

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
“ТИИИМСХ”**

**НАРЫНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ  
С.НААМАТОВА**

**А.У. Вохидов, С.Т. Оторова, Б.А. Казыбекова, Х.Н. Мамадиев**

**МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ  
для практических занятий по курсу  
«Возобновляемые источники энергии»**

**ПРАКТИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ УСТАНОВОК АЛЬТЕРНАТИВНОЙ  
ЭНЕРГЕТИКИ**

**ЧАСТЬ 1. ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СОЛНЕЧНЫЕ СТАНЦИИ.**

Нарын - 2024 г.

Методическое пособие рассмотрено и рекомендовано к изданию методическим советом НГУ имени С. Нааматова (протокол № от 20.12.2024)

В методическом пособии приведены основные сведения по установке фотоэлектрических солнечных станций с подробным описанием пошаговой инструкции, где указаны общие сведения, методика расчета, расчет аккумуляторов, требования к монтажу, подготовка к использованию, техническое обслуживание и рекомендации по устранению неполадок при эксплуатации солнечных фотоэлектрических станций.

Методическое пособие предназначено для научных работников и докторантов, специализирующихся в области использования солнечной энергетики, студентов и магистров соответствующих специальностей, а также для специалистов проектных организаций, инженеров по проектированию систем электроснабжения и всем читателям, интересующимся солнечной фотоэнергетикой и системами на их основе.

Авторы: А.У. Вохидов, старший преподаватель, PhD  
С.Т. Оторова, доцент, к.т.н.  
Б.А. Казыбекова, старший преподаватель  
Х.Н. Мамадиев, ассистент

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	4
Солнечные фотоэлектрические станции .....	6
Общие сведения.....	6
Методика расчета фотоэлектрических станций.....	10
Расчет аккумуляторной фотоэлектрической системы .....	12
Требования к монтажу элементов ФЭС .....	20
Подготовка к пользованию.....	20
Техническое обслуживание ФЭС .....	21
Возможные неполадки и их устранение.....	23
Требование по безопасности .....	23
Рекомендации .....	24
Список использованных литератур.....	25

## ВВЕДЕНИЕ

Для надежного энергоснабжения рассредоточенных и маломощных потребителей таких, как отдаленные от линии электропередач мелкие населенные пункты, многочисленные чабанские стоянки и т.п. одним из альтернативных способов являются фотоэлектрические установки, основанные на прямое преобразование солнечной энергии в электрическую.

Основным элементом этих установок является фотоэлектрическая батарея на основе моно и поликристаллического кремния. Для бесперебойного обеспечения потребителей электрической энергией установка комплектуется соответствующими аккумуляторами электрической энергии, блоком автоматики и инвертором (преобразователем постоянного тока в переменный).

Годовая выработка электрической энергии при эффективности фотоэлектрических установок 0,15 (по отношению падающего на поверхность фотобатареи суммарного солнечного излучения) в течение года составляет 280-300 кВт·час, а экономия топлива-бензина, расходуемого бензоагрегатами для локального электроснабжения 170-180 л. с одного квадратного метра фотобатареи.

Современное развитие общества требует поиска и внедрения альтернативных источников энергии, которые бы позволили снизить зависимость от ископаемых топлив и уменьшить негативное воздействие на окружающую среду. Одним из наиболее перспективных направлений в области альтернативной энергетики является использование фотоэлектрических солнечных станций. Эти системы преобразуют солнечную энергию в электричество, предоставляя экологически чистый и возобновляемый источник энергии.

Фотоэлектрические солнечные станции (ФЭС) получили широкое распространение благодаря их универсальности, технологической зрелости и возможностям интеграции в различные сферы деятельности — от частных домохозяйств до крупных промышленных объектов. Однако для обеспечения эффективной и долгосрочной работы таких систем важно правильно выбрать, проектировать, устанавливать и эксплуатировать оборудование.

Кыргызстан и другие страны Центральной Азии обладают значительным потенциалом для использования солнечной энергии благодаря высоким значениям солнечной радиации и благоприятным климатическим условиям. Среднегодовая суммарная солнечная радиация в регионе варьируется от 1200 до 1800 кВт·ч/м<sup>2</sup>, а количество солнечных дней достигает 250–300 в году. Например, в южных районах Кыргызстана уровень солнечного излучения особенно высок, что делает эти территории привлекательными для внедрения фотоэлектрических технологий. В то же время необходимо учитывать климатические особенности региона, включая колебания температуры, количество осадков и снежный покров, которые могут повлиять на эффективность работы систем.

На сегодняшний день в Кыргызстане установлены мощности солнечных электростанций, которые составляют около 600 МВт, при этом планируется увеличить эту цифру до 1,5 ГВт к 2030 году. В странах Центральной Азии также активно развиваются солнечные проекты. В Казахстане установленные мощности ФЭС превышают 1,2 ГВт, а в Узбекистане — 1,5 ГВт, с планами увеличить эти показатели до 5 ГВт в ближайшие годы. Это свидетельствует о высоком интересе и стремлении стран региона к внедрению солнечной энергетики, что открывает новые возможности для использования возобновляемых источников энергии.

Данный документ предназначен для предоставления практических указаний по использованию фотоэлектрических солнечных станций. Он охватывает основные аспекты, связанные с выбором оборудования, особенностями монтажа, техническим обслуживанием и эксплуатацией систем, что позволит пользователям получить максимальную отдачу от установок и минимизировать возможные риски.

В первой части руководства представлены рекомендации, касающиеся:

- оценки потенциала солнечной энергии на месте установки;
- выбора типа солнечных панелей и инверторов;
- проектирования и планирования солнечной станции;
- методов монтажа и подключения оборудования;
- поддержания оптимальных условий эксплуатации.

Руководство ориентировано как на профессионалов в области энергетики, так и на пользователей, планирующих внедрить солнечные технологии в своих проектах. Применение данных рекомендаций позволит не только повысить эффективность энергетических установок, но и внести вклад в устойчивое развитие энергетического сектора.

# СОЛНЕЧНЫЕ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

## ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Солнечная фотоэлектрическая станция (далее – ФЭС) предназначена для обеспечения электроэнергией устройств бытового и иного назначения и представляет собой электростанцию, относящуюся к классу возобновляемых источников энергии.

Принцип работы ФЭС основан на прямом преобразовании солнечного излучения в электрическую энергию с постоянным напряжением, накоплении и преобразовании её в электроэнергию переменного напряжения 220 В с частотой 50 Гц для использования потребителями

В состав ФЭС входят: фотоэлектрическая панель, контроллер, аккумуляторная батарея, инвертор, а также соединительные провода, коммутационные коробки, клеммники и электрический щиток.

**Солнечная фотоэлектрическая панель** предназначена для преобразования солнечного излучения в электрическую энергию и зарядки аккумулятора в дневное светлое время суток.

Фотоэлектрическая панель состоит из механически- и электрически соединенных между собой фотоэлектрических модулей. Количество фотоэлектрических модулей, входящих в фотоэлектрическую панель, зависит от требуемой мощности ФЭС.

Необходимая мощность фотоэлектрической панели определяется энергопотреблением всех устройств, которые предполагается питать электроэнергией от ФЭС. Реальная электрическая мощность, генерируемая фотоэлектрической панелью, тем больше, чем больше интенсивность солнечного излучения, падающего на её лучеприемную поверхность и, естественно, зависит от времени дня и года.

Номинальное (рабочее) напряжение, генерируемое фотоэлектрической панелью, может быть равным 12 В, 24 В или 48 В.

**Контроллер** предназначен для :

- формирования в светлое время суток величины тока зарядки аккумуляторов в зависимости от степени его заряженности и температуры;
- отключения потребителей электроэнергии от ФЭС при превышении потребляемого ими тока больше определенной предельной величины;
- отключения потребителей электроэнергии от ФЭС при разрядке аккумуляторов до определенного минимального значения напряжения.

**Аккумуляторная батарея** (далее- АБ) предназначена для аккумуляции электрической энергии в дневное светлое время суток и обеспечения потребляемых мощностей при недостаточной интенсивности солнечного излучения или отключении общей электросети.

**Инвертор** предназначен для преобразования тока постоянного напряжения от АБ в переменный ток напряжением 220В с частотой 50 Гц. Эта электроэнергия используется для электропитания устройств бытового назначения.

Если в инвертор встроено зарядное устройств для подзаряда АБ при питании от сети, а также блок слежения за наличием и качеством напряжением в сети, то такое устройство называется блоком бесперебойного питания (БПП). При пропадании напряжения в сети, или выходе его значения за установленные пределы, БПП автоматически переключается на питание от АБ.

Для полного обзора основных элементов солнечных фотоэлектрических станций (СФЭС), я создам таблицу с ключевыми компонентами и их функциями, а также предложу график для визуализации структуры системы.

### Основные элементы солнечных фотоэлектрических станций

Компонент	Описание	Функция
<b>Фотовольтаические панели (модули)</b>	Состоят из солнечных элементов, которые преобразуют солнечную энергию в электричество.	Основной элемент для производства электроэнергии.
<b>Инвертор</b>	Устройство, преобразующее постоянный ток (DC), вырабатываемый панелями, в переменный ток (AC), который используется в бытовых сетях.	Конвертирует и синхронизирует электроэнергию с сетью.
<b>Батареи (аккумуляторы)</b>	Хранят избыток энергии, генерируемой панелями, для использования в ночное время или в периоды низкой солнечной активности.	Обеспечивают бесперебойную подачу энергии в случае нехватки солнечной энергии.
<b>Регулятор заряда</b>	Управляет процессом зарядки батарей, предотвращая их перезарядку и продлевая срок службы.	Контролирует подачу энергии в аккумуляторы для их защиты.
<b>Монтажная система</b>	Конструкция для установки солнечных панелей на крыше, земле или других поверхностях.	Обеспечивает безопасное и эффективное размещение панелей.
<b>Щит управления</b>	Система защиты от перегрузок, коротких замыканий и других нештатных ситуаций.	Защищает оборудование и предотвращает повреждения в системе.
<b>Кабели и соединения</b>	Электрические провода, через которые передается энергия от панелей к инвертору и батареям.	Обеспечивает передачу энергии и соединение компонентов системы.

Фотоэлектрические системы бывают двух основных типов. Это абсолютно автономные системы и системы соединенные с сетью. Второй тип систем подразделяется в свою очередь еще на два вида: это системы с аккумуляторами и с гибридными инверторами, а также системы, соединенные с сетью посредством сетевого инвертора, но не имеющие в своем составе аккумуляторных батарей.

**Автономная фотоэлектрическая система** полностью независима от сетей централизованного электроснабжения. Все автономные системы должны иметь в своем составе АБ. Солнечная панель в светлое время суток

ведет заряд АБ. Контроллер обеспечивает правильный режим заряда АБ с соблюдением величин зарядных напряжений и температурной компенсации напряжений. При этом солнечная панель при необходимости ведет питание дневных нагрузок. Энергия от аккумуляторов используется днем во время недостаточного прихода солнечной радиации или когда нагрузка превышает генерацию солнечных панелей. Нагрузки, работающие в темное время суток, питаются исключительно от АБ.

На рис. 1 показана принципиальная электрическая схема соединений элементов автономной ФЭС.

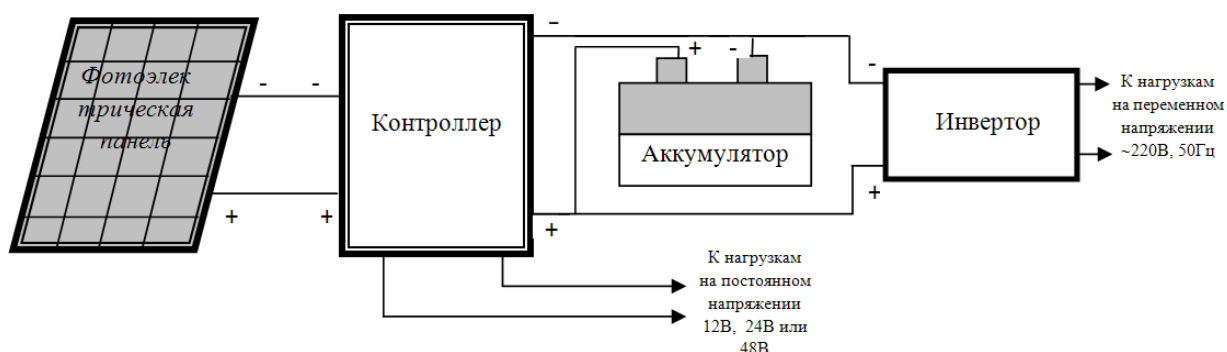


Рис.1 Принципиальная схема автономной ФЭС

Системы подобного типа жизненно необходимы для передвижных или удаленных объектов, лишенных возможности подвода линии электропередач. Причина может заключаться в нецелесообразности или вообще невозможности подвода линии.

Основной причиной, по которой люди хотят иметь автономную систему и отключиться от существующих сетей централизованного электроснабжения, является желание получить энергетическую независимость от аварий на электросетях, повышения тарифов на электроэнергию и т.п. Пока еще немного людей готовы жить без подключения к сетям. Если вы только собираетесь покупать землю и дом или строить новый дом, то нужно учитывать, что цена на такие участки и дома, не присоединенные к сетям централизованного электроснабжения, гораздо ниже.

**Соединенная с сетью аккумуляторная фотоэлектрическая система** похожа на автономную систему. В ней также используются АБ, но такая система одновременно подключена к сетям централизованного электроснабжения.

**В случае частых отключений в сетях,** вам нужно поставить аккумуляторную фотоэлектрическую систему электроснабжения. Большинство домов нуждается именно в аккумуляторной фотоэлектрической системе, так как вероятность перерывов в электроснабжении велика - по разным причинам, начиная от перегрузки и изношенности оборудования электросетей, до падения деревьев на линии электропередачи (ЛЭП), ледяных дождей, ураганов и т.п.

Введение в систему аккумуляторов дает возможным работу системы при различных нагрузках и при отсутствии сети, т.е. возможность использования



энергии солнца как при наличии сети, так и во время отключений. Аккумуляторы все время находятся в заряженном состоянии и практически работают в буферном режиме и используются только при отключениях сетевого электричества и отсутствии солнечной энергии. На рис.2 показано принципиальная электрическая схема элементов аккумуляторной ФЭС соединенной с сетью.



*Рис.2 Принципиальная схема соединенной с сетью аккумуляторной ФЭС.*

Обычном режиме работы инвертор использует солнечную энергию для заряда аккумуляторов и для питания нагрузки в доме. Если есть излишки энергии, он направляет их в общую сеть (если разрешить ему это делать).

Для максимально эффективной работы аккумуляторная фотоэлектрическая система, соединенная с сетью, требует использования специализированного инвертора.

Гибридные инверторы могут работать одновременно и от сети, и от аккумуляторных батарей. Гибридные инверторы позволяют максимально использовать энергию солнечных панелей не отключаясь от сети централизованного электроснабжения. Такие инверторы уменьшают потребление от сети, если солнечная панель вырабатывает достаточно энергии для питания нагрузки. При этом отключения от сети не происходит, что обеспечивает гладкую работу системы, без скачков напряжений. Такой специализированный инвертор выполняет 3 функции:

1. обеспечение резервного электроснабжения от АБ во время аварий в сети;
2. заряд аккумуляторов от сети в отсутствии солнечной энергии;
3. передачу излишков энергии в сеть.

Если потребление превышает генерацию электричества солнечными панелями, то недостающая энергия берется от сети. Есть специально разработанные инверторы, которые могут регулировать потребление энергии от сети в зависимости от состояния и степени заряженности аккумуляторов.

Некоторые модели инверторов с зарядными устройствами могут давать приоритет для заряда аккумуляторов от солнечного контроллера, тем самым снижая потребление энергии от сети для заряда аккумуляторов. Такие инверторы также не перенаправляют энергию в сеть, если пропало напряжение в сети, тем самым обеспечивая безопасность при проведении ремонтных работ на линии электропередачи. Если напряжение в сети не пропало, но вышло за пределы допустимого, то инвертор отключается от такой сети и продолжает питать ответственную нагрузку качественным током - от фотопанели и от АБ. Нагрузка, подключенная не к инвертору, питается тем напряжением, которое есть в сети.

**Соединенная с сетью безаккумуляторная фотоэлектрическая система** является самой простой из всех систем. Она состоит из солнечных панелей и сетевого инвертора, подключенного к сети. В такой системе нет аккумуляторов, поэтому они не могут использоваться в качестве резервных систем.

Данные системы назначены для промышленной выработки солнечной электроэнергии и передачи её в сеть. Общая площадь поля солнечных панелей достигает сотен м<sup>2</sup>, мощность до 100 МВт. Для индивидуального электроснабжения почти не применяются.



Фотоэлектрическая станция мощностью 10 кВт Самаркандской области

## **МЕТОДИКА РАСЧЕТА ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ**

Методика расчета фотоэлектрических станций (ФЭС) включает несколько этапов, начиная с анализа потребности в энергии и заканчивая проектированием, монтажом и эксплуатацией. Рассмотрим ключевые шаги этого процесса с пояснениями:

### **1. Оценка потребности в энергии**

Прежде чем проектировать фотоэлектрическую станцию, необходимо оценить потребность в энергии. Это включает:

- **Ежегодное потребление энергии:** Рассчитывается исходя из данных о потреблении электричества за год. Например, для жилого дома — это среднее потребление на основе счетчиков.
- **Пиковая нагрузка:** Это максимальная потребность в энергии в час пик, которая помогает определить, насколько мощной должна быть станция для удовлетворения максимальных потребностей.

## 2. Анализ географических и климатических условий

Для точности расчета нужно учитывать следующие параметры:

- **Среднее солнечное излучение:** Рассчитывается по региону установки с учетом угла наклона и ориентации панелей, а также с учетом климатических условий.
- **Часовая инсоляция:** Количество солнечного света, которое будет доступно в течение дня. Этот показатель зависит от местоположения и времени года.

## 3. Выбор и расчет мощности солнечных панелей

Для расчета мощности панели используется стандартная формула:

$$P_{п} = S \cdot G \cdot \eta$$

где:

- $P_{п}$  — мощность панели (в ваттах),
- $S$  — площадь панели ( $m^2$ ),
- $G$  — солнечная радиация ( $Вт/m^2$ ),
- $\eta$  — коэффициент полезного действия (обычно около 15-20%).

Также важно учитывать:

- **Конверсия энергии:** Эффективность преобразования солнечной энергии в электричество. Это зависит от типа используемых панелей (например, монокристаллические, поликристаллические или аморфные).
- **Выбор количества панелей:** Исходя из расчета потребности в энергии и мощности одной панели, определяется количество панелей для системы.

## 4. Определение необходимой площади

Для установки фотоэлектрической станции нужно рассчитать, сколько пространства потребуется для размещения панелей. Это зависит от мощности панелей и доступной площади на крыше или земле.

Для расчета площади используется формула:

$$A = P / P_{панели}$$

где:

- $A$  — площадь установки ( $m^2$ ),
- $P$  — необходимая мощность ФЭС (Вт),
- $P_{панели}$  — мощность одной панели (Вт).

## 5. Подбор инверторов

Инвертор преобразует постоянный ток (DC), вырабатываемый солнечными панелями, в переменный ток (AC), который используется в электросети. Для подбора инвертора важно учитывать:

- **Мощность инвертора:** Она должна быть немного выше, чем максимальная мощность солнечной станции, чтобы избежать перегрузок.
- **Количество инверторов:** Если станция большая, может понадобиться несколько инверторов для равномерного распределения нагрузки.

## 6. Определение потерь энергии

В процессе работы фотоэлектрических систем неизбежно происходят потери энергии, связанные с:

- **Потери на кабели:** Энергия теряется из-за сопротивления проводов.
- **Потери на инверторе:** Инверторы не всегда работают с 100% эффективностью.
- **Потери на преобразование энергии:** На каждом этапе преобразования энергии (от солнечных панелей до использования в сети) есть потери.

Чтобы скорректировать потери, часто добавляют запас мощности.

## 7. Финансовые расчеты и экономическая эффективность

- **Капитальные затраты:** Включают стоимость солнечных панелей, инверторов, монтажных работ и дополнительных компонентов.
- **Операционные расходы:** Затраты на обслуживание и замену частей оборудования.
- **Окупаемость:** Рассчитывается срок окупаемости системы, который обычно составляет от 5 до 15 лет в зависимости от региона, эффективности и масштаба проекта.

## 8. Планирование и проектирование

После всех расчетов, когда все параметры определены, проектируется схема подключения и выбирается место установки панелей. Это включает:

- Размещение панелей на крыше или на земле с учетом угла наклона.
- Подключение системы к электрической сети или создание автономной системы с аккумуляторами для хранения энергии.

## 9. Монтаж и эксплуатация

Процесс монтажа состоит из нескольких этапов:

- Установка панелей.
- Прокладка кабелей.
- Подключение инверторов и системы управления.
- Тестирование и запуск системы.

Фотоэлектрическая станция требует регулярного обслуживания (например, чистка панелей, проверка работы инверторов), чтобы поддерживать ее эффективность.

Таким образом, расчет фотоэлектрической станции требует комплексного подхода, учета местных условий и точных данных о потребности в энергии.

## **РАСЧЕТ АККУМУЛЯТОРНОЙ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ**

Проектирование системы с аккумуляторами является сложным и ответственным. Если вы рассчитаете неправильно систему с аккумуляторами, то во время перерывов в сети вы можете оказаться без электроэнергии, несмотря на то, что вы имеете комплект "бесперебойного электроснабжения".

Мощность инвертора определяется по суммарной мощности нагрузки, которую нужно питать во время аварий на сети. Длительность отсутствия подачи энергии от ЛЭП определяет емкость АБ, мощность солнечной панели и т.д. В конечном итоге, ошибки в проектировании системы приводят либо к излишней стоимости системы, либо к неспособности системы обеспечить вас

бесперебойным электроснабжением. В любом случае, модификации системы - это дополнительные затраты.

Казалось бы немного компонентов в составе системы, но только правильный их подбор сможет обеспечить надежную работу нагрузок. Ниже приведен простой пошаговый метод расчета фотоэлектрической системы. Этот метод поможет вам определить требования к системе и выбрать необходимые компоненты системы электроснабжения.

Расчет системы состоит из 4-х основных этапов:

- 1. Определение нагрузки и потребляемой энергии;**
- 2. Определение значений необходимой мощности инвертора;**
- 3. Расчет емкости аккумуляторной батареи;**
- 4. Определение необходимого количества фотоэлектрических модулей, исходя из данных по приходу солнечной радиации в месте установки системы**

Из указанных этапов начальным является установление энергии суммарной нагрузки (в кВт·час) в сутки, которую планируется гарантированно электрообеспечивать ФЭС. За этот этап ответственен потребитель (покупатель) ФЭС. Покупатель также указывает местоположение солнечных фотомодулей и электронных блоков. В этих вопросах поставщик ФЭС выступает консультантом. Тогда как расчеты и рекомендации по выбору параметров контролера, аккумуляторной батареи, инвертора, фотоэлектрической панели должен осуществлять поставщик ФЭС. Поскольку для этого требуется специальные профессиональные знания. Работы по установке и запуску ФЭС должны делать также специалисты. Изложенные сведения о ФЭС необходимы потребителям для общего понимания шагов расчета элементов и правильной эксплуатации ФЭС.

### **1. Определение энергопотребления**

Составьте список устройств-потребителей электроэнергии, которые вы собираетесь питать от ФЭС. Это удобно делать при помощи таблицы. Кроме названий приборов в столбцах таблицы следует указать мощность каждой нагрузки, её среднесуточное время работы и количество однотипных приборов.

Большинство устройств имеют маркировку, на которой указана номинальная потребляемая мощность в ваттах или киловаттах. Если указан потребляемый ток, то нужно умножить этот ток на номинальное напряжение (обычно 220 В). Для круглосуточно работающих приборов нужно смотреть в паспорте изделия суточное потребление (для холодильников часто указывается потребление в год). Для справки можете посмотреть значения потребляемой мощности для типовой бытовой нагрузки.

#### **Типичная потребляемая мощность бытовой нагрузки**

Нагрузка	Мощность, Вт	Нагрузка	Мощность, Вт	Нагрузка	Мощность, Вт
Кофемолка	200	Бритва	15	Люминесцентная лампа, экв. 40Вт лампы накаливания	11
Кофеварка	800	Ноутбук	20-50	Люминесцентная	16

				лампа, экв. 60Вт лампы накаливания	
Тостер	800-1500	Настольный компьютер	80-150	Люминесцентная лампа, экв. 75Вт лампы накаливания	20
Блендер	300	Принтер	100	Люминесцентная лампа, экв. 100Вт лампы накаливания	30
Микроволновая печь	600-1500	TV - 12" ч-б.	20	Компактные люминесцентные лампы- 20Вт	22
Электроплитка	1200	TV - 25" цв.	150	Холодильник с морозильной камерой 20cf (15 hours)	540
Автоматическая стиральная машина	500	TV - 19" цв.	70	Холодильник с морозильной камерой 16cf (13 hours)	475
Полуавтоматическая стиральная машина	300	Настольный вентилятор	10-25	1" дрель	1000
Пылесос	200-700	Видеомагнитофон	40	Лампы накаливания 100Вт	100
Потолочный вентилятор	10-50	CD плеер	35	Компактные люминесцентные лампы- 25Вт	25
Утюг	1000	Радио часы	1	Лампы накаливания на постоянный ток 50Вт	50
Электросушилка для вещей	400	Спутниковая тарелка	30	Галогеновые лампы 40Вт	40
Насос	250-500	Радиопередатчик СВ	5	Лампы накаливания 100Вт	100

Следующая задача - максимально сократить и оптимизировать этот список. Электричество от ФЭС достается очень дорого и нужно отказаться от лишних или мощных приборов, которые целесообразней питать от сети. Важно проанализировать вашу нагрузку и попытаться уменьшить потребляемую мощность как можно больше. Это важно для любой системы, но особенно важно для системы электроснабжения жилого дома, так как экономия может быть очень существенной. Например, насосы и электронику системы отопления, холодильник, дежурное освещение, радио, телевизор и т.п. – можно обеспечить их бесперебойное электропитание за счет аккумуляторных батарей. Если перерывы в электроснабжении не превышают нескольких часов, то обычно этого достаточно, чтобы решить эту проблему.

Для того, чтобы не тратить лишние деньги на неоправданно мощную систему, вам необходимо тщательно посчитать, какая именно нагрузка и в течение какого времени должна будет работать в случае аварии на ЛЭП. Очень часто нужно бывает обеспечить примерно 1/10 часть от общей

мощности сетевых потребителей во время перерывов в электроснабжении. Остальная нагрузка может быть выключена или ее работа сведена к минимуму до восстановления работы сетей. Это позволит существенно снизить стоимость вашей резервной системы электроснабжения.

Под оптимизацией списка понимается, что оставшиеся нагрузки необходимо выбрать максимально энергосберегающими. К примеру, если это освещение, то стоит полностью отказаться от ламп накаливания в пользу энергосберегающих (люминесцентных) или еще лучше светодиодных. Холодильник рекомендуется брать класса А, А+ или А++. Подобные действия возможно приведут к некоторым растратам, но они полностью окупятся при покупке системы (понадобится менее мощная система) и её эксплуатации в будущем.

Приведем условный пример расчета энергопотребления, которое планируется обеспечить от ФЭС при отключении сети. Сначала составим оптимизированный список нагрузок.

Нагрузка, прибор	Паспортная мощность, Вт	Время работы в сутки, час	Число однотипных приборов	Энергопотребление сутки, Вт·час
Телевизор черно-белый (диагональ экрана 41 см)	40	4	1	160
Лампы освещения	15	6	3	270
Холодильник	700 Вт·час/сутки	1 сутки	1	700

Оптимизированный список теперь позволит провести расчет суточного энергопотребления в кВт·ч. Для этого необходимо для каждого типа нагрузки перемножить её мощность, количество приборов и среднесуточное время работы. Полученные результаты сложить.

$$40 \cdot 4 \cdot 1 + 15 \cdot 6 \cdot 3 + 700 \cdot 1 \cdot 1 = 160 + 270 + 700 = 1130 \text{ Вт} \cdot \text{час} = 1,13 \text{ кВт} \cdot \text{час}$$

Полученное значение надо увеличить на 5-20% для учета электропитания и КПД контроллера и инвертора. Возьмем 10%. Получим

$$W = 1,13 \cdot 1,1 = 1,243 \approx 1,25 \text{ кВт} \cdot \text{час}$$

Это и будет расчетная величина энергопотребления в сутки от ФЭС при отключенной сети, которая будет использоваться в дальнейших расчетах.

## 2. Инвертор

Номинальная мощность условного холодильника 100 Вт. Тогда мощность одновременно работающих приборов состоит  $40 + 15 \cdot 3 + 100 = 185$  (Вт).

Мощность инвертора должна быть на 25-30% выше суммарной номинальной мощности одномоментно подключаемых нагрузок. Также его пиковая мощность должна быть больше суммарной пиковой мощности нагрузок, которые могут запускаться одновременно. Это связано с тем, что некоторые приборы имеют значительную пусковую мощность при старте. Например, это холодильник, насос или иная нагрузка с двигателем. К примеру возьмем 30%. Тогда для расчетной мощности инвертора получим

$$P_{инв} = 185 \text{ Вт} \cdot 1,3 = 240 \text{ Вт}$$

Инверторы различаются в зависимости от формы генерируемого напряжения переменного тока. Если форма напряжения прямоугольная (меандр), ступенчатая или трапецевидная, то такие инверторы являются несинусоидальными. Если форма напряжения максимально приближена к синусоиде, такие инверторы считаются синусоидальными. От таких инверторов можно питать любую нагрузку переменного тока.

Для этого нужно разобраться, какие приборы вы планируете подключать к этим инверторам. Если это, допустим, будут осветительные приборы или бытовые нагревательные приборы, то вполне вероятно, что покупка инвертора с чистым синусом формы напряжения будет не обязательна.

Но если же вы планируете получать переменное напряжение от инвертора к электроустройствам, которые чувствительны к форме напряжения (это может быть дорогая аудио- или видеоаппаратура, стиральные машины, холодильники и т.п.), то очень желательно иметь инвертор синусоидального типа. Дело в том, что при резкой смене полярности часто случаются довольно неприятные эффекты в подключенных электроприборах, которые сокращают срок их службы и могут привести к преждевременному выходу из строя. Поэтому, в данном случае экономия на инверторах будет неоправдана, так как впоследствии придется или покупать новую электротехнику, или нести ее в ремонт раньше срока.

Более того, синусоидальным током лучше питать нагрузку, которая использует при своей работе различные электромагнитные процессы - т.е. синхронные и асинхронные двигатели, низкочастотные трансформаторы. К такой нагрузке относятся холодильники, различные насосы, стиральные машины и т.п. Если питать такую нагрузку квазисинусоидальным током, то нужно инвертор брать с почти 3-х кратным запасом по мощности. А нагрузку (двигатели, компрессоры, насосы и т.п.) тоже обязательно нужно выбирать с запасом по мощности процентов на 30. При питании от несинуса двигатели теряют мощность процентов на 20-30 и вся эта потеря преобразуется в тепло (т.е. они греются гораздо сильнее). Также наблюдается повышенное "гудение" двигателей.

### **3. Расчет аккумуляторной батареи**

Определите максимальное число последовательных "дней без солнца" (т.е. когда солнечной энергии недостаточно для заряда АБ и работы нагрузки из-за непогоды) с одновременным отсутствием сети. В течение этих суток АБ будет питать нагрузку самостоятельно без подзаряда.

Цифра энергопотребления от ФЭС за сутки (из п.1) умножается на это количество пасмурных дней. Полученная величина должна составлять выбранный процент глубины разряда АБ от её полной энергии. Задайте величину глубины допустимого разряда АБ. Учитывайте, что чем больше глубина разряда, тем быстрее ваша АБ выйдет из строя. Мы рекомендуем значение глубины разряда 20% (не более 30%). Это значит, что вы можете использовать 20% от значения номинальной емкости вашей АБ. Используйте



коэффициент 0,2 (или 0,3). Ни при каких обстоятельствах разряд батареи не должен превышать 80%!

Как известно емкость АБ в значительной степени зависит от температуры помещения. Процесс этот обратимый, т.е. при повышении температуры до нормальной емкость восстанавливается (но не нужно путать это с эксплуатацией АБ при высоких температурах, вредных для АБ). При низких температурах емкость АБ снижается, и поправку на это необходимо закладывать при расчете системы.

Выберите коэффициент из таблицы, приведенной ниже, который учитывает температуру окружающей среды в помещении, где установлены АБ. Обычно это средняя температура в зимнее время. Этот коэффициент учитывает уменьшение емкости АБ при понижении температуры.

Температурный коэффициент для аккумуляторной батареи

Температура, °С	25	20	15	10	5	0	-5
Коэффициент	1,00	1,03	1,10	1,20	1,28	1,36	1,50

Расчетная емкость получается умножением энергопотребления (с учетом бессолнечных и бессетевых суток) на температурный коэффициент и затем делением на произведение напряжения АБ на значение глубины разряда аккумулятора в долях.

Приведем условный пример расчета аккумуляторной батареи. Возьмем следующие исходные данные.

1. Мощность энергопотребления в сутки -1,25 кВт·час=1250 Вт·час
2. Число пасмурных дней с одновременным отсутствием сети -2
3. Температурный коэффициент -1,20 (при 10°С)
4. Глубина допустимого разряда -0,3
5. Напряжение аккумуляторной батареи -12 В.

Получим значение расчетной емкости АБ:

$$C = \frac{1250 \text{ Вт} \cdot \text{час} \cdot 2 \cdot 1,20}{12 \text{ В} \cdot 0,3} = \frac{3000}{3,6} = 833 \approx 850 \text{ А} \cdot \text{час}$$

Отметим, что приблизительным является определение числа дней без солнца с круглосуточным отсутствием сети. Поскольку одновременное совпадение этих двух явлений невозможно предусмотреть.

Разделите значение расчетной емкости на номинальную емкость выбранного вами единичного аккумулятора. Округлите полученное значение до ближайшего большего целого. Получите число единичных аккумуляторов, которые будут соединены в одну параллельную сборку.

Разделите номинальное напряжение постоянного тока системы (12, 24 или 48В) на номинальное напряжение выбранного единичного аккумулятора (обычно 2, 6 или 12В). Округлите полученное значение до ближайшего большего целого. Вы получите число последовательно соединенных параллельныхборок.

Умножьте число аккумуляторов в одной параллельной сборке на число параллельных сборок, для того, чтобы подсчитать требуемое количество единичных аккумуляторов.

Параллельно-последовательное соединение единичных аккумуляторов позволит набрать нужную расчетную емкость АБ с заданным напряжением постоянного тока. При выборе единичных аккумуляторов надо следовать следующим рекомендациям:

1. Использовать однотипные аккумуляторы по электролиту, емкости, напряжению;
2. Уменьшать число аккумуляторов, соединяемых параллельно. Поэтому брать аккумуляторы с большой номинальной емкостью. Лучше один аккумулятор с емкостью равной или превышающей расчетную емкость АБ, чем параллельно соединенных два аккумулятора с меньшей емкостью.
3. Уменьшать число последовательно соединяемых параллельных сборок. Поэтому брать аккумуляторы с большим номинальным напряжением.

#### **4. Расчет фотоэлектрической панели**

Последний этап – это определение суммарной мощности и количества солнечных модулей. Для расчета потребуется значение солнечной радиации, которое берется в период работы станции.

В таблице приведены среднедневные значения солнечной радиации, усредненной по трем месяцам времен года для Ташкента.

Среднедневная солнечная радиация, кВт•час/м <sup>2</sup>	Декабрь	Март	Июнь	Сентябрь
	Январь	Апрель	Июль	Октябрь
	Февраль	Май	Август	Ноябрь
	2,45	5,23	8,08	5,08

Значения солнечной радиации в летние и зимние месяцы отличаются в 3,3 раза. Если для расчетов взять зимнюю радиацию, то для ФЭС потребуется солнечная панель с очень большой площадью. Если летнюю, то площадь солнечной панели не будет обеспечивать суточное электропитание в зимние месяцы. Обычно берут значение среднее для весны с осенью=5,16 кВт•час/м<sup>2</sup>.

В нашем примере расчета мы будем рассматривать случай, когда модули ориентированы в пространстве оптимально, ничто их не загораживает в течении дня, а следящей системы нет. Эти факторы можно учесть для реального объекта.

Выработка электроэнергии солнечной фотоэлектрической панелью зависит от угла падения солнечных лучей на нее. Максимум бывает при угле 90 градусов. При отклонении от этого угла все большее количество лучей отражается, а не поглощается солнечными модулями.

Чтобы получить максимум энергии летом, нужно модули разместить под углом на 15° меньше географической широты местности. Чтобы получить максимум в зимнее время года, необходимо модули наклонить к горизонту под углом на 15° больше географической широты местности.

Чтобы получить максимум за весь календарный год, угол наклона солнечных модулей должен быть равен широте местности.

Помимо радиации в расчете следует учитывать сильный нагрев солнечных элементов модуля в летнее время, что снижает его эффективность. В практике используется следующая упрощенная формула для расчета необходимой мощности массива солнечных модулей:

$$P=(1000 \cdot W)/(k \cdot E),$$

где P- суммарная мощность солнечных модулей, W-необходимое суточное количество энергии, k-сезонный коэффициент (летом 0.55, зимой 0.7, весной и осенью -0,63), E- значение солнечной радиации.

Коэффициент k делает поправку на потерю мощности солнечных элементов при нагреве на солнце, а также учитывает наклонное падение лучей на поверхность модулей в течении дня. Разница в его значении зимой и летом обусловлена меньшим нагревом элементов в зимний период.

Расчетную мощность панели надо увеличить примерно на 20% (коэффициент 1,2) для компенсации потерь на заряд-разряд АБ и потери в соединительных проводах.

Исходя из суммарной мощности потребляемой энергии W по формуле легко рассчитать суммарную мощность фотоэлектрической панели P. А зная ее, простым делением ее на мощность одного модуля, получим количество модулей.

Приведем условный пример расчета мощности солнечной панели, необходимой для суточного электрообеспечения, и число N модулей с мощностью 100 Вт.

Летние месяцы:  $W = 1,25 \text{ кВт} \cdot \text{час}$   
 $E = 8,08 \text{ кВт} \cdot \text{час}/\text{м}^2$   
 $K = 0,55$

$$P = \frac{1000 \cdot 1,25 \cdot 1,2}{0,55 \cdot 8,08} = \frac{1500}{4,45} = 338 \text{ Вт}$$

$$N=4$$

Зимние месяцы:  $W = 1,25 \text{ кВт} \cdot \text{час}$   
 $E = 2,45 \text{ кВт} \cdot \text{час}/\text{м}^2$

$$K = 0,7$$

$$P = \frac{1000 \cdot 1,25 \cdot 1,2}{0,7 \cdot 2,45} = \frac{1500}{1,715} \approx 875 \text{ Вт}$$

$$N=9$$

Весенние, осенние месяцы:  $W = 1,25 \text{ кВт} \cdot \text{час}$

$$E = 5,16 \text{ кВт}\cdot\text{час}/\text{м}^2$$

$$K = 0,63$$

$$P = \frac{1000 \cdot 1,25 \cdot 1,2}{0,63 \cdot 5,16} = \frac{1500}{3,25} \approx 462 \text{ Вт}$$

$$N=5$$

Для обеспечения энергии 1,25 кВт·час/сутки летом требуется 4 модуля, тогда как зимой 9. Какое число солнечных модулей устанавливать каждый потребитель решает сам, исходя из своих финансовых возможностей и свободного места для размещения модулей.

### **ТРЕБОВАНИЯ К МОНТАЖУ ЭЛЕМЕНТОВ ФЭС**

Фотоэлектрическую панель следует устанавливать на открытой местности, исключая затенение лучеприемной приёмной поверхности в течение всего светового дня, под углом около 40° (географическая широта) к горизонту в направлении на ЮГ.. Фотоэлектрическая панель может быть установлена на уровне земли а также на стенах и на крышах строений, если имеется возможность доступа к ней для ежедневной очистки. Крепление фотомодуля к опорной конструкции должно быть выполнено максимально надежным от возможных сейсмических ударов. Расстояние от места установки фотоэлектрических панелей до помещения, в котором располагаются контроллер, АБ и инвертор должно быть минимальным, чтобы уменьшить падение напряжения на проводах. Либо придется использовать провода увеличенного сечения, предпочтительнее медные и многожильные.

Контроллер, аккумуляторную батарею, инвертор и коммутационный щиток следует располагать в сухом, проветриваемом помещении. Длина соединительных проводов между контроллером, аккумулятором и инвертором не должна превышать 1,5 м.

Оптимальная температура эксплуатации аккумуляторов составляет 25°C.

Контроллер, инвертор и щиток надо расположить таким образом, чтобы были обеспечены свободный доступ к их органам управления и воздушный теплонос с корпусов контроллера и инвертора.

### **ПОДГОТОВКА К ПОЛЬЗОВАНИЮ**

Подготовка к пользованию фотогальванической энергией (ФЭС) включает несколько ключевых шагов, чтобы обеспечить максимальную эффективность и безопасность системы. Вот основные этапы подготовки:

#### **1. Оценка потребностей в энергии**

- Определите потребности в электроэнергии вашего дома, бизнеса или другого объекта.
- Проанализируйте текущие счета за электричество, чтобы понять, сколько энергии вам нужно будет генерировать.

## **2. Оценка условий расположения**

- Проверьте количество солнечного света, которое ваш объект получает в течение дня, используя карты солнечной активности или консультации с профессионалами.
- Убедитесь, что крыша или территория, на которой будет установлена ФЭС, подходит для установки панелей: она должна быть достаточно большой и иметь минимальные препятствия, такие как тени.

## **3. Выбор оборудования**

- **Солнечные панели:** Выберите панели, исходя из их эффективности, долговечности и стоимости.
- **Инвертор:** Этот прибор преобразует постоянный ток, вырабатываемый панелями, в переменный ток, который используется в вашем доме или бизнесе.
- **Аккумуляторные системы (по желанию):** Они позволяют хранить избыточную энергию для использования в ночное время или в облачные дни.

## **4. Проектирование системы**

- Рассчитайте количество панелей, которое нужно для удовлетворения ваших энергетических потребностей, исходя из мощности каждой панели и средней солнечной активности.
- Специалисты могут помочь в проектировании системы, чтобы она была оптимально настроена для вашего местоположения и потребностей.

## **5. Получение разрешений**

- Перед установкой системы необходимо получить все необходимые разрешения от местных властей, что зависит от законодательства вашего региона.

## **6. Установка системы**

- Профессиональная установка панелей и инвертора, подключение системы к электросети (если система не автономная), а также настройка контроллеров и аккумуляторов.

## **7. Мониторинг и обслуживание**

- После установки важно следить за работой системы с помощью специализированных приборов или приложений для мониторинга.
- Регулярное обслуживание, включая чистку панелей, проверку работы инвертора и аккумуляторов, поможет поддерживать эффективность работы системы.

## **8. Интеграция с сетью**

- Если ваша система подключена к электрической сети, возможно, потребуется заключение договора с энергетической компанией для получения скидок или компенсаций за выработанную солнечную энергию (в случае системы с возвратом энергии в сеть).

После всех этих шагов ФЭС будет готова к эксплуатации, обеспечивая экологически чистое и экономически выгодное решение для ваших энергетических нужд.

## **ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ФЭС**

Необходимым условием надежной и долговечной работы ФЭС является строгое соблюдение правил технического обслуживания элементов ФЭС.

Контроллеры и инверторы обеспечивают надежную работу в течении длительной (более 10 лет) эксплуатации без какого-либо специального технического обслуживания. Они снабжены блоками самозащиты от короткого замыкания, перегрева. Устройства сохраняют работоспособность при температурах среды - 10°C до 40°C, влажности 98%. Тогда как для обеспечения нормального функционирования фотоэлектрических модулей и аккумуляторов необходимо профилактическое техническое обслуживание.

### **Техническое обслуживание фотоэлектрических панелей**

Фотоэлектрическая панель относится к самому дорогостоящему изделию ФЭС. В состав работ по техническому обслуживанию панели входит:

1. Ежедневная очистка лучеприёмных поверхностей фотоэлектрических модулей

а) снег необходимо смести мягкой метёлкой и осушить лучеприёмные поверхности сухой мягкой влаговпитывающей тканью;

б) лед удаляют мягкой тканью, смоченной в теплой (40 – 50°C) воде. После удаления льда осушить поверхности сухой мягкой влаговпитывающей тканью. Категорически запрещается использовать любые другие методы очистки-скалывание, соскребание, нагрев пламенем;

в) пыль, грязь смыть мягкой тканью, смоченной в чистой воде и осушить поверхности сухой мягкой влаговпитывающей тканью. При выполнении процедур по очистке поверхностей от пыли и грязи категорически запрещается использование любых других жидкостей для очистки, кроме чистой воды.

2. Ежемесячная проверка прочности монтажа фотоэлектрической панели, надежности электрических соединений фотоэлектрических модулей, качества заземления и крепления к опоре. Эту проверку следует особенно тщательно проводить после неблагоприятных экстремальных погодных условий (ливень, град, обильный снегопад, пыльная буря).

### **Техническое обслуживание аккумуляторов**

Объем и периодичность технического обслуживания аккумуляторов должны соответствовать технической документации (паспорту) на тот тип аккумулятора, которым комплектуется ФЭС.

Для работы в составе систем альтернативной энергетики рекомендуется использовать специальные герметичные аккумуляторы с гелем в качестве электролита. Из гелевых аккумуляторов не выделяется газ, как из свинцово-кислотных. Они не пожароопасные. Их выбирают, когда недоступно обеспечить вентиляцию аккумуляторов или их установку в требуемом положении, либо невозможно обеспечить постоянный уход (следить за уровнем электролита, доливать воду и пр.). Гелевые аккумуляторы не требуют ни ухода, ни специального помещения, срок службы выше 7 лет.

Однако гелиевые аккумуляторы более чувствительны к зарядному напряжению и высокой температуре.

1. Периодически, не реже одного раза в неделю, очищать поверхность аккумуляторов от пыли сухой чистой мягкой тканью.

2. Категорически запрещается подключение к АБ устройств (потребителей электроэнергии), не предусмотренных при установке ФЭС.

3. Категорически не допускается закорачивание выходных клемм аккумуляторов.

4. Необходимость зарядки аккумуляторов перед началом их эксплуатации в составе ФЭС должна определить организация, осуществляющая монтаж и ввод её в эксплуатацию.

### **Техническое обслуживание контроллера и инвертора**

Специального технического обслуживания контроллера и инвертора не требуется. В процессе эксплуатации ФЭС категорически запрещается снимать защитные кожуха контроллера и инвертора, нарушать целостность их пломб и менять схему их подключения.

## **ТРЕБОВАНИЕ ПО БЕЗОПАСНОСТИ**

ФЭС вырабатывает электроэнергию с переменным напряжением 220В, которое опасно для жизни и здоровья. Эксплуатация станции должна производиться с учетом всех требований правил обращения с электроприборами. Невыполнение этих правил может не только вывести из строя станцию, но и нанести непоправимый вред вашему здоровью.

## **ВОЗМОЖНЫЕ НЕПОЛАДКИ И ИХ УСТРАНЕНИЕ**

<b>№</b>	<b>Неполадки</b>	<b>Причины неполадок</b>	<b>Методы устранения</b>
1	В ясный солнечный день недостаточный ток зарядки аккумуляторов.	Запыление, загрязнение лучеприемной поверхности фотоэлектрической панели (далее ФЭП). Плохой контакт проводов с разъемами ФЭП (коррозия, грязь).  Обрыв проводов с отдельных модулей ФЭП.  Разрушение фронтальных стекол отдельных модулей ФЭП. Нарушена герметизация разъемов отдельных модулей ФЭП и, как следствие, частичное закорачивание между контактами или с заземляющим стержнем из-за остаточной влаги (росы).	Очистить поверхности от пыли, загрязнений.  Зачистить разъемы от коррозионных повреждений, грязи. Упрочнить контакты. Выявить обрыв. Восстановить соединение проводов пайкой. Уменьшить режим потребления нагрузки. Заменить разрушенные модули ФЭП.  Выявить участки разгерметизации. Удалить влагу, просушить. Восстановить изоляцию силиконовым герметиком.
2	Ускорение разряда аккумуляторов,	Частичное закорачивание выходных клемм	Просушить клеммные соединения, очистить от



	несоответствующее потребляемым нагрузкам.	аккумуляторов между собой и заземляющим проводом из-за повышенной влажности, пыли.	загрязнений, покрыть клеммы лаком.
3	Перегрев проводов.	Малое сечение монтажных проводов. Плохие электроконтакты монтажных проводов с клеммами оборудования.	Использовать провода с большим сечением. Механически зачистить клеммы оборудования и контактные концы проводов, туго затянуть гайки на клеммах.
4	Срабатывание систем защиты контролера и инвертора во время грозы. В грозовую погоду с молниями отключается оборудование ФЭС.	Плохое заземление у фотомодулей. Утечка больших токов с молниеотвода ФЭС на корпус оборудования. Срабатывает электронная система защиты.	Проверить соответствие молниеотвода установленным техническим характеристикам. Проверить заземление всех элементов оборудования - соединения контактных проводов с заземляющими стержнями, качество заземления стержней.

## РЕКОМЕНДАЦИИ

1. По приведенным условным примерам следует, что полностью заряженная АБ содержит запас энергии 2,5 кВт·час при условии 30% допустимого разряда. Эта энергия рассчитывалась на двух суточное расходование по 1,25 кВт·час в сутки на минимальную оптимизированную нагрузку без подзаряда АБ.

Однако, на практике перерывы отсутствия сети гораздо меньше, чем двое суток, обычно несколько часов. По этому, резервный запас энергии в АБ можно расходовать и на другие приборы. Подзарядка АБ будет идти от сети (в отсутствии солнечного излучения).

**Важно – постоянно контролировать имеющийся запас энергии в АБ.** Для этого в контроллере или инверторе (блоке бесперебойного питания) предусмотрены индикаторы степени разряженности АБ. По достижении 30% разряда (по условиям примера) АБ автоматически отключается от нагрузок.

2. Надо ввести как правило – подсчитывать величину энергии, потребляемую каким-либо прибором. К примеру, прибор мощностью 2 кВт работает 10 минут. Тогда израсходованная прибором энергия будет равна:

$$\text{Энергия} = 2 \text{ кВт} \cdot 10 \text{ мин} = 2 \text{ кВт} \cdot 1/6 \text{ час} \approx 0,34 \text{ кВт} \cdot \text{час}$$

Зная текущий запас энергии в АБ, можно оценить – сколько останется энергии в АБ и целесообразно ли вообще запитывать прибор от ФЭС.

3. Необходимо знать суммарную номинальную и суммарную пиковую мощности приборов, одновременно подключенных к ФЭС. **Важно постоянно контролировать, чтобы эти мощности не превышали номинальную мощность и допустимую пиковую мощность инвертора.** Иначе будет блокировка работы или даже поломка инвертора. Поэтому надо брать



инвертор с мощностью в 1,3-1,5 раза больше расчетной. Значения номинальной и пиковой мощностей инвертора указывается разработчиком в техническом паспорте инвертора.

### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУР**

1. **Гречко, В. М., Коваленко, В. П.** "Солнечная энергетика: Технологии и экономика." — М.: Энергия, 2015. — 456 с.
2. **Новиков, И. А.** "Фотоэлектрические системы: Руководство по проектированию и монтажу." — СПб.: Лань, 2018. — 320 с.
3. **Бекбоев, М. К.** "Анализ солнечного потенциала Центральной Азии и Кыргызстана." — Бишкек: Кыргызская академия наук, 2020. — 180 с.
4. **Смирнов, В. П.** "Технические характеристики и выбор солнечных панелей и инверторов." — М.: Наука, 2017. — 240 с.
5. **Шарифов, А. Р.** "Развитие возобновляемых источников энергии в странах Центральной Азии." — Алматы: КазНИИЭнергетики, 2022. — 210 с.
6. **Говоров В.М.** **Солнечные фотоэлектрические системы: основные принципы и методы применения.** — М.: Изд-во, 2018. — 210 с.
7. **Федорова Т.И.** **Технологии солнечной энергетики.** — М.: Изд-во, 2020. — 256 с.
8. **Чебаненко Ю.И.** **Основы солнечной энергетики.** — Харьков: Изд-во, 2017. — 312 с.
9. **Петров С.Н.** **Фотоэлектрические станции: принципы и технологии.** — СПб.: Изд-во, 2019. — 288 с.
10. **Климова А.И.** **Практическое руководство по проектированию фотоэлектрических систем.** — М.: Изд-во, 2021. — 324 с.
11. **Шарапов И.В.** **Методы расчета солнечных фотоэлектрических станций.** — СПб.: Изд-во, 2015. — 265 с.

- 12.Иванов И.В. **Проектирование аккумуляторных систем для фотоэлектрических станций.** — М.: Изд-во, 2018. — 145 с.
- 13.Сорокин В.А. **Монтаж фотоэлектрических систем: принципы и стандарты.** — М.: Изд-во, 2020. — 185 с.
- 14.Петрова Л.К. **Операции по запуску и эксплуатации солнечных электростанций.** — Санкт-Петербург: Изд-во, 2022. — 230 с.
- 15.Морозов Н.Д. **Техническое обслуживание солнечных фотоэлектрических систем.** — М.: Изд-во, 2021. — 170 с.
- 16.Лебедев М.А. **Диагностика и ремонт фотоэлектрических станций.** — М.: Изд-во, 2019. — 220 с.
- 17.Гончаров В.П. **Безопасность при эксплуатации фотоэлектрических систем.** — Ростов-на-Дону: Изд-во, 2017. — 180 с.
- 18.Александров Д.Н. **Эффективное использование и продление срока службы солнечных электростанций.** — М.: Изд-во, 2021. — 210 с.