

**СВИНЦОВО - КИСЛОТНЫЕ  
ГЕРМЕТИЗИРОВАННЫЕ АККУМУЛЯТОРЫ**

***“EverExceed”***  
***Modular Range***  
***Modular Max Range***

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ И ИНСТРУКЦИЯ  
по установке,  
техническому обслуживанию  
и эксплуатации**



**Товариство з обмеженою  
відповідальністю  
„ПУЛЬСАР ЛІМІТЕД”**

# **СОДЕРЖАНИЕ**

## **1. ВВЕДЕНИЕ**

1.1. ОСОБЕННОСТИ

1.2. ПРИМЕНЕНИЕ

## **2. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПРИНЦИПЫ (ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ В БАТАРЕЯХ)**

## **3. КОНСТРУКЦИЯ**

## **4. ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ**

4.1. РАЗМЕРЫ И ВЕС

4.2. КЛЕММЫ (ТЕРМИНАЛЫ)

4.3. УРОВЕНЬ РАЗРЯДА В АМПЕРАХ

4.4. УРОВЕНЬ РАЗРЯДА В ВАТТАХ НА ЭЛЕМЕНТ

## **5. ТРАНСПОРТИРОВКА И ХРАНЕНИЕ**

## **6. ИНСТАЛЛЯЦИЯ**

## **7. ЕМКОСТЬ**

## **8. ЗАРЯДКА БАТАРЕИ**

## **9. СРОК СЛУЖБЫ**

## **10. ОБСЛУЖИВАНИЕ И ТЕСТИРОВАНИЕ**

## **11. РАСЧЕТ ВЕНТИЛЯЦИИ ПОМЕЩЕНИЯ**

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Батареи **Modular Range (MR)** и **Modular Max Range (MMR)** принадлежат к категории свинцово-кислотных батарей с клапанным регулированием внутреннего давления (VRLA), также известные как "герметизированные". Батареи MR/MMR изготавливаются в виде отдельных элементов.

Батареи были разработаны и протестированы, чтобы гарантировать их соответствие международным стандартам качества DIN, BS и IEC/EUROBAT. Они фактически не требуют обслуживания в течение всего срока службы (для MR - 15...18 лет, а для MMR - 18...20 лет).

### 1.1 ОСОБЕННОСТИ

- Особо толстые плоские пластины разработаны для обеспечения эксплуатационных качеств батареи и продления ее срока службы в условиях постоянного (буферного) подзаряда.
- Длительный срок службы (15 – 20 лет в условиях постоянного (буферного) подзаряда при 20-25° C), совпадающий со спецификацией EUROBAT по пункту «Long Life», требующего 12+ лет срока службы в условиях постоянного (буферного) подзаряда.
- Сжатый абсорбирующий сепаратор, изготовленный из стекломикрофибры (AGM – абсорбирующий стеклокпиллярный материал) для уменьшения саморазряда и потери активного материала.
- Необслуживаемые: не надо доливать воду или проводить замеры плотности электролита. Нет необходимости проводить выравнивающий заряд.
- Герметичная специальная конструкция, не допускающая утечек.
- Широкий температурный диапазон эксплуатации (-15 ° C – +45 ° C).
- Контейнер и крышка, изготовленные из термостойкого пластика в соответствии с нормами UL94HB (опционно – из пластика, не распространяющего горения согласно UL94VO).
- Компактность.
- Эксплуатируются в вертикальном и горизонтальном положениях.

### 1.2 ПРИМЕНЕНИЕ

- Телекоммуникационные системы
- Аварийные системы электропитания на электростанциях и подстанциях
- Системы бесперебойного электропитания (UPS)
- Замена для обычных вентилируемых свинцово-кислотных батарей
- Солнечные и ветряные силовые станции
- Производство, транспортировка и распределение электроэнергии
- Железные дороги и системы сигнализации
- Выравнивающие нагрузки и системы охраны
- Аварийное освещение
- Медицинское оборудование



## 2. ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ В БАТАРЕЯХ СЕРИИ MR/MMR

- В течение зарядки обычных свинцовых батарей вода теряется из-за электролиза, в результате которого образуются взрывоопасные смеси водорода и кислорода, и возникает необходимость в периодических доливках воды. Результатом высокого уровня зарядки может также явиться образование капелек серной кислоты, ведущее к потенциальным проблемам коррозии.
- Элементы MR/MMR – с клапанным регулированием; это означает, что в них осуществляется рекомбинация газов, образующихся в результате заряда. Клапан используется для регулирования внутреннего давления. Таким образом оптимизируется эффективность (КПД) рекомбинации. Кислота абсорбируется в стекловолокнистом мате сепаратора, который позволяет газу легко двигаться от положительной к отрицательной пластине, где происходит рекомбинация.
- Благодаря конструкции пластин и типу используемого сплава, батареи имеют низкий саморазряд.

Химическая реакция, проходящая в свинцово - кислотной батарее, иллюстрируется следующей формулой:



При разрядке диоксид свинца в положительных пластинах и губчатый свинец в отрицательных пластинах реагируют с серной кислотой в электролите и постепенно преобразуются в сульфат свинца; в течение этого процесса концентрация серной кислоты уменьшается.

Наоборот, когда батарея заряжена, положительные и отрицательные активные материалы, которые превратились в сульфат свинца, постепенно возвращаются, соответственно, к свинцовому диоксиду и губчатому свинцу, освобождая серную кислоту, абсорбированную в активных материалах; в течение этого процесса концентрация серной кислоты увеличивается.

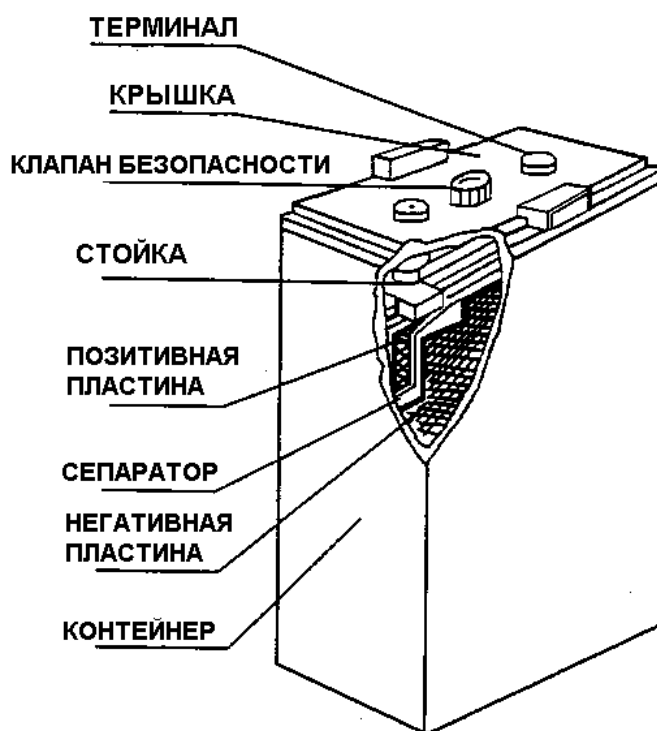
В батареях традиционного типа (не VRLA), когда зарядка батареи подходит к конечной стадии, зарядный ток используется в основном для разложения воды в электролите, в результате которого образуется кислород на положительных пластинах и на отрицательных – водород. Образовавшийся газ улетучивается из батареи, вызывая уменьшение уровня электролита; в связи с этим требуется время от времени доливать воду.

В батареях MR/MMR атомы водорода и кислорода, достаточно долго «блуждая» в капиллярном материале сепаратора, не выходят наружу, а сталкиваются и рекомбинируют (превращаясь в молекулы воды). Тем самым практически компенсируется эффект разложения воды и создаются основы для герметичной конструкции батареи. Незначительная часть непрокомбинировавших газов (менее 1%),

сравняется предохранительными клапанами при заданном незначительном превышении внутреннего давления над атмосферным.

### 3. КОНСТРУКЦИЯ

Части	Материалы конструкции
Положительные и отрицательные пластины	Намазной тип пластины, в которой активный материал намазывается на решетки из специального свинцово-кальциево-оловянного сплава
Сепараторы	Мат, сделанный из стекломикрофибры, обладающий превосходной сопротивляемостью процессам окисления под воздействием теплоты
Электролит	Раствор серной кислоты, адсорбированный в сепараторе
Материалы контейнера	Стандартный контейнер и крышка изготовлены из пластика ABS
Предохранительный клапан	Колпачки из синтетического каучука с превосходными кислотостойкими характеристиками



## 4. ТЕХНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ И ХАРАКТЕРИСТИКИ.

Подробные технические параметры (механические и электрические) аккумуляторов серий MR/MMR приведены в проспекте/каталоге. Там же даны разрядные характеристики (ток и мощность разряда) для различных уровней конечного напряжения.

## 5. ТРАНСПОРТИРОВКА И ХРАНЕНИЕ

- 5.1. При перемещении батарей должно использоваться подходящее механическое оборудование. Никогда не тяните и не кантуйте батарею, так как этим ей можно нанести ущерб.
- 5.2. Во время транспортировки не прикасайтесь к полюсам аккумуляторной батареи или ее предохранительным клапанам.
- 5.3. Батареи полностью заряжены перед отгрузкой. Не закорачивайте цепь. Даже старые батареи все еще электрически заряжены и могут давать опасный ток при закорачивании.
- 5.4. Если батарея не может быть немедленно установлена, то она должна храниться в чистом, сухом и проветриваемом помещении.
- 5.5. Батареи могут храниться при колебаниях температуры окружающей среды от 0 °С до 35 °С, но максимальное время хранения (без зарядки) - 6...9 месяцев. Если время хранения больше, батареи должны быть подзаряжены.

## 6. ИНСТАЛЛЯЦИЯ

- 6.1. Сразу же после получения груза, он должен быть подвергнут осмотру с целью выявления повреждений, могущих явиться результатом транспортировки, и содержимое тщательно сверено с сопроводительными документами, чтобы удостовериться в том, что все необходимые аксессуары были получены.
- 6.2. Батареи поставляются полностью заряженными, и обращаться с ними нужно всегда осторожно. Продукция может давать высокие токи короткого замыкания, даже если контейнер или крышка повреждены.
- 6.3. Никогда не применяйте силу и ничего не кладите на клеммы, так это может привести к повреждению витков резьбы или герметичности батареи. Никогда не поднимайте батареи, держась за клеммы.
- 6.4. Батареи могут быть установлены на стальных стойках или на специальных стеллажах.
- 6.5. Батареи должны устанавливаться в местах с хорошей естественной вентиляцией. Нужно обеспечить расстояние (по крайней мере – 0,5 м) от обогревателей (калориферов).
- 6.6. Батареи не должны устанавливаться в местах воздействия прямых солнечных лучей, вблизи органических растворителей или в радиусе действия коррозионных газов. Пол должен быть достаточно прочным, чтобы выдерживать батареи.

- 6.7. При последовательном соединении батарей может возникнуть риск поражения электрическим током из-за высокого напряжения соединенных элементов, поэтому Вы должны использовать изолированные инструменты, резиновые перчатки и передники при инсталляции или разъединении соединенных элементов. Надлежащим образом используйте поднимающие ремни и зацепы. Никогда не поднимайте батареи, держась за один ремень и не используйте для подъема металлическую проволоку.
- 6.8. Грязные или неплотные соединения на батарее и между элементами должны быть очищены и плотно прижаты.
- 6.9. Нельзя собирать элементы различных емкостей в батарее. Перед подсоединением недавно собранной батареи к электропитающей системе, удостоверьтесь, что все положительные и отрицательные соединения выполнены правильно, и полное напряжение батареи соответствует ожидаемому.
- 6.10. При мытье поверхности контейнера батареи может использоваться только мыльная вода.
- 6.11. Не должен использоваться огнетушитель с углекислым газом, рекомендуется тип с  $CCl_4$  (четырёххлористый углерод).
- 6.12. При подсоединении элементов батареи к зарядному устройству для зарядки, необходимо убедиться, что электрическая цепь отключена. Положительная клемма батареи должна быть соединена с положительной клеммой зарядного устройства, и отрицательная клемма батареи – с отрицательной клеммой зарядного устройства.



## 7. ЕМКОСТЬ

Емкость разряда изменяется в зависимости от тока разряда, температуры батареи и конечного напряжения разряда.

### 7.1 Ток разряда

Чем меньше ток разряда, тем больше емкость, и чем больше ток разряда, тем меньше емкость (при постоянной температуре батареи и конечном напряжении разряда).

### 7.2 Температура

Емкость разряда изменяется также в зависимости от температуры батареи.

Чем ниже температура, тем меньше емкость, при постоянной температуре батареи и конечном напряжении разряда.

### 7.3 Конечное напряжение

Емкость разряда также зависит от конечного напряжения.

Чем ниже конечное напряжение, тем больше энергии отдается и тем больше емкость (при постоянном токе разряда и конечном напряжении).

В общем случае, емкость и срок службы свинцово-кислотных батарей уменьшаются, если часто разряжать батареи ниже рекомендуемого конечного напряжения.

## КОНЕЧНЫЕ ПРИЕМЛЕМЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ РАЗРЯДА

Ток разряда (в единицах емкости $C_{10}$ , А)	Конечное напряжение разряда (В на элемент)
До 0.1 $C_{10}$ ,А	1,75
0.11 - 0.17 $C_{10}$ ,А	1,70
0.18 - 0.25 $C_{10}$ ,А	1,67
0.26 - 0.60 $C_{10}$ ,А	1,60
0.60 - 3.00 $C_{10}$ ,А	1,30
Свыше 3.00 $C_{10}$ ,А	В соответствии с рекомендациями производителя

## 8. ЗАРЯДКА БАТАРЕИ

Батарея должна всегда перезаряжаться как можно скорее после разрядки. Если оставить батарею в разряженном состоянии в течение длительного периода времени, то достигнуть снова полной емкости батареи, возможно, уже не удастся. Правильная зарядка батареи гарантирует максимально возможный срок службы батареи. Имеются различные методы зарядки.

### 8.1 Зарядка при постоянном напряжении

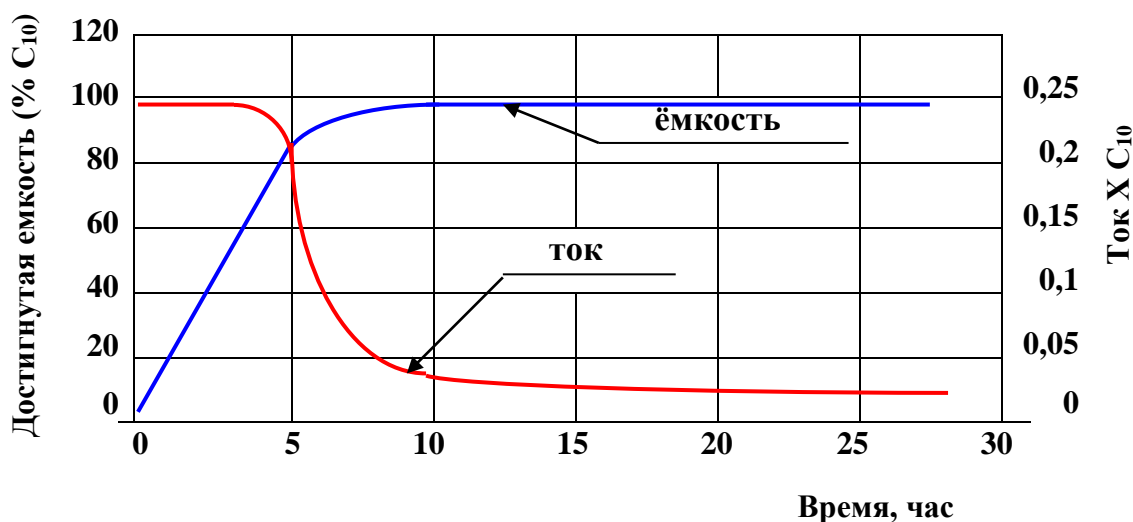
Это рекомендуемый метод зарядки для батарей типа MR/MMR. Необходимо уделить достаточно внимания контролю за фактическим напряжением, чтобы убедиться, что оно находится в рекомендованных пределах.

Буферный режим : 2.25 - 2.30 В/эл. при 20 °С (т.е.  $2,27 \pm 1\%$ )

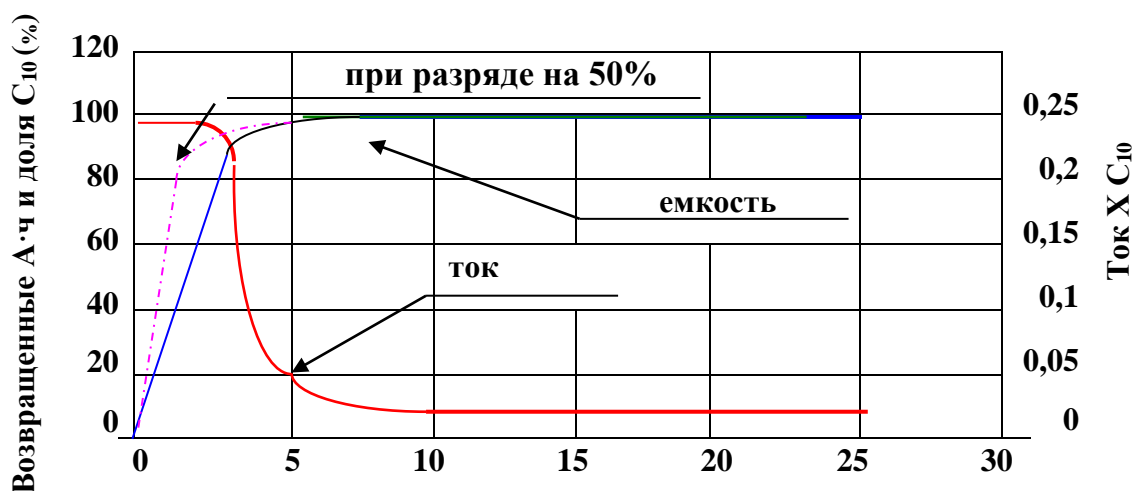
Циклический режим : 2.40 - 2.45 В/эл. при 20 °С

Рекомендуется установить начальный ток **в пределах  $0.2C_{10}$ , Ампер**. Прилагаемый график показывает время, необходимое для полной перезарядки батареи. Следует учесть, что указанные в графике данные соответствуют показателям полностью разряженной батареи, то есть батареи, которая достигла минимального напряжения на элементе, рекомендуемого для времени разрядки. Также видно, что необходимо затратить большее количество энергии для зарядки батареи, чем было получено при ее разрядке. Действительное значение тока, указывающее, что батарея полностью заряжена - приблизительно 5мА/Ач при зарядном напряжении - 2.30 В/эл..

Зарядка после полной разрядки с токоограничением  $0.25C_{10}$  А и напряжением 2.30 В /элемент



**Сервисная циклическая зарядка  
с токоограничением 0,25 C<sub>10</sub> А и напряжением 2,40 В/элемент**



**Примечание:** необходимо убедиться, что напряжение установлено правильно. Слишком высокое установленное зарядное напряжение увеличивает коррозию положительных пластин и сокращает жизнь батареи. Зарядное напряжение, установленное слишком низко, ведет к хроническому недозаряду и к сульфатации пластин, что влечет за собой потерю емкости и, в конечном счете, сокращение срока службы батареи.

### 8.1.1 Влияние температуры на зарядное напряжение

При повышении температуры, электрохимическая активность в батарее увеличивается. Аналогично, при падении температуры, электрохимическая активность уменьшается. Следовательно, наоборот, при повышении температуры, зарядное напряжение нужно уменьшить, чтобы предотвратить перезарядку, и увеличить, при падении температуры, чтобы избежать недозарядки. Вообще, чтобы обеспечить оптимальный срок службы батареи, рекомендуется использование зарядного устройства с функцией термокомпенсации напряжения заряда. Рекомендуемая степень компенсации для батарей MR/MMR –3мВ/°С/элемент (буферный режим) и –4мВ/°С/ элемент (циклический режим), стандартная средняя температура +20 °С.

## 9. СРОК СЛУЖБЫ БАТАРЕИ

Срок службы батареи зависит от многих важных факторов. Они включают в себя:

- температуру, при которой эксплуатируется батарея;
- метод, используемый для проведения зарядки;
- режим эксплуатации батареи, то есть буферный или циклический.

### 9.1 Буферный режим

Срок службы, определенный для буферного режима - 15 - 20 лет.

На срок службы батареи влияют факторы, перечисленные выше, и количество глубоких разрядов батареи.

В основном, чем больше количество глубоких разрядов, тем короче срок службы батареи.

### 9.2 Циклический режим

Учитывая вышеупомянутые факторы, действительный срок службы батареи, эксплуатирующейся в циклическом режиме, зависит от глубины разряда в каждом цикле. Чем больше глубина разряда в каждом цикле, тем меньше количество циклов, которые можно получить от батареи.

### 9.3 Слабо пульсирующий ток

Чрезмерные пульсирующие токи могут привести к перегреву батареи, что, как минимум, приведет к сокращению ее предполагаемого срока службы или к ухудшению эксплуатационных характеристик.

Поэтому рекомендуется отрегулировать напряжение зарядной системы таким образом, чтобы при отключенной батарее пульсация не превышала 1% без нагрузки и 5 % при 100 % нагрузке.

Переходные процессы и другие варианты пульсаций приемлемы при условии, что, когда батарея отсоединена от зарядного устройства, но находится под нагрузкой, усредненное по пульсациям значение напряжения примерно на 2.5 % ниже рекомендуемого буферного напряжения.

## 10. ОБСЛУЖИВАНИЕ И ТЕСТИРОВАНИЕ

10.1. Пользователь должен определить соответствующий эксплуатационный график.

При этом должны быть учтены следующие факторы:

- Важность подсоединенной нагрузки (или приемлемость отказа в работе батареи)
- Процедуры по замене батареи.
- Условия окружающей среды, при которых эксплуатируется батарея.

10.2. Если подсоединенная нагрузка чрезвычайно ответственна и отказ в работе батареи считается недопустимым, то в этом случае требуется жесткий эксплуатационный

режим: с частыми проверками напряжения заряда и емкости батареи, среди прочего. С другой стороны, если отказ в работе батареи был бы просто неудобен, то приемлем более гибкий эксплуатационный режим.

- 10.3. Регулярное тестирование емкости необходимо, если пользователь хочет следить за «старением» батареи и начать замену, когда батарея достигает, скажем, 80% от нормального предполагаемого срока службы при эксплуатации в ответственных местах, независимо от фактической емкости на тот момент времени.
- 10.4. Как любой другой тип VRLA, батарея MR/MMR будет работать более надежно при благоприятных условиях окружающей среды, чем в суровых. Например, для батареи, эксплуатирующейся в помещении, оборудованном кондиционером, и которую не предполагается подвергать частым разрядкам, может быть предписан менее жесткий график эксплуатации, чем для батареи, использующейся в суровых условиях.
- 10.5. Следующие разделы детально отображают процедуры по обслуживанию и тестированию батареи, и указывают их рекомендуемую частоту проведения, по отношению к применению и в ответственных местах и там, где отказ в работе батареи не повлечет за собой серьезных последствий.
- 10.6. Для регулярного контроля за состоянием батареи, выберите один элемент как "пилотный". Выбранный элемент должен быть с самым низким напряжением в буферном режиме, и может меняться время от времени.
- 10.7. Напряжение и температура на экспериментальном элементе должны измеряться каждый раз, когда снимаются показатели всей батареи. Это также будет служить дополнительным показателем состояния батареи, когда не намечено проводить полную проверку элемента.
- 10.8. Батареи MR/MMR должны осматриваться по крайней мере раз в месяц при применении их в ответственных местах и каждые 3 месяца там, где отказ в работе батареи не повлечет за собой серьезных последствий.

Проверьте следующее:

- Чистоту батареи и окружающего пространства.
  - Признаки коррозии на клеммах (терминалах), подключениях или поддерживающих структурах (стеллажах или шкафах)
  - Целостность: проверьте на предмет наличия трещин, повреждений покрытия или признаков утечек электролита.
- 10.9. Если любое физическое повреждение очевидно, то этот элемент должен быть заменен. Часто это подтверждается проверкой напряжения и/или температуры в элементе при буферном режиме
  - 10.10 Очищайте элементы по мере необходимости, используя мягкую сухую ткань, или увлажненную мягкую ткань. Позаботьтесь, чтобы не причинить любые замыкания или заземление при чистке батареи.
  - 10.11 Поддержание правильного зарядного напряжения батареи чрезвычайно важно для надежности эксплуатации и срока службы батареи. Проверьте, чтобы полное устойчивое напряжение при буферном режиме устанавливалось – 2.27V/элемент каждый месяц при эксплуатации в ответственных применениях, или каждые 3 месяца – при обычном применении.

- 10.12 Измеряйте и ведите учет напряжения на каждом элементе при эксплуатации в буферном режиме по крайней мере раз в год. В ответственных применениях благоразумно увеличить эту частоту до ежеквартальных проверок.
- 10.13 Нормой является напряжения до +/- 30мВ/элемент, в особенности в течение первого года эксплуатации. В этом случае не требуется никаких корректирующих действий. Если на каком-либо элементе напряжение ниже 2.20 В/эл, и это не является результатом изменений температуры в собранной батарее, необходимо провести выравнивающий заряд по отношению ко всей батарее или к отдельному элементу.
- 10.14 Каждый раз, когда измеряется напряжение на отдельном элементе, желательно проверить также и его температуру. Разброс температур элементов не должен превысить 3°C, при этом средняя температура батареи не должна быть выше окружающей больше чем на 3°C.
- 10.15 Так как разряд или тестирование с нагрузкой дает наиболее верное отображение емкости батареи, то это особенно важно при применении в ответственных местах. При выполнении таких функций рекомендуется, чтобы тестирование емкости выполнялось ежегодно до появления признаков деградации батареи, и каждые шесть месяцев – после того.
- 10.16 Хотя данная периодичность больше, чем для вентилируемых свинцово-кислотных батарей, это является следствием более сложной конструкции и характера процессов в батареях VRLA. С другой стороны, некоторые методы содержания батарей (внутренний визуальный осмотр, проверка удельного веса электролита и доливание воды) не нужны для этого типа.
- 10.17 Температура, при которой эксплуатируется батарея, сказывается на достигнутой емкости. Для контрольного разряда, выполняющегося при температуре отличной от 20 °C, должен использоваться следующий корректирующий температурный коэффициент (см. таблицу)
- 10.18 Для получения уровня разрядки при откорректированной температуре, значение, полученное при эксплуатации для выбранного времени разрядки и конечного напряжения нужно поделить на соответствующий коэффициент из таблицы:

Температура °С	Корректирующий коэффициент при 10-часовом уровне разрядки
-30	2.00
-15	1.36
-10	1.31
-5	1.22
0	1.15
5	1.13
10	1.09
15	1.05
20	1.00
25	0.98
30	0.96
35	0.96
40	0.94

10.19 Для обеспечения надежности и долговечности батарей MR/MMR важно вести учет всех показателей и составлять адекватные отчеты, которые оформляются должным образом. Систематические записи результатов контроля позволяют своевременно предусмотреть необходимые меры для устранения возможных проблем.

## **11. РАСЧЕТ ВЕНТИЛЯЦИИ ПОМЕЩЕНИЯ**

Аккумуляторы клапанно-рекомбинационного типа (AGM VRLA) имеют чрезвычайно высокий коэффициент рекомбинации (99%), благодаря чему в подавляющем большинстве случаев допускается эксплуатация этих аккумуляторов совместно с аппаратурой в помещениях общего назначения с естественной вентиляцией. В случаях применения батарей очень большой емкости (несколько сотен А·ч и выше) напряжением свыше 60В для расчета вентиляции применимы методики, приведенные ниже.

Выделяющиеся в процессе эксплуатации аккумуляторов газы время от времени выпускаются через предохранительные клапаны батареи. Во избежание образования взрывоопасной газовой смеси следует обеспечивать достаточно циркулируемый объем воздуха, определяемый по формуле:

$$V_x = 0,05 * n * C_{10} * I * f \text{ м}^3/\text{час}, \text{ где,}$$

$V_x$  - минимальный объем циркулирующего воздуха, м<sup>3</sup>/час

$n$  - количество элементов, шт.

$C_{10}$  - емкость установленной батареи, А·час.

$I$  - ток заряда на каждые 100Ач номинальной емкости при эксплуатации в режиме постоянного подзаряда (максимально 1,5А)

$f$  - коэффициент, равный 0,25 для аккумуляторов герметизированного исполнения с содержанием сурьмы в положительных пластинах менее 3%.

Если батарея устанавливается в закрытой комнате, то минимальная величина объема помещения определяется по формуле:

$$V = 2,5 * V_x \text{ м}^3$$

В случае размещения батарей в шкафу площадь вентиляционных отверстий определяется по формуле:

$$S \geq 28 V_x \text{ см}^2$$

Вентиляционные отверстия размещаются в нижней и в верхних частях шкафа. Например, для аккумуляторной батареи напряжением 120В, состоящей из 10 аккумуляторов SPB 12-200 (эквивалентно 60 элементам) для установки ее в шкафу в рабочем зале или помещении максимальный часовой объем циркулирующего воздуха для нормальной естественной вентиляции составляет:

$$V_x = 0,05 * 60 * 200 * 1,5/100 * 0,25 = 2,25 \text{ м}^3/\text{час}$$

Сечение каждого вентиляционного отверстия составляет:

$$S = 28 * 2,25 = 63 \text{ см}^2$$

Т.о., поскольку требуется весьма незначительный воздухообмен, в большинстве случаев батареи могут быть размещены в помещении с персоналом (бюро, машинный зал, мастерские или цеха), в котором гарантирован регулярный естественный обмен воздуха: открывание дверей и окон, форточек.