

## **Руководство по эксплуатации Модуль фотоэлектрический**



## Оглавление

1.	Введение.....	4
1.1.	Принцип действия ФЭМ.....	4
1.2.	Принцип действия ФЭС.....	5
2.	Безопасность. Общие сведения.....	5
2.1.	Безопасность при монтаже ФЭМ.....	6
2.2.	Обращение с ФЭМ .....	6
2.3.	Электробезопасность .....	8
2.4.	Пожарная безопасность .....	9
2.5.	Места, опасные для монтажа ФЭМ .....	10
2.6.	Безопасность при повреждениях ФЭМ.....	10
3.	Описание фотоэлектрического модуля.....	10
3.1.	Общие сведения об эксплуатации ФЭМ.....	10
3.2.	Характеристики фотоэлектрического модуля .....	11
3.2.1.	Общие характеристики ФЭМ .....	11
3.2.2.	Температурные характеристики ФЭМ .....	11
3.2.3.	Механические характеристики ФЭМ .....	11
3.2.4.	Фотоэлектрические параметры ФЭМ.....	11
3.3.	Комплектующие .....	12
3.3.1.	Клеммная коробка .....	12
3.3.2.	Обводные диоды .....	12
3.3.3.	Кабели клеммной коробки.....	13
3.3.4.	Соединительные разъемы .....	14
3.3.5.	Крепления.....	15
4.	Монтаж и размещение .....	15
4.1.	Расположение и угол наклона .....	15
4.2.	Монтаж ФЭМ.....	16
4.3.	Электрическое подключение.....	20
4.3.1.	Последовательное соединение .....	21
4.3.2.	Параллельное соединение.....	22
4.3.3.	Минимальная защита и использование диодов .....	24

4.4.	Требования безопасности при монтаже ФЭМ.....	24
4.5.	Распаковка.....	26
4.6.	Заземление.....	27
4.7.	Требования к инверторам .....	28
4.8.	Пуск в эксплуатацию ФЭС .....	29
4.9.	Демонтаж модулей. ....	30
5.	Обслуживание ФЭМ .....	30
5.1.	Очистка.....	31
5.2.	Методы очистки модулей: .....	32
5.2.1.	Влажная очистка .....	32
5.2.2.	Сухая очистка.....	32
5.3.	Нагрузка на модуль .....	33
5.4.	Затенение модуля .....	34
5.5.	Очистка от снега .....	34
6.	Хранение .....	34
7.	Упаковка и транспортировка .....	35
8.	Маркировка ФЭМ .....	36
9.	Утилизация ФЭМ .....	37
10.	Соглашение об исключении ответственности .....	38
11.	Информация о производителе .....	38

## 1. Введение

Данное руководство по эксплуатации распространяется на фотоэлектрические модули и содержит сведения о конструкции, принципе действия, характеристиках и определяет требования для правильного и безопасного монтажа модулей, их эксплуатации, а также сведения по утилизации модулей и его составных частей. Перед началом монтажа модулей необходимо внимательно ознакомиться с данным руководством по эксплуатации. При возникновении каких-либо вопросов обратитесь к производителю модулей или к его официальному представителю. Данное руководство по эксплуатации описывает фотоэлектрические модули и не позиционируется как полное руководство по монтажу для персонала, не имеющего соответствующей квалификации и не прошедшего специального обучения по модулям. Руководство представлено в качестве справочной информации.

Организация, осуществляющая монтаж модулей, должна соблюдать все меры предосторожности, описанные в данном руководстве по эксплуатации, а также действовать в соответствии с применимыми национальными нормами и стандартами при монтаже модулей производства ООО «Хевел». Перед монтажом фотоэлектрической системы необходимо обеспечить соблюдение механических и электрических требований к фотоэлектрической системе. Храните эту документацию в надежном месте для дальнейшего использования.

Продукция ООО «Хевел», установленная с нарушением требований, приведенных в настоящем руководстве, может привести к серьезным физическим травмам с возможным летальным исходом. На данную продукцию условия гарантии не распространяются. ООО «Хевел» не несет ответственности за ущерб и убытки, понесенные вследствие нарушения требований настоящего руководства.

Используемые сокращения.

- ФЭС – фотоэлектрическая система
- ФЭМ – фотоэлектрический модуль (модули)
- ОК – опорная конструкция
- ВИЭ – возобновляемые источники энергии
- АКБ – аккумуляторная батарея
- АЗС – автозаправочная станция
- ЛВЖ – легковоспламеняющаяся жидкость
- СУИ – стандартные условия измерений
- УЗО – устройство защитного отключения
- РЭ – руководство по эксплуатации
- УФ – ультрафиолетовое излучение
- МРРТ – Maximum Power Point Tracking (слежение за точкой максимальной мощности)
- ФЭП – фотоэлектрический элемент/преобразователь

### 1.1. Принцип действия ФЭМ

Принцип действия ФЭМ заключается в прямом преобразовании солнечного излучения (или альтернативного источника света) в электроэнергию постоянного тока и предназначены для использования в сетевых и автономных системах электроснабжения.

Фотоэлектрические модули, изготовленные ООО «Хевел» по технологии гетероперехода, выделяются на рынке широким спектром возможных применений, долговечностью и высокой эффективностью.

Гетеропереходные модули ООО «Хевел» обладают рядом особенностей, таких как улучшенные температурные коэффициенты, отсутствие PID и LID эффектов, использование ФЭМ гарантирует высокую выработку электроэнергии даже в условиях, отличных от идеальных.

## 1.2. Принцип действия ФЭС

ФЭМ являются основной составляющей фотоэлектрической системы. ФЭМ предназначены для наружной эксплуатации. ФЭС построена на принципе конверсии солнечной энергии и относится к классу возобновляемых источников энергии (ВИЭ). ФЭС имеют широкий спектр применения: от дополнительных источников электроэнергии мощностью 1-50 кВт до солнечных электростанций мощностью в десятки мегаватт.

Системы небольшой мощности от 1 до 50 кВт могут быть использованы в качестве дополнительного автономного источника электропитания. Они широко используются по всему миру для нужд частных домов и коттеджей, промышленных предприятий.

Электрическая энергия постоянного тока, вырабатываемая ФЭМ, поступает на инвертор. Инвертор преобразует постоянный ток в переменный и направляет электроэнергию в общую сеть или непосредственно к потребителю, в зависимости от типа системы.

## 2. Безопасность. Общие сведения.

ФЭМ предназначены только для использования в качестве источников электроэнергии в сетевых или автономных системах электроснабжения. Запрещается использовать ФЭМ для иных целей. Не пытайтесь разобрать модуль и не удаляйте прикрепленные таблички или компоненты. Это приведет к потере гарантии.

ООО «Хевел» оставляет за собой право изменять документацию на ФЭМ без предварительного уведомления.

В зависимости от конкретного исполнения, указанного в паспорте, модули соответствуют (подробные требования указаны в ГОСТ Р 58809.1-2020 / МЭК 61730-1:2016):

- требованиям класса применения 0:  
Применение в фотоэлектрических системах, в которых значения напряжения, постоянного тока и мощности могут быть опасного уровня (согласно ГОСТ Р 58809.1–2020 выше 35 В и 240 Вт; согласно IEC 61140: более 50 В переменного тока, согласно EN 61140: более 120 В постоянного тока без пульсаций), а также фотоэлектрические модули, напряжение и мощность которых могут быть опасного уровня. Ограниченный доступ, опасное напряжение, опасная мощность.

либо

- требованиям класса применения 2:  
Применение в фотоэлектрических системах, в которых значения напряжения постоянного тока, постоянного тока и мощности могут быть опасного уровня (выше 35 В

и 240 Вт), а также фотоэлектрические модули, выходная мощность, ток и напряжение которых могут быть опасного уровня.

Свободный доступ, опасное напряжение, опасная мощность.

Монтаж ФЭС требует специальных навыков и знаний. Она должна выполняться только квалифицированным и специально обученным персоналом. Организация, осуществляющая монтаж ФЭС принимает на себя все риски получения травм, включая риски поражения электрическим током.

Используйте только оборудование, разъемы, проводку и монтажные устройства, специально разработанные для использования в фотовольтаике.

## 2.1. Безопасность при монтаже ФЭМ

ФЭМ предназначены для монтажа с использованием монтажных систем, описанных в данном РЭ. При использовании других монтажных систем вся ответственность возлагается на организацию, осуществляющую монтаж ФЭС.

Монтажная система должна обеспечивать надежное крепление ФЭМ, подверженных нагрузкам (вертикальным, например, снеговым нагрузкам), указанные в АТМС.564181.002 ПС и противодействиям (нагрузки, направленные вверх, например, давление ветра на отрыв), указанные в АТМС.564181.002 ПС.

Модули не должны монтироваться в регионах, где ожидаемые нагрузки и противодействия превышают пороговые значения.

ОК и оборудование должны быть изготовлены из прочного, коррозионно- и УФ-стойкого материала. Металлические детали ОК не должны контактировать с металлическими деталями, которые имеют разницу в их электрохимическом потенциале более 600 мВ согласно п. 4.2 настоящего РЭ.

ОК должна быть рассчитана таким образом, что бы выдерживать вышеуказанные нагрузки с учетом установленных на нее ФЭМ в течение всего срока эксплуатации. Расчеты нагрузки для проверки применимости к фактическому монтажу находятся в ответственности организации, проектирующей ФЭС.

Соблюдайте все инструкции и меры предосторожности, прилагаемые к монтажной системе, которая будет использоваться для модуля.

При монтаже модуля на крыше (не встроенные в здания модули или панели), требуется огнеупорная подложка. Минимальное расстояние между модулем и крышей должно составлять 150 мм. При кровельном монтаже модулей необходимо соблюдать все требования, описанные в местном, региональном и национальном законодательстве, ограничивающими доступ к ФЭС. Доступ на ФЭС открыт только специально обученному, квалифицированному техническому персоналу.

## 2.2. Обращение с ФЭМ

Не допускается:

- Разбирать ФЭМ и клеммную коробку, отсоединять этикетку, рамочные крепления и другие компоненты.
- Ронять ФЭМ или допускать падение на них посторонних предметов.
- Перемещать ФЭМ за кабели или клеммные коробки.

- Наступать на ФЭМ или стоять на них. Риск боя стекла или скольжения с вероятностью получения серьезных травм или летального исхода! Кроме того, солнечные ячейки внутри модуля могут потрескаться.
- Наносить на модули краску или клеящие вещества.
- Устанавливать ФЭМ краем или углом на твердые поверхности.
- Наносить механические повреждения ФЭМ, допускать царапины, потертости и сколы.
- Монтировать ФЭМ при сильном ветре, дожде или тумане.
- Работать с ФЭМ в металлических украшениях.
- Эксплуатировать ФЭМ за пределами диапазонов температур, влажности и нагрузок, предусмотренных в данном документе.
- Искусственно концентрировать солнечное излучение на модулях (с использованием зеркал, поверхности воды и т.д.).
- Использовать чистящие/моющие/абразивные средства и острые предметы для очистки модулей.
- Использовать острые предметы для маркировки модулей.
- Проводить работы на ФЭМ, не отключенных от нагрузки.
- Перемещение модулей при их эксплуатации (вырабатываемая ФЭМ электроэнергия расходуется на нагрузку).
- Устанавливать модули таким образом, чтобы высота между нижним краем модулей и поверхностью земли была меньше высоты снежного покрова для данной местности. Не допускать длительного частичного затенения любой части модуля снежным покровом, проросшей травой или другими объектами, создающими тень на модуле.
- Устанавливать модули таким образом, чтобы нижний край модулей соприкасался с водой в течение длительного периода времени.
- Допускать теплового перегрева модулей во время эксплуатации ФЭС.

Несоответствующая транспортировка и монтаж могут привести к повреждениям стекла или фотоэлектрических элементов внутри модуля.

**ВНИМАНИЕ!** Сохраняйте электрические контакты чистыми и сухими. Работа с влажными модулями разрешается только в средствах защиты (резиновые перчатки, очки, резиновые боты, прорезиненный фартук или куртка, каска).

При обращении с ФЭМ необходимо выполнять следующие требования:

- Проверить, выполняются ли требования и нормы безопасности.
- Соблюдать меры предосторожности при распаковке, переноске и хранении модулей при монтаже ФЭС.
- Перед проектированием ФЭС проверить отсутствие затенения места расположения в течение года и времени суток.
- Не ставить модули вертикально, предварительно не подложив под ребро модуля материал, исключающий повреждение модуля или защитного покрытия рамочного крепления при хранении на твердом основании.



- Не допускать прогиба модуля под его собственным весом и не складывать модули друг на друга без использования разделителей, исключающих взаимное соприкосновение модулей.
- Переносить за раз только один модуль. Переносить только в вертикальном положении, вдвоем, используя обе руки. Запрещено переносить за соединительную коробку или электрические кабели.
- При выполнении электромонтажных работ с модулями использовать инструмент с электроизоляцией не менее 1000 В. Не использовать инструмент без изоляции или с поврежденной изоляцией. При выполнении электромонтажных работ отключить модули от ФЭС.
- Ни при каких обстоятельствах не вскрывать клеммную коробку (за исключением планового ремонта).
- При монтаже модулей необходимо обеспечить достаточное расстояние между модулями для естественной вентиляции.
- Модули должны быть установлены под таким углом, что бы обеспечивалась самоочистка лицевой поверхности модуля.
- Модули должны быть установлены внутри огражденной территории, ограничивающей допуск посторонних людей.

### 2.3. Электробезопасность

- Перед началом работ на смонтированной ФЭС сначала отключите ее со стороны энергопотребителей переменного тока, затем – со стороны инвертора или контроллера заряда. Только после электрического отключения разрешается производить демонтаж ФЭМ с ОК.
- При отсоединении проводов, подключенных к ФЭМ, который подвергается воздействию света, может возникать электрическая дуга. Дуги могут вызвать ожоги, стать причиной возгорания или иным образом создавать опасные ситуации (в т. ч. летальное поражение электрическим током).
- Проверяйте остаточное напряжение перед запуском и соблюдайте правила безопасности для таких условий работы.
- Контакт с постоянным напряжением 30 В или более потенциально опасен. Соблюдайте осторожность при подключении модулей, подверженных воздействию солнечных лучей.
- При последовательном подключении модулей сумма напряжений холостого хода ( $V_{oc}$ ) при самой низкой ожидаемой температуре и максимальном солнечном освещении не должна превышать максимальное напряжение ФЭС. Максимальное системное напряжение ФЭМ указано в п. 4.3.1 настоящего РЭ.

В нормальных условиях ФЭМ способен вырабатывать токи и/или напряжения выше чем заявлено при стандартных условиях измерений. Соответственно, при предварительном расчете системы (без использования данных проектных изысканий и натурных наблюдений) для определения классов напряжения, номинальных токов проводников, номиналов устройств защиты от сверхтоков и элементов управления, подсоединённых к



фотоэлектрическим выводам, значения  $I_{sc}$  и  $V_{oc}$ , отмеченные на этом модуле, рекомендуется умножить на коэффициент 1,25.

- Никогда не подключайте модули параллельно без диодов цепи или соответствующих устройств защиты, предотвращающих течение обратных токов от одной цепи к другой.
- Всегда используйте один тип модулей при последовательном соединении ФЭМ в цепочке.
- Обязательно ознакомьтесь с основными принципами электротехники и требованиями электробезопасности.
- Используйте изолированные инструменты и соответствующие средства защиты, такие как изолированная обувь и перчатки, а также защитные очки. Все инструменты и средства защиты не должны иметь повреждений.
- Не демонтируйте и не разбирайте модуль.
- Для работы с ФЭС необходимо использовать вольтметр, с диапазонами измерений, превышающими максимальные значения ФЭС.
- Короткое замыкание на стороне постоянного тока может вызвать искрение, которое может вызвать пожар или разрушение контактов и соединителей. ФЭМ, установленные с нарушением требований настоящего РЭ, могут являться причиной поражения электрическим током или смерти.

При эксплуатации ФЭМ необходимо:

- При работе с ФЭС отключать ФЭМ от источников/потребителей электроэнергии (АКБ, инверторы).
- Избегать контакта с клеммами, если на лицевую сторону ФЭМ попадает освещение.
- Соблюдать осторожность при работе с электропроводкой.
- Использование ФЭМ с поврежденными стеклами может привести к поражению электрическим током.
- Не подключать ФЭМ непосредственно к потребителям электроэнергии. Выходная мощность модуля непостоянна и зависит от интенсивности солнечного излучения, что может привести к повреждению напрямую подключённых потребителей (см. пояснение в п. 3.2.4).
- Перед подключением электрических соединителей убедитесь, что они сухие. Материалы и инструменты должны быть чистыми, сухими и исправными, выполнять работы допускается только в сухую погоду при отсутствии сильного ветра.

Конструкция модуля обеспечивает изоляцию всех токоведущих частей, в том числе под воздействием влаги. Сопротивление изоляции ФЭМ, умноженное на площадь лицевой поверхности ФЭМ, имеет величину не менее  $40 \text{ МОм} \cdot \text{м}^2$ . Контроль сопротивления изоляции ФЭМ выполняется по методам 10.3 и 10.15 ГОСТ Р 56980-2020 (МЭК 61215:2021).

#### **2.4. Пожарная безопасность**

В составе ФЭМ не содержатся взрывоопасные или легковоспламеняющихся вещества и части. Допускается размещение ФЭМ на любых типах кровли и поверхностей, которые отвечают требованиям по механической прочности, но ограничивают доступ к ФЭС. При проектировании и

монтаже ФЭС необходимо предусмотреть пожарные проходы и возможность естественного проветривания.

## **2.5. Места, опасные для монтажа ФЭМ**

ФЭМ не предназначены для эксплуатации во взрыво- и пожароопасных местах, например, в охранной зоне мест хранения легковоспламеняющихся и горючих жидкостей (газов), взрывоопасных газов, а также в местах с источниками открытого пламени. Выбор места размещения ФЭМ определяется проектировщиком. Гарантия на ФЭМ не распространяется при их повреждении под воздействием факторов агрессивной окружающей среды или форс-мажорными обстоятельствами.

Модули не должны быть постоянно затенены (включая частичное затенение, точечное затенение, равномерное или неравномерное затенение) ни при каких обстоятельствах. Постоянное затенение включает затенение той же ячейки, ряда ячеек или часть модуля в течение длительных и повторяющихся периодов. Мощность, рассеиваемая полностью или частично в затененных ячейках, приведет к потере мощности, снижению выходной мощности и может вызвать локальный перегрев, что, в свою очередь, может отрицательно сказаться на сроке службы модуля. Постоянное затенение может вызвать ускоренное старение материала инкапсулянта и создать термическую нагрузку на обводные диоды. Это аннулирует гарантию на модуль, если только это негативное влияние не будет должным образом уменьшено за счет использования силовых электронных устройств на уровне модуля (MLPE).

## **2.6. Безопасность при повреждениях ФЭМ**

При любых повреждениях ФЭМ (град, снег, ураганы, удары молний) незамедлительно электрически отключить цепочки с поврежденными модулями от входа инвертора. Также электрически разъединить модули между собой в цепочке. Работа модулей в режиме короткого замыкания не допустима, т. к. приводит к деградации.

## **3. Описание фотоэлектрического модуля**

### **3.1. Общие сведения об эксплуатации ФЭМ**

ФЭМ изготовлены по технологии гетероперехода, фотоактивный слой ФЭМ располагается между стеклянной подложкой и полимерным листовым материалом. По контуру ФЭМ обрамлен алюминиевым крепежным профилем. На полимерном материале размещена несъемная клеммная коробка с проводами и безопасными соединителями. Провода имеют двойную изоляцию и поперечное сечение 4 мм<sup>2</sup>. Безопасные соединители предназначены для использования в цепях постоянного тока, применяемые при построении ФЭС. Система креплений, крепежные элементы для монтажа и заземления модулей не входят в комплект поставки. Испытания модулей проводились при монтаже на опорную конструкцию, используя предусмотренные на модуле крепежные отверстия.

При транспортировке, монтаже и эксплуатации ФЭМ соблюдайте меры предосторожности и техники безопасности работы с хрупкими и бьющимися изделиями. Перед началом работы с ФЭМ убедитесь, что внешний вид и комплектация ФЭМ соответствует требованиям действующей документации, которая прилагается с ФЭМ.

## 3.2. Характеристики фотоэлектрического модуля

### 3.2.1. Общие характеристики ФЭМ

Таблица 1. Общие характеристики ФЭМ

Срок службы, не менее	лет	25
Инкапсуляция		Полиолефиновая пленка
Тип фотоэлектрической пластины		Монокристаллическая пластина/гетеропереход
Клеммная коробка		1 × IP65/IP67
Кабель	мм <sup>2</sup>	4,0
Соединители клеммной коробки TE		PV4-S1
Соединители клеммной коробки GZX		PV-GZX1500-(F/M)
Температура окружающей среды для условий эксплуатации модуля*	°C	- 40 до +85

\*Допускается кратковременное снижение температуры окружающей среды до - 50 °C в ночные часы.

### 3.2.2. Температурные характеристики ФЭМ

Температурные характеристики ФЭМ приведены в АТМС.564181.002 ПС.

### 3.2.3. Механические характеристики ФЭМ

Механические характеристики ФЭМ приведены в АТМС.564181.002 ПС.

### 3.2.4. Фотоэлектрические параметры ФЭМ

Фотоэлектрические параметры модулей приведены в АТМС.564181.002 ПС.

Коэффициент полезного действия в диапазоне значений освещенности от 1100 до 200 Вт/м<sup>2</sup> (воздушная масса – АМ1.5) отличается от коэффициента полезного действия при стандартных условиях проведения измерений (СУИ) не более чем на 1 % (относительный).

Фактические фотоэлектрические характеристики конкретного ФЭМ, приведены на этикетке (см. раздел 8 настоящего РЭ).

В реальных условиях характеристики модулей могут оказаться выше, чем представлено в АТМС.564181.002 ПС. При различных погодных условиях (например, при яркой солнечной погоде, отражении солнечного излучения от снега или воды) значения тока и напряжения могут увеличиться. Таким образом при предварительном расчете, значения  $I_{кз}$  и  $U_{хх}$ , указанные для ФЭМ, следует применять с коэффициентом запаса 1,25 при определении уровней напряжения и силы тока, при выборе предохранителей и других компонентов ФЭС (в случае отсутствия данных проектных изысканий и натуральных наблюдений).

Габаритно-установочные размеры ФЭМ приведены в АТМС.564181.002 ПС.

### 3.3. Комплектующие

#### 3.3.1. Клеммная коробка

Таблица 2. Клеммная коробка.

Тип клеммной коробки	Solarlok Z-Rail (with s-clip), PN 2270135-4 with tape, 1500B	PV-GZX156H, Ningbo GZX, PV Technology Co., Ltd
Максимальное напряжение, В	1500	1500
Размеры, мм	115×110×23	138×137×26
Максимальный ток, А	13	15
Степень защиты	IP65/IP67	IP67
Тестовое напряжение, кВ	16	16
Категории горючести по UL 94	UL94-V0	UL94-V0
Температурный диапазон, °С	от -40 до +85	от -40 до +85
Материал корпуса	полифениленэфир, модифицированный полистиролом	полифениленоксид
Материал контактов	Медь с оловянным покрытием	Медь с оловянным покрытием

#### 3.3.2. Обводные диоды

Частичное затенение отдельного модуля/фотоэлектрических элементов в цепи может являться причиной протекания обратного тока через затененный модуль, вызывая локальный нагрев и снижая общую производительность цепи.

На каждом модуле ООО «Хевел» установлены клеммные коробки. В клеммных коробках установлены обводные диоды, которые подключены параллельно с цепочками ФЭП внутри ФЭМ (количество ФЭП в цепочке зависит от исполнения ФЭМ и указано в паспорте АТМС.564181.002 ПС) в прямом направлении протекания тока. Ток цепи (в случае затенения ФЭМ/части ФЭМ) пройдет через обводной диод, тем самым минимизируя нагрев модуля и потери в цепи.

Необходимо учесть, что ФЭП защищены от перегрева только с помощью действующих обводных диодов. При необходимости замены обводных диодов см. инструкции поставщика клеммной коробки и используйте тот же тип диода, который был установлен первоначально. Возможность замены обводных диодов определяется типом установленной клеммной коробки. Замена обводных диодов возможна персоналом ФЭС, в соответствии с инструкцией по замене диодов и прошедшим обучение специалистами ООО Хевел.

Обводные диоды не являются защитой ФЭМ от сверхтоков или перенапряжений.

Таблица 3. Обводные диоды.

	SL2020 (в клеммной коробке TE)	
	Корпус	Пластиковый R-6
	Вес, гр.	3
	Категории горючести по UL 94	UL94-V0
	Максимальное допустимое напряжение, В	1500
	Максимально допустимое обратное напряжение, В	1500
	Максимальный ток, А	13

	30SQ045S (в клеммной коробке PV-GZX156H)	
	Корпус	Пластиковый R-6
	Вес, гр.	3
	Категории горючести по UL 94	UL94-V0
	Максимальное допустимое напряжение, В	1500
	Максимально допустимое обратное напряжение, В	1500
	Максимальный ток, А	15

### 3.3.3. Кабели клеммной коробки

Таблица 4. Кабели клеммной коробки.

Тип клеммной коробки	Solarlok Z-Rail (with s-clip)	PV-GZX156H
Тип кабеля	BETAflam 125 flex solar 1500B	PV-GZX1500
Длина, мм	1000 мм (+75 –5) (положительный контакт) 1000 мм (+75 –5) (отрицательный контакт)	1000 мм (+75 –5) (положительный контакт) 1000 мм (+75 –5) (отрицательный контакт)
Предельная температура эксплуатации, °С	от –40 до +85	от –40 до +85
Номинальное сечение, мм <sup>2</sup>	4	4
Материал проводника	Медь с оловянным покрытием	Медь с оловянным покрытием
Диаметр проводника, мм	2,55	2,55
Внешний диаметр, мм	5,05	5,05
Удельный вес кабеля, кг/км	56	56
Удельное сопротивление, МОм/м	5,09	5,09
Допустимое напряжение постоянного тока, В	1500	1500

### 3.3.4. Соединительные разъемы

Таблица 5. Соединительные разъемы PV4-S1 клеммной коробки ТЕ.

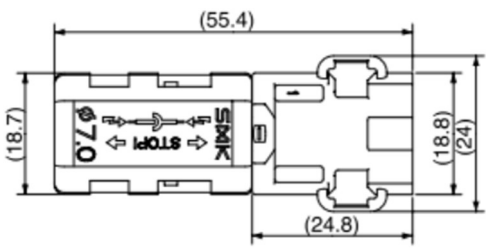
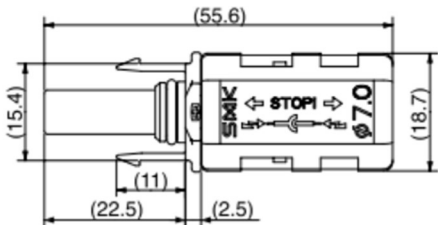
Тип	Штыревой герметичный, с защелкой
Штекер	ССТ9901-2452F 
Гнездо	ССТ9901-2362F 
Материал корпуса	Пластик (черного цвета)
Материал клемм	Медный сплав с оловянным покрытием
Максимальное напряжение U0/U (Um), В постоянного тока	1000/1500
Максимальный ток, А	30
Класс IP	IP67/IP2X (не подключенный)

Таблица 6. Соединительные разъемы PV-GZX1500 клеммной коробки GZX.

Тип	Штыревой герметичный, с защелкой
Штекер	PV-GZX1500-M 
Гнездо	PV-GZX1500-F 
Материал корпуса	Пластик (черного цвета)
Материал клемм	Медный сплав с оловянным покрытием
Максимальное напряжение U0/U (Um), В постоянного тока	1000/1500
Максимальный ток, А	30
Класс IP	IP67/IP2X (не подключенный)



Разъемы PV кабелей, используемых при электрическом подключении непосредственно к разъемам ФЭМ на ФЭС или между самими ФЭМ (в случае такой необходимости) должны соответствовать по типу и производителю разъемам, установленным на клеммных коробах ФЭМ.

### 3.3.5. Крепления

ФЭМ поставляются со специальными рамочными креплениями, обеспечивающими быстрый и надежный монтаж на ОК. Алюминиевые рамочные крепления (более подробно см. в АТМС.564181.002 ПС) закреплены по контуру модуля с помощью двустороннего скотча или клея.

## 4. Монтаж и размещение

### 4.1. Расположение и угол наклона

Наиболее эффективным является монтаж ФЭМ в местах, обеспечивающих максимальный поток солнечного излучения. Наилучшая ориентация ФЭМ – на географический юг в северном полушарии и на географический север в южном полушарии. Допускается монтаж с отклонениями на восток и запад, но это приведет к уменьшению выработки электроэнергии в год. При выборе места монтажа следует избегать близости деревьев, зданий или прочих объектов, которые могут отбрасывать тень на фотоэлектрические модули, особенно в зимние месяцы, когда поступление солнечного излучения и высота подъема солнца над горизонтом наименьшая. Затенение приводит к снижению выработки электроэнергии ФЭС, несмотря на то, что при производстве на ФЭМ устанавливаются обводные диоды, чтобы свести к минимуму такого рода потери.

ФЭМ производят максимум электричества, когда они направлены непосредственно на солнце. Для систем с прямой генерацией в сеть (сетевых ФЭС), в которых модули устанавливаются на статичные опорные конструкции, желательно размещение ФЭМ, так чтобы среднегодовая выработка электроэнергии была максимальна. Угол наклона измеряется между поверхностью фотоэлектрического модуля и землей. Оптимальный наклон модуля должен соответствовать географической широте в месте монтажа. Следует учесть сезонные климатические вариации.

ФЭМ не должен быть затенен в любое время дня. Не устанавливайте модули непосредственно за каким-либо объектом (например, деревом, антенной и т. д.), чтобы предотвратить возникновение постоянного затенения.

Даже временное частичное затенение снизит выработку энергии. Модуль можно считать незатененным, если вся его поверхность свободна от затенения круглый год, в том числе в самый короткий день в году.

Длительное частичное затенение ФЭМ может приводить к повышенной деградации ФЭМ в ходе эксплуатации вследствие повышенной нагрузки на обводной диод, ламинирующие материалы и непосредственно затеняемые ФЭП, входящие в состав ФЭМ. Любые повреждения, связанные с частичным затенением и нагревом свыше рабочего диапазона температур, указанного в паспорте на ФЭМ (АТМС.564181.002 ПС) приведет к потере гарантии.

Класс огнестойкости ФЭМ действителен только при соблюдении требований к механическому монтажу данного руководства по эксплуатации.

При размещении ФЭМ должны быть также выполнены следующие условия:



- Фотоэлектрические модули ООО «Хевел» разработаны и испытаны на нагрузки (вертикальные, например, снеговые нагрузки), указанные в АТМС.564181.002 ПС и противодействия (нагрузки, направленные вверх, например, давление ветра на отрыв), указанные в АТМС.564181.002 ПС. Этой нагрузкой может быть любая комбинация из снега, льда и ветра.
- При проектировании и монтаже ОК для ФЭМ необходимо учесть условия окружающей среды во избежание превышения допустимых механических нагрузок на ФЭМ.
- При проектировании и монтаже ОК необходимо учесть дополнительные нагрузки, вызванные температурными перепадами в данной местности и коэффициенты теплового расширения применяемых материалов и ФЭМ.
- Не размещать ФЭМ вблизи источников огнеопасных и коррозионных газов, брызг соленой воды, выбросов тяжелой промышленности.
- ФЭМ не предназначены для эксплуатации во взрыво- и пожароопасных местах, например, в местах хранения легковоспламеняющихся и горючих жидкостей (газов), таких как АЗС, склады ЛВЖ, места хранения взрывоопасных газов, лакокрасочное производство и т.п., а также в местах с источниками открытого пламени. Выбор места размещения ФЭМ определяется проектировщиком. Выполнение других нормативных документов, обязательных для выполнения при монтаже в специальных условиях, не оговоренных в данном руководстве, подлежит включению на проектируемый проект.
- Не размещать ФЭМ на передвижных или морских конструкциях.
- Не использовать ФЭМ в качестве замены строительных материалов.
- Под нижним краем ФЭМ должно быть достаточно места для обслуживания, схода снега и т. д.
- Выбор угла наклона ФЭМ должен обеспечивать самоочистку.
- Необходимо избегать условий скопления воды на поверхности ФЭМ и продолжительного нахождения ФЭМ или его части в воде.
- При портретном монтаже ФЭМ на ФЭС необходимо исключить нижнее расположение клеммной коробки, так как степень защиты клеммной коробки IP65. При длительном нахождении клеммной коробки под давлением воды возможно ее повреждение.
- С тыльной стороны ФЭМ должно быть достаточно пространства для естественной вентиляции и охлаждения.
- Не допускается эксплуатация ФЭМ за пределами диапазонов температур, влажности и нагрузок, предусмотренных в данном документе.
- Не используйте зеркала или другое оборудование для искусственной концентрации солнечного света на модулях.
- Необходимо предусмотреть пожарные проходы и возможность естественного проветривания.

#### **4.2. Монтаж ФЭМ**

Перед началом работ по монтажу ФЭМ на ОК необходимо внимательно изучить инструкцию к ОК от производителя.

Перед монтажом необходимо убедиться в отсутствии видимых повреждений ФЭМ, а также в отсутствии загрязнения поверхности ФЭМ.

Перед монтажом ФЭМ на ОК необходимо снять все транспортные упаковочные материалы: пробковые/полипропиленовые разделители с алюминиевых профилей ФЭМ.

Допускается горизонтальное расположение модулей лицевой стороной вверх.

Будьте осторожны, при попадании на модуль солнечного света, модуль начинает вырабатывать электрический ток, что может вызвать поражение электрическим током.

ФЭМ могут быть установлены при различных условиях и на разных типах поверхностей. Во время монтажа необходимо следовать следующим рекомендациям:

- В любое время года необходимо избегать нагрузок, механических воздействий или напряжений со стороны опорных конструкций на ФЭМ.
- При монтаже ФЭМ необходимо избегать условий накопления воды на поверхности ФЭМ.
- При монтаже ФЭМ необходимо соблюдать расстояние между ФЭМ (минимум 5...10 мм) для компенсации изменения линейных размеров модулей и ОК в зависимости от изменения температуры окружающей среды.
- При монтаже ФЭМ на ОК запрещается наносить повреждения на лицевую и тыльную сторону модуля используемым при монтаже инструментом, приспособлениями, крепежными элементами.

Для монтажа ФЭМ на ОК необходимо смонтировать монтажный профиль между ОК и ФЭМ. В первом варианте возможно использование прямоугольного монтажного профиля. Профиль представляет собой продольные металлические опоры с отверстиями, в которые устанавливаются крепежные элементы, фиксирующие между собой монтажный профиль и ФЭМ (АТМС.564181.002 ПС). На каждом модуле предусмотрены 4 отверстия диаметром 9<sub>-0,3</sub> мм или овальной формы 9x15 мм. (в зависимости от исполнения ФЭМ) для фиксации модуля на монтажных профилях вертикальной или горизонтальной ориентацией. Во втором варианте возможно применение алюминиевого профиля, предусматривающего применение закладных гаек и специальных клипс, фиксирующих ФЭМ на ОК. Примеры профилей и специальных клипс для фиксации ФЭМ к профилю приведены на рисунке 3. Каждый ФЭМ должен быть закреплен не менее чем в 4 местах, расположенных на двух противоположных длинных сторонах алюминиевого профиля. При использовании зажимов для фиксации модуля крутящий момент на фиксаторе зажима должен быть от 8 до 10 Н·м. В зависимости от местных ветровых и снеговых нагрузок, могут потребоваться дополнительные зажимы или крепежные элементы, фиксирующие модуль на ОК.

Допускается монтаж модулей производить за короткие стороны, при этом длинные стороны модуля должны быть усилены двутавровым швеллером по всей длине. В данном случае предельная расчетная нагрузка должна быть согласована с производителем модулей.

Помимо крепления с помощью штатных отверстий в раме модуля, допускается крепление с помощью прижимных элементов (клипс), как указано на рисунке 3 (вариант монтажа с использованием накладных клипс).

В соответствии с ИЕС 60950-1-2014 металлические детали, предназначенные для применения во влажной среде, не должны контактировать с металлическими деталями, которые имеют разницу в их электрохимическом потенциале более 600 мВ. Большие различия в электрохимическом потенциале допустимы, если контактные точки этих материалов сконструированы таким образом, что они остаются сухими. Комбинации материалов, перечисленные в таблице J.1 стандарта ИЕС 60950-1-2014, служат руководством для определения общих электрохимических потенциалов между двумя материалами. Необходимо учитывать электрохимические потенциалы для конкретных комбинаций используемых материалов.

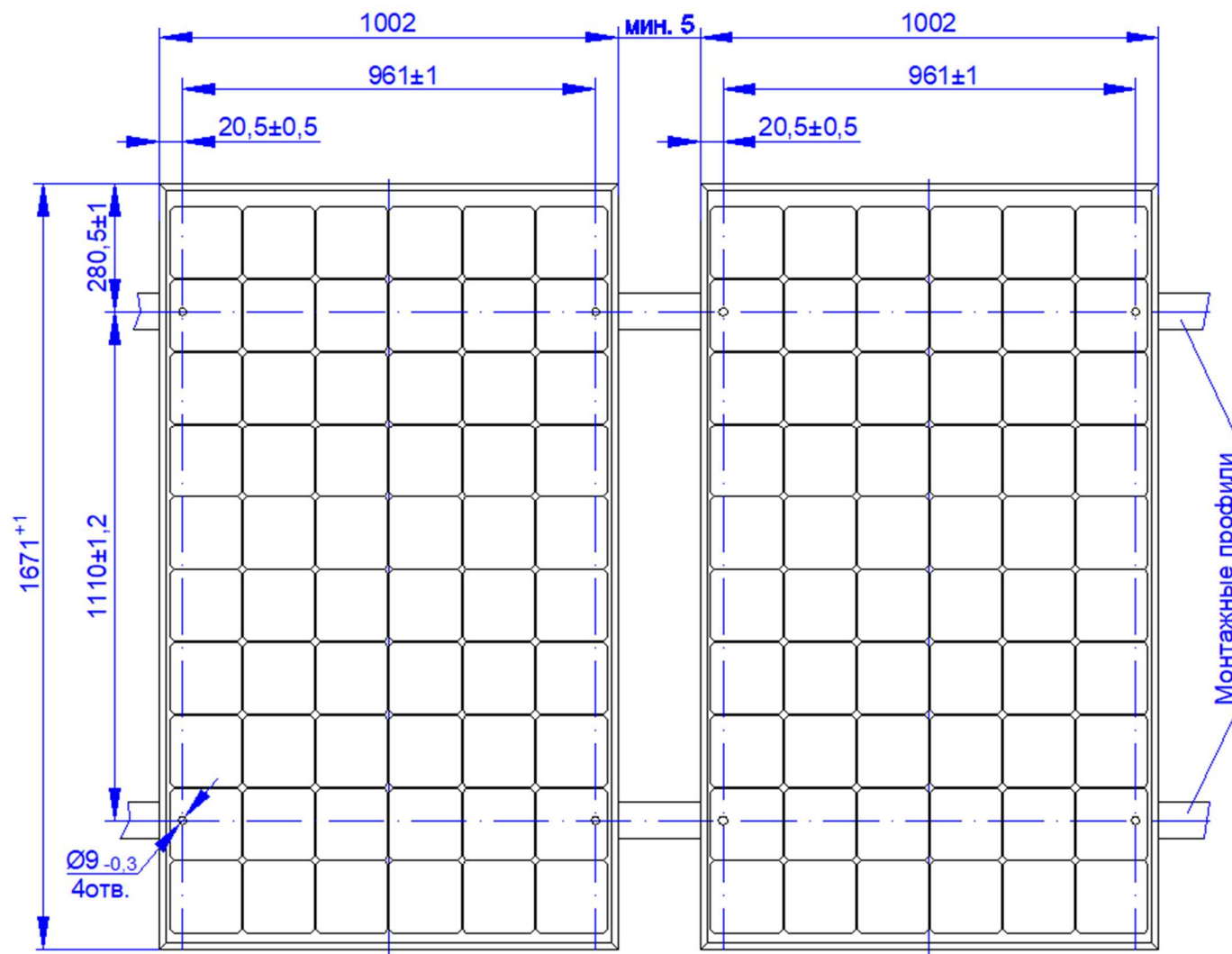


Рисунок 1 – Пример вертикального расположения ФЭМ исполнений: –00, –01, –02, –03, –04, –05, –06, –07, –10, –11, –13 на монтажных профилях

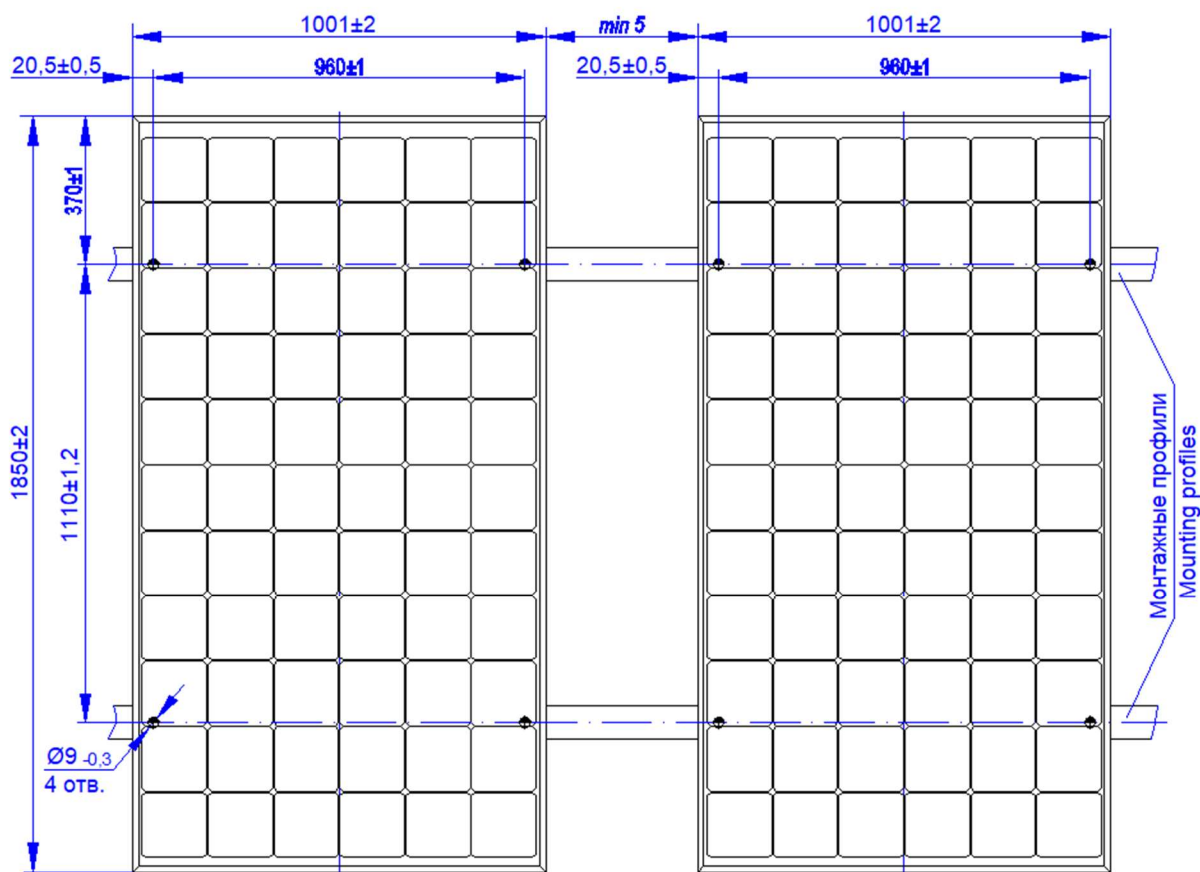


Рисунок 2 – Пример вертикального расположения ФЭМ исполнений: –08, –09, –12 на монтажных профилях



Рисунок 3 – Примеры профилей и специальных клипс для фиксации ФЭМ к профилю

При установке монтажных профилей на ОК необходимо соблюдать точное расстояние между ними. Для правильной установки монтажного профиля на ОК рекомендуется использовать специальный шаблон (Рисунок 4). Шаблон представляет собой лист, повторяющий размеры ФЭМ. На листе выполнены отверстия на определенном расстоянии друг от друга, повторяющие крепежные отверстия на ФЭМ.

Модули должны быть установлены таким образом, чтобы нижний край был выше высоты снежного покрова для данной местности.

При монтаже ФЭМ на подвижных опорных конструкциях (следающие трекерные ОК) обеспечить свободное перемещение модулей на всем пути. Необходимо исключить накопление снега, земли и прочих препятствий под модулями и опорными конструкциями, чтобы при движении на всем пути перемещения модулей не повредить ФЭМ.

Повреждения ФЭМ, установленные на подвижных ОК, связанные с перемещением через накопления снега, земли и прочих препятствий не покрывается по гарантии.

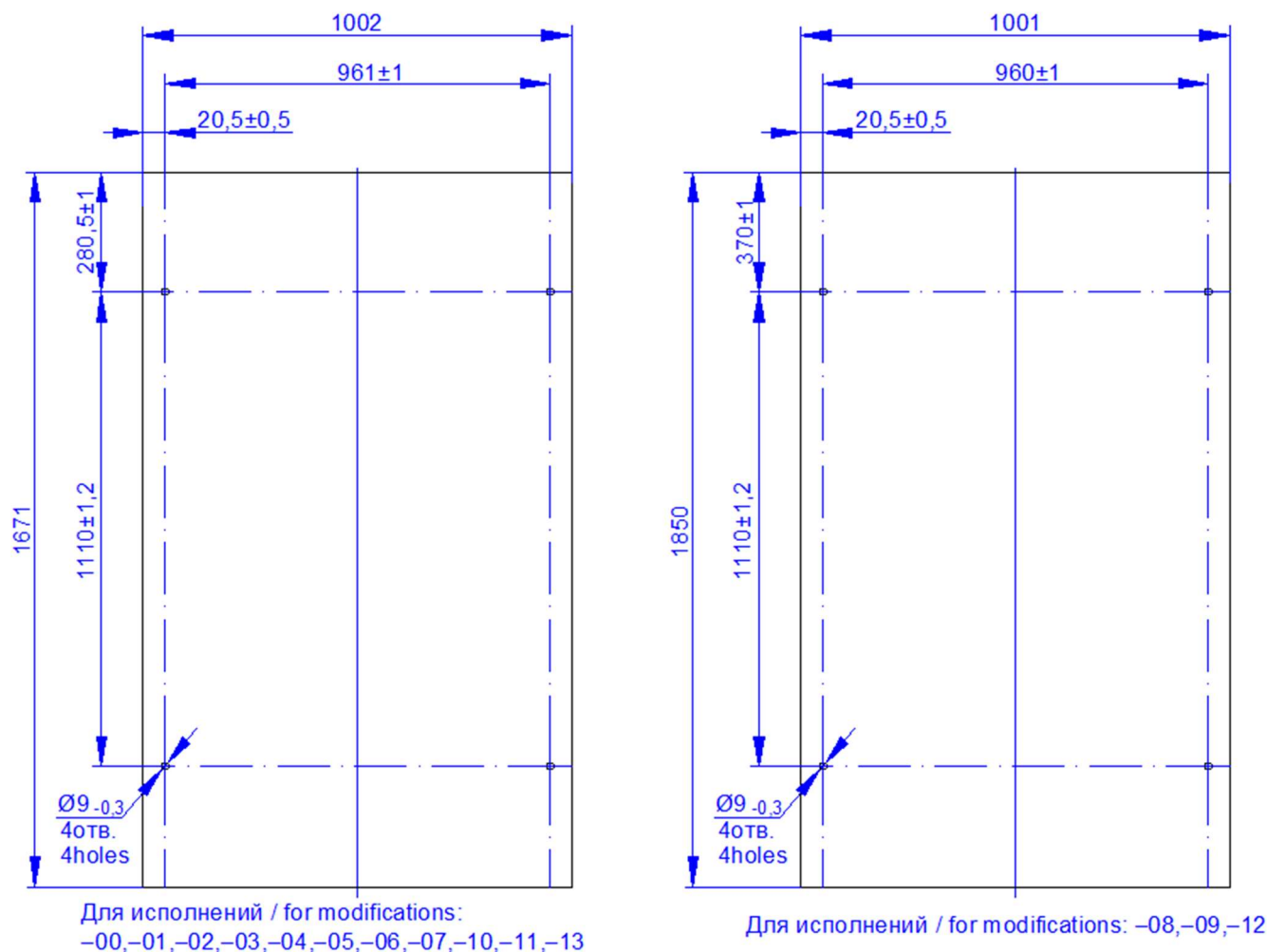


Рисунок 4 – Примеры шаблонов, используемых для установки монтажных профилей на ОК и разметки крепежных отверстий для фиксации ФЭМ

### 4.3. Электрическое подключение

Для оптимальной работы ФЭС, следует избегать частичного затенения модулей. В частности, долгосрочные или повторяющиеся частичные затенения ФЭМ могут привести к необратимому повреждению модуля. ФЭМ предназначены для использования на открытом воздухе.

**ВНИМАНИЕ!** Повреждение ФЭМ в результате неправильного монтажа и/или вследствие неудачного проектного решения не покрывается по гарантии.

Модули могут быть соединены последовательно и/или параллельно для достижения желаемых электрических характеристик. Окончательное количество модулей, соединенных параллельно, зависит от топологии ФЭС (мощности и характеристик инвертора, систем защиты).

- Только ФЭМ такого же типа и мощности могут быть соединены последовательно.
- Для обвязки модулей не требуется вскрывать клеммную коробку. Клеммную коробку на модуле вскрывать запрещается (за исключением планового ремонта).

- ФЭМ оснащены соединителями PV4-S1 или PV-GZX1500.
- На соединителях есть метки с полярностью.
- Для обвязки используйте только кабель для фотоэлектрических систем.

ФЭМ производят электричество под воздействием солнечного света, избегайте соединения кабелей разной полярности одного модуля. Это может привести к короткому замыканию и выходу из строя ФЭМ.

- Избегайте чрезмерного натяжения соединительных кабелей, кабели не должны подвергаться механическим нагрузкам.
- Если требуется дополнительный кабель, используйте только кабель, соответствующий следующим требованиям: сечением проводника не менее 4 мм<sup>2</sup> для последовательно–соединенных ФЭМ и двойной изоляцией, способной выдерживать напряжение 1500 В и температуру 90 °С.
- Изоляция кабелей должна быть стойкой для работы во влажных условиях и устойчивой к ультрафиолетовому излучению.
- Не допускайте отключения/подключения разъемов модуля под электрической нагрузкой – это может привести к выходу из строя/повреждению разъемов.

Для обеспечения молниезащиты модулей и другого оборудования рекомендуется установить стержневой молниеотвод, контур молниезащиты и ограничитель перенапряжения и принять другие меры в соответствии с нормативными правовыми актами.

Перед соединением солнечных модулей в цепь необходимо изучить руководство по эксплуатации инвертора и следовать его рекомендациям.

Для обеспечения максимальной производительности убедитесь, что положительные и отрицательные провода постоянного тока располагаются рядом, без образования петель, что также приведет к усилению индуктивных воздействий близких разрядов молнии.

После монтажа цепи модулей, ее эксплуатационные характеристики проверяются в обеспечение корректного функционирования. Как минимум, при помощи соответствующего оборудования и автоматических выключателей проверке подвергаются параметры  $I_{sc}$  и  $V_{oc}$ .

Перед подключением цепи солнечных модулей к инвертору, убедитесь, что все соединения выполнены правильно. Если напряжение холостого хода и ток короткого замыкания системы выше величин, указанных в руководстве, повторить проверку соединений, подключение в данном случае не выполнять.

Запрещено производить отключение ФЭМ под нагрузкой. Отключение ФЭМ производить согласно требованиям п. 2.3 настоящего РЭ.

**ВНИМАНИЕ!** Внимательно следите за соблюдением полярности. Перепутав полярность, вы можете вывести систему защиты из строя.

#### 4.3.1. Последовательное соединение

При последовательном соединении все модули должны быть одного типа и мощности и иметь одинаковую ориентацию и угол наклона. При последовательном соединении общее напряжение цепи равно сумме напряжений всех модулей (Рисунок 5). Общее количество модулей определяется



максимально допустимым напряжением в цепи модулей и может быть иным, чем представлено на рисунке. Максимальное количество последовательно-соединенных модулей в одной цепочке приведено в АТМС.564181.002 ПС. Также необходимо учитывать изменения значений  $I_{K3}$  и  $V_{XX}$  в зависимости от температуры окружающей среды по сравнению со стандартными условиями измерений. Если при проектировании не учитывались температурные коэффициенты, то значения  $I_{K3}$  и  $V_{XX}$  необходимо дополнительно умножить на коэффициент поправки 1,25 согласно требований ГОСТ Р 56978-2016 (см. в АТМС.564181.002 ПС). Допускается увеличение количества модулей в последовательной цепочке, если это подтверждено расчетами при проектировании ФЭС. Ответственным за расчет длины цепи модулей является проектировщик ФЭС.

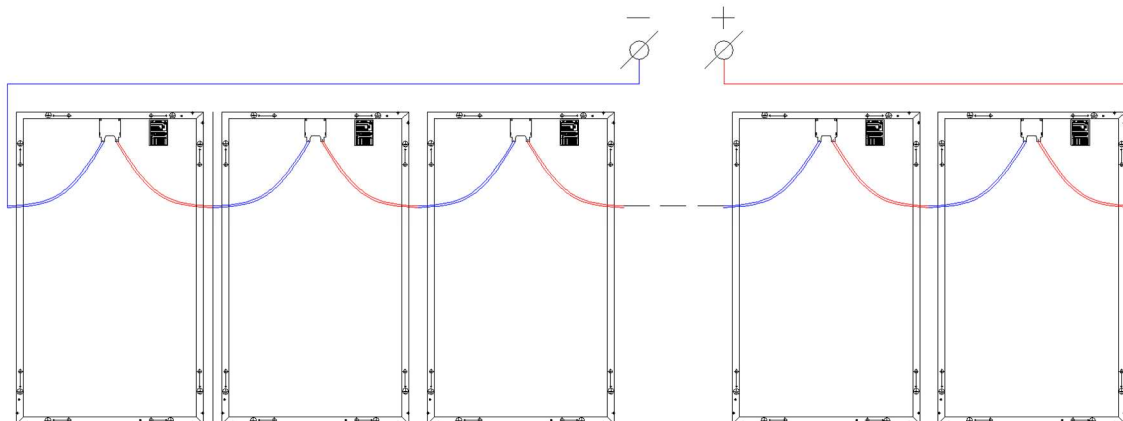


Рисунок 5 – Последовательное соединение ФЭМ

Никогда не превышайте предел напряжения в последовательной цепочке модулей, указанный в АТМС.564181.002 ПС, если это не подтверждено расчетами при проектировании ФЭС. Для определения максимального количества модулей используйте значение напряжения холостого хода модуля. Если вы сомневаетесь в количестве модулей, обратитесь в службу технической поддержки ООО «Хевел».

#### 4.3.2. Параллельное соединение

В случае параллельного соединения цепочек/ФЭМ общий ток цепи будет равен сумме токов цепочек, соединенных параллельно (Рисунок 6).

Максимальное количество параллельно-соединенных модулей должно ограничиваться максимально-допустимым сечением отводящих проводов согласно ПУЭ и максимальной входной мощностью приемного устройства (инвертора).



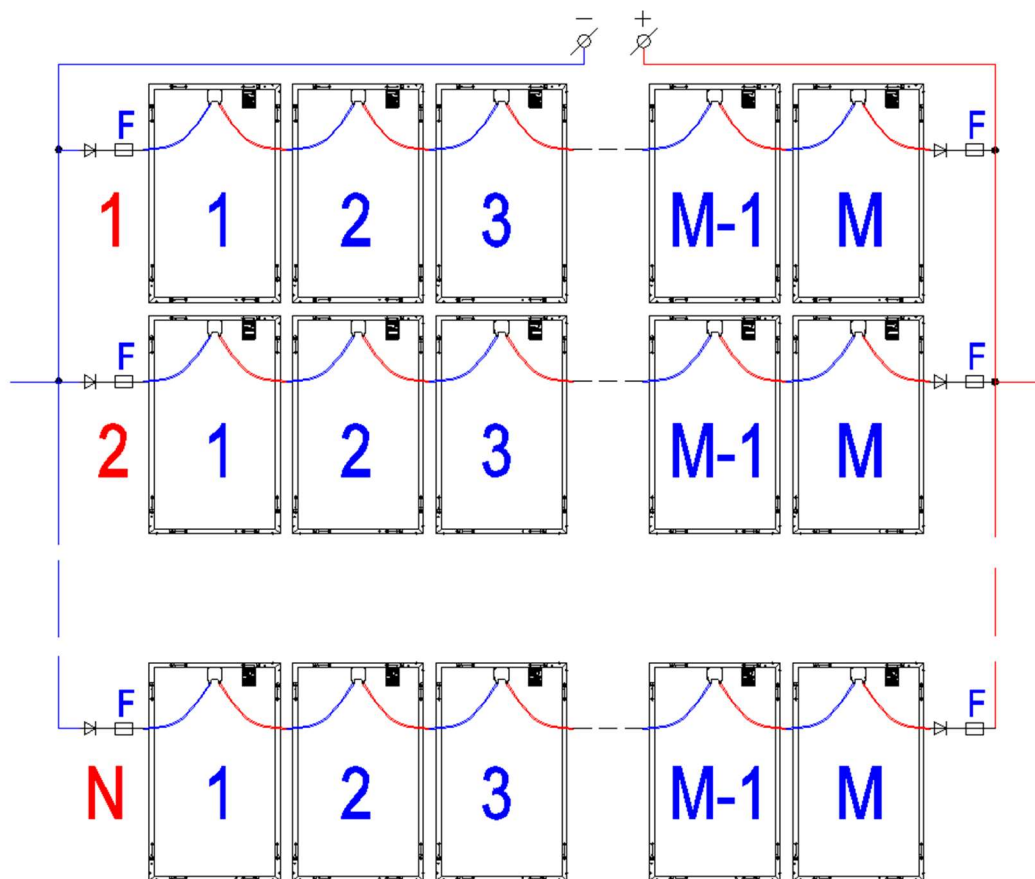


Рисунок 6 – Параллельное соединение ФЭМ. Общее количество модулей может быть иным, чем представлено на рисунке.

При использовании параллельных цепочек и наличии определённых дефектов может создаться ситуация, когда по одному из фотоэлектрических элементов может протекать обратный ток, генерируемый остальными цепочками. Для предотвращения данной ситуации следует использовать устройства для защиты от избыточного обратного тока. Для  $N$  параллельных цепочек максимальное значение обратного тока в условиях дефектного функционирования системы может быть следующим:

$$I_R = (N-1) \times I_{sc}$$

Согласно ГОСТ Р 58809-2020 определяется предельное значение обратного тока, обеспечивающий минимизацию риска возгорания модуля.

При параллельном соединении 2 и более цепочек последовательно-соединённых модулей необходимо установить предохранители или блокирующие диоды для защиты от обратного тока. Выбор предохранителей и блокирующих диодов определяется проектировщиком ФЭС.

Для каждой цепочки последовательно соединённых модулей рекомендуется использовать предохранители, блокирующие диоды (и другие технические средства) согласно требованиям действующих стандартов, например: по ГОСТ Р 56978-2016 (приложение D) с обеих сторон последовательной цепочки (обозначение F на рисунке 6) со следующими параметрами:

- номинальный ток предохранителя должен быть в пределах от тока короткого замыкания, умноженного на коэффициент 1,5 до предельного обратного тока.
- максимально-допустимое напряжение для предохранителя должно составлять суммарное напряжение холостого хода для всех модулей в последовательной цепочке, умноженного на коэффициент 1,15.

Допускается использование вместо предохранителей малогабаритных автоматических выключателей, рассчитанных для работы с индуктивной нагрузкой и для токов, протекающих в обоих направлениях. При этом номинальный ток срабатывания автоматического выключателя для каждой последовательной цепочки принять равным току короткого замыкания данной цепочки, умноженного на коэффициент 1,25. При отсутствии автоматического выключателя с данным номиналом, рекомендуется использовать предохранители совместно с блокирующими диодами.

В общем случае рекомендуется использовать разделительные диоды на каждой последовательной цепочке с номинальным током не менее тока короткого замыкания модуля, умноженного на коэффициент 1,4 и максимально-допустимым обратным напряжением не менее максимального напряжения параллельно-соединенных цепочек модулей, умноженного на коэффициент 2. Диод должен быть установлен таким образом, чтобы обеспечивалась его естественная вентиляция и охлаждение, исключающая попадание прямых солнечных лучей или других источников тепла. При невозможности отвода тепла от диода естественным путем – обеспечить отвод тепла дополнительными радиаторами или теплоотводами.

В общем случае при параллельном соединении все ФЭМ должны быть одного типа и категории мощности и иметь одинаковую ориентацию и угол наклона. При конфигурации ФЭС, в которой параллельные цепочки ФЭМ имеют разный наклон и ориентацию относительно солнца, необходимо использовать несколько систем для слежения за точкой максимальной мощности (MPPT Maximum Power Point Tracker), подключаемых к данным цепочкам ФЭМ.

При проектировании ФЭС необходимо соблюдать требования ИЕС 62548-2016.

### **4.3.3. Минимальная защита и использование диодов**

В общем случае, использование диодов дает большую защиту от обратных токов, чем использование предохранителей, но такой способ предполагает определенные потери. Предохранители и диоды располагают внутри распределительных коробок ФЭС.

### **4.4. Требования безопасности при монтаже ФЭМ**

Перед монтажом ФЭМ необходимо ознакомиться с главой «Монтаж ФЭМ» настоящего РЭ.

- Перед проведением монтажа модулей и их соединении в цепочки убедиться, что кабели, разъемы, инструменты, перчатки и другие используемые материалы – чистые, сухие и без повреждений.
- Монтаж ФЭС и монтаж опорных конструкций проводить только с соблюдением всех необходимых мер безопасности.
- Проводить монтаж ФЭС только технически подготовленному персоналу с использованием исправных изолированных инструментов (не менее 1000 В) и

соответствующих средств защиты, таких как изолированная обувь и перчатки, а также защитные очки, учитывая, что напряжение в ФЭС может достигать 1500 В. При этом ФЭМ, соединители и инструменты должны быть сухими.

- Соблюдать меры безопасности при работе на высоте. Использовать пояс безопасности при работе на высоте более 2 м.
- Все операции с отдельными модулями (в том числе переноску и монтаж) следует осуществлять с использованием средств индивидуальной защиты, указанных в соответствующих нормативных документах и ГОСТ системы стандартов безопасности труда.
- Во избежание повреждения модулей не допускается:
  - ставить или класть модули напрямую на землю, плитку, бетон или другую твердую поверхность без использования мягкой подкладки;
  - ставить или класть модули поверх других модулей;
  - ронять модули, либо ронять другие предметы на модули;
  - вскрывать соединительную коробку;
  - ходить или наступать на модули.
- Не допускается монтировать и эксплуатировать поврежденные модули (например, треснуто стекло или отсутствует его часть, нарушена герметичность и целостность соединительной коробки, коробка не плотно прижата к защитной пленке, поврежден кабель). Такие модули представляют повышенную опасность поражения электрическим током.
- Переноска ФЭМ должна осуществляться только двумя людьми. Переносить за раз только один модуль. Переносить только в вертикальном положении, вдвоем, используя обе руки. Запрещено переносить за соединительную коробку или электрические кабели.
- При монтаже ФЭМ учтите, что при освещении модуль может иметь напряжение на контактах выше 40 В, что является потенциально опасным. Используйте электромонтажные инструменты с исправными изолированными рукоятками.
- Не подвергайте ФЭМ прямому воздействию струи воды, давление которой превышает 35 бар на сопле.
- При монтаже ОК и модулей использовать исправные лестницы и стремянки.
- Во время монтажа ФЭМ/ФЭС на стенах зданий, крышах предусмотреть мероприятия, обеспечивающие безопасность людей от возможного падения модулей, инструмента, профилей, крепежных изделий и прочего. Для этого перед монтажом ФЭМ/ФЭС оградить на земле опасную зону возможного падения предметов при монтаже.
- Предупредить людей об опасной зоне монтажа. Не допускать детей в зону монтажа.
- Электромонтажные работы проводить таким образом, что бы не подвергать угрозе поражения электрическим током людей, находящихся в зоне монтажа.
- Обеспечить защиту всех частей модуля во время транспортировки и монтажа от воздействия механических нагрузок (например давления, натяжения, сжатия, кручения и т. д.). Во время транспортировки, монтажа и эксплуатации не допускать изгиба соединительных кабелей до радиуса менее 60 мм.

- Не допускается прикасаться к контактам разъемов модулей при попадании прямого, либо рассеянного света на лицевую поверхность, при дожде, снеге, тумане. Не допускается соединять накоротко кабели модуля.
- Изучите все правила, стандарты и действующее законодательство перед монтажом ФЭМ.

#### 4.5. Распаковка

Перед распаковкой ФЭМ убедитесь, что упаковка находится на твердой горизонтальной поверхности и вокруг достаточно места для перемещения с ФЭМ.

Перед распаковкой необходимо упаковку с модулями закрепить в специальном приспособлении на горизонтальной поверхности, исключающее наклон и падение модулей при распаковке (например: как на рисунке 7). Приспособление позволяет фиксировать любое количество модулей из упаковки от наклона и падения.

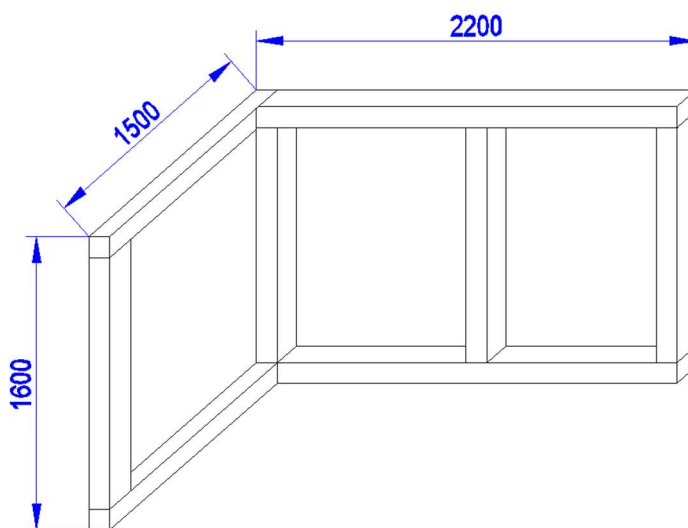


Рисунок 7 – Пример приспособления для фиксации модулей при распаковке

Распаковывайте упаковку, снимая ФЭМ поочередно с открытой стороны упаковки, соблюдая меры предосторожности (Рисунок 8). После каждого снятия модуля с упаковки зафиксировать остальные модули от наклона и падения. Удалите с модулей пробковые разделители.



Рисунок 8 – Порядок распаковки ФЭМ

### Безопасность при работе с электричеством

Обязательно используйте диэлектрические перчатки	Обязательно используйте защитную обувь	Обязательно используйте защитную каску	Обязательно используйте защитные очки
			

#### 4.6. Заземление

Для электробезопасной эксплуатации ФЭС необходимо заземлить рамочные крепления модулей не менее чем в одной точке каждого модуля согласно требованиям ПУЭ «Правила устройства электроустановок. Издание 7». Для этого в рамочном креплении модуля предусмотрено 8 отверстий по всему контуру модуля. Каждое отверстие с диаметром 4 мм.

Защитный заземляющий проводник должен быть выполнен из медной проволоки/шины с поперечным сечением не менее 6 мм<sup>2</sup> на каждую последовательную цепочку модулей.

Шайба-звездочка под головку винта или резьбовой винт должны при затягивании резьбового соединения пройти сквозь непроводящее покрытие алюминиевого профиля и обеспечить надежный электрический контакт заземляющего проводника с алюминиевым профилем модуля.

Для электрического соединения защитного заземляющего проводника с рамочным креплением модуля возможно использование различных соединений, обеспечивающих надежный электрический контакт и механическую прочность соединения. При использовании заземляющих зажимов - они должны соответствовать требованиям ГОСТ 21130-75. Усилие затяжки резьбового соединения должно составлять не менее 50 Н·м.

В случае, если рамочное крепление имеет лакокрасочное покрытие, то место контакта вокруг заземляющего отверстия должно быть зачищено от покрытия до металла, например – с помощью специальной фрезы.

Болт (винт, шпилька) для присоединения заземляющего проводника должен быть выполнен из металла, стойкого в отношении коррозии, или покрыт металлом, предохраняющим его от коррозии, и контактная часть не должна иметь поверхностной окраски.

Должны быть приняты меры против возможного ослабления контактов между заземляющим проводником, болтом (винтом, шпилькой) для заземления (контргайками, пружинными шайбами) и рамочным креплением модуля. Запрещено использовать заземляющие болты, винты, шпильки в качестве крепежных элементов модуля.

Нарушение данных требований может значительно снизить производительность системы и приведет к потере гарантии.

#### **4.7. Требования к инверторам**

Требования к инверторам определяются конструкторской документацией на ФЭС и стандартами безопасности (IEC 62109-2:2011, Безопасность преобразователей энергии для использования в фотоэлектрических силовых системах. Часть 2. Частные требования к инверторам). Для получения дополнительной информации свяжитесь с производителем инвертора.

Целью данного РЭ не является сравнительный обзор инверторов или рекомендации определенного производителя. Ниже приведены основные факторы, влияющие на выбор инвертора.

##### Основные факторы, влияющие на мощность ФЭС и выбор инвертора:

Мощность: для достижения максимальной мощности ФЭС необходимо при проектировании системы оптимизировать количество последовательно соединенных ФЭМ в цепи и количество параллельных цепей;

Стандартные условия измерений: характеристики ФЭМ оцениваются производителем при стандартных условиях измерений (СУИ).

Температура: мощность фотоэлектрического модуля уменьшается с увеличением температуры.

Потери в проводке: максимальная выработка ФЭС обычно меньше, чем сумма максимальной выработки отдельных ФЭМ. Причиной являются потери в кабельной сети.

Максимальное напряжение системы: Необходимо проверить максимальное напряжение, которое ФЭМ могут выдержать. Напряжение пропорционально числу последовательно-соединенных ФЭМ в цепи. Максимальное напряжение холостого хода ФЭС не должно быть выше, чем заявленное максимальное напряжение системы. Для модулей ООО «Хевел» это напряжение указано в п. 2.2 паспорта (АТМС.564181.002 ПС). Необходимо также учитывать требования в п. 4.3.1 настоящего руководства по эксплуатации. Также необходимо учитывать изменения значений напряжений ФЭМ в зависимости от температуры окружающей среды по сравнению со стандартными условиями измерений. Если при проектировании не учитывались температурные коэффициенты (приведены в



паспорте на ФЭМ), то значения напряжений ФЭМ необходимо умножить на коэффициент поправки 1,25 согласно требований ГОСТ Р 56978-2016. Также значения напряжений ФЭМ необходимо умножить на коэффициент 1,25 с учетом различных погодных условиях (например, при яркой солнечной погоде, отражении солнечного излучения от снега или воды).

Точка максимальной мощности: вольтамперная характеристика ФЭМ имеет одну точку (MPР Maximum Power Point), где значения тока (I) и напряжения (U) модуля соответствуют максимальной вырабатываемой мощности (номинальные значения).

Рабочее напряжение ФЭС: Как и максимальное напряжение холостого хода, рабочее напряжение ФЭС ( $U_{\text{ном ФЭС}}$ ) зависит от условий окружающей среды, и система должна быть спроектирована так, чтобы рабочее напряжение ФЭС оставалось в допустимом диапазоне напряжений инвертора в точке максимальной мощности для всех ожидаемых условий эксплуатации. Рабочее напряжение может также повлиять на эффективность преобразования инвертора, и должно быть учтено для оптимального проектирования системы. В инверторах установлены системы слежения за точкой максимальной мощности, которые используют определенные алгоритмы для поиска точки максимальной мощности ФЭМ или системы из ФЭМ и, таким образом, позволяют инвертору использовать максимальную мощность доступную ФЭМ или системе ФЭМ.

Диапазон входного напряжения:

Допустимый диапазон входного напряжения указан в спецификации инвертора.

Максимальное напряжение последовательно соединенных ФЭМ должно быть меньше максимально допустимого входного напряжения инвертора.

#### 4.8. Пуск в эксплуатацию ФЭС

Программа и методики испытания при пуске в эксплуатацию приведены в действующем стандарте:

- ГОСТ Р МЭК 62446-2013.

Мероприятий по периодическим проверкам в процессе эксплуатации рекомендуется производить в соответствии со следующими действующими международными стандартами:

- IEC 61215-2021;
- IEC 61829-2015;
- EN 62446-2 МЭК 0126-23-2:2017-04;
- IEC TS 62446-3-2017.

Для обеспечения мероприятий по защите ФЭМ от перенапряжений необходимо руководствоваться действующими нормативными документами для организации защиты оборудования от перенапряжений, в частности:

- ПУЭ;
- ПТЭЭП;
- ГОСТ Р 50571.7.712-2013;
- ГОСТ Р МЭК 62305-1;
- ГОСТ Р МЭК 62305-2;
- ГОСТ Р МЭК 61643-12;



- ГОСТ Р 56978-2016.

Также рекомендуется руководствоваться действующими зарубежными стандартами, а именно:

- IEC 60364-7-712-2017;
- IEC 62305-3:2010;
- EN 50539-11:2013;
- IEC 62548:2016.

#### 4.9. Демонтаж модулей.

Демонтаж ФЭМ с ОК необходимо производить в обратной последовательности процедуры монтажа:

- произвести электрические отключения ФЭМ согласно п. 2.3 настоящего РЭ. Сначала отключить ФЭС со стороны энергопотребителей переменного тока, затем – со стороны инвертора или контроллера заряда.
- Убедиться в отсутствии остаточного напряжения со стороны инвертора.
- Отключить каждый модуль от последовательной цепочки.
- Только после электрического отключения разрешается производить демонтаж ФЭМ с ОК.

## 5. Обслуживание ФЭМ

ФЭМ ООО «Хевел» разработаны для длительной независимой работы без участия обслуживающего персонала и не требуют постоянного обслуживания.

Требуется периодический визуальный осмотр в рамках планового обслуживания ФЭС на предмет появления повреждений на поверхности модулей и внешних кабельных сетях.

Необходимо раз в год:

- проверять надежность болтовых соединений (крепление модуля к опорной конструкции и заземление). При необходимости произвести протяжку соединений.
- Проверить все механические и электрические соединения на отсутствие коррозии.
- Проверить сопротивление заземления металлических частей (ОК и ФЭМ).

В случае поломки и разрушения ФЭМ следует придерживаться следующих правил:

- Прекратить работы с фотоэлектрической системой и обеспечить выход людей с территории;
- Отключить цепочку модулей от входа инвертора (например в электрическом шкафу выключить автоматический выключатель).
- Одеть защитные перчатки и необходимые средства индивидуальной защиты;
- Собрать все крупные осколки стекла и поместите в пластиковый или металлический контейнер;
- Собрать с помощью щетки мелкие осколки;
- Не используйте сломанный или поврежденный модуль.

## 5.1. Очистка

На протяжении всего жизненного цикла ФЭМ частицы пыли скапливаются на поверхности модуля, что со временем может привести к снижению выработки электроэнергии. Как правило, частицы пыли смываются дождем, но существуют территории, где требуется дополнительная очистка. Необходимо периодически, но не реже одного раза в 12 месяцев проводить осмотр поверхности ФЭМ на загрязнения.

Электрические и механические соединения и общее состояние установленной ФЭС должны проверяться квалифицированным персоналом, чтобы убедиться, что они чистые, надежные и неповрежденные.

Случайно возникающие проблемы подлежат расследованию исключительно квалифицированным персоналом.

Соблюдайте также инструкции по обслуживанию всех других компонентов, используемых в ФЭС.

Во время чистки не следует касаться поверхности модулей голыми руками, поскольку поверхность может сильно нагреваться на солнце.

Для проведения чистки необходимо привлекать квалифицированных специалистов.

При проведении чистки лицевой поверхности использовать средства индивидуальной защиты (резиновые перчатки, очки, резиновые боты, прорезиненный фартук или куртку) в целях защиты от возможного поражения электрическим током.

Для содержания модулей в чистоте требуется регулярное техническое обслуживание. Следует принять особые меры, чтобы избежать постоянного затенения от грязи или мусора (например, растений, птичьего помета и т. д.).

При необходимости очистки при сильной запыленности:

- Одеть защитные перчатки и необходимые средства индивидуальной защиты.
- Использовать мягкую ткань, смоченную водой.
- Не использовать чистящие/моющие/абразивные средства и острые предметы.
- При очистке модулей следует соблюдать технику безопасности.
- Очистку модуля производить в периоды, когда температура модуля близка к температуре окружающего воздуха (вечерние или утренние часы) для снижения термических напряжений. При выполнении очистки модулей следует учитывать особенности материалов, из которых изготовлены модули и антиотражающее покрытие, и избегать избыточных перепадов температур, приложения повышенного давления и коррозионных сред. При влажной очистке для смачивания поверхности не допускается использовать распылители/диспенсеры воды с повышенным давлением, при этом температура воды должна быть примерно равной температуре модуля. Допускается сухая очистка исключая абразивное воздействие и избыточное давление.

Модули необходимо чистить только при разомкнутой цепи или при отключенном инверторе. Рекомендуемое время очистки модулей - утренние и вечерние часы, когда выработка модуля минимальна и опасность поражения электрическим током сводится к минимуму.

Использование недопустимых методов очистки модулей может привести к аннулированию гарантии.

## **5.2. Методы очистки модулей:**

### **5.2.1. Влажная очистка**

При водной очистке наилучшие результаты достигаются при использовании воды очищенной методом обратного осмоса. При отсутствии очищенной воды обратного осмоса может использоваться проточная вода с низким содержанием минеральных веществ (общая жесткость менее 75 мг/л) или деионизированная вода. При необходимости, в готовый раствор пресной воды может быть добавлено мягкое, некоррозионное моющее средство, рН подготовленного для мойки раствора должно быть от 6,5 до 8,5 при температуре 25 °С.

Вода не должна содержать примеси масла, других нерастворимых примесей, взвеси частиц в избыточном количестве и неприятных запахов.

Содержание хлоридов в воде не должно превышать 250 мг/мл и проводимость воды не должна превышать 250 мС/см.

Использование жесткой воды (75 мг/л менее общая жесткость менее 180 мг/л) на модулях запрещено.

Не используйте коррозионные чистящие средства или обезжириватели. Не используйте чистящие растворы с содержанием соляной кислоты, лимонной кислоты, аммиака или гидроксида натрия.

Давление воды не должно превышать 35 бар на сопле. Не применяйте воду, если разница между ее температурой и температурой лицевой поверхности модуля превышает 20 °С в ту или иную сторону.

Не направляйте напор воды на герметизированные соединения модуля (клеммная коробка, краевая изоляция и разъемы).

Влажная контактная чистка (ракели, губки, ветошь и т. д.), которая включает в себя любое одновременное сочетание воды и очистки щеткой / протирки ветошью для модулей запрещена.

Сильно загрязненные пятна на модуле (например, птичий помет) могут быть при необходимости выборочно очищены с помощью мягкой ткани или влажной салфетки, но только для загрязнённых участков.

### **5.2.2. Сухая очистка**

Сухая чистка модулей с помощью мягкой ткани или тряпки допускается до шести раз в год. Примеры мягкой ткани или ветоши приведены на рисунке 9.

Сухая чистка при помощи других приспособлений (щетki с щетиной, губки, ракели) запрещена.



Рисунок 9 – Примеры мягкой ткани или ветоши

### 5.3. Нагрузка на модуль

При использовании технических средств (в том числе автоматических) и/или оснастки следует учитывать их влияние на распределенную на модули нагрузку и проектировать их с учетом ниже изложенных рекомендаций.

Рекомендуется не превышать нагрузку в 40,8 кг/модуль при равномерном распределении во время очистки.

При использовании устройств, оказывающих давление на отдельные точки или области следует не допускать избыточных точечных или локальных нагрузок.

Ниже приводятся примеры нагрузок, не допускающих превышений.

3-х точечные нагрузки (P1)

Максимально 13,6 кг на каждую точку в ряду, с расстоянием между точками 406 мм. От длинного края стекла должно быть не менее 133 мм.

- ИЛИ -

до 0,45 кг/25 мм (P2) длины контакта для приводного ремня (максимально 1210 мм в длину) в любом месте модуля, кроме зажимов.

- ИЛИ -

до 0,45 кг/25 мм (P3) длины контакта для щеток, контактирующих с модулем (максимально 600 мм в длину) в любом месте на модуле.

- ИЛИ -

Некоторые сочетания указанных выше типов нагрузки так, чтобы  $P1/30+P2+P3$  меньше равно 1.

Технические устройства для очистки не должны оказывать влияния или подвергать риску какую-либо часть системы крепления. Это касается всех частей системы крепления: зажимы, монтажные рейки, и направляющие.

Вибрации при очистке не должны приводить к бою модуля или его смещению в любом направлении с монтажных креплений.

#### 5.4. Затенение модуля

При очистке модулей возможно затенение фотоэлектрических элементов модуля устройствами для очистки. Фотоэлектрические элементы модуля могут повреждаться вследствие локального перегрева при обратном смещении.

**Важно:** Недопустимое затенение модуля/части модуля в процессе очистки может привести к аннулированию гарантии.

#### 5.5. Очистка от снега

Модули могут очищаться от осадков в виде снега с применением вышеупомянутых методов сухой очистки. Не используйте средства или предметы для удаления снега, которые могут повредить модули. Другие методы очистки снега, такие, как воздуходувки, могут быть использованы в зависимости от снеговой нагрузки, при условии отсутствия отрицательного влияния на модули. Во избежание скопления снега и исключения недопустимого давления на модули необходимо периодически очищать снег, в первую очередь с нижних ярусов модулей на ФЭС, не допуская длительного частичного затенения нижней части модулей.

### 6. Хранение

ФЭМ являются хрупкими изделиями. Транспортирование и хранение модулей должно осуществляться в упаковке завода-изготовителя. С упаковкой ФЭМ следует обращаться с такой же осторожностью, как и с модулем. Упаковку с ФЭМ рекомендуется хранить в закрытом помещении.

Придерживайтесь следующих правил:

- Не удаляйте стрейч-пленку с упаковки, пока груз не достигнет места монтажа.
- Упаковку с модулями хранить в крытых местах, предотвращающих воздействие природных осадков на упаковку. Сохраняйте упаковку сухой.
- Допускается размещение упаковок с ФЭМ только на ровной, горизонтальной поверхности.
- По согласованию с производителем допускается складирование и хранение упаковок с модулями в три яруса на горизонтальной площадке в закрытом неотапливаемом помещении. Запрещается штабелировать на упаковки с модулями другие виды грузов.
- Не допускается воздействия вибрационных и ударных нагрузок на упаковку во время хранения.
- После снятия стрейч-пленки, из упаковки должны быть извлечены все модули.
- Не допускайте детей к открытой упаковке с ФЭМ.
- Не допускается перемещение упаковки, при повреждении стреп-ленты.

Условия хранения модулей в упаковке завода-изготовителя – по классу 5 по ГОСТ 15150-69 (температура воздуха от  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+40^{\circ}\text{C}$ , относительная влажность воздуха до 50 % без конденсации влаги).

Допускается хранение не вскрытой упаковки с модулями на складе временного хранения без защиты от атмосферных осадков в непосредственной близости от места монтажа в течении не более 3 месяцев. При этом упаковки с модулями запрещается штабелировать друг на друга.

## 7. Упаковка и транспортировка

ФЭМ являются хрупкими изделиями. Обращаться с осторожностью при перевозке транспортной упаковки с ФЭМ, а также при обращении с ФЭМ. Транспортировка упакованных ФЭМ может производиться всеми видами закрытого транспорта (автомобильным, железнодорожным, авиационным (в отапливаемом герметизированном отсеке)) в соответствии с установленными для каждого вида транспорта правилами перевозки грузов.

При транспортировании упаковка с модулями должна закрепляться тем или иным способом, не приводящим к повреждениям упаковки и не допускающим ее перемещение во время движения транспортного средства. Запрещается штабелировать упаковки с модулями во время транспортировки.

При транспортировании необходимо предохранять модули от ударов при погрузке и выгрузке.

При транспортировании и хранении необходимо соблюдать меры безопасности, указанные в таблице 8.

Условия транспортирования должны удовлетворять требованиям:

- по действию механических факторов – группе С в соответствии с ГОСТ 23216–78;
- по действию климатических факторов – условиям хранения 5 в соответствии с ГОСТ 15150–69 (температура воздуха от  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+40^{\circ}\text{C}$ , относительная влажность воздуха до 50 % без конденсации влаги).

Пожалуйста, всегда придерживайтесь следующих правил:

- Храните ФЭМ в транспортной упаковке до момента монтажа.
- Транспортировка модулей допускается только в упаковке;
- Не снимайте стреп-ленту и стрейч-пленку до распаковки перед монтажом ФЭМ.
- При транспортировке поддерживайте транспортную упаковку в сухом состоянии.
- Не используйте наклонные ramпы или наклонные поверхности при перевозке транспортной упаковки с ФЭМ.
- Не подвергайте транспортную упаковку тряске, вибрации и ударам при перевозке.
- После удаления стреп-ленты и стрейч-пленки, полностью снять все ФЭМ с транспортной упаковки.
- При необходимости, в случае частичной разгрузки ФЭМ с транспортной упаковки, связать упаковку с оставшимися ФЭМ стреп-лентой.
- Не перемещать транспортную упаковку при повреждении или обрыве стреп-ленты. Перед транспортировкой повторно связать упаковку стреп-лентой.
- Вскрытую транспортную упаковку держать в недоступном для детей месте.



Вместимость упаковки и габаритные размеры упаковки приведены в АТМС.564181.002 ПС.

Таблица 8. Предупреждающие знаки

Графическое изображение	Наименование
	Верх
	Беречь от влаги
	Хрупкое. Осторожно
	Не наступать

## 8. Маркировка ФЭМ

Пример маркировки ФЭМ приведен на рисунке 10. На тыльную сторону модуля в правом верхнем углу приклеена этикетка. Этикетка содержит исчерпывающую информацию о модуле: тип модуля, мощность, серийный номер, дата изготовления, фотоэлектрические параметры, штрих код и т. д. Размеры этикетки могут отличаться в зависимости от исполнения модуля, но будут содержать всю необходимую информацию о модуле.

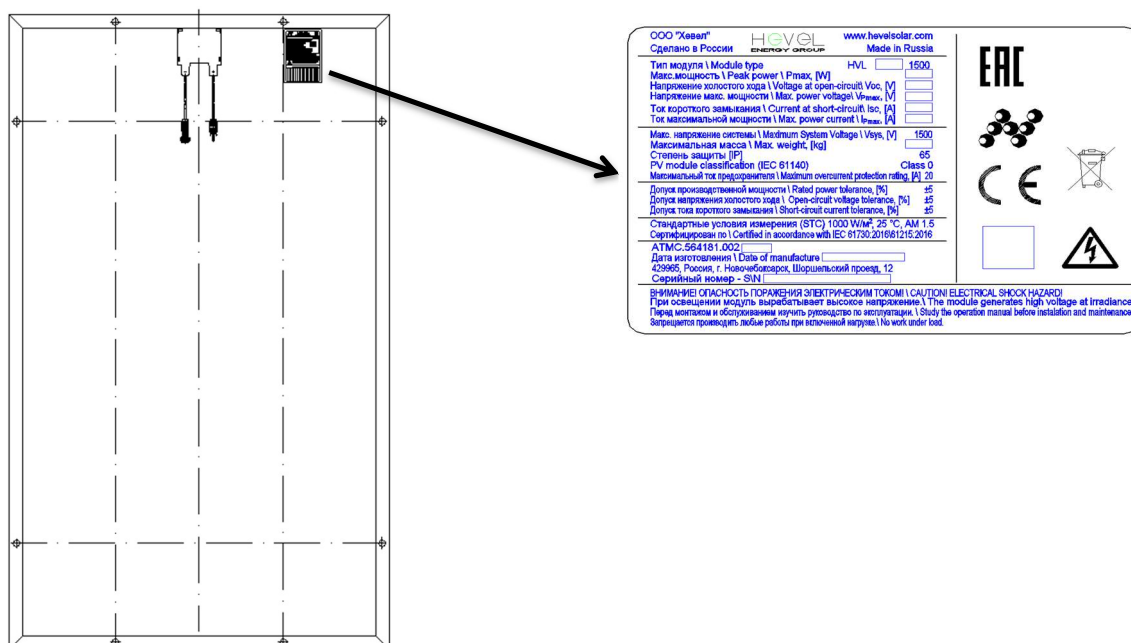


Рисунок 10 – Пример маркировки ФЭМ, общий вид этикетки



## 9. Утилизация ФЭМ

ФЭМ и его комплектующие не представляют опасности для окружающей среды и относятся к 5 классу опасности для окружающей природной среды. Перед началом работ на смонтированной ФЭС по утилизации ФЭМ сначала отключите ее со стороны энергопотребителей переменного тока, затем – со стороны инвертора или контроллера заряда (согласно п. 2.3 настоящего РЭ). Только после электрического отключения разрешается производить демонтаж ФЭМ с ОК. Перед утилизацией ФЭМ необходимо произвести частичную разборку модуля:

- Демонтировать с модуля алюминиевое рамочное крепление.
- Демонтировать с модуля клеммную коробку.
- Отрезать провода от клеммной коробки.
- Соблюдая меры предосторожности разбить модуль на небольшие куски.
- По возможности отделить от модуля (осколков модуля) тыльную пленку. Тыльная пленка представляет собой дуплекс из алюминиевого листа и полимерного материала.
- Все демонтированные части (алюминиевое рамочное крепление, клеммная коробка, провода, тыльная пленка) сдать на переработку в специальные пункты приема вторсырья.

В случае повреждения ФЭМ следуйте следующей процедуре:

- Сначала отключите ФЭС со стороны энергопотребителей переменного тока, затем – со стороны инвертора или контроллера заряда (согласно п. 2.3 настоящего РЭ). Только после электрического отключения разрешается производить дальнейшие работы по замене модуля.
- Остановить все иные работы в зоне, в которой находится повреждённый модуль.
- Для снятия модуля с ФЭС одеть диэлектрические перчатки до 1000 В и использовать специальный инструмент, отключить плюсовой и минусовой контакты от последовательной цепи, затем снять модуль с монтажного профиля, при этом открутив крепежные элементы.
- В случае разбития модуля, надеть диэлектрические перчатки до 1000 В и использовать специальный инструмент, отключить плюсовой и минусовой контакты от последовательной цепи, собрать сначала большие осколки. Соблюдая меры предосторожности сложить осколки в подходящий металлический контейнер.
- Для удаления мелких осколков использовать мягкую щетку и совок.
- Использовать поврежденный модуль запрещено.
- Утилизировать ФЭМ, согласно требованиям нормативных документов. Перед утилизацией модуля рекомендуется его разломать безопасным способом на мелкие куски. Например: в закрытом контейнере, используя молоток с длинной ручкой, надев при этом средства индивидуальной защиты (защитные очки или маску, перчатки с защитой от порезов).

## 10. Соглашение об исключении ответственности

Поскольку пользование данной документацией и условия или способы монтажа, эксплуатации, работы и технического обслуживания фотоэлектрической продукции не подконтрольны ООО «Хевел», компания не признает ответственности и однозначно исключает любую ответственность за ущерб, убытки или расходы, в какой-либо степени связанные с таким монтажом, эксплуатацией, работой или техническим обслуживанием. ООО «Хевел» не берет на себя ответственность за какое-либо нарушение патентных или иных прав третьих лиц, которое может быть следствием использования ФЭ продукта. Патент или патентные права не подразумевают и не означают предоставление какой-либо лицензии.

Информация в данной документации основана на знаниях и опыте ООО «Хевел» и считается надежной, но подобная информация, включая технические характеристики продукции (без ограничений) и предложения не составляют гарантии в явной или скрытой форме. ООО «Хевел» сохраняет за собой право на изменение руководства, продукции, спецификаций, или информационных листов данных о продукции без предварительного уведомления.

## 11. Информация о производителе

ООО «Хевел»

Российская Федерация

429965, г. Новочебоксарск,

Шоршельский проезд, 12

Тел.: +7 (8352)765-000

факс: +7 (8352)765-028

e-mail: [info@hevelsolar.com](mailto:info@hevelsolar.com)

[www.hevelsolar.com](http://www.hevelsolar.com)

По вопросам гарантии на ваши модули свяжитесь с вашим представителем производителя. При возникновении дальнейших вопросов ваш представитель с радостью на них ответит.