

## Ликбез по кислотным аккумуляторам

Для систематизации знаний по аккумуляторам, применяемым в самостоятельном строительстве электромобилей, написана эта статья. В статье рассматриваются только свинцово-кислотные аккумуляторы, как наиболее реальные для использования в самодельных электромобилях. О других аккумуляторах почитайте на сайте Дмитрия Спицына <http://sdisle.com/battery/index.html>

### 1. Сравнительные характеристики типов батарей

Характеристики	Lead Acid	NiCd	NiMH	Li-ion	Li-ion polymer
Дата появления первых коммерческих образцов	1970	1950	1990	1991	1999
Плотность, Вт·час/кг	30-50	45-80	60-120	110-160	100-130
Максимальное число циклов заряда/разряда	300	1500	500	1000	500
Время заряда, час	8-16	1	2-4	2-3	2-3
Саморазряд за месяц, %	5	20	30	10	~10
Напряжение элемента, V	1,25	1,25	1,25	3,6	3,6
Минимальная рабочая температура, °C	-20	-40	-20	-20	0
Необходимость разряжать	2 раза в полгода	1 раз в месяц	1 раз в 3 месяца	Не нужно	Не нужно

### 2. Разновидности аккумуляторов

Существует как минимум три разновидности свинцово-кислотных аккумуляторных батарей (АКБ), используемых в автомобилях. Наиболее распространенная конфигурация АКБ имеет 6 элементов, каждый из которых вырабатывает напряжение около 2.1 вольт. Отсюда полное напряжение на АКБ около 12.6 вольт.

Слова "около" из двух предыдущих предложений это как раз то самое, что приводит к неприятностям, когда система зарядки автомобиля не соответствует типу установленной АКБ.

Три главных компонента химического процесса внутри АКБ – это свинец, оксид

свинца и серная кислота. К сожалению, чистый свинец слишком мягок, чтобы выдерживать механические нагрузки, возникающие при эксплуатации. Поэтому в свинец добавляют около 6% сурьмы, чтобы повысить его механическую прочность. Это в свою очередь порождает другую проблему – большой расход воды.

Добавки сурьмы в свинцовые решетки выполняют роль катализатора гидролиза воды, недостатка под названием "кипение" (т.е. потери водорода и кислорода во время использования АКБ), что приводит к необходимости частого долива воды. Поэтому производители АКБ искали другие материалы, которые могли бы увеличивать прочность свинцовых решеток. В начале 1970-х как в положительный, так и в отрицательный электроды добавили кальций. Это снизило кипение настолько, что позволило производителям заявить о создании так называемых необслуживаемых АКБ. Однако, свинцово-кальциевые АКБ оказались не очень стойкими по отношению к циклированию (глубоким циклическим разрядам-зарядам). Это свойство делает их непригодными для таких применений как питание силовых моторов на рыболовецких судах. Они также требуют более высокого зарядного напряжения.

Компания Дженерал Моторс провела исследование зарядных характеристик свинцово-кальциевых АКБ и установила напряжение реле регулятора 14.8 вольт для автомобилей, укомплектованных АКБ "Delco Freedom II". Более низкое значение не дает полной зарядки. Но такой уровень зарядного напряжения слишком высок для свинцово-сурьмянистых АКБ и будет приводить к быстрой потере воды в них.

Третий тип АКБ, часто используемый в автомобилях, имеет смешанную или гибридную конструкцию. У таких АКБ положительные решетки выполнены из сплава с сурьмой, а отрицательные - с кальцием. Расход воды значительно уменьшен, хотя регулярные проверки уровня по прежнему рекомендованы. Гибридные АКБ более стойки к циклированию чем свинцово-кальциевые, но все же не так хороши как исходные свинцово-сурьмянистые. Большинство автомобилей, комплектуемых гибридными АКБ, имеют выставленное напряжение реле регулятора 14.3 вольт, хотя сообщалось, что более высокое значение 14.8 вольт у автомобилей Дженерал Моторс не нанесет вреда гибридным АКБ, если регулярно следить за уровнем электролита.

Четвертый тип, "гелевые", уже стали использоваться в автомобилях. В ранних сообщениях производители рекомендовали заряжать их напряжением от 13.8 до 14.1 вольт, намекая на их гибридную природу. Однако, они также не дают пользователю возможности добавлять воды, поэтому они в действительности могли бы быть свинцово-кальциевыми.

В настоящей статье для будем вести речь о свинцово-сурьмяных и гелевых, имеющих практически одинаковые напряжения заряда, либо оговаривать если в разговор привлекаются другие аккумуляторы. **Будьте внимательны.**

Особенно будьте внимательны при установке аккумуляторов на автомобиль.

## 2. Условия хранения аккумуляторов

Параметры	Аккумулятор			
	Ni-Cd	Ni-MH	Pb-H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Li-ion
Рекомендуемое состояние хранения	Разряженный полностью (до 1 В)	Заряженные на 50 %	Заряженные	Заряженные на 50 %
Допускаемый диапазон температуры хранения °С	-20 - +45	-20 - +30	-	-
Рекомендуемый диапазон температуры хранения °С	+5 - +25	+5 - +25	-15 - +30	+5 - +25
Периодичность переподготовки, мес.	12	6	8-12	12

Хранение герметизированных свинцово-кислотных аккумуляторных батарей во избежание сульфатации пластин происходит в заряженном состоянии. Если батареи не используются продолжительное время, рекомендуется их периодический (1 раз в 8 месяцев) подзаряд в течение 6-12 ч при постоянном напряжении 2,45 В/ак. Если свинцово-кислотные аккумуляторы хранились при температуре ниже -20 °С, то подзаряд должен проводиться 1 раз в год в течение 48 ч при постоянном напряжении 2,275 В. Хранение при температуре выше 30 °С не рекомендуется. После хранения при температуре из рекомендованного интервала подзарядка может быть выполнена в течение 6-12 ч постоянным током 0,05 С. Конец срока службы батареи согласно ГОСТ 959.0-84 наступает, когда ее емкость составляя 40% от С.

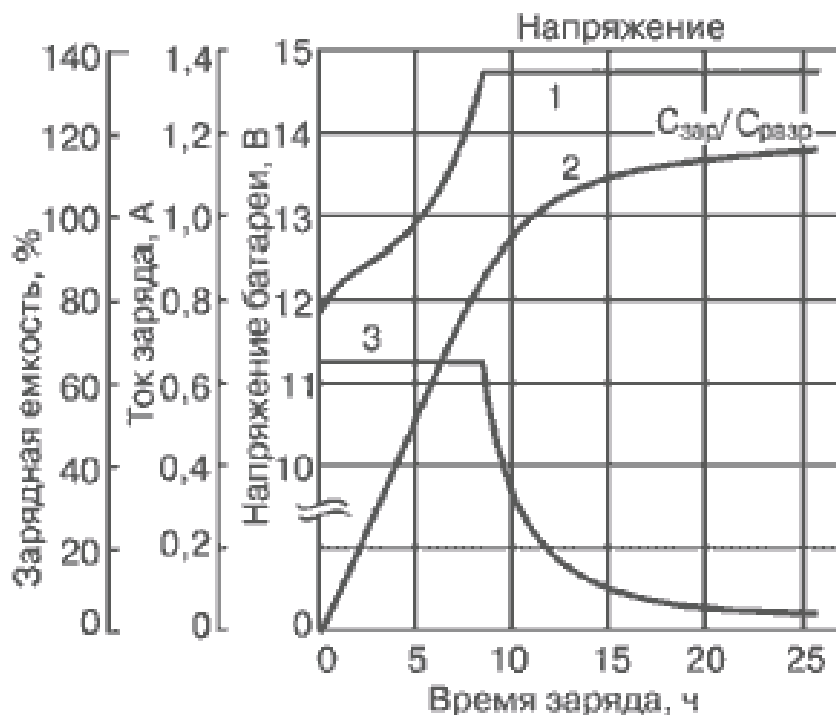
Все рекомендации настоящей статьи справедливы при условии что плотность электролита в пределах нормы. Полностью аряженный аккумулятор имеет плотность электролита 1,27. Признаки полного заряда: обильное газовыделение даже при малом зарядном токе, напряжение на батарее более 14.4 вольт, плотность электролита не изменяется в течение 2-3 последних часов. При разряде кислота из электролита в результате внутренних процессов переходит из жидкого состояния (электролит) в твердое соединение на пластинах аккумулятора, и каждое уменьшение плотности на 0,01 ед. равно 6% потери "силы" аккумулятора, т. е., грубо говоря, расходование 100% силы аккумулятора приводит к уменьшению плотности на 0,16 - 0,17 ед., а это значит, что в разряженном аккумуляторе плотность составляет  $1,27 - 0,17 = 1,1$ . При заряде происходит обратный процесс: кислота из "твердых" соединений на пластинах

переходит в жидкое состояние, следовательно, плотность при заряде повышается. В зимнее время допускается плотность увеличивать до 1.9 , но не обязательно.

### 3. Заряд свинцово-кислотного аккумулятора.

Заряд батарей должен осуществляться в режиме, при котором ток сильно понижается к концу заряда. Используется несколько стратегий заряда , которые требуют оборудования различной сложности и стоимости. Наиболее простое и дешевое оборудование осуществляет заряд при постоянном напряжении 2,4-2,45В/ак (потенциостатический режим). Заряд считается законченным если ток заряда остается неизменным в течении 3-х часов. Но чаще применяют комбинированный режим, при котором начальный ток ограничивают, а по достижении заданного напряжения, заряд проводится при стабилизации напряжения (рисунок 1). Заряд проводится при постоянном токе 0,1С на первом этапе и при постоянном напряжении источника тока на втором. Большинство производителей советуют проводить заряд циклируемых батарей при постоянном напряжении 2,4В на аккумулятор.

Ускорение процесса заряда достигается при повышении тока на первой стадии заряда, но в соответствии с советами производителей не более чем до 0,3С. В конце заряда для большей безопасности может быть применена еще одна ступень заряда: при снижении напряжения источника питания до напряжения подзаряда аккумулятора 2,30-2,35 В.



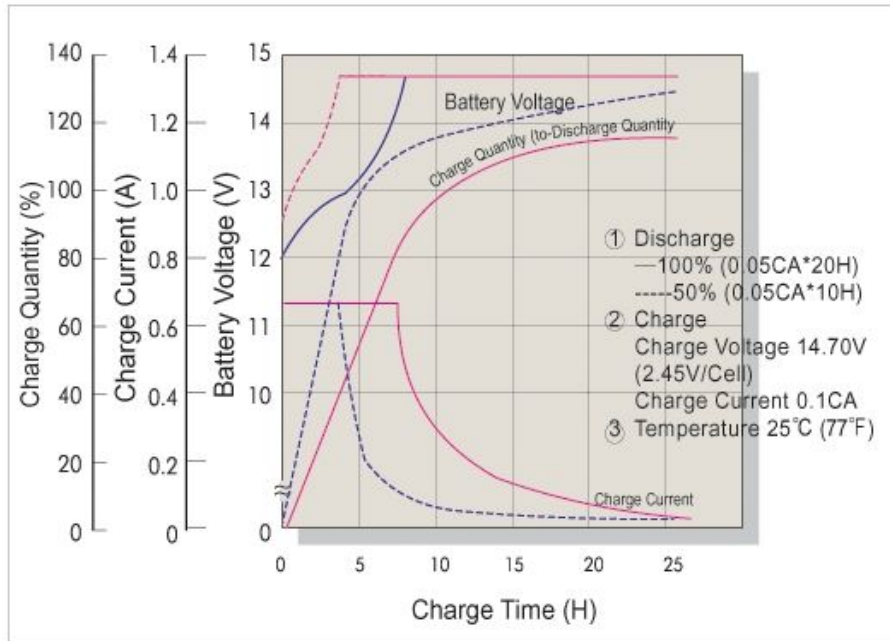


Рис.1. Зарядные кривые герметизированной свинцово-кислотной аккумуляторной батареи при комбинированном режиме заряда нормированным током 0,1С и нормированным напряжением 2,45В/эл для циклического режима:  
 1-напряжение, 2-зарядная емкость, 3-ток заряда

Заряд аккумуляторных батарей, используемых, для работы в буферном режиме, проводится как правило при более низком напряжении (2,23-2,275 В).

### Буферный режим

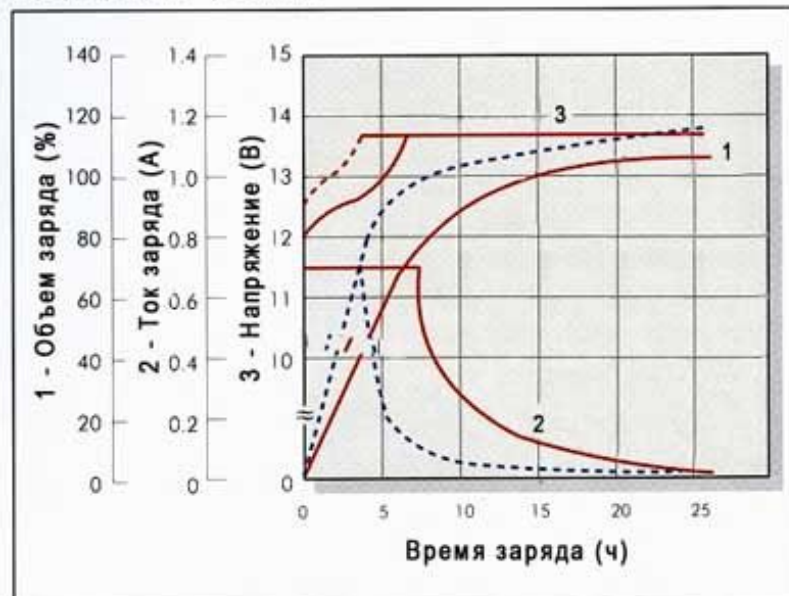


Рис.2.1 Зарядные кривые герметизированной свинцово-кислотной аккумуляторной батареи при комбинированном режиме заряда нормированным током 0,1С и нормированным напряжением 2,3В/эл для буферного режима:  
3-напряжение, 1-зарядная емкость, 2-ток заряда  
(прерывистая линия - идеальный процесс)

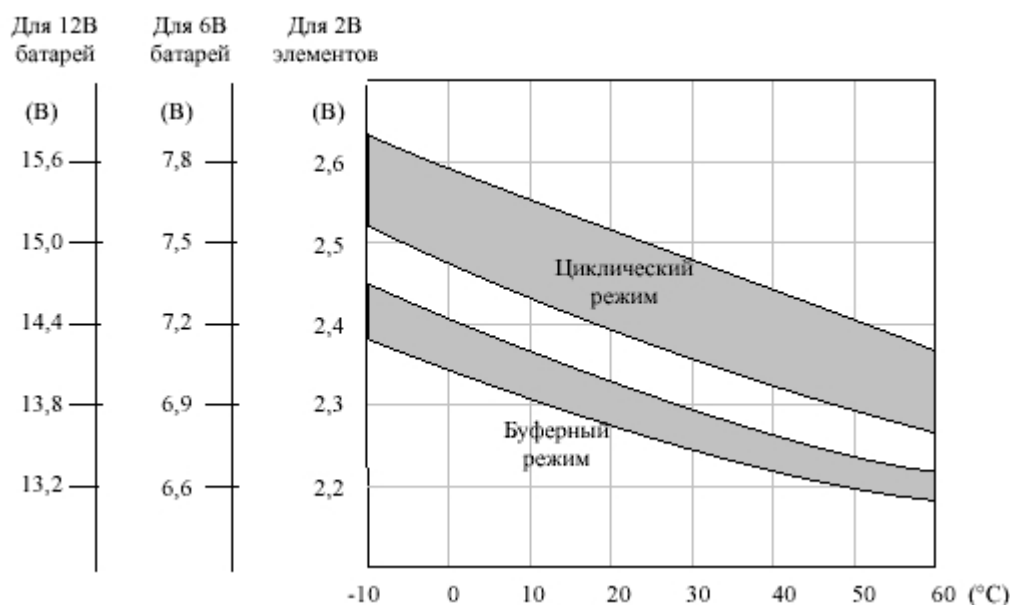
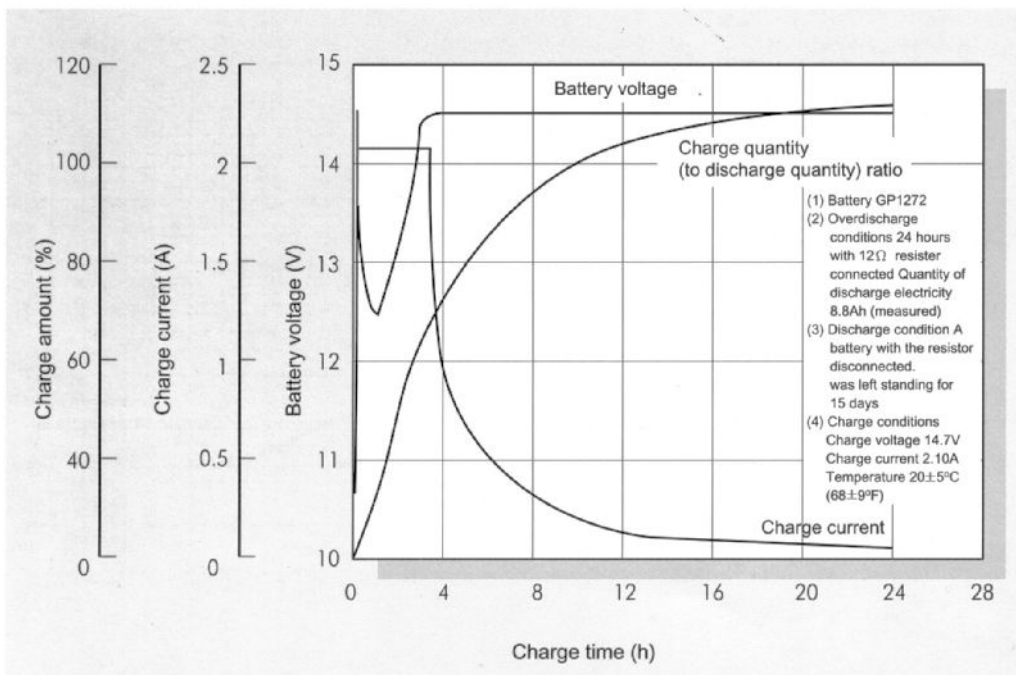


Рис.2.2 Зарядные кривые свинцово-кислотной (кальциевой) аккумуляторной батареи при комбинированном режиме заряда нормированным током 0,1С при температуре наружного воздуха

Глубокий разряд: По сравнению со щёлочными батареями, кислотные батареи в том числе VRLA батареи очень чувствительны к глубокому разряду. В результате уменьшается ёмкость и сокращается срок службы. Если батареи получили глубокий разряд и находились в этом состоянии несколько дней, они могут восстановиться без потерь ёмкости при правильном заряде. Однако данных ситуаций, по возможности, следует избегать. На графике показана характеристика заряда после глубокого разряда.



Рекомендации по устранению последствий глубокого разряда:

1. Номинальную ёмкость можно восстановить после 2-х или 3-х глубоких разрядов. При превышении этого лимита батарея может не набрать номинальную ёмкость.

2. Обычно зарядка происходит постоянным напряжением 2.45В/Эл или постоянным током 0.05СА. Заряд постоянным напряжением с 2.25В до 2.27В/Эл может быть недостаточным до достижения номинальной ёмкости. В этом случае необходимо повторить заряд 2 или 3 раза. Этот график показывает характеристику заряда после глубокого разряда и хранения батареи в незаряженном состоянии. По графику видно, что зарядный ток не уменьшается в начальном периоде заряда. Но с течением времени заряда он начинает постепенно уменьшаться.

Указанные напряжения заряда не требуют изменения при заряде в некотором интервале температуры (обычно от 5 до 35 °С). За пределами указанного температурного интервала, требуется компенсация влияния температуры: повышение напряжения при пониженных температурах и снижение при более высоких.

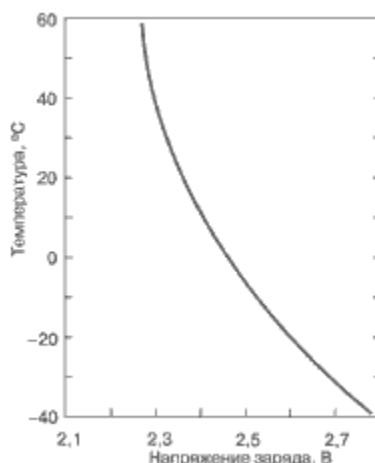


Рис.4. Рекомендуемое напряжение заряда при разных температурах для герметизированного свинцово-кислотного аккумулятора (также смотри рисунок 2.2)

### Саморазряд свинцово-кислотной аккумуляторной батареи.

Саморазряд в герметизированных свинцово-кислотных аккумуляторах значительно уменьшен по сравнению с вентилируемыми аккумуляторами и составляет 40% в год при 20 °C и 15% при 5 °C. При более высоких температурах хранения саморазряд увеличивается: при 40 °C батареи лишаются 40 % емкости за 4-5 месяцев. Для сравнения в классических вентилируемых батареях саморазряд заряженной батареи после бездействия в течение 14 суток при температуре наружного воздуха (20+; -5C) не должен превышать 10 % номинальной емкости, а после бездействия в течение 28 суток - 20 %.

Продолжительное хранение батареи в разряженном состоянии приводит к быстрой потере ее работоспособности.

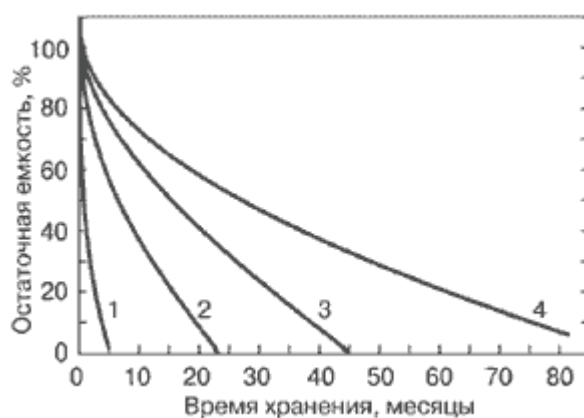




Рис.5. Действие температуры на остаточную емкость герметизированного свинцово-кислотного аккумулятора:  
1-40°C, 2-20°C, 3-10°C, 4-0°C

#### 4. Как обращаться с необслуживаемыми аккумуляторами

В разделе затрагиваются базисные моменты, знание и практическое использование которых позволит получить больший срок жизни вашей батареи. Можно встретить аббревиатуры батарей:

VRLA (Valve Regulated Lead Acid batteries) – батареи с регулируемыми клапанами

SLA (Sealed Lead Acid batteries) – герметизированные свинцово-кислотные батареи

AGM (Absorbed Glass Mat) – впитывающие прокладки из стекловолокна.

VRLA

и SLA являются технически идентичными. Часто случается некоторая путаница с применением данных аббревиатур, однако использование аббревиатур SLA и VRLA для необслуживаемых свинцово-кислотных батарей отличаются в них только областью применения и емкостью (SLA – для батарей емкостью до 30А\*ч, VRLA – для более емких батарей). Для понимания процессов старения в герметизированных свинцово-кислотных батареях необходимо помнить о том, что необслуживаемые свинцово-кислотные батареи разработаны с низким потенциалом перезаряда (диктуется необходимостью снижения объема газов, выделяемых в фазу интенсивного газовыделения, "добивки"). Следствием данного конструктивного решения является сложность выбора алгоритма заряда – поскольку батарея никогда полностью не заряжается постепенно увеличивается сульфатация пластин. С другой стороны при применении перезаряда уменьшается сульфатация, но из-за конструкции SLA батареи происходит повышенная коррозия положительного электрода, что приводит к выходу аккумулятора из строя. В следствие этого требуется придерживаться рекомендаций производителя по поводу алгоритма заряда SLA батареи.

Следует помнить, что температура аккумулятора сильно влияет на срок его жизни. Превышение температуры, при которой аккумулятор длительно работает, на каждые 10°C приводит к сокращению времени жизни в 2 раза. Справедливо также обратное замечание. Также следует отметить, что нижний температурный предел у SLA батарей также ограничен, и чем больше разряжена батарея, тем хуже ее рабочие характеристики при низких температурах.

При использовании VRLA батарей необходимо, чтобы все элементы имели очень близкие характеристики. Поскольку при использовании батареи возникает

разбалансировка напряжений на различных элементах, необходима процедура эквализации аккумуляторов в батарее. Эквализация достигается путем увеличения напряжения на каждой ячейке до 2,5В в течение двух часов. Процедура эквализации проводится раз в 6 месяцев, или чаще, если указано производителем батареи.

Желательно поддерживать батарею в заряженном состоянии и избегать глубоких циклов разряда. Для нивелирования глубины разряда применяются более емкие батареи. Разряд VRLA батареи меньше чем 2,1В на аккумуляторную банку приводит к сульфатации пластин. Для уменьшения уровня сульфатации в конце заряда рекомендуется применять заряд постоянным напряжением 2,4В на элемент в течение 2х часов. Длительность заряда желательно рассчитывать, исходя из 14 часов, увеличение времени заряда с 8 до 14 часов увеличивает время жизни батареи при соблюдении алгоритма заряда, рекомендуемого производителем.

В связи с повышенным требованием к точности соблюдения параметров заряда для необслуживаемых батарей необходимо правильно выбирать зарядное устройство. Допустимая пульсация зарядного тока ограничена, обычно в пределах до 2,5% от номинального напряжения (измеряется при нагрузке зарядного устройства максимальным током для данного зарядного при отключенном аккумуляторе). Это означает, что необслуживаемые аккумуляторы необходимо использовать совместно с импульсными зарядными устройствами, работающими на частоте в десятки килогерц и обеспечивающими постоянное напряжение (не пульсирующее в такт с напряжением в сети 220В 50Гц). Также желательно иметь зарядное устройство с температурным датчиком, поскольку при заряде повышается температура аккумулятора, вместе с температурой растет емкость, с ростом емкости зарядный прибор может перезарядить батарею свыше необходимого уровня, что приводит к еще большему росту температуры и, как минимум, к ухудшению параметров батареи. Подобная ситуация существует и при заряде батареи при низких температурах.

Буквы AGM означают Absorbed Glass Mat – впитывающие прокладки из стекловолокна. Идея очень проста: в аккумуляторах вместо конвертов-сепараторов, увеличивающих внутреннее сопротивление батареи, между пластинами вложены «промокашки» из стекловолокна, причем весь пакет сильно сжат упругим пластиковым корпусом батареи. Электролит (он обычный, в отличие от настоящих гелевых батарей, где его загущают добавками двуокиси кремния) поднимается по прокладкам, как по фитилю. Сильное сжатие пластин не дает осыпаться активной массе и уменьшает внутреннее сопротивление. В результате такие батареи отдают большой ток и, как утверждают, служат до 12 лет!

Еще одно очень важное свойство батарей AGM заключается в их устойчивости к частым циклам перезаряда и к глубокому разряду.

Пока батареи AGM освоили лишь несколько крупных производителей, причем шкала номинальных емкостей не столь широка, как у обычных аккумуляторов.

На срок службы герметизированных аккумуляторов значительно влияет точность поддержания напряжения постоянного подзаряда. При превышении этого параметра в течение длительного времени в гелевых аккумуляторах начинает срабатывать аварийный клапан, и со временем высыхает электролит, отчего внутреннее сопротивление аккумуляторов увеличивается, а емкость уменьшается.

### Электрические и эксплуатационные характеристики герметизированных свинцово-кислотных аккумуляторов

Напряжение разомкнутой цепи свинцово-кислотных аккумуляторов линейно возрастает с ростом степени заряженности аккумулятора (рисунок 1). По значению напряжения разомкнутой цепи можно судить о степени разряда свинцового аккумулятора.

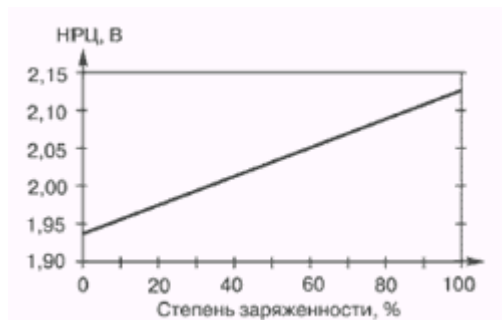


Рис.1. Зависимость напряжения разомкнутой цепи свинцово-кислотного аккумулятора от уровня заряженности

Номинальной емкостью любых свинцово-кислотных аккумуляторов считается емкость, полученная при разряде в течение 20 ч, т.е. током 0,05С. Отдаваемая аккумулятором емкость значительно зависит от тока разряда, который может достигать нескольких С. Типичные разрядные характеристики при различных токах нагрузки показаны на рисунке 2. Из рисунка видно, что от тока разряда зависит также и конечное разрядное напряжение свинцового аккумулятора.

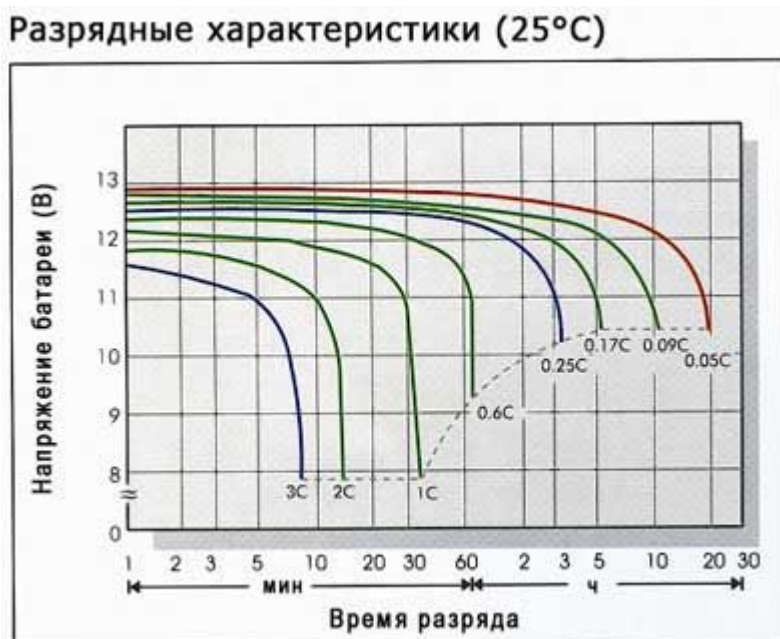


Рис.2. Разрядные характеристики герметизированной свинцово-кислотной аккумуляторной батареи

Герметизированные свинцовые аккумуляторные батареи работоспособны в интервале температур от -30 до +50 °С, чаще гарантируется работоспособность при температуре не ниже -15 °С. При более низких температурах возможности разряда мешает замерзание электролита. Работоспособность аккумуляторов при низких температурах может быть обеспечена увеличением концентрации электролита, как это и делается в специальных аккумуляторах.

**Факторы влияющие на срок службы** Самое большое влияние на срок службы герметизированного свинцово-кислотного аккумулятора оказывают: рабочая температура, глубина разряда и величина перезаряда, а также периодичность срабатывания клапана для сброса газа.

Срок службы

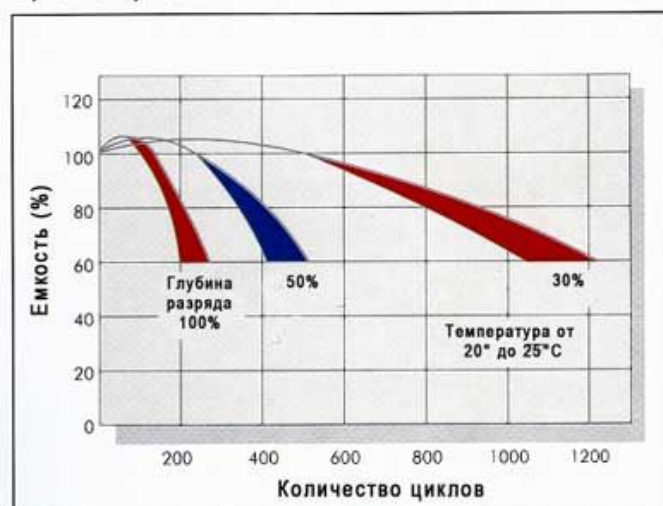


Рис.6. Зависимость срока службы герметизированной свинцово-кислотной батареи от глубины разряда

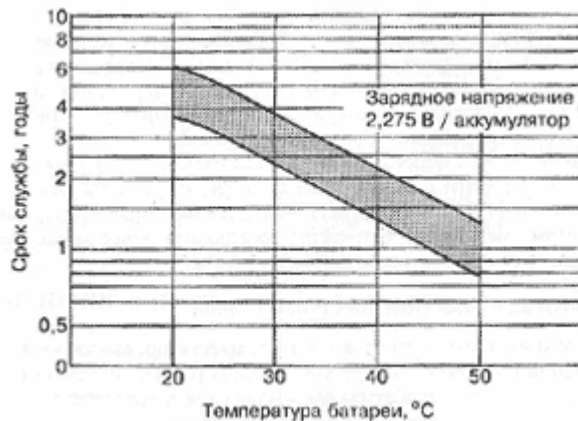


Рис.7. Зависимость срока службы герметизированной свинцово-кислотной батареи от температуры при работе в буферном режиме

На рисунках 6 и 7 изображено изменение срока службы в зависимости от глубины разряда и температуры окружающей среды. Превышение температуры на 10 градусов сокращает срок службы почти в два раза. Герметизированные свинцово-кислотные аккумуляторы очень чувствительны к перезаряду. На рисунке 8 изображено, как быстро уменьшается срок их службы при работе в режиме постоянного подзаряда при повышении напряжения (и тем самым - тока подзаряда) источника питания подключенного к аккумулятору.



Рис.8. Воздействие режима заряда на срок службы герметизированной свинцово-кислотной аккумуляторной батареи при работе в буферном режиме

Следует помнить, что при заряде герметизированных аккумуляторов их температура может быть значительно выше температуры окружающей среды. Это связано как с разогревом аккумуляторов из-за реакции рекомбинации кислорода, так и с неудовлетворительным отводом тепла от плотноупакованной батареи. Разница температур особенно ощутима при ускоренном режиме заряда. Если нельзя избежать существенного увеличения температуры, то при заряде следует вводить корректировку напряжения источника питания.

Перезаряд также вреден для свинцово-кислотных батарей, как и перезаряд. При многократных перезарядах уменьшается разрядная емкость и понижается срок службы аккумулятора. Такие же изменения могут происходить и при продолжительном хранении батарей в разряженном состоянии.

В связи с расширением сферы применения герметизированных свинцовых аккумуляторов до обитаемых комплексов специального назначения, где должны применяться мощные источники тока с большим напряжением, стало необходимым исследование последствий возникновения аварийных ситуаций в эксплуатации. Такие ситуации могут происходить как при разбалансировании характеристик аккумуляторов, составляющих батарею, так и в результате ошибочного обслуживания батарей или отказе управляющего оборудования. В этом случае при перезаряде или перезаряде батарей, приводящем к переполнению наиболее слабых аккумуляторов, может произойти разгерметизация аккумуляторов или даже разрушение их баков.

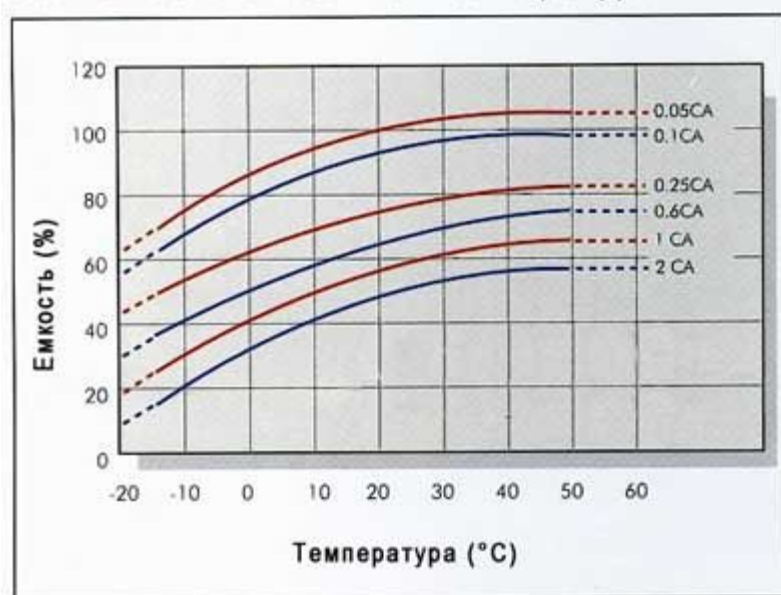
Было доказано, что повреждение корпуса приводит к снижению отдаваемой емкости, но более серьезных проблем не возникает. Даже при полном разрушении контейнера аккумулятора емкость его стала меньше только на 14 %, так как электролит не вытекает, а задерживается в порах электродов и сепаратора. При вскрытии 5 % площади контейнера, аккумуляторы оставались годными для циклирования при снижении разрядной емкости на 15-20 %.

При продолжительном перезаряде (током 0,25 Сн) как свежих аккумуляторов, так и после полтора года эксплуатации в режиме постоянного подзаряда, а также при заряде аккумуляторов при завышенном напряжении (2,6В), чрезвычайного разогрева аккумуляторов не происходило. Температура стабилизируется спустя 4-6 ч на уровне 50-70 °С или затем медленно понижается. Но из-за выброса газов через аварийный клапан происходит осушение аккумуляторов и быстрая их деградация.

Современные герметизированные свинцово-кислотные аккумуляторные батареи обладают достаточно высокими удельными энергетическими характеристиками (до 40 Втч/кг и 100 Втч/л). Они работоспособны в буферном режиме при нормальной температуре в течение продолжительного периода (более 10 лет), а при циклировании обеспечивают несколько сотен циклов до потери 20 % емкости.

Графики зависимости ёмкости от температуры и разрядного тока.

## Зависимость ёмкости от температуры



При температуре 25°C при разрядном токе 0.05CA отдаваемая ёмкость составляет 100%. Конечное напряжение разряда указано в таблице. Следует избегать режимы работы ниже -15°C и выше 50°C.

## 5. Гелевые аккумуляторные батареи

Этот пункт является продолжением и дополняет предыдущий в части батарей SLA. Системы бесперебойного электроснабжения позволяют в критических ситуациях без сбоев в работе предприятия осуществлять электропитание до восстановления внешнего электроснабжения или включения аварийных источников питания. Эти системы построены на использовании специального оборудования – источников бесперебойного питания на основе мощных аккумуляторов нового типа (например, гелиевых). Гелевые GEL (Gelled Electrolite) и AGM (Absorption Glass Matt) аккумуляторы, разработанные в конце 50-х годов, имеют много преимуществ перед обычными жидкостными. В гелевых кислота связана силикагелем и обычный электролит загущен до состояния густой массы в виде желе, а в AGM кислотой пропитаны микропористые стекловатные маты, размещенные между пластинами (чтобы электролит не плескался и не выливался). В состав гелевого электролита обычно входят пирогенизированная кремниевая кислота, разбавленная серной кислотой, и стабилизирующие добавки. Гель заливается в корпус аккумулятора и застывает в заводских условиях, после чего в течение нескольких суток происходит усадка гелевой массы, образование в ней микропор и трещин, необходимых для протекания процессов рекомбинации. AGM выглядят надежнее гелевых – если уж гелевый аккумулятор закипел, то недалеко и до разбухания и взрыва. Дело в том, что в геле образуются разрывы (газовые пузыри) и внутреннее сопротивление резко возрастает. Пузыри из стекловаты могут уйти, а вот

разрывы от пузырей газа в геле восстанавливаются достаточно медленно. Гелевые АКБ были специально разработаны для военной и авиационной промышленности. Стойкие к частичному разрушению корпуса (попадание пули или осколков), гелевые АКБ выдают ток даже при разрушении - электролит из них не вытекает. Также гелевые аккумуляторы подходят для военной авиации с ее высокими перегрузками, так как не разливаются и работают в любом положении. При одинаковой емкости аккумуляторов отдача от гелевого будет больше, чем от обычного. Недавно на рынке появились спиральные гелевые АКБ. Благодаря другому, оптимизированному методу упаковки пластин производители добились уменьшения расстояния между ними и увеличения эффективной поверхности, что снижает внутреннее сопротивление и влияние высокой вязкости электролита. Поэтому у гелевого АКБ со спиральными электродами емкостью 55 Ач ток отдачи может быть эквивалентным жидкостно-кислотному АКБ на 150-200 Ач. Необходимо только помнить, что гелевые аккумуляторы требуют очень точного поддержания тока подзарядки, для чего могут даже потребоваться контроллеры зарядки на основе микропроцессоров.

Наиболее современная технология AGM (Absorbent Glass Mat) вновь вернулась к жидкой кислоте, но теперь электролит удерживается в порах пластин, сплетенных из тончайших стеклянных волокон. Использование стекловолокна позволяет не только герметизировать корпус, но и сохранить работоспособность батареи даже в случае повреждений наружной оболочки. AGM-батареи нечувствительны к колебаниям температуры, очень стойки к глубоким разрядам, долговечны, виброустойчивы и могут работать хоть лежа на боку, но боятся перезаряда. AGM-батареи дешевле гелевых, но по использованию гелевый аккумулятор предпочтительнее, так как он допускает разрядку небольшими токами практически до нуля без опасности возникновения необратимых процессов (в отличие от обычного). По своей сути гелевый аккумулятор является силовым (тяговым) аккумулятором, наиболее подходящим для электромобилей и погрузчиков, а также для систем резервного электроснабжения. Стоимость стандартного гелевого аккумулятора емкостью 55 Ач достаточно высока – обычно от 7000 рублей. Недостатки герметизированных гелевых аккумуляторов, которые отмечают многие специалисты, следующие:

- меньше реальный срок службы вследствие невозможности ремонта,
- высокая чувствительность к пульсациям напряжения,
- опасность вхождения в режим терморазгона,
- недопустимость частых глубоких разрядов,
- необходимость точного поддержания напряжения постоянного подзаряда,
- сложность осуществления контроля.

## **6. Заслуживают отдельного внимания**



Аккумуляторы Minn Kota  
(тел в С-Питере (812) 925-30-14)  
(тел в Москве (495) 997-88-69.)  
( Москва (495) **995-8005**)

Компания Minn Kota, мировой лидер в производстве подвесных лодочных моторов, предлагает высококачественные аккумуляторные батареи. Эти батареи являются неотъемлемой частью "системы троллингового мотора Minn Kota". Разработаны специально для электромоторов Minn Kota. От 18 до 20 часов использования в обычных условиях без подзарядки. Эргономичная фиксация зажимов к проводам при помощи барашковой гайки. Удобная ручка позволяет без проблем переносить батарею, а пластиковая оболочка исключает возможность электрического контакта и коррозии. Троллинговые/стартовые кислотные аккумуляторы для лодочных электромоторов, стартеров автомобилей и бензиновых лодочных двигателей. Специальная конструкция аккумуляторов с мембранным пористым сепаратором в отличии от стартовых аккумуляторов допускает глубокие разряды и обеспечивает максимальное количество циклов "глубокий разряд - заряд". Безусловно, что время разряда определяет количество отдаваемой энергии. В ТТХ АКБ даны параметры емкости для 20-ти или 10-ти часового разряда. Касательно приличных батареек, еще и пятичасовой. В течение часа СК АКБ дай бог, чтобы отдали половину.

Аккумуляторы двойного назначения

МК 24DP (стартовый/тяговый), МК 27DP(тяговый), МК 24 AGM (тяговый), МК 27 AGM, МК 31 AGM (тяговый),

Наименование	Емкость	Максимальный ток	Вес	Размеры	Цена в 2006г
МК-24DP	72	575	18.5	28.6x17x24.8	3300
МК-27DP	85	675	22	32.4x17x24.8	3800
МК24DC	85	540	21	28,6x17x24,8	4500
МК27DC	105	650	25	32,4x17x24,8	5000
МК31DC	130	820	30	35,5x1x24,8	6300

## Аккумуляторы ОПТИМА

### Характеристики аккумуляторов Оптима

- свинцово-кислотные аккумуляторные батареи 12 Вольт
- необслуживаемые, герметичные, не требующие доливки воды и замены электролита
- между слоями химически чистого свинца, свернутого в рулон, проложено микропористое волокно, пропитанное электролитом
- устанавливаются в любом положении – на бок и даже вверх дном
- сохраняют технические характеристики в диапазоне температур от -60 до + 80 С
- долговечнее в 4 раза обычных батарей
- АКБ с красной крышкой – стартовые (для запуска двигателей)
- АКБ с желтой крышкой - универсальная - может применяться как в стартовом режиме, так и в тяговом, выдерживая 350 циклов полного разряда и 4000 циклов разряда на 25% емкости.

**Аккумулятор морской Optima BlueTop.** В суровых условиях моря яснее проявляются возможности аккумулятора Оптима с синим верхом. В нем полностью исключена возможность вытекания электролита. Таким образом, подача электроэнергии от аккумулятора не прекратится из-за вибрации, создаваемой двигателем или ударами морских волн.

Все это стало возможным благодаря технологии производства рулонных элементов Оптимы, которая позволяет компактному аккумулятору с низкой степенью саморазряда помещаться в ограниченном пространстве. Эти качества вместе с высокой мощностью делают аккумулятор Оптима с синим верхом незаменимым на всех видах водного транспорта, где надежность источника энергии играет жизненно важную роль. Этот аккумулятор успешно совмещает в себе лучшие черты стартерного и тягового аккумулятора. Как и другие аккумуляторы Оптима, Оптима с синим верхом может быть установлена в любом положении, даже вверх дном.

Оптимы с синим верхом является идеальным аккумулятором для всякого, кому необходим как большой ток прокрутки, так и способность аккумулятора питать бортовое оборудование. Все модели аккумуляторов не требуют обслуживания, имеют высокопрочный герметичный корпус. Размер 254мм / 172мм / 198мм

**Аккумулятор внедорожный Optima YellowTop.** Специальные транспортные средства, оснащенные лебедками, устройствами для разогрева двигателя, большими аудиосистемами и другими потребителями тока, нуждаются в аккумуляторах повышенной мощности. Для таких систем предназначен аккумулятор Оптима с желтым верхом. Этот аккумулятор поддерживает высокое напряжение по мере разряда, позволяя использовать его ток в значительно большей степени, чем ток обычного

аккумулятора. Размер 254мм / 172мм / 198мм

Технология производства рулонных элементов позволяет аккумулятору Optima совмещать в себе преимущества стартерных и тяговых аккумуляторов. Аккумулятор с желтым верхом многократно выдерживает разряд-заряд без ущерба для емкости и идеален для сезонного применения, так как имеет очень низкую степень саморазряда. Все модели аккумуляторов не требуют обслуживания, имеют прочный герметичный корпус.

### ИНСТРУКЦИЯ ПО ЗАРЯДКЕ ТЯГОВЫХ АККУМУЛЯТОРОВ ОПТИМА (УТ / ВТ DC)

Применение/система	Способ зарядки	Ток, напряжение и продолжительность зарядки	
Автомобильный генератор	При постоянном напряжении	Напряжение	14,2-15,0 V
Зарядное устройство	При постоянном Напряжении	Напряжение	14,2-15,0 V
		Ток	10 А
		Продолжительность	До момента, когда ток упадет ниже 0,2 А

Тяговое использование  Зарядное устройство	При постоянном токе и при постоянном напряжении	Ступень 1	Заряжать при постоянном токе 25 А то тех пор, пока напряжение не достигнет значения 14,7 V.
		Ступень 2	Продолжать зарядку при 14, 7 V до тех пор, пока ток не понизится до значения < 1А.
		Ступень 3	Продолжать зарядку при постоянном токе 2А в течение одного часа, напряжение – без ограничения.
Ускоренная зарядка	При постоянном токе и/или при постоянном напряжении	Ток	Без ограничения при температуре < 50 <sup>0</sup> С.
		Напряжение	Максимум 15,6 V.
		Продолжитель- ность	Устанавливается в пределах, которые могли бы обеспечить зарядку 110% - 120% от использованной емкости.
Стационарное использование. Флотирующая зарядка	С регулируемым напряжением	Напряжение	От 13,2 до 13,6 V.
		Ток	120 mA

Температурная компенсация: 15 mV на каждый градус Цельсия при понижении температуры от +25<sup>0</sup> С.

### Определение степени заряженности аккумулятора

Степень заряженности	Степень разряженности	Плотность электролита Г/см <sup>3</sup> (**)	Напряжение на аккумуляторной батарее В (***)
100%	0%	1,277	12,73
90%	10%	1,258	12,62
80%	20%	1,238	12,5
70%	30%	1,217	12,37
60%	40%	1,195	12,24
50%	50%	1,172	12,10
40%	60%	1,148	11,96
30%	70%	1,124	11,81
20%	80%	1,098	11,66
10%	90%	1,073	11,51
0%	100%	1,06	11,4

\*указанные зависимости справедливы при температуре 20-25 С

\*\*плотность во всех ячейках должна быть равномерной и отличаться не более +-0,02-0,03,

\*\*\*Напряжение необходимо определять высокоомным омметром . Способ определение степени заряженности по напряжению справедлив только для аккумуляторов находившихся в стационарном состоянии не менее 8 часов.

\*\*\*\*На самом деле эта таблица получается из разрядной характеристики аккумулятора и у разных производителей может отличаться. Так, что «не делайте культа из таблицы».

Существует методика определения напряжения одной банки кислотного аккумулятора:

$$0.84 + \text{плотность} = U \text{ вольт (одной банки)}$$

### 7. Обзор иностранных производителей аккумуляторов

Рулонные аккумуляторы «Оптима» производятся в США. Аккумуляторы сертифицированы в России и соответствуют российским стандартам: *ГОСТ 28133-89, ГОСТ 12.2.007.12-88 (пп.2.1.-2.4, 2.10)*. «Оптима» не нуждается в специальном зарядном устройстве. В отличие от гелевых аккумуляторов, для «Оптимы» подходит большинство стандартных зарядных устройств.

**«Оптима» YELLOWTOP 5.5L (GROUP 31 SAE):** Длина: 324 мм; Ширина: 166 мм; Высота: 238 мм; Минимальный вес: 27.14 кг; Номинальное напряжение: 12 В; Ток холодной прокрутки: 975 А; Резервная емкость: 155 мин; Емкость: 75 Ач;

**«Оптима» YELLOWTOP 4.2L S/U:** Длина: 244 мм; Ширина: 172 мм; Высота (без токовыводов): 173 мм; Высота (с токовыводами): 200 мм; Минимальный вес: 19.50 кг; Номинальное напряжение: 12 В; Ток холодной прокрутки: 690 А; Резервная емкость: 120 мин; Емкость: 55 Ач;

**«Оптима» YELLOWTOP 3.7L R/U:** Длина: 229 мм; Ширина: 172 мм; Высота (без токовыводов): 168 мм; Высота (с токовыводами): 197 мм; Минимальный вес: 16.6 кг; Номинальное напряжение: 12 В; Ток холодной прокрутки: 660 А; Резервная емкость: 98 мин; Емкость: 48 Ач;

Аккумулятор **«Оптима» REDTOP 4.2L S/U/R:** Длина: 244 мм; Ширина: 172 мм; Высота (без токовыводов): 173 мм; Высота (с токовыводами): 200 мм; Минимальный вес: 17.20 кг; Номинальное напряжение: 12 В; Ток холодной прокрутки: 815 А; Резервная емкость: 104 мин; Емкость: 50 Ач (существуют 44 Ач);

Аккумулятор **«Оптима» BLUETOP 5.5L (GROUP 31):** Длина: 324 мм; Ширина: 166 мм; Высота (с токовыводами): 238 мм; Высота (без токовыводов): 218 мм; Минимальный вес: 27.14 кг; Номинальное напряжение: 12 В; Ток холодной прокрутки: 975 А; Резервная емкость: 155 мин; Емкость: 75 Ач (существуют 55 Ач);

Аккумулятор «Оптима» герметичен и не содержит свободного электролита, поэтому может быть установлен в любом положении, даже вверх дном.

Рулонные аккумуляторы **Exide Maxxima** производятся концерном **EXIDE** по технологии ячеистых спиралей.

Конструктивные особенности аккумуляторных батарей Exide Maxxima:

- надежный старт при любой температуре. По стандарту CCA (измерение силы стартового тока в течение 30 сек. при температуре -18°C) данная аккумуляторная батарея показала результат 850 Ампер. Этот показатель является одним из лучших

в мире для аккумуляторных батарей таких размеров. Exide Maxxima дает высокий стартовый ток даже при экстремально низких температурах  $-40^{\circ}\text{C}$  и ниже;

- аккумуляторная батарея Exide Maxxima в 2-3 раза долговечнее традиционных. Традиционные стартовые аккумуляторные батареи обеспечивают до 4000 стартов.

Exide Maxxima обеспечивает не менее 12000 стартов.;

- аккумуляторная батарея Exide Maxxima – полностью закрытая система и не требует обслуживания;

- быстрый подзаряд. От разряженного до полностью заряженного состояния аккумуляторная батарея Exide Maxxima может быть доведена менее чем за час;

- батарея может работать при любых углах наклона, даже при полном перевороте батареи вверх дном, без какого-либо риска вытекания электролита. Риск перезарядки невелик, потому что батарея выдерживает широкие диапазоны напряжения и тока. Даже если при аварии корпус аккумуляторной батареи поврежден механически, электролит не выльется;

- Exide Maxxima устойчива к вибрации 4G (33 Гц) в течение 12 часов. Для сравнения в этих же условиях обычные аккумуляторные батареи выдерживают только 4 часа.

- выпускаются аккумуляторы емкостью 43 и 50 а/час в корпусах 260x170x200, вес 17 кг, пусковых циклов 8600, холодный пуск 900А. Максимальный зарядный до 1С. Срок службы 5-10 лет.

## ГЕЛЕВЫЕ АККУМУЛЯТОРЫ АККУМУЛЯТОР **EXIDE** Technologies модели: **OFFROAD**

**HDX**

Краткое описание: Благодаря использованию новых гелевых банок производства американской фирмы EXIDE Technologies, данные аккумуляторы позволяют сохранять высокие эксплуатационные параметры даже после большого количества глубоких разрядов (практически до нулевого напряжения). Предназначены для использования на автомобилях с большим количеством потребителей электроэнергии (электрические лебедки, мощный дополнительный свет и т.д.). Благодаря герметичной конструкции и отсутствию жидкого электролита сохраняет работоспособность в любом положении и исключает вытекание электролита при перевороте автомобиля. Идеален для использования на спортивных и туристических внедорожниках.

Технические характеристики:

Напряжение — 13.8 В  
Электролит — гель  
Конструкция — Герметичная, необслуживаемая  
Емкость — 75 А/ч  
Размеры д/ш/в — 260мм / 170мм / 190мм  
Вес (кг) — 18.9  
Назначение — Внедорожники

**Компания LEOCH (Китай)** производит аккумуляторы по технологии AGM, приведены характеристики при 20 часовом разряде и температуре 25 град. Срок службы DJM – 10 лет, DJW – 5 лет,

Аккумулятор LEOCH LPG 12-75 12В, 75Ач	35x17x18, 25кг
DJM-65	65 Ач, 35x17x18, 22 кг
- 75	75 Ач 35x17x18 25 кг
-100	100Ач 18x33x22 32 кг
-150	150 Ач 49x17x25 48 кг
-200	200 Ач 53x24x22 64 кг

Примечание: Срок службы условен, на самом деле определяется количеством циклов разряда-заряда и для свинцово-кислотного аккумулятора составляет 300 циклов.

**Компания «CSB Battery Co» LTD** расположена на Тайване. Производит кислотно-свинцовые герметизированные необслуживаемые батареи по технологии AGM большей частью для устройств аварийного питания оргтехники. Выпускаются батареи емкостью до 150 Ач:

GP-батареи общего назначения, срок службы в буферном режиме 3-5 лет или 200 циклов при 100% разряде.

GPL – батареи увеличенного срока службы до 10 лет в буферном режиме

HR - батареи позволяющие разряд до 11% емкости, 3-5 лет в буферном режиме или 260 циклов разряда.

HC - батареи с закрытым расположением контактов с разрядом до 20%

TPL – батареи для резервного питания в системах связи

**Компания «Mes-Dea»** расположена в Швейцарии. Производит батарейные системы для альтернативных видов транспорта. Батарейные элементы выполнены в виде стакана с подключенным “-“ , заполненный гелем, с керамическим сепаратором, электролит Na Al Cl4. Из элементов изготавливаются блоки. В таблице приведено ряд батарейных сборок. Сайт производителя [www.mes-dea.ch](http://www.mes-dea.ch)



Наименование	Емкость Ач	Мощность Квт.ч	Напряжение В	Вес Кг	Уд.мощность Вт/ч
Z55T-263-ml3x-76	76	20	263	177	113
Z57-253-ml3p-76	76	19.2	253	165	181
Z58-216-ml3x-76	76	16.5	217	150	160
Z59-371-ml3p-38	38	14	371	128	172
Z60-325-ML3X-76	76	24.7	325	210	171
Z61-371-ML3P-76	76	28	371	245	177
Z63-253-ML3X-76	76	17	235	161	162
Z50-52-ML3C-152	152	7.8	51	72	177
Z50-206-ML3P-38	38	7.8	206	72	177
Z5-557-ML3X-38	38	21	557	182	169
Z40-85-ML3X-418	418	35	85	302	89
Z37-310-ML3X-76	38	23	619	201	170
Z12-278-ML3X-152	152	42	278	358	180

**Компания НАК «ISTA»** расположена в Украине. Производит свинцово-кислотно аккумуляторы ISTA и OBERON по усовершенствованной технологии (Ca/Ca). Пластины производятся путем перфорирования и растяжки свинцово кальциевой ленты. Приводится таблица номенклатуры серии OBERONA TRACK

Наименование АКБ	Ем- кость, Ач	Ток разряда (EN), А	Габаритные размеры, мм			Масса, кг	Кол-во на паллете, шт.	Цена, грн.
			длина	ширина	высота			
<a href="#">6СТ-110 Ас</a>	110	760	513	175	223	25.0	24	-
<a href="#">6СТ-110 Ас E</a>	110	760	513	175	223	25.0	24	-
<a href="#">6СТ-110 Аз</a>	110	760	513	175	223	33.0	24	1079.49
<a href="#">6СТ-110 Аз E</a>	110	760	513	175	223	33.0	24	1079.49
<a href="#">6СТ-140 Аз</a>	140	760	513	189	230	43.0	24	-
<a href="#">6СТ-140 Аз E</a>	140	760	513	189	230	43.0	24	-
<a href="#">6СТ-155 Ас E</a>	155	950	513	223	223	31.0	21	-
<a href="#">6СТ-155 Аз</a>	155	950	513	223	223	45.0	21	1464.09
<a href="#">6СТ-155 Аз E</a>	155	950	513	223	223	45.0	21	1464.09
<a href="#">6СТ-170 Ас E</a>	170	1050	513	223	223	36.5	21	-
<a href="#">6СТ-170 Аз</a>	170	1050	513	223	223	51.0	21	-
<a href="#">6СТ-170 Аз E</a>	170	1050	513	223	223	51.0	21	-

<a href="#">6СТ-180 Аз</a>	180	1000	513	223	223	51,5	21	1611.80
<a href="#">6СТ-180 Аз E</a>	180	1000	513	223	223	51,5	21	1611.80
<a href="#">6СТ-190 Аз</a>	190	950	518	240	242	58.0	18	-
<a href="#">6СТ-190 Аз E</a>	190	950	518	240	242	58.0	18	-
<a href="#">6СТ-200 Ас E</a>	200	1300	513	223	223	41.0	21	-
<a href="#">6СТ-200 Аз</a>	200	1300	513	223	223	28.0	21	1500.00
<a href="#">6СТ-200 Аз E</a>	200	1300	513	223	223	28.0	21	1500.00
<a href="#">6СТ-225 Аз</a>	225	1500	518	276	242	63.0	18	1700.00
<a href="#">6СТ-225 Аз E</a>	225	1500	518	276	242	63.0	18	1700.00

VARTA - крупнейший производитель аккумуляторных батарей в Европе. Более 25 млн. аккумуляторов ежегодно производятся на 6 заводах - в Германии, Испании, Чехии, Франции. Каждая третья батарея, выпускаемая фирмой VARTA, поступает на комплектацию сборочных конвейеров (Ford, Mercedes, BMW, VW, Peugeot, Citroen, Opel, MAN, Scania, DAF и др.). С 2003 года фирма VARTA входит в корпорацию Johnson Controls Inc (США), являющуюся ведущим предприятием по производству внутренней оснастки для автомобилей, а также крупнейшим в мире производителем автомобильных аккумуляторов. Батареи VARTA Ultra dynamic емкостью 75 и 90 Ач изготавливаются по технологии AGM. VARTA SILVER dynamic имеют емкость от 55 до 100 Ач. Varta BLUE Dynamic емкость от 40 до 90Ач и другие

#### АККУМУЛЯТОРНЫЕ БАТАРЕИ CHALLENGER PLUS КОМПАНИИ TUNGSTONE (ВЕЛИКОБРИТАНИЯ)

Краткое описание:

аккумуляторы CHALLENGER PLUS—клапанно-регулируемые свинцово-кислотные элементы и моноблоки, выполненные по технологии рекомбинации газов, они герметичны в течение всего срока службы (более 10 лет), необслуживаемые, не выделяют кислотных испарений и, ввиду преобразования водорода внутри элементов, не требуют принудительной вентиляции и могут устанавливаться в офисах и непосредственно внутри оборудования. Согласно Руководства ЕВРОБАТ (Европейской ассоциации производителей аккумуляторных батарей) по клапанно-регулируемым свинцово-кислотным аккумуляторным элементам аккумуляторы CHALLENGER PLUS принадлежат к группе I —«10+ летний проектный срок службы – Высшая Целостность». Полностью соответствуют стандарту BS 6290 Часть 4/ IEC 896 Диапазон емкости от 36 до 1800 Ач.

#### АККУМУЛЯТОРНЫЕ БАТАРЕИ СЕРИИ GENESIS ФИРМЫ HAWKER ENERGY (ВЕЛИКОБРИТАНИЯ)

Краткое описание:

Аккумуляторы GENESIS - клапанно-регулируемые свинцово-кислотные элементы. Герметичны в течение всего срока службы (10 лет). Выполнены по технологии «чистый свинец – олово». Электролит абсорбирован в сепараторе из стеклохолста. Температура эксплуатации -10°C ... +20°C. Предназначены для эксплуатации внутри аппаратуры на минимальной площади в условиях глубокого разряда и цикличности. Соответствуют стандартам: TELECOM TL 6140 – 3003; VDE 0510 part 2; BS 6290 part 4 (1987).

Диапазон емкости от 13 до 38 Ач.

#### АККУМУЛЯТОРНЫЕ БАТАРЕИ СЕРИИ **SBS** ФИРМЫ HAWKER ENERGY (ВЕЛИКОБРИТАНИЯ)

Краткое описание:

Герметичные в течение всего срока службы (15 лет), клапанно – регулируемые свинцово – кислотные элементы и моноблоки с рекомбинацией газов. Используется уникальная технология «чистый свинец» позволяющая в среднем на 30% повысить плотность энергии на единицу объема по сравнению с технологией «свинец– кальций», используемой в других аккумуляторах с рекомбинацией газов. Позволяют проводить быстрый подзаряд без ограничения напряжения заряда. Диапазон рабочих температур -40°C ... +55°C. Могут эксплуатироваться как в горизонтальном, так и в вертикальном положении в офисах и внутри аппаратуры. Согласно Руководства ЕВРОБАТ (Европейской ассоциации производителей аккумуляторных батарей) по клапанно-регулируемым свинцово-кислотным аккумуляторным элементам аккумуляторы SBS принадлежат к группе I – «10+ летний проектный срок службы – Высшая Целостность». Полностью соответствуют стандарту BS 6290 Часть 4.

Диапазон емкости от 8 до 390 Ач.

#### АККУМУЛЯТОРНЫЕ БАТАРЕИ **OPZV single cells** ПРОИЗВОДСТВА КОМПАНИИ HOPPECKE BATTERIES (ГЕРМАНИЯ)

Краткое описание:

клапанно-регулируемые свинцово-кислотные элементы, выполненные по технологии рекомбинации газа. Они герметичны в течение всего срока службы (15 лет), необслуживаемые, не выделяют кислотных испарений и, ввиду преобразования водорода внутри элементов, не требуют принудительной вентиляции и могут устанавливаться в офисах и непосредственно внутри оборудования.

Диапазон емкости от 200 до 3000 Ач.

#### АККУМУЛЯТОРНЫЕ БАТАРЕИ **OSP single cells** КОМПАНИИ HOPPECKE (ГЕРМАНИЯ)

Краткое описание:

вентилируемые свинцово -кислотные аккумуляторные батареи с проектным сроком службы 15 лет при температуре электролита +20°C. Межэлементные соединения выполняются болтами М8. Напряжение постоянного заряда 2,25 В/элемент, ускоренного заряда 2,4 В/элемент. Использование пластин с содержанием сурьмы менее 2% позволяет уменьшить распад воды при заряде и снижает требования к вентиляции в соответствии с VDE 0510 Часть2. Специальный сплав уменьшает коррозию решетки.

Диапазон емкости от 150 до 3500 Ач.

#### **АККУМУЛЯТОРНЫЕ БАТАРЕИ TUDOR HIGH POWER H4 (ШВЕЦИЯ)**

Краткое описание:

аккумуляторы TUDOR –клапанно-регулируемые свинцово-кислотные элементы и моноблоки, выполненные по технологии AGM с рекомбинацией газов. Они герметичны в течение всего срока службы (более 10 лет), необслуживаемые. Согласно Руководства ЕВРОБАТ (Европейской ассоциации производителей аккумуляторных батарей) по клапанно -регулируемым свинцово -кислотным аккумуляторным элементам аккумуляторы TUDOR H4 принадлежат к группе I -"10+ летний проектный срок службы - Высшая целостность". Рекомендуемое напряжение постоянного заряда 2,27В/элемент ± 0,1. Изготавливаются в соответствии с рекомендациями следующих стандартов: UL 94 HB, IEC 896 – 2 и DIN 43534. По отдельному требованию могут соответствовать стандартам UL 94 VO; IEC 707 FVO; BS 6334 FVO.

Диапазон емкости от 32 до 400 Ач.

#### **АККУМУЛЯТОРНЫЕ БАТАРЕИ TUDOR H5 (ШВЕЦИЯ)**

Краткое описание:

аккумуляторы TUDOR –клапанно-регулируемые свинцово-кислотные элементы и моноблоки, выполненные по технологии AGM с рекомбинацией газов. Они герметичны в течение всего срока службы (5 - 7 лет), необслуживаемые. Рекомендуемое напряжение постоянного заряда 2,27В/элемент ± 0,1. Изготавливаются в соответствии с рекомендациями следующих стандартов: UL 94 HB, IEC 896 – 2 и DIN 43534. По отдельному требованию могут соответствовать стандартам UL 94 VO; IEC 707 FVO; BS 6334 FVO.

Диапазон емкости от 10 до 500 Ач.

#### **АККУМУЛЯТОРНЫЕ БАТАРЕИ OLDHAM SPACE КОМПАНИИ OLDHAM FRANCE S.A. (ФРАНЦИЯ)**

Краткое описание:

аккумуляторы OLDHAM SPACE –клапанно-регулируемые свинцово-кислотные элементы и моноблоки, выполненные по технологии рекомбинации газов, они

герметичны в течение всего срока службы (более 10 лет), необслуживаемые, не выделяют кислотных испарений и, ввиду преобразования водорода внутри элементов, не требуют принудительной вентиляции и могут устанавливаться в офисах и непосредственно внутри оборудования. Согласно Руководства ЕВРОБАТ (Европейской ассоциации производителей аккумуляторных батарей) по клапанно-регулируемым свинцово-кислотным аккумуляторным элементам аккумуляторы OLDHAM SPACE соответствуют нормам NFC 15.100. Рекомендуемое напряжение постоянного заряда 2,27 В/элемент. Допустим ускоренный подзаряд с напряжением 2,4 В/элемент. Сертифицированы Минсвязи РФ.  
Диапазон емкости от 40 до 500 Ач.

### АККУМУЛЯТОРНЫЕ БАТАРЕИ **SONNENSCHNEIDE** А 500 (ГЕРМАНИЯ)

Краткое описание:

Герметичные в течение всего срока службы ( 6 лет) клапанно -регулируемые свинцово -кислотные аккумуляторные батареи выполненные по технологии драйфит с рекомбинацией газа. Электролит представлен в желеобразном состоянии. Необслуживаемые, не выделяют кислотных испарений и, ввиду преобразования водорода внутри элементов, не требуют принудительной вентиляции и могут устанавливаться в офисах и непосредственно внутри оборудования. Согласно Руководства ЕВРОБАТ (Европейской ассоциации производителей аккумуляторных батарей) по клапанно-регулируемым свинцово-кислотным аккумуляторным элементам аккумуляторы Sonnenscheine А 500 принадлежат к группе III " General Purpose (Общее применение)" с расчетным сроком службы 5 -8 лет. Рекомендуемое напряжение заряда 2,3,2,45 В/элемент.

Устойчивы к глубокому разряду согласно DIN 43539 часть 5. Имеют одобрения USA: UL File No. МН 12547, France: Bureau Veritas No. 2891/ AO/ O

Диапазон емкости от 10 до 115 Ач.

### АККУМУЛЯТОРНЫЕ БАТАРЕИ **TUDOR OPZV** (ШВЕЦИЯ)

Краткое описание:

клапанно-регулируемые свинцово-кислотные элементы, выполненные по технологии рекомбинации газа . Они герметичны в течение всего срока службы (15 лет), необслуживаемые, не выделяют кислотных испарений и, ввиду преобразования водорода внутри элементов, не требуют принудительной вентиляции и могут устанавливаться в офисах и непосредственно внутри оборудования.

Диапазон емкости от 200 до 3000 Ач.

### АККУМУЛЯТОРЫ **FNC** .

Никель-кадмиевые батареи с металловолокнистыми электродами фирмы HOPPECKE (Германия)

Основные характеристики элементов FNC:

- напряжение элемента 1,2 В**
- тип корпуса - закрытый
- электролит - раствор гидроксида калия 1,19кг/л
- диапазон рабочих температур от -40°C до +55°C**
- тип пластин - решетчатые
- материал пластин - никель-кадмий
- срок службы - более 20 лет**

Диапазон емкости от 12 до 490 Ач.

### АККУМУЛЯТОРНЫЕ БАТАРЕИ TUDOR SAFETY SGF (ШВЕЦИЯ)

Краткое описание:

- Надежные.** Напряжение каждого элемента может быть измерено через наконечники с двойной защитой. Внутренние соединители, сваренные машинным способом и расположенные ниже поверхности электролита, обеспечивают низкое внутреннее сопротивление и минимальный риск дальнейшей коррозии. Аккумуляторы снабжены пламя защитными вентиляционными пробками. Каждый моноблок имеет постоянный номер, выбитый на крышке.
- Мало обслуживаемые.** Мало обслуживаемая конструкция обеспечивает низкий саморазряд и поэтому очень малый расход энергии и воды. Доливка воды требуется приблизительно только каждые 4 года в нормальных условиях эксплуатации.
- Срок службы.** Трубчатые, положительные электроды вместе с устойчивым к коррозии свинцовым сплавом обеспечивают долгий срок службы при постоянном заряде (около 15 лет при нормальном напряжении постоянного заряда при +20°C).
- Мониторинг.** Аккумуляторы изготавливаются с соединителями для подсоединения систем контроля.
- Рекомендованное зарядное напряжение  $2,23 \pm 0,1$  Вольт на элемент.
- Корпуса изготовлены из пластика SAN.
- Пламя защитные вентиляционные пробки и установочные элементы (включая соединители и изолирующие крышки соединителей) поставляются вместе с аккумуляторами.
- Тип Tudor Safety SGF соответствует требованиям и стандартам IEC 896-1, DIN VDE 0510 часть 2 и SS 408 01 10.

Диапазон емкости от 50 до 300 Ач.

### АККУМУЛЯТОРНЫЕ БАТАРЕИ TUDOR SAFEPower OGIV (ШВЕЦИЯ)

Краткое описание:

- **Области применения.** Стационарные аккумуляторы Tudor Safepower OGiV наиболее хорошо приспособлены для использования в области телекоммуникаций, энергетике, сигнализации, системах безопасности и в других областях аварийного энергообеспечения, где предъявляются строгие требования к надежности и сроку службы аккумуляторов.
- **Нет риска протекания кислоты.** Электролит находится в виде геля.
- **Конструкция пластин.** Прочные плоские пластины отлиты из стойкого к коррозии сплава свинец - кальций - олово.
- **Минимальное обслуживание.** Клапанно - регулируемые аккумуляторные батареи с электролитом в виде геля не требуют доливки воды.
- **Хранение.** Низкий саморазряд и долгий срок хранения.
- **Надежность.** Этот тип аккумуляторов в течение многих лет известен своей надежностью.
- **Срок службы.** Трубчатые положительные пластины в сочетании со стойким к коррозии сплавом свинец - олово - кальций делают аккумуляторы долгоживущими при эксплуатации в режиме постоянного заряда. Проектный срок службы 15 лет.

**Руководство ЕВРОБАТ.** Принадлежат к категории High Integrity.

#### **ДРУГАЯ ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ.**

- Рекомендуемое напряжение постоянного заряда 2,25 Вольт на элемент.
- Корпуса изготовлены из пластика ABS или SAN.
- Установочные компоненты, такие как соединители и изоляторы стандартны и поставляются вместе с аккумуляторами.

#### **СООТВЕТСТВУЮТ СТАНДАРТАМ**

- Тип Tudor Safety OpzV изготавливается в соответствии с требованиями стандарта IEC 896-2.
- Если корпус изготавливается из пластика ABS, то аккумуляторы соответствуют стандарту VDE 0510 часть 2 и SS 408 01 10.

Диапазон емкости от 18 до 256 Ач.

Батареи указанных производителей поставляет в Россию ООО "Унисон"

## **8. Проблемы хранения свинцовых аккумуляторов**

Степень активности газыделения при сохранении аккумуляторов зависит от выбранных способов их сохранения или консервации, которые влияют, в свою очередь, на работоспособность аккумуляторов при их дальнейшей эксплуатации.

Установлено, что в процессе сохранения, особенно при положительных температурах, залитых свинцово-кислотных аккумуляторов наблюдается саморазряд аккумуляторов и коррозия токоотводов, в основном, положительного электрода и интенсивное

выделение в атмосферу  $O_2$  и  $H_2$ . Это приводит к утрате емкости аккумулятора, а следовательно, и к сокращению срока его службы.

Установлено также, что интенсивность газовыделения в некоторой степени зависит от конструктивных особенностей токоотводов, частично от сплава, из которого они изготовлены. Так, из аккумуляторов с токоотводами из сплава  $Pb + 3,8\%Sb$  выделяется газа в 1,5-2 раза меньше, а с токоотводами из сплава  $Pb + 0,085\%Ca$  - в 8-11 раз меньше по сравнению с серийными аккумуляторами ( $Pb + 6,3\%Sb + 0,17\%As$ ).

На основе наблюдений за долгосрочным сохранением свинцовых кислотных аккумуляторов систематизированы практические рекомендации, которые содействуют как снижению уровня газовыделения, так и обеспечению последующей работоспособности.

Новые аккумуляторы бывают: незаряженные, с электролитом, сухозаряженные.

Незаряженные аккумуляторы - большая редкость. При маркировке незаряженные аккумуляторы имеют букву "Н". Такие батареи собирают в блок, не подвергая пластины формовке, т.е. заряду в специализированных ваннах. Сохраняться они могут без особого вреда для себя пять-шесть и более лет. Обязательным в таких случаях является плотное завинчивание пробок, должна быть обеспечена герметичность внутреннего объема аккумулятора.

Аккумуляторы новые с залитым электролитом можно ставить на автомобиль и сразу ехать, но для продолжения работоспособности аккумулятора рекомендуется провести для него контрольно-тренировочный цикл: сначала разрядить током, равным 0,1 емкости, до напряжения 10,4 В при плотности электролита 1,24 г/см<sup>3</sup>, а потом зарядить обычным способом.

Самое полезное - приобрести залитый аккумулятор. Как правило, он заряжается по всем правилам в заводских условиях. Электролит в нем чистый, проверенный. Перед отправкой с завода солидный производитель еще в заводских условиях каждую батарею пропускает через так называемую камеру "ПИТОК". Для этой цели пригодную для эксплуатации батарею замыкают накоротко на 200 мс. Ток при этом достигает большой величины - до 800 А. Но нужно отметить, что ГОСТ 959-91 такой проверки не предусматривает. Однако собранный с недоработками аккумулятор (например, с плохо пропаянными контактами перемычек) из заводского цеха после таких испытаний не выйдет. Понятно, что аккумуляторы многих зарубежных фирм не выдержат таких испытаний, так как эти аккумуляторы, как правило, имеют тонкие пластины (тоньше 1 мм). Толстые пластины (сечением 1,4 мм и более) способны выдерживать существенные перегрузки: пуск двигателя зимой или выезд на стартере из болота или лужи не нанесет особого вреда такому аккумулятору.

Следует помнить, что хранение залитого электролитом, не заряженного аккумулятора более 1 года без работы является "глубокой старостью", а два года хранения без работы - "верная смерть". Это означает, что с электролитом, доведенным до нормы,



сохранять аккумулятор можно только в заряженном состоянии для устранения сульфатации.

Сульфатация электродов ускоряется при долгосрочном сохранении без подзарядки. Для предотвращения этого обязательным условием нормального хранения кислотных аккумуляторов с электролитом является их систематическая подзарядка. Эта подзарядка производится один раз в месяц: для небольших аккумуляторов током 10-часового режима, для больших аккумуляторов ( $Q > 30$  Ач) током, соответствующим второй ступени зарядной кривой, до появления признаков окончания заряда на протяжении 2 часов. На долгосрочное хранение с электролитом можно ставить аккумуляторы, которые дают не менее 90% номинальной емкости.

Заряженные батареи с электролитом нужно сохранять в прохладном помещении при температуре не более  $0^{\circ}\text{C}$ . Это замедляет саморазряд, газовыделение и коррозию пластин за время их бездействия.

Максимальный срок сохранения батарей с электролитом, которые не дают отрицательного влияния на емкость и срок службы аккумуляторов с электролитом, составляет: при температуре не выше  $0^{\circ}\text{C}$  - до 1,5 лет, при температуре не менее  $20^{\circ}\text{C}$  - до 9 месяцев.

Минимальная температура должна быть не более  $30^{\circ}\text{C}$ . Батареи, поставленные на сохранение при температуре, которая составляет  $0^{\circ}\text{C}$  и ниже, можно проверять не чаще 1 раза в месяц, при этом необходимо контролировать плотность электролита и его температуру.

Сухозаряженные аккумуляторы отличаются от остальных тем, что их пластины перед сборкой заряжают (формируют), потом промывают и сушат горячим воздухом с температурой от  $60$  до  $180^{\circ}\text{C}$  при скорости потока воздуха от 2 до 6 м/с.

Сухозаряженные аккумуляторы можно хранить в сухом закрытом помещении при  $t = 5 \dots 30^{\circ}\text{C}$  с плотно завинченными глухими пробками на протяжении 1 года без вреда, 2 года - терпимо, а больше - не рекомендуется. Следует обратить внимание на особенности подготовки сухозаряженных аккумуляторов к заряду после длительного хранения. Для этого аккумуляторы заливают электролитом, плотность которого на  $0,02$  г/см<sup>3</sup> меньше эксплуатационной. Не ранее чем через 20 мин и не позже чем через 2 ч после заливки электролита нужно провести контроль его плотности. Если плотность электролита уменьшится не более чем на  $0,03$  г/см<sup>3</sup> от плотности заливаемого электролита, то батарею можно сдавать в эксплуатацию без заряда, если плотность электролита уменьшится более чем на  $0,03$  г/см<sup>3</sup>, то для батареи нужно провести первичный заряд.

Литература:

*Барковский В.И. и др. Влияние годовичного хранения на параметры необслуживаемых свинцово-кислотных аккумуляторов//Электротехника. - 1988. - №8. - С.6-9.*

## **Недостатки свинцово-кислотных аккумуляторов (SLA):**

Выдерживают наименьшее число циклов заряд-разряд по сравнению с другими типами аккумуляторов (в среднем 250 циклов).

Не могут храниться в разряженном состоянии, (полный разряд вызывает образование сульфатов и такую потерю емкости, после которой батареи не восстанавливаются).

Могут применяться только там, где глубокая разрядка представляет собой случайное явление.

При температуре более 30 °С образование сульфата происходит в геометрической прогрессии. Ограниченный срок хранения АКБ с электролитом, не влекущий к необратимым процессам, 1,5 года при температуре не выше 0 °С и 9 месяцев при температуре более 20 °С.

Медленный приём заряда (обычное время - от 8 до 16 ч). По сравнению с другими типами аккумуляторов.

Большой саморазряд - до 2% в сутки (в процессе эксплуатации, ведущей к образованию сульфата, этот показатель увеличивается).

Необходимость проведения в стационарных условиях контрольных зарядно-разрядных циклов не реже чем раз в полгода.

Необходимость проверки и пополнения уровня электролита связи с его выкипанием в процессе эксплуатации.

Срок службы аккумулятора ограничен:

- 10-ю месяцами в режиме "такси" и в экстремальных погодных условиях;
- до 5 лет при условии максимального соблюдения правил эксплуатации.

## **9. Новая технология в области сохранения энергии: (РЕКЛАМА):**

Новая технология, разработанная ООО "В.И.П. Технологии", относится к разряду открытий в области сохранения энергии. При использовании данной технологии срок работоспособности аккумуляторных батарей практически неограничен.

### **Сохранение энергии**

Модификатор "Омега" (патент Украины, мировая заявка РСТ) относится к разряду открытий в области сохранения энергии.

Кардинально меняется представление о химических процессах токообразования в нетрадиционных источниках тока (аккумуляторных устройствах всех видов и типов).

Эффекты модификатора:

- Срок службы аккумулятора практически неограничен!

- Увеличение ЭДС аккумулятора повышает емкость АКБ на 15-25% (например, 6СТ60 аналогичен по характеристикам 6СТ70).
- Уменьшается износ поршневой системы. 70% износа двигателя приходится на момент запуска при длительном движении поршней без необходимого масляного давления. Увеличение ЭДС и емкости позволяет значительно облегчить запуск двигателя, особенно в условиях низких температур, за счет увеличения крутящего момента (дизель) и увеличения подачи напряжения на свечу (карбюратор).
- Отсутствие саморазряда.

В 1996 г украинским учёным - инженером-химиком Солдатенко Н. П. была выведена новая химическая формула самого процесса токообразования, связывающая свободные ионы свинца. В результате применения которой, прекращается образование сернокислого свинца.

Добиться этого результата он смог с помощью изобретённого им вещества именуемого в науке - модификатор. Тем самым он поставил точку в решении проблемы долговечности аккумулятора и повышения его электротехнических характеристик.

### **Модификатор "Омега" : Преимущества технологии**

Некоторые из основных преимуществ технологии применения модификатора можно проследить на примере следующих испытаний:

15.11.2003 из "сырых" пластин одной партии были собраны два аккумулятора 6СТ60.

Один аккумулятор (№1) был залит электролитом серной кислоты и сформирован (заряжен) предприятием "ЛИК".

Второй аккумулятор (№2) был залит электролитом и сформирован (заряжен) с применением модификатора "Омега" в г. Винница. Аккумуляторы в работе не были.

Накануне 26.03.2004 аккумуляторы были подзаряжены для компенсации саморазряда.

26.03.2004 в г. Черкассы на предприятии "ЛИК" были проведены сравнительные испытания аккумуляторов.

1. Изначальная ЭДС.

Е (№1) = 12,67 В.

Е (№2) = 12,90 В.

2. Прием заряда.

Время - 15 минут, сила тока - 6А.

(№1) = 14,25 В. (№2) = 15,49 В.

Газовыделения не наблюдалось ни на одном из аккумуляторов.

### 3. Стартерные испытания , $t = 15 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Характеристики	30 секунд		60 секунд		90 секунд	
	I, A	U, B	I, A	U, B	I, A	U, B
Аккумулятор №1	170	10,35	180	10,36	-	-
Аккумулятор №2	190	10,5	190	10,43	190	10,35

### 4. Тяговые испытания.

Аккумуляторы соединены последовательно на одну нагрузку, были подключены в 10:43,  $t = 15 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Время	10:45	11:15	11:45	12:15	12:45	13:15
I, A	13,75	13,25	13,125	13,0	12,75	10,75
U, B (№1)	12,03	11,88	11,71	11,49	10,93	8
U, B (№2)	12,23	12,06	11,9	11,7	11,39	11,25

В 13:15 испытания были прекращены, так как аккумулятор №1 перестал выдавать характеристики в соответствии с требованиями ГОСТ.

#### Выводы:

Аккумулятор, сформированный с применением модификатора "Омега" значительно превосходит стандартный аккумулятор 6СТ60 по стартерным характеристикам, по приему заряда и по тяговым характеристикам.

Отсутствие ионов свинца в электролите не приводит к образованию сульфата свинца в процессе токообразования при работе свинцово-кислотных аккумуляторов.

При использовании модификатора Омега выкипание воды не создает необратимую СУЛЬФАТАЦИЮ. Доливаем воду, дозаряжаем аккумулятор и - снова в работу.

Мало того, модифицированный аккумулятор намного активней принимает заряд, поэтому вода практически не выкипает.

#### **Предостережение от автора статьи:**

Всекие модификаторы улучшают некоторые характеристики аккумуляторов и не факт, что при этом не ухудшаются другие. Не факт что не укорачивается жизнь аккумулятора. Будьте осторожны.

## Для чего используются добавки?

Добавки используются главным образом для увеличения коэффициента использования активной массы электрода (увеличение емкости), увеличения площади контакта электролита с активной массой электрода (увеличение разрядных токов), снижение интенсивности процессов саморазряда и увеличение прочности электрода.

В связи с тем, что условия положительного и отрицательного электродов различны, то и добавки для них различны.

Для улучшения характеристик положительного электрода (толщина 1.52 мм) ранее использовались сурьмяные сплавы с целью повышения рыхлости электрода и соответственно увеличение удельной емкости электрода. Однако сурьма переходит в электролит и повышает газообразование при заряде, что сдерживает ее применение. В настоящее время чаще применяются свинцово-кальциевые сплавы. Такие электроды более прочны и позволяют использовать больший процент активной массы. Но, на границе такого электрода и активной массы образуется слабо растворимый слой сульфата свинца. Что ведет к увеличению внутреннего сопротивления аккумулятора. Для частичного решения этой проблемы в электролит добавляют фосфорную кислоту, увеличивающую растворимость сульфата свинца.

На отрицательном электроде (толщина 1.44 мм) применяются добавки сульфата бария или сульфата стронция, а также графит и лигнин. Кристаллы сульфата бария и стронция схожи с сульфатами свинца что позволяет им играть роль центров кристаллизации (роль депассиваторов). Применение этих добавок способствует снижению внутреннего сопротивления аккумуляторов.

Для уменьшения саморазряда аккумуляторов в электролит вводят ингибиторы саморазряда – органические добавки. Но они имеют отрицательное свойство – уменьшение разрядных токов. Требуется соблюдение баланса в применении добавок. При применении дополнительных добавок необходимо поинтересоваться их совместимостью с данным типом аккумуляторов.

## 10. Мнения пользователей аккумуляторов

(личное мнение, автор не всегда разделяет)

### Батареи **ОПТИМА**:

1. Главное преимущество Оптим - мизерное внутреннее сопротивление. Поэтому 75 а/ч Оптима на больших токах работает примерно так же как 120- 150 тяговые классической компоновки. А также пробег: на 150-Амперчасовой тяговой можно проехать побольше, чем на 75-Амперчасовой Оптиме. при малых скоростях да, а вот при больших скоростях и ускорениях пробег сравнивается.

2. В связи с упоминанием о "гелевых" батарейках. Леоч, Оптима и Минолта - не гелевые, а AGM !!!! Давайте их правильно называть - а то продавцы батарееек охреневают от попыток найти в своем ассортименте гелевые. "Старые" бойцы эти заморочки уже знают, а вот вновь прибывающие, начинают путаться.

3. Оптима штатовского разлива (возможен и английский вариант) Иксайд испанского производства, Леоч (Китай) являются AGM батарейками. Прав был Юра Логинов в таких утверждениях. Использование их в иных положениях (практика на картах) приводит к выдавливанию через дренажные клапаны некоторой части электролита несмотря на сепараторы.

В зарядке индивидуально каждой батарейки не все так безоблачно. Особенно в случае использования Оптим, позволяющих в каждой ветке поднимать зарядные токи более 100а. Что сокращает время заряда на порядок, до десятков минут. Все здорово, кроме огромной массы проводов. А если ЗУ вне авто, то еще и необходимость применения огромных разъемов. Мысль пришла при установке на трайке батареек рулонного типа.

4. Пришел к мысли, глядя на группу 180А\*ч 6-вольтовых АКБ, гуляющих без дела уже целый год. Они спокойно вольют полный заряд в бортовые Оптимы за 25-35 минут. Оптимы в начале заряда спокойно воспринимают сотню ампер.

В обоих блоках должно быть разное количество АКБ. При 120 в на борту, как минимум на две больше в зарядном блоке.

По Москве нулевые 55-ки стоят 240 баков, примерно. Речь идет о тяговых 55-ках. Желтых. Они по-прежнему сохраняют низкое внутреннее сопротивление, могут выдавать 700-800а без просадки напряжения (разгоны), принимать токи в 100а и более (ускоренная зарядка, глубокая рекуперация).

5. Делал заказ на АКБ Оптима и на сайте московского представительства нашел официальную информацию: Батарейки заряжаются в течение 6 часов током 10а, 50 минут током 60а. Допускают зарядные токи до 300а.

6. Теперь о сульфатации. При разряде аккумулятора на его пластинах образуется сульфат свинца. При заряде сульфат разрушается. Это и есть обратимая сульфатация. Но если посадить аккумуляторы и оставить его, то пластины распирает изнутри сульфатом. Происходит нарушение структуры пластины. Ведь пластина одновременно и активная масса и токонесущая структура. Сульфат начинает срастаться и кристаллизоваться. Теряет валентность. У него резко возрастает сопротивление и он больше не сможет отдать кислотный остаток в электролит при протекании зарядного тока. Поры закрываются. Это и есть необратимая сульфатация. Главное ее не допускать. А если она есть растворять малоточными циклами.

Почему можно разряжать большим током, а заряжать большим током нельзя. Эта диспропорция свинцового аккумулятора вызвана особенностью его работы заключенной в следующем. Объем сульфата свинца намного больше чем у перекиси свинца или тем более у губчатого свинца. Поэтому когда аккумулятор заряжен все кислотные остатки в

электролите и пластина представляет собой пористую структуру с открытыми порами. И при разряде большим током токонесущие ионы лавиной устремляются в эти открытые поры и успевают обеспечить большой ток. Когда же аккумулятор разряжен, плотность маленькая и все кислотные остатки в пластине. Поры закрыты. А если пытаться заряжать большим током эта лавина ионов не сможет пройти сквозь них и начнет разрушать структуру пластины. Так что не стоит превышать ток 0,1С, особенно при низких температурах. Когда подвижность ионов плохая.

7. Применять интеллектуальный зарядник необходимо. Ведь применяют такие зарядки для лития. Почему не хотят применять для свинца. Или потому что он стоит дешевле. К тому же если старые аккумуляторы с жидким электролитом и свинцом из отходов кипятить можно, но новые малосурьмянистые и гелевые нельзя вообще. Когда процесс заряда подходит к концу на положительной пластине весь сульфат превратился в перекись свинца. Если не снять ток заряда то электроны будут уходить с пластины и дальше. Если пластина сурьмянистая и электролит не такой чистый как надо то просто будет идти электролиз воды и токонесущая пластина не разрушается быстро. На новых аккумуляторах свинец из руды. Пластина малосурьмянистая. Электролит чистый и в конце заряда нет электролиза. И вся тяжесть отбора электронов ложится на токонесущую решетку. А гелевые аккумуляторы вообще не переносят кипячение, у них свойство абсорбции газов ограничено. Глупо купив дорогой качественный аккумулятор экономить на заряднике. А то он продержится еще меньше чем старый. Теперь на счет доливки. Доливка необходима. Это только кажется что нет разницы как заряжать, маленьким током в конце или доливкой. Для свинцового аккумулятора разница большая. В конце заряда на положительной пластине будет 85-90% перекиси свинца. Сульфата остается очень мало и он весь прячется в пластине возле токонесущей решетки. Все поры открываются и электролит высокой плотности добирается до решетки. Если идет заряд малым постоянным током то создается дифференциал плотности и держится постоянно. И решетка подвергается воздействию электролита более высокой плотности чем между пластинами. Ей это нелегко дается. А когда идет доливка во время пауз плотность возле решетки уменьшается облегчая ее существование. Плотность в пластине выравнивается. Так что доливка очень нужна и полезна.

#### Батареи **Minn Kota, Leoch** и другие:

1. Аккумуляторы Minnkota бывают трех видов.

Самые дешевые - маркирование DP ( двойного действия ) используются как для перемещения на небольшие расстояния, так и для электрозапуска бензинового двигателя. Маркирование DC- глубокой разрядки (24.27.31) емкостью 85,105 и 130 А

2. Я так понимаю альтернативы по цене качеству кроме АКБ Леоч пока нету?

Леоч у нас можно заказать опт 10шт по 4100р 100А/ч, дороговато выходит.

Последняя цена на опте была 126 долларов. Да, у Евгения в Энерготексе. М. Волгоградский проспект, Скотопрогонный проезд. Ул. Талалихина, в том районе. Конечная автолайна. Т. 786-36-66.

3. Ездил на Леоч, претензий не имею. Сейчас прикатываю Минн-Кота, те же Трояны. 105ач. Ведут себя так же. Примерно равная просадка.

4. Утверждалось, что для Минн-Кота емкостью 130 а\*ч нормируется разрядный ток в 25а. Это не так. Для тяговых батарей принято считать безвредными токи, численно равные емкости. Поскольку указанные АКБ тягово-стартовые, в два раза больше.

Прочие батареи:

1. Литий-ионные аккумуляторы дороги, и требуют BMS, а свинцово-кислотные имеют малую удельную энергию, так почему бы, пока цены на Li-ion не упали, использовать более дешевые никель-металгидридные аккумуляторы, как некую золотую середину. Некоторые производители практически полностью избавились от эффекта памяти в этих аккумуляторах. Ригель и НИАИ "Источник" их не производят несмотря на то что на их сайтах они присутствуют, узнавал.

2. Были итальянские из непереработанного свинца, по заявлению продавцов эти батарейки должны выдерживать глубокие разряды. Хватило на несколько месяцев 50% разрядов... уже после примерно 100 циклов емкость стала падать, после 200 циклов начали полностью вымирать батарейки.... Вот вам и грабли стартерных батареек. К сожалению, отрицательный опыт эксплуатации стартерных АКБ в качестве тяговых был не только у меня, но и у Влада на "Протоне" у меня были 100а\*ч у него 200а\*ч. Опыт закончился одинаково плачевно, не зависимо от токов разряда. Ведь любые стартерные батареи не любят разряда более чем 20%-25%, и при этом имеют в буферном режиме срок службы в среднем 5 лет. При этом самые простые гелевые батареи при той же емкости стоят максимум в 2 раза дороже хороших стартерных но зато имеют в 6 раз больший ресурс по глубоким циклам и на порядки больший ресурс в 35-50% цикле. Ну если уж взяли, как говориться - куда деваться... , как можно меньше разряжайте и по возможности поскорее ставьте на заряд.

3. Что касается раздельного заряда. Для СК батареек излишен. После месячного простоя в связи с моим отъездом на Урал, замер на нескольких группах Леоч показал максимальный разброс до 0,1 вольта. Как на 45-х, так и 120-х Леоч. Французские 180-ки вообще держат это равенство в течение 6 месяцев.

4. Насчет ресурса для литиевых батарей 2000 циклов - это правда при непрерывном циклировании (режим: 1 час разряд - 3 часа заряд) при условии хорошего охлаждения, то есть при такой эксплуатации в течение года, на [batteryuniversity.com](http://batteryuniversity.com) есть исследование пальчиковой литиево-кобальтовой батарейки (1000 циклов по паспорту), которая выдержала на много больше из-за короткого срока эксплуатации. Про 10 лет - это если хранить литиевую батарею в прохладном месте на 40% заряженную - тогда



это реально (но больше 1000 циклов в этом случае вы от батареи не добудете).  
Главный бич литиевых батарей - старение со временем, которое экспоненциально растёт с ростом температуры хранения, а в паспортных данных на батарейки китайцы почему-то не указали на условия, в которых получены результаты, и являлись ли одинаковыми условия для проверки различных параметров.

Реально в условиях средней полосы литиевая батарея будет работать около 5-7 лет (несколько более 1000 циклов, поскольку литий-марганцевые батареи, в отличие от других литиевых при старении теряют ёмкость, а не увеличивают внутреннее сопротивление), и то, если не перегружать её токовыми нагрузками (не относится к литиево-железным - их можно использовать как стартерные батареи) и не заряжать её при температуре ниже 0, следить, чтобы большее количество времени она была наполовину заряженной и не допускать полного разряда.

О заряде аккумуляторных батарей:

1. Вопрос в следующем: по мнению коллег даже АКБ выпущенные в одной партии довольно ощутимо отличаются по параметрам, что сказывается негативно на их сроке службы. Мне поступило предложение изготовить зарядное устройство с возможностью заряжать каждую АКБ независимо друг от друга.

Достоинства данного метода:

- все батареи заряжаются в наиболее подходящих (щадящих) режимах.
- батареи заряжаются независимо т.е. практически исключён вариант перезарядки одной при недозарядке другой.
- визуально возможно контролировать, что происходит с каждой из батарей и в каком состоянии они находятся.

Недостатки данного метода:

- достаточно серьёзные габариты (примерно системный блок АТХ).
- сложность схемы (5...7 отдельных постов).
- необходимость перекоммутации для процесса зарядки (более длинные провода и наличие дополнительных контактов).

2. Смысл недопущения сульфатации как раз в том, что после любого разряда должен **незамедлительно** следовать заряд!!!! Я свой электромобиль подзаряжаю по несколько раз в день, по возможности после каждой поездки. Вчера 60 км за день и две подзарядки, сегодня 43км и одна подзарядка...

3. О больших разрядных токах - согласен, мои **Обероны** например рассчитаны на 1400А в течении 10с разряда с последующей 30с паузой, вот относительно заряда - производитель настоятельно не рекомендует поднимать напряжение заряда выше 13.5В, а на таком напряжении даже мои батарейки больше 0.2С не возьмут.... и то в начале заряда.

Импульсники видел, стоимость автоматического на 6.6А 52\$. Из индикации на нём

только 3 светодиода (сеть, работа, полный заряд) к сожалению именно такой вариант мне не подходит. На 20А к сожалению не видел ничего (наверное плохо искал Производитель, видимо, рекомендовал напряжение не более 14,5 вольт на батарейку? 4. Также много путаницы встречается при рассмотрении проблем заряда. Гелевых АКБ, в частности. "Знатоки" авторитетно предлагают заряжать их теми же ЗУ, что и обычные стартерные батарейки. **Заблуждение.** Несмотря на сходство в химическом составе пластин и электролита, источники значительно разнятся характеристиками. Не залезая глубоко в суть вопроса, скажу только следующее. В отличие от обычных, а также АКБ AGM технологии, гелевые имеют строгие ограничения по начальному току заряда (указаны в маркировке) и не могут заряжаться при постоянном напряжении, что характерно для большинства зарядных устройств. Не терпят пульсации зарядного тока.

И второе. Если обычные АКБ могут спокойно переносить повышенные напряжения в конце заряда до 15,5 и даже 16 вольт, для гелевых превышение 14,4-14,6 вольта являются губительными.

С разрядом, коль зашла речь, тоже все не в пользу гелевых.

Несмотря на дороговизну, они менее пригодны для использования электротранспорте. Поскольку не могут отдать в короткое время (10-20 минут) такое количество энергии, как AGM. К тому же, имеют меньшую удельную энергоемкость, поскольку работают в режиме дефицита электролита.

5. Нельзя обижать батарейки, их создателей, приписывая им крайне ограниченные возможности. Так, для всех типов АКБ: тяговых, стационарных и тем более стартовых, разрядные токи изготовители ограничивают не ниже 1С (20С для Оптима, например). А вот зарядные, как правило, для недорогих источников имеют порог в 0,2-0,4С. Не путайте одно с другим.

6. Активный участник электромобильных форумов **Александр Сорока** из Винницы <http://adopt-zu-soroka.narod2.ru/> давно занимается зарядными устройствами. Результатом его работы стал алгоритм заряда аккумуляторов:



Александр поясняет:

**Основная Зарядка - Зарядка до 80%.** Устройство вырабатывает почти постоянный ток до момента, когда напряжение батареи достигает максимального уровня.

**Адсорбция - Зарядка почти до 100%.** Сила тока зарядного устройства падает, а напряжение поддерживается на максимальном уровне.

**Импульсный - фаза поддержки,** когда устройство вырабатывает импульс, если напряжение батареи падает ("качели" 12.7В--14.5В - т.е. "точная добивка"). Состояние зарядки между 95% и 100%. Это самый аккуратный режим поддержки(и добивки) для батарей подключенных на продолжительные периоды времени (месяцы). Многие зарядные устройства используют режим плавающей поддержки вместо импульсной, но это увеличивает потери жидкости.

Александр рекомендует владельца простых зарядных устройств сделать отключение заряда для зимы 14.7 В, для других сезонов 14.5 в на аккумулятор (свинцово-кислотный при заряде на улице).

В гелевых аккумуляторах "гель" при превышении напряжения заряда выше 14.6В или перегреве, переходит в жидкое состояние, при этом унося в своем составе частицы PbO<sub>2</sub>, что приводит к "темнению" (коричневению) электролита и сильному увеличению его проводимости То есть, аккумулятор после застывания электролита превращается в конденсатор - он теряет емкость очень быстро, сильно греется, вследствие чего (нагрева и разряда) процессы распада намазок приводят к его быстрому выходу из строя.

Александр активно критикует методику В.Рудановского по десульфатации батарей, которая заключается в следующем:

- а) подержать под зарядкой аккумулятор несколько часов;
- б) слить электролит;
- в) промыть батарею 2-3 раза дистиллированной водой;
- г) заправить батарею 2,5-процентным раствором пищевой соды (25 г соды на один литр дистиллированной воды);
- д) через 2—3 часа этот раствор слить;
- е) залить аккумулятор 2 — 3-процентным раствором поваренной соли;
- ж) в течение часа заряжать аккумулятор нормальным током;
- з) слить раствор поваренной соли и промыть аккумулятор;
- и) залить 4-процентный раствор пищевой соды и заряжать аккумулятор;
- к) слить раствор и промыть аккумулятор;
- л) залить электролит и полностью зарядить аккумулятор.

Сам же он предлагает не доводить батарею до такого состояния, а уж если довели: надо их растворять неглубокими циклами заряд-разряд. Но крупные кристаллы вы не

полечите они имеют более высокое сопротивление и плохо "работают", так что речь может идти только о неполном восстановлении.

Как грамотно произвести работы по десульфатации (рекомендации А.Сороки)?

Есть два способа - первый это купить умную зарядку-автомат потому что у них есть специальный режим для таких случаев. В этом режиме зарядка дает импульсы тока примерно 1А напряжением 14.7-15В с переменной скважностью, зависящей от степени разряда (напряжения на аккумуляторе) . Т.е. если на аккумуляторе например 10В то будет импульс с частотой следования примерно 0.5-1Гц. При этом продолжительность импульса вдвое меньше паузы. В процессе повышения напряжения на аккумуляторе до 12В частота следования импульсов (а в некоторых зарядках – продолжительность/скважность импульса тока) увеличивается пропорционально, и с 12В уже идет просто зарядка постоянным током.

Также известен способ восстановления свинцовых батарей асимметричным током (при соотношении зарядной и разрядной составляющих тока 10:1 и отношении длительностей импульсов этих составляющих 1:2. Но этот метод обычно делается на частотах 50Гц (сеть 220В) и я его не рекомендую - так как 50Гц это "сильно быстро" и будет лишний нагрев аккумулятора. Хотя само соотношение "зарядка:нагрузка" в 10:1 (по току) я рекомендую применять для низких частот (0.5-1Гц).

Второй способ - это собрать из подручных средств простую схему, в которой с частотой 0.5-1сек будет происходить переключение аккумулятора с зарядки на разрядку.

Самое простое - использовать "реле поворотов" от автомобиля и лампочку в качестве нагрузки. Но следует помнить что "реле поворотов" недолговечно да и "клацает" громко - так что длительная работа "простой схемы" под вопросом...

Соотношение "зарядка:нагрузка" в 10:1 (по току) я рекомендую применять и в этом случае.

Процедура тренировки-десульфатации которую рекомендую:

Собрать схему "с реле и лампочкой" (как самый простой и доступный пример), для циклирования свинцового аккумулятора - так чтобы подавать постоянное напряжение 18-20В (при подаче на ваш аккумулятор оно должно падать до 14.5-15В) с током не более 0.5С вперемешку с подключением нагрузки (лампочки). Лампочку (т.е. нагрузку) выбирать из расчета 10 часового разряда для вашего аккумулятора. (лампочку подключить параллельно на клеммы аккумулятора, а "реле поворотов" в разрыв источника питания и аккумулятора с подключенной лампочкой).

Большинство производителей аккумуляторов рекомендуют 20 часовой разряд токами в 0.05С до 1.8В/элемент (т.е. до 10.8В на 12Вольтовом свинцовом аккумуляторе, измеренные под нагрузкой, или не ниже 12В без нагрузки). 10-и часовой разряд будет примерно при 0.1С. Применение этой схемы при 10 часовой тренировке дает 1:1

"нагрузка/пауза" (немного не то что я писал ранее но зато этого 1:1 очень просто достичь) и способствует более полному использованию хим.веществ, потому что в паузах выравнивается плотность электролита.

Ну а для тех кто "дружит с паяльником" - я уверен не составит труда спаять простой мультивибратор на двух транзисторах или микросхеме, и с него производить "лечебные циклы".

Как у знать что "лечебные циклы" закончились ?

Вопрос важный - при применении "умных зарядок" они сами контролируют напряжение. Но в случае "реле и лампочки" я просто рекомендую не злоупотреблять процессом и ограничить время тренировки 10 часами при соблюдении не превышения токов (см. выше). После такой "тренировки" устройте свинцовому аккумулятору 10 или 20 часовой разряд до 10.8V (под нагрузкой) - и посмотрите что получилось - если емкость не повысилась - то значит у нас не сульфатация а разрушение пластин и "Боржомом не помогло"...

Если в процессе тренировки было "кипение" электролита - то добавьте дистиллата в банки аккумулятора.

Просто разрядку 10-20 часовым циклом можно делать и с применением "реле поворотов" при этом вы просто способствуете более полному использованию хим. веществ аккумулятора - потому что в паузах вы позволяете работать диффузии.

**ТОЛЬКО НЕ** забывайте что нельзя разряжать 12V CA ниже 10.8V !!!

Идем дальше:

Постоянный "маленький подзаряд" токами до 300mA при 13.5V - как это делают УПСы и прочие "умные советчики", приводит к тому что когда кончается активная масса(губчатая) внутри аккумулятора - то начинается реакция в его электродах... т.е. свинец токоотводов на (+) становится коричневым(PbO<sub>2</sub>) а на (-) стает губчатым... Таким образом, при постоянном перезаряде, мы получаем разрушение токоотводов + "кипение" электролита с выделением водорода и кислорода, что приводит к увеличению концентрации электролита, что опять способствует разрушению электродов. Аккумуляторы из УПСа после 3 лет работы: - (+) пластины рассыпаются в порошок. Кроме этого при заряде малыми токами получаем альфа-версию оксида свинца, которая мелкодисперсная (мелкие кристаллы). Она забивает поры, не давая возможности нормальной быстрой отдачи тока и затрудняет доставку электролита. (для получения "бета-версии" оксида свинца необходимо применять спец. алгоритмы заряда, которыми создаются крупные кристаллы оксида свинца, которые более полно "омываются" электролитом, и способны очень быстро и полно отдавать энергию. Просто заряжая "большим током" вы получаете "запеченные поры" намазок альфа-версией оксида свинца, а внутри - НЕЗАРЯЖЕННЫЙ слой)

В старых умных книжках есть советы как из свинцовой пластины сделать аккумулятор для "анодной батареи" - так вот наработка "активной массы" идет из самого материала

пластин только вот циклов там надо много - ну или постоянно "кипятить" - это как раз наш случай - перезарядка переводит свинец токоотводов в порошок оксида свинца.

От автора: Рекомендации А.Сороки не повредят при проведении профилактики сульфатации аккумуляторов. Но если Вы решили реанимировать аккумулятор с заметными проявлениями сульфатации временные интервалы должна составлять десятки секунд. Например: Заряд током 3-5 ампер в течение 20 секунд, разряд в течение 10 секунд. Для разряда используется автомобильная лампа поворотов подключенная непосредственно на клеммы аккумулятора.

## 7. О применении АКБ в электромобилях:

а) Серийный универсал Opel Astra Impuls переделали на электротягу с использованием натрийникельхлорных аккумуляторов Zebra. Использовались аккумуляторы с удельной энергией порядка 80 Втч/кг. С 2005 года новые модели аккумуляторов имеют энергию до 120 Втч/кг. Пробег по городу получился 150 км в экономичном режиме и 100 км в динамичном. На акб с увеличенной энергией можно получить пробег в 1,5 раза больше. Электрические характеристики высокотемпературных аккумуляторов из-за наличия вакуумной теплоизоляции не изменяются до -40С. При поездках по городу можно часть тепла накопленного внутри батареи использовать для обогрева кабины.

Если использовать свинцовый акб той же массы то пробег по городу с полной нагрузкой будет всего 30-40 км. Зимой значительно меньше.

б) Просчитывал один из вариантов сборки легкого авто. Массой после зачистки около 400 кг. Плюс батарейки Оптима, 12 штук 55а\*ч, около 8 кВт\*ч энергии на борту, (240кг). Мотор и система управления (60кг). Итого имеем 700 кг массы.

Расчет по известным формулам энергии потребления для данной массы при равномерном движении со скоростью 60 км/час и  $C_x = 0,28$  дает цифру в 5 кВт (4 кВт механической). Т.е., расчетный ток потребления будет не менее 35а.

в) Нет да нет, иногда приходят предложения использовать СК батареи, применяемые в основном в карах и подъемниках. Давно определились, что вариант можно отнести к наиболее неудачным при сегодняшнем выборе АКБ.

Масса недостатков. Как то:

Имеют низкую удельную энергоемкость. Тяжелы. 13кВт\*ч снаряженных батареек будет весить 600 кг. В два раза тяжелее Леоч. Количество циклов больше, но до них нужно еще дожить.

Дороги. 80-вольтовая батарея с указанной энергетикой будет стоить в самом дешевом варианте 2200 долларов и более. Добавьте стоимость перемычек (как правило 10%).

Их - огромное количество. Почва для окисления, неплотного контакта и прочее.

Замориться проверять. Да, есть скомпонованные в блоки. Корпуса от стандартных АКБ.

Не рекомендуется разряжать токами, численно превышающими емкость. С зарядом те же ограничения. Одна десятая.

Чувствительны к механическим воздействиям. Как правило, отсутствуют сепараторы, которые имеются у AGM батареек.

Требуют систематической доливки, контроля. Представьте, один раз в неделю проверить и долить 100 банок (при 120-вольтовом питании). Открытые выделения газов. В багажнике, а тем более салоне разместить проблематично без короба и вентиляции.

Из живого примера. Монза общей массой с водителем и двумя пассажирами в 1800 кг проходит на десяти 120-х (14000 Квт\*ч) около 50км в один присест, 80-90 - за день. Следовательно, для легкой авто потребуется АКБ примерно в два раза меньшей емкости. Т.е. - 60 а\*ч. Запас энергии 7 Квт\*час.

Для багги массой с одним водителем суммарным весом еще в три раза меньше (300 кг) для тех же пробегов потребуется на борту около 3Квт\*ч запасенной энергии. Одна Оптима емкостью 55 А\*ч содержит около 650 вт\*час. Нужно до 5-ти батареек. Или четыре 75-х. Примерно.

#### 11. Извлечение из книги :

В.И.Болотовский, З.И.Вайсгант «Эксплуатация,обслуживание и ремонт свинцовых аккумуляторов», Ленинград, Энергоатамиздат, 1989 год.

Степень разряженности измеряется нагрузочной вилкой:

Напряжение на аккумулят	Степень разряда
1.7	0
1.6	25
1.5	50
1.4	75
1.3	100

#### Контрольно-тренировочный цикл

Заряд при токе  $I = 0.1 \times C_{20}$  А, до напряжения 2.4 вольта на банке, затем снижают ток до значения  $I = 0.05 \times C_{20}$  А и ведут процесс до полного заряда

Контрольный разряд проводят при токе  $I = 0.05 \times C_{20}$  А до напряжения на банке 1.75 вольта

### Режим подзаряда при хранении

Производится заряд с целью компенсации саморазряда малыми токами 0.025-0.1 А. Напряжение поддерживается в пределах 2.18-2.25 вольта на банку.

### Режим заряда аккумулятора

Сила зарядного тока:

при 20 часовом заряде  $I=0.05C$

при 10 часовом заряде  $I=0.1C$

При двухступенчатом цикле первая ступень при токе  $I=1.5C$  заканчивается при напряжении 2.4 вольта, затем идет заряд током  $I=0.1C$  до полного заряда, характеризующееся обильным газовыделением при постоянном напряжении и плотности в течение двух часов. Напряжение при этом составляет 2.5 – 2.7 вольта на банке.

При заряде аккумулятора сообщается в 1.2-1.5 раза больше электричества, чем потом можно от него получить.

Форсированный режим: Ток равен ( $I=0.95C$ ) 95% от величины емкости батареи, которую необходимо передать батарее. Так, как эта емкость уменьшается, то должен соответственно уменьшаться и зарядный ток. Как показывает практика, таким образом можно восстановить до 90% емкости, снятой с батареи за 2.5 часа. Для полного заряда батареи таким способом требуется 4-4.5 часа.

### Химическая характеристика электролита

СЕЗОН	Температура	Заливать	Зарядка
Холодный сезон	-30 –15 град	1.27	1.29
Умеренный	-15 – 4 град	1.25	1.27
Жаркий	-15 +4 град	1.23	1.25
Тепло/влажно	+ 4 +6 град	1.21	1.23

## 12. Устройство и емкость автомобильного аккумулятора



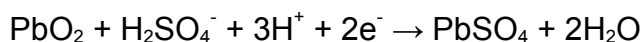
**Химические процессы в аккумуляторе** Активными веществами свинцового аккумулятора, принимающими участие в токообразующих реакциях, являются:

- на положительном электроде - двуокись свинца  $PbO_2$  (темно-коричневого цвета);
- на отрицательном электроде - губчатый свинец  $Pb$  (серого цвета);
- электролит - водный раствор серной кислоты  $H_2SO_4$

В ходе разряда аккумулятора активная масса отрицательного электрода превращается из губчатого свинца в сульфат свинца, со сменой серого цвета на светло-серый, отдавая два электрона в электрическую цепь.



Активная масса положительного электрода по ходу разряда превращается из двуокиси свинца  $PbO_2$ , так же как и активная масса отрицательного электрода, в сульфат свинца  $PbSO_4$  с изменением цвета с темно-коричневого на светло-коричневый, поглощая два электрона.



В результате разряда аккумулятора активные материалы и положительного ( $PbO_2$ ), и отрицательного ( $Pb$ ) электродов преобразуются в сульфат свинца  $PbSO_4$ . При этом на формирование сульфата свинца расходуется серная кислота, что вызывает снижение концентрации электролита и как следствие снижение его плотности. Суммарная реакция при разряде аккумулятора:



При зарядке аккумулятора идут обратные в противоположную сторону, в ходе которых кроме всего прочего происходит образование серной кислоты, в результате чего при заряде растет плотность электролита. Суммарное уравнение процесса заряда:



Когда реакции преобразования веществ в активных массах положительного и отрицательного электродов завершены, плотность электролита перестает меняться, что служит признаком завершения заряда аккумулятора. При дальнейшем продолжении заряда протекает так называемый вторичный процесс - электролитическое разложение воды на кислород и водород. Выделяясь из электролита в виде пузырьков газа, они создают иллюзию кипения электролита, что тоже служит признаком завершения процесса заряда.

Каждый аккумулятор состоит из пространственно разделенных разноименных электродов, погруженных в раствор электролита и помещенных в прочный корпус, который устойчив к химическому воздействию электролита, механическим нагрузкам и температурным колебаниям.

Активная масса электродов обладает высокой пористостью (47-60%) и у заряженных аккумуляторов на положительном электроде состоит в основном из двуокиси свинца  $PbO_2$  (85-90 %), а на отрицательном электроде - из губчатого свинца  $Pb$  (80-90 %).

**Примечание:**

$LiMO_2 + 6C = Li_{(1-x)}MO_2 + Li_x + C_6$  - Формула литий ионного аккумулятора. Перемещение  $x$ -ионов лития с одного электрода на другой.

Литий полимерный аккумулятор отличается от литий ионного только применением сухого пленочного электролита и работает при температуре выше 60 градусов. Реально для работы при комнатных температурах в него добавляют жидкого электролита

$2Ni(OH)_2 + Cd(OH)_2 = 2NiOOH + Cd + H_2O$  – Формула никель кадмиевого аккумулятора. При заряде из активной массы выделяется вода, при разряде возвращается обратно. В конце заряда идет реакция  $4OH = O_2 + 2H_2O + 4e$  выделившийся на положительном электроде кислород ионизируется на отрицательном электроде.

$Ni(OH)_2 + Me = NiOOH + MeH$  – Формула никель металлгидридного аккумулятора. Водородабсорбирующий сплав (ВАС), применяемый в качестве отрицательного электрода, представляет собой сложное интерметаллическое соединение кристаллического типа  $AB_5$ , где А - лантан или комбинация редкоземельных металлов, В - никель и различные активирующие добавки. При заряде электрода, содержащего ВАС, происходит восстановление воды, но газообразный водород при этом не выделяется, а остается в сплаве в виде твердого раствора:  $Me + H_2O + e = MeH + OH(2)$ . При перезаряде положительный электрод продолжает заряжаться, на отрицательном электроде начинает выделяться водород, и давление в НМГ растет. Рост давления легко использовать в качестве сигнала на прекращение заряда.

$Ni(OH)_2 = NiOOH + 1/2H_2$  – это суммирующая реакция никель водородного аккумулятора. Основные токообразующие реакции  $Ni(OH)_2 + OH = NiOOH + H_2O + e$ , а также  $H_2O + e = 1/2H_2 + OH$ . Аккумулятор является щелочным, сочетающим в себе традиционный оксидно-никелевый электрод (ОНЭ) и газовый водородный электрод (ВЭ). Электролитом является 20-40% раствор КОН. При заряде на ВЭ выделяется водород накапливающийся в свободном объеме аккумулятора. При разряде водород электрокаталитически ионизируется на ВЭ, давление в объеме уменьшается.

Но вернемся к кислотным аккумуляторам.

**Емкость аккумулятора** - это количество электричества, полученное от аккумулятора при его разряде до определенного конечного напряжения. В практических расчетах

емкость аккумулятора принято выражать в ампер-часах (А•ч). Разрядную емкость  $C_p$  можно рассчитать, умножив силу разрядного тока  $I_p$  на продолжительность разряда  $T_p$  (при условии, что  $I_p$  остается постоянной)

$$C_p = I_p \cdot T_p$$

Разрядная емкость, на которую рассчитан аккумулятор и которая указывается изготовителем, называется **номинальной емкостью**. Кроме нее, важным показателем является также емкость, сообщаемая аккумуляторной батарее при заряде, которая вычисляется по формуле (при  $I_3 = \text{const}$ ):

$$C_3 = I_3 \cdot T_3$$

Разрядная емкость аккумулятора зависит от целого ряда конструктивных и технологических параметров, а также от условий эксплуатации аккумулятора. Наиболее значимыми конструктивными параметрами являются количество активной массы и электролита, толщина и геометрические размеры аккумуляторных электродов. Главными технологическими параметрами, влияющими на емкость аккумулятора, являются рецептура активных материалов и их пористость. Эксплуатационные параметры - температура электролита и сила разрядного тока - также оказывают существенное влияние на разрядную емкость.

Обобщенным показателем, характеризующим эффективность работы аккумулятора, является коэффициент использования активных материалов  $\Theta$ , %:

$$\Theta = (C_p / C_0) \cdot 100\%$$

где  $C_p$  - емкость аккумулятора, полученная при его разряде, А•ч;  $C_0$  - теоретическая емкость того же аккумулятора, рассчитанная по электрохимическим эквивалентам, А•ч.

Для получения емкости в 1 А•ч, по закону Фарадея, теоретически необходимо 4,462г двуокиси свинца  $PbO_2$ , 3,865г губчатого свинца  $Pb$  и 3,659г серной кислоты  $H_2SO_4$ . Теоретический удельный расход активных масс электродов и серной кислоты, после суммирования получается 11,986 г/А•ч. Однако на практике нереально достигнуть полного использования активных материалов, принимающих участие в токообразующем процессе. Примерно половина поверхности активной массы недоступна для электролита, так как является основой для создания объемного пористого каркаса, обеспечивающего механическую прочность материала. Вследствие этого реальный коэффициент использования активных масс положительного электрода составляет 45-55%, а отрицательного 50-65%. Кроме этого, в качестве электролита используется 35-38%-ый раствор серной кислоты. Таким образом величина реального удельного расхода материалов существенно выше, а реальные значения удельной емкости и удельной энергии существенно ниже, чем теоретические.

На уровень использования активной массы, а следовательно, и на величину разрядной емкости оказывают влияние следующие основные факторы.

**Пористость активной массы.** С повышением пористости улучшаются условия диффузии электролита в глубину активной массы электрода и возрастает истинная поверхность, на которой протекает токообразующая реакция. С увеличением пористости повышается разрядная емкость. Величина пористости зависит от размеров частиц свинцового порошка и рецептуры приготовления активных масс, а также от используемых добавок. Причем повышение пористости ведет к уменьшению долговечности вследствие ускорения процесса деструкции высокопористых активных масс. Поэтому уровень пористости выбирается производителями с учетом не только высоких емкостных характеристик, но и обеспечения требуемой долговечности батареи в эксплуатации. Сейчас оптимальной считается пористость в пределах 46-60%, в зависимости от предназначения аккумулятора. (Об осыпании активной массы смотреть далее)

**Толщина электродов.** С понижением толщины снижается неравномерность нагруженности внешних и внутренних слоев активной массы электрода, что способствует повышению разрядной емкости. У более толстых электродов внутренние слои активной массы используются очень незначительно, в особенности при разряде большими токами.

**Пористость материала сепаратора.** С возрастанием пористости сепаратора и высоты его ребер повышается запас электролита в межэлектродном зазоре и улучшаются условия его диффузии.

**Концентрация электролита.** При повышении концентрации серной кислоты емкость положительных электродов повышается, а емкость отрицательных, особенно при отрицательной температуре, снижается вследствие ускорения пассивации поверхности электрода. Повышенная концентрация также отрицательно сказывается на сроке службы аккумулятора вследствие ускорения коррозионных реакций на положительном электроде. Поэтому оптимальная концентрация электролита устанавливается исходя из совокупности требований и условий, в которых эксплуатируются аккумуляторы. Так, например, для стартерных аккумуляторов, работающих в умеренном климате, рекомендована рабочая концентрация при которой плотность электролита равна 1,26-1,28 г/см<sup>3</sup>, а для районов с жарким (тропическим) климатом плотность электролита должна быть 1,22-1,24 г/см<sup>3</sup>.

**Сила разрядного тока.** Режимы разряда условно разделяют на длительные и короткие. При длительных режимах, разряд совершается малыми токами в ходе нескольких часов. Например, 5-, 10- и 20-часовой разряды. При коротких или стартерных разрядах сила тока в несколько раз больше номинальной емкости

аккумулятора, а разряд продолжается несколько минут или секунд. При повышении разрядного тока скорость разряда поверхностных слоев активной массы возрастает в большей степени, чем глубинных. В результате рост сернокислого свинца в устьях пор происходит быстрее, чем в глубине, и пора закупоривается сульфатом раньше, чем успевает прореагировать ее внутренняя поверхность. Вследствие прекращения диффузии электролита внутрь поры реакция в ней прекращается. Следственно, чем больше разрядный ток, тем ниже емкость аккумулятора, а следовательно, и коэффициент использования активной массы. Так, например, при разряде батареи емкостью 55 А·ч током 2,75 А при температуре электролита +25 °С ее емкость составляет  $C_{20}=55\div 60\text{А}\cdot\text{ч}$ , а при разряде током 255А ( $4,6C_{20}$ ) емкость уменьшается более чем в 2 раза и составляет всего 22А·ч. Для оценки пусковых качеств автомобильных аккумуляторов, их емкость характеризуется также количеством прерывистых стартерных разрядов (например, длительностью 10-15с паузами между ними по 60с). Емкость, которую отдает батарея при прерывистых разрядах, превосходит емкость при непрерывном разряде тем же током, в особенности при стартерном режиме разряда ( $I_p = 2\div 5 C_{20}$ ). В настоящее время в международной практике оценки емкостных характеристик стартерных аккумуляторов используется понятие "резервная" емкость. Она характеризует время разряда батареи (в минутах) при силе разрядного тока 25А независимо от номинальной емкости аккумуляторной батареи. По усмотрению изготовителя допускается устанавливать величину номинальной емкости при 20-часовом режиме разряда в ампер-часах или по резервной емкости в минутах.

**Температура электролита.** С понижением температуры разрядная емкость аккумуляторов понижается. Причина этого - повышение вязкости электролита и его электрического сопротивления, что замедляет скорость диффузии электролита в поры активной массы. Зависимость времени разряда  $T_p$  автомобильных аккумуляторов от силы разрядного тока  $I_p$  при различных температурах от +25 °С до -30 °С приведена на рисунке 2 (для различных аккумуляторов значения могут отличаться).

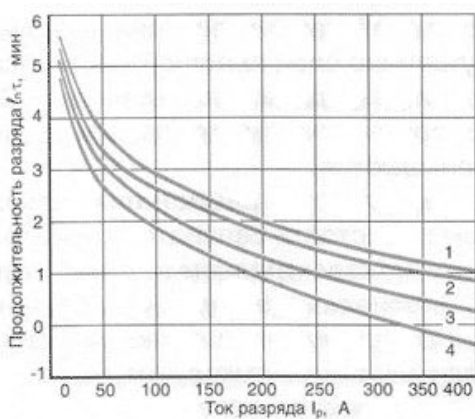
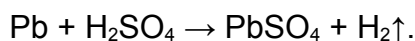


Рис.2 Зависимость продолжительности разряда необслуживаемой аккумуляторной батареи от силы тока при различных температурах:  
1 - (+25°C), 2 - (0°C), 3 - (-18°C), 4 - (-30°C)

### Саморазряд автомобильного аккумулятора

Саморазрядом называют уменьшение емкости аккумуляторов при разомкнутой внешней цепи, то есть при бездействии. Это явление

вызвано окислительно-восстановительными реакциями, самопроизвольно проходящими как на отрицательном, так и на положительном электродах. Саморазряду в особенности подвержен отрицательный электрод вследствие самопроизвольного растворения свинца (отрицательной активной массы) в растворе серной кислоты по реакции:



Саморазряд отрицательного электрода сопровождается выделением газообразного водорода. Скорость самопроизвольного растворения свинца существенно повышается с увеличением концентрации серной кислоты. Повышение плотности электролита с 1,27 до 1,32 г/см<sup>3</sup> ведет к росту скорости саморазряда отрицательного электрода на 40%.

Присутствие примесей разных металлов на поверхности отрицательного электрода оказывает весьма существенное влияние (каталитическое) на рост скорости саморастворения свинца (вследствие понижения перенапряжения выделения водорода). Практически все металлы, встречающиеся в виде примесей в аккумуляторном сырье, электролите и сепараторах, способствуют увеличению саморазряда. Попадая на поверхность отрицательного электрода, они облегчают условия выделения водорода. Часть примесей (соли металлов с переменной валентностью) действуют как переносчики зарядов с одного электрода на другой. В таком случае ионы металлов восстанавливаются на отрицательном электроде и окисляются на положительном (такой механизм саморазряда приписывают ионам железа).

Саморазряд положительного активного материала обусловлен протеканием реакции:



Скорость данной реакции также увеличивается с ростом концентрации электролита. Скорость саморазряда положительного активного материала в несколько раз ниже скорости саморазряда отрицательного активного материала.

Еще одной причиной саморазряда положительного электрода является разность потенциалов материала токоотвода и активной массы этого электрода. Возникающий вследствие этой разности потенциалов гальванический микроэлемент превращает, при протекании тока, свинец токоотвода и двуокись свинца положительной активной массы в сульфат свинца.

Саморазряд может возникать также, когда аккумулятор снаружи загрязнен или залит электролитом, водой или другими жидкостями, которые создают возможность разряда через электропроводную пленку, находящуюся между полюсными выводами аккумулятора или его перемычками. Этот тип саморазряда не отличается от обычного

разряда очень малыми токами при замкнутой внешней цепи и легко устраняется. Для этого необходимо содержать поверхность автомобильного аккумулятора в чистоте.

Саморазряд аккумуляторов в значительной мере зависит от температуры электролита. Эта зависимость показана на рисунке 3, где видно, что с уменьшением температуры саморазряд понижается. При температуре ниже  $0^{\circ}\text{C}$  у новых аккумуляторных батарей он практически прекращается. Поэтому хранить автомобильные аккумуляторы рекомендуется в заряженном состоянии при низких температурах (до  $-30^{\circ}\text{C}$ ). Из рисунка также видно, что в течении эксплуатации саморазряд не остается постоянным и резко усиливается к концу срока службы.

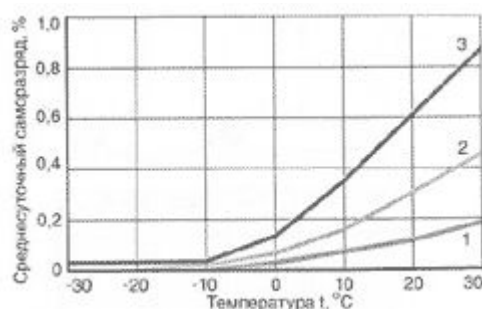


Рис.3 Среднесуточный саморазряд необслуживаемой аккумуляторной батареи за три месяца в зависимости от температуры и продолжительности эксплуатации (содержание Sb - 2,5%):

- 1 - новый аккумулятор, 2 - аккумулятор после среднего срока эксплуатации, 3 - аккумулятор в конце срока службы

Понижение саморазряда возможно за счет использования наиболее чистых материалов для производства аккумуляторов; за счет уменьшения количественного содержания легирующих элементов в аккумуляторных сплавах; за счет использования только чистой серной кислоты и дистиллированной воды (или близкой к ней по чистоте при других методах очистки) для получения всех электролитов, как при производстве, так и при эксплуатации. Например, благодаря понижению содержания сурьмы в сплаве токоотводов с 5% до 2% и использованию дистиллированной воды для всех технологических электролитов, среднесуточный саморазряд уменьшается в 4 раза. Замена сурьмы на кальций позволяет еще больше уменьшить скорость саморазряда (рисунок 4). Снижению скорости саморазряда могут также способствовать добавки органических ингибиторов саморазряда.



Рис.4 Изменение уровня заряженности автомобильных аккумуляторов различных конструкций при хранении:

- 1 - аккумуляторы со свинцово-кальциевыми сплавами, 2 - гибридные аккумуляторы, 3 - аккумуляторы с малосурьмяными сплавами, 4 - аккумуляторы традиционного исполнения

**Осыпание положительной активной массы** Оплывание положительной активной массы является одной из причин преждевременного выхода из строя свинцовых аккумуляторов. Сущность этого явления заключается в отпадении от пластин частиц  $PbO_2$ . Разрушение и оплывание активной массы приводит прежде всего к снижению емкости положительного электрода вследствие уменьшения запаса активной массы. Кроме того электрофоретический перенос частиц  $PbO_2$  к отрицательным электродам ведет к появлению коротких замыканий по боковым кромкам пластин и через сепараторы. Наконец, обнажение токоотводов положительных электродов вследствие оплывания активной массы способствует их ускоренной коррозии.

Для понимания сущности процесса оплывания рассмотрим строение активной массы. Положительная активная масса представляет собой высокодисперсную среду, структура которой определяется строением частиц активного материала и характером пор. Поры в активной массе могут быть сквозными и тупиковыми, прямыми и извилистыми. Поры, как правило, имеют переменное сечение по длине (гофрированные поры). В активной массе они могут ветвиться, при этом широкие поры могут соединяться узкой «шейкой». Таким образом, реальные поры — это последовательное расположение звеньев разного диаметра и разной длины, а пористая среда — система расположенных случайным образом пересекающихся пустот кругового сечения с непрерывно меняющимся радиусом. Активную массу электродов можно также в известном приближении представить как сочетание различных по размерам (от сотых долей до нескольких микрон) шарообразных частиц, иголок, призматических и других видов кристаллов.

Прочность активной массы, естественно зависит от структуры частиц, характера сцепления друг с другом, величины объемной пористости и целого ряда других структурных параметров.

Например, известно, что разряды в электролите низкой концентрации повышают срок службы аккумуляторов. В этих условиях образуется рыхлый слой сульфата свинца, что обеспечивает образование прочного диоксида свинца при заряде. Взаимосвязь между



структурой исходного слоя сульфата свинца и структурой образующегося  $PbO_2$  при заряде можно объяснить следующим образом. При наличии плотного слоя  $PbSO_4$  (разряд в серной кислоте повышенной концентрации) в начале заряда образуются дендритообразные кристаллы  $PbO_2$ , которые создают основу образования рыхлого слоя диоксида свинца, имеющего недостаточно прочное сцепление с токоотводом.

Такое представление позволяет сделать предположение о механизме разрушения активной массы положительного электрода. Дендриты  $PbO_2$  могут легко отпадать от основы в конце заряда под влиянием механического

воздействия пузырьков выделяющегося газа, так и в начале разряда при образовании кристаллов  $PbSO_4$ , «подсекающих» дендриты  $PbO_2$  у их основания.

В процессе эксплуатации аккумулятора при чередующихся зарядах и разрядах вследствие объемных изменений происходит разупрочнение активной массы, потеря механических и электрических связей между частицами, в результате чего активная масса разжижается и оплывает. Этому явлению способствует обильное выделение кислорода на поверхности электродов в процессе заряда.

Наконец, оплывание активной массы положительного электрода ускоряется в присутствии таких вредных примесей в электролите и активной массе, как железо, хлор и другие.

Исследованию причин оплывания активной массы положительного электрода посвящен ряд работ советских ученых. Было установлено, что температура электролита и величина тока при заряде не оказывают существенного влияния на срок службы активной массы.

Наибольшее влияние оказывают условия разряда и особенно его конечной стадии. Уменьшение концентрации электролита, повышение температуры и снижение плотности тока при разряде снижают скорость разрушения активной массы. Указанные условия разряда способствуют образованию рыхлого, крупнокристаллического осадка сульфата свинца.

Влияние концентрации электролита и условий разряда, плотности тока и температуры на скорость разрушения активной массы количественно можно охарактеризовать следующими экспериментальными данными (Е. И. Крепанова): уменьшение концентрации электролита от 10 до 2н увеличивает срок службы активной массы в  $8^{+10}$  раз и является наиболее сильно действующим фактором; уменьшение плотности разрядного тока от 1,8 до 0,65 А/дм увеличивает срок службы примерно на 50%;

повышение температуры электролита от 25° до 50°С увеличивает срок службы активной массы более чем в  $2^{+2,5}$  раза.

Таким образом срок службы активной массы положительного электрода определяется условиями кристаллизации сульфата свинца при разряде. Образование рыхлых осадков сульфата свинца должно способствовать уменьшению разрушения активной массы, так как такой сульфат при заряде переходит в прочную активную массу, состоящую преимущественно из крупнокристаллического диоксида свинца.

В том случае, когда поверхность электрода при разряде покрывается плотным слоем сульфата свинца, образующиеся при заряде кристаллы PbO<sub>2</sub> растут преимущественно в виде дендритов, которые в конце заряда и в начале разряда могут осыпаться.

Известное влияние на срок службы активной массы может оказать материал токоотвода. Характер оксидной пленки, образующейся на поверхности токоотводов, во многом определяет прочность сцепления активной массы с ними и, следовательно, электрические характеристики и срок службы электрода. Деформация токоотводов, превышающая 5% от первоначальных размеров, приводит к быстрому разрушению активной массы.

Наконец, ряд исследований показывает влияние фазового состава положительной активной массы, а также формы частиц на скорость ее оплывания в процессе эксплуатации аккумулятора. Осадки  $\alpha$ -PbO<sub>2</sub> отличаются большей механической прочностью, чем  $\beta$ -PbO<sub>2</sub>. Кристаллы  $\alpha$ -PbO<sub>2</sub> образуют внутри активной массы прочную ячеистую структуру, мало изменяющуюся в процессе цитирования.

В процессе заряда аккумулятора, особенно в период последней его стадии, на положительном электроде обильно выделяется кислород. Пузырьки кислорода, «омывающие» поверхность электрода способствуют эрозии активной массы, то есть ее разрушению. Механизм разрушения более детально рассмотрен в известной книге М. А. Дасояна и И. А. Агуфа «Основы расчета ....».

Обзор современных данных по вопросу о причинах и механизме разрушения активной массы положительного электрода позволяет заключить, что эти причины носят принципиальный характер, что существенно ограничивает возможности эффективной борьбы с этим явлением.

Одной из возможностей активного воздействия на процесс разрушения активной массы положительных электродов является введение в активную! массу в процессе изготовления свинцовых аккумуляторов различного рода; упрочняющих добавок: полимерных волокон, порошков, суспензий. Для повышения срока службы положительной массы особое значение приобретают мероприятия, направленные

на усовершенствование конструкции аккумулятора, подбор материала и конструкции сепаратора. В известной мере некоторые эксплуатационные параметры могут воздействовать на процесс оплывания активной массы, такие как режим заряда, наличие вредных примесей, попадающих с доливаемой водой.

**Профилактика при эксплуатации свинцово-кислотных аккумуляторов** Существует возможность восстановления характеристик аккумуляторов, емкость которых уменьшилась до 80 % от начальной, при циклировании с зарядом пульсирующим током величиной от 0.1С до 0.5С (время импульса порядка 200-400 мс, соотношение времени импульса и паузы 1:3). Эта возможность испытывалась на аккумуляторах с решетками из сплавов свинец-сурьма и свинец-кальций-олово. Несмотря на то, что механизмы, вызывающие преждевременную потерю емкости, отличаются, эффект от заряда пульсирующим током наблюдался у обоих типов источников тока. Целесообразно периодически выполнять циклирование в таком режиме для поддержания электродных масс аккумулятора в активном состоянии.

При эксплуатации герметизированных свинцово-кислотных аккумуляторных батарей следует помнить, что в атмосфере помещения, в котором они эксплуатируются, может появиться водорода (из-за сброса излишнего давления при перезаряде батарей). В целях безопасности помещение следует вентилировать, так как для предотвращения взрыва в атмосфере не должно быть содержания водорода в концентрации больше 4%.

Литература:

*Барковский В.И. и др. Влияние годичного хранения на параметры необслуживаемых свинцово-кислотных аккумуляторов//Электротехника. - 1988. - №8. - С.6-9.*

В.И.Болотовский, З.И.Вайсгант «Эксплуатация,обслуживание и ремонт свинцовых аккумуляторов»,Ленинград, Энергоатамиздат, 1989 год.

М. А. Дасоян, В. В. Новодережкин, Ф. Ф. Томашевский «Производство электрических аккумуляторов», Москва, «Высшая школа», 1977

Н.Ламтев «Самодельные аккумуляторы», Москва, Государственное издательство по вопросам радио, 1936

Б.И.Центер и Н.Ю.Лызлов Монография «Металл-водородные электрохимические системы», Л., «Химия», 1989.

М. А. Дасоян, И. А. Агуф «Основы расчета, конструирования и технологии производства свинцовых аккумуляторов», Ленинград, Энергия, 1978 г.

М. А. Дасоян, И. А. Агуф «Современная теория свинцового аккумулятора», Ленинград, Энергия, 1975.

Е. И. Крепанова «Исследование причин, вызывающих разрушение активной массы положительных пластин свинцового аккумулятора. Сборник работ по аккумуляторам. Москва, ЦБТИ, Электропривод, 1958.