

УДК 623.942.2
623.592

Бондарь А.И., Дегтярь С.М., Павленко С.А., Смоляков В.А.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ В ВОЕННОЙ ГУСЕНИЧНОЙ И КОЛЕСНОЙ ТЕХНИКЕ

Введение.

В настоящее время в качестве источника энергии в отечественной военной колесной и гусеничной технике в основном используются аккумуляторные свинцовые стартерные батареи типа 12СТ-85, которые по своему технологическому исполнению относятся к классу обслуживаемых. В то же время появление в отрасли производства аккумуляторных батарей (АКБ) новых технологий производства позволяют значительно повысить ресурс АКБ и расширить возможность их применения.

Цель работы.

Определение перспектив использования АКБ в военной гусеничной и колесной технике.

Основная часть.

Устройство и принцип работы свинцово-кислотной АКБ. Простейший свинцово-кислотный аккумулятор состоит из двух свинцовых пластин, опущенных в раствор серной кислоты.

Во время заряда в аккумуляторе происходит химическое разложение серной кислоты, на катоде выделяется водород, а на аноде – кислород. Последний окисляет поверхность анодной пластины, и она покрывается коричневым слоем диоксида свинца; катодная пластина остается чисто свинцовой. Пластины современных АКБ изготавливаются решетчатыми и заполняются активной массой, состоящей из диоксида свинца для положительных пластин и губчатого (мелко раздробленного) свинца для отрицательных.

Применение пластин с активной массой значительно повышает ёмкость АКБ. Кроме того, для увеличения емкости в аккумуляторе устанавливают не две пластины, а большее их количество (например, пять, семь или девять). Число отрицательных пластин бывает на одну больше, чем положительных. Каждую положительную пластину размещают между двумя отрицательными. Поэтому поверхность пластин используется с обеих сторон. Чтобы не допустить короткого замыкания пластин, между ними помещают пористые изоляционные прокладки-сепараторы. Такие батареи требуют регулярного контроля и поддержания плотности электролита и другого обслуживания.

Ёмкость АКБ записывается в Ампер-часах. Ампер-час (А·ч) — внесистемная единица измерения электрического заряда, применяемая при обслуживании электрических АКБ а также при учёте потребления электроэнергии. Аккумулятор с зарядом в 1 А·ч способен обеспечить силу тока 1 ампер в течение одного часа. Потребление электроэнергии в 1 А·ч означает, что средний ток в цепи потребления составлял 1 ампер в течение 1 часа, а среднее напряжение было фиксированным.

По своему технологическому исполнению АКБ делятся на три основных типа: обслуживаемые, малообслуживаемые и необслуживаемые. Обслуживаемая АКБ является самым дешевым накопителем электроэнергии. Но в тоже время она не только тре-

бует ежедневного контроля эксплуатации, но и имеет короткий срок службы, вызванный растрескиванием, разгерметизацией, окислением элементов батареи.

Обслуживаемые АКБ бывают: незаряженные, с электролитом, сухозаряженные.

При маркировке незаряженные АКБ 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. Незаряженные АКБ используются очень редко.

Для АКБ с залитым электролитом для продолжения работоспособности аккумулятора рекомендуется провести контрольно-тренировочный цикл: сначала разрядить ток, равным 0,1 емкости, при плотности электролита, соответствующего району эксплуатации, а потом зарядить обычным способом, после чего его можно эксплуатировать.

Сухозаряженные АКБ отличаются от остальных тем, что их пластины перед сборкой заряжают (формируют), потом промывают и сушат горячим воздухом с температурой от 60 до 180 °С при скорости потока воздуха от 2 до 6 м/с.

Сухозаряженные аккумуляторы можно хранить в сухом закрытом помещении при температуре воздуха 5–30 °С с плотно завинченными глухими пробками на протяжении 1–2 лет.

Малообслуживаемая АКБ является оптимальным выбором по стоимости и качеству. Она обладает достаточно высокими эксплуатационными характеристиками, АКБ имеет доступ для заливки электролита и время от времени требует контроля уровня электролита. Герметичная необслуживаемая АКБ является самой дорогой батареей. Она не имеет отверстий для заливки электролита, и требует относительной стабильности напряжения заряда.

По своему функциональному назначению свинцово-кислотные АКБ разделяют на четыре основные группы; стартерные, стационарные, тяговые и портативные.

В нашем случае рассмотрим стартерные АКБ. Стартерные АКБ предназначены для запуска двигателей внутреннего сгорания и энергообеспечения устройств машин.

В своем развитии стартерные свинцово-кислотные АКБ прошли следующие этапы:

Батареи первого поколения – батареи с жидким электролитом открытого или закрытого типа, имеющие емкость от 36 до 5328 А·ч и срок службы от 10 до 20 и более лет. Батареи открытого типа не имеют крышек, и электролит непосредственно соприкасается с открытым воздухом. АКБ закрытого типа имеют специальные пробки, обеспечивающие задержку аэрозоли серной кислоты. Пробки для заливки электролита и добавления воды при эксплуатации вывинчиваются. АКБ закрытого типа могут быть обслуживаемыми и необслуживаемыми.

Необслуживаемые АКБ от производителя поставляются залитыми и заряженными, и в течение срока службы нет необходимости доливки воды, т.к. конструкция пробок таких батарей обеспечивает удержание ее паров в виде конденсата.

Преимущества свинцово-кислотных стартерных батарей:

– дешевизна и простота производства – по стоимости 1 Вт·ч энергии эти батареи являются самыми дешевыми;

– отработанная, надежная и хорошо понятная технология обслуживания;

– допустимы высокие токи разряда.

В то же время свинцово-кислотные АКБ имеют следующие недостатки:

- низкая энергетическая плотность и как следствие большой вес аккумуляторных батарей ограничивает их применение в стационарных и подвижных объектах;
- допустимо лишь ограниченное количество циклов полного разряда;
- кислотный электролит и свинец оказывают вредное воздействие на окружающую среду;
- при неправильном заряде возможен перегрев;
- выдерживают наименьшее число циклов заряд-разряд по сравнению с другими типами аккумуляторов (в среднем 250 циклов);
- не могут храниться в разряженном состоянии, т.к. полный разряд вызывает образование сульфатов и такую потерю емкости, после которой АКБ не восстанавливаются;
- чувствительны к глубоким разрядам т.к. глубокий разряд вызывает дополнительное напряжение, подобное напряжению механического устройства. Фактически, каждый цикл разряда / заряда отнимает у аккумулятора небольшое количество емкости. Эта потеря очень небольшая, если аккумулятор находится в хорошем состоянии, но становится более ощутима, как только емкость понижается ниже 80 % от номинальной;
- выделение водорода;
- при температуре более 30 °С образование сульфата происходит в геометрической прогрессии;
- при низких температурах емкость АКБ снижается;
- 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 1–2 % в сутки, ведущий к образованию сульфата, в процессе эксплуатации этот показатель увеличивается;
- потери энергии на теплообразование при зарядке – 15–20 %;
- необходимость проведения в стационарных условиях контрольных зарядно-разрядных циклов не реже чем раз в полгода.
- необходимость проверки и пополнения уровня электролита в связи с его выкипанием в процессе эксплуатации.
- срок службы аккумулятора ограничен до 5 лет при условии максимального соблюдения правил эксплуатации.

Таким образом, свинцово-кислотные АКБ обычно используются, когда нужна большая емкость, требования к весу не критические и стоимость батареи должна сохраниться низкой.

Батареи второго поколения – герметизированные гелевые батареи. В них вместо жидкого электролита используется гель, представляющий собой желе, полученное в результате смешивания раствора серной кислоты с загустителем (обычно это двуокись кремния SiO₂ – силикагель). Гелевый электролит позволяет добиться полной герметичности батареи, так как все газовыделение происходит внутри сильно развитой системы пор в массе геля. Технология производства гелевых батарей получила название GEL.

В процессе сушки гелевая структура пронизывается микротрещинами, которые не дают испарениям электролита улетучиваться: молекулы кислорода и водорода удерживаются внутри геля, реагируют между собой и превращаются в воду, которая впитывается гелем. Почти все испарения, таким образом, возвращаются обратно в аккумулятор и этот процесс называется рекомбинацией газа. Однако все молекулы ре-

комбинировать не удаётся и избыточный газ сбрасывается через предохранительные клапана. Происходит это обычно при больших токах заряда.

Сепаратор в гелевых аккумуляторах тоже необычный – микропористый дюрпластик, за счёт присадок из алюминия он обладает высокой стойкостью в агрессивной среде, уменьшает внутреннее сопротивление в аккумуляторе, обладает высокой температурной стабильностью и механической прочностью; последнее обеспечивает высокую вибростойкость и ударопрочность конструкции.

Наиболее распространены гелевые АКБ торговых марок Sonnenschein, Optima, Stinger, Exide.

Преимущества гелевых АКБ:

- потери энергии на теплообразование при зарядке – 10–16 %;
- в течение всего срока эксплуатации не нуждаются в обслуживании;
- герметичный корпус, позволяющий АКБ устанавливать в наиболее предпочтительном с точки зрения конструкторов месте – вблизи центра тяжести;
- отсутствует выделение водорода;
- саморазряд 1–3 % в месяц;
- не критичны к глубокому разряду (кратковременному), т.к. гелевый электролит находится в «связанном» состоянии, поэтому разряд АКБ не сопровождается его испарением, коррозией решетки и оползанием активной массы положительного электрода;
- выдерживают около 1000 циклов заряда-разряда;
- долгое время могут находиться в разряженном состоянии.

Недостатки гелевых АКБ:

- для предотвращения обильного газовыделения во время подзаряда необходимо использовать зарядные устройства, обеспечивающие нестабильность напряжения заряда не хуже ± 1 %;
- критичны к температуре окружающей среды: температура эксплуатации от минус 40 до плюс 45 °С (температура более 45 °С существенно снижает ресурс АКБ);
- цена в 2–3 раза выше, чем у обычных свинцово-кислотных АКБ.

Батареи третьего поколения. Дальнейшим совершенствованием конструкции гелевых свинцово-кислотных АКБ являются герметизированные батареи с абсорбированным сепаратором электролитом – батареи третьего поколения. Часто их называют батареями, собранными по AGM-технологии. AGM – Absorbed in Glass Mat, т.е. технология, при которой электролит абсорбирован в сепараторах из стекловолокна, размещенных между электродами. Такой сепаратор представляет собой пористую систему, в которой капиллярные силы удерживают электролит. При этом количество электролита дозируется так, чтобы мелкие поры были заполнены, а крупные оставались свободными для свободной циркуляции выделяющихся газов. По своим свойствам AGM батареи подобны гелевым, за исключением того, что газообразование в них существенно меньше, и меньшее влияние на их работу оказывает температура окружающей среды. Наиболее широкое распространение получили следующие торговые марки: Tudor, Marathon, Sprinter, Absolyte, Stark, Hawker, Deka, Xtreme.

Преимущества AGM АКБ:

- потери энергии на теплообразование при зарядке – около 4 %;
- в течение всего срока эксплуатации не нуждаются в обслуживании, не критичны к понижению температуры;
- герметичный корпус, позволяющий АКБ устанавливать в наиболее предпочтительном с точки зрения конструкторов месте – вблизи центра тяжести;

- отсутствует выделение водорода;
- саморазряд 1–3 % в месяц;
- маленькое внутреннее сопротивление, поэтому при заряде АКБ почти не нагреваются;

Так как AGM АКБ являются разновидностью гелевых АКБ, то обладают теми же недостатками, что и гелевые АКБ.

Для примера рассмотрим АКБ типа 12СТ-85 и AGM АКБ XTREME 670901105.

В таблице 1 приведены основные технические характеристики АКБ типа 12СТ85 и АКБ ХТЕМЕ 670901105.

Таблица 1 – Основные технические характеристики АКБ типа 12СТ-85 и XTREME 670901105

Наименование параметра	Наименование АКБ	
	12СТ-85	XTREME 670901105
Номинальное напряжение, В	24	12
Номинальная емкость, А·ч	85	170
Масса с электролитом, кг не более	70	70
Длина, мм не более	586,0	513,0
Ширина, мм не более	243,0	223,0
Высота, мм не более	240,0	223,0
Занимаемый объем, м ³ не более	0,034	0,025
Стоимость, у.е.	430,0	720,0

На рисунках 1 и 2 представлены сравнительные графики "стартерных" режимов разряда и саморазряда АКБ типа 12СТ-85 и АКБ XTREME 670901105.

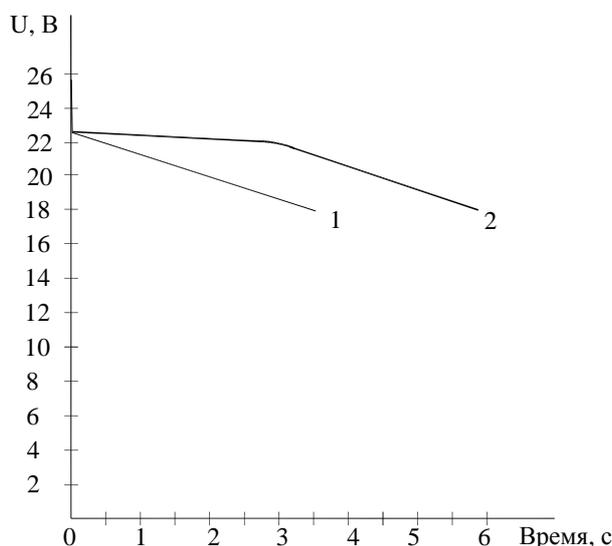


Рисунок 1 – Графики "стартерных" режимов разряда АКБ типов 12СТ-85 и XTREME 670901105

1 – "стартерный" режим разряда одной АКБ типа 12СТ-85 током 400 А при температуре (25±2) °С; 2 – "стартерный" режим разряда током 500 А при температуре (25±2) °С двух АКБ типа XTREME 670901105, соединенных последовательно

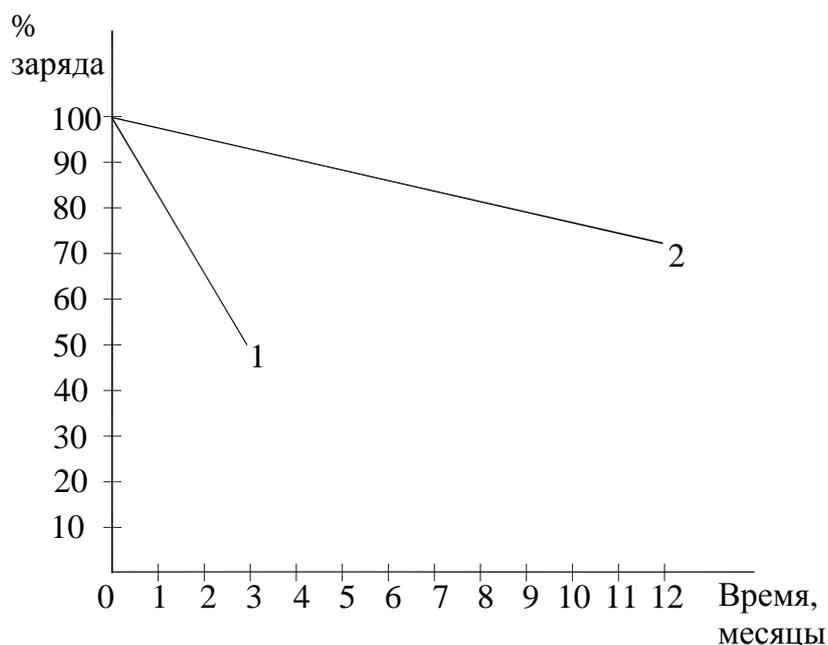


Рисунок 2 – Графики саморазряда АКБ типов 12СТ-85 и XTREME 670901105

1 – саморазряд одной АКБ типа 12СТ-85 при температуре $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$; 2 – саморазряд АКБ типа XTREME 670901105 при температуре $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$

Из рисунков 1, 2 и данных таблицы 1 видно, что АКБ XTREME 670901105, изготовленные по AGM-технологии обладают значительными преимуществами по характеристикам "стартерного" режима работы и саморазряда при общем сохранении на одинаковом уровне массо-габаритных характеристик.

Выводы

Таким образом, учитывая развитие технологии производства аккумуляторных батарей, особенности эксплуатации военной техники, а также массо-габаритные характеристики АКБ XTREME 670901105, которые меньше соответствующих характеристик АКБ 12СТ-85, целесообразно рекомендовать гелевые или AGM АКБ к установке на перспективные и уже имеющиеся изделия бронетанковой техники. При этом для обеспечения необходимой нестабильности напряжения заряда $\pm 1\%$ в соответствии с требованием ГОСТ В 21999-86 необходима установка в изделие генератора напряжения мощностью более 5,0 кВт и соответствующего регулятора напряжения. Вопрос превышения стоимости гелевых и AGM АКБ по сравнению со стоимостью АКБ типа 12СТ-85 может быть компенсирован отсутствием затрат эксплуатирующей организации на эксплуатационные материалы, персонал, обеспечивающий обслуживание АКБ типа 12СТ85, а также длительным сроком службы гелевых или AGM АКБ по сравнению с обычными кислотно-свинцовыми АКБ.

Литература

1. Дасоян М.А. и др. Стартерные аккумуляторные батареи: Устройство, эксплуатация и ремонт.– М.: Транспорт, 1991.– 205 с.
2. Деордиев С.С. Аккумуляторы и уход за ними. К.: Техника, 1985. 136 с.

3. Багоцкий В.С., Скундин А.М. Химические источники тока. М.: Энергоиздат, 1981. 360 с.
4. Электротехнический справочник. В 3-х т. Т.2. Электротехнические изделия и устройства/под общ. ред. профессоров МЭИ (гл. ред. И.Н. Орлов) и др. изд. 6 испр. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1986. 712 с.
5. ГОСТ 26881-86. Аккумуляторы свинцовые стационарные. Общие технические условия.
6. Батареи аккумуляторные свинцовые стартерные 12СТ-85 Технические условия ТУ У 20040378.011-98.
7. ГОСТ В21999-86. Системы электроснабжения военных гусеничных машин. Нормы качества электрической энергии и методы контроля.

Bibliography (transliterated)

1. Dasojan M.A. i dr. Starternye akkumuljatornye batarei: Ustrojstvo, jekspluatacija i remont.– М.: Transport, 1991.– 205 p.
2. Deordiev S.S. Akkumuljatory i uhod za nimi. К.: Tehnika, 1985. 136 p.
3. Bagockij V.S., Skundin A.M. Himicheskie istochniki toka. М.: Jenergoizdat, 1981. 360 p.
4. Jelektrotehnicheskij spravocnik. V 3-h t. T.2. Jelektrotehnicheskie izdelija i ustrojstva/pod obshh. red. professorov MJeI (gl. red. I.N. Orlov) i dr. izd. 6 ispr. i dop. М.: Jenergoatomizdat, 1986. 712 p.
5. GOST 26881-86. Akkumuljatory svincovyje stacionarnye. Obshhie tehniche-skie uslovija.
6. Batarei akkumuljatornye svincovyje starternye 12ST-85 Tehnicheskie uslovija TU U 20040378.011-98.
7. GOST V21999-86. Sistemy jelektrosnabzhenija voennyh gusenichnyh mashin. Normy kachestva jelektricheskoy jenerгии i metody kontrolja.

УДК 623.942.2
623.592

Бондар О.І., Дегтяр С.М., Павленко С.А., Смоляков В.А.

**ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ
У ВІЙСЬКОВІЙ ГУСЕНИЧНІЙ І КОЛІСНІЙ ТЕХНІЦІ**

У статті розглянуто свинцево-кислотні, гелеві та AGM-батареї як найбільш придатні типи АКБ для використання їх у якості стартерних у військовій гусеничній та колісній техніці, їх переваги та недоліки. Для перспективних розробок запропоновано використання гелевих АКБ або AGM АКБ.

Bondar A.I., Degtyar S.M., Pavlenko S.A., Smolyakov V.A.

**MEASUREMENT OF THE CHARGE OF THE LIQUID BY MEANS
OF THE ULTRASONIC FLOWMETER**

In article are considered SLA, GEL and AGM-batteries to the most comprehensible types batteries for their use in quality starter in the military caterpillar and wheel technics, their merits and demerits. For perspective workings out use GEL batteries or AGM-batteries is recommended.