
6.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	97
Заключение	98
Список использованных источников	99
Приложение А	103

Введение

Энергосбережение и энергоэффективность – одна из самых серьезных и приоритетных задач XXI века. Стремительный рост мирового потребления энергоресурсов, снижение запасов традиционных источников энергии, ухудшение экологии окружающей среды заставляют нас искать пути сокращения потребления энергии и развития альтернативных (возобновляемых) источников и технологий получения энергии. Энергоэффективность выступает сегодня как реальный и рентабельный ресурс. Ресурс увеличения энергоэффективности следует осматривать как один из главных энергетических ресурсов будущего финансового роста.

Плохая экологическая обстановка, стремительный рост цен на энергоносители, снижение запасов ископаемых введет на поиск новых, или забытых старых, альтернативных источников энергии.

Возобновляемые источники питания – это источники, которые по человеческим масштабам считаются неисчерпаемыми. Главный принцип использования ВЭ заключается в извлечении её из повсеместно происходящих в находящейся вокруг среде процессов и использования для необходимого человеку ресурса.

Актуальность темы: Возобновляемые источники энергии (ВИЭ) возникает на базе постоянно имеющихся либо временами образующихся процессов в природе. Целенаправленно в таком случае использовать возможность преобразование солнечного излучения в сочетании с передовыми перспективными источниками света (ИС) – светодиодами. Достоинством этих установок можно считать экологичность, прочность, пожаро- и электробезопасность, вероятность получения значимой экономии на электроэнергию (ЭЭ) при преобразовании солнечного излучения. Автономные установки не требуют работ по прокладке кабеля и устройству воздушной линии электрообеспечения наружного освещения (НО).

Цель работы: Повышение надежности электроснабжения уличного освещения (УО) города за счет использования автономных систем работающих за счет ВИЭ, а в частности солнечных батарей. Рассмотреть режимы работы автономных систем электроснабжения на базе ВИЭ, оценить возможность и целесообразность их применения.

Основные задачи:

- Оценить преимущество использования автономных систем работающих за счет возобновляемых источников энергии.
- Разработка методики расчета структуры и оптимальных параметров систем альтернативной энергетики, построенных на базе солнечных фотоэлектрических установок.
- Создание алгоритма моделирования в соответствующих программных обеспечениях для оценки работы автономной системы освещения.

Методология и методы исследования: В работе проведен анализ информации по вопросу исследований освещения парковых зон, на примере Парка Первого Президента г. Алматы, и удаленных магистралей (г. Томск и г. Алматы); выявлены проблемы по освещению и по экономическим затратам на осветительные установки; поставлена задача на исследование; даны рекомендации по расчетам величин солнечной радиации и возможности их использования в климатических условиях г. Томска и г. Алматы.

В работе использовались теоретические методы по определению почасовой солнечной радиации в течение года и по определению угла наклона солнечной батареи.

Научная новизна исследования заключается в использовании совокупности программных обеспечений для оценки проекта.

1. Возобновляемая энергетика и перспектива их применения

1.1 Энергия Солнца

Энергия Солнца является источником жизни на нашей планете. В год Земля получает от Солнца примерно $8 \cdot 10^{24}$ Дж или $2 \cdot 10^9$ ТВт·ч. Для сравнения: все электростанции мира, по данным Международного энергетического агентства (IEA), выработали в 2007 году менее $2 \cdot 10^4$ ТВт·ч. Это значит, что солнце поставляет Земле в 100 000 раз больше энергии, чем производят её все электростанции мира, вместе взятые [1].

Как описывается в [2], в настоящее время проблема энергосбережения, энергоэффективности и экологии в мире стоит достаточно остро. В связи с этим, использование энергии солнца находит все большее и большее распространение.

1.2 Энергия Ветра

Следующий вид возобновляемой энергии – это энергия ветра. Энергия ветра на земле неисчерпаема. Ветрогенераторы – устройства преобразующие кинетическую энергию в электрическую. Установка ветрогенераторов в отсутствие запасного источника питания нерациональна. В случае нескольких безветренных дней аккумуляторы в отсутствии подзарядки очень разряжаются и тем самым уменьшается их срок эксплуатации [2].

Аккумуляторная батарея (АБ) может разрядиться настолько, что система не будет вырабатывать ЭЭ для потребления. Поэтому в системе должен быть резервный источник питания – для этого возможно использовать подключение к общей электросети, жидкотопливные генераторы или солнечные (СБ). Использовать в этом случае СБ являются оптимальным решением. СБ не требуют топлива или расходов на

содержание, а также наиболее эффективны в летний период, когда скорость ветра обычно ниже [3].

1.3 Гибридные солнечные установки для освещения

Принцип работы АСО заключается в генерации электроэнергии с помощью солнечных модулей и ветрогенератора (рисунок 1.1) с дальнейшим накоплением энергии в аккумуляторных батареях [4].



Рисунок 1.1 – Гибридная автономная установка

Наличие ветрогенератора позволяет запитывать осветительную установку и производить заряд аккумуляторов в пасмурную погоду и в ночное время суток.

Если аккумулятор полностью заряжен, а нагрузка отсутствует, то контроллер подключает к электрогенератору балластное сопротивление. Совсем без нагрузки ветрогенератор использовать нельзя, поскольку тогда скорость вращения ветрового колеса может стать недопустимой, что в итоге приведет к разрушению устройства [5].

1.4 Автономные системы освещения на солнечных модулях

Автономные системы освещения (АСО) на солнечных модулях предназначены для автономного освещения улиц, парков, скверов,

автомобильных стоянок и других объектов. Принцип работы системы освещения основан на использовании энергии солнечного света [6].

Система автономного светодиодного освещения является инновационной разработкой и воплотила в себе самые передовые решения в области альтернативных источников энергии, автоматизации, оптики, электроники [7]. В состав модели светодиодной системы (СС) на солнечных батареях входят элементы, указанные на рисунке 1.2:

- 1 Солнечный модуль.
- 2 Интеллектуальный контроллер с функцией хранения и обработки данных.
- 3 Светодиодный светильник.
- 4 Блок аккумуляторных батарей.

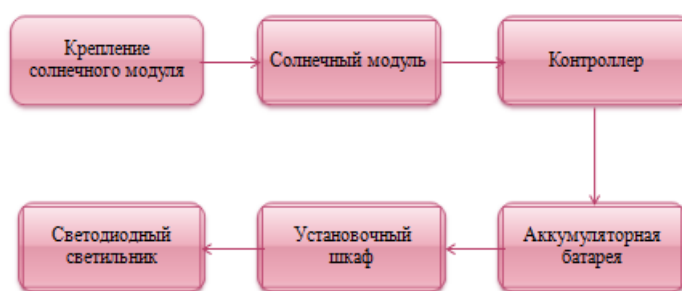


Рисунок 1.2 – Схема автономного светового устройства на солнечных батареях

Время работы АСО напрямую зависит от мощности солнечной батареи, емкости аккумулятора, от уровня дневной освещенности.

Фотоэлектрические (солнечные) модули преобразуют солнечное излучение в электрический ток. Выработанное электричество за светлое время суток накапливается в аккумуляторах. С наступлением темного времени суток интеллектуальный заряд-контроллер включает энергоэффективный LED светильников, обеспечивая тем самым освещение необходимой территории [8].

Системы освещения на солнечных модулях позволяют добиться полной энергетической независимости. Особо востребованы в местах, где

прокладка кабеля крайне затруднена, очень дорогостоящая или не возможна по причине отсутствия электрических сетей.

Как известно, солнечные батареи работают тем лучше, чем больше солнечного света попадает в их плоскость восприятия. Поэтому, очень важно, именно для максимального получения солнечной энергии солнечных батарей, чтобы они на протяжении как можно большего промежутка времени – были направлены в сторону солнца, и чтобы угол их плоскости наклона к солнцу, как можно больше приближался к 90° [9].

Слежение за солнцем осуществляется с помощью солнечного трекера. Работа механизма системы слежения за солнцем – заключается в его способности отслеживать на небосводе его траекторию движения, а также постоянно поворачиваться, следуя за ним, с раннего утра и до позднего вечера [10].



Рисунок 1.3 – Вид солнечных трекеров

На сегодняшний день стоимость готового солнечного трекера составит около 52 000 рублей [11]. Соответственно для автономных систем установить готовый трекер не эффективно. Данную установку слежение за солнцем, рентабельно использовать в солнечных электростанциях большой мощности (рисунок 1.3), а для АСО правильным решением будет определить самый оптимальный угол наклона СБ. Правильное определение угла наклона солнечной батареи, может увеличить выработку ЭЭ. По этому определение оптимального угла СБ является одним из основных задач в разработке системы АСО.

2. Выбор оборудования для АСО

2.1 Структура устройства СБ

Структура устройства представляет собой р-п переход с парой электродов, который показан на рисунке 2.1. При этом их роль выполняют металлические листы. КПД солнечной батареи находится в зависимости от технологии, выполнения р-п перехода. Наиболее распространенными считаются устройства на основе поликристалла кремния, так как отличаются самой низкой ценой [14].

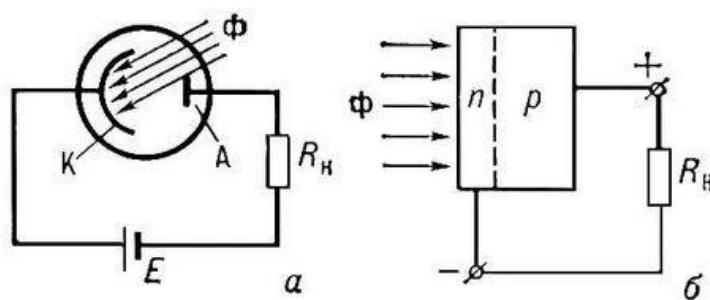


Рисунок 2.1 – Строение фотоэлемента

Фотоэлемент на основе полупроводников состоит из двух слоев с разной проводимостью. К слоям с разных сторон подпаиваются контакты, которые используются для подключения к внешней цепи. Роль катода играет слой с n-проводимостью (электронная проводимость), роль анода – p-слой (дырочная проводимость).

На стыке слоев с n- и p-проводимостью создается р-п-переход. Получается своего рода диод, которые может создавать разность потенциалов за счет попадания лучей света.

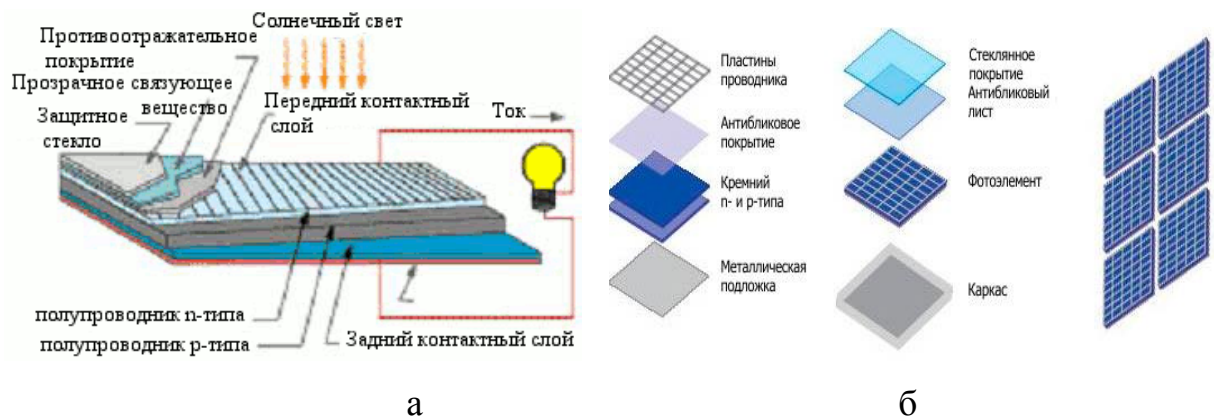


Рисунок 2.2 – а. Структура солнечного фотоэлемента. б. Устройство панели

Типичный солнечный фотоэлемент является многослойным материалом, в состав которого входят, который показан в рисунке 2.2:

- Покрывающий слой прозрачного стекла обеспечивает защиту от внешнего воздействия.
- Прозрачное связующее вещество удерживает стекло на поверхности солнечного фотоэлемента.
- Противоотражательное покрытие, максимально повышает поглощение энергии и предотвращает отражение света, падающего на фотоэлемент.
- Передний контактный слой проводит электрический ток.
- Тонкий слой полупроводника n-типа из кремния с примесью фосфора.
- Второй тонкий слой полупроводника р-типа из кремния с примесью бора.
- Задний контактный слой проводит электрический ток.

Важные материалы для производство СБ являются следующие:

Кремний - является наиболее важным материалом для производства солнечных батарей. В настоящее время это практически единственный материал, используемый для массового производства солнечных фотоэлементов.

Арсенид галлия (GaAs) – используется для производства высокоэффективных солнечных фотоэлементов. Этот материал часто используется в концентрированных космических приложениях. Его КПД доходит до 25% и до 28% при концентрированной солнечной радиации. Специальные типы имеют КПД более 30%.

Теллурид кадмия (CdTe) – тонкопленочный материал, получаемый осаждением или напылением, является многообещающей недорогой основой для фотогальванических систем в будущем. КПД лабораторных экземпляров солнечных фотоэлементов достигает 16%, а промышленных – 8%.

Медноиндиевый диселенид (CuInSe₂ или CIS) – тонкопленочный материал, КПД которого достигает 17%. Это перспективный материал, не используемый широко на данный момент из-за особенностей процесса производства [13].

2.2 Выбор солнечных панелей

При выборе панелей помимо их мощности следует учитывать ещё три фактора – их геометрию, номинальное выходное напряжение и тип фотоэлементов. Размеры готовых панелей обычно не слишком велики и не превышают полтора-два квадратных метра при номинальной мощности до 200-300 Вт. В настоящее время почти все промышленно изготовленные панели фотоэлементов большой мощности имеют номинальное напряжение либо 12В, либо 24В. И здесь с выбором напряжения тоже всё просто –лучше выбирать 24-вольтовые панели, поскольку рабочие токи у них вдвое меньше, чем у 12-вольтовых той же мощности.

Сегодня на рынке солнечных модулей представлено несколько различных образцов, классификация показана в рисунке 2.3и показатель КПД в таблице 2.1. Отличаются они друг от друга технологией изготовления и материалами, из которых их производят.



Рисунок 2.3 – Классификация солнечных батарей

Таблица 2.1 – КПД солнечных элементов, выпускаемых в производственных масштабах [12]

Тип солнечных батарей		КПД
1	Монокристаллические солнечные батареи	17-22%
2	Поликристаллические солнечные батареи	12-18%
3	Аморфные солнечные батареи	5-6%
4	На основе теллурида кадмия	10-12%
5	На основе селенида меди-индия	15-20%
6	На основе полимеров	5-6%

По анализу ниже приведенных таблиц (таблица 2.3 – 2.2) можно увидеть, что из всех представленных сегодня на рынке солнечных батарей именно монокристаллические панели остаются предпочтительными для использования в системах автономного энергоснабжения.

Таблица 2.2 – Описание видов солнечных батареи

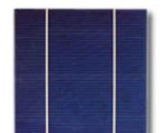
<i>Виды СБ</i>	<i>Описание</i>	<i>КПД</i>	<i>Особенности</i>	<i>Недостатки</i>	<i>Общий вид одного фотоэлемента</i>
Монокристаллические СБ	силиконовые ячейки, объединенные между собой из максимально чистого кремния. После затвердевания готовый монокристалл разрезают на тонкие пластины толщиной 250-300 мкм.	17-22%	высокий показатель КПД	дорогие	
Поликристаллические СБ	кремниевый расплав подвергается медленному охлаждению. Такая технология требует меньших энергозатрат, и себестоимость кремния, полученного с ее помощью меньше.	12-18%	требует меньших энергозатрат чем монокристаллические СБ	низкий КПД	
Аморфные СБ	используется силан или кремневодород, который тонким слоем наносится на материал подложки.	5-6%	Показатель оптического поглощения в 20 раз выше, чем у поли- и монокристаллов; толщина элементов меньше 1 мкм;	низкий показатель эффективности и низкий КПД	

Таблица 2.3 – Основные характеристики СБ разных видов [15]

Название солнечных модулей	Тип солнечных панелей	Номинальная мощность, Вт	Номинальное напряжение, В	Размер, мм	КПД, %	Температура эксплуатации	Вес, кг	Срок службы, год
CHN200-72M	Монокристаллическая	200	24	1580x808x35	18,31	От -40°C до +85°C	16,0	25
ФСМ — 200М	Монокристаллическая	200	24	1580x808x35		от -40°C до +85°C	15.5	25
CHN250-60P	Поликристаллическая	250	24	1640x990x35	17,64	от -40°C до +85°C	25.0	20
CHN270-72P	Поликристаллическая	270	24	1950x990x50	15,89	от -40°C до +85°C	25.0	21
НН-POLI240W	Поликристаллическая	240	24	1640x992x40	15	от -40°C до +85°C	19,0	19
Pramac MCPH P7	Тонкопленочная	125	24	1200x1400x12	6	от -40°C до +85°C	26	10

2.3 Выбор контроллера и аккумуляторов

В передовых системах контроллер заряда стоит между СБ и аккумуляторами.

Его главная задача – это нормировать напряжение, вырабатываемое панелями фотоэлементов, к напряжению, необходимому для заряда аккумуляторов с учётом их текущего состояния, в том числе отключая их от фотоэлементов при полной зарядке во избежание перезаряда.

Модели контроллеров заряда для регулирования напряжения на нагрузке обычно используют широтно-импульсную модуляцию (ШИМ, PWM – Pulse Width Modulation), –по сути они представляют собой просто электронное реле с микропроцессорным управлением, которое то подключает СБ к аккумуляторам, то отключает, поддерживая на аккумуляторах нужное напряжение [15].

Наиболее широко распространены аккумуляторы на 12 В, и именно из них обычно собираются аккумуляторные батареи на любое напряжение, кратное этой величине, в том числе 24, 48 и 96 В.

Прежде всего необходимо определиться с общей энергоёмкостью блока аккумуляторов. В большинстве случаев можно сказать, что рабочий энергетический запас такого блока следует выбирать примерно равным расчётному среднесуточному потреблению в минимально приемлемом режиме.

Вместе с тем следует отметить, что технологии изготовления аккумуляторных батарей развиваются и уже достигнуты определенные успехи. Рассмотрим основные типы АБ в таблице 2.4, в которой приведены основные характеристики аккумуляторных технологий.

Таблица 2.4 – Основные характеристики аккумуляторных технологий [15]

Тип аккумулятора	к.п.д. (%)	Стоимость (€/кВт)	Количество циклов до определенного разряда (%)	Рабочая температура (°C)	Уд. энергия (Вт час/кг)	Саморазряд (%/месяц)
------------------	---------------	----------------------	--	-----------------------------	-------------------------	----------------------

Продолжение таблицы 2.4

Свинцово-кислотный – (малообслуживаемый – flooded type)	72-78	50-150	1000-2000 (70%)	-5÷40	25	2-5
Свинцово-кислотный клапаном-регулируемый (valveregulated)	72-78	50-150	200-300 (80%)	-5÷40	30-50	2-5
Никель-кадмиевый (NiCd)	72-78	200-600	3000 (100%)	-40÷50	40-80	5-20
Сульфид-натриевый (NaS)	89	400-500	2500 (100%)	300÷350	100	0
Литий-ионный	100	700-1000	3000 (80%)	-30÷60	90-190	1
Vanadium redox (VRB) Ванадий редокс	85	360-1000	10000 (75%)	0÷40	30-50	незначительный
Цинк-бромная АБ	75	360-1000	3500 (100%)	0÷40	70	незначительный
Металл-воздушные	50	50-200	100	-20÷50	450-650	незначительный

Анализ таблицы 2.4 показывает, что свинцовые кислотные аккумуляторы (мало обслуживаемые) остаются предпочтительными накопителями для использования в системах автономного энергоснабжения. Это объясняется, прежде всего, экономическими соображениями, т.к. их стоимость сегодня более чем в 14 раз ниже стоимости литий-ионных аккумуляторов, и в 4 раза ниже стоимости никель-кадмиевых АБ.

2.4 Экономическая эффективность автономных систем освещения на солнечных батареях

Преимущества данной системы: не требует подключения к электрической сети и прокладки кабеля либо ВЛ; работает в автоматическом режиме, не требует регулировки и обслуживания; не требует затрат при монтаже и эксплуатации; имеет в ряде случаев низкую цену.

Основное назначение АСО со светодиодами – замена уличных светильников с лампами ДРЛ, ДНаТ, ДРИ и, нередко, кратное увеличение экономической эффективности и надежности систем освещения [17].

Для наглядной демонстрации экономической эффективности приведем расчеты стоимости единицы световой энергии [19].

Стоимость ЕСЭ (единица световой энергии) рассчитывается по формуле [20]:

$$G_{12} = q \cdot \eta_v^{-1} + C_{ис} \cdot (\Phi \cdot \tau)^{-1}, \quad (1)$$

где q – тариф на ЭЭ, руб/кВт·ч, η_v – световая отдача ИС, лм/Вт, C – стоимость ИС, руб; Φ – поток ИС, клм, τ – срок службы ИС, ч. [18].

Для расчета выбраны лампы ДРЛ, ДНаТ и светодиодные (таблица 2.5).

Таблица 2.5 – Параметры рассматриваемых типов ламп [20]

Тип	Номинальная мощность, Вт	Потребляемая активная мощность, Вт	Средняя продолжительность горения, тыс. часов	Световой поток, клм
ДРЛ-125	125	140	12	6
ДРЛ-250	250	280	12	13
ДРЛ-400	400	450	15	24
ДНаТ-100	100	115	6	9,4
ДНаТ-250	250	290	15	24
ДНаТ-400	400	460	15	47,5
СД-аналог ДРЛ-125	40	40	до 30	2,5
СД-аналог ДРЛ-250	80	80	до 30	5*

Таблица 2.6 – Расчёт значений $G_{12} = \frac{q}{\eta_v} + \frac{C}{\Phi \cdot \tau}$, $\mu = \eta_v(q_s + q_n)^{-1}$ для ламп ДРЛ, ДНаТ и СД.

Тип	Номинальная мощность, Вт	Стоимость единицы световой энергии и величина обратной СЭ при тарифе на ЭЭ q , руб./кВт·ч, равном		
		2	3	4
ДРЛ-125	125	48,3 / 22,6	71,7 / 15,4	95,87 / 11,6
ДРЛ-250	250	44,2 / 25,1	65,4 / 16,9	87,4 / 12,7
ДРЛ-400	400	38,5 / 28,9	56,8 / 19,5	75,8 / 14,7
ДНаТ-100	100	27,6 / 40,9	39,4 / 28,5	52,1 / 21,9
ДНаТ-250	250	24,8 / 46,7	36,6 / 31,4	48,9 / 23,7
ДНаТ-400	400	19,7 / 58,3	30,8 / 39,0	39,1 / 29,4
СД-аналог ДРЛ-125	40	32,8 / 28,6	48,9 / 19,6	64,8 / 14,9
СД-аналог ДРЛ-250	80	32,6 / 29,3	48,6 / 19,9	64,6 / 15,1

Примечание: $\mu = \eta_v(q_s + q_l)^{-1}$, [кЛм·ч.руб.⁻¹]

где η_v – световая отдача, лм·Вт⁻¹; q_s – тариф на электроэнергию, руб·(кВт·ч)⁻¹;

q_l – «тариф» на лампу, руб·(кВт·ч)⁻¹, $q_l = C(P\tau)^{-1}$ (здесь C – стоимость лампы, руб. \ ее мощность, кВт \ срок службы, ч.).

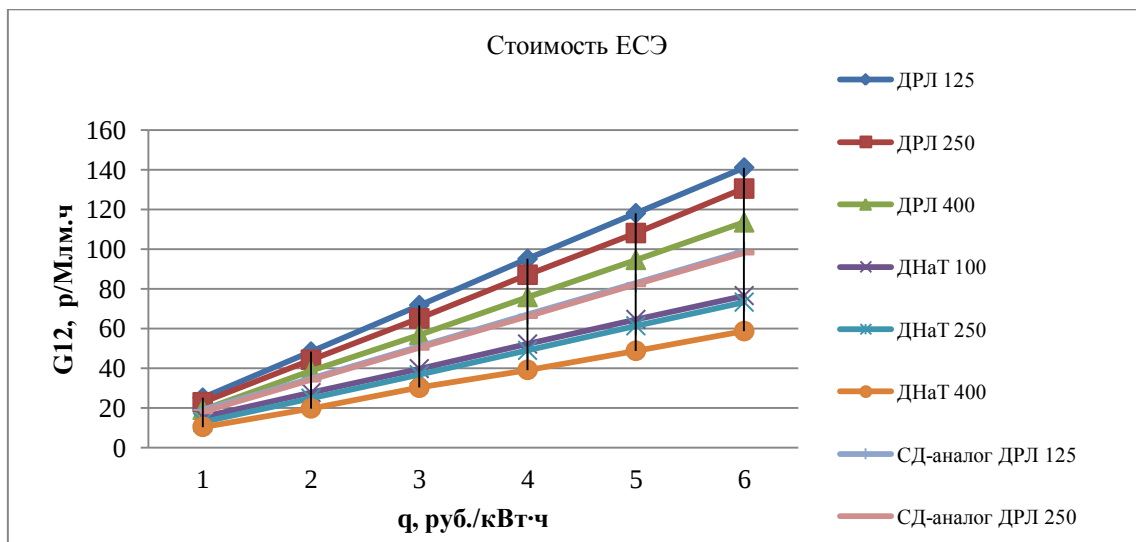


Рисунок 2.4 – Зависимость стоимости световой энергии от тарифа на ЭЭ.

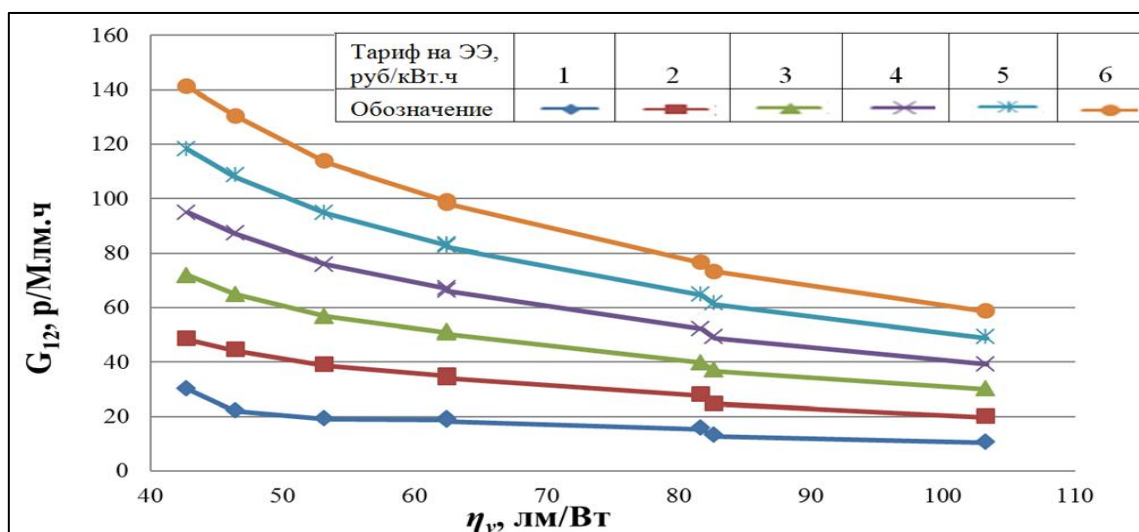


Рисунок 2.5 – Зависимость стоимости ЕСЭ от световой отдачи и тарифа на ЭЭ.

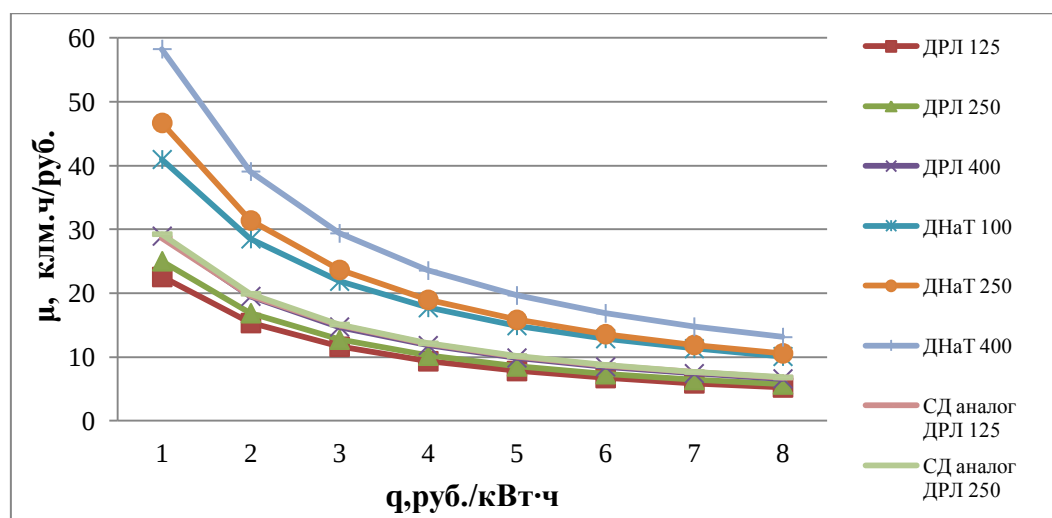


Рисунок 2.6 – Зависимость величины обратной СЭ от тарифа на ЭЭ.

2.5 Конструктивное исполнение в программе SolidWorks

Светодиодные светильники не требуют подключения к электрической сети и прокладки кабеля, не потребляют электрическую энергию от электросети. Наружный вид данного светильника на опорах приведен на рисунке 10 [16].

Подключение светодиодных светильников на солнечных батареях не требует выполнения проектных работ и получения разрешительной документации. Для наглядной демонстрации данной установки, было сделано конструктивная сборка в программе Solid Works. То есть конструкция сравнительно проста, как показано на рисунке 2.7-2.8. Посадочный диаметр данной конструкции составляет 76 мм.

На протяжении всего времени работы качество освещения остается почти неизменным, и дополнительного обслуживания не требуется: включение вечером и отключение утром происходит автоматически. Кроме того, дожди не причинят вреда солнечным батареям благодаря влагозащитному корпусу моделей.

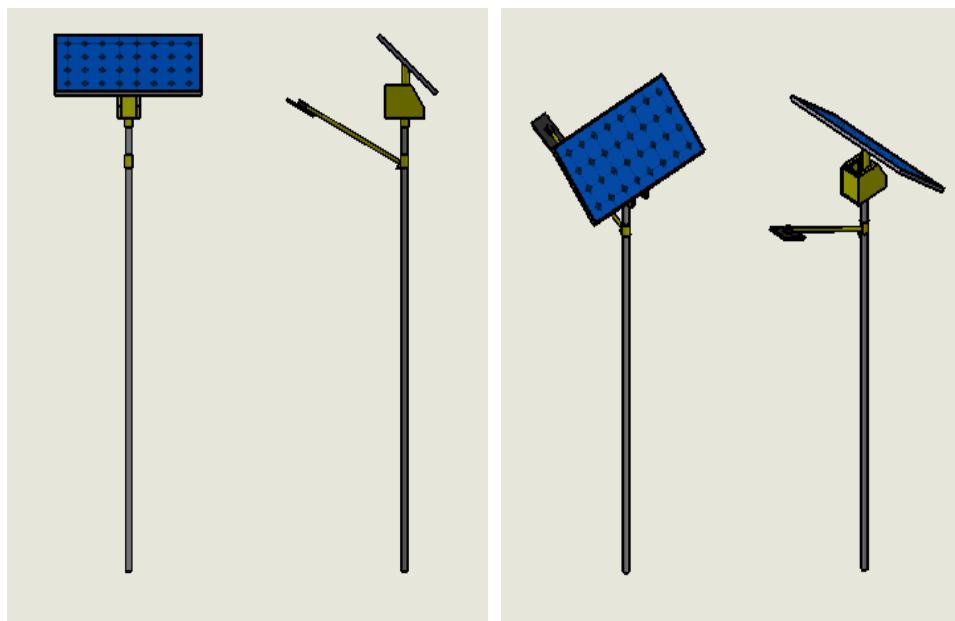


Рисунок 2.7 – Автономная система на солнечных батареях.

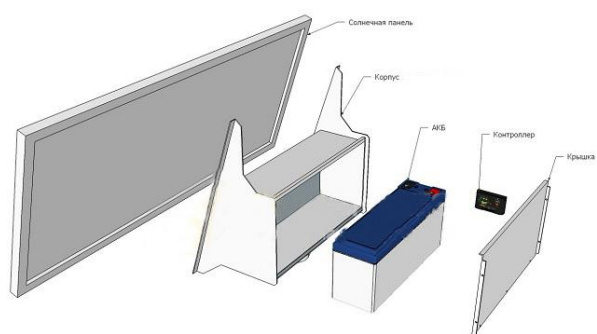


Рисунок 2.8 – Сборка герметичного контейнера.

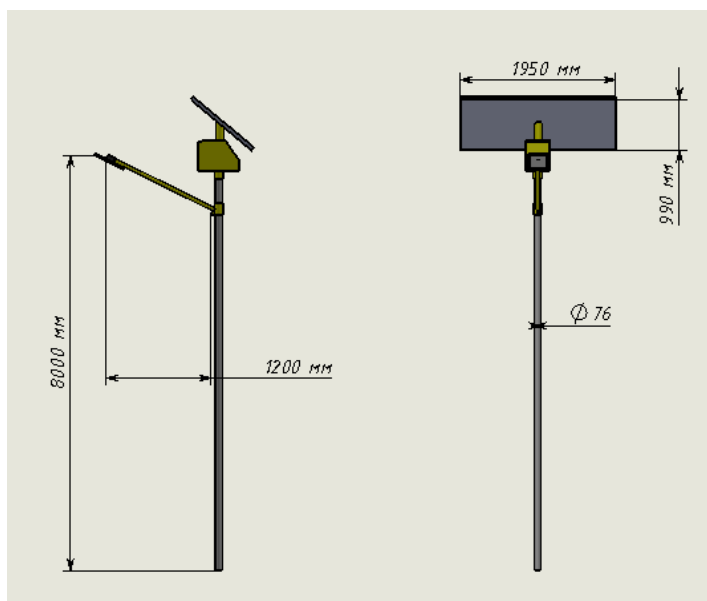


Рисунок 2.9 – Габаритный размеры установки

Конструктивно, который приведен в рисунках 2.7-2.9, комплекс состоит из металлической опоры высотой 10м с набором кронштейнов для крепления солнечных батарее, светильников, а также из комплекта аккумуляторных батарей и контроллера, которые находятся в герметичном контейнере. Количество дополнительных опор, светильников и соединительных проводов определяется в ходе проектирования и зависит от категории дороги, ширины проезжей части, взаимного расположения остановки и пешеходного перехода.

3. Программное обеспечение для проектирования автономных систем

Согласно алгоритму для описание светотехнических и энергетических характеристик АСО, нужно определить соответствующие параметры в различных программных обеспечениях. Конструктивное решение и модель АСО на СБ сделано в программном продукте Solid Works. Угол наклона СБ является наиболее важным параметром АСО. Для определения угла наклона используется онлайн программный продукт Pvgis, для получения энергетических характеристик используем программу HOMER, а для соблюдения светотехнических нормативных параметров можно использовать стандартную программу Dialux.

3.1 Pvgis

Pvgis является идеальной онлайн программой для оценки солнечной выработки электроэнергии для фотоэлектрических систем (PV).

При помощи данной программы можно рассчитать годовую выходную мощность солнечных фотоэлектрических панелей [22].

В данной программе информация по расположению солнечных панелей, то есть географические данные берется на прямую из Googlemaps-са, которое делает его простым и точным в использовании.

Солнечный онлайн калькулятор фотоэлектрической энергии дает возможность произвести расчеты для отдельных или соединенных систем PV в Европе, Африке и Азии. Отдельное соединение на прямую с Googlemaps-сом дает возможность учитывая генерацию солнечного излучение моделировать генерацию электроэнергии для автономных установок.

Онлайн приложение Pvgis рассчитывает ежемесячный и ежегодный потенциал производства электроэнергии E [кВтч] фотоэлектрической системы с определенным типом модуля, с заданием КПД установки и с определенным наклоном и ориентацией солнечной батареи [23].

Особенность данной программы в том, что Pvgis доступен только с соединением интернета, английском, итальянском, французском, испанском и немецком языках. К большому сожалению нет русского варианта. Pvgis является свободным PV онлайн калькулятором, который реализуется в JRC (Объединенный исследовательский центр) от услуг естественных наук в доме Европейской комиссии.

Pvgis не загружается, так как программа является онлайн калькулятором. Чтобы скачать свободное программное обеспечение нужно купить специальное «Программное обеспечение солнечной фотоэлектрической энергии» или «Программное обеспечение инструментов от производителей инверторов», именно для получения некоторых данных.

На сегодняшний день программу Pvgis широко использует в Азии и делается разработка перевода на русский китайские языки.

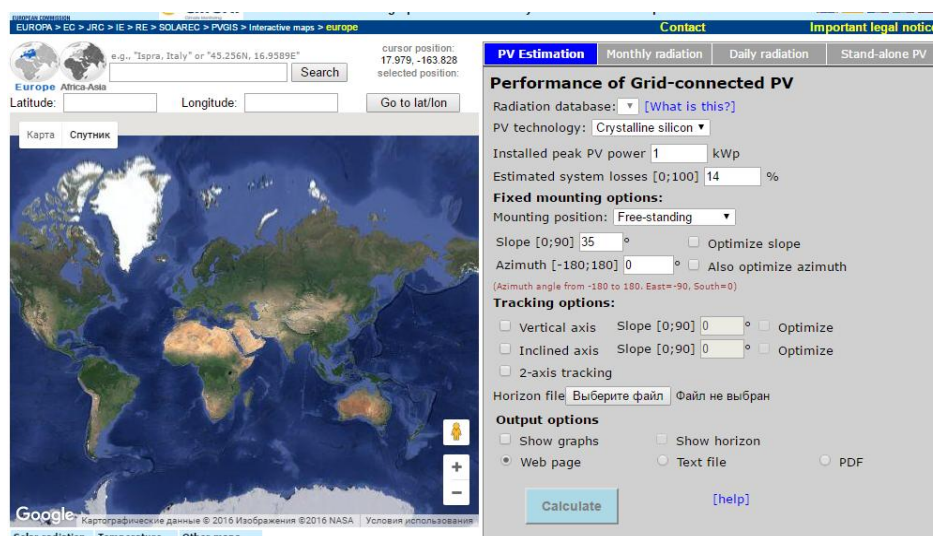
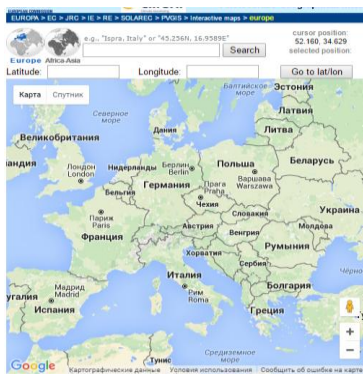


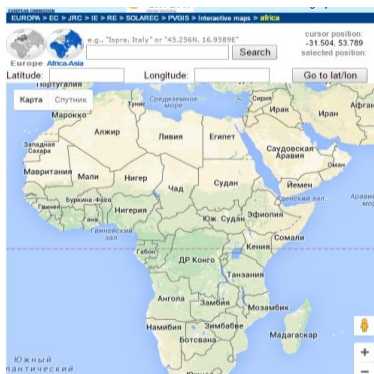
Рисунок 3.1 – Общий вид онлайн программы Pvgis.

3.2 PVGIS для удаленных автономных систем в Азии, Африке и Европе

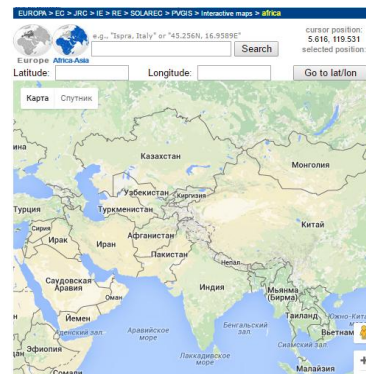
Для получения расчета генерации солнечной энергии для автономных систем освещения на солнечных батареях можно использовать отдельные карты Африки, Азии и Европы (правой верхней строке меню).



а



б



в

Рисунок 3.2 – Вид отдельных онлайн карт: а. Европы; б. Африки; в. Азии;

Это очень полезной эффективно, для получения хорошей оценки энергетической мощности для автономных систем и для моделирования установки с определенной мощностью, требуемой в соответствии электрической потребности в отдаленных от электроэнергии районах.

Рисунок 3.3 – Вид окна для ведения данных

После выбора места на карте, вы должны ввести:

1. *Номинальная мощность системы PV*: Пиковая мощность ваших фотоэлектрических панелей;
2. *Размер батареи*: напряжение и емкость;
3. *Предел разряда отсечки (%)*: минимальный уровень разряда аккумулятора %;

4. *Ввести ежедневное потребление электроэнергии*: потребление электроприборов в течение всего дня;

Дополнительный почасовой файл потребления: загруженный файл должен состоять из 24 часовых значений, каждый по своей линии, с суммой чисел, равных 1.

А так же в программе учитывается очень важная характеристика для автономных систем:

- *Склонность модулей*: наклон ваших солнечных панелей;
- *Ориентация модулей*: ориентация (азимут и направление) ваших солнечных панелей.

После того как задается полностью данные, запускается расчет. И в итоге можно получить графики и таблицы, которые показывают (по оценке) ожидаемое ежедневное количество электроэнергии в каждом месяце от автономной системы со свойствами, которые были ранее введены (используя введенный наклон солнечной панели, если вы просили так).

Fixed system: inclination=35°, orientation=0°				
Month	E_d	E_m	H_d	H_m
Jan	1.28	39.6	1.52	47.0
Feb	2.05	57.5	2.49	69.7
Mar	3.15	97.7	3.97	123
Apr	3.92	118	5.17	155
May	4.16	129	5.65	175
Jun	4.24	127	5.83	175
Jul	4.17	129	5.76	179
Aug	4.21	131	5.79	180
Sep	3.36	101	4.46	134
Oct	2.75	85.2	3.53	109
Nov	1.83	54.8	2.24	67.3
Dec	1.19	37.0	1.43	44.2
Yearly average	3.03	92.2	3.99	121
Total for year		1110		1460

Рисунок 3.4 – Среднесуточный результат расчета по генерации электроэнергии.

А также программа дает возможность показать в среднем генерацию электроэнергии от автономной системы в сутки и за год. Учитывая все показатели онлайн программа дает статистические данные, такие как количество дней, соответствующих состоянию заряда или разряда батареи.

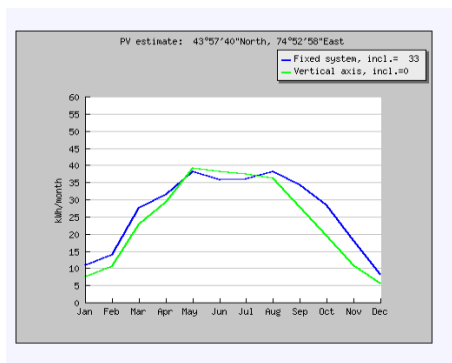


Рисунок 3.5 – Результаты онлайн расчета

Он также показывает в среднем за год продукции в сутки и дает статистические данные, такие как количество дней, соответствующих состоянию заряда или разряда батареи.

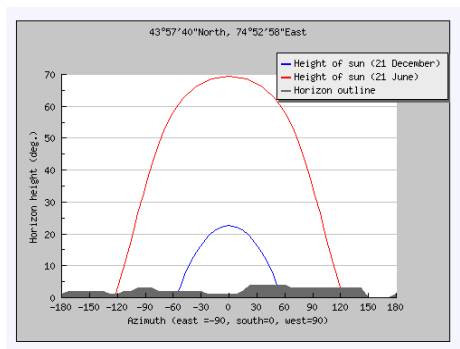


Рисунок 3.6 – Результат расчета

Кроме того, можно скачать бесплатно карты излучения для разных стран и регионов:

Европа, Европа Средиземноморский регион, Европа Альпийский регион, Австрия Албания, Босния и Герцеговина, Бельгия, Болгария, Беларусь.

3.3 Использование PVGIS для автономных систем освещения (АСО)

Для АСО данная программа используется очень легко. Так как в одиночной системе учитываются малая мощность самой системы и малые нагрузки (полная мощность светильника). Зная все параметры автономной

системы, то есть мощность солнечной панели, КПД солнечной панели, нагрузка и главное место установку самой системы.

После того как запустили онлайн программу, вы должны:

1. Выбрать место установки автономной системы; Нужно в правом окне, то есть в спутниковой карте найти место, где будут установлены солнечные панели. Щелкните точку на карте, чтобы выбрать расположение ваших панелей.

2. После этого вы должны выполнить следующие пункты:

- Лучевая база данных: выберите базу данных солнечного света. По умолчанию там стоит «классический PVGIS». Если вы хотите можно оставить режим по умолчанию.

- PV технологии: тип фотоэлектрических панелей, выберите тип панели, который соответствует вашей установке.

У вас есть выбор между:

кристаллическая солнечная батарея (моно или поли, PVGIS не различает)

тонко пленочные СБ (медный индий селенида);

солнечная батарея на основе теллурида кадмия (CdTe);

солнечная батарея аморфного кремния;

- Установленная мощность PV, кВт: ваша мощность одной батареи в кВт;

- Предполагаемые потери системы [0, 100] %: расчетные потери системы, связанные с кабелями, производительность инвертора, КПД солнечной панели и т.д. PVGIS по умолчанию составляет 14%. Надо учитывать то, что к этим потерям PVGIS автоматически добавляет потери, связанные с температурой и отражения света на панелях. В общей сложности для кристаллических панелей, установленных во Франции суммарные потери системы являются около 26%, что вполне реально для автономных установок освещения.

PVGIS интегрирует температуру базы данных и, следовательно, автоматически рассчитывает производственные потери, связанные с фактической средней температурой участка.

PVGIS также включает в себя топографическую базу данных.

- Можно исправить варианты монтажа жля автономных установок;
тип интеграции (поддержки) панелей, у вас есть выбор между:

- свободное положение (вентилируемые носитель, например, треугольная структура);

- интегрированная структура к зданию (накладываться с небольшим количеством вентиляции).

- Склон солнечной панели[0; 90] °;

- Оптимизация наклона: оптимальный угол наклона, можно устоновить в ручную каждый раз задавая угол наклона для наилучшей генерации солнца, если вы хотите PVGIS автоматически вычисляет оптимальный угол в зависимости от местоположения (широта) и ориентацию панелей солнечных батарей.

- Азимутальный угол °: (Угол в диапазоне от -180 ° до 180 ° ... - 90 ° Восток, Запад = 90 ° на юг = 0 °) азимутальная ориентации солнечных батареи.

- Параметры системы слежения: вариант, который касается только систем PV Tracker (панели, установленные на съемных носителях, которые следует по пути Солнца). Поиск трекера: вертикальная ось, горизонтальная ось (с возможностью выбора угла наклона или оптимизируется в соответствии с широтой) или 2 системы координат.

- Выходные форматы: выбор опции относительно формата отчета о результатах моделирования:

1. Show Графика: Графическое отображение производства месячной и годовой электроэнергии;

2. Показать график отображения горизонта, который подчеркивает далекий горизонт (рельеф) сайта;
3. Веб-сайт: HTML отчет;
4. Текстовый файл: отчет, как .txt;
5. PDF: отчет в формате PDF.

3.4 Программа «HOMER»

Модель оптимизации энергосистем «HOMER» – компьютерная программа, разработанная американской Национальной Лабораторией возобновляемых источников энергии (NREL), предназначена для расчета энергосистем малой мощности и сравнения различных способов производства энергии [19]. Программа «HOMER» моделирует физическое поведение энергосистемы и её стоимость за период эксплуатации, включая стоимость установки и затраты на дальнейшую эксплуатацию. «HOMER» позволяет проектировщику сравнить множество различных вариантов конструкции энергосистемы и определить её технические и экономические достоинства, помогает определить риски, связанные с изменчивостью погодных условий. При помощи комплекса «HOMER» можно рассчитать как автономную, так и соединенную с сетью энергосистему, производящую тепловую и электрическую энергию, которая содержит различные комбинации источников энергии (ФЭП, ветрогенераторы, микро-ГЭС, биогазовые установки, ДВС, микротурбины, топливные элементы, АКБ и водородные источники). Структура программы содержит 3 основных модуля: моделирование, оптимизация и анализ чувствительности. «HOMER» представляет результаты проектирования в виде таблиц и графиков, что облегчает сравнение различных конфигураций и позволяет определить экономические и технические преимущества различных систем.

3.5 Описание главных окон программы «HOMER»

Общий вид окна программы представлен на рисунк 3.8. Файл программы HOMER» содержит всю информацию о технологических вариантах, затратах и доступности ресурса, которые необходимо проанализировать при проектировании. Файл также содержит результаты вычислений, которые «HOMER» делает как часть процессов оптимизации и анализа чувствительности. Расширение файла «HOMER» обозначается. hmr, например: WindVsDiesel.hmr [20].

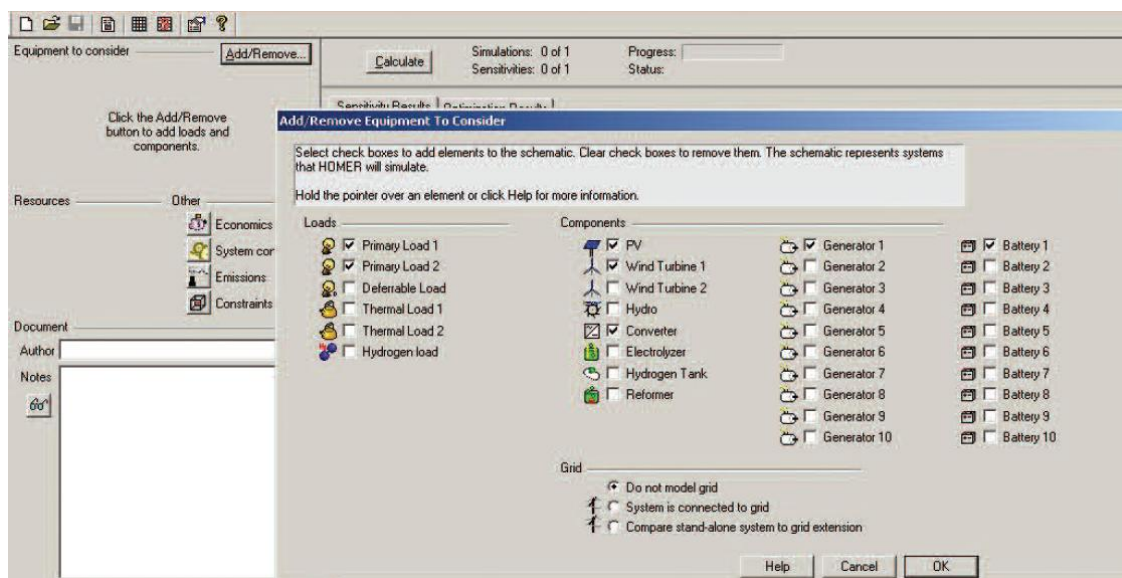


Рисунок 3.7 – Общий вид окна программы «HOMER»

При запуске программы, загружается последний сохраненный файл, если программа его не находит, то загружается окно, в котором отображается рассматриваемое оборудование (рисунок 3.8).

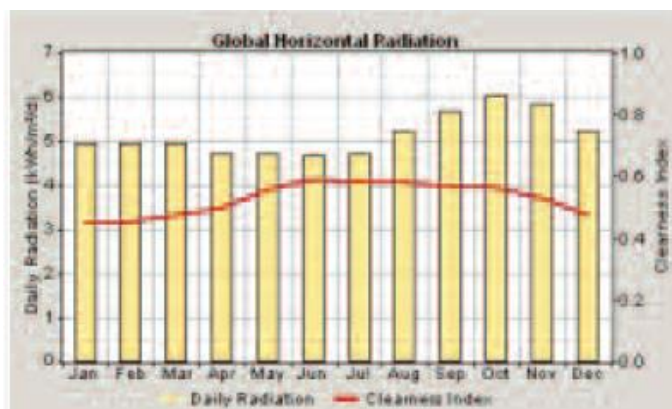


Рисунок 3.8 – Показатель годовой солнечной радиации

В правой рабочей области программы отображаются результаты чувствительности и оптимизации выбранного оборудования, моделирования всех возможных системных конфигураций в виде списка конфигураций, который можно использовать, для сравнения вариантов.



Рисунок 3.9 – Результаты чувствительности

При нажатии на кнопку Cash Flow, на экране отображается номинальная и дисконтированная полная стоимость владения, обеспечивая для каждого элемента конфигурации капитала, замены, спасение и эксплуатационные расходы (включая топливо) в течение всего срока реализации проекта.

View Output Time Series																										
Date	End Time	Solar Radiation (kW/m2)	Solar Altitude (°)	Solar Azimuth (°)	Angle of Incidence (°)	Incident Solar (kW/m2)	Ambient temperature (°C)	Cell temperature (°C)	DC Prim. Load (kW)	PV Power (kW)	Total Renew. (kW)	Load Served (kW)	Renew. Penetr. (%)	Excess Electricity (kW)	Batt. Max. Charge (kW)	Batt. Max. Discharge (kW)	Batt. Charge (kW)	Batt. Discharge (kW)	Battery Input (kW)	Battery Energy (kWh)	Battery SOC (%)	Battery Energy (\$/kWh)	AC Req. Op. Cap. (kW)	DC Op. (kW)		
May 27	10:00	0.634	43.0	-60	40	0.70	0.00	16.1	0.006	0.528	0.528	0.006	8204	0.041	0.5	25.5	0.480	0.000	0.480	50.0	100	0.00	0.00			
May 27	11:00	0.745	49.5	-42	26	0.87	0.00	20.0	0.003	0.641	0.641	0.003	20224	0.638	0.0	25.5	0.000	0.000	0.000	50.0	100	0.00	0.00			
May 27	12:00	0.800	53.8	-20	12	0.95	0.00	22.0	0.005	0.697	0.697	0.005	15265	0.693	0.0	25.5	0.000	0.000	0.000	50.0	100	0.00	0.00			
May 27	13:00	0.914	55.0	4	2	1.10	0.00	25.5	0.004	0.792	0.792	0.004	18190	0.788	0.0	25.5	0.000	0.000	0.000	50.0	100	0.00	0.00			
May 27	14:00	0.909	52.7	28	16	1.08	0.00	25.1	0.006	0.781	0.781	0.006	12707	0.775	0.0	25.5	0.000	0.000	0.000	50.0	100	0.00	0.00			
May 27	15:00	0.799	47.5	48	30	0.92	0.00	21.3	0.004	0.678	0.678	0.004	15504	0.674	0.0	25.5	0.000	0.000	0.000	50.0	100	0.00	0.00			
May 27	16:00	0.662	40.6	65	44	0.72	0.00	16.6	0.003	0.542	0.542	0.003	15625	0.539	0.0	25.5	0.000	0.000	0.000	50.0	100	0.00	0.00			
May 27	17:00	0.496	32.6	79	58	0.49	0.00	11.1	0.005	0.374	0.374	0.005	7698	0.369	0.0	25.5	0.000	0.000	0.000	50.0	100	0.00	0.00			
May 27	18:00	0.350	24.3	92	71	0.28	0.00	6.4	0.004	0.222	0.222	0.004	5155	0.218	0.0	25.5	0.000	0.000	0.000	50.0	100	0.00	0.00			
May 27	19:00	0.260	16.0	104	85	0.10	0.00	2.3	0.069	0.083	0.083	0.069	120	0.014	0.0	25.5	0.000	0.000	0.000	50.0	100	0.00	0.00			
May 27	20:00	0.121	8.2	116	98	0.02	0.00	0.5	0.106	0.019	0.019	0.106	18	0.000	0.0	25.5	0.000	0.087	-0.087	49.9	100	0.00	0.00			
May 27	21:00	0.022	1.1	128	110	0.00	0.00	0.1	0.115	0.004	0.004	0.115	3	0.000	0.1	25.5	0.000	0.111	-0.111	49.8	100	0.00	0.00			
May 27	22:00	0.000	0.0	141	90	0.00	0.00	0.0	0.080	0.000	0.000	0.080	0	0.000	0.3	25.5	0.000	0.080	-0.080	49.7	99	0.00	0.00			
May 27	23:00	0.000	0.0	154	90	0.00	0.00	0.0	0.106	0.000	0.000	0.106	0	0.000	0.4	25.5	0.000	0.106	-0.106	49.5	99	0.00	0.00			
May 28	0:00	0.000	0.0	168	90	0.00	0.00	0.0	0.064	0.000	0.000	0.064	0	0.000	0.5	25.5	0.000	0.064	-0.064	49.5	99	0.00	0.00			
May 28	1:00	0.000	0.0	-178	90	0.00	0.00	0.0	0.088	0.000	0.000	0.088	0	0.000	0.6	25.5	0.000	0.088	-0.088	49.4	99	0.00	0.00			
May 28	2:00	0.000	0.0	-163	90	0.00	0.00	0.0	0.101	0.000	0.000	0.101	0	0.000	0.7	25.5	0.000	0.101	-0.101	49.2	98	0.00	0.00			
May 28	3:00	0.000	0.0	-150	90	0.00	0.00	0.0	0.132	0.000	0.000	0.132	0	0.000	0.9	25.5	0.000	0.132	-0.132	49.1	98	0.00	0.00			
May 28	4:00	0.000	0.0	-137	90	0.00	0.00	0.0	0.127	0.000	0.000	0.127	0	0.000	1.1	25.5	0.000	0.127	-0.127	48.9	98	0.00	0.00			
May 28	5:00	0.025	3.5	-124	106	0.02	0.00	0.5	0.084	0.017	0.017	0.084	21	0.000	1.2	25.5	0.000	0.067	-0.067	48.9	98	0.00	0.00			
May 28	6:00	0.062	10.8	-112	93	0.06	0.00	1.2	0.102	0.044	0.044	0.102	43	0.000	1.3	25.5	0.000	0.058	-0.058	48.8	98	0.00	0.00			
May 28	7:00	0.174	18.9	-100	80	0.14	0.00	3.3	0.006	0.115	0.115	0.006	2091	0.000	1.4	25.5	0.110	0.000	0.110	48.9	98	0.00	0.00			
May 28	8:00	0.254	27.2	-88	67	0.23	0.00	5.2	0.005	0.182	0.182	0.005	3407	0.000	1.3	25.5	0.177	0.000	0.177	49.0	98	0.00	0.00			
May 28	9:00	0.200	35.5	-75	53	0.18	0.00	4.2	0.003	0.146	0.146	0.003	4579	0.000	1.1	25.5	0.143	0.000	0.143	49.2	98	0.00	0.00			
May 28	10:00	0.409	43.2	-60	40	0.41	0.00	9.2	0.005	0.315	0.315	0.005	6644	0.000	1.0	25.5	0.310	0.000	0.310	49.4	99	0.00	0.00			
May 28	11:00	0.647	49.6	-42	26	0.73	0.00	16.8	0.004	0.548	0.548	0.004	12849	0.000	0.7	25.5	0.544	0.000	0.544	49.9	100	0.00	0.00			

Рисунок 3.10 – Окно «Cash Flow»

На рисунке график сверху (рисунки 3.10) показывает производство электроэнергии фотоэлектрической системы, а ниже график (рисунки 3.11) показывает состояние заряда батарей в течение всего года.

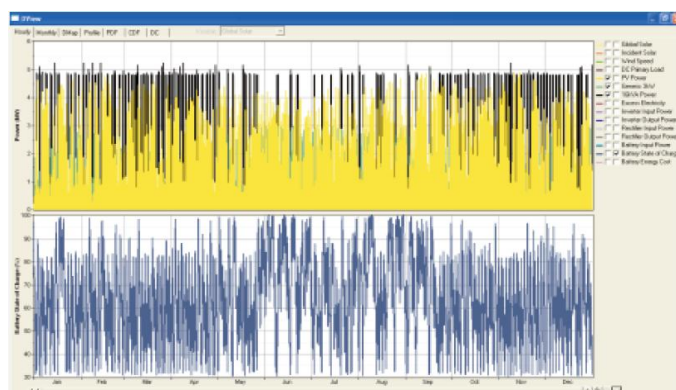


Рисунок 3.11 – Окно «Результаты расчета»

Результаты показывает, с помощью различными вариантами отображения системную, зависимость от переменных от светочувствительности (рисунки 3.12).

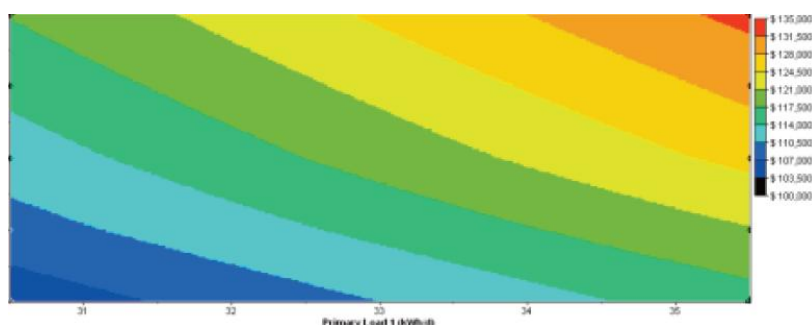


Рисунок 3.12 – Окно «Результаты расчета»

Таким образом, при использовании выше перечисленных программных комплексов, можно в полной мере сделать и описать проект. Так как программа Dialux используется для проектирования фотореалистичных визуализаций освещения, программа PVgis является идеальной онлайн программой для оценки солнечной выработки электроэнергии для фотоэлектрических систем, а программа HOMER позволяет сравнить и определить её технические и экономические достоинства. Для моделирование АСО с совокупностью выше перечисленных программных обеспечении был построен алгоритм моделирования для оценки работы. Данный алгоритм описывается в следующей главе.

4. Алгоритм светотехнического расчета с автономными системами освещения на солнечных батареях

Для оценки работы автономных систем на солнечных батареях был разработан алгоритм сопряжение светотехнических и электротехнических программ. В алгоритме описывается возможность проектирование осветительной установки с заданными значениями. А также предлагается пути решения с помощью АСО и стандартной установки. Предлагается поэтапное проектирование оптимальных параметров, и цикл расчета при разных условиях. Тем самым достигая цели реализации осветительной установки. Данный алгоритм и ключ алгоритма представлены ниже.

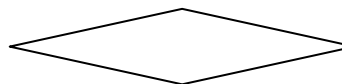
Начало или конец алгоритма



Блок автоматического ввода

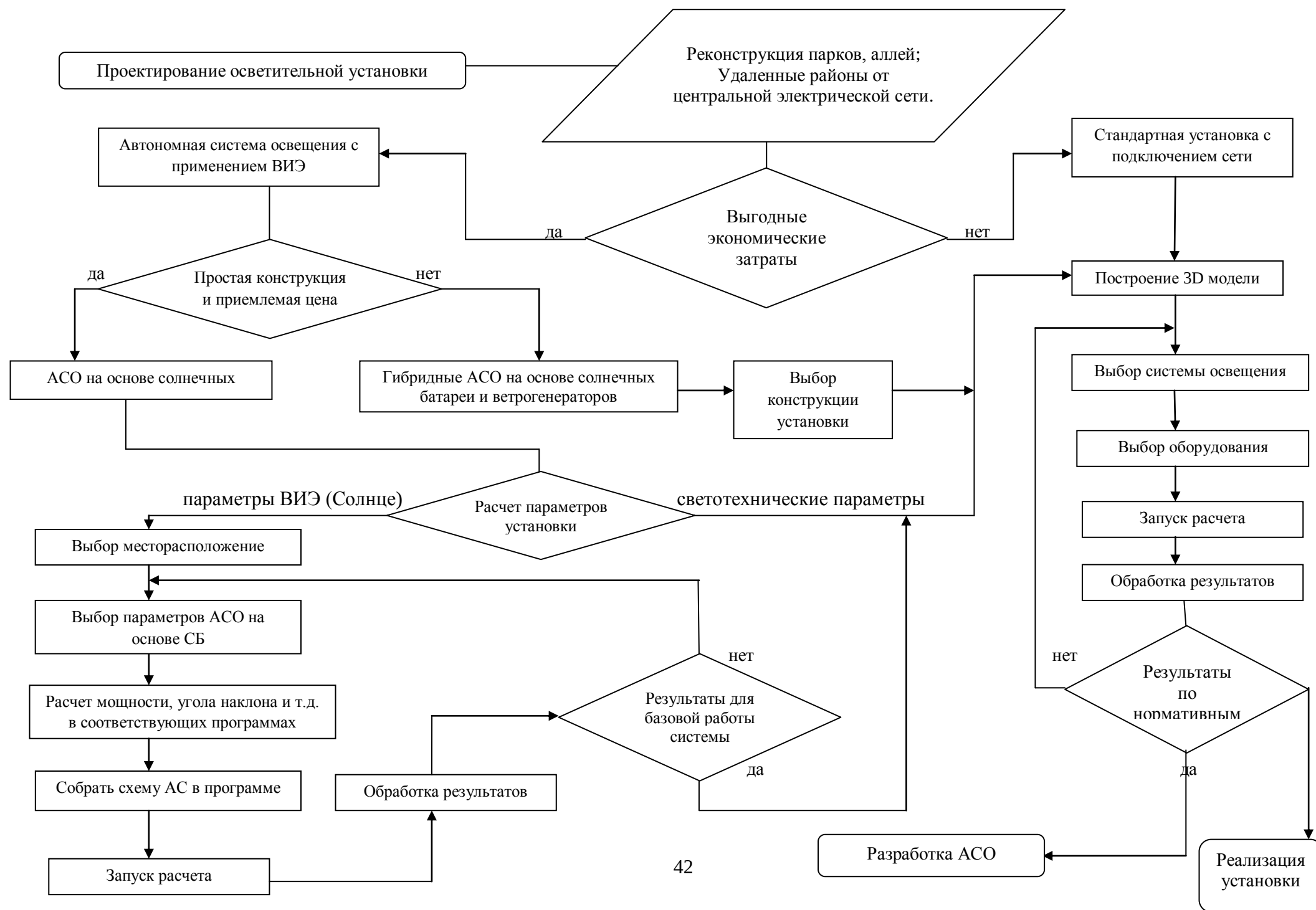


Логический блок



Блок обработки





4.1 Методика расчета определения мощности солнечной батареи

По выше описанному алгоритму для проектировки АСО на СБ, нужно определить основные параметры системы. Стандартный солнечный и параметры солнечной радиации для географической местности являются важными показателями.

Стандартный солнечный поток рассчитывается для площади в 1 квадратный метр. Но точная площадь частей солнечной панели нам не известна. Но несмотря на все вышесказанное известна её номинальная мощность, которая ориентируется при 25°C для обычного потока солнечного света в 1 кВт/м².

Приняв мощность солнечного излучения у плоскости Земли (предельную инсоляцию), у нас получится, что выработка СБ относится к инсоляции квадратного метра и что мощность солнечной батареи относится к силе солнечного излучения у земной плоскости приходящейся на 1 квадратный метр, другими словами к 1000 Вт [25].

Умножая месячную радиацию солнечной энергии из таблицы на соответствие мощностей батареи и предельной инсоляции, можно расценить выработку солнечной батареи за данный месяц.

Следовательно, выработку фотоэлектрической панели будем рассчитывать по последующей формуле:

$$E_{сб} = E_{инс} \cdot P_{сб} \cdot \frac{\eta}{P_{инс}}, \quad (1)$$

где $E_{сб}$ – показатель вырабатываемой энергии СБ;

$E_{инс}$ – показатель месячная солнечной радиации на квадратный метр (из таблицы инсоляции);

$P_{сб}$ – номинальная мощность солнечной батареи;

η – общий КПД передачи электрического тока по проводам, контроллера солнечной батареи при преобразовании постоянного напряжения в стандартное;

$P_{инс}$ – предельная мощность солнечной радиации квадратного метра земной плоскости (1000 Вт). Значение солнечной инсоляции и выработка СБ должны быть в одних и тех же единицах измерения (кВтч или Дж).

Принимая во внимание месячную радиацию солнечного потока из таблицы, возможно рассчитать номинальную мощность СБ, которая обеспечит необходимую месячную выработку. По следующей формуле:

$$P_{сб} = P_{инс} \cdot \frac{E_{сб}}{E_{инс} \cdot \eta}, \quad (2)$$

Обычно, наибольшая мощность СБ, заявленная изготовителем, достигается при напряжении на выходе, превышающем напряжение аккумуляторных батарей на 15 – 40% [25].

4.2 Расчёт по методике определения мощности солнечной батареи (Алматы Талгарского тракта)

Учитывая что АСО используется для освещения улиц, пешеходных переходов, для освещения парковых зон, делаем сравнительный расчет трактов и парковых зон в городах Алматы и Томск. По данной методике проводим расчет по определению мощности солнечной батареи для города Томска и Алматы, для Богашевский и Талгарский.

Талгарский тракт – автомобильная дорога II категории, с длиной 11 километров, Алматы – Талгар. Расположена в Талгарском районе Алматинской области. Талгарский тракт является дорогой республиканского значения и обслуживается Комитетом автомобильных дорог МИР РК.

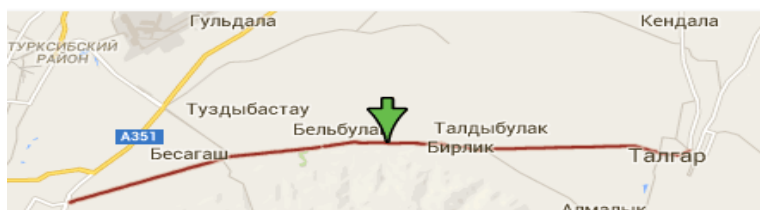


Рисунок 4.1 – Талгарский тракт

Для начала следует проверить, какое количество энергии требуется от системы.

Чтобы достичь желаемого результата, определяем пиковую моментальную мощность нагрузки, которая приведена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Мощность нагрузки для АСО

Потребитель	Мощность	Сезон	Продолжительность работы за сутки		Потребление за сутки	
			среднее	максимум	среднее	максимум
Контроллер заряда	5 Вт	всегда	24 часа		0,43 МДж (0,12 кВт·ч)	
Светодиодный светильник	106 Вт	зима	12 часов	13 часов	6,48 МДж (1,272 кВт·ч)	7,02 МДж(1,378 кВт·ч)
		лето	11 часов	12 часов	5,94 МДж(1,166 кВт·ч)	6,48 МДж(1,272 кВт·ч)
ИТОГО	111 Вт	зима	30-31	31-32	6,86 МДж(1,392 кВт·ч)	7,45 МДж(1,498 кВт·ч)
		ето				

Таблица 4.2 – Полученные результаты расчета мощности по методике в Excell

Номинальная мощность солнечной батареи	I (jan)	II (feb)	III (mar)	IV (apr)	V (may)	VI (jun)	VII (jul)	VIII (aug)	IX (sep)	X (oct)	XI (nov)	XII (dec)
Суммарный поток солнечной радиации на квадратный метр, кВт·ч / м ²	48,88	66,38	98,3	134,4	175,5	188,3	202,5	179,72	138,05	89,16	51,94	37,77
η	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
$P_{\text{инс}}$	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
50	0,34216	0,46466	0,6881	0,9408	1,2285	1,3181	1,4175	1,25804	0,96635	0,62412	0,36358	0,26439
100	0,68432	0,92932	1,3762	1,8816	2,457	2,6362	2,835	2,51608	1,9327	1,24824	0,72716	0,52878
150	1,02648	1,39398	2,0643	2,8224	3,6855	3,9543	4,2525	3,77412	2,89905	1,87236	1,09074	0,79317
200	1,36864	1,85864	2,7524	3,7632	4,914	5,2724	5,67	5,03216	3,8654	2,49648	1,45432	1,05756
250	1,7108	2,3233	3,4405	4,704	6,1425	6,5905	7,0875	6,2902	4,83175	3,1206	1,8179	1,32195
300	2,05296	2,78796	4,1286	5,6448	7,371	7,9086	8,505	7,54824	5,7981	3,74472	2,18148	1,58634
350	2,39512	3,25262	4,8167	6,5856	8,5995	9,2267	9,9225	8,80628	6,76445	4,36884	2,54506	1,85073
400	2,73728	3,71728	5,5048	7,5264	9,828	10,5448	11,34	10,0643	7,7308	4,99296	2,90864	2,11512
500	3,4216	4,6466	6,881	9,408	12,285	13,181	14,175	12,5804	9,6635	6,2412	3,6358	2,6439

	дефицит энергии
	базовый режим
	комфортный режим
	полный режим

По выше описанной методике в Excel было построена таблица расчета. В таблице 4.2 приводятся значения как стандартные, так и рассчитываемые. По стандартным значениям суммарной солнечной инсоляции, кВт·ч / м², которая берется из таблицы NASA, указывается КПД солнечной батареи и предполагаемые мощности солнечной батареи. Расчет проводится для определения подходящей мощности солнечной батареи.

По рассчитанным результатам мы видим, что для обеспечения максимальной пиковой нагрузки для Талгарского тракта города Алматы нужно использовать солнечные батареи с мощностью выше 300 Вт. А так же в данной таблице приведены несколько режимов:

Дефицит энергии. Этот режим описывает, что работа АСО с солнечной батареей с такой мощностью не возможна. Потому как выработка ЭЭ солнечной батареи должен полностью компенсировать пиковую нагрузку.

Базовый режим. В данном режиме установка АСО работает в номинальном, т.е. в базовом режиме. Вырабатываемая ЭЭ покрывает пиковую нагрузку и обеспечивает на 10% зарядку аккумулятора.

Комфортный режим. Этот режим описывает работу АСО полностью в бесперебойном состоянии, т.е. система работает без остановки обеспечивая на 50 % зарядку аккумулятора.

Полный режим. Данный режим работает на полной мощности, без перебоев, с сохранением энергии на обеспечении ЭЭ с запасом на 3 дня.

Проанализировав данные расчеты и все режимы, выбираем солнечную батарею с мощностью 300 Вт и с КПД 14% (Монокристаллический солнечный модуль HSE300-72M, компании Chinaland Solar Energy Co.), при которой система АСО будет работать в основном полном режиме. Все полученные результаты приведены в гистограмме в рисунке 4.2.

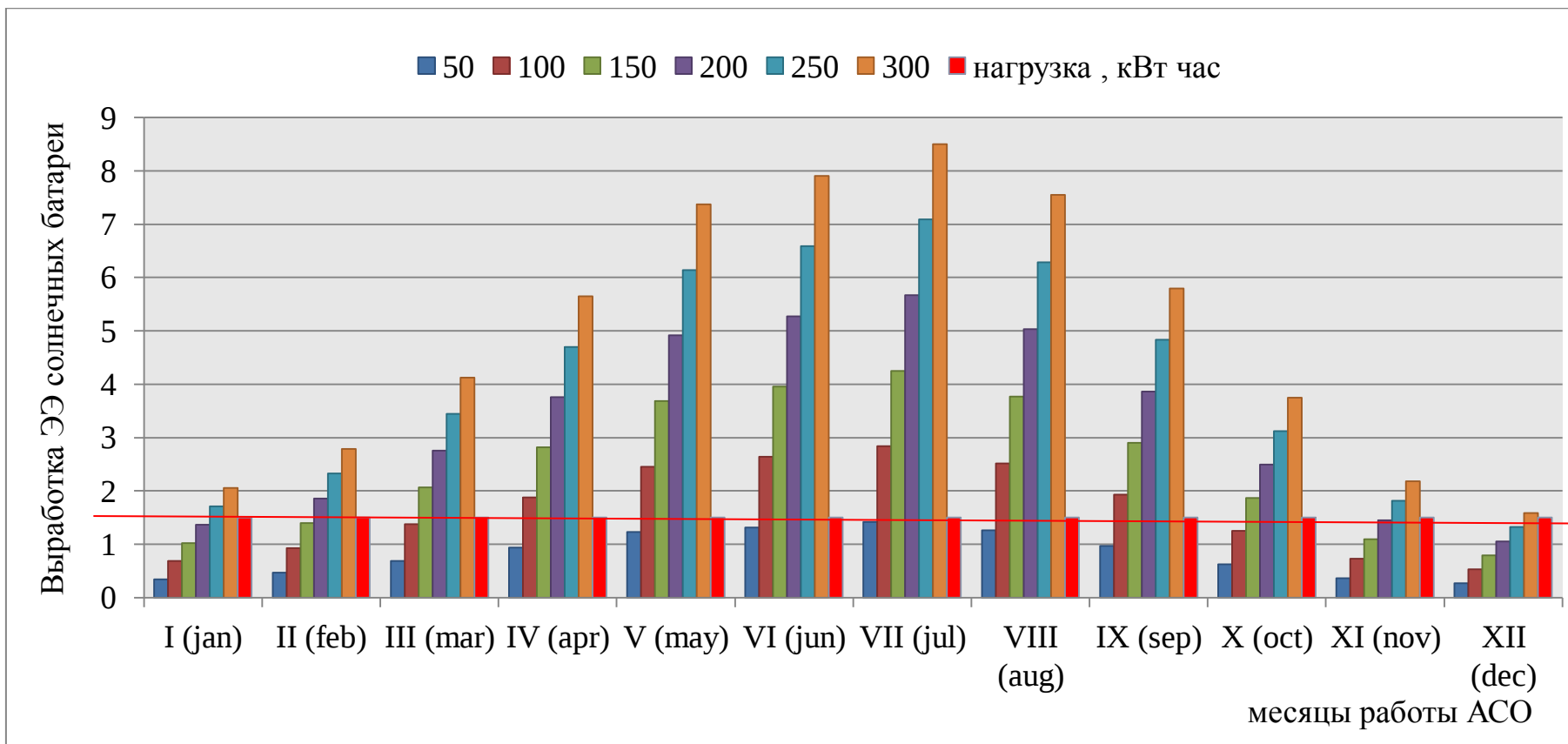


Рисунок 4.2 – Гистограмма результатов полученных при расчете по методики

После того как рассчитали мощность солнечной батареи, определяем угол наклона батареи. Угол наклона это какая же значимая величина, как мощность. Потому как, под определенным углом наклона можно получить разные значение принимаемое батареи. Для этого используется специальный онлайн калькулятор расчета солнечных лучей. Данный онлайн калькулятор называется PVgis.

В данной программе были введены значение, широте и долготы, местности где будут установлены эти системы, $43^{\circ} 30'$ и $77^{\circ} 11'$. Указывается мощность, КПД и тип солнечной батареи. И можно менять угол наклона батареи и азимутальный угол. И так дальше меняем угол наклона панели от 5° до 90° с интервалом в 5° . тем самым можем определить в каком углу наклона АСО может выработать максимальное значение ЭЭ.

Все значения изменения в онлайн калькуляторе были собраны в таблицу 4.3.

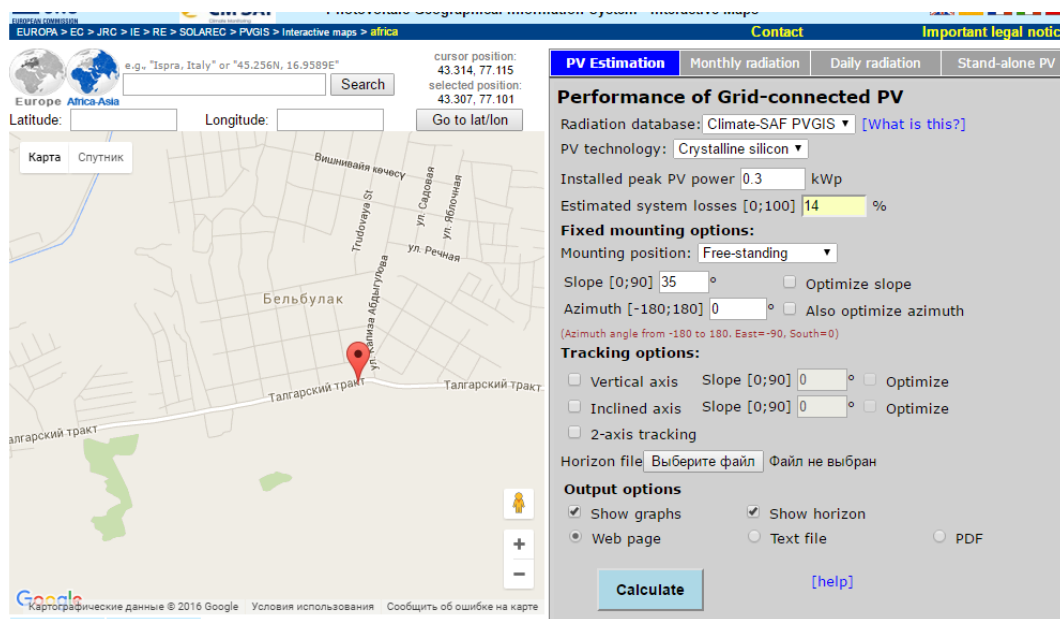


Рисунок 4.3 – Общий вид PVgis

Таблица 4.3 – Значение Среднесуточная выработка электроэнергии в определенном угле наклона

Среднесуточная выработка ЭЭ от данной системы, Е _д , кВтч	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
I (jan)	0,51	0,57	0,61	0,66	0,69	0,72	0,75	0,77	0,79	0,8	0,81	0,82	0,82	0,81	0,8	0,79	0,77	0,75
II (feb)	0,69	0,74	0,78	0,82	0,85	0,87	0,89	0,91	0,92	0,93	0,93	0,92	0,91	0,9	0,88	0,86	0,83	0,8
III (mar)	0,97	1	1,02	1,04	1,06	1,07	1,07	1,08	1,07	1,06	1,05	1,03	1	0,97	0,94	0,9	0,86	0,81
IV (apr)	1,10	1,12	1,13	1,14	1,14	1,13	1,13	1,11	1,09	1,07	1,04	1	0,96	0,92	0,86	0,81	0,74	0,67
V (may)	1,51	1,51	1,5	1,49	1,48	1,45	1,43	1,39	1,35	1,31	1,25	1,19	1,12	1,05	0,97	0,88	0,78	0,68
VI (jun)	1,51	1,51	1,49	1,48	1,45	1,42	1,39	1,35	1,3	1,24	1,18	1,11	1,04	0,96	0,87	0,77	0,67	0,57
VII (jul)	1,5	1,5	1,5	1,48	1,47	1,44	1,41	1,37	1,33	1,28	1,22	1,15	1,08	1	0,91	0,82	0,72	0,62
VIII (aug)	1,48	1,5	1,52	1,52	1,52	1,52	1,5	1,48	1,45	1,41	1,36	1,31	1,24	1,17	1,09	1	0,91	0,8
IX (sep)	1,26	1,31	1,36	1,39	1,42	1,44	1,45	1,46	1,45	1,44	1,42	1,39	1,35	1,31	1,25	1,19	1,11	1,03
X (oct)	0,87	0,93	0,98	1,03	1,07	1,11	1,14	1,16	1,17	1,18	1,18	1,17	1,16	1,14	1,12	1,08	1,04	1
XI (nov)	0,53	0,58	0,63	0,67	0,7	0,73	0,76	0,78	0,8	0,81	0,81	0,82	0,81	0,81	0,8	0,78	0,76	0,74
XII (dec)	0,41	0,46	0,5	0,53	0,56	0,59	0,61	0,63	0,65	0,66	0,67	0,67	0,67	0,67	0,66	0,65	0,64	0,62
Среднегодовая выработка ЭЭ, Втч	1030	1060	1090	1110	1120	1130	1130	1130	1110	1100	1080	1050	1020	976	930	878	820	756

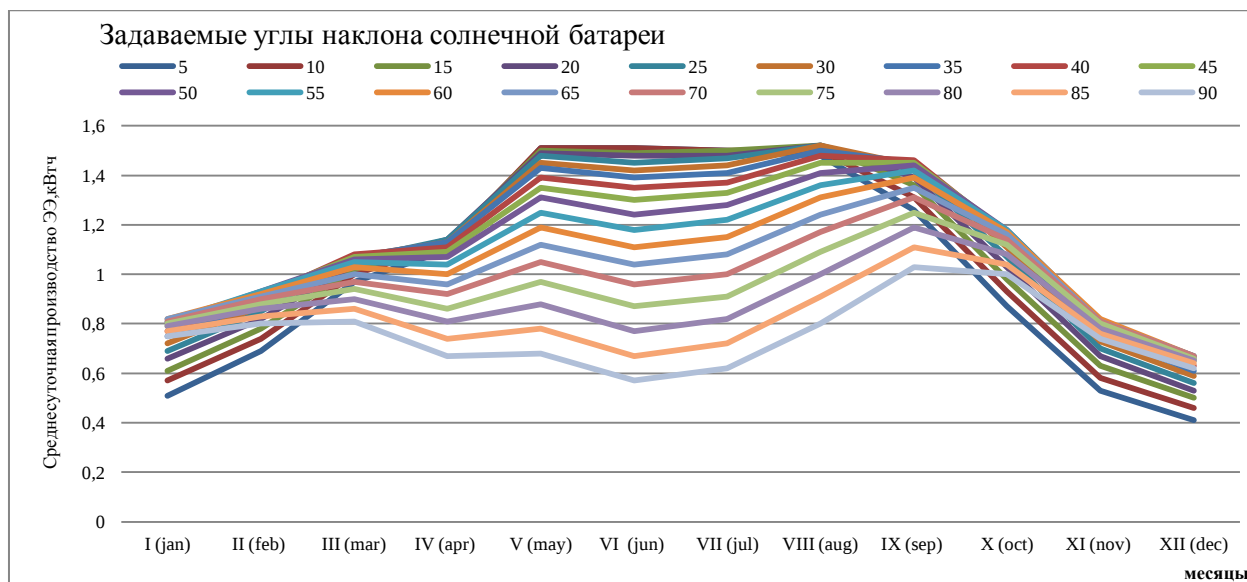


Рисунок 4.4 – Изменение среднесуточной производство ЭЭ по месяцам

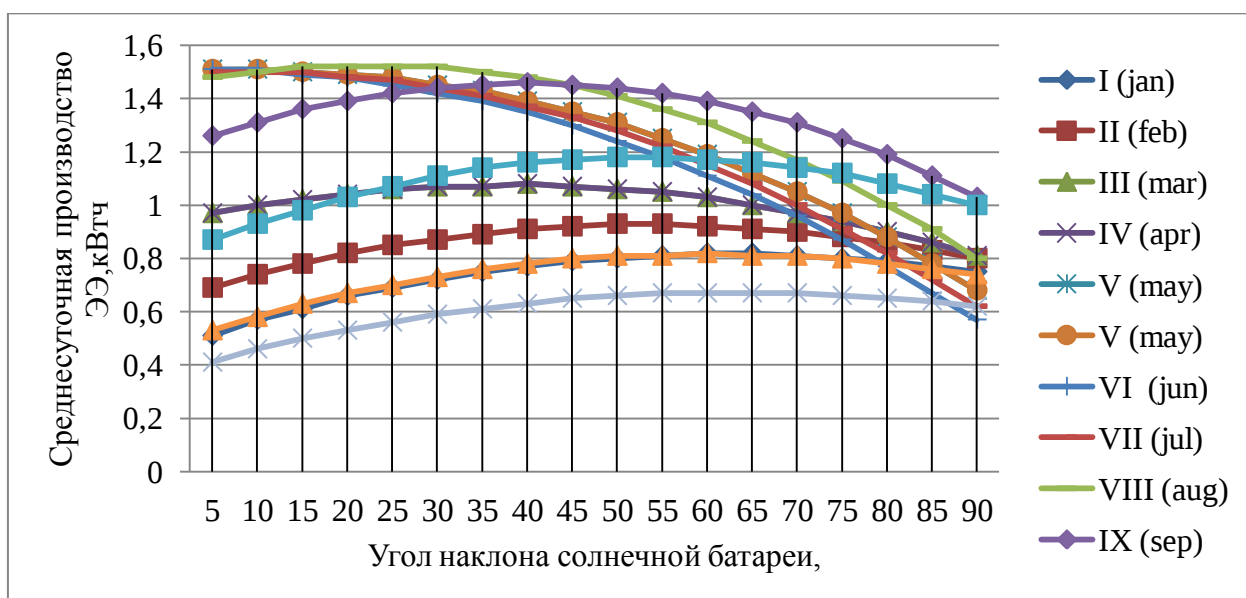


Рисунок 4.5 – Изменение по углу наклона среднесуточного производства ЭЭ.

СБ эффективно работает, когда они направлены на солнце под определенным углом и их поверхность перпендикулярна солнечным лучам. На практике, солнечные панели должны быть ориентированы под определенным углом к горизонтальной поверхности.

Для разных местности оптимальный угол наклона разный. Анализирую таблицы выше, можно сказать что для города Алматы оптимальный угол наклона солнечной батареи 35° .

Зная самый оптимальный угол наклона, делаем расчет в онлайн калькуляторе для Талгарского тракта с углом наклона солнечной батареи 35° .

Таблица 4.4 – Результаты расчета в PVGIS

Солнечная база излучения	PVGIS-CMSAF
Номинальная мощность фотоэлектрической системы	0,3 кВт (монокристаллический кремний)
Оценочные потери из-за температуры и низкой освещенности	8,9% (с использованием местной температуры окружающей среды)
Расчетные потери из-за угловых эффектов отражения	3,8%
Прочие потери (кабели, инверторы и т.д.)	14,0%
Комбинированный PV потери системы	24,7%

Таблица 4.5 – Результат вырабатываемой ЭЭ

Fixed system: inclination= 35° , orientation= 0°				
Month	E_d	E_m	H_d	H_m
I (jan)	0,75	23,3	2,64	81,8
II (feb)	0,89	25,0	3,17	88,7
III (mar)	1,07	33,3	4,00	124
IV (apr)	1,13	33,8	4,33	130
V (may)	1,43	44,2	5,63	175
VI (jun)	1,39	41,6	5,54	166
VII (jul)	1,41	43,7	5,63	175
VIII (aug)	1,50	46,5	5,98	185
IX (sep)	1,45	43,6	5,65	169
X (oct)	1,14	35,2	4,26	132
XI (nov)	0,76	22,8	2,77	83,0
XII (dec)	0,61	19,0	2,17	67,4
Yearly average	1.13	34.3	4.32	131
Total for year	412		1580	

В таблице 4.5 указаны значения:

- E_d – это среднесуточная выработка электроэнергии от данной системы (кВт · ч);
- E_m – это среднемесячная выработка электроэнергии от данной системы (кВт · ч);
- H_d – это средняя суточная сумма глобального излучения на квадратный метр, полученных модулей данной системы (кВт · ч / м²);
- H_m – это средняя сумма глобального излучения на квадратный метр, полученных модулей данной системы (кВт / м²).

Определив оптимальный угол наклона и зная среднесуточные и среднемесячные выработки ЭЭ, дальше делаем модель системы в программном комплексе HOMER.

Программа HOMER позволяет собрать модуль со всеми выше рассчитанными данными, чтобы определить полный комплексный результат.

Для начала собираем АСО с отдельными частями, после соединяем их задавая нужные нам параметры. Открываем программу выбираем начальную нагрузку(уличный светодиодный светильник), источник энергии(монокристаллическая солнечная панель с мощностью 300 Вт), аккумулятор для накопления энергии.

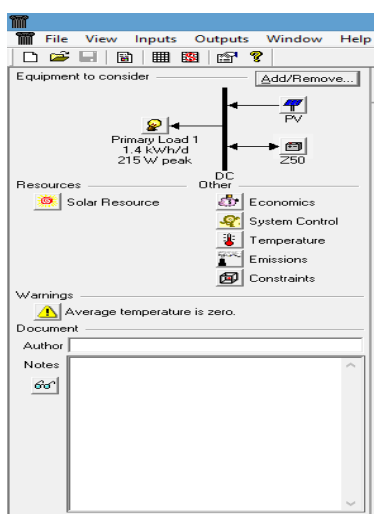


Рисунок 4.6 – Общий вид АСО в программе Homer

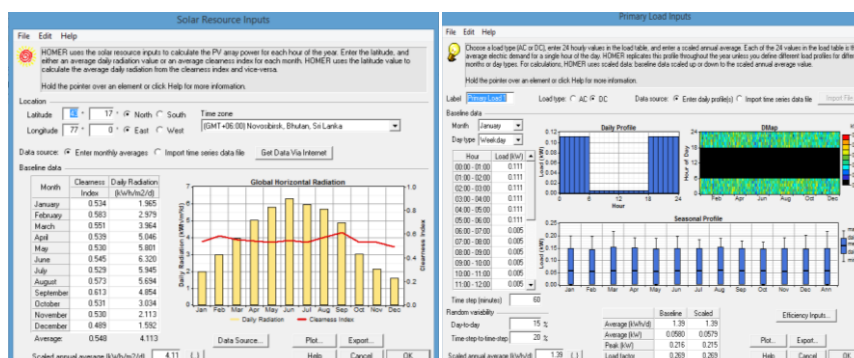
И в итоге общий вид системы смотрится как на рисунке 6. После того как собрали системы задаем параметры для отдельным частям, как указано в рисунке 7.

Рисунок 4.7 а; Задаются параметры солнечной радиации, т.е. данные которые были получены в онлайн калькуляторе. Широта, долгота и среднесуточная сумма глобального излучения на квадратный метр указывается.

Рисунок 4.7 б; В этом окне нужно отметить все необходимые параметры нагрузки. Указывается общий мощность нагрузки и требуемая время работы установки. И все это иллюстрируется различными графическими данными.

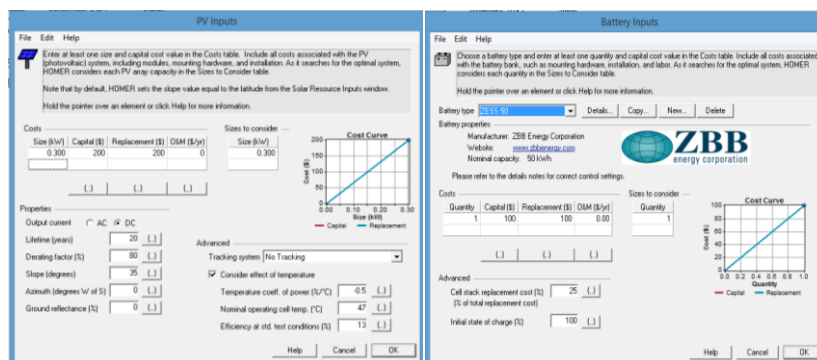
Рисунок 4.7 в; Это окна в котором введется вся информация и исходные данные солнечной батареи. Пишется общая мощность солнечной батареи, его стоимость, количество, КПД, и самое главное угол наклона солнечной батареи. В данном окне пишем угол наклона, который был оптимальный по расчетам выше т. е. 350.

Рисунок 4.7 г; в этом окне указывается все параметры аккумуляторной батареи. Есть катталог по которому можно выбрать подходящий аккумулятор для установки.



а

б



В

Г

Рисунок 4.7 – Исходные окна программы HOMER.

а – окно для параметров солнечной радиации; б – окно для параметров нагрузки; в – окно для параметров солнечной батареи; г – окно для параметров аккумулятора.

Задаются все параметры и запускается расчет. Результаты расчета в программе выводятся по всем критериям. Результаты расчета программа приведены на рисунках 4.8, 4.9, 4.10, 4.11.

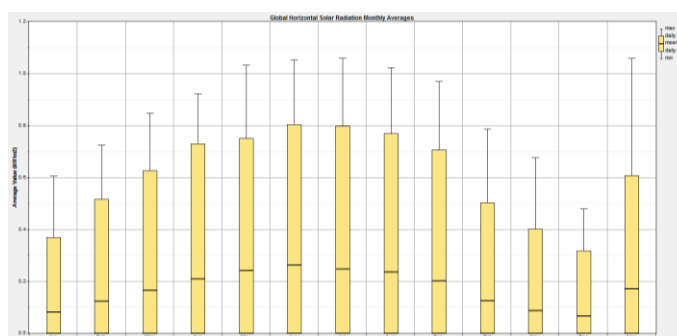


Рисунок 4.8 – Среднемесечная горизонтальная солнечная радиация

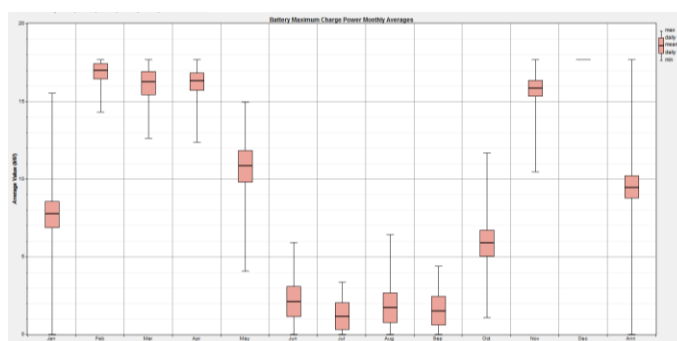


Рисунок 4.9 – Среднемесечное максимальное заряд в аккумуляторе

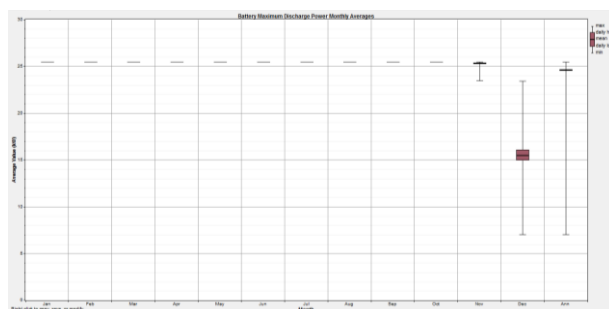


Рисунок 4.10 – Среднемесячный максимальный разряд в аккумуляторе

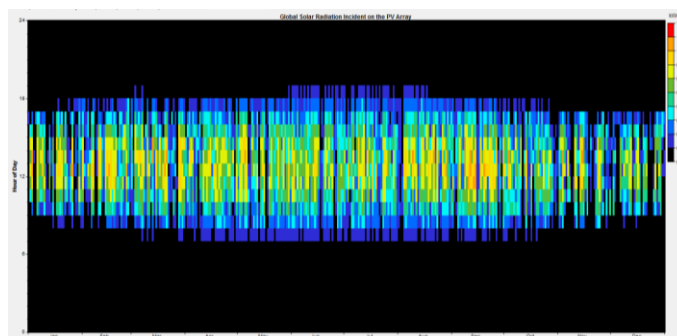


Рисунок 4.11 – Глобальная солнечная радиация падающий на площадь солнечной батареи

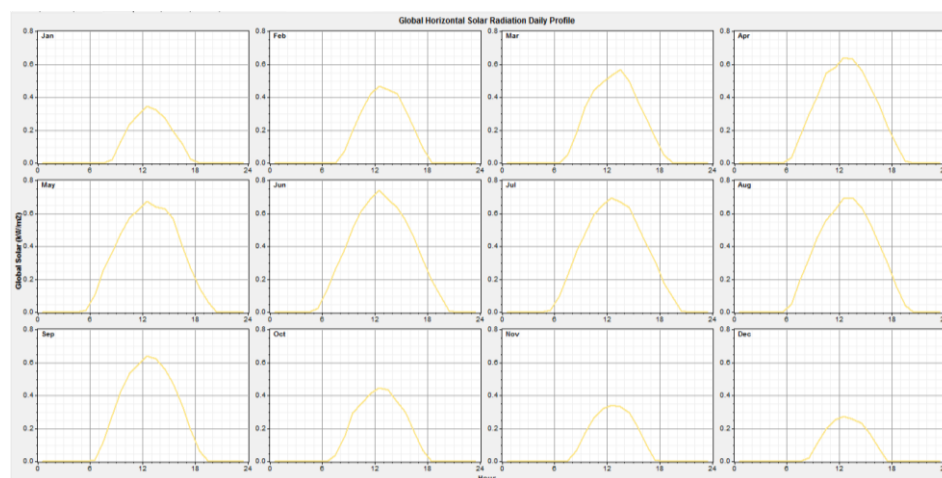


Рисунок 4.12 – Глобальная горизонтальная солнечная радиация суточного профиля

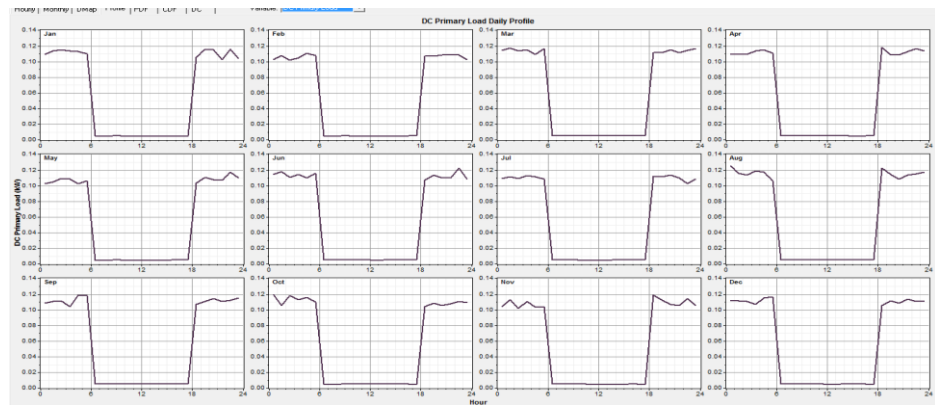


Рисунок 4.13 – Мощность суточного профиля первичной нагрузки

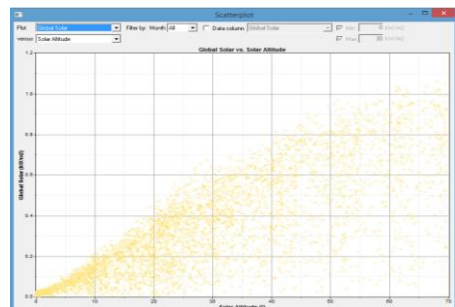


Рисунок 4.14 – График рассеяния

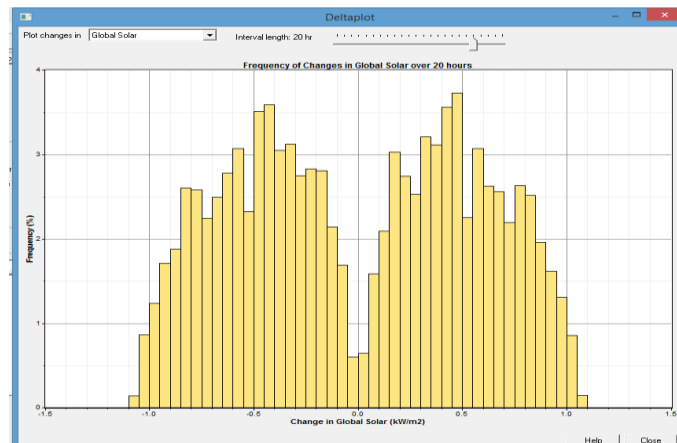


Рисунок 4.15 – Частота смены глобального излучение за 24 часа

View Output Time Series																								
Date	End Time	Solar Radiation [kW/m2]	Solar Altitude (°)	Solar Azimuth (°)	Angle of Incidence (°)	Incident Solar [kW/m2]	Ambient temperature [°C]	Cell temperature [°C]	DC Pin Load [kW]	PV Power [kW]	Total Renew. [kW]	Load Served [kW]	Renew. Penetr. [%]	Excess Electricity [kW]	Batt. Max Charge [kW]	Batt. Max Discharge [kW]	Batt. Charge [kW]	Batt. Discharge [kW]	Battery Input [kW]	Battery Energy [kWh]	Battery SOC [%]	Battery Energy [\$ /kWh]	AC Req. Op. Cap. [kW]	DC Op [A]
Jan 1	1:00	0.00	0.0	164	90	0.00	0.00	0.0	0.106	0.000	0.000	0.106	0	0.000	0.0	25.5	0.000	0.106	-0.106	49.9	100	0.00	0.00	
Jan 1	2:00	0.00	0.0	-157	90	0.00	0.00	0.0	0.103	0.000	0.000	0.103	0	0.000	0.1	25.5	0.000	0.103	-0.103	49.8	100	0.00	0.00	
Jan 1	3:00	0.00	0.0	-128	90	0.00	0.00	0.0	0.147	0.000	0.000	0.147	0	0.000	0.3	25.5	0.000	0.147	-0.147	49.6	99	0.00	0.00	
Jan 1	4:00	0.00	0.0	-110	90	0.00	0.00	0.0	0.179	0.000	0.000	0.179	0	0.000	0.5	25.5	0.000	0.179	-0.179	49.4	99	0.00	0.00	
Jan 1	5:00	0.00	0.0	-97	90	0.00	0.00	0.0	0.180	0.000	0.000	0.180	0	0.000	0.7	25.5	0.000	0.180	-0.180	49.2	98	0.00	0.00	
Jan 1	6:00	0.00	0.0	-86	90	0.00	0.00	0.0	0.174	0.000	0.000	0.174	0	0.000	1.0	25.5	0.000	0.174	-0.174	49.0	98	0.00	0.00	
Jan 1	7:00	0.00	0.0	-77	90	0.00	0.00	0.0	0.006	0.000	0.000	0.006	0	0.000	1.2	25.5	0.000	0.006	-0.006	48.9	98	0.00	0.00	
Jan 1	8:00	0.00	0.0	-67	90	0.00	0.00	0.0	0.006	0.000	0.000	0.006	0	0.000	1.2	25.5	0.000	0.006	-0.006	48.9	98	0.00	0.00	
Jan 1	9:00	0.00	0.1	-57	72	0.00	0.00	0.1	0.006	0.002	0.002	0.006	35	0.000	1.3	25.5	0.000	0.004	-0.004	48.9	98	0.00	0.00	
Jan 1	10:00	0.04	9.7	-46	55	0.04	0.00	1.0	0.007	0.018	0.018	0.007	268	0.000	1.3	25.5	0.011	0.000	0.011	48.9	98	0.00	0.00	
Jan 1	11:00	0.01	15.8	-34	47	0.01	0.00	0.2	0.005	0.003	0.003	0.005	63	0.000	1.2	25.5	0.000	0.002	-0.002	48.9	98	0.00	0.00	
Jan 1	12:00	0.01	20.8	-21	38	0.00	0.00	0.1	0.007	0.002	0.002	0.007	29	0.000	1.3	25.5	0.000	0.005	-0.005	48.9	98	0.00	0.00	
Jan 1	13:00	0.08	23.4	-6	32	0.07	0.00	1.6	0.007	0.028	0.028	0.007	426	0.000	1.3	25.5	0.022	0.000	0.022	49.0	98	0.00	0.00	
Jan 1	14:00	0.07	23.1	9	33	0.06	0.00	1.5	0.006	0.026	0.026	0.006	414	0.000	1.2	25.5	0.020	0.000	0.020	49.0	98	0.00	0.00	
Jan 1	15:00	0.03	20.1	23	39	0.02	0.00	0.6	0.006	0.010	0.010	0.006	175	0.000	1.2	25.5	0.004	0.000	0.004	49.0	98	0.00	0.00	
Jan 1	16:00	0.01	14.6	37	49	0.01	0.00	0.3	0.004	0.005	0.005	0.004	139	0.000	1.2	25.5	0.001	0.000	0.001	49.0	98	0.00	0.00	
Jan 1	17:00	0.09	7.2	49	61	0.23	0.00	5.3	0.006	0.093	0.093	0.006	1546	0.000	1.2	25.5	0.087	0.000	0.087	49.0	98	0.00	0.00	
Jan 1	18:00	0.01	0.0	59	90	0.00	0.00	0.0	0.005	0.000	0.000	0.005	0	0.000	1.1	25.5	0.000	0.005	-0.005	49.0	98	0.00	0.00	
Jan 1	19:00	0.00	0.0	69	90	0.00	0.00	0.0	0.128	0.000	0.000	0.128	0	0.000	1.1	25.5	0.000	0.128	-0.128	48.9	98	0.00	0.00	
Jan 1	20:00	0.00	0.0	78	90	0.00	0.00	0.0	0.135	0.000	0.000	0.135	0	0.000	1.3	25.5	0.000	0.135	-0.135	48.7	97	0.00	0.00	
Jan 1	21:00	0.00	0.0	88	90	0.00	0.00	0.0	0.145	0.000	0.000	0.145	0	0.000	1.5	25.5	0.000	0.145	-0.145	48.6	97	0.00	0.00	
Jan 1	22:00	0.00	0.0	99	90	0.00	0.00	0.0	0.152	0.000	0.000	0.152	0	0.000	1.7	25.5	0.000	0.152	-0.152	48.4	97	0.00	0.00	
Jan 1	23:00	0.00	0.0	112	90	0.00	0.00	0.0	0.112	0.000	0.000	0.112	0	0.000	1.9	25.5	0.000	0.112	-0.112	48.2	96	0.00	0.00	
Jan 2	0:00	0.00	0.0	132	90	0.00	0.00	0.0	0.122	0.000	0.000	0.122	0	0.000	2.1	25.5	0.000	0.122	-0.122	48.1	96	0.00	0.00	
Jan 2	1:00	0.00	0.0	164	90	0.00	0.00	0.0	0.116	0.000	0.000	0.116	0	0.000	2.2	25.5	0.000	0.116	-0.116	48.0	96	0.00	0.00	
Jan 2	2:00	0.00	0.0	-158	90	0.00	0.00	0.0	0.093	0.000	0.000	0.093	0	0.000	2.4	25.5	0.000	0.093	-0.093	47.9	96	0.00	0.00	
Jan 2	3:00	0.00	0.0	-128	90	0.00	0.00	0.0	0.036	0.000	0.000	0.036	0	0.000	2.5	25.5	0.000	0.036	-0.036	47.8	96	0.00	0.00	
Jan 2	4:00	0.00	0.0	-110	90	0.00	0.00	0.0	0.124	0.000	0.000	0.124	0	0.000	2.6	25.5	0.000	0.124	-0.124	47.7	96	0.00	0.00	

Рисунок 4.16 – Общий вид вывода за полное время работы

Для наглядной демонстрации основного назначения АСО сделаем расчеты в программе DIALux.

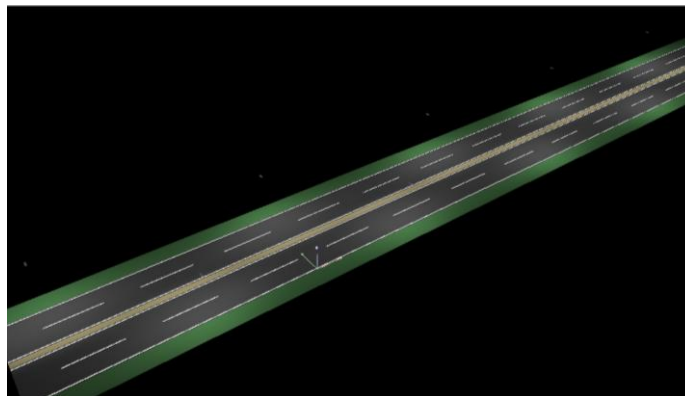


Рисунок 4.17 – 3D визуализация Талгарского тракта в программе Dialux

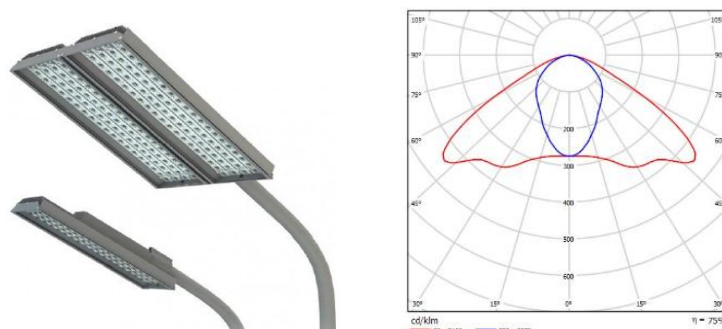
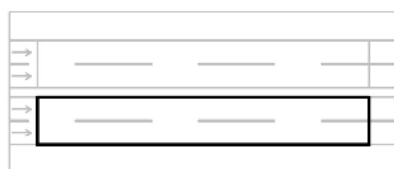


Рисунок 4.18 – Lighting Technologies FREGAT LED 106 Вт



4.583	30	29	27	29	34	37	36	32	27	26	28	30
3.750	26	26	25	29	34	38	38	33	26	23	24	26
2.917	21	21	22	27	34	39	38	32	24	20	19	21
2.083	16	16	19	25	33	40	39	32	23	16	14	15
1.250	11	12	16	22	31	39	38	30	21	14	11	10
0.417	9.26	11	14	20	29	37	36	28	19	13	10	9.07
m	1.458	4.375	7.292	10.208	13.125	16.042	18.958	21.875	24.792	27.708	30.625	33.542

Внимание: Координаты относятся к верхней иллюстрации. Значения в Lux.

Растр: 12 x 6 Точки

E_{cp} [lx]
25

E_{min} [lx]
9.07

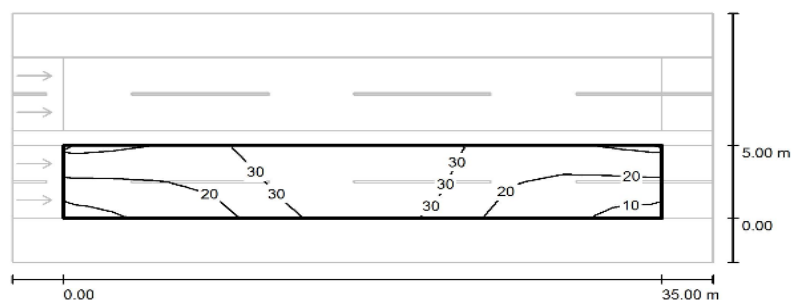
E_{max} [lx]
40

E_{min} / E_{cp}
0.360

E_{min} / E_{max}
0.229

Рисунок 4.19 – Результаты в программе Dialux (таблица освещенности)

Улица 5 (Схема улиц 1) / Критериальное поле Проезжая часть 1 / Изолинии (E)



Значения в Lux, Масштаб 1 : 294

Растр: 12 x 6 Точки

E_{cp} [lx]
25

E_{min} [lx]
9.07

E_{max} [lx]
40

E_{min} / E_{cp}
0.360

E_{min} / E_{max}
0.229

Рисунок 4.20 – Результаты в программе Dialux (распределение изолинии)

По нормам СП 52.13330.2011 для улиц А2 II категории «Средняя освещенность дорожного покрытия» E_{cp} , лк, должно быть не менее 20 лк.

4.3 Расчет мощности СБ для города Томск

Богашёвский тракт — автомобильная дорога II категории, связывающая Томск с аэропортом Богашёво. Протяженность 20 километров.

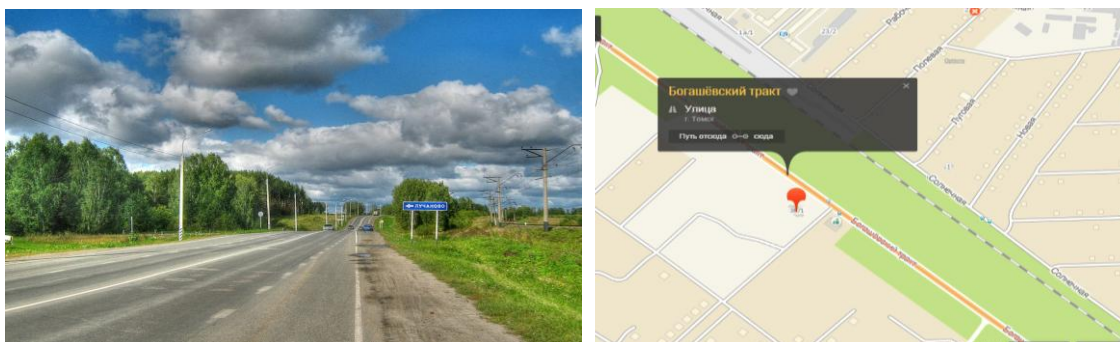


Рисунок 4.21 – Богашёвское шоссе (картинка с электронной онлайн карты)

Таблица 4.6 – Мощность нагрузки для АСО

Потребитель	Мощность	Сезон	Продолжительность работы за сутки		Потребление за сутки	
			среднее	максимум	Среднее	максимум
Контроллер заряда	5 Вт	всегда	24 часа		0,43 МДж (0,12 кВт·ч)	
Светодиодный светильник	106 Вт	зима	12 часов	13 часов	6,48 МДж(1,272 кВт·ч)	7,02 МДж(1,378 кВт·ч)
		лето	11 часов	12 часов	5,94 МДж(1,166 кВт·ч)	6,48 МДж(1,272 кВт·ч)
ИТОГО	111 Вт	зима	30-31	31-32	6,86 МДж(1,392 кВт·ч)	7,45 МДж(1,498 кВт·ч)
		ето				

Таблица 4.7 – Полученные результаты расчета мощности по методике в Excell

Номинальная мощность солнечной батар.	I (jan)	II (feb)	III (mar)	IV (apr)	V (may)	VI (jun)	VII (jul)	VIII (aug)	IX (sep)	X (oct)	XI (nov)	XII (dec)
Суммарный поток солнечной радиации на квадратный метр, кВт·ч / м ²	20	31,94	97,7	128,05	154,72	171,1	170	130,2	86,11	40,83	20,2	13,88
η	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
$P_{инс}$	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
150	0,45	0,71865	2,1983	2,8811	3,4812	3,8498	3,825	2,9295	1,9375	0,9187	0,4545	0,3123
200	0,6	0,9582	2,931	3,8415	4,6416	5,133	5,1	3,906	2,5833	1,2249	0,606	0,4164
250	0,75	1,19775	3,6638	4,8019	5,802	6,4163	6,375	4,8825	3,2291	1,5311	0,7575	0,5205
300	0,9	1,4373	4,3965	5,7623	6,9624	7,6995	7,65	5,859	3,875	1,8374	0,909	0,6246
350	1,05	1,67685	5,1293	6,7226	8,1228	8,9828	8,925	6,8355	4,5208	2,1436	1,0605	0,7287
400	1,2	1,9164	5,862	7,683	9,2832	10,266	10,2	7,812	5,1666	2,4498	1,212	0,8328
500	1,5	2,3955	7,3275	9,6038	11,604	12,833	12,75	9,765	6,4583	3,0623	1,515	1,041
550	1,65	2,63505	8,0603	10,564	12,764	14,116	14,025	10,7415	7,1041	3,3685	1,6665	1,1451
600	1,8	2,8746	8,793	11,525	13,925	15,399	15,3	11,718	7,7499	3,6747	1,818	1,2492
650	1,95	3,11415	9,5258	12,485	15,085	16,682	16,575	12,6945	8,3957	3,9809	1,9695	1,3533
700	2,1	3,3537	10,259	13,445	16,246	17,966	17,85	13,671	9,0416	4,2872	2,121	1,4574
800	2,4	3,8328	11,724	15,366	18,566	20,532	20,4	15,624	10,333	4,8996	2,424	1,6656
900	2,7	4,3119	13,19	17,287	20,887	23,099	22,95	17,577	11,625	5,5121	2,727	1,8738

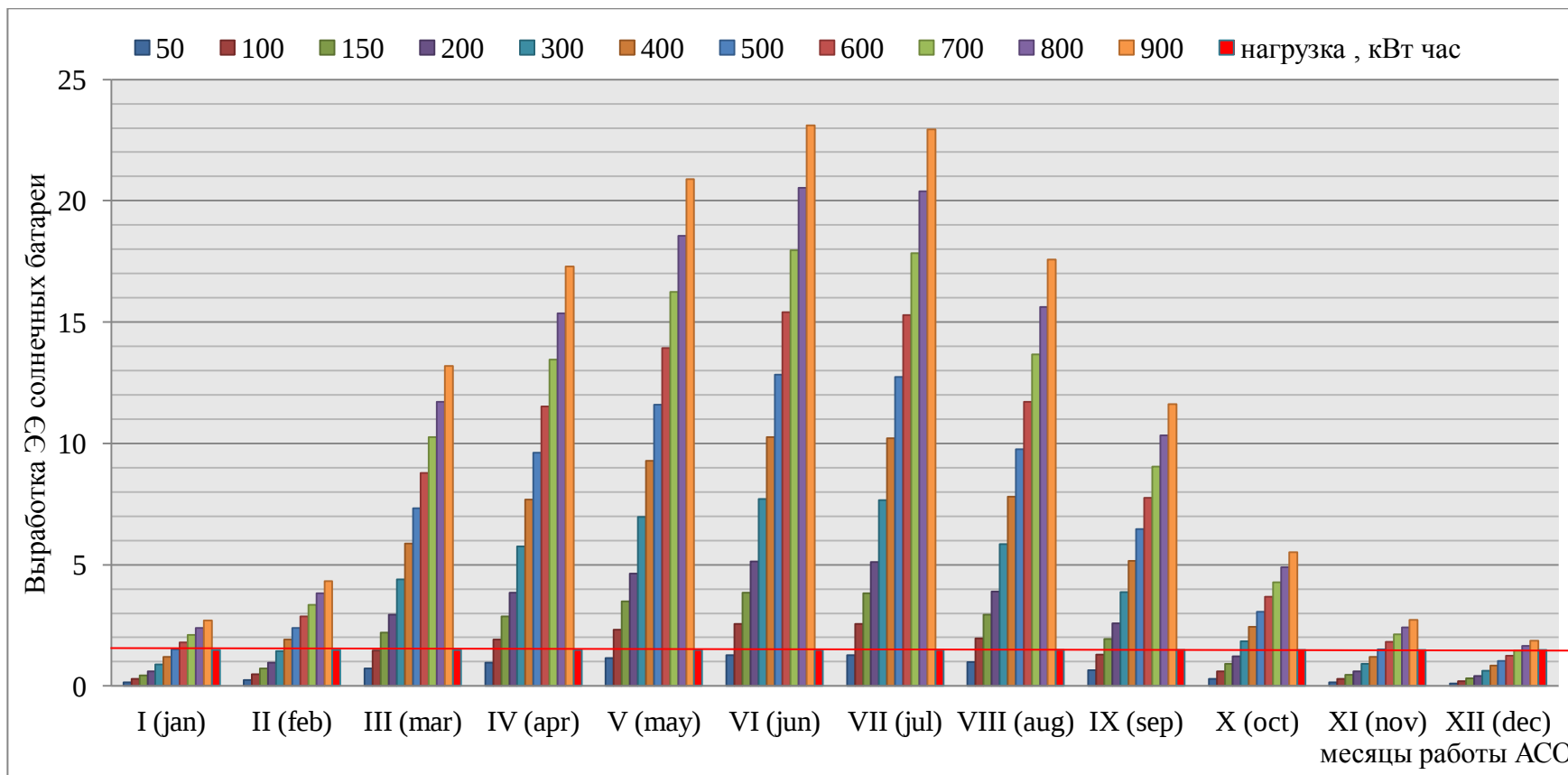


Рисунок 4.22 – Гистограмма результатов полученных при расчете по методики

Данный расчет был приведен для города Томск. Учитывая климатические показатели города Томск, выше приведенный расчет показывает, что использование автономных систем освещения для города не эффективна. По таблице солнечной инсоляции можно увидеть что потенциал солнечной энергии малый. А при использовании солнечной батареи, нужно собрать малую солнечную электростанцию с мощностью выше 800 Вт.

После того как рассчитали мощность солнечной батареи, определяем угол наклона батареи. Угол наклона это какая же значимая величина, как мощность. Потому как, под определенным углом наклона можно получить разные значение принимаемое батареи. Для этого используется специальный онлайн калькулятор расчета солнечных лучей. Данный онлайн калькулятор называется PVgis.

В данной программе были введены значение, широты и долготы, местности где будут установлены эти системы, $56^{\circ} 3'$ и $84^{\circ} 5'$. Указывается мощность, КПД и тип солнечной батареи. И можно менять угол наклона батареи и азимутальный угол. И так дальше меняем угол наклона панели от 50 до 900 с интервалом в 50 . тем самым можем определить в каком углу наклона АСО может выработать максимальное значение ЭЭ.

Все значения изменения в онлайн калькуляторе были собраны в таблицу 4.23.

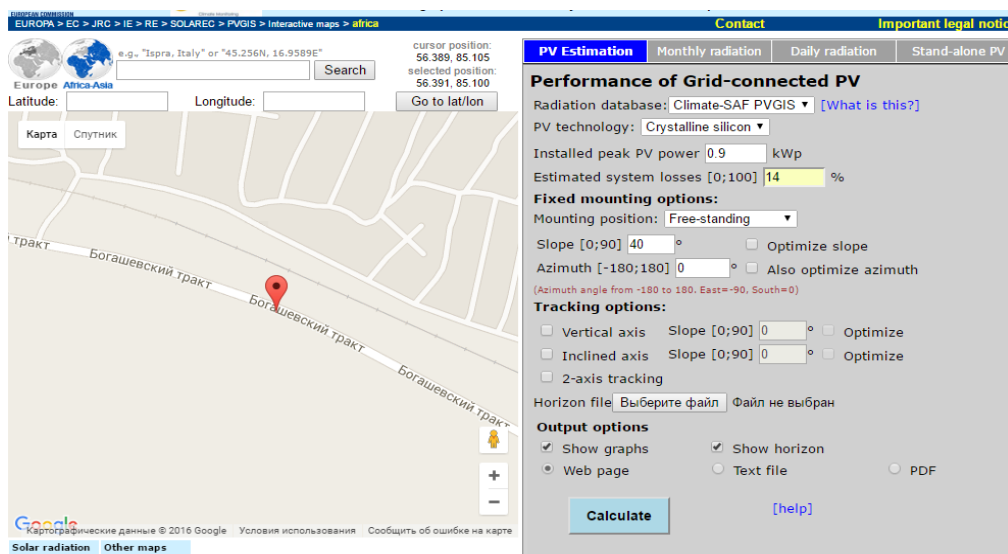


Рисунок 4.23 – Общий вид PVgis.

Таблица 4.8 – Значение Среднесуточная выработка электроэнергии в определенном угле наклона

Среднесуточная выработка ЭЭ от данной системы, E _d , кВтч	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
I (jan)	0,37	0,45	0,53	0,6	0,67	0,74	0,8	0,85	0,89	0,93	0,96	0,99	1,01	1,02	1,02	1,02	1,01	1
II (feb)	0,85	0,98	1,11	1,22	1,32	1,42	1,5	1,57	1,63	1,68	1,72	1,75	1,76	1,77	1,76	1,74	1,71	1,67
III (mar)	1,58	1,68	1,78	1,86	1,93	1,99	2,03	2,07	2,09	2,1	2,11	2,09	2,07	2,04	1,99	1,94	1,87	1,79
IV (apr)	1,91	1,96	2	2,03	2,05	2,06	2,06	2,05	2,03	2	1,97	1,92	1,86	1,8	1,72	1,64	1,54	1,44
V (may)	2,8	2,84	2,88	2,89	2,9	2,89	2,87	2,83	2,78	2,72	2,64	2,55	2,44	2,32	2,19	2,04	1,88	1,71
VI (jun)	2,9	2,93	2,94	2,94	2,93	2,91	2,87	2,82	2,75	2,67	2,57	2,47	2,34	2,2	2,06	1,89	1,72	1,54
VII (jul)	2,8	2,84	2,86	2,87	2,86	2,85	2,82	2,77	2,72	2,64	2,56	2,46	2,34	2,22	2,07	1,92	1,75	1,57
VIII (aug)	2,28	2,35	2,41	2,45	2,48	2,49	2,5	2,49	2,46	2,43	2,38	2,31	2,23	2,14	2,04	1,92	1,79	1,65
IX (sep)	1,45	1,53	1,61	1,67	1,72	1,77	1,8	1,82	1,83	1,83	1,83	1,81	1,78	1,74	1,69	1,62	1,55	1,47
X (oct)	0,75	0,82	0,88	0,94	0,99	1,04	1,08	1,11	1,13	1,15	1,16	1,16	1,16	1,15	1,14	1,11	1,08	1,05
XI (nov)	0,35	0,4	0,45	0,49	0,53	0,57	0,6	0,63	0,66	0,67	0,69	0,7	0,71	0,71	0,71	0,7	0,69	0,68
XII (dec)	0,24	0,3	0,35	0,41	0,45	0,5	0,54	0,57	0,61	0,63	0,66	0,67	0,69	0,7	0,7	0,7	0,7	0,69
Среднегодовая выработка ЭЭ, Втч	1530	1590	1650	1700	1740	1770	1790	1800	1800	1790	1770	1740	1700	1650	1590	1520	1440	1350

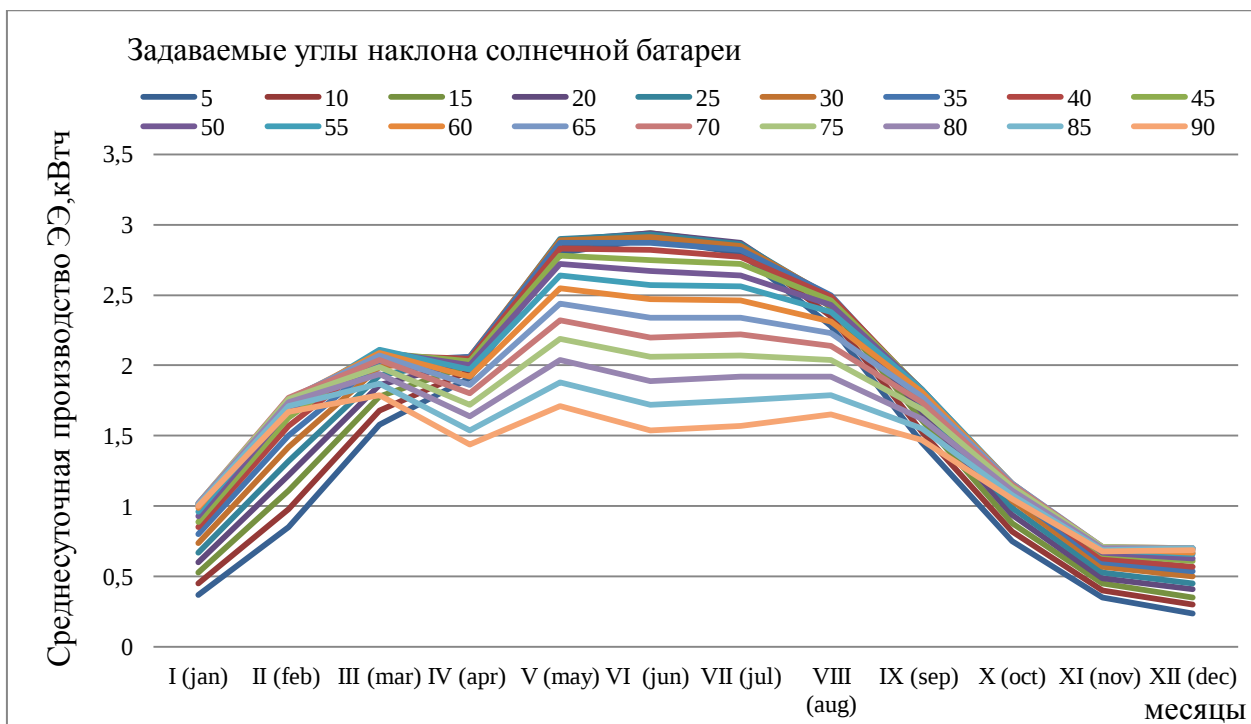


Рисунок 4.24 – Изменение среднесуточной производство ЭЭ по месяцам

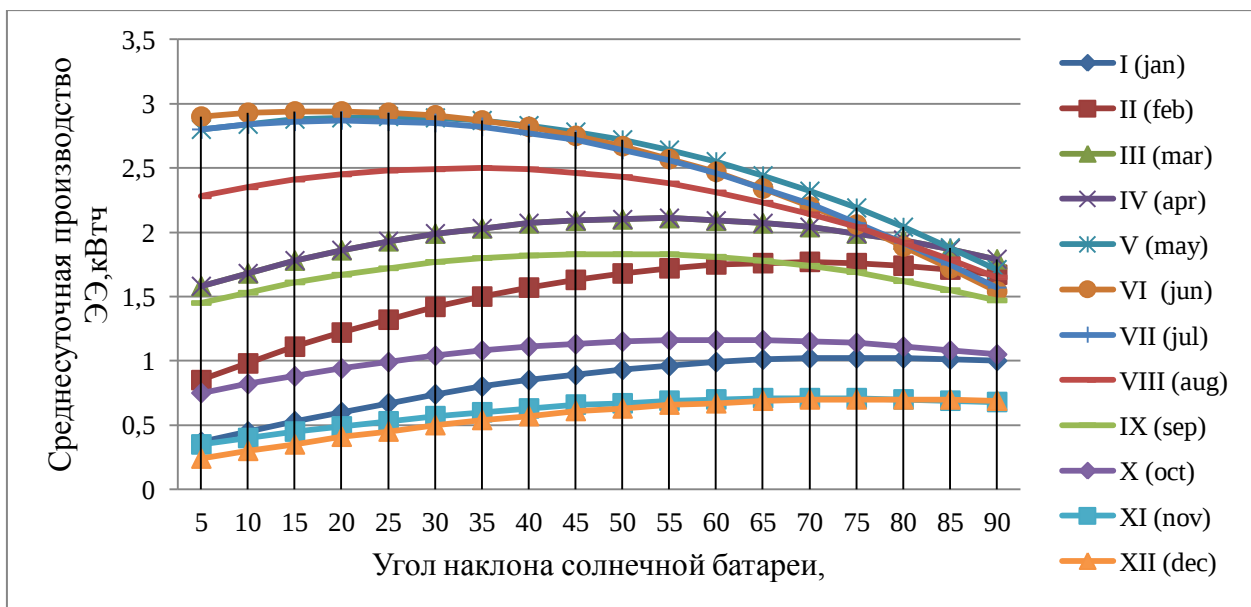


Рисунок 4.25 – Изменение по углу наклона среднесуточного производства ЭЭ.

Для разных местности оптимальный угол наклона разный. Анализируя таблицы выше, можно сказать что для города Томск оптимальный угол наклона солнечной батареи 45° .

Зная самый оптимальный угол наклона, делаем расчет в онлайн калькуляторе для Богашевского тракта с углом наклона солнечной батареи 45° .

Таблица 4.9 – Результаты расчета в PVGIS

Солнечная база излучения	PVGIS-CMSAF
Номинальная мощность фотоэлектрической системы	0,8 кВт (CIS)
Оценочные потери из-за температуры и низкой освещенности	3,8% (с использованием местной температуры окружающей среды)
Расчетные потери из-за угловых эффектов отражения	4,6%
Прочие потери (кабели, инверторы и т.д.)	6,0%
Комбинированный PV потери системы	13,8%

Таблица 4.10 – Результат вырабатываемой ЭЭ

Fixed system: inclination=45°, orientation=0°				
	E_d	E_m	H_d	H_m
I (jan)	0,89	27.6	1.50	46.5
II (feb)	1,63	45.7	2.82	79.1
III (mar)	2,09	64.9	3.82	118
IV (apr)	2,03	61.0	3.88	116
V (may)	2,78	86.3	5.47	170
VI (jun)	2,75	82.5	5.55	167
VII (jul)	2,72	84.2	5.53	171
VIII (aug)	2,46	76.4	4.93	153
IX (sep)	1,83	55.0	3.56	107
X (oct)	1,13	35.1	2.10	64.9
XI (nov)	0,66	19.6	1.16	34.8
XII (dec)	0,61	18.8	1.03	31.8
Yearly average	1,80	54.7	3.45	105
Total for year	657		1260	

В таблице 4.10 указаны значения:

- E_d – это среднесуточная выработка электроэнергии от данной системы (кВт · ч);

- E_m – это среднемесячная выработка электроэнергии от данной системы (кВт · ч);
- H_d – это средняя суточная сумма глобального излучения на квадратный метр, полученных модулей данной системы (кВт · ч / м²);
- H_m – это средняя сумма глобального излучения на квадратный метр, полученных модулей данной системы (кВт / м²).

Определив оптимальный угол наклона и зная среднесуточные и среднемесячные выработки ЭЭ, дальше делаем модель системы в программном комплексе HOMER.

Программа HOMER позволяет собрать модуль со всеми выше рассчитанными данными, чтобы определить полный комплексный результат.

Задаются все параметры и запускается расчет. Результаты расчета в программе выводятся по всем критериям. Результаты расчета программа приведены в рисунках 4.26, 4.27, 4.28, 4.29.

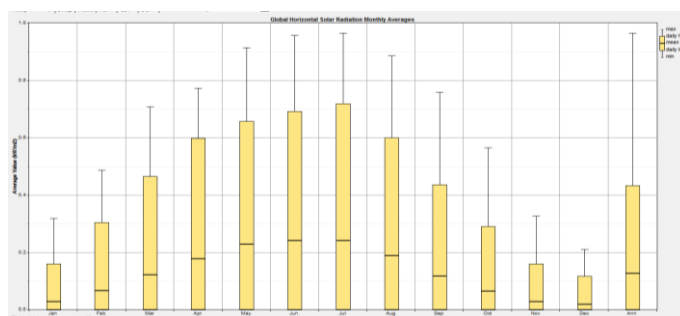


Рисунок 4.26 – Среднемесячная горизонтальная солнечная радиация

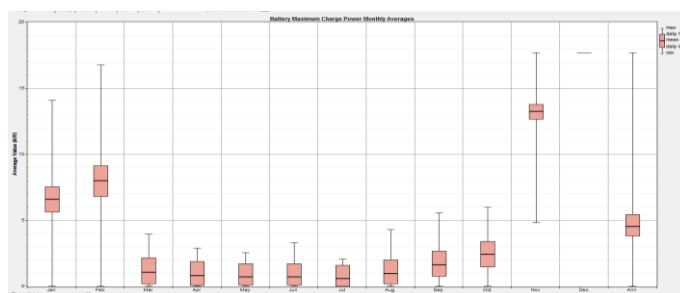


Рисунок 4.27 – Среднемесячное максимальное заряд в аккумуляторе

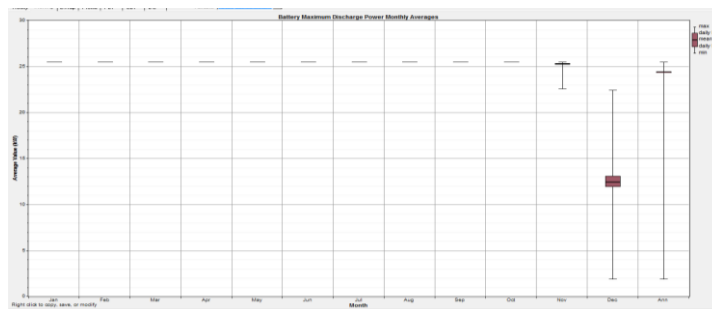


Рисунок 4.28 – Среднемесячный максимальный разряд в аккумуляторе

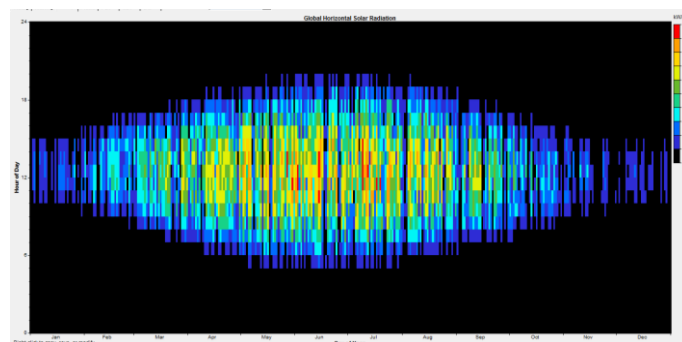


Рисунок 2.29 – Глобальная солнечная радиация падающий на площадь солнечной батареи

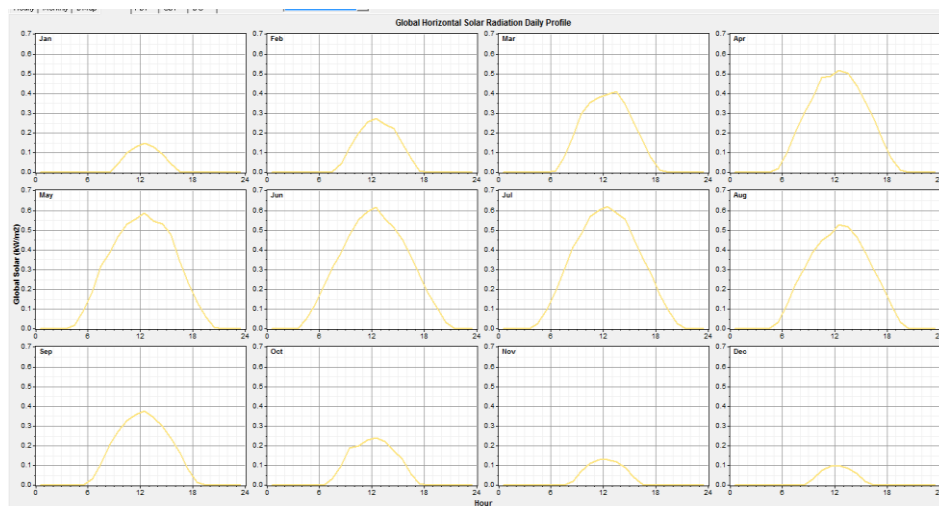


Рисунок 4.30 – Глобальная горизонтальная солнечная радиация суточного профиля

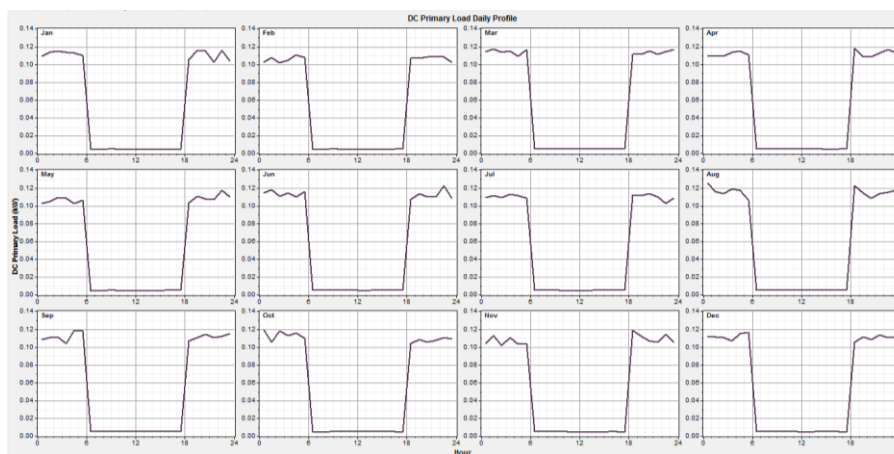


Рисунок 4.31 – Мощность суточного профиля первичной нагрузки

Date	End Time	Solar Radiation (kW/m2)	Solar Altitude (°)	Solar Azimuth (°)	Angle of Incidence (°)	Incident Solar (kW/m2)	Ambient temperature (°C)	Cell temperature (°C)	DC Prim. Load (kW)	PV Power (kW)	Total Renew. (kW)	Load Served (kW)	Renew. Penetr. (%)	Excess Electricity (kW)	Batt. Max. Charge (kW)	Batt. Max. Discharge (kW)	Batt. Charge (kW)	Batt. Discharge (kW)	Battery Input (kWh)	Battery Energy (kWh)	Battery SOC (%)	Battery Energy (\$/kWh)	AC Req. Op. Cap. (kW)	DC Op. (kWh)
May 27	10:00	0.634	43.0	-60	40	0.70	0.00	16.1	0.006	0.528	0.528	0.006	8204	0.041	0.5	25.5	0.480	0.000	0.480	50.0	100	0.00	0.00	
May 27	11:00	0.745	49.5	-42	26	0.87	0.00	20.0	0.003	0.641	0.641	0.003	20224	0.638	0.0	25.5	0.000	0.000	0.000	50.0	100	0.00	0.00	
May 27	12:00	0.800	53.8	-20	12	0.95	0.00	22.0	0.005	0.697	0.697	0.005	15265	0.693	0.0	25.5	0.000	0.000	0.000	50.0	100	0.00	0.00	
May 27	13:00	0.914	55.0	4	2	1.10	0.00	25.5	0.004	0.792	0.792	0.004	18190	0.788	0.0	25.5	0.000	0.000	0.000	50.0	100	0.00	0.00	
May 27	14:00	0.909	52.7	28	16	1.08	0.00	25.1	0.006	0.781	0.781	0.006	12707	0.775	0.0	25.5	0.000	0.000	0.000	50.0	100	0.00	0.00	
May 27	15:00	0.799	47.5	48	30	0.92	0.00	21.3	0.004	0.678	0.678	0.004	15504	0.674	0.0	25.5	0.000	0.000	0.000	50.0	100	0.00	0.00	
May 27	16:00	0.662	40.6	65	44	0.72	0.00	16.6	0.003	0.542	0.542	0.003	15625	0.539	0.0	25.5	0.000	0.000	0.000	50.0	100	0.00	0.00	
May 27	17:00	0.496	32.6	79	58	0.49	0.00	11.1	0.005	0.374	0.374	0.005	7698	0.369	0.0	25.5	0.000	0.000	0.000	50.0	100	0.00	0.00	
May 27	18:00	0.350	24.3	92	71	0.28	0.00	6.4	0.004	0.222	0.222	0.004	5155	0.218	0.0	25.5	0.000	0.000	0.000	50.0	100	0.00	0.00	
May 27	19:00	0.260	16.0	104	85	0.10	0.00	2.3	0.069	0.083	0.083	0.069	120	0.014	0.0	25.5	0.000	0.000	0.000	50.0	100	0.00	0.00	
May 27	20:00	0.121	8.2	116	98	0.02	0.00	0.5	0.106	0.019	0.019	0.106	18	0.000	0.0	25.5	0.000	0.087	-0.087	49.9	100	0.00	0.00	
May 27	21:00	0.022	1.1	128	110	0.00	0.00	0.1	0.115	0.004	0.004	0.115	3	0.000	0.1	25.5	0.000	0.111	-0.111	49.8	100	0.00	0.00	
May 27	22:00	0.000	0.0	141	90	0.00	0.00	0.0	0.080	0.000	0.000	0.080	0	0.000	0.3	25.5	0.000	0.080	-0.080	49.7	99	0.00	0.00	
May 27	23:00	0.000	0.0	154	90	0.00	0.00	0.0	0.106	0.000	0.000	0.106	0	0.000	0.4	25.5	0.000	0.106	-0.106	49.5	99	0.00	0.00	
May 28	0:00	0.000	0.0	168	90	0.00	0.00	0.0	0.064	0.000	0.000	0.064	0	0.000	0.5	25.5	0.000	0.064	-0.064	49.5	99	0.00	0.00	
May 28	1:00	0.000	0.0	-178	90	0.00	0.00	0.0	0.088	0.000	0.000	0.088	0	0.000	0.6	25.5	0.000	0.088	-0.088	49.4	99	0.00	0.00	
May 28	2:00	0.000	0.0	-163	90	0.00	0.00	0.0	0.101	0.000	0.000	0.101	0	0.000	0.7	25.5	0.000	0.101	-0.101	49.2	98	0.00	0.00	
May 28	3:00	0.000	0.0	-150	90	0.00	0.00	0.0	0.132	0.000	0.000	0.132	0	0.000	0.9	25.5	0.000	0.132	-0.132	49.1	98	0.00	0.00	
May 28	4:00	0.000	0.0	-137	90	0.00	0.00	0.0	0.127	0.000	0.000	0.127	0	0.000	1.1	25.5	0.000	0.127	-0.127	48.9	98	0.00	0.00	
May 28	5:00	0.025	3.5	-124	106	0.02	0.00	0.5	0.084	0.017	0.017	0.084	21	0.000	1.2	25.5	0.000	0.067	-0.067	48.9	98	0.00	0.00	
May 28	6:00	0.062	10.8	-112	93	0.06	0.00	1.2	0.102	0.044	0.044	0.102	43	0.000	1.3	25.5	0.000	0.058	-0.058	48.8	98	0.00	0.00	
May 28	7:00	0.174	18.9	-100	80	0.14	0.00	3.3	0.006	0.115	0.115	0.006	2091	0.000	1.4	25.5	0.110	0.000	0.110	48.9	98	0.00	0.00	
May 28	8:00	0.254	27.2	-88	67	0.23	0.00	5.2	0.005	0.182	0.182	0.005	3407	0.000	1.3	25.5	0.177	0.000	0.177	49.0	98	0.00	0.00	
May 28	9:00	0.200	35.5	-75	53	0.18	0.00	4.2	0.003	0.146	0.146	0.003	4579	0.000	1.1	25.5	0.143	0.000	0.143	49.2	98	0.00	0.00	
May 28	10:00	0.409	43.2	-60	40	0.41	0.00	9.2	0.005	0.315	0.315	0.005	6644	0.000	1.0	25.5	0.310	0.000	0.310	49.4	99	0.00	0.00	
May 28	11:00	0.647	49.6	-42	26	0.73	0.00	16.8	0.004	0.548	0.548	0.004	12849	0.000	0.7	25.5	0.544	0.000	0.544	49.9	100	0.00	0.00	

Рисунок 4.32 – Общий вид вывода за полное время работы

Исполнение проекта в программе Dialux



Рисунок 4.33 – 3D визуализация Богашевского тракта в программе Dialux

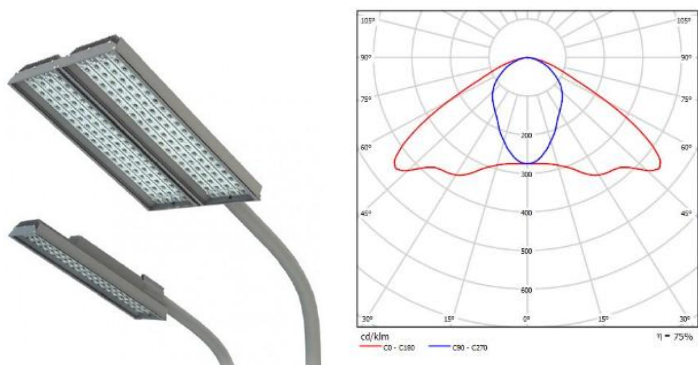
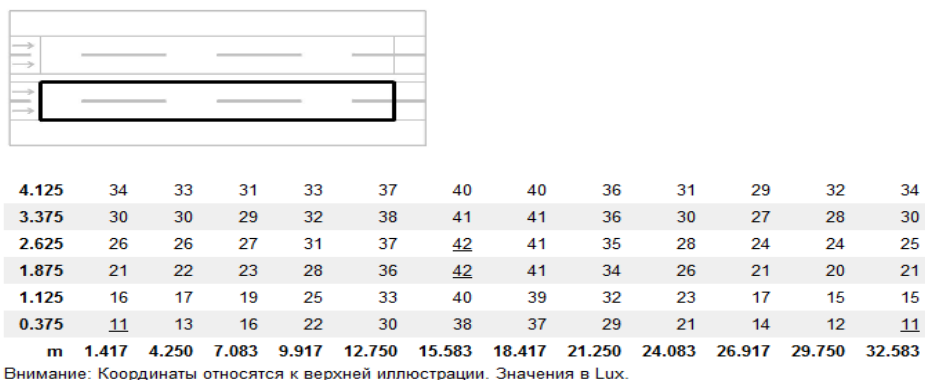


Рисунок 4.34 – Lighting Technologies FREGAT LED 106 B

Улица 4 (Схема улиц 1) / Критериальное поле Проезжая часть 1 / Таблица (Е)



Растр: 12 x 6 Точки

E_{cp} [lx]
28

E_{min} [lx]
11

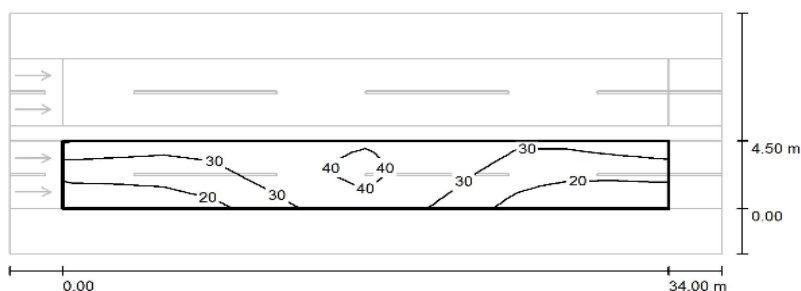
E_{max} [lx]
42

E_{min} / E_{cp}
0.379

E_{min} / E_{max}
0.257

Рисунок 4.35 – Результаты в программе Dialux (таблица освещенности)

Улица 4 (Схема улиц 1) / Критериальное поле Проезжая часть 1 / Изолинии (Е)



Значения в Lux, Масштаб 1 : 286

Растр: 12 x 6 Точки

E_{cp} [lx]
28

E_{min} [lx]
11

E_{max} [lx]
42

E_{min} / E_{cp}
0.379

E_{min} / E_{max}
0.257

Рисунок 4.36 – Результаты в программе Dialux (распределение изолинии)

Таблица 4.11 – Сравнительные характеристики при нагрузке 1,498 кВт

Характеристики	Томск	Алматы
Географические координаты Название улицы (тип дороги)	Д 56° 3' и Ш 84° 5' Богашевский тракт (А2 II категория)	Д 43° 30' и Ш 77° 11' Талгарский тракт (А2 II категория)
Протяжённость дороги	11 км	20 км
Мощность солнечной батареи	800 Вт	300 Вт
Тип СБ, КПД	Тонкопленочная СБ, 6%	Монокристаллическая СБ, 14%
Угол наклона (*)	45 ⁰	35 ⁰
Среднегодовая выработка ЭЭ(**)	1260 кВт · ч / м ²	1560 кВт · ч / м ²
Количество АСО	6 285	11 428

** Значение среднегодовой выработки ЭЭ взята из расчетов в программе HOMER

* Угол наклона солнечной батареи было определено в программе PVgis

Парк имени Первого Президента Республики Казахстан

Парк имени Первого Президента Республики Казахстан – дендропарк в городе Алматы, который находится на пересечении улицы Навои и проспекта аль-Фараби в Бостандыкском регионе. Парк открыт с июля 2010 года.

Расчет проводится для города Алматы (Казахстан), Парк Первого Президента .

Таблица 4.12 – Суммарная мощность всех энергопотребителей.

Потребитель	Мощность	Сезон	Продолжительность работы за сутки		Потребление за сутки	
			среднее	максимум	среднее	максимум
Контроллер заряда	5 Вт	всегда	24 часа		0.43 МДж (0.12 кВт·ч)	
Светодиодный светильник	50 Вт	зима	7 часов	8 часов	1,26 МДж(0.35 кВт·ч)	1,44 МДж(0.4 кВт·ч)
		лето	6 часов	7 часов	1,08 МДж(0.3 кВт·ч)	1,26 МДж(0.35 кВт·ч)
ИТОГО	55 Вт	зима	30-31	31-32	1,69 МДж(0.47 кВт·ч)	1,87 МДж(0,52 кВт·ч)
		ето				

Единая площадь дендропарка – 73 гектара. Создание парка стартовало в 2001 году. Сначала были разбиты ключевые составляющие дендропарка – аллеи, бульвары, дендрологические участки. Согласно дендрологическому намерению были посажены зелёные насаждения. В честь участия города Алматы в эстафете олимпийского пламени пекинской олимпиады были посажены в пределах 100 именных елей и берёз. В 2011 году была посажена сотня тянь-шаньских елей.



Рисунок 4.37 – Парк первого Президента

В генеральный проект строительных работ включены ансамбль водных построек на площади 9,5 га и зона горного массива на площади 4,8 га.

Таблица 4.12 – Полученные результаты расчета мощности по методике в Excell

Номинальная мощность солнечной батар.	I (jan)	II (feb)	III (mar)	IV (apr)	V (may)	VI (jun)	VII (jul)	VIII (aug)	IX (sep)	X (oct)	XI (nov)	XII (dec)
Суммарный поток солнечной радиации на квадратный метр, кВт·ч / м2	48,88	66,38	98,3	134,4	175,5	188,3	202,5	179,72	138,05	89,16	51,94	37,77
η	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
$P_{инс}$	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
50	0,3666	0,49785	0,7373	1,008	1,31625	1,41225	1,51875	1,3479	1,03538	0,6687	0,38955	0,28328
100	0,7332	0,9957	1,4745	2,016	2,6325	2,8245	3,0375	2,6958	2,07075	1,3374	0,7791	0,56655
150	1,0998	1,49355	2,2118	3,024	3,94875	4,23675	4,55625	4,0437	3,10613	2,0061	1,16865	0,84983
200	1,4664	1,9914	2,949	4,032	5,265	5,649	6,075	5,3916	4,1415	2,6748	1,5582	1,1331
250	1,833	2,48925	3,6863	5,04	6,58125	7,06125	7,59375	6,7395	5,17688	3,3435	1,94775	1,41638
300	2,1996	2,9871	4,4235	6,048	7,8975	8,4735	9,1125	8,0874	6,21225	4,0122	2,3373	1,69965
350	2,5662	3,48495	5,1608	7,056	9,21375	9,88575	10,6313	9,4353	7,24763	4,6809	2,72685	1,98293
400	2,9328	3,9828	5,898	8,064	10,53	11,298	12,15	10,7832	8,283	5,3496	3,1164	2,2662
500	3,666	4,9785	7,3725	10,08	13,1625	14,1225	15,1875	13,479	10,3538	6,687	3,8955	2,83275

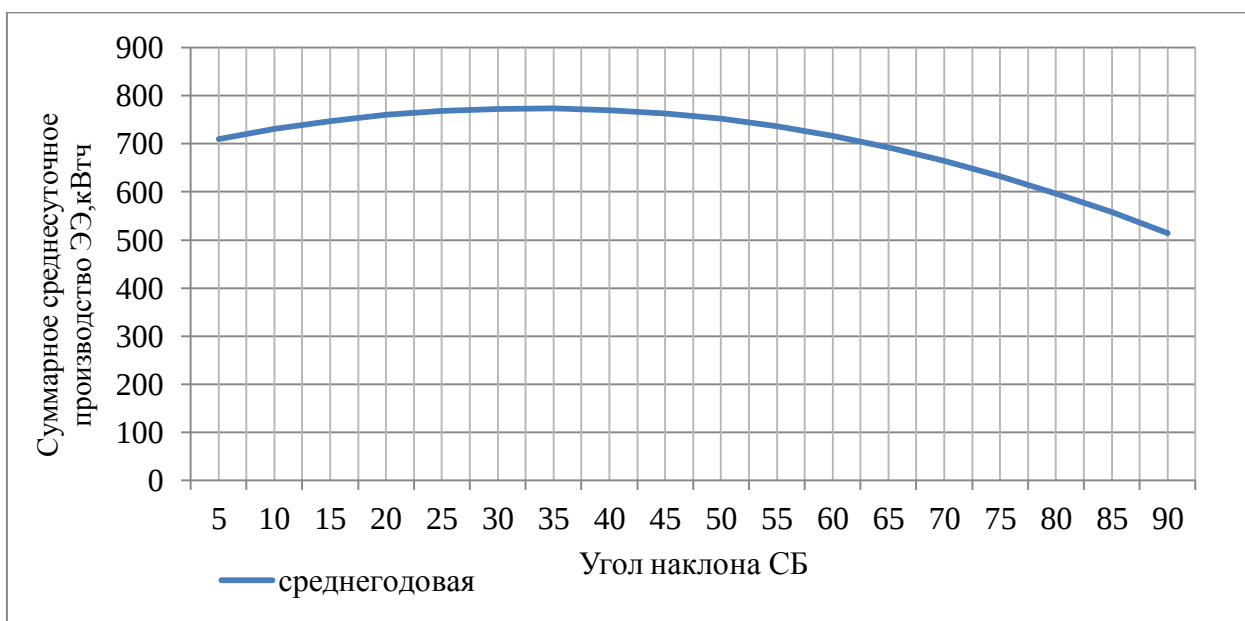


Рисунок 4.39 – Среднегодовая выработка ЭЭ

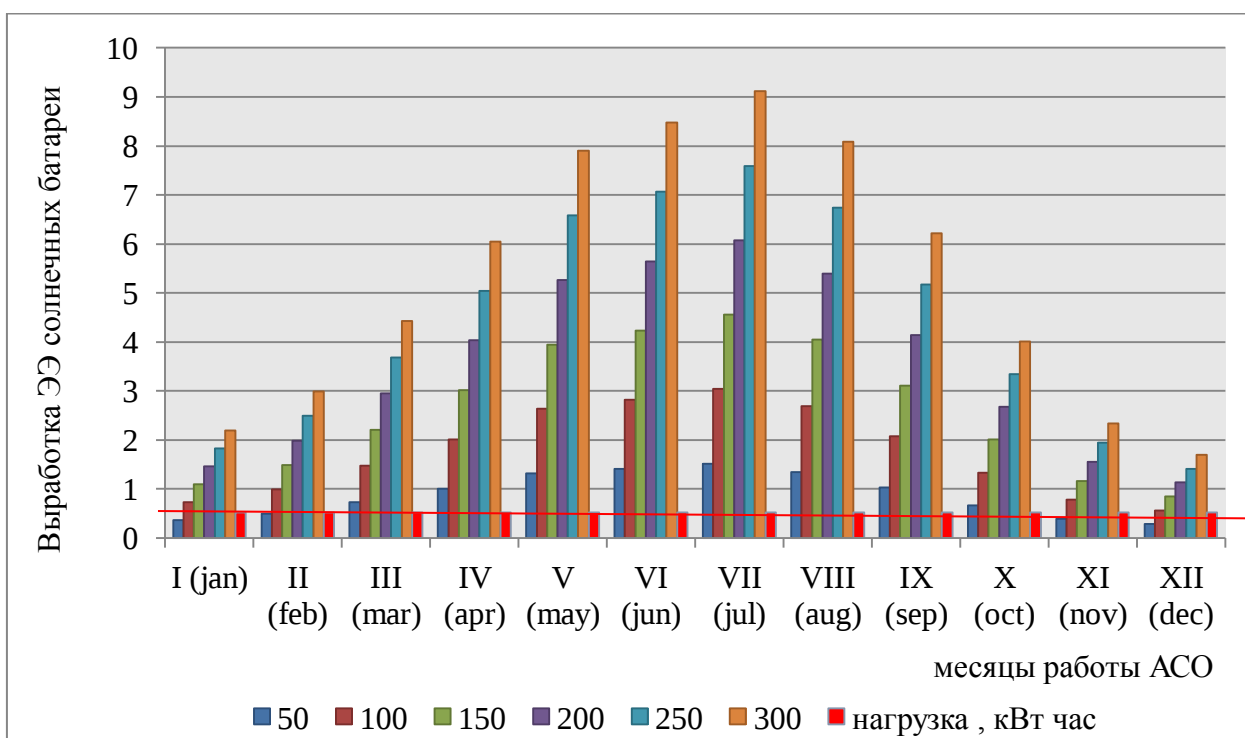


Рисунок 4.40 – Гистограмма результатов полученных при расчете по методики

Результаты по расчетам в программе Dialux.



Рисунок 4.41 – 3D визуализация Парка имени Первого Президента

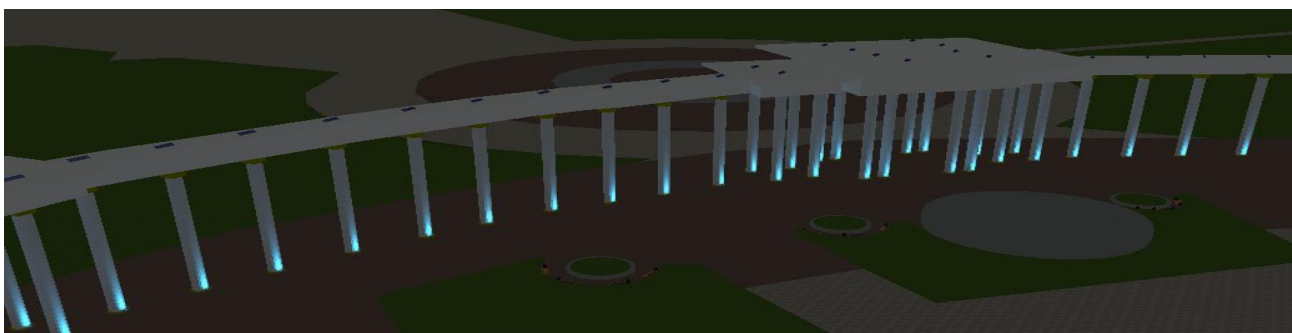


Рисунок 4.42 – 3D визуализация Парка имени Первого Президента

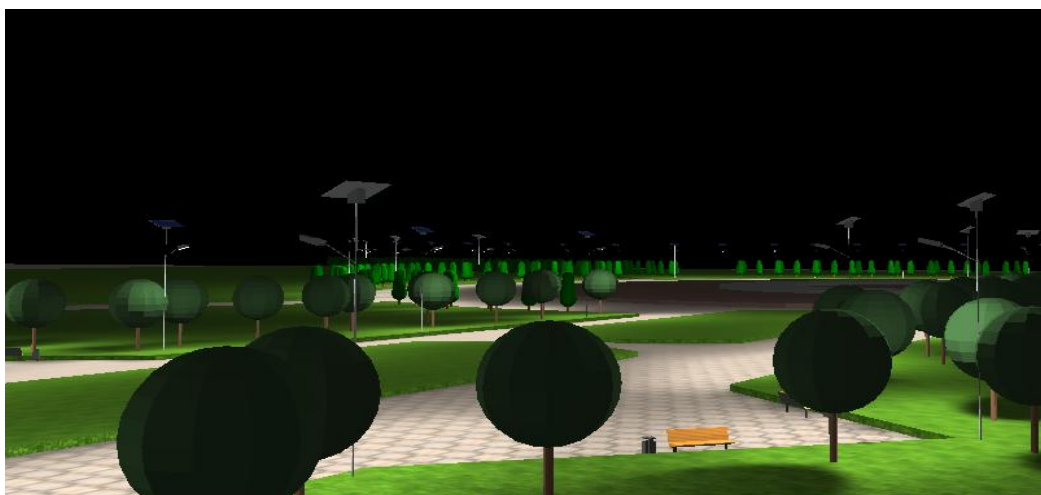


Рисунок 4.43 – 3D визуализация Парка имени Первого Президента

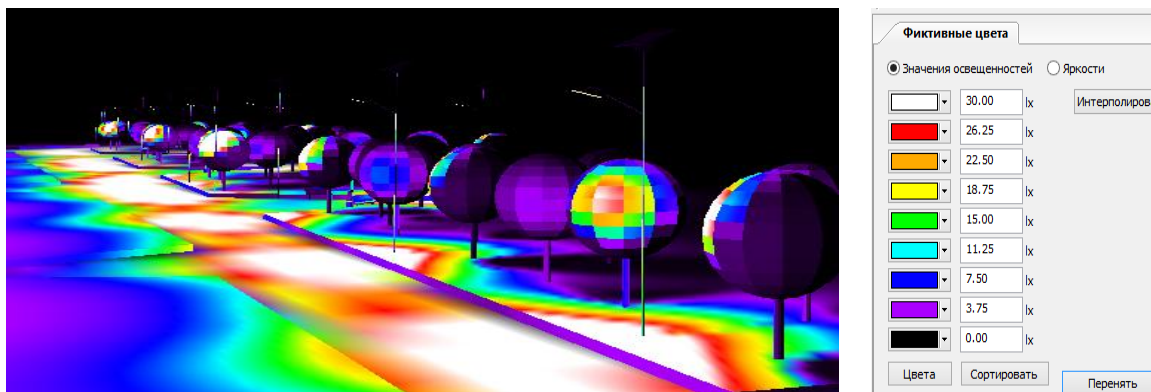


Рисунок 4.44 – Результаты расчета по освещенности в фиктивных цветах

Для равномерного освещения (для освещения 6 450 м² площади парка нужно 22 модуля) парковой зоны выбран СС с мощностью 50Вт. СБимеет свои эксплуатационные и технические характеристики.

Средняя освещенность по расчетам в программе Dialux составляет 17 лк.

Заключение

В соответствии с темой магистерской работы, целью и задачами исследования получены следующие научно-практические результаты:

1. Разработана методика определения параметров энергетических ресурсов заданной географической точки местности (г. Томска, г. Алматы), обладающих возможностью преобразования в электрическую энергию с помощью солнечных батарей для автономного освещения.

2. Предложена методика и её программное решение позволяющих автоматизировать процесс измерения, сохранения и обработки значений солнечной инсоляции в рассматриваемой географической точке местности.

3. Разработано программное решение, позволяющее в интерактивном режиме исследовать на базе имитационной модели автономного электрогенерирующего комплекса на основе солнечных батареи.

4. Были получены результаты расчетов изменения основных характеристик и выполнены расчёты оптимальных значений его параметров.

5. На основе программной модели разработана имитационная модель системы и её компьютерная реализация, позволяющая:

- оценить работоспособность АСО на солнечных батареях, расположенного в заданной географической местности в течение любого заданного периода;

- оптимизировать конструкционные параметры генерирующих устройств и определить наиболее оптимальный угол наклона солнечной батареи;

- оценить работоспособность комплекса при недостаточном количестве солнечного излучения;

- в программном комплексе сделать и получить результаты светотехнических расчетов.