

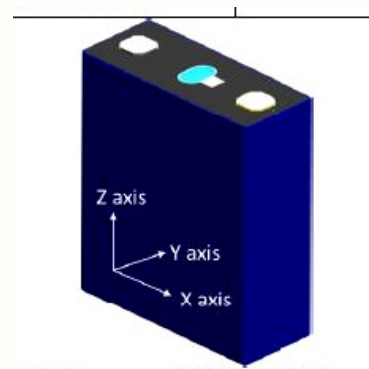


ТЕХНИЧЕСКАЯ СПЕЦИФИКАЦИЯ

Призматическая LFP-ячейка EVE MB31

314 А·ч · 3,2 В · 1004,8 Вт·ч

Электрические и механические характеристики, условия применения, ограничения BMS, требования безопасности и методы испытаний.



ОСНОВАНО НА ИСХОДНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Изготовитель **EVE Power Co., Ltd.**

Модель **MB31**

Документ изготовителя **PBRI-MB31-D06-01**

Редакция и дата **Version A; ноябрь 2023**



Данная инструкция подготовлена специалистами мастерской **vanlife фабрика**, где вы можете приобрести это и другое оборудование для автодомов, кемперов и автономных систем.

Инструкция основана на документах изготовителей и поставщиков устройств и может содержать неточности, связанные с особенностями перевода или неполнотой данных исходной инструкции. Если у вас возникли вопросы по использованию товара, обратитесь к нашим консультантам любым удобным способом, указанным на сайте.

Содержание

Требования заказчика	3
История редакций	3
Определения и сокращения	4
1. Область применения	5
2. Характеристики ячейки	5
2.1 Основные параметры	5
2.2 Электрические характеристики	6
2.3 Параметры заряда	7
2.4 Параметры разряда	7
2.5 Безопасность	8
3. Прекращение эксплуатации	8
4. Условия применения	8
5. Меры безопасности	12
6. Ограничение ответственности	13
7. Предупреждение о рисках	13
8. Права и обязанности сторон	14
9. Контактная информация	14
Приложение 1. Чертеж ячейки MB31	15
Приложение 2. Условия и методы испытаний	16

Требования заказчика

Специальные требования, выходящие за пределы настоящей спецификации, должны быть согласованы с EVE Power Co., Ltd. Если область применения или условия эксплуатации не описаны в документе, конструкция и исполнение изделия определяются по согласованным исходным требованиям заказчика.

№	Специальное требование	Применяемая норма
1		
2		
3		
4		
5		

Код заказчика	Подпись	Дата

История редакций

Версия	Дата	Содержание	Проверил
A	20.11.2023	Первый выпуск	Jingping Qin

Назначение документа

Настоящая спецификация устанавливает характеристики перезаряжаемой призматической литий-железо-фосфатной ячейки MB31 в алюминиевом корпусе, изготовленной EVE Power Co., Ltd.

Определения и сокращения

Термин	Определение
Изделие	Перезаряжаемая призматическая литий-ионная ячейка MB31 в алюминиевом корпусе производства EVE Power Co., Ltd.
Заказчик	Покупатель по договору поставки изделия.
Температура окружающей среды	Температура воздуха в месте расположения ячейки.
Температура ячейки	Температура, измеренная датчиком в центре поверхности ячейки. Тип датчика и измерительной линии согласовывается сторонами.
Свежая ячейка	Ячейка в течение 7 суток после получения заказчиком при перевозке внутри страны.
P	Отношение мощности заряда или разряда к измеренной энергии ячейки. При 1004,8 Вт·ч мощность 502,4 Вт соответствует 0,5P; при 803,84 Вт·ч мощность 401,92 Вт также соответствует 0,5P.
SOC	Степень заряженности: отношение текущего запаса заряда к номинальной емкости. Для 314 А·ч значение 314 А·ч соответствует 100 % SOC, а 0 А·ч - 0 % SOC.
SOH	Состояние здоровья: отношение фактической емкости к номинальной. Для 314 А·ч значение 251,2 А·ч соответствует 80 % SOH.
Цикл	Один заряд и один разряд по установленным режимам. Допускается сочетание кратковременного обычного и рекуперативного заряда, а также нескольких частичных разрядов.
OCV	Напряжение разомкнутой цепи, измеренное без нагрузки.
ACR	Сопротивление переменному току, измеренное синусоидальным током частотой 1 кГц между выводами.
DCR	Сопротивление постоянному току, определяемое по отношению изменения напряжения к изменению тока в рабочем режиме.
Модуль	Промежуточное изделие между отдельной ячейкой и батарейным блоком, содержащее последовательно или параллельно соединенные ячейки и средства контроля.
Импульсный ток	Периодически возникающий ток одного направления либо чередующихся положительного и отрицательного направлений.
Сжимающая сила	Сила, воспринимаемая ячейкой перпендикулярно направлению укладки при сборке модуля.
Сила распираания	Сила, действующая на прижимное приспособление вследствие расширения ячейки при эксплуатации.

Единицы измерения

Величина	Единица	Обозначение
Напряжение	вольт	В
Ток	ампер	А
Емкость	ампер-час	А·ч
Энергия	ватт-час	Вт·ч
Сопротивление	ом / миллиом	Ом / мОм
Температура	градус Цельсия	°C
Длина	миллиметр	мм
Время	секунда	с
Частота	герц	Гц
Сила	ньютон / килограмм-сила	Н / кгс
Коэффициент Р Мощность, указанная в долях Р, пересчитывается по фактической энергии ячейки. Поэтому абсолютная мощность должна снижаться по мере уменьшения SOH.		

1. Область применения

Ячейка MB31 предназначена для сборки аккумуляторных модулей и батарейных систем. Проектирование модуля, системы управления, силовых соединений, теплоотвода и механического крепления должно учитывать все ограничения настоящей спецификации.

2. Характеристики ячейки

2.1 Основные параметры

Параметр	Значение	Условия / примечание
Номинальная емкость	314 А·ч	0,5Р / 0,5Р; 25 ± 2 °C; 2,5-3,65 В; свежая ячейка
Номинальная энергия	1004,8 Вт·ч	Те же условия
Номинальное напряжение	3,2 В	
Конечное напряжение заряда	3,65 В	
Конечное напряжение разряда	2,5 В при T > 0 °C; 2,0 В при T ≤ 0 °C	
Стандартная мощность заряда	0,5Р	25 ± 2 °C
Максимальная непрерывная мощность заряда	0,5Р	25 ± 2 °C
Стандартная мощность разряда	0,5Р	25 ± 2 °C
Максимальная непрерывная мощность разряда	0,5Р	25 ± 2 °C
Начальное ACR	0,18 ± 0,05 мОм	Переменный ток 1 кГц; SOC поставки; свежая ячейка
Масса	5600 ± 300 г	

Размеры с изоляционной пленкой

Параметр	Размер	Условия
Высота Н1 с выводами	207,2 ± 0,5 мм	
Высота Н2 без выводов	204,6 ± 0,5 мм	
Длина	173,7 ± 0,5 мм	
Толщина	71,7 ± 0,8 мм	Сжатие 300 ± 20 кгс; SOC поставки
Межосевое расстояние выводов	123,0 ± 0,3 мм	

Условия окружающей среды и хранения

Параметр	Значение	Примечание
Температура заряда	0...60 °C	
Температура разряда	-30...60 °C	
Хранение до 1 года	0...35 °C	SOC поставки
Хранение до 1 месяца	-20...45 °C	SOC поставки
Саморазряд в первый месяц	3,5 %/мес.	SOC поставки; 25 ± 2 °C
Саморазряд далее	3,0 %/мес.	SOC поставки; 25 ± 2 °C

2.2 Электрические характеристики

Испытание	Критерий
Разряд 0,5P	Энергия E1* / E1 ≥ 93,5 %.
Разряд 1P	E2* ≥ 95 % E1*; энергетическая эффективность E3* / E3 ≥ 87 %.
45 °C	E4* ≥ 98 % E0*; энергетическая эффективность ≥ 93 %.
5 °C	E5* ≥ 80 % E0*; энергетическая эффективность ≥ 76 %.
Хранение 25 °C, 28 суток	Сохраняемая энергия E6* ≥ 95 % E0*; восстанавливаемая E7* ≥ 97 % E0*.
Хранение 45 °C, 7 суток	Сохраняемая энергия E8* ≥ 95 % E0*; восстанавливаемая E9* ≥ 97 % E0*.
Хранение при 50 % SOC, 25 °C, 28 суток	Восстановленная энергия ≥ 98 % E0*.
Хранение при 50 % SOC, 45 °C, 28 суток	Восстановленная энергия ≥ 97 % E0*.
Ресурс	8000 циклов до 70 % SOH при 25 °C.
Рост температуры поверхности	Не более 10 °C при разряде 0,5P и 25 °C.
Сила распикирования	Не более 50 кН при 70 % SOH; не более 60 кН при 60 % SOH.

2.3 Параметры заряда

Стандартный заряд выполняется при 25 ± 2 °C постоянной мощностью 0,5P (502,4 Вт для новой ячейки) до напряжения 3,65 В.

Условие	Предел / действие
Рабочая температура ячейки	0...60 °C. Заряд прекращается при выходе за пределы.
Абсолютное максимальное напряжение	3,80 В. При превышении заряд немедленно прекращается.
Конечное напряжение стандартного заряда	3,65 В.
Максимальная непрерывная мощность	0,5P при 25 ± 2 °C.

Допустимая непрерывная мощность заряда

Температура, °C	0	5	10	15	20	25	45	50	55	60
Мощность, P	0,05	0,12	0,30	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0
Заряд при низкой температуре Заряд при температуре ячейки ниже 0 °C запрещен. BMS должна исключать заряд независимо от температуры окружающего воздуха.										

2.4 Параметры разряда

Стандартный разряд выполняется при 25 ± 2 °C постоянной мощностью 0,5P (502,4 Вт для новой ячейки) до напряжения 2,5 В.

Условие	Предел / действие
Конечное напряжение при $T > 0$ °C	2,5 В.
Конечное напряжение при $T \leq 0$ °C	2,0 В.
Абсолютный диапазон температуры	-35...65 °C. Нормальная работа допускается только в диапазоне -30...60 °C.
Абсолютное минимальное напряжение	1,8 В. При достижении разряд немедленно прекращается.
Максимальная непрерывная мощность	0,5P при 25 ± 2 °C.

Допустимая непрерывная мощность разряда

Температура, °C	-30	-20	-10	-5	0	5	45	50	55	60
Мощность, P	0	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0

2.5 Безопасность

Испытание	Условие приемки
Перезаряд	Отсутствие пожара и взрыва.
Глубокий разряд	Отсутствие пожара и взрыва.
Внешнее короткое замыкание	Отсутствие пожара и взрыва.
Сдавливание	Отсутствие пожара и взрыва.
Падение	Отсутствие пожара и взрыва.
Пониженное давление	Отсутствие утечки, пожара и взрыва.
Нагрев до 130 °C	Отсутствие пожара и взрыва.

Методики и конкретные режимы испытаний приведены в Приложении 2. Результаты испытаний отдельной ячейки не отменяют необходимость защиты батарейного модуля и системы.

3. Прекращение эксплуатации

Эксплуатацию ячейки необходимо прекратить при выполнении хотя бы одного из следующих условий:

- внутреннее сопротивление превысило 150 % начального значения;
- фактическая емкость стала ниже 60 % номинальной емкости.

Отработавшие ячейки должны быть изолированы от токоведущих частей и переданы на переработку в соответствии с местными требованиями.

4. Условия применения

4.1 Общие требования к батарейной системе

- BMS должна измерять напряжение и температуру каждой ячейки, ток батареи, SOC и SOH, управлять зарядом и разрядом и сохранять полный журнал данных на протяжении срока службы.
- Корпус батареи должен обеспечивать требуемую защиту от воды и пыли, механическую прочность, электрическую изоляцию и управляемый теплообмен.
- Не допускается совместное применение ячеек разных типов или исполнений.
- Перед сборкой следует проверить идентичность модели, партии, напряжения, SOC, внутреннего сопротивления и внешнего состояния ячеек.

4.2 Пороговые напряжения BMS

Режим	Уровень	Напряжение ячейки	Действие
Заряд	Нормальная остановка	3,65 В	Завершить заряд.
Заряд	3	3,70 В	Предупреждение.
Заряд	2	3,75 В	Снизить ток или мощность заряда.
Заряд	1	3,80 В	Отключить ток, принудительно остановить заряд и заблокировать BMS.
Разряд, $T > 0\text{ }^{\circ}\text{C}$	Нормальная остановка	2,50 В	Завершить разряд.
Разряд, $T \leq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$	Нормальная остановка	2,00 В	Завершить разряд.
Разряд, $T > 0\text{ }^{\circ}\text{C}$	3	2,00 В	Предупреждение.
Разряд, $T \leq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$	3	1,90 В	Предупреждение.
Разряд, $T > 0\text{ }^{\circ}\text{C}$	2	1,90 В	Снизить ток или мощность разряда.
Разряд, $T \leq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$	2	1,80 В	Снизить ток или мощность разряда.
Разряд, $T > 0\text{ }^{\circ}\text{C}$	1	1,85 В	Отключить ток, остановить разряд и заблокировать BMS.
Разряд, $T \leq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$	1	1,75 В	Отключить ток, остановить разряд и заблокировать BMS.

Обязательная защита

Короткое замыкание запрещено; защита должна быстро размыкать силовую цепь. Пределы тока и мощности задаются по разделам 2.3 и 2.4. Суммарный заряд ячейки не должен превышать 354,8 А·ч (113 %).

4.3 Температурные пределы

Параметр	Температура	Требование
Рекомендуемый диапазон	10...45 °C	Основной диапазон проектирования.
Максимальная рабочая	60 °C	Мощность должна быть снижена до нуля.
Минимальная рабочая	-30 °C	Мощность должна быть снижена до нуля.
Максимальная безопасная	65 °C	Превышение способно вызвать необратимое повреждение.
Минимальная безопасная	-35 °C	Понижение способно вызвать необратимое повреждение.

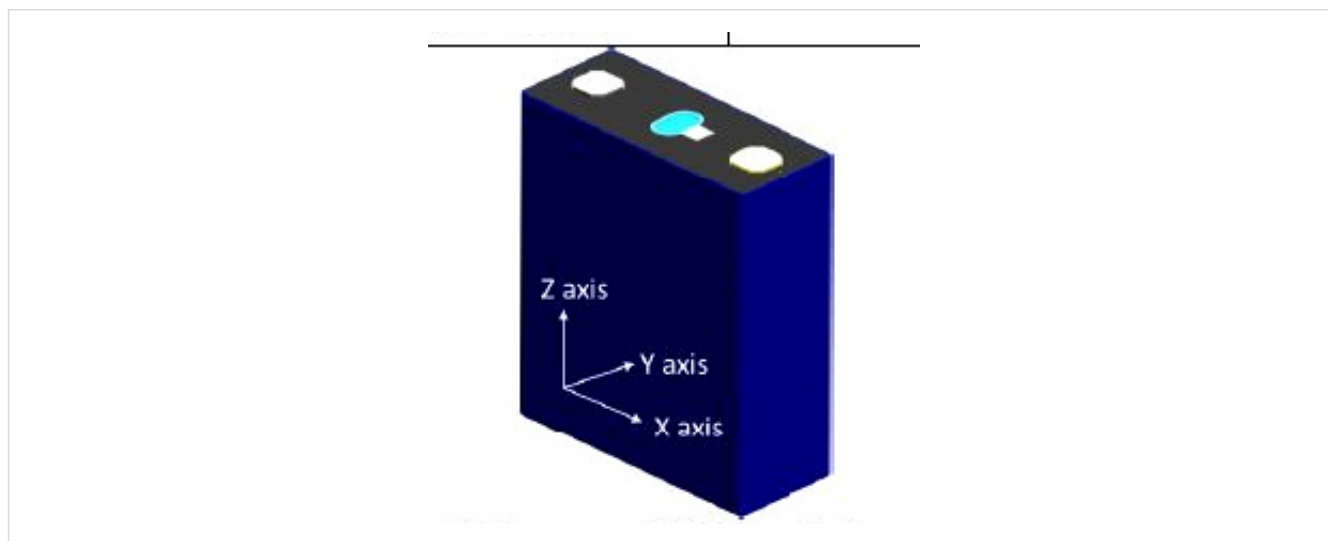
BMS должна уменьшать допустимую мощность по температурным зависимостям разделов 2.3 и 2.4. Температуру контролируют на выводах и в центре большой грани либо боковой поверхности. Заряд ниже 0 °C запрещен.

4.4 Электрическое соединение и сварка

- Силовые соединения должны обеспечивать равномерное распределение тока, низкое переходное сопротивление и отсутствие механической нагрузки на выводы.
- При лазерной сварке глубина проплавления не должна превышать 2,0 мм.
- Максимальная вертикальная сила на вывод - 700 Н.
- Максимальный крутящий момент на вывод - 6 Н·м.
- Температура вывода при технологической операции не должна превышать 130 °С.
- Сварочные брызги, токопроводящая пыль и металлические частицы не должны попадать между выводами и на изоляцию.

4.5 Сжатие ячейки

Сила прикладывается по оси Y к большой поверхности размером 173,7 × 204,6 мм. Скорость перемещения при испытании - 0,02 мм/с; SOC ячейки - 15-40 %.



Направления осей ячейки MB31. Сжатие прикладывается по оси Y.

Параметр	Значение
Рекомендуемая сжимающая сила	3000-7000 Н
Мгновенная максимальная сила	не более 10 000 Н
Механическое ограничение	Превышение 10 000 Н может повредить ячейку. Прижимная система должна сохранять равномерное распределение нагрузки по всей большой грани.

4.6 Распирание и компенсация расширения

По мере старения ячейки распирающее усилие увеличивается. При 60 % SOH оно составляет приблизительно 60 000 Н при испытании между стальными плитами толщиной 15 мм без начального зазора.

- В конструкции модуля необходимо предусмотреть прочность на расчетное распирание.
- Рекомендуемый запас пространства на расширение при группировании - 2,0-2,5 мм.

4.7 Тепловое проектирование

Параметр	Значение
Теплопроводность по осям X и Z	9-11 Вт/(м·К)
Теплопроводность по оси Y	2-3 Вт/(м·К)
Удельная теплоемкость	0,9-1,1 кДж/(кг·К)

Система охлаждения должна обеспечивать равномерную температуру ячеек и исключать локальный перегрев. Тепловой контакт, изоляционные прокладки и прижим следует рассчитывать совместно.

4.8 Хранение

- После заряда ячейку следует использовать без длительной задержки. Для продолжительного хранения поддерживайте 30-40 % SOC, температуру 0...25 °C и относительную влажность не более 60 %.
- Допустимый SOC при хранении - 15-40 %.
- Не реже одного раза в 3 месяца выполняйте стандартный заряд и разряд, затем восстановите требуемый SOC хранения.
- Рекомендуемый срок от получения ячеек до ввода в эксплуатацию - не более 6 месяцев.

4.9 Транспортирование

- Не перевозите ячейки совместно с легковоспламеняющимися, взрывоопасными или коррозионными веществами.
- Не штабелируйте крупные батарейные блоки без расчетной транспортной тары.
- Защищайте груз от дождя, снега, жидкостей, ударов, вибрации, проколов и повреждения выводов.
- Применяйте подходящие подъемные и погрузочные средства.
- Запрещается бросать, сдавливать или перевозить ячейки вместе с кислотами и щелочами.

5. Меры безопасности

- Не погружайте ячейку в воду. Храните ее в прохладном сухом месте.
- Не допускайте перезаряда. Аппаратная и программная защита должна быть многократно резервирована с учетом возможных отказов.
- Установите обоснованное ограничение времени заряда. Отказ управления зарядом должен учитываться при проектировании модуля.
- После неправильного завершения заряда определите и устраните причину до повторного использования.
- Не допускайте глубокого разряда. При нормальной эксплуатации регулярно заряжайте ячейку и поддерживайте напряжение выше 2,8 В.
- Не используйте и не храните ячейку при повышенной температуре.
- При достижении 65 °C BMS должна отключить ячейку и прекратить ее работу.
- Используйте зарядное оборудование, предназначенное для литий-ионных аккумуляторов.
- Соблюдайте полярность. Обратный заряд запрещен.
- Не соединяйте выводы металлическими предметами. Короткое замыкание создает ток и температуру, способные вызвать травму или пожар.
- Не перевозите и не храните ячейку вместе с незакрепленными металлическими предметами.
- Запрещается ударять, бросать, наступать, сгибать или прокалывать ячейку.
- Не выполняйте сварку непосредственно на корпусе ячейки.
- Защищайте ячейку от механического удара, столкновения и сосредоточенного давления, способных вызвать внутреннее короткое замыкание.
- Не используйте ячейку в сильных электростатических и магнитных полях, способных повредить защитные устройства.
- Надежно закрепляйте ячейку на прочном основании и фиксируйте силовые проводники так, чтобы исключить истирание, дугу и искрение.
- Не применяйте пластик как токоведущее соединение или единственный элемент электрического крепления.

5.1 Действия при утечке электролита

- При попадании электролита на кожу или одежду немедленно промойте пораженный участок проточной водой.
- При попадании в глаза, рот, нос или на другие открытые участки немедленно промывайте большим количеством воды и обратитесь за медицинской помощью.
- Не допускайте проглатывания людьми или животными частей ячейки либо содержащихся в ней веществ.

5.2 Признаки неисправности

При появлении необычного запаха, нагрева, изменении цвета, деформации или любой иной аномалии немедленно отключите ячейку от оборудования или зарядного устройства и прекратите эксплуатацию.

Разборка запрещена

Не разбирайте ячейку без письменного разрешения EVE.

6. Ограничение ответственности

EVE не несет ответственности за качество, убытки и иные последствия, возникшие из-за применения изделия с нарушением настоящей спецификации. При причинении ущерба деловой репутации компания вправе использовать предусмотренные законом способы защиты.

EVE вправе изменять характеристики изделия. Перед заказом необходимо подтвердить у изготовителя актуальное состояние продукта и согласованные условия поставки.

При расхождениях между договорными материалами применяются условия, письменно согласованные EVE и заказчиком.

7. Предупреждение о рисках

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Ячейка является потенциально опасным изделием. Работы выполняют подходящим инструментом и в средствах индивидуальной защиты. Обслуживание допускается только персоналом, обученным работе с литиевыми ячейками. Несоблюдение требований может привести к поражению током, дуге, пожару, взрыву или тепловому разгону.

7.1 Основные опасности

- поражение электрическим током и воздействие электрической дуги;
- контакт с электролитом или другими химическими веществами;
- случайное короткое замыкание с образованием дуги, взрывом, пожаром или тепловым разгоном.

8. Права и обязанности сторон

8.1 EVE

- Проверяет продукцию по согласованным стандартам контроля и обеспечивает соответствие параметрам договора.
- Поставляет согласованную сторонами стабильную и надежную продукцию.
- Обеспечивает обслуживание в пределах заявленных сервисных обязательств.
- Оказывает своевременную техническую поддержку при неисправностях и затруднениях в эксплуатации и обслуживании батарейной системы.

8.2 Заказчик

- Организует производство по техническим данным EVE и соблюдает меры предотвращения отказов, защитные пределы и правила работы с ячейками.
- Обеспечивает пожарную безопасность, защиту от воды и другие необходимые меры.
- Ведет достоверные подробные журналы эксплуатации и мониторинга. Отсутствие данных за срок службы исключает объективную оценку гарантийного случая.
- При ненормальной работе незамедлительно уведомляет EVE и предоставляет доступ к фактическим данным и состоянию изделия.
- Несет ответственность за последствия нарушения правил безопасности, применения вне установленных условий или неправильного сопряжения с электрической схемой, если причиной не является дефект изделия.

Неописанные вопросы согласовываются сторонами отдельно.

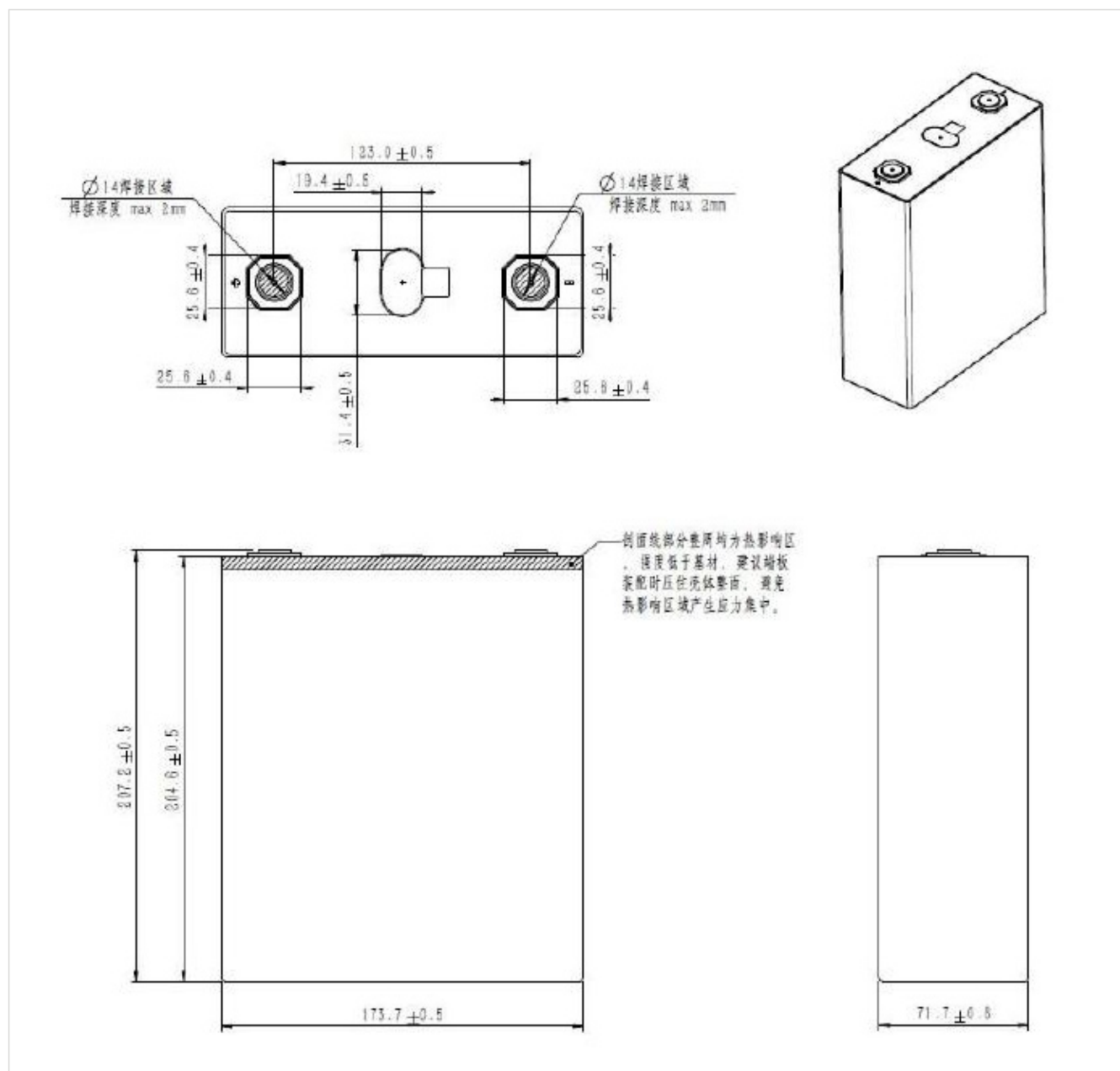
8.3 Конфиденциальность

Содержание сотрудничества и технических соглашений является конфиденциальным. Передача таких сведений третьим лицам без разрешения EVE запрещена и может повлечь ответственность в соответствии с законом.

9. Контактная информация

Организация	EVE Power Co., Ltd.
Адрес	No. 68 Jingnan Avenue, High-Tech Zone, Duodao District, Jingmen, Hubei, China
Телефон	+86 724 607 9688
Сайт	www.evepower.com

Приложение 1. Чертеж ячейки MB31



Габариты и внешний вид ячейки MB31.

Обозначение	Размер
Высота с выводами H1	$207,2 \pm 0,5$ мм
Высота корпуса H2	$204,6 \pm 0,5$ мм
Длина корпуса	$173,7 \pm 0,5$ мм
Толщина корпуса	$71,7 \pm 0,8$ мм
Межосевое расстояние выводов	$123,0 \pm 0,3$ мм

Толщина нормируется при SOC поставки и сжимающей силе 300 ± 20 кгс. При проектировании токоведущих шин учитывайте допуски положения выводов, изоляцию верхней крышки и допустимые нагрузки на выводы.

Приложение 2. Условия и методы испытаний

1.1 Условия окружающей среды

Если отдельной методикой не установлено иное, испытания проводят при 25 ± 2 °C, относительной влажности 10-90 % и атмосферном давлении 86-106 кПа. Под комнатной температурой понимается 25 ± 2 °C.

1.2 Средства измерений

Средство измерений	Точность
Напряжение	$\pm 0,05$ % полной шкалы
Ток	$\pm 0,05$ % полной шкалы
Температура	± 1 °C
Размеры	$\pm 0,01$ мм
Масса	$\pm 0,1$ г

Во время испытаний регистрируют напряжение, ток, температуру окружающей среды и температуру ячейки. Температуру рекомендуется измерять на выводе и в центре большой либо боковой поверхности.

1.3 Испытательные приспособления

1.3.1 Зажим для электрических и размерных испытаний

Ячейку с SOC 15-40 %, покрытую синей PET-пленкой толщиной 0,1 мм и верхней PC-пленкой толщиной 0,3 мм, помещают между стальными плитами толщиной 12 мм. Плиты полностью перекрывают большие грани и стягиваются шестью болтами M8. Ячейка электрически изолируется от приспособления.



Стяжной зажим.

Зажим с изоляцией.

Начальная сила сжатия - 300 ± 20 кгс. Толщину измеряют микрометром с плитами в верхней, средней и нижней точках; разброс результатов не должен превышать 0,3 мм.

带夹板电池的厚度（上、中、



Ячейка с защитной пленкой.

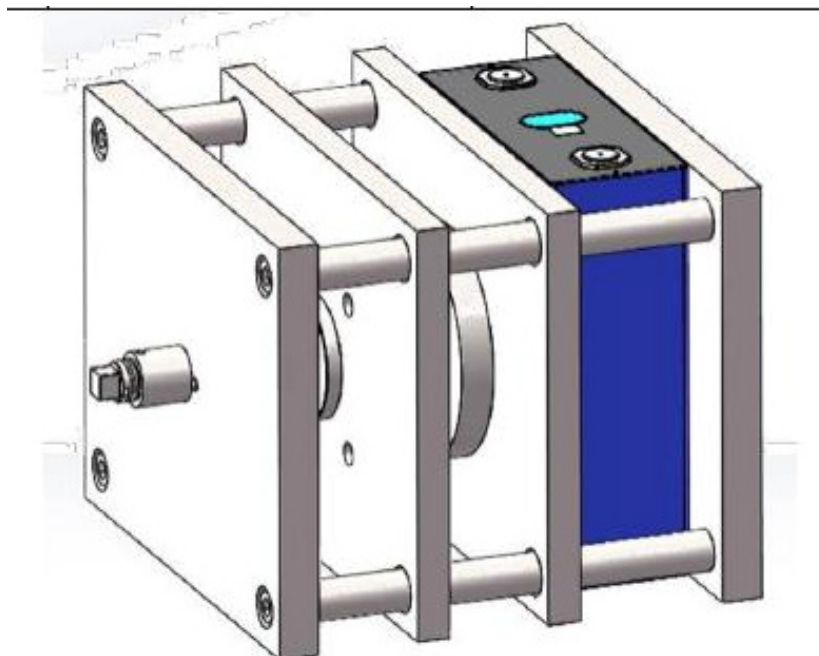
等于 0.3 mm。



Ячейка в зажиме.

1.3.2 Зажим для измерения силы распираия

Подготовленную ячейку с SOC 15-40 % помещают между плитами измерительного приспособления. Устройством предварительного натяжения устанавливают начальную силу 300 ± 20 кгс. Толщину контролируют в верхней, средней и нижней точках; разброс не более 0,3 мм.



Приспособление для измерения силы распираия.

1.4 Размеры

Длину, толщину и высоту измеряют автоматической обмоточной машиной с приложением силы 300 ± 20 кгс. Толщина относится к состоянию поставки: она увеличивается с ростом SOC и продолжительностью эксплуатации.

1.5 Масса

Массу ячейки измеряют электронными весами.

1.6 Внутреннее сопротивление

ACR

Сопротивление переменному току измеряют при комнатной температуре и SOC поставки синусоидальным током частотой 1 кГц.

DCR

Ячейку заряжают током 0,5С до 3,65 В, затем при постоянном напряжении 3,65 В до снижения тока до 0,05С. После выдержки 30 минут разряжают током 0,5С в течение 60 минут для установки приблизительно 50 % SOC, выдерживают 1 час и регистрируют напряжение V1. Затем выполняют нормированный импульс разряда и регистрируют V2.

$DCR = (V1 - V2) \times 1000 / 314,0$, мОм.

1.7 Предварительная подготовка

Выполняют стандартный заряд и разряд не более 5 раз. Подготовку прекращают, когда разность емкостей двух последовательных разрядов становится не более 3 % номинальной емкости.

1.8 Калибровочный заряд

- Стабилизировать ячейку при 25 ± 2 °С не менее 5 часов.
- Разрядить постоянной мощностью 502,4 Вт до 2,5 В и выдержать 30 минут.
- Зарядить постоянной мощностью 502,4 Вт до 3,65 В и выдержать 30 минут.

1.9 Калибровочный разряд

- Стабилизировать ячейку при 25 ± 2 °С не менее 5 часов.
- Зарядить постоянной мощностью 502,4 Вт до 3,65 В и выдержать 30 минут.
- Разрядить постоянной мощностью 502,4 Вт до 2,5 В и выдержать 30 минут.

1.10 Калибровка емкости и энергии

Последовательность калибровочного заряда и разряда повторяют 5 раз. Средние значения трех последних циклов обозначают: E0 - энергия заряда, E0* - энергия разряда, C0* - разрядная емкость.

1.11 Характеристики при различной мощности

Этап	Операция и расчет
1	Выполнить калибровочный заряд; энергия заряда E1.
2	Разрядить при 0,5P до 2,5 В; энергия E1*. Рассчитать E1*/E1.
3	Выполнить калибровочный заряд; энергия E2.
4	Разрядить при 1P до 2,5 В; энергия E2*. Сравнить E2* с E1*.
5	Зарядить при 1P до 3,65 В; энергия E3.
6	Разрядить при 1P до 2,5 В; энергия E3*. Рассчитать E3*/E3.

Критерии: $E1^*/E1 \geq 93,5 \%$; $E2^* \geq 95 \% E1^*$; $E3^*/E3 \geq 87 \%$.

1.12 Температурные характеристики

Температура	Подготовка	Испытание	Критерий
45 °C	Калибровочный заряд; выдержка до стабилизации при 45 ± 2 °C.	Разряд 0,5P до 2,5 В; затем заряд 0,5P до 3,65 В.	$E4^* \geq 98 \% E0^*$; эффективность $\geq 93 \%$.
5 °C	Калибровочный заряд; выдержка до стабилизации при 5 ± 2 °C.	Разряд 0,5P до 2,5 В; затем заряд 0,5P до 3,65 В.	$E5^* \geq 80 \% E0^*$; эффективность $\geq 76 \%$.

1.13 Сохранение и восстановление энергии

Условие	Порядок	Критерий
25 °C, 28 суток	После калибровочного заряда хранить 28 суток, измерить сохраняемую энергию E6*, затем выполнить заряд и измерить восстановленную энергию E7*.	$E6^* \geq 95 \% E0^*$; $E7^* \geq 97 \% E0^*$.
45 °C, 7 суток	После калибровочного заряда хранить 7 суток при 45 ± 2 °C, измерить E8*, затем восстановить заряд и измерить E9*.	$E8^* \geq 95 \% E0^*$; $E9^* \geq 97 \% E0^*$.

1.14 Восстановление после хранения при 50 % SOC

После установки 50 % SOC ячейку хранят 28 суток при заданной температуре, затем выполняют стандартный заряд и разряд. Восстановленная энергия должна составлять не менее 98 % E0* после хранения при 25 °C и не менее 97 % E0* после хранения при 45 °C.

1.15 Ресурс циклирования

- Установить ячейку в испытательный зажим.
- Выполнить начальную калибровку емкости и энергии.
- Заряжать и разряжать постоянной мощностью по установленным порогам до 8000 циклов с периодическим контрольным измерением емкости.

Диапазон SOH	Мощность заряда и разряда
100-80 %	502,4 Вт
80-70 %	401,92 Вт
70-60 %	351,68 Вт

Ресурсный критерий - 8000 циклов до 70 % SOH при 25 °C. Мощность уменьшается по фактической энергии ячейки, чтобы сохранять режим 0,5P.

1.16 Измерение силы расpirания

Ячейку устанавливают в приспособление по п. 1.3.2 и циклируют по п. 1.15. Силу регистрируют в контрольных точках SOH. Критерии: не более 50 кН при 70 % SOH и не более 60 кН при 60 % SOH.

1.17 Испытания безопасности

1.17.1 Перезаряд

При 25 ± 2 °C заряженную по п. 1.8 ячейку заряжают током 314 А до 5,475 В либо в течение 1 часа, после чего наблюдают 1 час.

1.17.2 Глубокий разряд

Ячейку разряжают током 314 А до 0 В либо в течение 90 минут, после чего наблюдают 1 час.

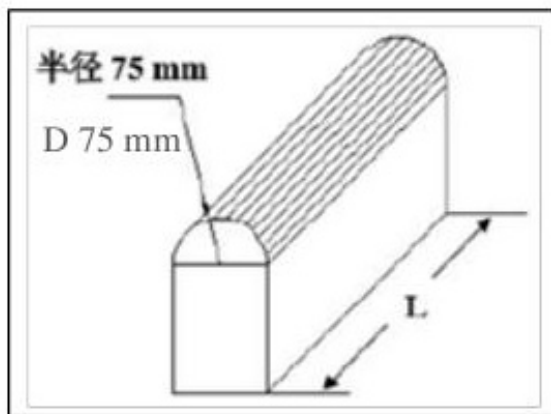
1.17.3 Внешнее короткое замыкание

Выводы полностью заряженной ячейки замыкают внешней цепью сопротивлением менее 5 мОм на 10 минут, затем наблюдают 1 час.

1.17.4 Сдавливание

Полностью заряженную ячейку сдавливают полукруглым элементом радиусом 75 мм со скоростью 5 ± 1 мм/с.

Сдавливание прекращают при напряжении 0 В, деформации 30 % или усилии $13\,000 \pm 780$ Н - по первому достигнутому условию. Нагрузку удерживают 10 минут, затем наблюдают 1 час.



Рабочая часть приспособления для испытания сдавливанием: радиус 75 мм.

1.17.5 Падение

При 25 ± 2 °C полностью заряженную ячейку свободно сбрасывают с высоты 1,5 м на бетонный пол положительным либо отрицательным выводом вниз, после чего наблюдают 1 час.

1.17.6 Пониженное давление

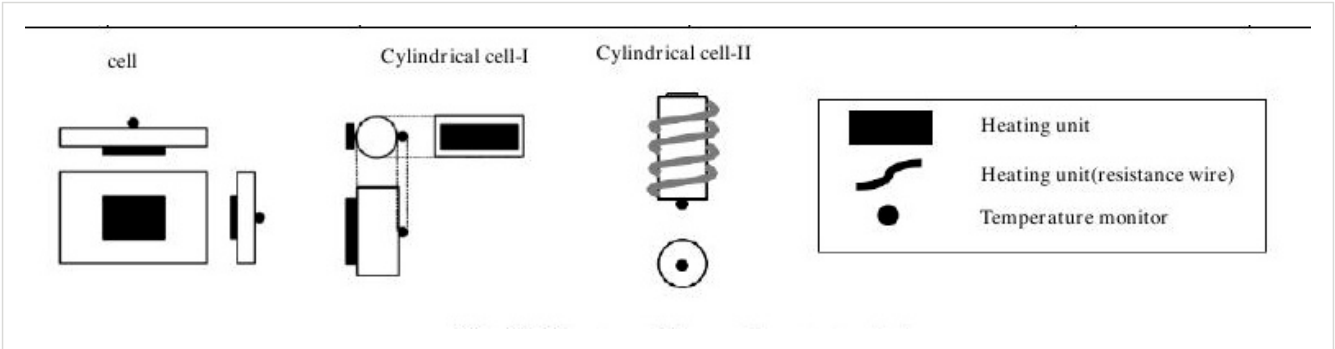
Полностью заряженную ячейку устанавливают в зажим и выдерживают 6 часов при 11,6 кПа и 25 ± 2 °С, после чего наблюдают 1 час.

1.17.7 Нагрев до 130 °С

Полностью заряженную ячейку в зажиме нагревают от комнатной температуры со скоростью 5 °С/мин до 130 ± 2 °С, выдерживают 30 минут, прекращают нагрев и наблюдают 1 час.

1.17.8 Тепловой разгон

- Ячейку полностью заряжают и устанавливают в испытательный зажим.
- Применяют плоский, стержневой, керамический или металлический нагреватель мощностью 600-1200 Вт с непосредственным тепловым контактом и электрической изоляцией.
- Температуру измеряют на дальней противоположной поверхности. Период опроса - менее 1 с, точность - ±2 °С, диаметр чувствительного конца - менее 1 мм.
- После полного заряда заряд током 1С продолжают 12 минут. Нагрев ведут на максимальной мощности до теплового разгона либо достижения 300 °С.
- При пожаре или взрыве испытание немедленно прекращают.



Схемы размещения нагревателя и датчика температуры при испытании теплового разгона.

Обозначение на схеме	Значение
cell	призматическая ячейка
Cylindrical cell-I / II	варианты цилиндрической ячейки
Heating unit	нагревательный элемент
Heating unit (resistance wire)	нагревательный элемент из проволоки сопротивления
Temperature monitor	датчик температуры

Тепловой разгон фиксируют при резком падении давления одновременно с ростом температуры не менее 1 °С/с либо при достижении установленной защитной температуры с ростом не менее 1 °С/с. Метод соответствует GB/T 36276-2018.

Критерий безопасности	Для испытаний 1.17.1-1.17.5 и 1.17.7 требуется отсутствие пожара и взрыва. Для испытания пониженным давлением дополнительно требуется отсутствие утечки.
-----------------------	--