

УДК 004.8

## ПОРТАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ – АККУМУЛЯТОРЫ. ПЕРСПЕКТИВА МОДЕРНИЗАЦИИ.

Бикметов Р.Р.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Филиал ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный технический университет» в г. Стерлитамаке, Россия (453104, Республика Башкортостан, г. Стерлитамак, ул. Химиков, 21), e-mail: [brain.houp@yandex.ru](mailto:brain.houp@yandex.ru)

Орлов А.В.<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Филиал ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный технический университет» в г. Стерлитамаке, Россия (453104, Республика Башкортостан, г. Стерлитамак, ул. Химиков, 21), e-mail: [orlov\\_alexey81@mail.ru](mailto:orlov_alexey81@mail.ru)

В данной статье рассматривается работа различных аккумуляторов, их структура и история. Большая часть населения планеты даже не задумывается насколько сильно изменило нашу жизнь появление аккумуляторов. Эти портативные источники энергии позволяют нам перемещаться по планете с мобильными устройствами, не тая за собой длинный провод от сети. Но мало кто задумывается над тем, из чего они состоят и почему некоторые аккумуляторы так быстро теряют заряд. На первый взгляд в глаза бросается то, что проблема с быстрым старением этого портативного источника, связано с неправильным его использованием. Да, это так, но мы капнули глубже в этот вопрос, и выяснилось, что некоторые из аккумуляторов имеют так называемый «эффект памяти». Такие аккумуляторы для долгой работы требуют более бережного использования.

**Ключевые слова:** портативный источник энергии, аккумулятор, заряд, электроёмкость.

## PORTABLE SOURCES OF ENERGY - ACCUMULATORS. PERSPECTIVE OF MODERNIZATION.

Bikmetov R.R.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Branch of USATU in the city of Sterlitamak, Russia (453104, Republic of Bashkortostan, Sterlitamak, street Chemists, 21), e-mail: [brain.houp@yandex.ru](mailto:brain.houp@yandex.ru)

Orlov A.V.<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Branch of USATU in the city of Sterlitamak, Russia (453104, Republic of Bashkortostan, Sterlitamak, street Chemists, 21), e-mail: [orlov\\_alexey81@mail.ru](mailto:orlov_alexey81@mail.ru)

This article deals with the operation of various batteries, their structure and history. Most of the world's population does not even think how much the appearance of batteries has changed our life. These portable power sources allow us to navigate the planet with mobile devices, without shadowing a long wire from the network. But few people think about what they are made of and why some batteries lose their charge so quickly. At first glance, it seems that the problem with the rapid aging of this portable source is due to its incorrect use. Yes, it is, but we dripped deeper into this issue, and it turned out that some of the batteries have a so-called "memory effect". Such batteries for long operation require more careful use.

**Ключевые слова:** portable power source, battery, charge, electrical capacity.

Очень сложно представить нашу современную жизнь без аккумуляторов. Эти мобильные источники энергии можно без всяких сомнений назвать венцов всех существующих переносных электрических устройств, даже ни один автомобиль не обходится без его участия. Роль этого портативного источника энергии, безусловно, очень велика, а исследования в этой области очень перспективны. Их отсутствие

притянуло бы нас к сети, проводам, делая нас менее подвижными и продуктивными. Но, как нам известно, эти устройства так же хороши, как и опасны. Хорошим примером может служить недавний выпуск телефона SAMSUNG galaxy note 7 с его известной взрывчатой «начинкой». Аккумуляторы известны своей взрывоопасностью, вздутием, потерей заряда (старость) и другими подобными проблемами. Какие аккумуляторы существуют? Как исключить взрыв устройства? Почему происходит потеря заряда аккумулятора? На эти вопросы мы постараемся ответить.

Традиционно начнём с истории возникновения мобильных источников энергии, и первом их применении.

Первые опыты, показавшие возможность аккумуляции, т.е. скопить электрическую энергию, были произведены вскоре после открытия итальянским ученым Вольтой явления гальванического электричества.

В 1801 году французский физик Готеро, пропуская через воду посредством платиновых электродов ток, обнаружил, что после того, как ток через воду прерван, можно, соединив между собой электроды, получить кратковременный электрический ток.

Ученый Риттер проделывал затем тот же опыт, употребляя вместо платиновых электродов электроды из золота, серебра, меди и т. д. и отделяя их друг от друга кусками сукна, пропитанными растворами солей, он получил первый вторичный, т. е. способный отдавать запасенную в нем электрическую энергию, элемент.

Первые попытки создать теорию такого элемента были сделаны Вольтой, Марианини и Бекерелем, которые утверждали, что действие аккумулятора зависит от разложения электрическим током растворов солей на кислоту и щелочь и что эти последние затем, соединяясь, дают снова электрический ток.

Эта теория была разбита в 1926 году опытами Дерягина, который первый применил в аккумуляторе подкисленную воду.

Большое практическое усовершенствование в развитии аккумуляторов было внесено в 1859 году Гастоном Планте, который в результате длинного ряда опытов пришел к типу аккумулятора, состоящего из свинцовых пластин с большой поверхностью, которые при зарядке током покрывались окисью свинца, а выделяя кислород и жидкость, отдавали электрический ток.

Дальше аккумулятор подвергался множественным усовершенствованиям различных учёных, в результате первый не свинцовый аккумулятор был запатентован Эдиссоном и Юнгнером.

Этот аккумулятор состоит из двух систем пластин, содержащих одна окись железа, а другая черную окись никкеля, опущенных в 20% раствор едкой щелочи, обычно едкого кали, с прибавлением 0,5 - 1% едкого лития.

Элементы Эдиссона и Юнгнера получили широкое применение в тех случаях, когда необходим малый вес и неприхотливость аккумуляторов к зарядке, так как они могут стоять как угодно долго в разряженном состоянии. Вытеснить свинцовые аккумуляторы они, однако, не смогли как благодаря их высокой цене, так и вследствие малой отдачи и низкого напряжения, даваемого ими. Таким образом, железониккелевым аккумуляторам отведено, большое место во всех переносных и подвижных установках, в то время как за свинцовыми аккумуляторами стало широкое поле применения в стационарных установках[3].

В 1881 году, буквально перед появлением первого автомобиля был создан первый аккумулятор, похожий на современный. В нем уже использовались свинцовые литые решетки с запрессованной в них пасты двуокиси свинца.

С началом производства автомобилей, когда путем недолгих испытаний остановились на искровой системе зажигания, потребовался источник электроэнергии. Свинцово-кислотные аккумуляторные батареи оказались как нельзя кстати, так как аккумулятор можно было снимать с автомобиля и проводить зарядку.

Снимать аккумуляторную батарею требовалось потому, что первые автомобили не имели генератор. А вся система электрооборудования автомобиля состояла из аккумуляторной батареи и несложной системы зажигания.

В дальнейшем автомобили стали оборудовать электрическими фарами, которые пришли на замену масляных и ацетиленовых горелок.

Первый автомобиль, который оснащен генератором, был Cadillac и сконструирован он в 1912 году. На автомобиле наряду с 6-вольтовым свинцово-кислотным аккумулятором имелось также резервное питание системы зажигания в виде сухих батареек.

Корпусы первых аккумуляторов изготавливались из деревянных досок, а впоследствии – из эбонита. Каждый элемент аккумулятора имел рабочее напряжение примерно 2,2 Вольта. Уже эти элементы формировались в одном корпусе и создавали 6-вольтовые аккумуляторы с тремя элементами, 12-вольтовые с шестью элементами и 24-вольтовые с двенадцатью элементами.

На легковых автомобилях прошлого века использовалась 6-вольтовая система электрооборудования. И только во второй половине XX века электрооборудование было переведено на напряжение в 12-вольт.

Легкий и прочный полипропилен заменил эбонит, из которого изготавливались корпуса аккумуляторных батарей. Синтетические материалы первыми стали применять в 1941 году австрийская фирма Vagen. А фирма Johnson Controls в середине 60-х годов для изготовления корпусов аккумуляторов начала использовать полипропилен.

С тех пор в конструкции свинцово-кислотных аккумуляторных батарей произошло много других изменений, которые влияют на срок службы и технические параметры аккумулятора[4].

На современном этапе аккумуляторы можно поделить на пять типов: SLA (герметичный свинцово-кислотный), NiCD (никель-кадмиевый), NiMH (никель-металл-гидридный), Li-Ion (литий-ионный), Li-Pol (литий-полимерный). Давайте каждый по отдельности рассмотрим и приведём их основные сводные характеристики в таблицу.

Герметичные свинцово-кислотные аккумуляторы (SLA) – наиболее доступные по цене вторичные (перезаряжаемые) источники тока. Доступные, в нынешней экономике, означает, во-первых, наличие в продаже типовых батарей напряжением 6В и 12В, емкостью от одного до тысячи А\*ч, во-вторых, то, что за 1 вечноезеленый у.е. можно купить от 1.5 до 6 Вт\*ч номинальной емкости. Меньшая цифра соответствует малым батареям, большая – большим.

Среди плюсов можно выделить такие факторы как: относительно медленный саморазряд (не более 5% емкости в месяц при комнатной температуре), относительная долговечность при условии неглубоких циклов разряда. Отсутствие «памяти» (свойственной никель-кадмиевым аккумуляторам). Допускается постоянный «плавающий» подзаряд в дежурном режиме (именно так работают автомобильные аккумуляторы)[2].

Особенность герметичных кислотных свинцовых аккумуляторов заключается в том, что электролит в них не жидкий, а гелеобразный. Корпус аккумуляторов герметичен. Эти качества позволяют использовать аккумуляторную батарею в любом положении, не боясь утечки электролита. Гелиевые кислотные свинцовые батареи не требуют периодического пополнения электролита.

Кроме перечисленных качеств герметичные свинцово-кислотные аккумуляторы не боятся глубокого разряда, могут длительное время храниться в заряженном состоянии при малом токе саморазрядки. Также гелиевые аккумуляторы лишены «эффекта памяти».

За счёт использования электродов из эффективного свинцово-кальциевого сплава аккумуляторные батареи имеют длительный срок службы и работоспособны при интервале температур от -20 °С до +50 °С.

Герметичные кислотные свинцовые аккумуляторы пригодны и в радиолюбительской практике для резервирования питания различных самодельных электронных приборов.

Максимальный пятисекундный ток разрядки герметичного аккумулятора может достигать 360 Ампер! (у аккумуляторов ёмкостью 38 А\*ч и номинальным напряжением 12 вольт).

Зарядное напряжение при циклическом режиме работы (для 12 вольтовых аккумуляторов) составляет 14,4 – 15 Вольт. Для резервного режима 13,5 – 13,8 Вольт (такой режим используется в автоматических охранных и пожарных системах).

#### Недостатки герметичных аккумуляторных батарей

На практике бывало, что герметичная батарея “раздувалась”, деформировался пластмассовый корпус аккумулятора, хотя аккумулятор сохранял свою работоспособность. Связано это с избыточным выделением газа или с производственным браком перепускных клапанов.

Несмотря на корпус из ударопрочного пластика не стоит надеяться на его надёжность. Если на корпусе аккумулятора есть трещины и сколы, то вскоре сквозь эти трещины начнёт просачиваться электролит, особенно если трещина на донной части корпуса. Так как электролит в герметичных батареях в виде геля, то утечка электролита слабая. Утечку электролита можно предотвратить, плотно заклеив трещину в корпусе, например скотчем. Работоспособность аккумулятора при таком дефекте, как правило, сохраняется[1].

Никель-кадмиевые аккумуляторы (Ni-Cd) любят быстрый заряд, медленный разряд до состояния полного разряда и подзарядку импульсами тока, в то время как батареи других типов предпочитают частичный разряд и умеренные токи нагрузки. Это тип аккумуляторов, которые способны работать в самых жестких условиях.

Для никель-кадмиевых аккумуляторов крайне необходим полный периодический разряд: если его не делать, на пластинах элементов формируются крупные кристаллы, значительно снижающие их ёмкость (так называемый "эффект памяти").

#### Преимущества:

- Возможность быстрого и простого заряда, даже после длительного хранения аккумулятора;
- Большое количество циклов заряд/разряд: при правильной эксплуатации - более 1000 циклов;
- Хорошая нагрузочная способность и возможность эксплуатации при низких температурах;
- Продолжительные сроки хранения при любой степени заряда;
- Сохранение стандартной ёмкости при низких температурах;
- Наибольшая приспособленность для использования в жестких условиях эксплуатации;
- Низкая стоимость;

#### Недостатки:

- Относительно низкая по сравнению с другими типами аккумуляторных батарей энергетическая плотность;
- Присущий этим аккумуляторам эффект памяти и необходимость проведения периодических работ по его устранению;
- Токсичность применяемых материалов, что отрицательно сказывается на экологии, и некоторые страны ограничивают использование аккумуляторов этого типа;
- Относительно высокий саморазряд - после хранения необходим цикл заряда.

Никель-металлгидридные аккумуляторы в последние десятилетия существенно потеснили никель-кадмиевые во многих областях техники. Особенно широко они применяются в автономных источниках питания портативной аппаратуры, где увеличение их удельных характеристик в 1,5-2 раза по сравнению с никель-кадмиевыми привело к улучшению потребительских свойств этой аппаратуры[6].

Никель-металлгидридные (NiMH) аккумуляторы имеют внутреннюю конструкцию, схожую с конструкцией никель-кадмиевых аккумуляторов. Положительный оксидно-никелевый электрод, щелочной электролит и расчетное давление водорода совпадают в обеих аккумуляторных системах. Различны только отрицательные электроды: у никель-кадмиевых аккумуляторов – кадмиевый электрод, у никель-металлгидридных – электрод на базе сплава поглощающих водород металлов.

В современных никель-металлгидридных аккумуляторах используется состав водородадсорбирующего сплава вида AB<sub>2</sub> и AB<sub>5</sub>. Другие сплавы вида AB или A<sub>2</sub>B не получили широкого распространения. Символом А обозначается металл (или смесь металлов), при образовании гидридов которых выделяется тепло. Соответственно, символ В обозначает металл, который реагирует с водородом эндотермически.

Преимущества:

- Большая емкость - на 40% и более, чем обычные NiCd батареи
- Намного меньшая выраженность эффекта «памяти» по сравнению с никель-кадмиевыми аккумуляторами - циклы обслуживания батареи можно проводить в 2-3 раза реже
- Простая возможность транспортировки - авиакомпании перевозят без всяких предварительных условий
- Экологически безопасны - возможна переработка
- Недостатки:
  - Ограниченное время жизни батареи - обычно около 500-700 циклов полного заряда/разряда (хотя в зависимости от режимов работы и внутреннего устройства могут быть различия в разы).
  - Эффект памяти - NiMH батареи требуют периодической тренировки (цикла полного разряда/заряда аккумулятора)
  - Относительно малый срок хранения батарей - обычно не более 3х лет при хранении в разряженном состоянии, после чего теряются основные характеристики. Хранение в прохладных условиях при частичном заряде в 40-60% замедляют процесс старения батарей.
  - Высокий саморазряд батарей
  - Ограниченная мощностная емкость - при превышении допустимых нагрузок уменьшается время жизни батарей.
  - Требуется специальное зарядное устройство со стадийным алгоритмом заряда, поскольку при заряде выделяется большое количество тепла и никель-металлгидридные батареи плохо переносят перезаряд.
  - Плохая переносимость высоких температур (свыше 25-30 по Цельсию)[9].

Литий-ионный аккумулятор (Li-ion) – тип электрического аккумулятора, который широко распространён в современной бытовой электронной технике и находит своё применение в качестве источника энергии в электромобилях и накопителях энергии в энергетических системах. Это самый популярный тип аккумуляторов в таких устройствах как сотовые телефоны, ноутбуки, цифровые фотоаппараты, видеокамеры и электромобили. Первый литий-ионный аккумулятор выпустила корпорация Sony в 1991 году.

Характеристики литий-ионных аккумуляторов зависят от химического состава составляющих компонентов и варьируются в следующих пределах:

- Напряжение единичного элемента:
  - номинальное: 3,7 В (у аккумуляторов на максимальное напряжение 4,35 В номинальное напряжение равно 3,8 В) (при разряде до середины ёмкости током, по величине равной пятой части ёмкости аккумулятора);
  - максимальное: 4,23 В или 4,4 В (у аккумуляторов на 4,35 В);
  - минимальное: 2,5-2,75-3,0 В (в зависимости от ёмкости и максимального напряжения);
- Удельная энергоёмкость: 110 до 243 Втч/кг;
- Внутреннее сопротивление: 5 до 15 мОм/Ач;
- Число циклов заряд/разряд до достижения 80 % ёмкости: 600;
- Время быстрого заряда: 15 мин до 1 час;
- Саморазряд при комнатной температуре: 3 % в месяц;
- Ток нагрузки относительно ёмкости С представленной в Ач:
  - постоянный: до 65С;
  - импульсный: до 500С;
  - оптимальный: до 1С;

- Диапазон рабочих температур: от  $-20^{\circ}\text{C}$  до  $+60^{\circ}\text{C}$  (наиболее оптимальная  $+20^{\circ}\text{C}$ );

Преимущества:

- Высокая энергетическая плотность (ёмкость)
- Низкий саморазряд
- Не требуют обслуживания

Недостатки:

- Взрывоопасна
- Имеет эффект памяти (снижается ёмкость при зарядке на холоде или в жару)[5].

Литий-полимерные аккумуляторные батареи (Li-Pol)

По своей энергоёмкости литий-полимерные аккумуляторные батареи имеют удельную энергоёмкость в 4-5 раз больше никель-кадмиевых и в 3-4 раза выше никель-металлогидридных. Оба этих типа относятся к щелочным АКБ. Сравнение производится именно с ними, поскольку в основном литиевые батареи заменили щелочные в мобильной электронике.

Li-Pol батареи имеют ресурс в 500-600 циклов заряд-разряд (при токе разряда 2С). По этому показателю они проигрывают кадмиевым (1 тысяча циклов) и примерно соответствуют металлогидридным. Технология производства и конструкция постоянно совершенствуется и в будущем, возможно, характеристики улучшатся. Стоит также отметить, что за 1-2 года полимерная АКБ теряет примерно 20% от своей ёмкости. По этому параметру они соответствуют ионным аккумуляторам[7].

Всю вышеперечисленную информацию можно свести для удобства в одну сводную таблицу.

Таблица основных характеристик

Тип аккумулятора	SLA	NiCD	NiMH	Li-Ion	Li-Pol
Напряжение на элемент, В	2.1	1.2	1.2	3.6	3.6
Удельная энергоёмкость, Вт*ч/кг	30-40	40-60	30-80	100-250	130-200
Удельная энергоплотность, Вт*ч/литр	60-75	50-150	140-300	250-360	Около 300
Максимальное число циклов заряд/разряд	500-800	2000	500-1000	1000-1200	500-1000
Саморазряд за месяц	3-20%	10%	30%	8-15%	Около 5%
Минимальное время зарядки, часов	8-16	1	2-4	2-4	2-4
Диапазон рабочих температур, °C	-20 до 60	-40 до 60	-20 до 60	-20 до 60	0 до 60
Пиковый ток нагрузки (от ёмкости)	5C	20C	5C	Больше 2.0C	Больше 2.0C
Оптимальный ток нагрузки (от ёмкости)	0.2C	1C	0.5C	Меньше 1.0C	Меньше 1.0C
Эффект памяти	Нет	Есть	Есть	Нет	Нет
Устойчивость к перезаряду	Высокая	Средняя	Низкая	Очень низкая	Очень низкая

[10]

Из таблицы видно, что у каждого аккумулятора есть свои преимущества и недостатки.

Повышение электроёмкости является одной из важных направлений для учёных, так как это значительно повышает срок службы и область применения аккумулятора. На сегодняшний день можно выделить пять наиболее перспективных проектов, которые в будущем могут воплотиться в коммерческих продуктах.

1. Батареи, в которых вместо графитовых анодов используются кремниевые нанопровода диаметром 100 нм и длиной в несколько микрон

Не так давно ученые из Южно-Калифорнийского университета доказали, что для воплощения данного проекта в коммерческий продукт не нужно пять или десять лет. Ученым удалось увеличить емкость батарей втрое и сократить время зарядки до 10 минут.

2. Батареи, в которых используются покрытые серой пористые углеродные нанопровода с электролитическими добавками.

Ученые из Стэнфордского университета разработали новый тип анодов из углеродных нанопроводов. Изначально ученые столкнулись с быстрым выходом батарей из строя по причине разрушения материала в результате расширения и сжатия во время перезарядки, но они нашли выход из ситуации путем покрытия пористых углеродных нанопроводов серой и улучшения другой составной Li-ion аккумуляторов (анода) электролитическими добавками. В результате емкость батарей удалось увеличить в четыре-пять раз.

### 3. Литий-воздушные батареи

Работу литий-воздушных батарей можно описать следующим образом: вместо оксидов металла в позитивном электроде используется углерод, вступающий в реакцию с воздухом для создания электрического тока. Использование углерода делает батареи данного типа заметно легче по сравнению с графитовыми аналогами. По словам IBM, данные батареи позволят поставить электромобили в один ряд с бензиновыми авто, хотя на автомобильной индустрии их применение не закончится.

### 4. Батареи, в которых применены аноды из олова

Ученые из Вашингтонского университета разработали технологию, которая поможет утроить емкость Li-ion аккумуляторов, сократить время зарядки и продлить срок службы. Данная технология, которая была запатентована учеными под руководством профессора Гранта Нортон (Grant Norton), описана следующим образом: графитовые (карбоновые) электроды были заменены анодами из олова. Коммерческие Li-ion аккумуляторы, в которых применены аноды олова, с виду не отличаются от графитовых аналогов и не требуют дополнительных затрат на внесение изменений в конструкции устройств.

### 5. Батареи, в которых применены кристаллы магнетита из зубов моллюсков

Еще в начале января текущего года сообщалось об открытии Дэвида Кизайлуса (David Kisailus) из Калифорнийского университета в Риверсайде. Он заявил, что идеальным материалом для создания дешевых наноматериалов, которые смогут в разы повысить эффективность солнечных элементов и литий-ионных батарей, является самый твердый биоминерал на Земле - магнетит. Примечательно то, что он содержится в зубах панцирного моллюска.

Достижения господина Кизайлуса могут обеспечить производство более дешевых солнечных и литий-ионных батарей, на подзарядку которых будет уходить намного меньше времени[8].

Таким образом, подведя итоги, можно безо всяких сомнений сказать, что дальнейшее усовершенствование аккумуляторов полезное и выгодное дело. На данном этапе же аккумуляторы пока не могут достигнуть уровня современных «прожорливых» электрических устройств в особенности смартфонов. Как правило, недолговечность аккумуляторов зачастую связано с тем, что пользователи не соблюдают соответствующих инструкций по пользованию данным портативным источником энергии.

Разработка аккумуляторов с большей ёмкостью позволит нам шагнуть далеко вперед в плане переносной электротехники. Создание аккумуляторов способных держать заряд долгое время приведёт к возможному исчезновению машин с двигателем внутреннего сгорания (ДВС), что положительно скажется на экологии всей нашей планеты. Отсюда вытекает вывод, что аккумуляторы не только делают нашу жизнь проще, но и приносят пользу Земле, конечно, в виде сокращений вредных газов от машин с ДВС, но это всё в ближайшем будущем.



## Список литературы

1. Герметичные кислотно-свинцовые аккумуляторы [Электронный ресурс] // Электронный журнал «go-radio» - Режим доступа: <http://go-radio.ru/accumulator.html>
2. Герметичные свинцово-кислотные аккумуляторы в радиолюбительской практике [Электронный ресурс] // Сайт паяльник «schem.net» - Режим доступа: <http://cxem.net/pitanie/5-109.php>
3. Емцов Г. Электрические аккумуляторы [Электронный ресурс] / Емцов Г. // Электронная электротехническая библиотека – Режим доступа: <http://www.electrolibrary.info/history/akkumulyator.htm>
4. Краткая история аккумулятора [Электронный ресурс] // Аккумуляторные батареи, размещено 11 апреля 2011 г. – Режим доступа: <http://avtoakkumulyator.ru/%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%B1%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B5-%D0%B0%D0%BA%D0%BA%D1%83%D0%BC%D1%83%D0%BB%D1%8F%D1%82%D0%BE%D1%80%D1%8B/ustroystvo-i-printsip-raboty/kratkaya-istoriya-akkumulyatora>
5. Литий-ионный аккумулятор [Электронный ресурс] // Электронная энциклопедия «wiki2» - Режим доступа: [https://wiki2.org/ru/%D0%9B%D0%B8%D1%82%D0%B8%D0%B9-%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9\\_%D0%B0%D0%BA%D0%BA%D1%83%D0%BC%D1%83%D0%BB%D1%8F%D1%82%D0%BE%D1%80#.D0.9F.D1.80.D0.B5.D0.B8.D0.BC.D1.83.D1.89.D0.B5.D1.81.D1.82.D0.B2.D0.B0](https://wiki2.org/ru/%D0%9B%D0%B8%D1%82%D0%B8%D0%B9-%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B0%D0%BA%D0%BA%D1%83%D0%BC%D1%83%D0%BB%D1%8F%D1%82%D0%BE%D1%80#.D0.9F.D1.80.D0.B5.D0.B8.D0.BC.D1.83.D1.89.D0.B5.D1.81.D1.82.D0.B2.D0.B0)
6. Никель-кадмиевые аккумуляторы (Ni-Cd) аккумуляторы [Электронный ресурс] // PowerInfo.ru – Режим доступа: <http://www.powerinfo.ru/accumulator-nicd.php>
7. Прохоров А. Особенности литий-полимерных аккумуляторов и правила их эксплуатации [Электронный ресурс] / Прохоров А. // Информационный сайт об аккумуляторах «Akbinfo.ru» - Режим доступа: <http://akbinfo.ru/litievye/litij-polimernyj-akkumuljator.html>
8. Пять лучших аккумуляторов будущего [Электронный ресурс] // Информационный сайт «Мир прогнозов» - Режим доступа: <http://www.mirprognozov.ru/prognosis/science/pyat-luchshih-akkumulyatorov-buduschego/>
9. Спицын Д. Никель-металлгидридные аккумуляторы [Электронный ресурс] / Спицын Д. // Электронный журнал «Geektimes», размещено 8 марта 2009 г. - Режим доступа: <https://geektimes.ru/post/53879/>

10. Типы аккумуляторов, их применение, правила обращения и подбор  
[Электронный ресурс] // Электронный журнал «ОЮ11» - Режим доступа:  
<http://oio11.dreamwidth.org/3274747.html>