

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Энергетический (ЭНИН)

Направление подготовки 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника

Кафедра Электроснабжение промышленных предприятий (ЭПП)

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Пиковая фотоэлектростанция в автономной СЭС

УДК 621.311.26:621.311.15

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM5K	Мальцев Михаил Юрьевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Лукутин Борис Владимирович	Д.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Попова С.Н.	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Амелькович Ю.А.	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Электроснабжение промышленных предприятий	Сурков М.А.	к.т.н., доцент		

Томск – 2017 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации

федеральное государственное автономное образовательное

учреждение высшего образования

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ

ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт **Энергетический (ЭНИН)**

Направление подготовки **13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника**

Кафедра **Электроснабжение промышленных предприятий (ЭПП)**

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой ЭПП

Завьялов В.М.

(Подпись)

(Дата)

(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
5AM5K	Мальцев Михаил Юрьевич

Тема работы:

Пиковая фотоэлектростанция в автономной СЭС

Утверждена приказом директора (дата, номер)

13.02.2017 г. № 719/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе (наименование объекта исследования или проектирования; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).	- Наименование объекта исследования; - около поселка Чажемто Томская область
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).	- Возобновляемые источники электроснабжения Аналитический обзор; - Разработка системы электроснабжения при пиковых нагрузках на базе автономной фотоэлектростанции; - Повышение эффективности использования дизель-генератора за счет аккумуляторов; - Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; - Социальная ответственность
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Попова Светлана Николаевна
Социальная ответственность	Амелькович Юлия Александровна
Раздел магистерской диссертации, выполненный на иностранном языке	Соколова Эльвира Яковлевна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Introduction	
Review of the research on topics of renewable sources of energy	
Calculation of solar insolation and analysis of energy balance on months	
Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Лукутин Борис Владимирович	Д.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM5K	Мальцев Михаил Юрьевич		

РЕФЕРАТ

Дипломный проект с., рис., 13 табл., 20 источников. СОЛНЕЧНЫЕ ПАНЕЛИ (СП), АККУМУЛЯТОРНАЯ БАТАРЕЯ (АБ), ДИЗЕЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ (ДЭС), ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ (ВИЭ), КОНТРОЛЛЕР ЗАРЯДА/РАЗРЯДА, ФЭУ.

Объектом разработки является пиковая фотоэлектростанция для автономной СЭС.

Цель работы – разработка автономного электроснабжения с помощью ВИЭ для загородного дома.

В процессе работы производился расчет и выбор оборудования по средним суточным потреблением электроэнергии в жилом доме. Определялись достоинства, недостатки оборудования и выбирались решения для устранения недостатков в разрабатываемой автономной фотоэлектростанции.

В результате проведенной работы принципиальная схема с выбранным конкретным оборудованием, которое удовлетворяет заданным параметрам электроснабжения.

Дипломная работа выполнена в текстовом редакторе MS Word 2010, с применением MS Excel.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
ГЛАВА 1. ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ТЕМАТИКЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ.....	8
1.1 ОБОСНОВАНИЕ АКТУАЛЬНОСТИ ЗАДАЧИ	8
1.2 РАЗВИТИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В МИРЕ.....	10
1.3 ПОТЕНЦИАЛ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ РОССИИ	11
1.4 ОСНОВНЫЕ ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ.....	13
1.5 ТИПЫ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ.....	16
ВЫВОД ПО ГЛАВЕ 1.....	20
ГЛАВА 2. РАЗРАБОТКА И ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ ПИКОВОЙ АВТОНОМНОЙ ФОТОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ.....	21
2.1 ИССЛЕДОВАНИЕ ПОСТАВЛЕННОЙ ЗАДАЧИ.....	21
2.2 ОПИСАНИЕ И ВЫБОР СОЛНЕЧНОЙ ПАНЕЛИ.....	26
2.3 РАСЧЕТ И ВЫБОР КОНТРОЛЛЕРОВ ЗАРЯДА/РАЗРЯДА	33
2.4 ВЫБОР ИНВЕРТОРА	37
2.5 РАСЧЕТ СОЛНЕЧНОЙ ИНСОЛЯЦИИ И АНАЛИЗ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА ПО МЕСЯЦАМ	39
2.6 ВЫБОР И РАСЧЁТ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ	58
2.6.1 ВЕРОЯТНОСТЬ БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ	65
ВЫВОД ПО ГЛАВЕ 2.....	66
3. АНАЛИЗ ПИКОВЫХ НАГРУЗОК.....	67
3.1 АНАЛИЗ ЗАРЯДА/РАЗРЯДА АБ БЕЗ ДЭС ПРИ ПИКОВЫХ НАГРУЗКАХ	67
3.2 РАСЧЕТ МОЩНОСТИ ДЭС ПРИ ПИКОВЫХ НАГРУЗКАХ.....	68
3.3 ВЫБОР И РАСЧЁТ РАСХОДА ДЭС.....	74
ВЫВОД ГЛАВЫ 3	78
ГЛАВА 4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	80
4.1 ВВЕДЕНИЕ.....	80
4.2 Анализ конкурентных технических решений	84

4.3 Расчет материальных затрат	87
4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности.	89
4.5 Техничко-экономическое обоснование целесообразности построения солнцедизельной электростанции	93
ВЫВОД ГЛАВЫ 4	96
ЛИТЕРАТУРА.....	97

ВВЕДЕНИЕ

Технологии ВИЭ могут найти широкое применение на российских дачах (летних загородных домах). Около 70-80 % российского населения вовлечено в индивидуальное садоводство и фермерство. По оценкам, 22 миллиона семей имеют собственные сельские дома с участками земли, 16 миллионов семей и 10 миллионов индивидуальных граждан имеют небольшие земельные участки, на которых они выращивают овощи и фрукты для себя и на продажу. Для многих семей с низким доходом их загородные дома являются единственным местом для отпуска. Многие семьи проводят на своих дачах практически все выходные с апреля по октябрь. По приблизительным оценкам, 5 миллионов индивидуальных ферм и овощеводческих хозяйств не подключено к электрической сети и представляют собой потенциальный рынок сбыта технологий децентрализованного производства электроэнергии.[1]

В данном проекте разрабатывается пиковая фотоэлектростанция в автономной системе электроснабжения около села Чажемто́ в Колпашевском районе Томской области, оно расположено на правом берегу реки Чая (левый приток Оби), в 273 км от г. Томска и в 40 км от районного центра г. Колпашево.

Населенные пункты, промышленность и домашние хозяйства во всем мире все чаще нуждаются в надежной, доступной по цене и экологичной энергии для удовлетворения спроса на электричество, тепло, холод и мобильность. Возобновляемая энергия может внести существенный вклад в развитие этой области и удовлетворить данную потребность населения, как в частных домашних хозяйствах, так и в сфере промышленности, транспорта и снабжения целых населенных пунктов.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ТЕМАТИКЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

1.1 ОБОСНОВАНИЕ АКТУАЛЬНОСТИ ЗАДАЧИ

Поскольку задачей проектирования являлась созданием электроснабжения загородного дома, где отсутствует линия электропередач, поэтому решением этой проблемы решено было создание ВИЭ в автономной СЭС.

Так как энергетика на сегодняшний день, является активно развивающейся отраслью электроэнергетики. В связи с парниковым эффектом, постоянно ухудшающимся экологическим состоянием в мире, сокращением и недостатком ископаемых ресурсов. Необходимости в децентрализации систем электроснабжения, как на международных, так и на государственных уровнях принимается ряд законодательных и технических решений.

Отмечается, что в настоящее время доля новых и возобновляемых источников энергии в мировом энергетическом балансе по-прежнему невелика в силу высокой стоимости соответствующих технологий и отсутствия доступа к ним. Так же правительствам было рекомендовано создать благоприятные условия для популяризации и использования новых и возобновляемых источников энергии и более эффективного энергопотребления.

Государственная политика в электроэнергетике базируется на ряде принципов, среди которых, содействие развитию альтернативной энергетики, как экологически чистой и без топливной подотрасли энергетики путем установления зеленого тарифа и оплаты электростанциям, которые вырабатывают электрическую энергию с использованием альтернативных источников энергии, всей выработанной ими электрической энергии в полном объеме в денежном эквиваленте, без применения любых видов расчетов погашения задолженности по счетам электроэнергии.

В настоящее время большое количество потребителей электрической энергии расположены вдали от источников централизованного электроснабжения, что требует построения протяженных линий электропередач, а это в свою очередь увеличивает потери. В связи с развитием альтернативной энергетики появилась возможность дополнить существующую инфраструктуру децентрализованными системами генерации электричества и тепла, которые помогут существенно снизить потери вследствие передачи и преобразования электричества.

1.2 РАЗВИТИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В МИРЕ

Китай и Япония сейчас занимают 50% мирового рынка солнечной энергетики. Китай объявил о намерении получить 35 ГВт энергии от солнечных установок в 2016 году. Такое намерение стимулируется необходимостью снизить загрязнения окружающей среды вследствие сжигания ископаемого топлива при все увеличивающихся потребностях в энергии.

Японская Ассоциация фотоэлектрической энергии (Photovoltaic Energy Association) предсказывает, что к 2030 году мощность солнечных станций в стране достигнет 100 ГВт. Индия планирует увеличить мощность солнечных установок с 2 ГВт до 20 ГВт в среднесрочной перспективе. Последние тенденции в Индии показывают, что стоимость солнечной энергии достигла уровня 100 долларов за Мегаватт, что сравнимо с энергией, получаемой из импортного угля или газа. [2]

Автономные солнечные установки и микро-сети развиваются в Африке, где только 30 процентов территории, расположенной южнее Сахары, имеют доступ к источникам энергии. Африка, как и другие регионы с мощной добывающей промышленностью, развивают солнечную энергетику как альтернативу дизельным электростанциям либо как резервный источник для ненадежных электросетей. Нужно иметь в виду, что цена киловатта солнечной энергии уменьшается вдвое каждые 2,5 года и уменьшилась в 100 раз с 1977 года, причем не видно каких-либо причин для изменения этого тренда в будущем.

Расчеты показывают, что 1% имеющихся в мире пустынь могут обеспечить выработку всей энергии, какую сейчас использует мир, а 25% мировых пустынь могут поставлять в 25 раз больше энергии, чем мы сейчас используем.

1.3 ПОТЕНЦИАЛ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ РОССИИ

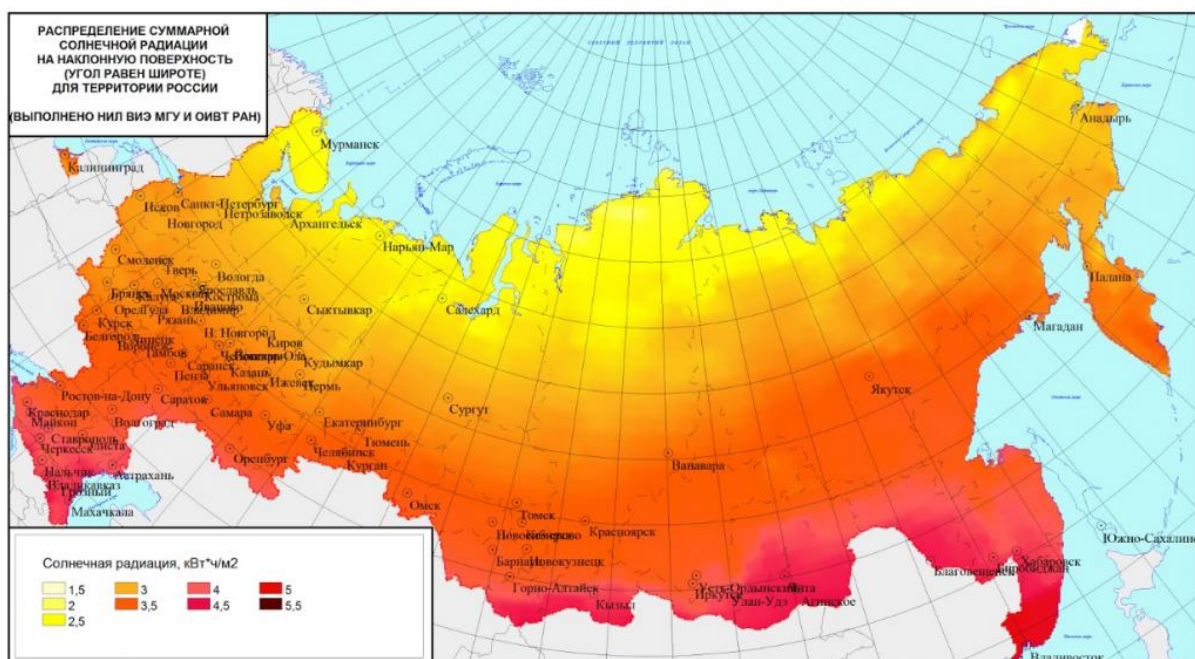


Рисунок 1 - Распределение солнечной радиации

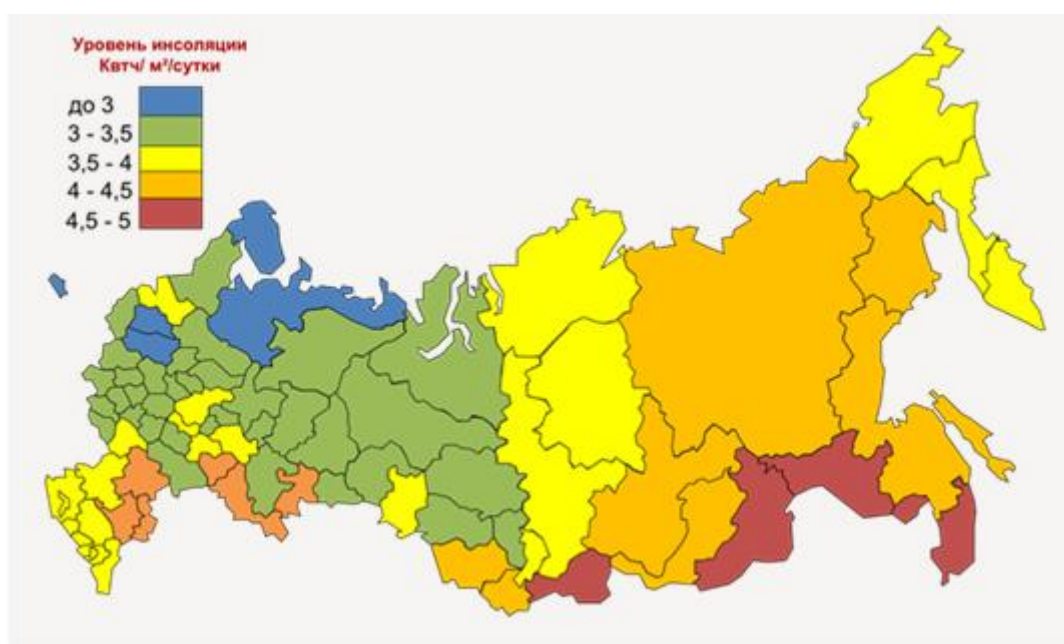


Рисунок 2 - Распределение суммарной солнечной радиации на территории РФ (изображение кликабельно).

В силу протяженности территории России уровни солнечной радиации в различных регионах существенно варьируются. Так, солнечная радиация в отдаленных северных районах составляет 810 кВт·час/м² в год, тогда как в южных районах она превышает 1400 кВт·час/м² в год. Ее значения

демонстрируют также большие сезонные колебания. Например, на широте 55° (Москва) солнечная радиация составляет в январе 4.69 кВт-час/м² в день, а в июле — 11.41 кВт-час/м² в день. [3]

Существенное значение имеет также количество часов в сутках, в течение которого в данном месте светит солнце. Эта величина очень различна для разных регионов. Причем на нее влияет не только географическая широта местности, но и другие факторы, например, расположение в гористой местности или просто наличие неподалеку горной гряды, которая закрывает солнце в утренние или вечерние часы.

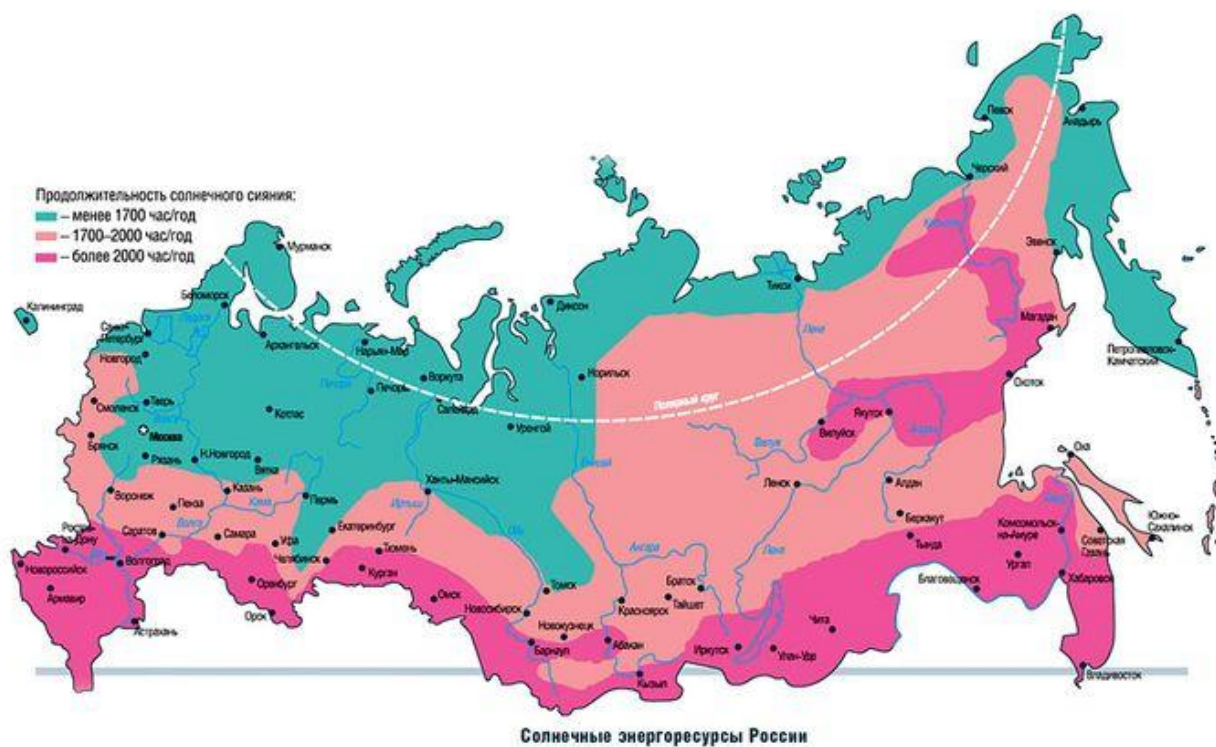


Рисунок 3- Солнечные энергоресурсы

На приведенных картах хорошо видно, что во многих труднодоступных регионах нашей страны (даже за полярным кругом), куда проводить линии электроснабжения экономически нецелесообразно, солнечная энергия может обеспечить потребности населения в электричестве, свете и тепле.

1.4 ОСНОВНЫЕ ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ

1. К основным достоинствам фотоэлектрических систем можно отнести, неисчерпаемость энергетического ресурса, простоту установки, отсутствие движущих частей, минимальная потребность в уходе, отсутствие шумов и вибраций. По сравнению с другими видами энергетики солнечная энергетика в целом является одним из наиболее чистых в экологическом отношении видов энергии.

2. Свободное применение в местах отсутствия централизованных электросетей.

3. Быстрая окупаемость солнечной батареи. На протяжении всего срока эксплуатации генерируется значительно больше энергии, чем было затрачено для производства электростанции.

4. Фотоэлектрические элементы солнечной электростанции можно разместить на любой пустующей площади, в том числе и на крышах и стенах зданий, что, безусловно, существенно снижает ее себестоимость.

5. Нет необходимости использовать какого-либо вид топлива.

6. В составе электростанции присутствует только небольшая часть движущихся частей, поэтому эффект износа практически отсутствует. Вследствие этого солнечная электростанция способна без сколько-нибудь значимого ремонта движущихся частей проработать несколько десятилетий, кроме конечно периодической очистки поверхности солнечных панелей.

7. Солнечная электростанция не требует трудоемкого технического обслуживания для поддержания ее в рабочем состоянии.

8. Возможность подключения к «зеленому» тарифу (специальный тариф, по которому закупается электрическая энергия, произведенная на объектах электроэнергетики, использующих альтернативные источники энергии).

Однако избежать полностью вредного воздействия солнечной энергетики на человека и окружающую среду практически не удастся, если учесть всю технологическую цепочку от получения требующихся материалов до производства электроэнергии.

Наиболее характерны в этом аспекте солнечные фотоэлектрические установки (СФЭУ), эксплуатация которых наносит минимальный вред окружающей среде. В то же время производство полупроводниковых материалов является весьма экологически и социально опасным. В связи с этим в ряде стран мира (например, в США) существуют весьма жесткие требования к производству полупроводников для СФЭУ, а также к хранению, транспортировке и ликвидации вредных веществ от производства СФЭУ, ограничения контактов персонала с этими веществами, разработка планов действия в случае аварийных или нештатных технологических ситуаций, а также программы ликвидации отходов производства, отработавших свой срок или забракованных СФЭУ.

Так же к основным недостаткам, ограничивающим применение ВИЭ, следует отнести относительно низкую энергетическую плотность и крайнюю изменчивость. Низкая удельная мощность потока энергоносителя приводит к увеличению массогабаритных показателей энергоустановок, а изменчивость первичного энергоресурса, вплоть до периодов его полного отсутствия, вызывает необходимость в устройствах аккумулирования энергии или резервных энергоисточников. В результате, стоимость производимой энергии оказывается высока даже при отсутствии топливной составляющей в совокупной цене энергии.

Солнечная электростанция (СЭС, или фотоэлектростанция, ФЭС) — это сооружение, которое осуществляет преобразование энергии солнечных фотонов, т.е. энергии световой составляющей солнечного излучения, в пригодную для бытового и промышленного использования электрической

энергии. Основные компоненты СЭС в простейшем случае таковы: фотопанель (или солнечная батарея) и инвертор.

Как ясно из определения выработка электроэнергии СЭС зависима от наличия солнечного излучения, т.е. наличие солнечной и безоблачной погоды. Это откладывает отпечаток на особенности их использования.

1.5 ТИПЫ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Рассмотрим основные конструктивные типы солнечных электростанций и их возможности.

Характеристики основных СЭС:

Сетевые СЭС

Простейшая схема сетевой солнечной электростанции (и простейшей СЭС) представлена на рисунке 4.

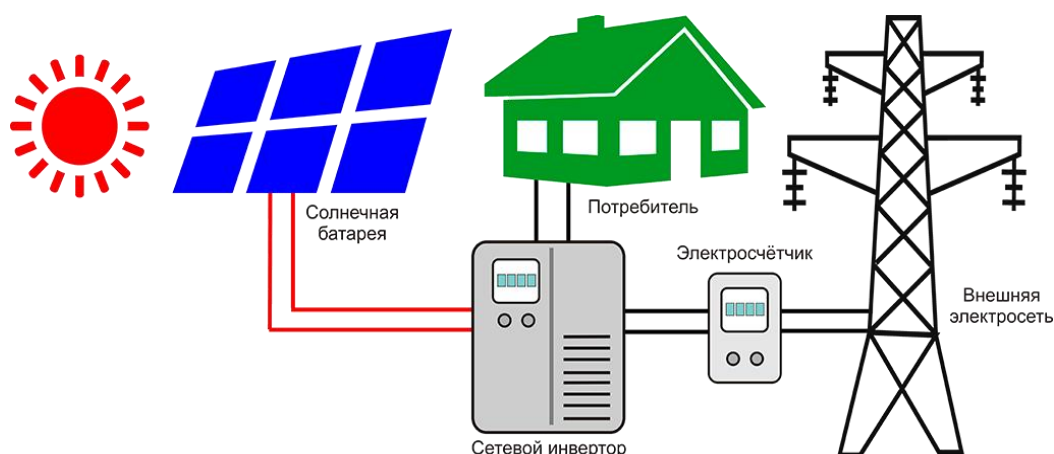


Рисунок 4 - Схема сетевой СЭС.

Для нормальной её работы необходимо подключение к внешней электросети. Наличие и качество внешней электросети (помимо солнца) имеет критическое значение для работы СЭС. При её отсутствии, или несоответствии нормам такая СЭС становится бесполезной даже в самую солнечную и безоблачную погоду. Эта зависимость от центрального электроснабжения является главным недостатком таких СЭС.

К достоинствам следует отнести относительную, но существенную дешевизну СЭС и более высокий общий КПД системы (90—95%) по сравнению с другими типами СЭС. Эти два качества делают этот тип СЭС несомненно более привлекательным для выработки электроэнергии и для её продажи.

Гибридные СЭС (автономные, соединенные с сетью)

Представляет собой базовую схему сетевой СЭС с добавлением банка аккумуляторных батарей (АКБ), контроллера заряда и заменой сетевого инвертора на гибридный. Отличительной особенностью является возможность запастись частью выработанной в солнечный период электроэнергии в АКБ (рисунок 5).

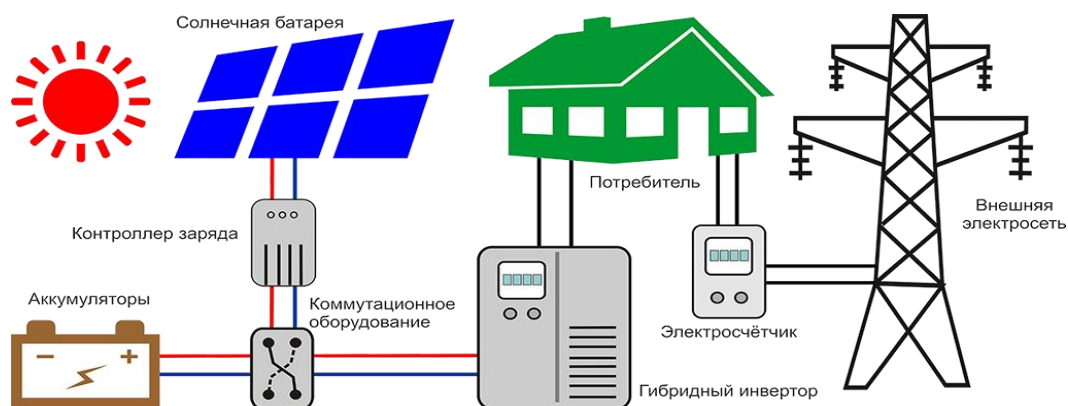


Рисунок 5 - Схема автономной, соединённой с сетью (гибридной) СЭС.

Благодаря наличию банка АКБ они менее зависимы от источника центрального электроснабжения. Такие СЭС применяют преимущественно как часть системы бесперебойного питания там, где центральное электроснабжение недостаточно или нестабильно.

К недостаткам следует отнести высокую цену системы, за счёт банка АКБ и мощности инвертора, которые должны быть тем больше, чем больше требуется времени бесперебойной работы и подключаемых нагрузок соответственно.

Автономные СЭС

СЭС, работающие без подключения к внешней электросети называются автономные (рисунок 6).

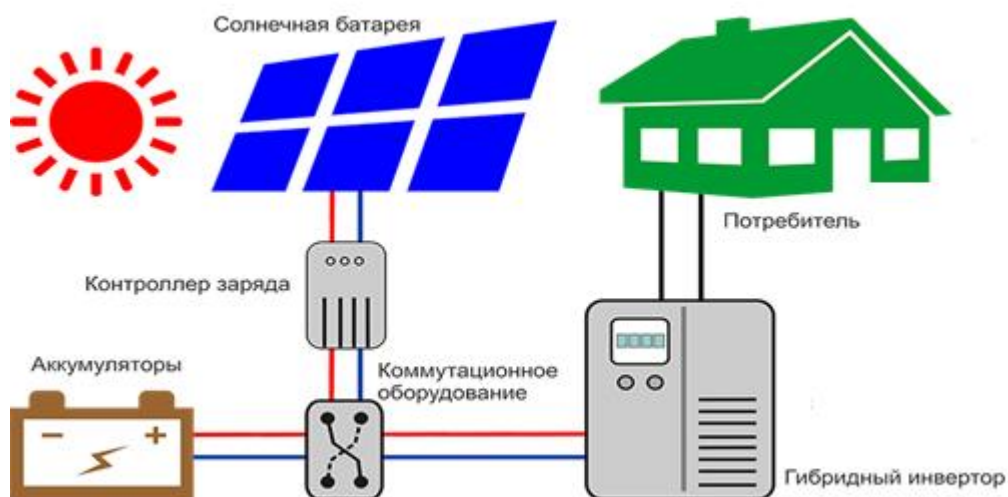


Рисунок 6 - Схема автономной, не соединённой с сетью (автономной) СЭС.

Автономная фотоэлектростанция, кроме солнечных панелей, как правило содержит аккумуляторные батареи и контроллер заряда. При необходимости электроснабжения потребителей, требующих стандартного напряжения 220/380В переменного тока, в состав фотоэлектростанции необходимо включить инвертор.

Единственный недостаток фотоэлектростанции является потеря энергии при малых нагрузках. [4]

Также можно использовать модульные инверторы

В такой конфигурации средняя номинальная мощность обычно достигает уровня 10 кВт. Также возможны следующие вариации:

- Каждая панель обслуживается небольшим интегрированным инвертором, обеспечивая сотни Вт мощности;
- Отдельные DC/DC-преобразователи используются в каждой секции фотогальванических элементов, выходы DC/DC-преобразователей подключаются параллельно к одному DC/AC-инвертору. Эта топология является самой эффективной, номинальная мощность достигает 100кВт.

Основная функция инвертора заключается в преобразовании постоянных токов от фотогальванических панелей или батареи с различным уровнем напряжений в переменный ток с определенным уровнем напряжения и частотой для питания устройств или передачи в энергетическую систему. Частота и напряжение зависит от региона, в Европе это 50 Гц и 220 В, в США - 60 Гц и 110 В. В зависимости от приложения возникают требования к фазе, таким образом, инверторы бывают одно-, двух- и трехфазные. DC/DC-преобразователь повышает или понижает уровень входного напряжения, подстраивает свой выход для получения максимальной эффективности на этапе DC/AC-преобразования;

- Конденсатор выполняет функцию буферизации напряжения;
- MOSFETы в составе моста переключаются с частотой около 20 кГц для преобразования постоянного тока в переменный;
- Индуктивности «сглаживают» сигнал после ключей для получения синусоиды.

В некоторых случаях уровень напряжения на входе DC/AC- преобразователя должен быть выше, чем на выходе DC/DC-преобразователя. Для этого используется трансформатор после индуктивностей. Несмотря на то, что трансформатор увеличивает вес, габариты и стоимость устройства, а также уменьшает КПД в среднем на 2%, он увеличивает защиту устройства и безопасность пользователя, осуществляя гальваническую развязку между DC- и AC-частями схемы. Эту же функцию может выполнять DC/DC-преобразователь с нулевым напряжением переключения (эквивалент трансформатора).

ВЫВОД ПО ГЛАВЕ 1

Из проведенного обзора следует, в связи с тяжелой экологической обстановкой, обостряющейся, парниковым эффектом, загрязнением воды и почвы. Необходим переход от не возобновляемых ископаемых первичных источников энергии к возобновляемым. На сегодняшний день в мировой практике известен ряд регионов и стран, решающих проблему энергообеспечения путем внедрения возобновляемой энергетики. Развитие технической и законодательной базы возобновляемой энергетики и устойчивые тенденции роста стоимости топливно–энергетических ресурсов уже сегодня определяют технико–экономические преимущества электростанций, использующих возобновляемые энергоресурсы. Очевидно, что в перспективе эти преимущества будут увеличиваться, расширяя области применения возобновляемой энергетики и увеличивая ее вклад в мировой энергетический баланс.

ГЛАВА 2. РАЗРАБОТКА И ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ ПИКОВОЙ АВТОНОМНОЙ ФОТОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

2.1 ИССЛЕДОВАНИЕ ПОСТАВЛЕННОЙ ЗАДАЧИ

Цель: Спроектировать пиковую фото-дизельную установку для коттеджа под посёлком Чажемто Томской области с координатами: *Широта* $N58^{\circ}04.392$, *Долгота* $E82^{\circ}50.325$.

Оценим актуальность применения солнечных панелей для автономного электроснабжения под п.Чажемто Томской области.

Для начала необходимо выявить потенциал солнечной энергии в год в данной области проектирования. На рисунке 7 можно увидеть, что средний потенциал за год в поселке Чажемто, Колпашевского района Томской обл. составляет $1050 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}^2$.

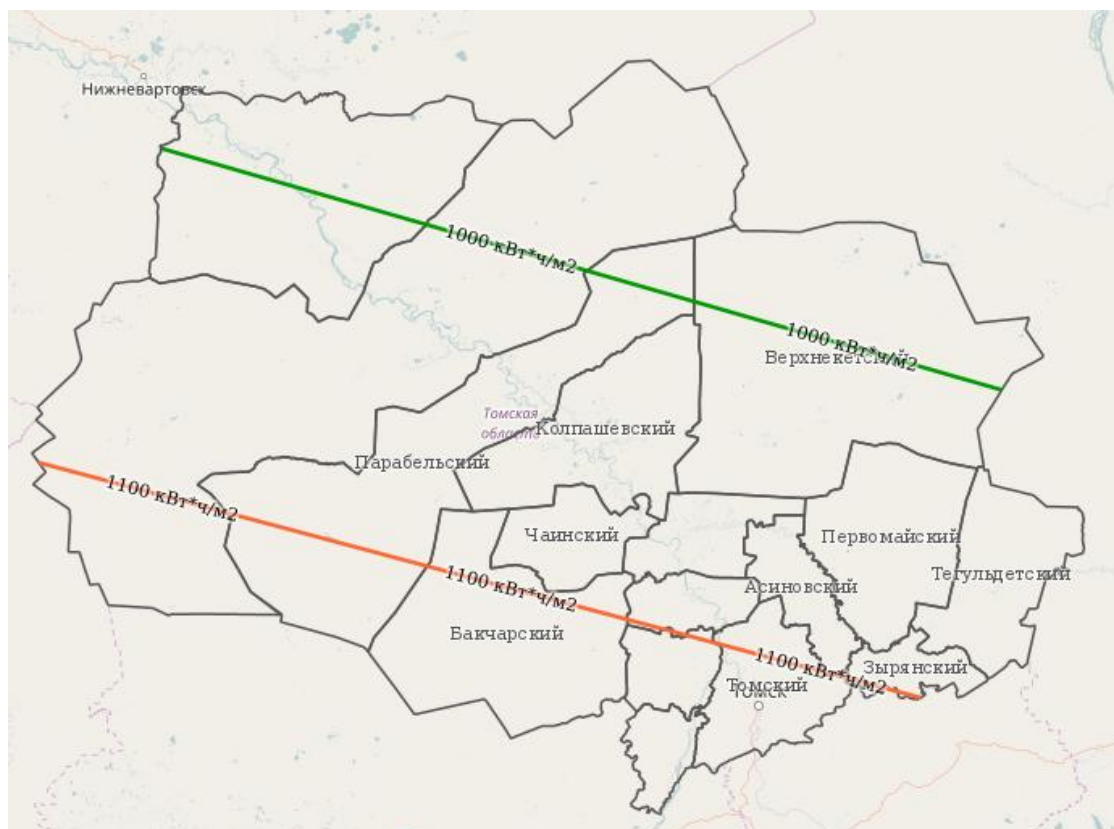


Рисунок 7 - Потенциал солнечной энергии.

Проанализируем суточное потребление дома за каждый час для автономной фотоэлектрической установки для жилого дома, в котором проживает 4 человека расчеты приведены в таблицах 1,2.

Таблица 1 – Суточное потребление электроэнергии в жилом доме (с часу ночи до 12 часов дня).

Потребители	Потребляемая мощность (Вт)	количество	Часовая потребляемая энергия (кВт·ч)											
			W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12
Стиральная машина		1												1,5
Электrolампа	20	8							0,16	0,16				0,16
Телевизор	100	1							0,1	0,1	0,1	0,1		0,1
Холодильник	130	1	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
Электроплита	1000	1							1					
Компьютер	300	1							0,3					
Водяной насос	1000	1												
		W	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	1,69	0,39	0,23	0,23	0,13	1,89

Таблица 2 – Суточное потребление электроэнергии в жилом доме (с 13 часов до 24 часов)

Потребители	Потребляемая мощность (Вт)	количество	Часовая потребляемая энергия (кВт·ч)											
			W13	W14	W15	W16	W17	W18	W19	W20	W21	W22	W23	W24
Стиральная машина	1500	1									1,5			
Электrolампа	20	8						0,16	0,16		0,16	0,16	0,16	
Телевизор	100	1							0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
Холодильник	130	1	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
Электроплита	1000	1						1						
Компьютер	300	1								0,3	0,3			
Водяной насос	1000	1								1				
$\Sigma W=12,3$		W	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	1,29	0,39	1,53	2,19	0,39	0,39	0,13

На рисунках 8, 9 графически представлены данные таблицы 1, 2, где наглядно видно в какое время суток присутствует пиковое потребление электроэнергии.

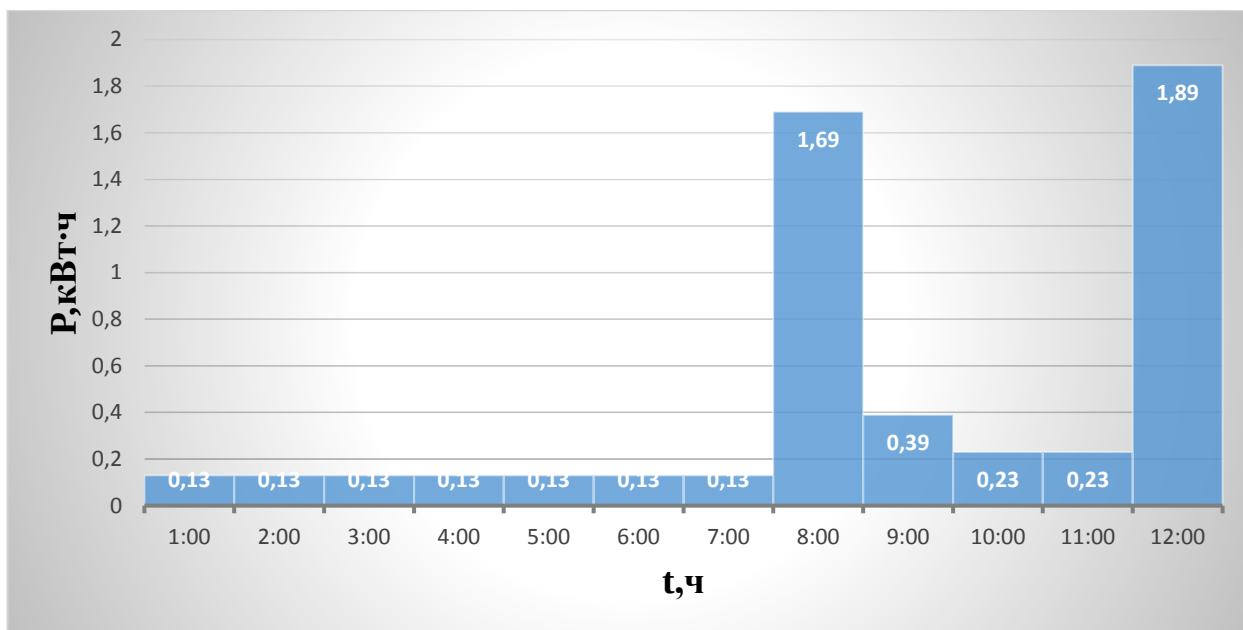


Рисунок 8 - Электропотребление за час с 1 до 12 согласно данным таблицы 1.



Рисунок 9 - Электропотребление за час с 13 до 24 согласно данным таблицы 2.

Суммарная энергия в килловат-часах за ночь:

$$\sum W_{\text{ночь}} = W_{19} + W_{20} + W_{21} + W_{22} + W_{23} + W_{24} + W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 + W_6 = 0,39 + 1,53 + 2,19 + 0,39 + 0,39 + 0,13 + 0,13 + 0,13 + 0,13 + 0,13 + 0,13 + 0,13 = 5,8 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Суммарная энергия в килловат-часах за световой день:

$$\sum W_{\text{день}} = W_7 + W_8 + W_9 + W_{10} + W_{11} + W_{12} + W_{13} + W_{14} + W_{15} + W_{16} + W_{17} + W_{18} = 0,13 + 1,69 + 0,39 + 0,23 + 0,23 + 1,89 + 0,13 + 0,13 + 0,13 + 0,13 + 0,13 + 1,29 = 6,5 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Суммарное потребление за сутки:

$$\sum W_{\text{сутки}} = \sum W_{\text{ночь}} + \sum W_{\text{день}} = 5,8 + 6,5 = 12,3 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Средняя мощность световой день:

$$P_{\text{ср.день}} = \sum W_{\text{день}} : T_{\text{день}} = 6,5 : 12 = 0,54 \text{ кВт}$$

Средняя мощность за ночь:

$$P_{\text{ср.ночь}} = \sum W_{\text{ночь}} : T_{\text{ночь}} = 5,8 : 12 = 0,48 \text{ кВт}$$

Для разработки вариантов структурной схемы электроснабжения потребителя оценим потенциал возобновляемой энергетики для заданного региона.

В таблице 3 отображена оценка потенциала энергии солнца и указана суммарная (прямая и рассеянная) солнечная инсоляция на горизонтальную поверхность в условиях облачности, Квт·ч/м². [5]

Таблица 3 – Средние суммарные значения солнечной инсоляции

Населённый пункт	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
МДж/м ²	63	138	339	447	523	578	615	440	264	121	63	38
Квт·ч/м ²	17,5	38,3	94,2	124,2	145,3	160,6	170,8	122,2	73,3	33,6	17,5	10,6

Проанализировав полученные данные можно спроектировать ФЭУ в Томской области, поскольку имеем данные солнечной инсоляции в этом регионе и потребление загородного дома, для которого и будут произведены расчеты.

Поскольку задачей проектирования является разработка автономной солнечной электростанции будут произведены расчёты и выбор оборудования для фото-дизельной электростанции, которая в свою очередь будет работать в пиковые часы потребления дома которые были рассчитаны в таблицах 1,2.

2.2 ОПИСАНИЕ И ВЫБОР СОЛНЕЧНОЙ ПАНЕЛИ

Для того чтобы определиться с выбором солнечных панелей, рассмотрим все виды СП. В зависимости от того, каким образом организованы атомы кремния в кристалле, солнечные элементы делятся на виды: [6]

- Солнечные элементы из монокристаллического кремния
- Солнечные элементы из поликристаллического кремния
- Солнечные элементы из аморфного кремния

Солнечные модули из монокристаллического кремния

КПД солнечной батареи на основе монокристаллического кремния составляет 15-20%. Монокристаллические элементы имеют наивысшую эффективность преобразования энергии. Основным материалом - крайне чистый кремний, из которого изготовлены монокристаллические солнечные панели, хорошо освоены в области производства полупроводников. Кремниевый монокристалл растет на семени, которое медленно вытягивается из кремниевого расплава. Стержни, полученные таким путем, режутся на части толщиной от 0,2 до 0,4 мм .

Затем эти диски подвергаются ряду производственных операций, таких как:

- обтачивание, шлифовка и очистка;
- наложение защитных покрытий;
- металлизация;
- антирефлексионное покрытие.

Солнечные модули из поликристаллического кремния

КПД солнечной батареи на основе поликристаллического кремния составляет 10-14%. Поликристаллический кремний развивается, когда кремниевый расплав охлаждается медленно и находится под контролем. При производстве

поликристаллических панелей операция вытягивания опускается, оно менее энергоемкое и значительно дешевле. Однако внутри кристалла поликристаллического кремния имеются области, отделенные зернистыми границами, вызывающие меньшую эффективность элементов.

Солнечные модули из аморфного кремния

КПД солнечной батареи на основе аморфного кремния составляет 5-6%. Аморфный кремний получается при помощи «техники испарительной фазы», когда тонкая пленка кремния осаждается на несущий материал и защищается покрытием. Эта технология имеет ряд недостатков и преимуществ:

- процесс производства солнечных панелей на основе аморфного кремния относительно простой и недорогой;
- возможно производство элементов большой площади;
- низкое энергопотребление.

Однако:

- эффективность преобразования значительно ниже, чем в кристаллических элементах;
- элементы подвержены процессу деградации

В связи с этим выбираем солнечную панель на основе монокристаллического кремния поскольку их КПД составляет порядка 20%, а именно СП НН-POLY280W.



Рисунок 10 - Солнечная панель HH-POLY280W.

Номинальная мощность, макс. Ватт - 280

Оптимальное рабочее напряжение, макс. Вольт - 24

Напряжение холостого хода, Вольт - 28

Оптимальный рабочий ток, Ампер - 7,67

Ток короткого замыкания, А - 8,29

Максимальное напряжение системы, Вольт - 1000

Фотоэлементы - 72/монокристаллические

Размер ячеек, мм - 156x156

Степень защиты корпуса, IP - 65

Максимальная ветровая нагрузка, Па - 2400

Габаритные размеры, мм - 1956x990x40

Вес модуля, кг - 23

Общая площадь, м² - 1,94

Длина кабеля, мм - 900

КПД - 20%

Температура хранения, °C - -40 ~+85

Температура эксплуатации, °C - -40 ~+85

Номинальная рабочая температура ячейки, °C - 45+-2

Страна: Китай

Модель: HH-POLY280W

Срок службы: 25 лет

Гарантия: 2 года

Цена: 18 900 руб.

По данным о суммарной солнечной радиации и мощности выбранной СП, мы рассчитали, какое количество энергии будет вырабатываться подобным модулем в нашем регионе за каждый месяц по следующей формуле:

$$W_m = S_m \cdot E \cdot k \cdot \eta, \text{ кВт} \cdot \text{ч},$$

где S_m – площадь СП, Вт; E – значение инсоляции за выбранный период, $\text{кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}^2$; η – КПД СП; k – коэффициент, учитывающий поправку на потери мощности солнечных элементов при нагреве на солнце, а также наклонное падение лучей на поверхность модулей в течении года.

Величина k принимается за 0,5 летом и 0,7 в зимний период. Разница в его значении летом и зимой обусловлена меньшим нагревом элементов в зимний период.

Требуемое количество СП для покрытия полной потребности в электрической энергии за месяц находится по следующей формуле:

$$N = \frac{W_{\text{мес}}}{W_m}, \text{ шт.}$$

Результаты всех вышеприведенных расчетов сведены в таблицу 4.

Таблица 4 – Выбор количества СП

Месяц	$W_{\text{потр}}, \text{кВт}\cdot\text{ч}$	$E, \text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$	$W_{\text{м}}, \text{кВт}\cdot\text{ч}$	N, шт
Январь	412,3	17,5	5,94125	70
Февраль	377	38,3	13,00285	29
Март	368,9	94,2	31,9809	12
Апрель	330	124,2	42,1659	8
Май	319,3	145,3	35,23525	10
Июнь	279	160,6	38,9455	8
Июль	257,3	170,8	41,419	7
Август	249	122,2	29,6335	9
Сентябрь	387,5	73,3	17,77525	22
Октябрь	396,8	33,6	8,148	49
Ноябрь	399	17,5	5,94125	68
Декабрь	443,3	10,6	3,5987	124

$W_{\text{потр}}$ – среднее потребление энергии в году (зимний-осенний период потребления > весенне-летнего потребления)

Количество выбранных СП в таблице 4 округляется до ближайшего большего целого значения.

При анализе таблицы 4 видно, что наименьшее количество панелей для полного электроснабжения дома круглогодично составляет 124 СП. Однако, для полного круглогодичного электроснабжения коттеджа с экономической точки зрения целесообразнее установка 12 СП и ДЭС.

Благодаря солнечному калькулятору [7] можно увидеть выработку панелей на выбранном объекте проектирования: Томская область, Колпашевский район, около посёлка Чажемто, где установлены солнечные панели 280 Ватт в количестве 94 шт. и 12 шт. под зенитным углом 45° (0° -

горизонтально, 90°-вертикально) и азимутным углом 180° (180° – на юг, 0° – на север) (рисунок 11,12 вместе с нагрузкой по месяцам), а также в таблице 5 представлена среднемесячная выработка электроэнергии панелей .

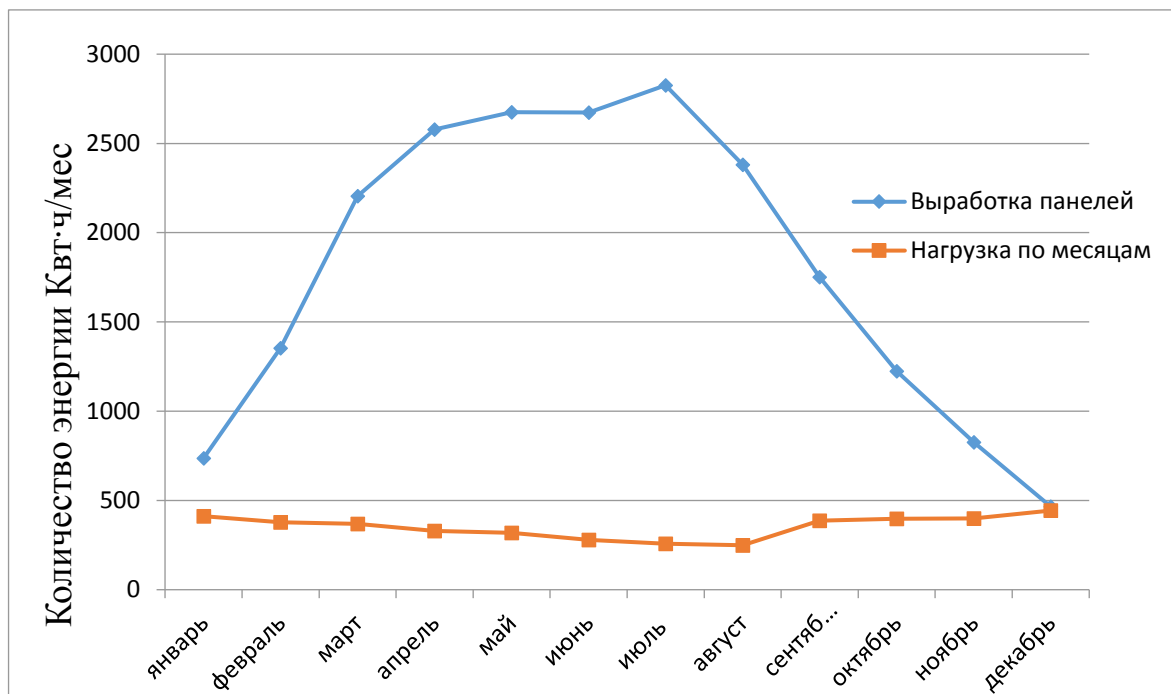


Рисунок 11 - Выработка солнечных панелей для круглогодичного обеспечения электричеством в количестве 94 шт.

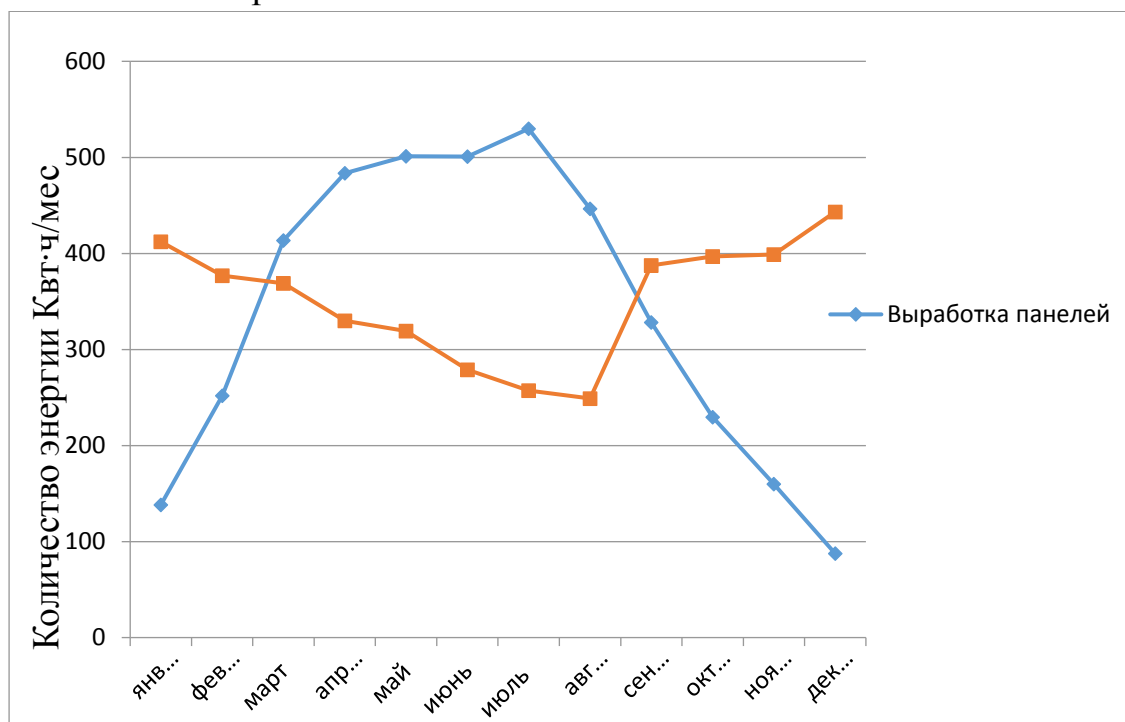


Рисунок 12 - Выработка солнечных панелей для энергообеспечения дома в количестве 12шт.

Таблица 5 - Среднемесячная выработка электроэнергии панелей кВт·ч/сутки

Месяц	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
кВт·ч/мес	4,47	8,7	13,34	16,1	16,14	16,64	17,05	14,86	10,58	7,56	5,17	2,82

В расчетах принимаем 12 солнечных панелей.

2.3 РАСЧЕТ И ВЫБОР КОНТРОЛЛЕРОВ ЗАРЯДА/РАЗРЯДА

Солнечный контроллер заряда является важным элементом солнечной электростанции, без которого невозможна корректная работа остального оборудования, в частности правильный заряд аккумуляторных батарей. Поэтому при подборе контроллера для нашей системы необходимо убедиться, что технические данные изделия соответствуют потребностям выбранных солнечных элементов. В первую очередь следует обратить внимание на вид контроллеров и их существенные различия. [8]

Выделяют два самых популярных вида контроллеров:

- МРРТ контроллер заряда. Это серьезное изделие, которое значительно влияет на количество аккумулируемой энергии, увеличивая ее на 25-30% по сравнению с другими контроллерами заряда. Принцип работы этого изделия основан на алгоритме слежения за точкой максимальной мощности солнечного модуля. Несмотря на большую первоначальную стоимость этого изделия, срок окупаемости солнечной электростанции с ним значительно короче.
- PWM (ШИМ) контроллер заряда рекомендуют использовать исключительно в регионах с очень высокой солнечной активностью. Это "экономичная" версия с очень простым алгоритмом. В регионах с низкой солнечной активностью их применение не целесообразно и не экономично.

Поскольку наш регион обладает низкой солнечной активностью, целесообразней будет использовать МРРТ-контролеры.

При выборе контроллера нужно учесть тока заряда и исходить из уровня мощности 4-х панелей по 280Вт и их напряжения.

Поскольку панели соединены последовательно, то $I_{\text{заряда}}$ рассчитывается по следующей формуле:

$$I_{\text{заряда}} = \frac{P_{\text{СП}}}{U_{\text{ном.СП}}} = \frac{4 \cdot 280 \text{ Вт}}{4 \cdot 24 \text{ В}} = 11,7 \text{ А}$$

где $P_{\text{СП}}$ - мощность солнечной панели, $U_{\text{ном.СП}}$ - номинальное напряжение солнечной панели.

Выбираем контроллер заряда Tracer 2210A, у которого, согласно параметрам: ток заряда составляет 20 ампер и максимальное входное напряжение 100В, т.к. 4 СП будут подключены к одному контроллеру и где у них напряжение 24В у каждой панели в сумме при последовательном соединении даст напряжение 96В.



Рисунок 13 - Контроллер заряда Tracer 2210A, 20А, 12/24В

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Напряжение системы, Вольт (авто.определение) - 12/24

Максимальный ток заряда АБ, Ампер - 20

Максимальная мощность СБ, Ватт - 260/520

Максимальное напряжение на входе, Вольт - 100

Максимальное напряжение аккумуляторных батарей, Вольт - 32

Собственное потребление, mA - $\leq 20(12V) \leq 16(24V)$

Коммуникационный порт - RS485 / RJ45

Максимальная эффективность преобразования, % - 98

МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Габаритные размеры, мм - 172 x 139 x 44

Вес, грамм - 1100

Терминалы, mm² - 10

ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Температура хранения, °C - -35 ~+55

Температура эксплуатации, °C - -35 ~+80

Влажность (без образования конденсата), % - 95

Степень защиты от внешних воздействий, IP – 30

Цена: 8 000 руб.

Поскольку выбрано 12 СП и по характеристикам мы можем подключить лишь 4 СП к одному контроллеру, на рисунке 14 изображена схема подключения.

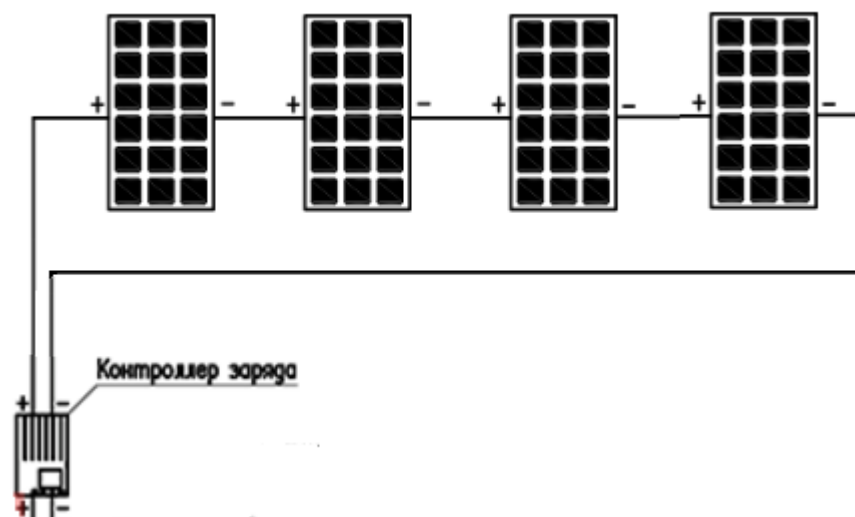


Рисунок 14 - Схема подключения контроллера к солнечным панелям

2.4 ВЫБОР ИНВЕРТОРА

Инвертор выбирается с учетом напряжения выбранных СП, напряжения аккумуляторов и возможность сглаженной работы при пиковых нагрузках.

Среди всех инверторов на рынке выбираем синус-инвертор Outback Power VFX3048E с учетом их долговечности и качества исполнения.



Рисунок 15 - Инвертора Outback Power VFX3048E.

Таблица 6 - Характеристики инвертора

Спецификация	VFX3048E
Вход по DC	24/48/96 В DC
Номинальная мощность при 25С	3000 ВА
Напряжение по AC / частота	230 В / 50 Гц
Выход по AC при 25С	13,0 А AC
Потребление нагрузка	~23 Вт
без нагрузки	~6 Вт
КПД	93%
Гармонические искажения норм. номинал	2%
мак.	5%
Диапазон напряжения по выходу AC	2%

Пиковая сила тока Пик	35 А AC
RMS	25 А AC
Макс. выходная мощность AC Пик	5750 ВА
5с	4800 ВА
30 мин	3300 ВА
Макс. нагрузка по входу AC	30 А
Диапазон напряжения по входу AC	160 - 300 В
Диапазон частоты по входу AC	44-56 Гц
Диапазон напряжения по входу DC	42,0-68,0 В
Сила тока заряда батарей	210 А DC
Рекомендуемый автомат DC	ODBC-250
Гарантия	2 года
Вес Инвертор	27,7 кг
С упаковкой	29 кг
Габариты Инвертор	30 x 21 x 41 см
С упаковкой	55 x 33 x 56 см

Цена: 166 200 руб.

2.5 РАСЧЕТ СОЛНЕЧНОЙ ИНСОЛЯЦИИ И АНАЛИЗ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА ПО МЕСЯЦАМ

Рассчитаем солнечную инсоляцию по месяцам для того, чтобы наглядно представлять в какие периоды СП будут максимально эффективнее, используя данные из справочника, где указаны суммы прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность при средних условиях облачности по часам, представлены в таблице 7, которую переведем в кВт·ч и после этого сможем представить выработку электроэнергии СП и реальную нагрузку в летний период(июль). [9]

Таблица 7- Сумма прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность при средних условиях облачности(июль).

t,(ч)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
МДж/м ²	-	0,00	0,04	0,13	0,25	0,47	0,64	0,85	1,02	1,15	1,23	1,23
t,(ч)	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
МДж/м ²	1,19	1,07	0,85	0,64	0,47	0,25	0,08	0,04	0,00	-	-	-

Чтобы перевести значения МДж/м² в кВт·ч, сначала умножим каждое значение на площадь солнечных панелей, которое составляет 1,94м² одной панели, которых 12, следовательно $1,94 \cdot 12 = 23,28\text{м}^2$

Эту площадь нам следует до множить на 0,2, т.к. КПД СП у нас составляет 20%, получаем 4,656 данные представлены в таблице 8.

Таблица 8- Сумма прямой солнечной радиации на поверхность СП при средних условиях облачности(июль).

t,(ч)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
МДж	-	0	0,19	0,61	1,16	2,19	2,98	3,96	4,75	5,35	5,73	5,73
t,(ч)	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
МДж	5,54	4,98	3,95	2,98	2,19	1,16	0,37	0,19	0	-	-	-

Поскольку $1 \text{ МДж} = 0,27(7) \text{ кВт} \cdot \text{ч}$, расчеты представлены в таблице 9.

Таблица 9- Сумма выработки солнечной радиации СП в мощность при средних условиях облачности(июль).

t,(ч)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
кВт·ч	-	0	0,052	0,17	0,32	0,61	0,83	1,096	1,32	1,48	1,59	1,59
t,(ч)	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
кВт·ч	1,53	1,38	1,09	0,83	0,61	0,32	0,103	0,05	0	-	-	-

На рисунке 16 представлен график выработки СП по действительным значениям солнечной инсоляции за июль месяц.

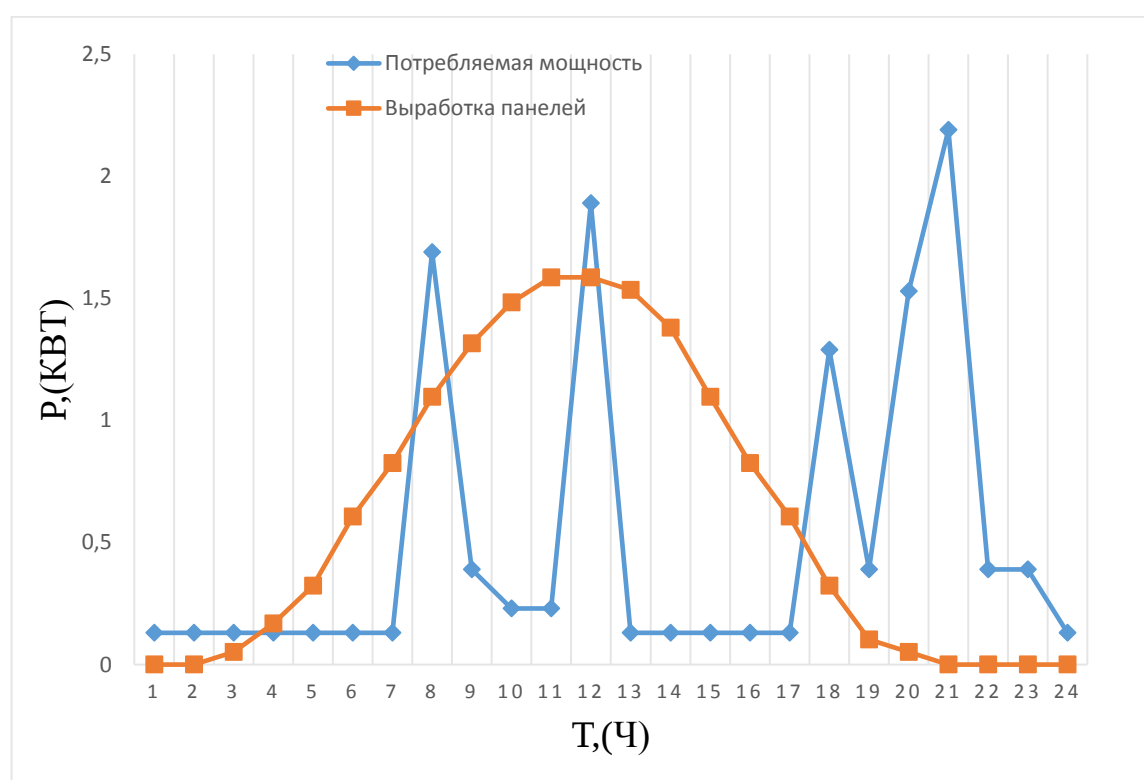


Рисунок 16 - Сравнение выработки СП (июль) и реальной нагрузки.

Проанализировав график на рисунке 16, можно рассчитать энергетический баланс за каждый час в сутки (разницу между реальной нагрузкой и выработки панелей).

$$\sum_{i=0}^{24} P_n = P_{n1} + P_{n2} + \dots + P_{n24} = 12,3 \text{ кВт}$$

$$\sum_{i=0}^{24} P_{\phi\text{ЭС}} = P_{\phi\text{ЭС}1} + P_{\phi\text{ЭС}2} + \dots + P_{\phi\text{ЭС}24} = 14,96 \text{ кВт}$$

$$P_{\text{ЭБ}} = P_{\phi\text{ЭС}} - P_n = 14,96 - 12,3 = 2,66$$

$$\text{при } i=1 \rightarrow P_{\text{ЭБ}1} = P_{\phi\text{ЭС}1} - P_{n1} = 0 - 0,13 = -0,13 \text{ кВт} \quad \text{при } i=13 \rightarrow P_{\text{ЭБ}13} = 1,4 \text{ кВт}$$

$$\text{при } i=2 \rightarrow P_{\text{ЭБ}2} = -0,13 \text{ кВт}$$

$$\text{при } i=14 \rightarrow P_{\text{ЭБ}14} = 1,25 \text{ кВт}$$

$$\text{при } i=3 \rightarrow P_{\text{ЭБ}3} = -0,08 \text{ кВт}$$

$$\text{при } i=15 \rightarrow P_{\text{ЭБ}15} = 0,97 \text{ кВт}$$

$$\text{при } i=4 \rightarrow P_{\text{ЭБ}4} = 0,04 \text{ кВт}$$

$$\text{при } i=16 \rightarrow P_{\text{ЭБ}16} = 0,7 \text{ кВт}$$

$$\text{при } i=5 \rightarrow P_{\text{ЭБ}5} = 0,19 \text{ кВт}$$

$$\text{при } i=17 \rightarrow P_{\text{ЭБ}17} = 0,48 \text{ кВт}$$

$$\text{при } i=6 \rightarrow P_{\text{ЭБ}6} = 0,48 \text{ кВт}$$

$$\text{при } i=18 \rightarrow P_{\text{ЭБ}18} = -0,97 \text{ кВт}$$

$$\text{при } i=7 \rightarrow P_{\text{ЭБ}7} = 0,69 \text{ кВт}$$

$$\text{при } i=19 \rightarrow P_{\text{ЭБ}19} = -0,29 \text{ кВт}$$

$$\text{при } i=8 \rightarrow P_{\text{ЭБ}8} = -0,59 \text{ кВт}$$

$$\text{при } i=20 \rightarrow P_{\text{ЭБ}20} = -1,48 \text{ кВт}$$

$$\text{при } i=9 \rightarrow P_{\text{ЭБ}9} = 0,92 \text{ кВт}$$

$$\text{при } i=21 \rightarrow P_{\text{ЭБ}21} = -2,19 \text{ кВт}$$

$$\text{при } i=10 \rightarrow P_{\text{ЭБ}10} = 1,25 \text{ кВт}$$

$$\text{при } i=22 \rightarrow P_{\text{ЭБ}22} = -0,39 \text{ кВт}$$

$$\text{при } i=11 \rightarrow P_{\text{ЭБ}11} = 1,36 \text{ кВт}$$

$$\text{при } i=23 \rightarrow P_{\text{ЭБ}23} = -0,39 \text{ кВт}$$

$$\text{при } i=12 \rightarrow P_{\text{ЭБ}12} = -0,30 \text{ кВт}$$

$$\text{при } i=24 \rightarrow P_{\text{ЭБ}24} = -0,13 \text{ кВт}$$

где P_n – мощность нагрузки, $P_{\phi\text{ЭС}}$ – мощность фотоэлектростанции,

$P_{\text{ЭБ}}$ – энергетический баланс.

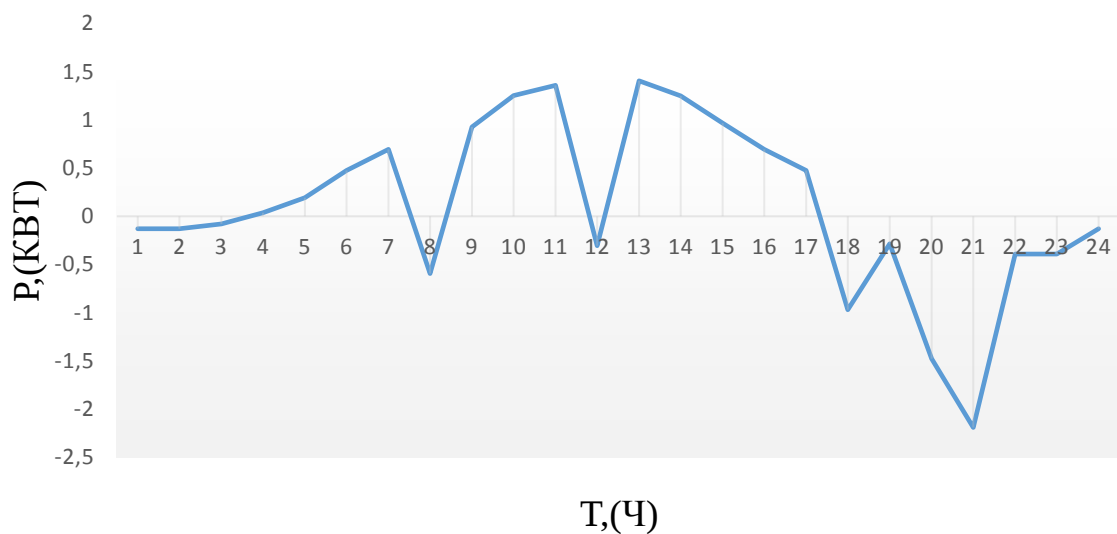


Рисунок 17 - Энергетический баланс.

Из графика на рисунке 17 видно, что СП не могут вырабатывать устойчивую энергию для обеспечения электроэнергии коттеджа (в пиковую нагрузку), поэтому в эти моменты дополнительную мощность и будут отдавать аккумуляторы, чтобы покрыть нехватку энергии.

Рассчитаем разряд/заряд АБ:

$$I = \frac{P}{U}$$

$$I_1 = \frac{-0,13 \cdot 10^3}{24} = -5,4 \text{ А} \cdot \text{ч}$$

где I – ток разряда(–) / заряда(+) аккумулятора

P – потребляемая мощность

U – напряжение аккумуляторов

Таблица 10 – Значение тока разряда/заряда по часам.

I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6	I_7	I_8	I_9	I_{10}	I_{11}	I_{12}
-5,4	-5,4	-3,33	1,67	7,92	20	28,75	-24,58	26,25	52,08	56,67	-12,5
I_{13}	I_{14}	I_{15}	I_{16}	I_{17}	I_{18}	I_{19}	I_{20}	I_{21}	I_{22}	I_{23}	I_{24}
58,33	52,08	40,42	29,2	20	-40,42	-12,08	-61,67	-91,25	-16,25	-16,25	-5,4

Складываем ток разряда с 18:00-3:00, то ток разряда будет равен:

$I_{\text{раз}} = -257,4 \text{ А} \cdot \text{ч}$, что позволяет использовать аккумулятора на не износ поскольку у нас 6 АБ, где они соединены по 2 последовательно и получается 3 пары АБ, которые соединены параллельно и в сумме такое соединение даст нам ёмкость $300 \text{ А} \cdot \text{ч}$. Данное число разряда нужно делить на 3 и получим $85,8 \text{ А} \cdot \text{ч}$ суммарного разряда на каждую пару аккумуляторов в течение 12 часов.

При сложении тока заряда и разряда с 4:00-17:00 и отнимая от этой суммы ток разряда в пиковые часы нагрузки днем 8:00, 12:00, то ток заряда будет равен:

$I_{\text{зар}} = 356,3 \text{ А} \cdot \text{ч}$, где видно что такое количество $\text{А} \cdot \text{ч}$ будет заряжать АБ на 100%, потому что каждая пара аккумуляторов в течение дня будет подзаряжена на $118,8 \text{ А} \cdot \text{ч}$.

Проанализируем все месяца года домножая нагрузку по часам на повышающие коэффициенты, чтобы видеть реальную нагрузку по сезонам и посмотреть как у нас будут работать СП по месяцам года для поддержания

дома электроэнергией и когда нам потребуется включить ДЭС и сколько топлива понадобится в каждом месяце.

Январь:

Таблица 11 - Сумма прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность, сумма выработки солнечной радиации СП в мощность при средних условиях облачности(январь).

t,(ч)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
МДж/м ²	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,09	0,13	0,13
t,(ч)	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
МДж/м ²	0,09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
t,(ч)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
МДж	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,42	0,61	0,61
t,(ч)	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
МДж	0,42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
t,(ч)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
кВт·ч	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,12	0,17	0,17
t,(ч)	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
кВт·ч	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

На рисунке 18 представлен график выработки СП по действительным значениям солнечной инсоляции за январь месяц.

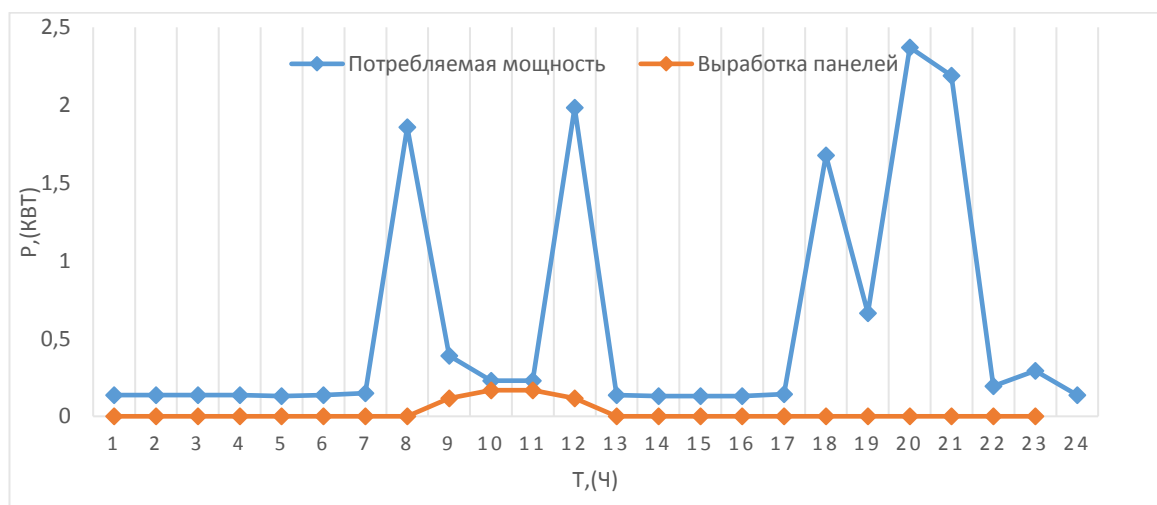


Рисунок 18 - Сравнение выработки СП (январь) и реальной нагрузки.

Энергетический баланс за январь месяц:

$$\sum_{i=0}^{24} P_n = P_{n1} + P_{n2} + \dots + P_{n24} = 13,85 \text{ кВт}$$

$$\sum_{i=0}^{24} P_{\phi \text{ЭС}} = P_{\phi \text{ЭС}1} + P_{\phi \text{ЭС}2} + \dots + P_{\phi \text{ЭС}24} = 0,57 \text{ кВт}$$

$$P_{\text{ЭБ}} = P_{\phi \text{ЭС}} - P_n = 0,57 - 13,85 = -13,28 \text{ кВт}$$

Февраль:

Таблица 12 - Сумма прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность, сумма выработки солнечной радиации СП в мощность при средних условиях облачности(февраль).

t,(ч)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
МДж/м ²	-	-	-	-	-	-	0	0,04	0,17	0,34	0,38	0,42
t,(ч)	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
МДж/м ²	0,3	0,17	0,08	0	-	-	-	-	-	-	-	-
t,(ч)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
МДж	-	-	-	-	-	-	0	0,19	0,79	1,58	1,77	1,96
t,(ч)	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
МДж	1,39	0,79	0,37	0	-	-	-	-	-	-	-	-
t,(ч)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
кВт·ч	-	-	-	-	-	-	0	0,05	0,22	0,44	0,49	0,54
t,(ч)	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
кВт·ч	0,39	0,22	0,1	0	-	-	-	-	-	-	-	-

На рисунке 20 представлен график выработки СП по действительным значениям солнечной инсоляции за февраль месяц.

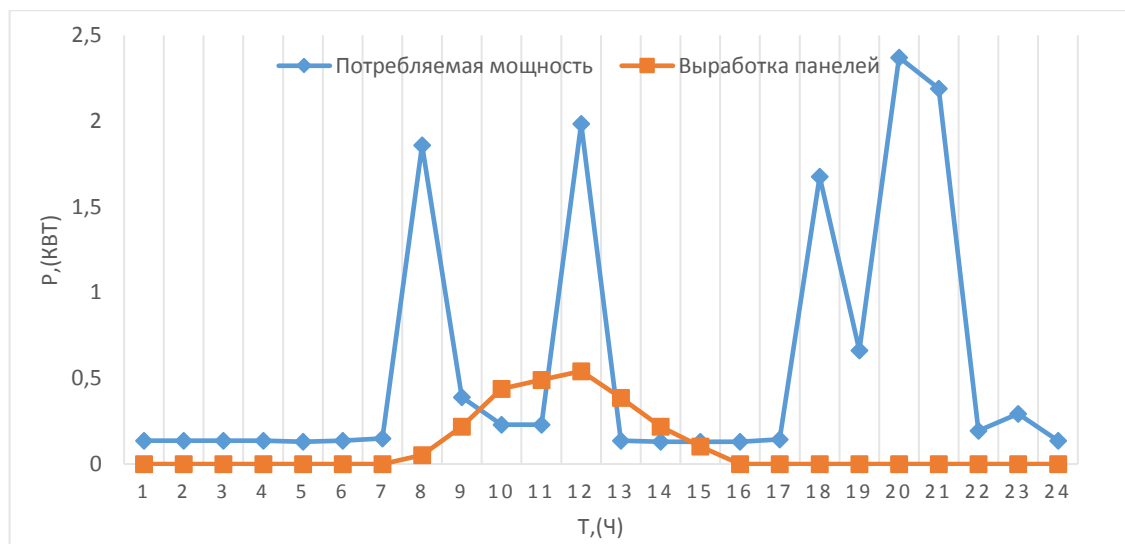


Рисунок 19 - Сравнение выработки СП(февраль) и реальной нагрузки.

Энергетический баланс за январь месяц:

$$\sum_{i=0}^{24} P_n = P_{n1} + P_{n2} + \dots + P_{n24} = 13,85 \text{ кВт}$$

$$\sum_{i=0}^{24} P_{\text{фэс}} = P_{\text{фэс1}} + P_{\text{фэс2}} + \dots + P_{\text{фэс24}} = 0,71 \text{ кВт}$$

$$P_{\text{эб}} = P_{\text{фэс}} - P_n = 0,71 - 13,85 = -13,14 \text{ кВт}$$

Март:

Таблица 13 - Сумма прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность при средних условиях облачности(март).

t,(ч)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
МДж/м ²	-	-	-	-	-	0	0,12	0,3	0,51	0,68	0,72	0,68
t,(ч)	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
МДж/м ²	0,64	0,42	0,25	0,08	0	-	-	-	-	-	-	-
t,(ч)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
МДж	-	-	-	-	-	0	0,56	1,4	2,37	3,17	3,35	3,17
t,(ч)	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
МДж	2,98	1,96	1,16	0,37	0	-	-	-	-	-	-	-
t,(ч)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
кВт·ч	-	-	-	-	-	0	0,15	0,39	0,66	0,88	0,93	0,88
t,(ч)	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
кВт·ч	0,83	0,54	0,32	0,1	0	-	-	-	-	-	-	-

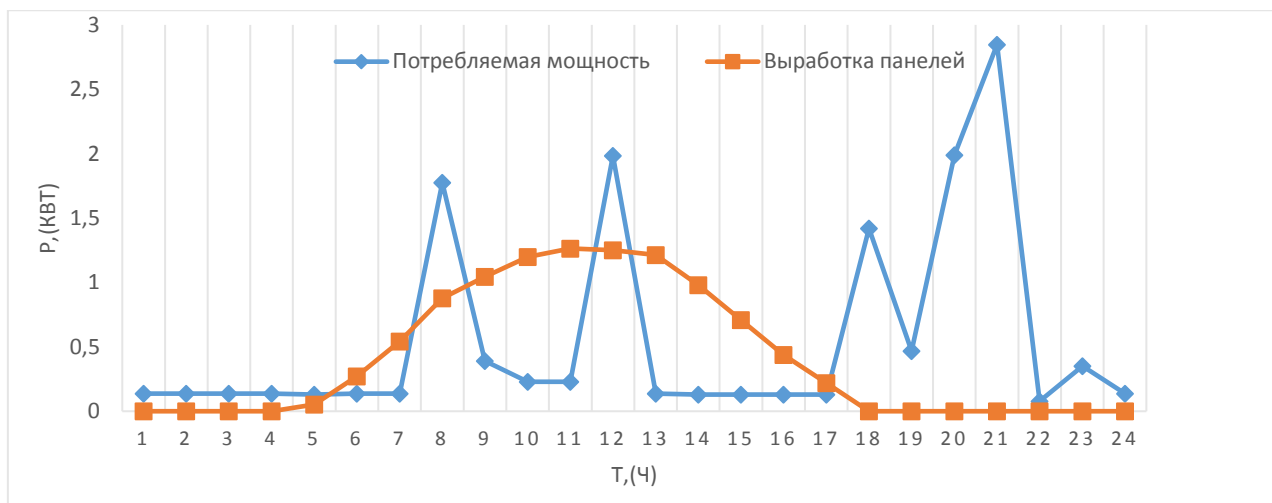


Рисунок 20 - Сравнение выработки СП (март) и реальной нагрузки.

Энергетический баланс за март месяц:

$$\sum_{i=0}^{24} P_n = P_{n1} + P_{n2} + \dots + P_{n24} = 13,5 \text{ кВт}$$

$$\sum_{i=0}^{24} P_{\text{фЭС}} = P_{\text{фЭС1}} + P_{\text{фЭС2}} + \dots + P_{\text{фЭС24}} = 5,67 \text{ кВт}$$

$$P_{\text{ЭБ}} = P_{\text{фЭС}} - P_n = 5,67 - 13,5 = -7,83 \text{ кВт}$$

Апрель:

Таблица 14 - Сумма прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность при средних условиях облачности(апрель).

t,(ч)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
МДж/м ²	-	-	-	0	0,04	0,21	0,42	0,68	0,81	0,93	0,98	0,97
t,(ч)	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
МДж/м ²	0,94	0,76	0,55	0,34	0,17	0	0	-	-	-	-	-
t,(ч)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
МДж	-	-	-	0	0,19	0,98	1,96	3,17	3,77	4,33	4,56	4,52
t,(ч)	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
МДж	4,38	3,54	2,56	1,58	0,79	0	0	-	-	-	-	-
t,(ч)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
кВт·ч	-	-	-	0	0,05	0,27	0,54	0,88	1,04	1,19	1,26	1,25
t,(ч)	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
кВт·ч	1,21	0,98	0,71	0,44	0,22	0	0	-	-	-	-	-

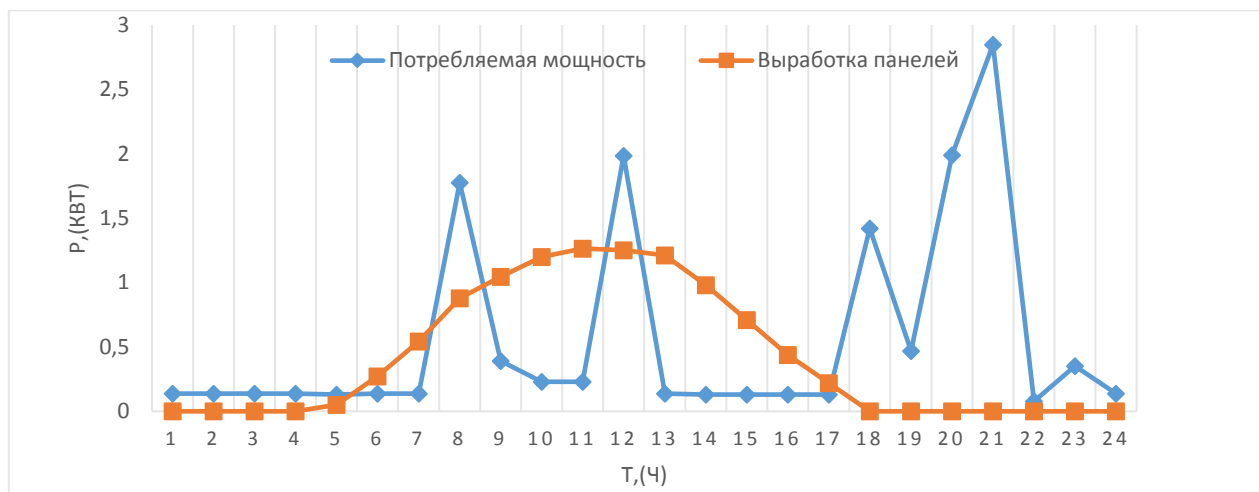


Рисунок 21 - Сравнение выработки СП (апрель) и реальной нагрузки.

Рассчитаем энергетический баланс за апрель месяц:

$$\sum_{i=0}^{24} P_n = P_{n1} + P_{n2} + \dots + P_{n24} = 13,5 \text{ кВт}$$

$$\sum_{i=0}^{24} P_{\text{ЭС}} = P_{\text{ЭС1}} + P_{\text{ЭС2}} + \dots + P_{\text{ЭС24}} = 10,06 \text{ кВт}$$

$$P_{\text{ЭБ}} = P_{\text{ЭС}} - P_n = 10,06 - 13,5 = -3,44 \text{ кВт}$$

Май:

Таблица 15 - Сумма прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность, сумма выработки солнечной радиации СП в мощность при средних условиях облачности(май).

t,(ч)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
МДж/м ²	-	-	0	0,04	0,17	0,34	0,56	0,73	0,93	0,97	1,12	1,2
t,(ч)	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
МДж/м ²	1,03	0,91	0,74	0,51	0,3	0,12	0,04	0,01	0	-	-	-
t,(ч)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
МДж	-	-	0	0,19	0,79	1,58	2,61	3,39	4,33	4,52	5,21	5,59
t,(ч)	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
МДж	4,79	4,24	3,45	2,37	1,39	0,56	0,19	0,05	0	-	-	-
t,(ч)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
кВт·ч	-	-	0	0,05	0,22	0,44	0,72	0,94	1,19	1,25	1,44	1,55
t,(ч)	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
кВт·ч	1,33	1,17	0,95	0,66	0,39	0,15	0,05	0,01	0	-	-	-

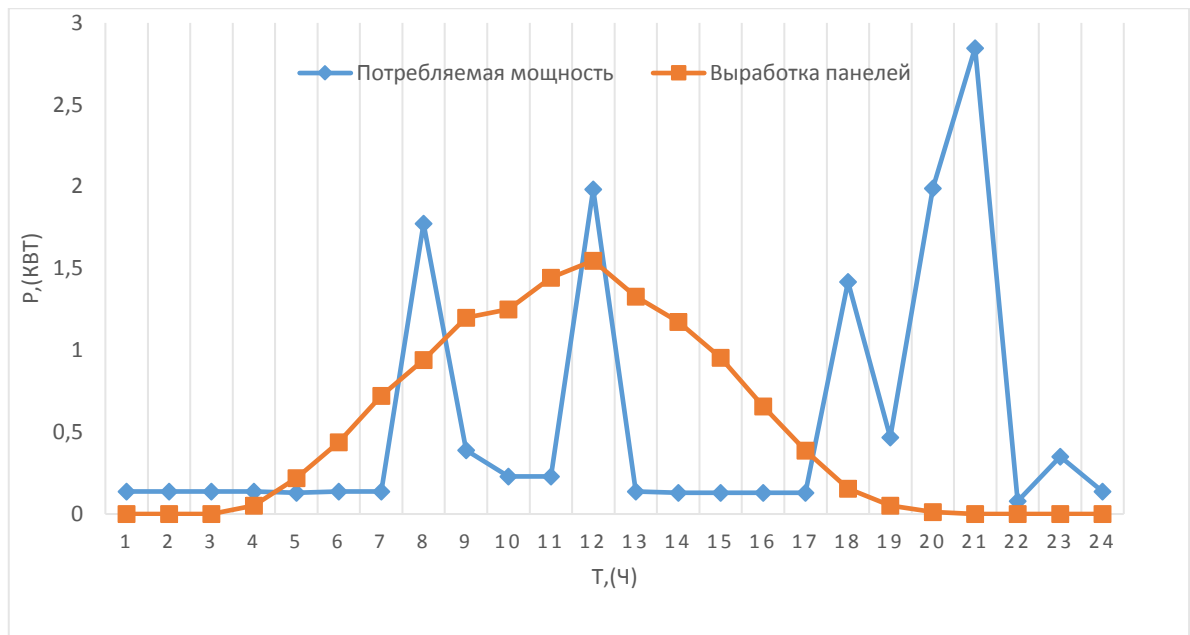


Рисунок 22 - Сравнение выработки СП (май) и реальной нагрузки.

Поскольку данный месяц имеет большую солнечную инсоляцию, то расчет будет производиться, как в летний сезон.

Энергетический баланс за май:

$$\sum_{i=0}^{24} P_n = P_{n1} + P_{n2} + \dots + P_{n24} = 12,3 \text{ кВт}$$

$$\sum_{i=0}^{24} P_{\text{ФЭС}} = P_{\text{ФЭС1}} + P_{\text{ФЭС2}} + \dots + P_{\text{ФЭС24}} = 12,53 \text{ кВт}$$

$$P_{\text{ЭБ}} = P_{\text{ФЭС}} - P_n = 12,53 - 12,35 = 0,23 \text{ кВт}$$

Из энергетического баланса за май месяц видно, что СП выдают нужную нам мощность для обеспечения дома электроэнергией, рассчитаем заряд/разряд АБ для того, чтобы убедиться, что и аккумуляторы будут всегда заряжены.

Таблица 16 – Энергетический баланс по часам (май).

РЭБ1	РЭБ2	РЭБ3	РЭБ4	РЭБ5	РЭБ6	РЭБ7	РЭБ8	РЭБ9	РЭБ10	РЭБ11	РЭБ12
-0,13	-0,13	-0,13	-0,08	0,09	0,31	0,59	-0,75	0,81	1,02	1,21	-0,34
РЭБ13	РЭБ14	РЭБ15	РЭБ16	РЭБ17	РЭБ18	РЭБ19	РЭБ20	РЭБ21	РЭБ22	РЭБ23	РЭБ24
1,19	1,04	0,82	0,53	0,26	-1,14	-0,34	-1,52	-2,19	-0,39	-0,39	-0,13

После того, как провели расчеты энергетического баланс по часам, можем найти ток заряда/разряда.

Таблица 17– Значение тока разряда/заряда по часам (май).

I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6	I_7	I_8	I_9	I_{10}	I_{11}	I_{12}
-5,4	-5,4	-5,4	-3,33	3,75	12,92	24,58	-31,25	21,25	33,75	50,42	-14,17
I_{13}	I_{14}	I_{15}	I_{16}	I_{17}	I_{18}	I_{19}	I_{20}	I_{21}	I_{22}	I_{23}	I_{24}
49,58	43,33	34,17	22,1	10,83	-47,5	-14,17	-63,3	-91,25	-16,25	-16,25	-5,4

Складываем ток разряда с 18:00-4:00, то ток разряда будет равен:

$I_{\text{раз}} = -273,65 \text{ А} \cdot \text{ч}$, разряд составит 91,22 А·ч на каждую пару аккумуляторов в течение 12 часов.

При сложении тока заряда и разряда с 5:00-17:00 и отнимая от этой суммы ток разряда в пиковые часы нагрузки 8:00, 12:00, то ток заряда будет равен:

$I_{\text{зар}} = 261,26 \text{ А} \cdot \text{ч}$, где видно что такое количество А·ч будет заряжать АБ на 96%, потому что каждый аккумулятор в течение суток будет подзаряжен на 87,1 А·ч.

Июнь:

Таблица 18- Сумма прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность, сумма выработки солнечной радиации СП в мощность при средних условиях облачности(июнь).

$t, (\text{ч})$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
МДж/м	0	0	0	0,13	0,25	0,42	0,64	0,77	0,98	1,02	1,11	1,07
$t, (\text{ч})$	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
МДж/м	1,06	0,94	0,81	0,64	0,47	0,29	0,13	0	0	0	0	0
$t, (\text{ч})$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
МДж	0	0	0	0,61	1,16	1,96	2,98	3,59	4,56	4,75	5,17	4,98
$t, (\text{ч})$	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
МДж	4,94	4,38	3,77	2,98	2,19	1,35	0,61	0	0	0	0	0
$t, (\text{ч})$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
кВт·ч	0	0	0	0,17	0,32	0,54	0,83	0,99	1,26	1,32	1,43	1,38
$t, (\text{ч})$	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
кВт·ч	1,37	1,21	1,04	0,83	0,61	0,37	0,17	0	0	0	0	0

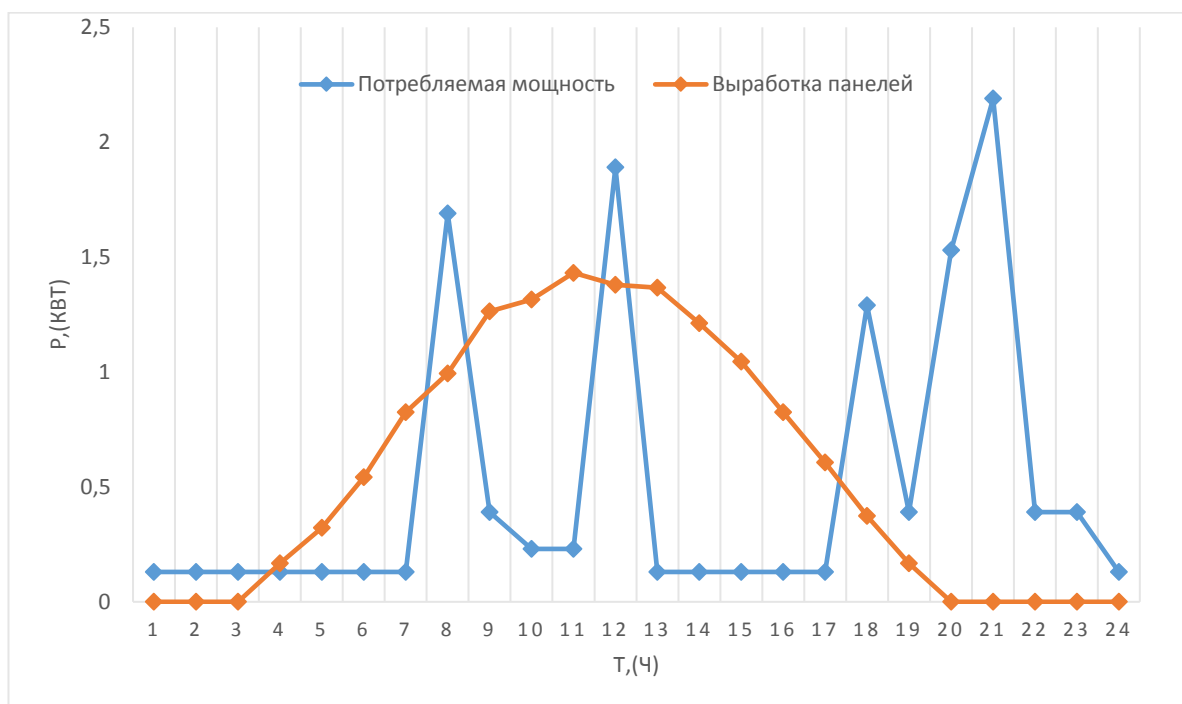


Рисунок 23 - Сравнение выработки СП (июнь) и реальной нагрузки.

Энергетический баланс за июнь:

$$\sum_{i=0}^{24} P_n = P_{n1} + P_{n2} + \dots + P_{n24} = 12,35 \text{ кВт}$$

$$\sum_{i=0}^{24} P_{\text{фЭС}} = P_{\text{фЭС1}} + P_{\text{фЭС2}} + \dots + P_{\text{фЭС24}} = 13,84 \text{ кВт}$$

$$P_{\text{ЭБ}} = P_{\text{фЭС}} - P_n = 13,84 - 12,35 = 1,49 \text{ кВт}$$

Из энергетического баланса видно, что СП выдают нужную нам мощность для обеспечения дома электроэнергией, рассчитаем заряд/разряд АБ для того, чтобы убедиться, что и аккумуляторы будут всегда заряжены.

Таблица 19 – Энергетический баланс по часам (июнь).

РЭБ1	РЭБ2	РЭБ3	РЭБ4	РЭБ5	РЭБ6	РЭБ7	РЭБ8	РЭБ9	РЭБ10	РЭБ11	РЭБ12
-0,13	-0,13	-0,13	0,04	0,19	0,41	0,69	-0,69	0,87	1,09	1,20	-0,51
РЭБ13	РЭБ14	РЭБ15	РЭБ16	РЭБ17	РЭБ18	РЭБ19	РЭБ20	РЭБ21	РЭБ22	РЭБ23	РЭБ24
1,23	1,08	0,91	0,69	0,48	-0,9	-0,22	-1,53	-2,19	-0,39	-0,39	-0,13

После того, как провели расчеты энергетического баланса по часам, можем найти ток заряда.

Таблица 20– Значение тока разряда/заряда по часам (июнь).

I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6	I_7	I_8	I_9	I_{10}	I_{11}	I_{12}
-5,4	-5,4	-5,4	1,66	7,92	17,08	28,75	-29,03	23,75	45,42	50	-21,25
I_{13}	I_{14}	I_{15}	I_{16}	I_{17}	I_{18}	I_{19}	I_{20}	I_{21}	I_{22}	I_{23}	I_{24}
51,25	45	37,92	28,75	20	-38,16	-9,17	-63,75	-91,25	-16,25	-16,25	-5,4

Складываем ток разряда с 18:00-3:00 , то ток разряда будет равен:

$I_{\text{раз}} = -202,02 \text{ А} \cdot \text{ч}$, что позволяет использовать аккумулятора на не износ поскольку у нас 3 пары АБ соединённых параллельно и разряд составит $67,34 \text{ А} \cdot \text{ч}$ на каждую пару аккумуляторов в течение 12 часов.

При сложении тока заряда и разряда с 4:00-17:00 и отнимая от этой суммы ток разряда в пиковые часы нагрузки 8:00, 12:00, то ток заряда будет равен:

$I_{\text{зар}} = 307,22 \text{ А} \cdot \text{ч}$, где видно что такое количество $\text{А} \cdot \text{ч}$ будет заряжать АБ на 100%, потому что каждая пара аккумулятор в течение суток будет подзаряжен на $102,4 \text{ А} \cdot \text{ч}$.

Август:

Таблица 21 - Сумма прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность при средних условиях облачности(август).

$t, (\text{ч})$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
МДж/м	0	0	0	0,04	0,04	0,21	0,38	0,56	0,72	0,76	0,81	0,76
$t, (\text{ч})$	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
МДж/м	0,72	0,64	0,51	0,34	0,17	0,04	0,04	0	0	0	0	0
$t, (\text{ч})$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
МДж	0	0	0	0,19	0,19	0,98	1,77	2,61	3,35	3,54	3,77	3,54
$t, (\text{ч})$	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
МДж	3,35	2,98	2,37	1,58	0,79	0,19	0,19	0	0	0	0	0
$t, (\text{ч})$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
кВт·ч	0	0	0	0,05	0,05	0,27	0,49	0,72	0,93	0,98	1,04	0,98
$t, (\text{ч})$	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
кВт·ч	0,93	0,83	0,66	0,44	0,22	0,05	0,05	0	0	0	0	0

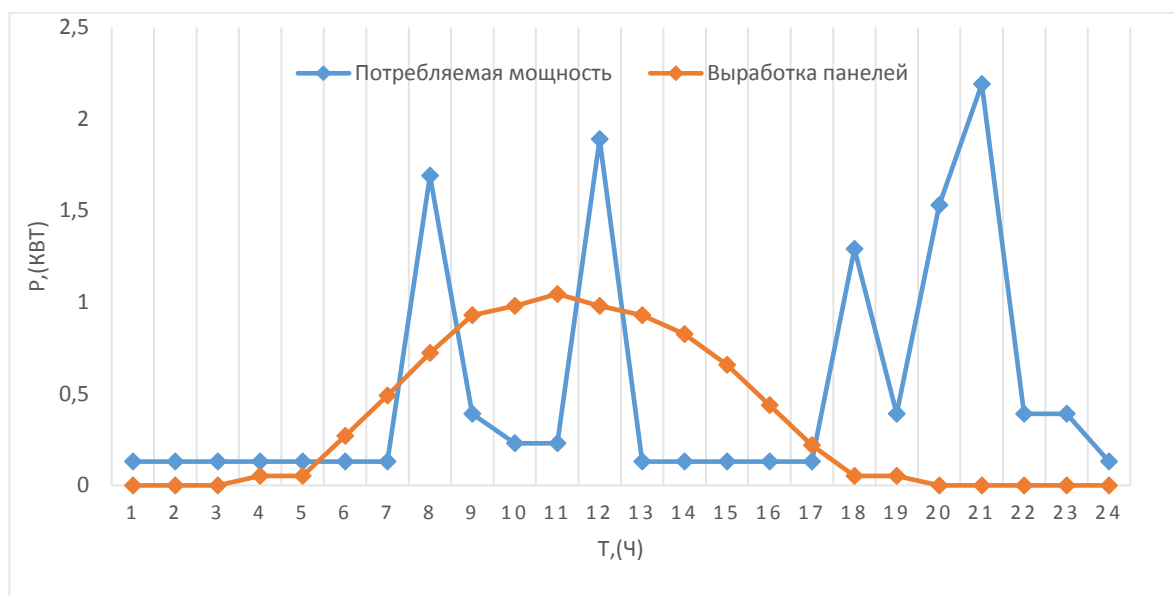


Рисунок 24 - Сравнение выработки СП (август) и реальной нагрузки.

Энергетический баланс за август месяц:

$$\sum_{i=0}^{24} P_n = P_{n1} + P_{n2} + \dots + P_{n24} = 13,47 \text{ кВт}$$

$$\sum_{i=0}^{24} P_{\text{ФЭС}} = P_{\text{ФЭС1}} + P_{\text{ФЭС2}} + \dots + P_{\text{ФЭС24}} = 8,69 \text{ кВт}$$

$$P_{\text{ЭБ}} = P_{\text{ФЭС}} - P_n = 8,69 - 12,35 = -3,66 \text{ кВт}$$

Сентябрь:

Таблица 22 - Сумма прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность при средних условиях облачности(сентябрь).

t,(ч)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
МДж/м	0	0	0	0	0,01	0,07	0,12	0,26	0,34	0,42	0,47	0,51
t,(ч)	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
МДж/м	0,43	0,34	0,3	0,12	0,09	0,01	0	0	0	0	0	0
t,(ч)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
МДж	0	0	0	0	0,05	0,33	0,56	1,21	1,58	1,96	2,19	2,37
t,(ч)	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
МДж	2	1,58	1,39	0,56	0,42	0,05	0	0	0	0	0	0
t,(ч)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
кВт·ч	0	0	0	0	0,01	0,09	0,15	0,34	0,44	0,54	0,61	0,66
t,(ч)	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
кВт·ч	0,55	0,44	0,39	0,15	0,12	0,01	0	0	0	0	0	0

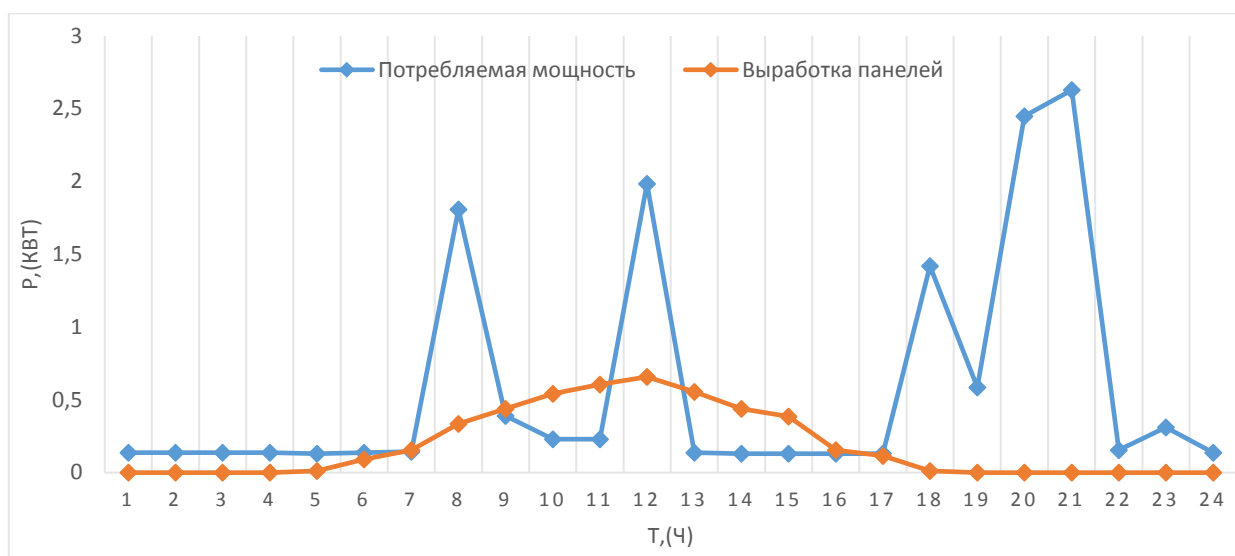


Рисунок 25- Сравнение выработки СП (сентябрь) и реальной нагрузки.

Энергетический баланс за сентябрь месяц:

$$\sum_{i=0}^{24} P_n = P_{n1} + P_{n2} + \dots + P_{n24} = 13,94 \text{ кВт}$$

$$\sum_{i=0}^{24} P_{\text{фэс}} = P_{\text{фэс1}} + P_{\text{фэс2}} + \dots + P_{\text{фэс24}} = 4,5 \text{ кВт}$$

$$P_{\text{эб}} = P_{\text{фэс}} - P_n = 4,5 - 13,94 = -9,44 \text{ кВт}$$

Октябрь:

Таблица 23 - Сумма прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность при средних условиях облачности(октябрь).

t,(ч)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
МДж/м	0	0	0	0	0	0	0	0,05	0,13	0,17	0,21	0,25
t,(ч)	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
МДж/м	0,17	0,13	0,04	0	0	0	0	0	0	0	0	0
t,(ч)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
МДж	0	0	0	0	0	0	0	0,23	0,61	0,79	0,98	1,16
t,(ч)	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
МДж	0,79	0,61	0,19	0	0	0	0	0	0	0	0	0
t,(ч)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
кВт·ч	0	0	0	0	0	0	0	0,06	0,17	0,22	0,27	0,32
t,(ч)	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
кВт·ч	0,22	0,17	0,05	0	0	0	0	0	0	0	0	0

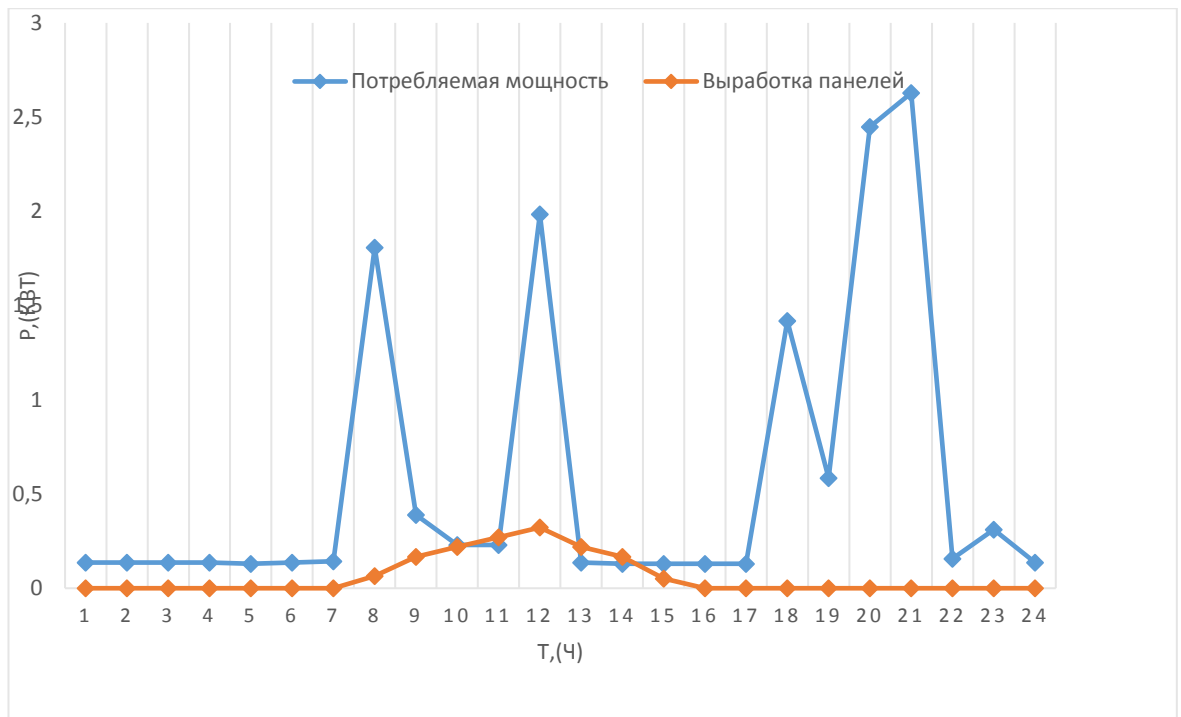


Рисунок 26- Сравнение выработки СП (октябрь) и реальной нагрузки.

Энергетический баланс за октябрь месяц:

$$\sum_{i=0}^{24} P_n = P_{n1} + P_{n2} + \dots + P_{n24} = 13,94 \text{ кВт}$$

$$\sum_{i=0}^{24} P_{\text{ФЭС}} = P_{\text{ФЭС1}} + P_{\text{ФЭС2}} + \dots + P_{\text{ФЭС24}} = 1,48 \text{ кВт}$$

$$P_{\text{ЭБ}} = P_{\text{ФЭС}} - P_n = 1,48 - 13,94 = -12,46 \text{ кВт}$$

Ноябрь:

Таблица 24 - Сумма прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность при средних условиях облачности(ноябрь).

t,(ч)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
МДж/м	0	0	0	0	0	0	0	0	0,04	0,09	0,12	0,12
t,(ч)	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
МДж/м	0,09	0,04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
t,(ч)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
МДж	0	0	0	0	0	0	0	0	0,19	0,42	0,56	0,56
t,(ч)	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
МДж	0,42	0,19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
t,(ч)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
кВт·ч	0	0	0	0	0	0	0	0	0,05	0,12	0,15	0,15
t,(ч)	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
кВт·ч	0,12	0,05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



Рисунок 27- Сравнение выработки СП (ноябрь) и реальной нагрузки.

Энергетический баланс за ноябрь месяц:

$$\sum_{i=0}^{24} P_n = P_{n1} + P_{n2} + \dots + P_{n24} = 13,94 \text{ кВт}$$

$$\sum_{i=0}^{24} P_{\text{фЭС}} = P_{\text{фЭС1}} + P_{\text{фЭС2}} + \dots + P_{\text{фЭС24}} = 0,64 \text{ кВт}$$

$$P_{\text{ЭБ}} = P_{\text{фЭС}} - P_n = 0,64 - 13,94 = -13,3 \text{ кВт}$$

Декабрь:

Таблица 25 - Сумма прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность, сумма выработки солнечной радиации СП в мощность при средних условиях облачности(декабрь).

t,(ч)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
МДж/м	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,04	0,04	0,04
t,(ч)	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
МДж/м	0,04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
t,(ч)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
МДж	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,19	0,19	0,19
t,(ч)	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
МДж	0,19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
t,(ч)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
кВт·ч	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,05	0,05	0,05
t,(ч)	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
кВт·ч	0,05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

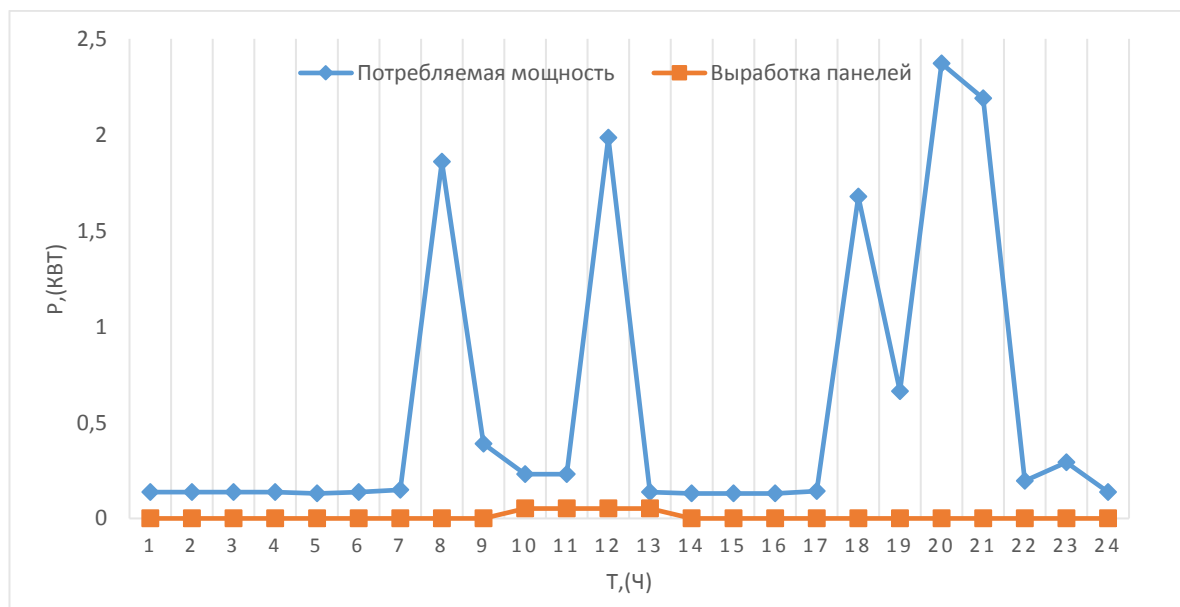


Рисунок 28 - Сравнение выработки СП (декабрь) и реальной нагрузки.

Энергетический баланс за декабрь месяц:

$$\sum_{i=0}^{24} P_n = P_{n1} + P_{n2} + \dots + P_{n24} = 13,85 \text{ кВт}$$

$$\sum_{i=0}^{24} P_{\text{фЭС}} = P_{\text{фЭС1}} + P_{\text{фЭС2}} + \dots + P_{\text{фЭС24}} = 0,2 \text{ кВт}$$

$$P_{\text{ЭБ}} = P_{\text{фЭС}} - P_n = 0,2 - 13,85 = -13,65 \text{ кВт}$$

Составим наглядную таблицу энергетического баланса по месяцам.

Таблица 26 – Энергетический баланс по месяцам.

Месяц	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
$P_{\text{ЭБ}}(\text{кВт}\cdot\text{ч/сутки})$	-13,28	-13,14	-7,83	-3,44	0,23	1,49
Месяц	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
$P_{\text{ЭБ}}(\text{кВт}\cdot\text{ч/сутки})$	2,61	-3,66	-9,44	-12,44	-13,3	-13,65

Из таблицы 26 наглядно видно, что наша система может обеспечить электроэнергией дом без дополнительных вспомогательных устройств в течении трех месяцев (май, июнь, июль), а в оставшиеся месяцы будет работать ДЭС, а аккумуляторы будут работать в буферном режиме.

2.6 ВЫБОР И РАСЧЁТ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

Следующей задачей является выбор типа АБ.

В таблице 6 приведены расширенные матричные (табличные) характеристики аккумуляторов, позволяющие обосновано, на основе статического анализа, выбрать типы АБ.

Таблица 27- Характеристики аккумуляторов

Характеристики	Типы аккумуляторных батарей						
	NiCd	NiMH	Свинцово-кислотные	Li-Ion	Li-Ion полимерные	Перезаряд. щелочные	Гелиевые
Энергетическая плотность, Вт/кг	45...80	60...120	150	110...160	100...130	80	180
Внутреннее сопротивление, мОм	100...200 (батарея на 6 В)	200...300 (батарея на 6 В)	менее 100 (батарея на 12 В)	150...250 (батарея на 7,2 В)	200...300 (батарея на 7,2 В)	200...2000 (батарея на 6 В)	менее 100 (батарея на 12 В)
Число циклов заряд/разряд до снижения емкости на 80 %	1500	300...500	200...300	500...1000	300...500	50 (при сниж. емк. на 50%)	700
Время быстрого заряда, ч	1	2...4	8...16	2...4	2...4	2...3	3,5
Допустимый перезаряд	средний	низкий	высокий	очень низкий	низкий	средний	низкий
Саморазряд за месяц при комнатной температуре, %	20	30	5	10	10	0,3	3
Напряжение на элементе, В	1,25	1,25	2	3,6	3,6	1,5 – 1,6	2
Ток нагрузки относительно емкости (С): - пиковый - наиболее приемлемый	20С до 1С	5С до 0,5с	5С до 0,2с	>2С до 1С	>2С до 1С	0,5С до 0,2с	5С до 0,2с
Диапазон рабочих температур, °С	-40...60	-20...60	-20...60	-20...60	0...60	0...65	-20...60
Обслуживание через	30...60 дн.	60...90 дн.	3...6 м-цев	не регл.	не регл.	не регл.	не регл.
Начало производства	1950	1990	1970	1991	1999	1992	2000

Из известных типов АБ для ФЭУ чаще всего используются свинцово-кислотные и гелиевые АБ. Выбор гелиевых аккумуляторов зависит от

уникальных характеристик: отсутствие регулятора зарядного тока, большое количество циклов заряда-разряда, допустимость длительного нахождения в разряженном состоянии, низкий саморазряд, возможность эксплуатации в любом положении в жилом помещении. Установлена возможность использования нового типа АБ (гелиевый аккумулятор).

На сегодняшний день подобные аккумуляторы широко используются в домашних мощных системах бесперебойного питания, в альтернативной энергетике. Гелиевые аккумуляторные батареи требуют только защиты от перезаряда и должны иметь ограничитель напряжения при заряде, что обеспечивает их максимальный срок службы свыше 700 циклов заряд-разряда.

Преимущества гелиевых АБ:

- Абсолютно не требуют обслуживания;
- Защищены от проливания/протечек;
- Имеют высокие показатели при глубоком разряде;
- Могут устанавливаться боком (возможна потеря 10% мощности) ;
- Отсутствие газовыделения;
- Возможность использования рядом с чувствительным электронным оборудованием;
- Длительный срок хранения;
- Быстрая перезарядка (с 0% до 90% за 3,5 часа) - в 7 раз быстрее аналогичного кислотного аккумулятора;
- Нет ограничения по току при подзарядке до 13,8В;
- Устойчивость к вибрации;
- Работа во влажных средах, даже на глубине 10 метров под водой;
- При полном заряде не замерзает при температуре -30°C;
- Оптимальная удельная стоимость (цена/количество месяцев в эксплуатации);
- Самая низкая удельная стоимость (цена/количество циклов).

Особенности гелиевых АБ:

- Высокая начальная стоимость
- Большой вес по сравнению с другими аккумуляторами
- Невозможность долить воду при продолжительном перезаряде

Для системы автономного электроснабжения нельзя использовать автомобильные (свинцовые) аккумуляторы или аккумуляторы, не имеющие глубокого цикла.

ФЭУ работает с ограничением напряжения АБ. При разрядном напряжении АБ,

$U_{AB}=24V$ (поскольку АБ подключены последовательно)

средний разрядный ток АБ $I_{ср.раз.ночь}(A)$ равен:

$$I_{ср.раз.ночь} = \frac{P_{ср.ночь}}{U_{AB}} = \frac{0,48кВт}{24V} = 20A$$

Средний разрядный ток на нагрузку днем $I_{ср.раз.день}$:

$$I_{ср.раз.день} = \frac{P_{ср.день}}{U_{AB}} = \frac{0,54кВт}{24V} = 22,5A$$

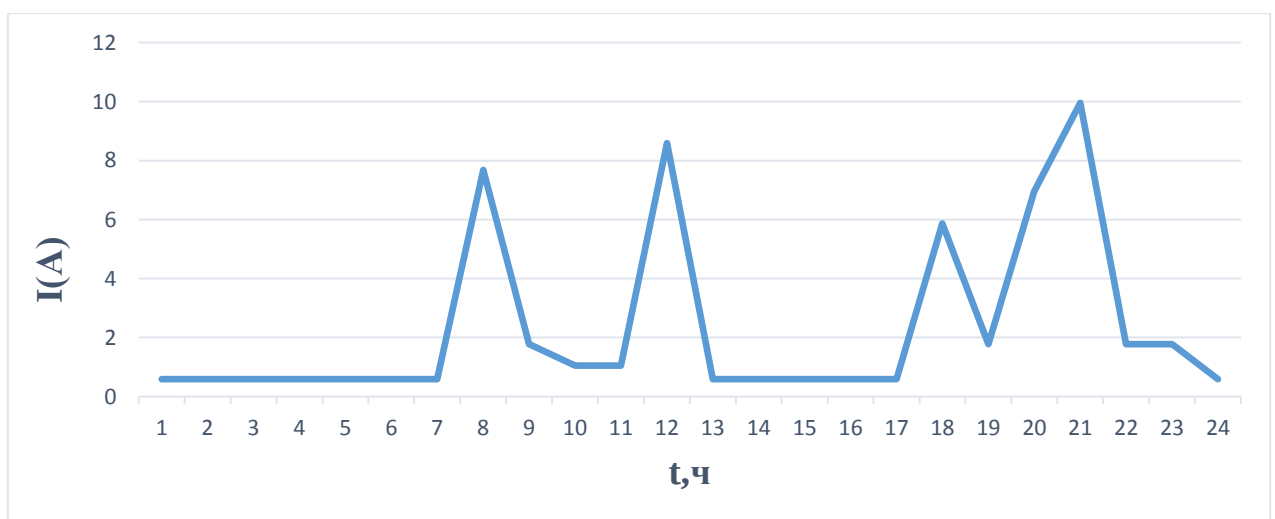


Рисунок 29 – Циклограмма тока нагрузки за 24 часа.

КПД для гелевых АБ $\eta_{разряд}=0,75$.

$Q_{AB, \text{раз.ночь}}$ (А·ч) с учетом КПД разряда и $T_{\text{ночь}} = T_{\text{день}} = 12$ часов:

$$Q_{AB, \text{раз.ночь}} = \frac{I_{\text{ср.раз.ночь}} \cdot T_{\text{ночь}}}{\eta_{\text{Разряд}}} = \frac{20A \cdot 12ч}{0,75} = 320A \cdot ч$$

Разрядная ёмкость АБ на нагрузку днем $Q_{AB, \text{раз.день}}$ (А·ч):

$$Q_{AB, \text{раз.день}} = I_{\text{ср.раз.день}} \cdot T_{\text{день}} = 22,5A \cdot 12ч = 270A \cdot ч$$

Суммарный заряд, отдаваемый СП днем на заряд АБ и питание нагрузки $\sum Q_{CB}$ (А·ч):

$$\sum Q_{CB} = Q_{AB, \text{раз.ночь}} + Q_{AB, \text{раз.день}} = 320A \cdot ч + 270A \cdot ч = 590A \cdot ч$$

Среднее значение тока СП $I_{\text{ср,СП}}$ (А):

$$I_{\text{ср,СП}} = \frac{\sum Q_{CB}}{T_{\text{день}}} = \frac{590A \cdot ч}{12ч} = 49A$$

Для подключения 4 СП произведем расчёт АБ, которые будут подключены последовательно по 2 аккумулятора, если ёмкость последовательно соединенных АБ взять 100А·ч, а вольтаж 12В одной АБ, а при последовательном соединении 24В, соответственно полная мощность составит 100А·ч·24В=2400Вт·ч. По расчетам максимальный разряд аккумуляторов составляет 91А·ч. Соответственно 100А·ч·24В·0,91=2184Вт·ч.

Исходя из этого составим полную схему подключения всех СП, контроллеров заряда/разряда, инвертора, аккумуляторов и ДЭС.

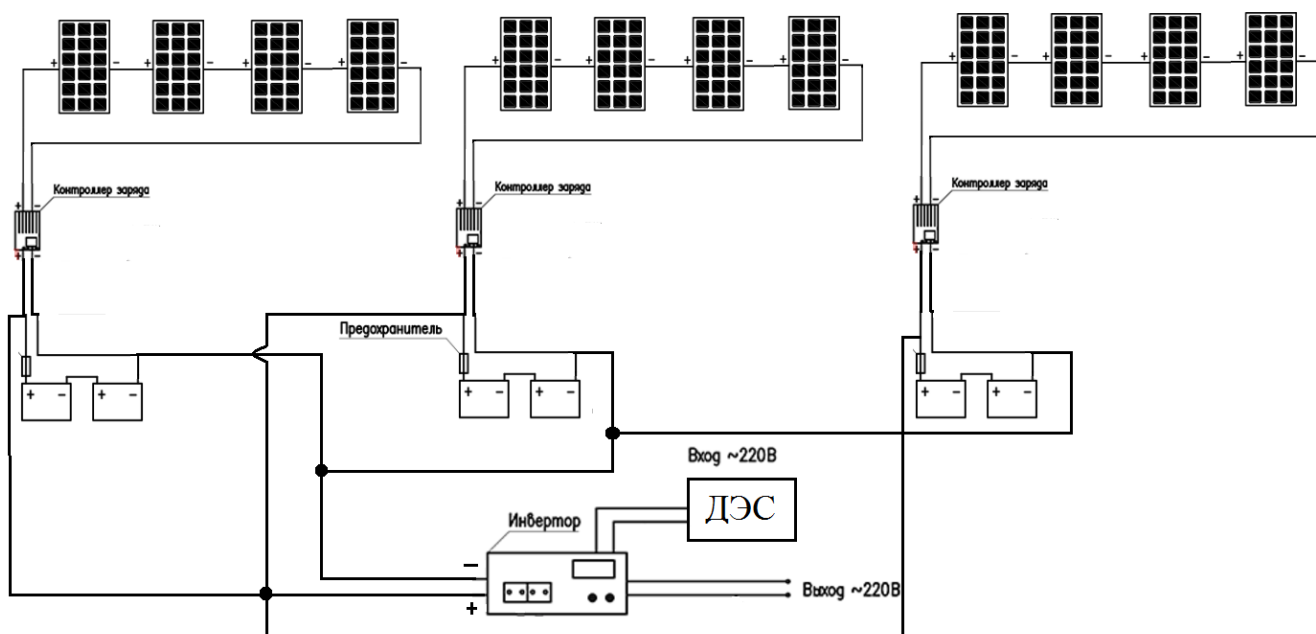


Рисунок 30 - Полная рабочая схема.

По схеме представленной ранее получается 6 АБ по 100Ач, следовательно в такой системе полная емкость составит: 6552Вт·ч, что позволяет нам использовать выбранное количество АБ и их емкость, т.к. максимальный пик нагрузки составляет 2,85кВт·ч (зимний период).

Срок службы гелевых аккумуляторов в циклическом режиме работы зависит от целого ряда факторов:

- рабочая температура окружающей среды
- скорость разряда
- способ заряда
- глубина разряда

Наиболее существенными из них являются глубина разряда, так как этот фактор влияет на срок службы АБ. На рисунке 31 ниже показано влияние глубины разряда на количество циклов работы гелевых аккумуляторов при циклическом режиме.

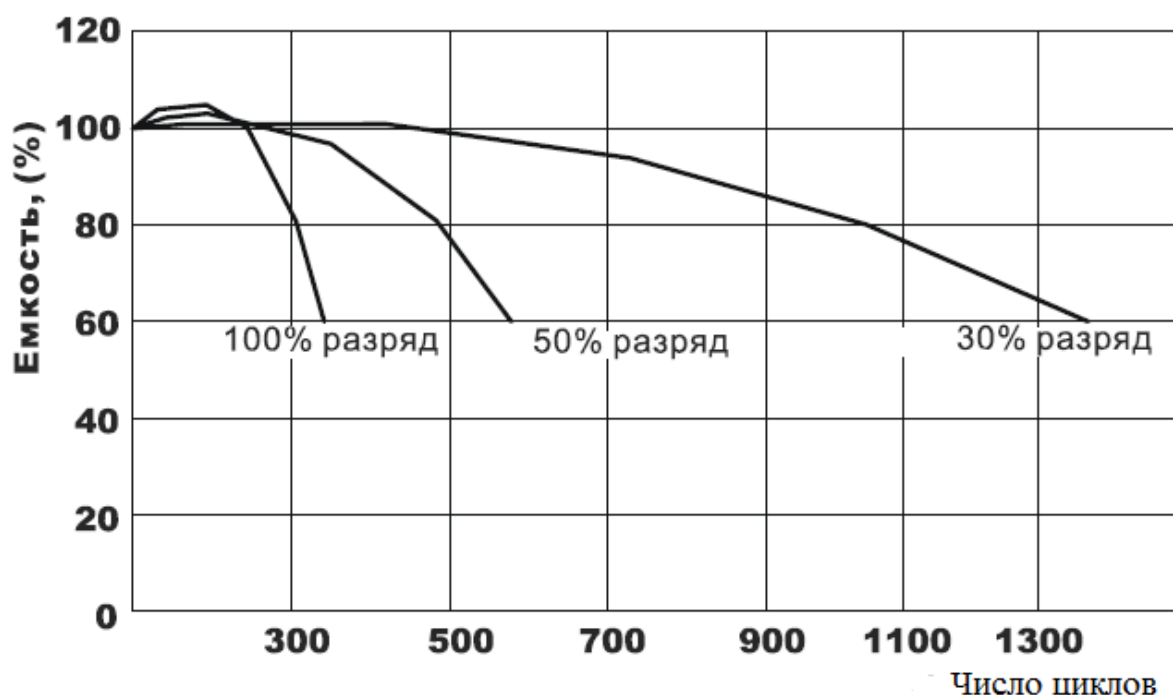


Рисунок 31 - Влияние глубины разряда на количество циклов работы гелевых АКБ.

Поскольку максимальная глубина разряда составляет 91А·ч, то приблизительное количество циклов заряда/разряда составляет 400 циклов. Гелевые аккумуляторы не требуют уравнивающего заряда, поэтому буферного напряжения достаточно, чтобы поддерживать моноблоки в полностью заряженном состоянии.

Выбираем гелиевый аккумулятор DELTA HR 12-100, 100Ач 12В



Рисунок 32 - Аккумулятор DELTA HR 12-100

Модель Delta HR 12-100 - это не обслуживаемый аккумулятор высокой ёмкости 100 Ач с номинальным напряжением 12 Вольт, разработанный специально системой ИБП (UPS). Ресурс работы изделия - более 5 лет. Аккумуляторы DELTA серии HR - это привлекательная цена и стабильные характеристики.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Номинальное напряжение, Вольт - 12

Срок службы, лет - 8-12

Номинальная емкость (25°C), Ач - 100

Саморазряд - 3% емкости в месяц при 20°C

ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Разряд, °C - -20~+60

Заряд, °C - -10~+60

Хранение, °C - -20~+60

ГАБАРИТЫ И ВЕС

Габаритные размеры, мм - 330x171x214

Вес, кг – 32

Производ.: DELTA

Страна: Китай

Модель: HR 12-100

Срок службы: 10 лет

Гарантия: 1 год

Цена: 14000

2.6.1 ВЕРОЯТНОСТЬ БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

Для аккумуляторной батареи, состоящей из последовательно соединенных аккумуляторов, вероятность безотказной работы в течение определенного времени автономной работы t определяется следующей формулой:

$$P(t) = e^{-m \cdot \lambda \cdot t} = \frac{1}{e^{m \cdot \lambda \cdot t}}$$

где $P(t)$ - вероятность безотказной работы; m - количество последовательно соединенных аккумуляторов, λ - интенсивность (средняя частота) отказов,

t - время работы – 3 года. Для $\lambda = 10^{-6} \frac{1}{\text{час}}$ - типовое значение частоты отказов,

для $t=20$ лет, для $t=\text{количество лет} \cdot \text{количество дней} \cdot \text{часов в}$

день $= 3 \cdot 365 \cdot 24 = 2638$ ч, для $U_n=220\text{В}$ количество последовательно

соединенных аккумуляторов $m=2$, таким образом, мы можем рассчитать вероятность безотказной работы:

$$P(t) = \frac{1}{e^{2 \cdot 10^{-6} \cdot 26380}} = 0,949$$

Эта высокая вероятность безотказной работы означает, что нет необходимости разрабатывать методы повышения надежности аккумуляторной батареи: замена раньше, чем через 3 года, индивидуальный контроль аккумуляторов и т.п.

ВЫВОД ПО ГЛАВЕ 2

Из приведенных расчетов следует, что перспектива фотоэлектрической солнечной энергетики очень велика. Солнечное излучение является практически неисчерпаемым источником энергии, находясь "под рукой" у любого потребителя и является экологически чистым доступным источником энергии.

Недостатком солнечного излучения как источника энергии является неравномерность его поступления на земную поверхность, определяемая суточной и сезонной цикличностью, а также погодными условиями. Поэтому весьма важной является проблема аккумулирования электроэнергии, вырабатываемой с помощью солнечных энергоустановок.

Крупномасштабное развитие фотоэнергетики даст огромный толчок развитию районов Земли с высоким среднегодовым поступлением солнечного излучения. Это касается в первую очередь пустынных и засушливых районов. В дальнейшем постепенно переходить к совершенной, экологически чистой и надежной энергетике и повышению КПД.

3. АНАЛИЗ ПИКОВЫХ НАГРУЗОК

3.1 АНАЛИЗ ЗАРЯДА/РАЗРЯДА АБ БЕЗ ДЭС ПРИ ПИКОВЫХ НАГРУЗКАХ

Из расчетов сделанных ранее проанализируем разряд/заряд АБ в летний период, где солнечная инсоляция позволяет СП выработать нужную мощность.

Май:

Ток разряда равен:

$I_{\text{раз}} = -273,65 \text{ А} \cdot \text{ч}$, разряд составит $91,22 \text{ А} \cdot \text{ч}$ в сутки на каждую пару АБ.

Ток заряда равен:

$I_{\text{зар}} = 261,26 \text{ А} \cdot \text{ч}$, очевидно, что такое количество заряда сможет зарядить каждую пару АБ на 96%.

Июнь:

Ток разряда равен:

$I_{\text{раз}} = -202,02 \text{ А} \cdot \text{ч}$, что позволяет использовать аккумулятора на не износ поскольку у нас 3 пары АБ соединённых параллельно и разряд составит $67,34 \text{ А} \cdot \text{ч}$ на каждую пару аккумуляторов в течение суток.

Ток заряда равен:

$I_{\text{зар}} = 307,22 \text{ А} \cdot \text{ч}$, где видно что такое количество заряда АБ зарядит их на 100%, потому что каждая пара аккумулятор в течение суток будет подзаряжен на $102,4 \text{ А} \cdot \text{ч}$.

Июль:

Ток разряда равен:

$I_{\text{раз}} = -257,4 \text{ А} \cdot \text{ч}$, где каждая пара АБ будет разряжена на $85,8 \text{ А} \cdot \text{ч}$ в течении суток.

Ток заряда равен:

$I_{\text{зар}} = 356,3 \text{ А} \cdot \text{ч}$, АБ будут обеспечены зарядом на 100%, т.к. каждая пара аккумуляторов в течение дня будет подзаряжена на $118,8 \text{ А} \cdot \text{ч}$.

3.2 РАСЧЕТ МОЩНОСТИ ДЭС ПРИ ПИКОВЫХ НАГРУЗКАХ

Энергетический баланс автономной фото-дизельной системы электроснабжения подразумевает покрытие графиков электропотребления объекта энергией, генерируемой фотоэлектростанцией и дизельной электростанцией.

Общий подход к формированию баланса заключается в максимальном использовании фотоэнергетического потенциала при минимизации затрат на производство электроэнергии. Тогда энергетический баланс системы строится следующим образом.

- 1) По известным графикам электрических нагрузок определяется среднее электропотребление объекта по каждому месяцу.
- 2) По известным характеристикам фото-потенциала и предварительно выбранного фотостанции определяется среднемесячная выработка электроэнергии для каждого месяца.
- 3) В результате сравнения генерируемой ФЭС и потребляемой объектом энергии определяется степень участия ДЭС в суммарном энергетическом балансе.

По расчётам и графикам потребления коттеджа и выработки СП по месяцам видно, что 12 СП вполне могут обеспечить стабильность и надежность подачи электроэнергии в летний период, что нельзя сказать о оставшихся периодах года, где пик нагрузки будет увеличен, т.к. недостаточно солнечной радиации в эти месяцы. По данным таблицы 26 видно, в какие месяцы нужна работа дизельной электростанции.

Аккумуляторы работают в буферном режиме, сглаживая колебания и обеспечивая непрерывность электроснабжения при переключении нагрузок на резервный дизель-генератор.

Фактически функции управления энергокомплексом выполняет инвертор Outback Power VFX3048E 3кВт.

Возможности такого инвертора следующие:

- Преобразование постоянного напряжения 24/48/96В в переменное 220В, 50Гц;
- Заряд аккумуляторов;
- Возможность синхронизироваться, что позволяет суммировать энергию от дизель-генератора и фотоустановки через аккумуляторные батареи;
- Автоматическое мгновенное переключение с аккумуляторов на электрогенератор и обратно;
- Автоматическое отключение при перегрузке, перегреве, защита аккумуляторов от недопустимого разряда.

Из графика представленных ранее видно, что СП не могут выработать достаточное количество мощности для обеспечения электроэнергии коттеджа в зимний период, поэтому в эти периоды будет включаться дизельная электростанция, чтобы обеспечить коттедж энергией в этот период и подзаряжать аккумуляторы, которые будут отдавать свою энергию в пиковые нагрузки, поскольку нам требуется мощность ДЭС в 4кВт, чтобы выработать нужное количество энергии в пиковые нагрузки, но мы выберем ДЭС меньшей мощности, т.к. в нашей системе имеются аккумуляторы, которые будут заряжены от дизель-генератора и помогут в работе при пиковых нагрузках и уменьшит расход топлива.

Произведем расчет коэффициента использования ДЭС (4кВт):

Коэффициент использования установленной мощности за год работы ДЭС

$$K_u = \frac{\mathcal{E}_g}{P_y} \cdot 100\%$$

где: $\mathcal{E}_g$ – выработка электроэнергии станцией в год, кВт·ч

P_y – установленная мощность ДЭС

$$\mathcal{E}_g = \frac{2743}{8760} = 0,3 \text{ кВт}$$

8760 – число часов в календарном году

$$K_u = \frac{0,3}{4} \cdot 100\% = 8\%$$

Таблица 28 – Требуемая мощность для ДЭС по месяцам.

Месяц	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
P(кВт·ч)	411,68	381,06	242,73	103,2	-	-
Месяц	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
P(кВт·ч)	-	113,46	283,2	385,66	399	423,15
					$\Sigma P = 2743,14 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ в год	

Поскольку 3 месяца не требуется рассчитывать, поэтому число часов в году составит 6552 часов, а коэффициент использования составит:

$$\mathcal{E}_g = \frac{2743}{6552} = 0,42 \text{ кВт}$$

$$K_{исп} = \frac{0,42}{4} \cdot 100\% = 10,5\%$$

Если выбрать ДЭС 2кВт и уменьшим работу ДЭС на 5 часов в сутки (ночное время) 1370 часов в год, когда аккумуляторы будут обеспечивать энергией автономного режима для дома в ночное время, когда сеть не нагружена. И аккумуляторы в пиковую нагрузку помогут ДЭС отдать нужную энергии в сеть дома поскольку они будут заряжены, то получим:

$$\mathfrak{Q}_e = \frac{2743}{6552 - 1372} = 0,53 \text{ кВт}$$

$$K_{исп} = \frac{0,53}{2} \cdot 100\% = 26,5\%$$

Таким образом, повысили коэффициент использования ДЭС. Исходя из этого произведем расчёт коэффициента использования дизель-генератора мощностью 2кВт, по требуемой суточной электроэнергии потребителя по месяцам, т.к. только в суточном потреблении можно увидеть и сравнить, как будет справляться ДЭС в пиковую нагрузку.

Таблица 29 – Средняя суточная мощность выработки энергии для ДЭС по месяцам.

Месяц	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
Р(кВт·ч)	13,28	13,14	7,83	3,44	-	-
Месяц	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Р(кВт·ч)	-	3,66	9,44	12,46	13,3	13,65

Поскольку АБ будут заряжены и смогут обеспечить энергией в ненагруженные часы 24:00-6:00 и 14:00-17:00 (из таблиц 1, 2).

Январь:

$$\mathfrak{Q}_e = \frac{13,28}{24 - 9} = 0,89 \text{ кВт}$$

$$K_{исп} = \frac{0,89}{2} \cdot 100\% = 44,5\%$$

Дальнейшие расчеты представлены в таблице 30.

Таблица 30 – Средний суточный коэффициент использования ДЭС по месяцам.

Месяц	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
$K_{исп} (\%)$	44,5	43,8	26,1	22,9	-	-
Месяц	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
$K_{исп} (\%)$	-	12,2	31,5	41,5	44,3	45,5

Как видно в таблице 30 в осенне-зимний период дизель-агрегат имеет высокий коэффициент использования, что позволяет выбрать ДЭС 2кВт, а в весенне-летний период коэффициент ниже, что аргументируется тем, что в этот период задействованы СП, которые позволяют не нагружать ДЭС.

Поскольку по схеме, представленной ранее для подключения 12 СП будет работать 6 АБ, где 3 пары аккумуляторов, которые соединены последовательно, а по отношению друг к другу параллельно. Таким образом максимальная мощность АБ составит: $(100\text{А} \cdot 24\text{В}) \cdot 3 = 7,2\text{кВт} \cdot \text{ч}$.

Произведем расчет разряда АБ в осенний период:

За 9 часов работы аккумуляторных батарей потребляемая мощность дома составит $P = 0,137\text{ кВт} \cdot \text{ч} \cdot 9 = 1,23\text{ кВт} \cdot \text{ч}$, что составляет 16,7% разряда в сутки, а в пиковую нагрузку недостающую мощность отдадут аккумуляторы, что позволит использовать ДЭС мощностью в 2кВт, поскольку данная система будет обеспечивать дом электроэнергией без перебоев.

Рассчитаем разряд в пиковую нагрузку осеннего периода, где пик у нас в 7:00≈1,8кВт·ч; 12:00≈1,98кВт·ч; 20:00≈2,45кВт·ч, 21:00≈2,63кВт·ч.

Если использовать ДЭС (2кВт) на 80%, то мощность дизель-агрегата составит 1,6кВт.

Тогда разряд АБ составит с 24:00-7:00 $P_{\text{разАБ}} = 0,98 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$ (с 24:00 по 6:00 отдадут энергию АБ и ДЭС не работает, как описывалось ранее), что является не критичным разрядом батарей. Далее ДЭС будет работать для нужд дома, где нет пиковой нагрузки до 12:00 и АБ будут заряжены.

В 12:00 разряд АБ будет не критичным для них $P_{\text{разАБ}} = 0,38 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$.

И в дальнейшие часы работы АБ 13:00-17:00 мощность разряда:

$P_{\text{разАБ}} = 0,52 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$ (описывалось ранее).

Мощность разряда в оставшийся период $P_{\text{разАБ}} = 1,88 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$ (20:00-21:00).

Анализ зимнего периода, где в пиковая нагрузка:

7:00 $\approx 1,86 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$; 12:00 $\approx 1,99 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$; 18:00 $\approx 1,67 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$; 20:00 $\approx 2,5 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$;
21:00 $\approx 2,7 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$.

Разряд АБ с 24:00-7:00 $P_{\text{разАБ}} = 1,04 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$, 12:00 $P_{\text{разАБ}} = 0,39 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$, часы работы АБ 13:00-17:00 мощность разряда: $P_{\text{разАБ}} = 0,55 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$ и в период 20:00-21:00 $P_{\text{разАБ}} = 2 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$.

По данным расчетам можно использовать ДЭС с мощностью 2кВт.

3.3 ВЫБОР И РАСЧЁТ РАСХОДА ДЭС

Анализируя ранние расчеты, что нужен агрегат суммарной мощностью 2кВт, который сможет обеспечить необходимый уровень электроэнергии.

В отличие от бензинового варианта, дизельный генератор имеет продолжительный рабочий цикл и большую надежность.

1. КПД мотора станции составляет 70-80%, что намного выше, чем у бензиновых моделей.
2. Безопасность гарантируется низкой вероятностью возгорания элементов.
3. Выхлопы дизтоплива гораздо менее токсичны продуктов сжигания Аи-92, поэтому именно такого типа генераторы рекомендуется устанавливать в жилых регионах.

Анализируя рынок, остановим выбор на агрегат дизельного генератора KGEG 2200. К установке примем ДГ мощностью 2,2 кВт. Дизельный генератор KGEG 2200 мощностью 2,2 кВт состоит из 4-х тактного дизельного двигателя, объемом 0,418 литра. Среди преимуществ этой модели также можно выделить следующие особенности: гильзы цилиндра выполнены из чугуна, а седла клапанов – из хромовольфрама, что обеспечивает долгий срок службы рабочих узлов. Шумозащитный кожух снижает уровень шума от работающего генератора до 72 дБ. Надежность работы дизельного генератора обеспечивается за счет систем защиты от перегрузки и низкого уровня масла, а колеса облегчают перемещение оборудования.

Имеет стабилизатор напряжения. Использование нового блока AVR (стабилизатора напряжения) позволяет сгладить напряжение на выходе и обеспечить защиту от перегрузки. Помимо этого электростанция KGEG 2200 оснащается системой вентиляции генератора переменного тока, которая защищает систему от коротких замыканий и обеспечивает стабильное выходное напряжение.

Стандартный топливный бак емкостью 15 л. способен обеспечить работу электрогенератора непрерывной работой при полном баке и нагрузке 75-80% при расходе топлива 0,87 л/час.



Рисунок 33 – Внешний вид дизельного генератора Kolner KGEG 2200.

Характеристики:

Топливо: дизель

Номинальная мощность: 2,2 кВт

Напряжение: 220 В

Тип запуска: ручной/электростартер

Объем топливного бака: 15 л

Охлаждение двигателя: воздушное

Габариты: 650х547х742 мм

Двигатель

Тип ДВС

4-х тактный

Объем двигателя

163 см³

Тип запуска

Ручной/электростартер

Расход топлива

0,87 л/ч

Объем топливного бака

15 л

Охлаждение двигателя

воздушное

Основное

Топливо

дизель

Выходное напряжение	220 В (1 фаза)
Номинальная мощность	2 кВт
Максимальная мощность	2,2 кВт
Цена: 12 000руб.	

Требуемые выработки энергии ДЭС представлены в таблице 28, где использовали среднее реальное потребление дома минус выработка СП за сутки и умножили их на количество календарных дней в месяц. Благодаря этим значениям мы можем произвести расчет удельного расхода топлива ДГ используя среднегодовую нагрузку вычисляется по формуле:

$$b = \frac{1,05 \cdot K \cdot g_e}{\eta_r} + \frac{1,05 \cdot K_x \cdot g_e \cdot N_e \cdot n \cdot 0,15}{\mathcal{E}}$$

где:

g_e – удельный расход топлива ДГ при номинальной мощности, кг / л.с. · ч = 0,265

$\mathcal{E}$ – запланированная дизелю выработка электроэнергии, кВт · ч

η_r – КПД генератора

K_x – коэффициент, учитывающий расход топлива дизелем на х.х., принимаемый 0,21 с учетом, что ДГ мощность которого меньше 1000 л.с

N_e – номинальная мощность дизеля, л.с. = 5,4

n – число пусков

$$K = 0,87 + 0,13 \cdot \frac{P_{ном}}{P_{потр}}$$

$$K = 0,87 + 0,13 \cdot \frac{2}{0,42} = 1,49$$

$$b = \frac{1,05 \cdot 1,49 \cdot 0,265}{0,36} + \frac{1,05 \cdot 0,21 \cdot 0,265 \cdot 5,4 \cdot 2 \cdot 0,15}{0,42} = 1,74$$

А также произведем расчет абсолютный расхода топлива ДЭС по формуле:

$$G_r = g_{ном} \cdot K_{изн} \cdot K_{реж} \cdot W, \text{ г}$$

где W – энергия, вырабатываемая ДГ=9 874 800(кДж); $g_{ном}$ – удельный расход топлива дизелем при номинальной мощности (по паспортным данным), кг/кВт·ч=0,360; $k_{изн}$ – коэффициент износа (для новых генераторов принимается

равным 1); $k_{\text{реж}}$ – режимный коэффициент, учитывающий изменение удельного расхода топлива при работе ДГ с нагрузкой, меньшей номинальной:

$$k_{\text{реж}} = 0,87 + 0,13 \cdot \frac{P_{\text{ном}}}{P_{\text{потр}}}$$

$$k_{\text{реж}} = 0,87 + 0,13 \cdot \frac{2}{0,42} = 1,49$$

где $P_{\text{ном}}$ – номинальная мощность ДГ, Вт; $P_{\text{потр}}$ – вырабатываемая мощность, Вт.

$$G_{\text{г}} = 0,360 \cdot 1 \cdot 1,49 \cdot 9\,874\,800 = 5\,300\text{ кг}$$

Стоимость топлива за год, если ДТ стоит 36руб. за литр

$$5300 \cdot 36 = 190\,800 \text{ руб. за год}$$

Система включает в себя:

1. Солнечная батарея HH-Poly 280w-12шт. (226 800руб.)
2. Контроллер заряда Tracer 2210A, 20A, 12/24В – 3 шт.(24 000руб.)
3. Синус-инверторы Outback Power VFX3048E-1шт.(166 200руб.)
4. Аккумулятор DELTA HR 12-100, 100Ач 12В- 6шт.(84 000руб.)
5. Дизельный генератор Kolner KEGG 2200-1шт.(12 000руб.)

Итого: 513 000руб.

ВЫВОД ГЛАВЫ 3

В данной разработке выбор количества и ёмкости АБ подходят для работы в устойчивом режиме для потребителя (летний период), поскольку разряд АБ не позволяет разрядиться им на 100%, а также поддерживать их в состоянии полного заряда.

Выбрана и аргументирована дизельная электростанция низкой мощности, которая будет работать в пиковые нагрузки, которые превышают номиналу ДЭС. А так же благодаря аккумуляторным батареям этот дизель-агрегат повысил свой коэффициент использования и уменьшил свой расход, что позволяет экономить на топливе и обеспечивает устойчивую энергию для нужного количества электроэнергии коттеджа, использовалась ДЭС и АБ нужной ёмкости. Вся система работает круглогодично, чтобы обеспечить сглаженную работу ДЭС и не нагружать её в полном объеме.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа		ФИО	
5AM5K		Мальцев Михаил Юрьевич	
Институт	Энергетический	Кафедра	Электроснабжение промышленных предприятий
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

**Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и
ресурсосбережение»:**

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): Расчет стоимости вариантов построения схемы электроснабжения поселка</i>	<i>Расчет стоимости вариантов построения схем электроснабжения около поселка Чажемто, согласно принятой методике.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>В соответствии с ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов» и ГОСТ Р 51541-99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность»</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Отчисления в внебюджетные фонды – 27,1% от фонда оплата труда.</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	<i>Оценка ресурсной и финансовый эффективности исследований.</i>
--	--

Перечень графического материала:

1. <i>Анализ конкурентных технических решений</i>
2. <i>Интегральный финансовый показатель</i>
3. <i>Смета расходов построения схемы электроснабжения поселка</i>
4. <i>Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта</i>
5. <i>Интегральный финансовый показатель</i>
6. <i>Интегральный показатель ресурсоэффективности</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Попова С.Н.	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM5K	Мальцев Михаил Юрьевич		

ГЛАВА 4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

4.1 ВВЕДЕНИЕ

Развитие альтернативной, экологичной энергии и создания конкуренции энергоснабжения в обществе. Основной задачей является использование возобновляемых энергоресурсов, которое сохраняют экологичность, возобновимость ресурсов, в перспективе снижение стоимости относительно традиционных методов получения электроэнергии.

Базовые критерии для поставленной задачи являются:

- Ресурсная значимость (технический потенциал ВИЭ в регионе)
- Экономическая значимость (средняя цена производства электроэнергии)
- Социальная значимость (содействие развития местной промышленности)
- Экологическая значимость (снижение выбросов вредных веществ в атмосферу)
- Энергетическая значимость (снижение дефицита электроэнергии)

Ресурсная значимость.

При создании ВИЭ производится дополнительная электрическая энергия на основе использования энергии окружающих природных процессов. Поэтому необходимо учитывать значимость использования возобновляемого ресурса для региона. На основе анализа ресурсов в регионе можно сделать прогноз массовости использования альтернативных источников энергии в данном регионе.

Экономическая значимость.

Объекты ВИЭ могут иметь различные экономические характеристики, которые и будут определять значимость данной установки. Критерием экономической эффективности служит величина отношения суммарного дисконтированного

дохода за расчетный период к суммарному дисконтированному расходу за тот же период времени. Если доходы за данный период будут превышать расходы, то объект возобновляемых источников энергии будет считаться предпочтительным, чем альтернативный.

$$\bar{I}_t = I_t - I_{ам-t}$$

I_t – текущие издержки в год;

$I_{ам-t}$ – текущие издержки без амортизации в год.

$$B_t = \frac{1}{(1+r)} \quad \text{– коэффициент разновременности затрат;}$$

$$r = \frac{n_r - b}{1+b} \quad \text{– норма дисконтирования;}$$

n_r – годовая процентная ставка по депозитам;

b – ставка дисконтирования.

Основные критерии экономической эффективности:

1. По затратам на создание ВИЭ и их функционирование – сумма полных затрат в оборудование ВИЭ (с учетом инфляции, дисконтирования). За расчетный период:

$$З = \sum_{t=1}^{T_c} (K_t + \bar{I}_t) \cdot B_r$$

K_t – капитальные вложения за год.

2. По усредненным удельным полным дисконтированным затратам в развитие ВИЭ, которое обеспечит выдачу полезной энергии в течении расчетного периода (руб./кВт·ч):

$$з = \frac{З}{Э}$$

$Э$ – произведенная энергия за расчетный период.

3. По суммарному чистому дисконтированному доходу (ЧДД) от развития ресурса ВИЭ за расчетный период:

$$ЧДД = \sum_{t=1}^{T_c} (P_t - K_t - \bar{Y}_t) \cdot B_t$$

P_t – приток наличности

Если $ЧДД > 0$, то развитие ресурсов ВИЭ в данном объеме экономически целесообразно.

4. По индексу доходности (ИД):

$$ИД = \frac{ЧДД}{K_{\Sigma}}$$

K_{Σ} – суммарные инвестиции в объект.

5. По сроку окупаемости T_o , определяемому с учетом дисконтирования из уравнения:

$$\sum_{t=1}^{T_o} (P_t - K_t - \bar{Y}_t) \cdot B_t = 0$$

6. По внутренней норме доходности (ВНД), определяемой из выражения:

$$\sum_{t=1}^{T_o} (P_t - K_t - \bar{Y}_t) \cdot \frac{1}{(1 + ВНД)^t} = 0$$

Данные шесть показателей могут дать полное представление о экономической значимости объектов ВИЭ. Определяющим критерием является стоимость 1 кВт·ч производимой электроэнергии.

Социальная значимость

В возобновляемой энергетике, связаны разные социальные эффекты:

- Вовлечение трудовых ресурсов
- Надежность энергоснабжения потребителя
- Степень живучести потребителя

Экологическая значимость

Объекты возобновляемых энергетик оказывают разное воздействие на окружающую среду. Разная экологичность объекта определяется тем ущербом, который наносится созданием и эксплуатации объекта. Возможны 2 случая его учета.

- Экономическое определение самого ущерба и включение его в затраты, связанные с функционированием. Таким образом можно сопоставить объект и его влияние на окружающую среду.
- Определение затрат, которые требуются для поддержания окружающей среды в приемлемом состоянии (не превышая допустимых пределов вредности).

Оценка экологического ущерба

Поскольку ВИЭ автономной системы нуждаются в использовании топливной технологии (диз. топливо) имеет место отрицательного экологического ущерба, обусловленным сжиганием топлива для производства дополнительно электроэнергии и дополнительно происходит выброс окиси серы азота и углекислого газа в атмосферу.

Расчет объемов выброса в атмосферу производится по удельным показателям выбросов:

$$Q_{ij} = q_{ij} \cdot W^j$$

i – вид выбросов;

j – вид топлива;

W^j – объем сжигаемого топлива вида j

Годовые издержки охраны окружающей среды можно высчитать по следующей формуле:

$$I_t^{\text{ЭК}} = P_i \cdot Q_i, \quad I^{\text{ЭК}} = \sum_{i=1}^3 I_i^{\text{ЭК}},$$

P_i – плата за выбросы

Энергетическая значимость

Существенным энергетическим эффектом является-снижение дефицита электроэнергии.

4.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты которая приведена для данного случая в таблице 31.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i,$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Таблица 31 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических разработок.

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Повышение производительности труда пользователя	0,05	2	1	1	0,1	0,05	0,05
Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,1	4	4	4	0,4	0,4	0,4
Надежность	0,05	4	3	3	0,2	0,15	0,15
Безопасность	0,1	4	2	2	0,4	0,2	0,2
Простота эксплуатации	0,1	4	1	1	0,1	0,1	0,1
Экономические критерии оценки эффективности							
Конкурентоспособность продукта	0,1	5	1	1	0,5	0,1	0,1
Уровень проникновения на рынок	0,2	5	2	2	1	0,4	0,4
Финансирование научной разработки	0,1	4	1	1	0,4	0,1	0,1
Наличие сертификации разработки	0,2	5	1	1	1	0,2	0,2
Итого	1	37	16	16	4,1	1,7	1,7

Итог данного анализа:

Уязвимость позиции конкурентов обусловлена тем, что ВИЭ не везде востребованы, т.к. не везде они целесообразны в использовании.

Конкурентное преимущество разработки обусловлено тем, что разработка является ресурсовозобновляемой и никак не влияет на окружающую среду. На данный момент происходит совершенствование этой разработки, а именно повышение КПД.

Исходя из сказанного выше данная разработка, действительно, способна заинтересовать партнеров и инвесторов. Данная разработка является высоко конкурентной.

Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{p_i} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i},$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

4.3 Расчет материальных затрат

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта:

- приобретаемые со стороны сырье и материалы, необходимые для создания научно-технической продукции;

- покупные материалы, используемые в процессе создания научно-технической продукции для обеспечения нормального технологического процесса и для упаковки продукции или расходуемых на другие производственные и хозяйственные нужды (проведение испытаний, контроль, содержание, ремонт и эксплуатация оборудования, зданий, сооружений, других основных средств и прочее), а также запасные части для ремонта оборудования, износа инструментов, приспособлений, инвентаря, приборов, лабораторного оборудования и других средств труда, не относимых к основным средствам, износ спецодежды и других малоценных и быстроизнашивающихся предметов;

- покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, подвергающиеся в дальнейшем монтажу или дополнительной обработке;

- сырье и материалы, покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, используемые в качестве объектов исследований (испытаний) и для эксплуатации, технического обслуживания и ремонта изделий – объектов испытаний (исследований);

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$З_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m Ц_i \cdot N_{расчi} ,$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

$Ц_i$ – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Значения цен на материальные ресурсы могут быть установлены по данным, размещенным на соответствующих сайтах в Интернете предприятиями-изготовителями (либо организациями-поставщиками).

Величина коэффициента (k_T), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов. Материальные затраты, необходимые для данной разработки, занесены в таблицу 32.

Таблица 32 – Приведенные суммарные затраты на проект.

Наименование	Количество, шт	Цена за шт., руб.	Общая стоимость, руб.
Солнечная панель HH-Poly 280w	12	18 900,00	226 800,00
Контроллер заряда MPPT Tracer 2210A, 20A, 12/24В	3	8 000,00	24 000,00
Синус-инверторы Outback Power VFX3048E	1	166 200,00	166 200,00
Аккумулятор DELTA HR 12-100	6	14 000,00	84 000,00
Дизельный генератор Kipor KDE 6700TA	1	82 000,00	82 000,00
Покупка и монтаж кабеля			3 000,00
Затраты на геологические работы			10000,00
Затраты на подготовку площадок для ФДУ			10000,00

Продолжение таблицы 32 – Приведенные суммарные затраты на проект.

Наименование		Общая стоимость, руб.
Расходы на доставку		50 000,00
Непредвиденные расходы (10% от всего)		52 000,00
Проектные работы		16 130,00
Строительные работы		20 800,00
Затраты на обслуживание		48 390,00
Ремонтные расходы		4 326,00
Итого		797 146,00

4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности.

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}},$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

$\Phi_{\max}$ – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Расчёт интегрального финансового показателя приведен в таблице 33.

Таблица 33- Интегральный финансовый показатель.

	$I_{\text{финр}}^{\text{ист.}i}$
Исполнение 1	0,49
Исполнение 2	1
Исполнение 3	0,26

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта приведена в таблице 34.

Таблица 34 -Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения
проекта.

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Повышение производительности труда пользователя	0,05	3	3	5
Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,1	4	4	5
Надежность	0,05	4	5	5
Безопасность	0,1	3	3	5
Простота эксплуатации	0,1	5	3	5
Конкурентоспособность продукта	0,1	5	5	5
Уровень проникновения на рынок	0,2	5	3	4
Финансирование научной разработки	0,1	5	4	3
Наличие сертификации разработки	0,2	5	3	5
ИТОГО	1			

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в форме таблицы 35.

Таблица 35 - Интегральный финансовый показатель.

	I_{pi}
Исполнение 1	4,55
Исполнение 2	3,5
Исполнение 3	4,6

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{исп.i}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр.1}}, \quad I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр.2}}, \quad I_{исп.3} = \frac{I_{p-исп3}}{I_{финр.3}} \quad (7.3)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных.

Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{cp}$):

$$\mathcal{E}_{cp1} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.(2,3)}}; \mathcal{E}_{cp2} = \frac{I_{исп.2}}{I_{исп.(1,3)}}; \mathcal{E}_{cp3} = \frac{I_{исп.3}}{I_{исп.(1,2)}}$$

В таблице 36- приведена сравнительная эффективность разработки.

Таблица 36 -Сравнительная эффективность разработки.

№ п/п	Показатели	Исп.1		Исп.2		Исп.3	
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,49		1		0,26	
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,55		3,5		4,6	
3	Интегральный показатель эффективности	9,28		3,5		17,7	
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	По отношению к исп.2	По отношению к исп.3	По отношению к исп.1	По отношению к исп.3	По отношению к исп.1	По отношению к исп.2
		2,65	0,52	0,37	0,19	1,95	5,05

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять и выбрать более эффективный вариант решения поставленной технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

4.5 Технико-экономическое обоснование целесообразности построения солнечно-дизельной электростанции

Абсолютный расход топлива определим по формуле:

$$G_{\Gamma} = g_{\text{ном}} \cdot K_{\text{изн}} \cdot K_{\text{реж}} \cdot W, \text{ г}$$

где W – энергия, вырабатываемая ДГ ; $g_{\text{ном}}$ - удельный расход топлива дизелем при номинальной мощности (по паспортным данным), г/кВт·ч; $k_{\text{изн}}$ – коэффициент износа (для новых генераторов принимается равным 1); $k_{\text{реж}}$ – режимный коэффициент, учитывающий изменение удельного расхода топлива при работе ДГ с нагрузкой, меньшей номинальной.

$$k_{\text{реж}} = 0,87 + 0,13 \cdot \frac{P_{\text{ном}}}{P_{\text{потр}}}$$

$$k_{\text{реж}} = 0,87 + 0,13 \cdot \frac{4}{2754,65} = 0,87$$

где $P_{\text{ном}}$ – номинальная мощность ДГ, кВт; $P_{\text{потр}}$ – вырабатываемая мощность, кВт.

$$G_{\Gamma} = 0,360 \cdot 1 \cdot 0,87 \cdot 9916740 = 3 \text{ т } 106 \text{ кг}$$

Стоимость топлива за год, если ДТ стоит 36руб. за литр

$$3160 \cdot 36 = 113\,760 \text{ руб. за год}$$

Нужно учесть, помимо известных цен на оборудование, стоимость проектных работ, строительных работ, эксплуатационные расходы, ремонтные расходы.

- Проектные работы:

$$K_{\text{пр}} = 2 \cdot \text{МРОТ} = 2 \cdot 8\,065 = 16\,130 \text{ руб.},$$

где МРОТ – это минимальный размер оплаты труда, в Томске с 11.01.2016 г.
МРОТ = 8 065 руб.

- Строительные работы:

$$K_{\text{стр}} = k_p \cdot K_{\text{уст}} = 0,04 \cdot 520\,000 = 20\,800 \text{ руб.},$$

где k_p – коэффициент затрат на установку станции, принимают равным 0,04;

$K_{\text{уст}}$ – стоимость всего оборудования станции;

- Эксплуатационные расходы (затраты на обслуживание):

$$C_{\text{экс}} = 6 \cdot \text{МРОТ} = 6 \cdot 8\,065 = 48\,390 \text{ руб.}$$

- Ремонтные расходы:

$$C_{рем} = k_{рем} \cdot p_n (K_{уст} + K_{сmp}) = 0,2 \cdot 1/25 \cdot (520\,000 + 20\,800) = 4\,326 \text{ тыс.руб.}$$

где $k_{рем}$ – это коэффициент затрат на ремонт, принимают равным 0,2;

p_n – это нормативный коэффициент рентабельности, $p_n = 1/T$, где T – это экономический срок службы оборудования, который равен 25 лет.

ВЫВОД ГЛАВЫ 4

В разделе были рассчитаны различные виды затрат, проанализирован бюджет затрат на научно-исследовательскую работу, по итогам всего проекта хотелось бы отметить, что данный проект является весьма стабильным и устойчивым, имеет минимальное количество угроз. Так же на основе исследований хотелось бы отметить, что коммерческий и инновационный потенциал данного проекта высок. Проект обладает высокой степенью новизны и перспективностью. Для реализации данного проекта затраты минимальны, а практическая значимость весьма высока, у данного проекта сравнительно высокий уровень новизны, возможности реализации по времени и масштабам применения.

Уязвимость позиции конкурентов обусловлена тем, что ВИЭ не везде востребованы, т.к. не везде они целесообразны в использовании.

Конкурентное преимущество разработки обусловлено тем, что разработка является ресурсовозобновляемой и никак не влияет на окружающую среду. На данный момент происходит совершенствование этой разработки, а именно повышение КПД.

ЛИТЕРАТУРА

1. [Электронный ресурс]. <http://lib.rosenergосervis.ru/2011-07-20-04-56-55.html?start=4>.
2. [Электронный ресурс]. <http://altenergiya.ru/apologiya/perspektivy-solnechnoj-energetiki-2015.html>.
3. [Электронный ресурс]. <http://www.aetechnologies.ru/about/structure/1-details.htm>.
4. [Электронный ресурс]. http://www.solarhome.ru/autonom/pros_cons.htm.
5. [Электронный ресурс].
http://net220.ru/poleznye_stati/solnechnaya_radiaciya_tablicy_insolyacii
6. [Электронный ресурс]. <http://www.solarroof.ru/theory/30/51/>.
7. [Электронный ресурс]. <http://www.helios-house.ru/on-line-kalkulyator.html>.
8. [Электронный ресурс]. <http://www.helios-house.ru/solar-controller.html>.
9. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные-Санкт-Петербург.: Гидрометеиздат., 1993.