

# Тестирование батареек формата AA

## Введение

Несмотря на широчайшее распространение аккумуляторов всевозможных типов, обычные одноразовые батарейки до сих пор не исчезли из продажи. Более того, многие люди используют их и для питания устройств, потребляющих достаточно большие токи – иногда вынужденно (например, пребывая вдали от розетки, где можно было бы зарядить комплект аккумуляторов), иногда лишь потому, что производители недорогих фотоаппаратов и беспроводных "мышей" до сих пор поставляют в комплекте с ними батарейки...

В нашей сегодняшней статье мы попытаемся не только сравнить различные батарейки между собой, но и выяснить, насколько они пригодны для различных применений.

## Методика тестирования

С методикой, согласно которой мы проводим тестирования, можно ознакомиться по ссылке: "Методика тестирования аккумуляторов и батареек". Так как она включает в себя не только описание тестовой установки, но и пояснения относительно различных типов элементов питания и особенностей их эксплуатации, то рекомендуется к прочтению перед ознакомлением с настоящей статьёй.

Ниже для каждой из батареек мы будем приводить фотографию и графики разрядных кривых (зависимость напряжения батарейки от времени при заданной нагрузке). Так как графиков этих много, а интерес они представляют лишь ограниченный и для узкого круга читателей, то мы будем просто ставить на них ссылки, не перегружая статью картинками. В более наглядном же виде результаты тестирования приведены в конце статьи.

Если вас интересует именно сравнение разрядных характеристик, будет удобнее скачать PDF-файл (1 Мбайт), где они собраны в одну большую таблицу.

## Солевые батарейки

### ♦ Camelion

Несмотря на надпись "Super Heavy Duty", перед нами обычные солевые батарейки малой ёмкости. Маркетинговое обозначение "Heavy Duty" в своё время появилось для разделения двух типов солевых батареек – но "слабый" тип давно уже не выпускают, а название так и осталось.

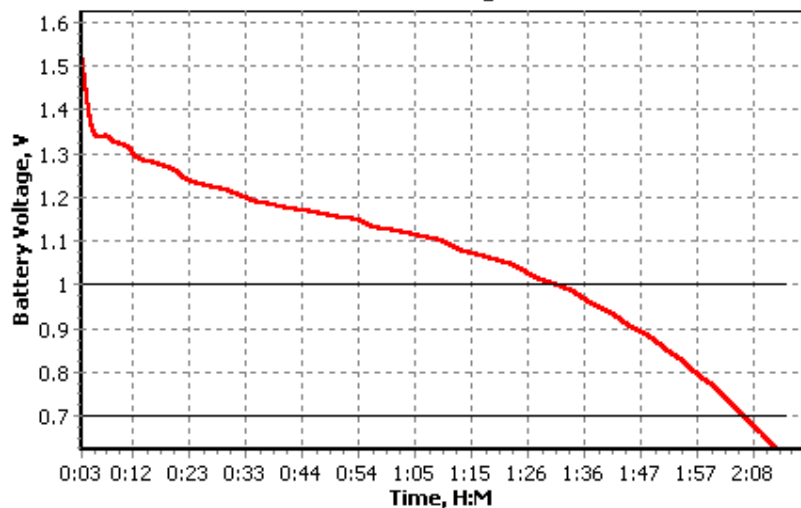


Батарейки довольно необычно вели себя при разряде током 750 мА: в определённый момент напряжение на них начало расти, хотя ток нагрузки поддерживался постоянным. Такое возможно из-за разогрева батареек (при увеличении температуры увеличивается и скорость протекания химических реакций в них), однако в данном случае это маловероятно – во-первых, в нашей тестовой установке батарейки при разряде обдуваются вентилятором, во-вторых, однотипные батарейки других производителей, в том числе тестировавшиеся одновременно с Camelion, такого эффекта не продемонстрировали. Так что, вероятно, причиной тому стали какие-то особенности химии именно батареек Camelion.

Впрочем, по разрядной кривой видно, что для питания сильноточных устройств солевые батарейки всё равно малопригодны: на токе 750 мА они садятся почти моментально.

♦ Разряд током 250 мА

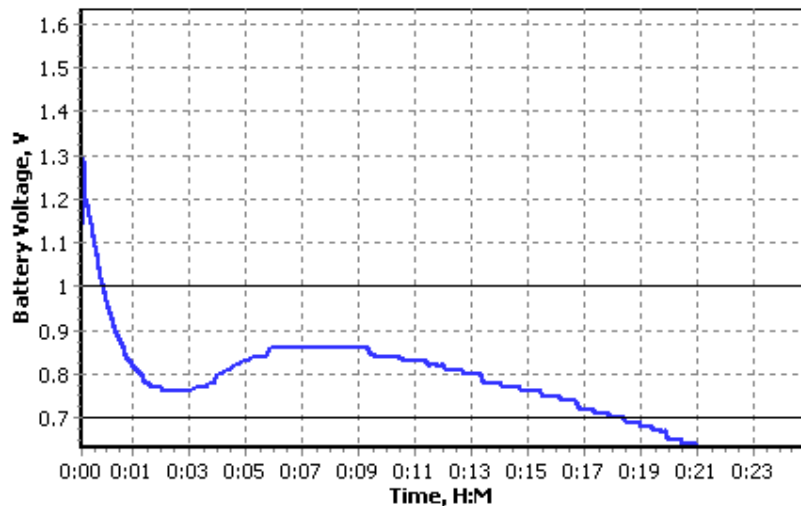
250 mA discharge



— Camelion

♦ Разряд током 750 мА

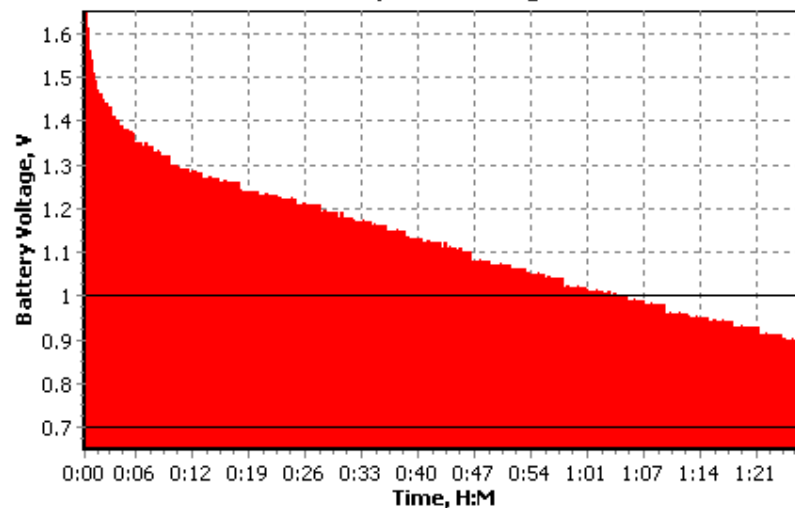
750 mA discharge



— Camelion

♦ Импульсный разряд 2,5 А

2500 mA pulse discharge



— Camelion

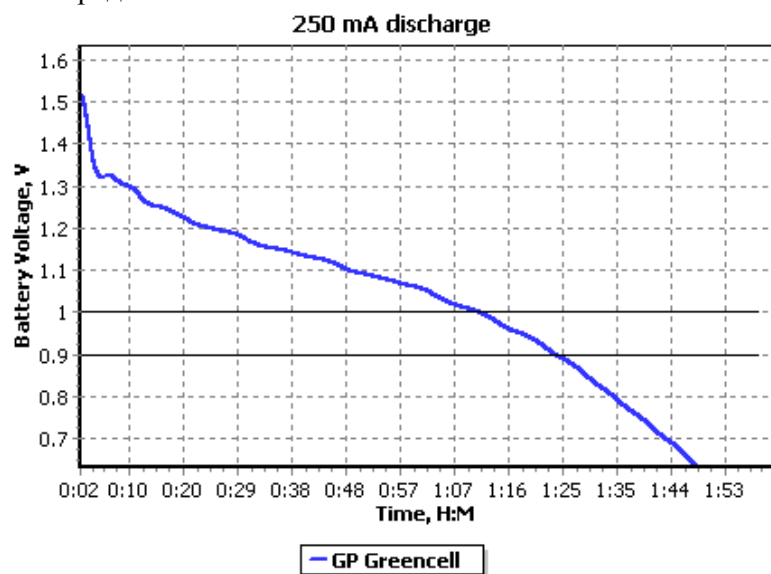
♦ GP Greencell

Продукция компании Gold Peak Group (GP) весьма распространена в розничной продаже – трудно встретить магазин, торгующий батарейками, в котором не было бы батареек GP. Серия Greencell – это весьма недорогие солевые батарейки.

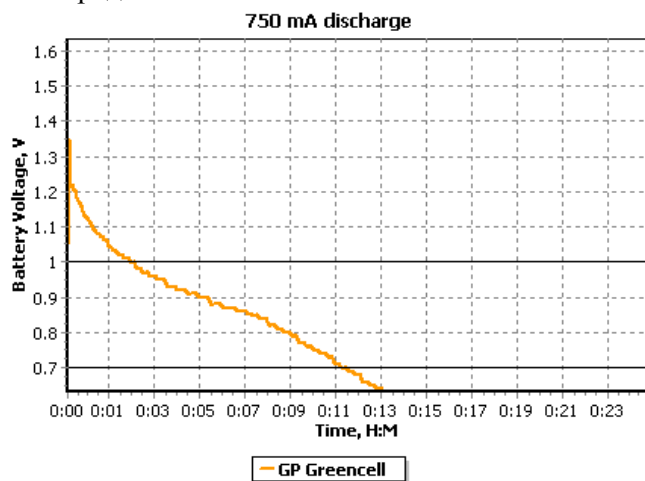


Разрядные кривые батареек GP Greencell приведены по следующим ссылкам:

♦ Разряд током 250 мА

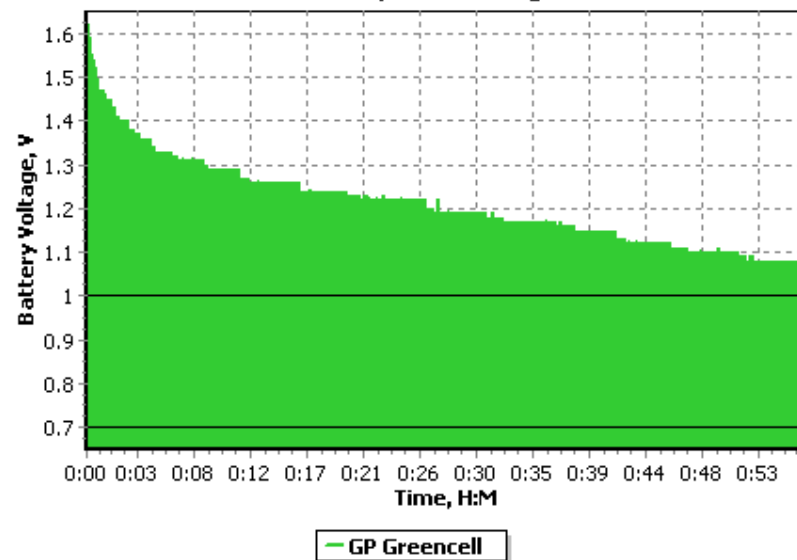


♦ Разряд током 750 мА



♦ Импульсный разряд 2,5 А

**2500 mA pulse discharge**



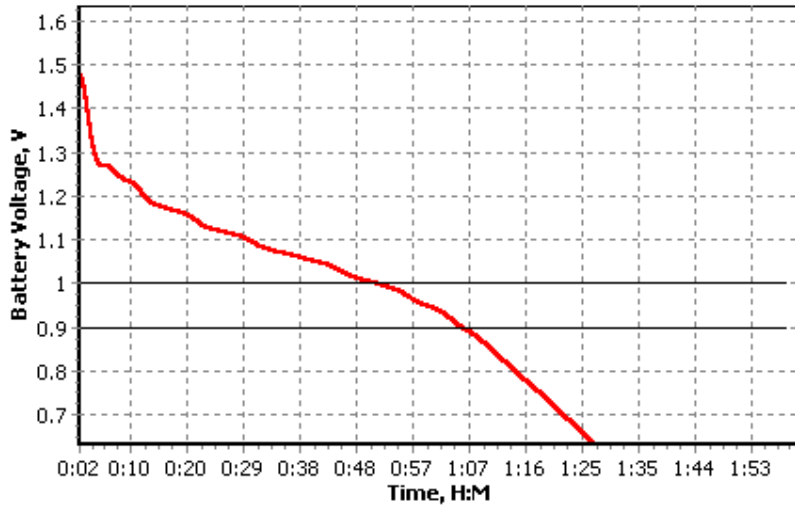
♦ GP Supercell



Хотя по приставке "Super" кажется, что эти батарейки должны превзойти GP Greencell, реальность немного удивляет: Supercell показали худший результат среди солевых батареек, заметно отстав от Greencell.

- ♦ Разряд током 250 мА

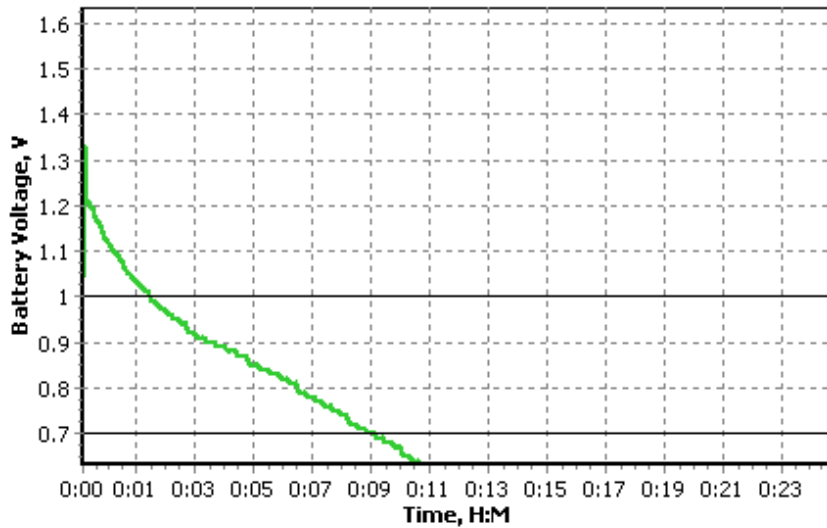
250 mA discharge



— GP Supercell

- ♦ Разряд током 750 мА

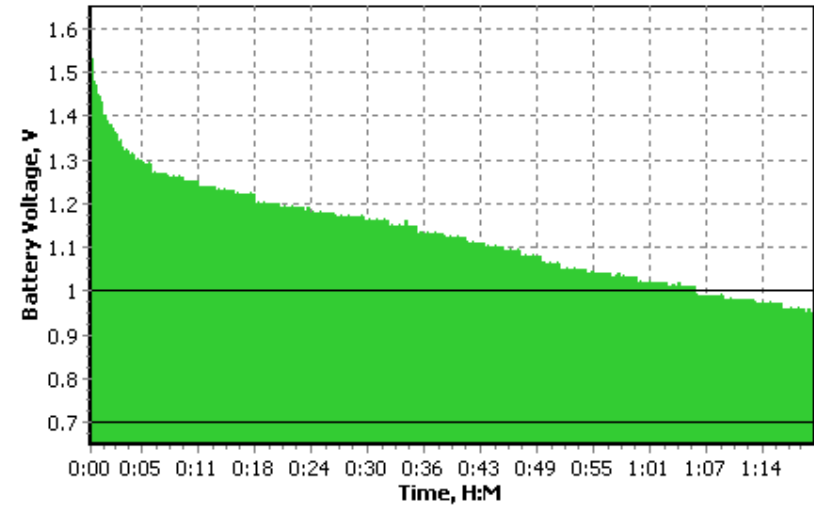
750 mA discharge



— GP Supercell

- ♦ Импульсный разряд 2,5 А

2500 mA pulse discharge



— GP Supercell

- ♦ Panasonic Special Power

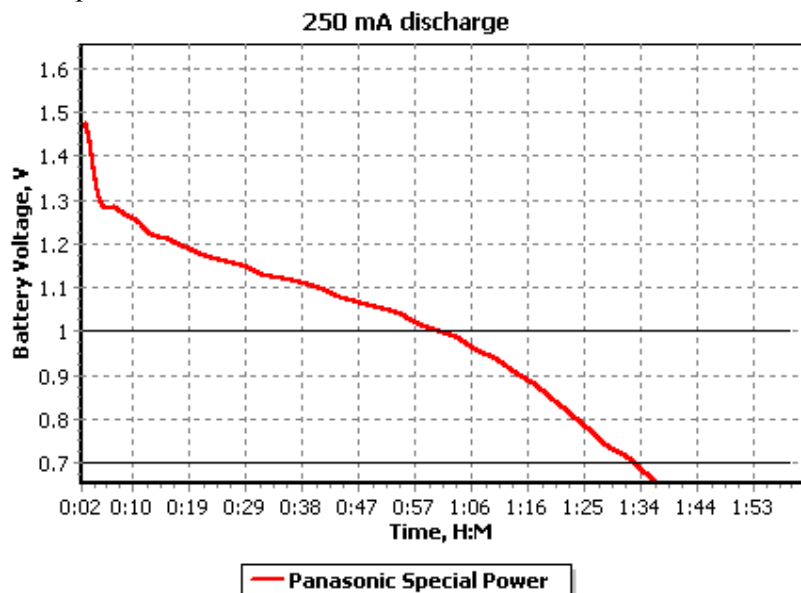
Батарейки Panasonic – одни из немногих солевых (цинк-угольных) батареек, для которых это указано прямо на этикетке: как правило, производители указывают тип лишь на щелочных батарейках.



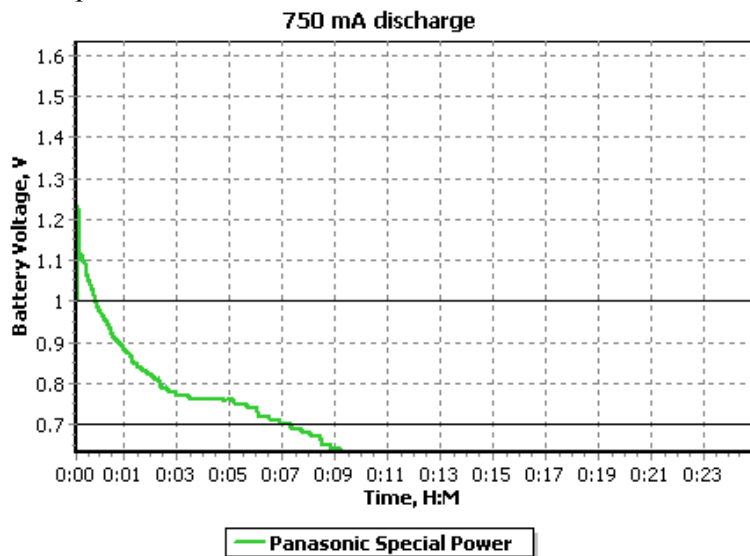
Трудно сказать, в чём заключается "специальная мощность"

солевых батареек Panasonic – по результатам тестов среди конкурентов они ничем не выделяются.

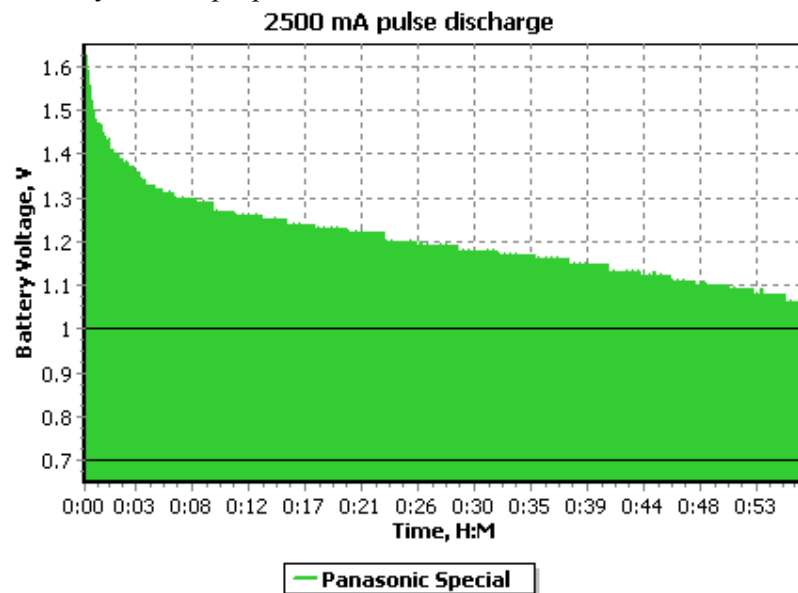
♦ Разряд током 250 мА



♦ Разряд током 750 мА



♦ Импульсный разряд 2,5 А



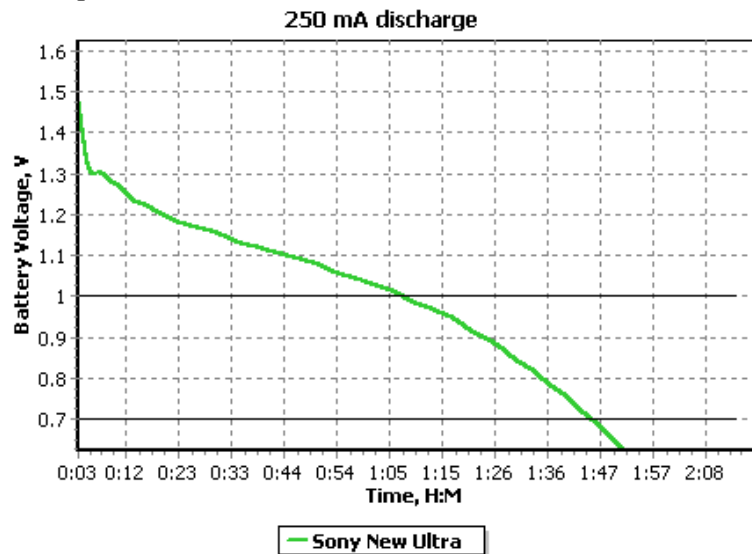
♦ Sony New Ultra

Ну ладно исторически сложившееся "Heavy Duty", но всё же набранное огромными буквами "New Ultra" – это, на наш взгляд, избыточно претенциозное название для обычных солевых батареек.

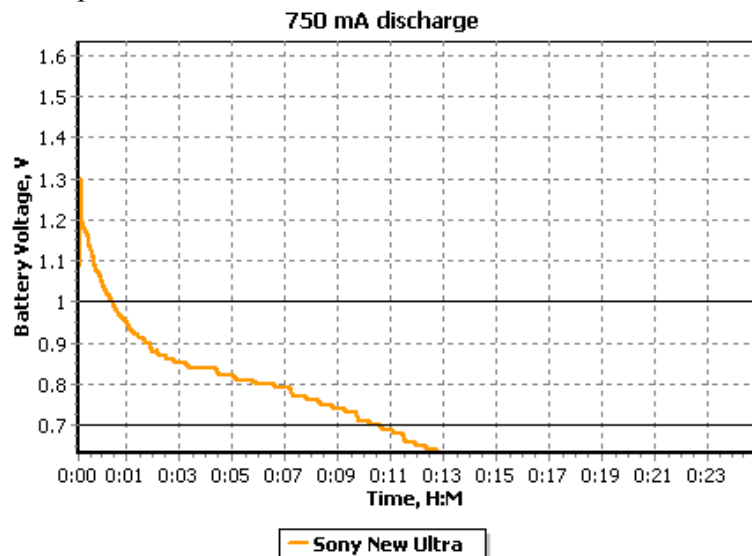


Тем более, что по результатам тестирования они ничуть не выделяются среди конкурентов.

♦ Разряд током 250 мА

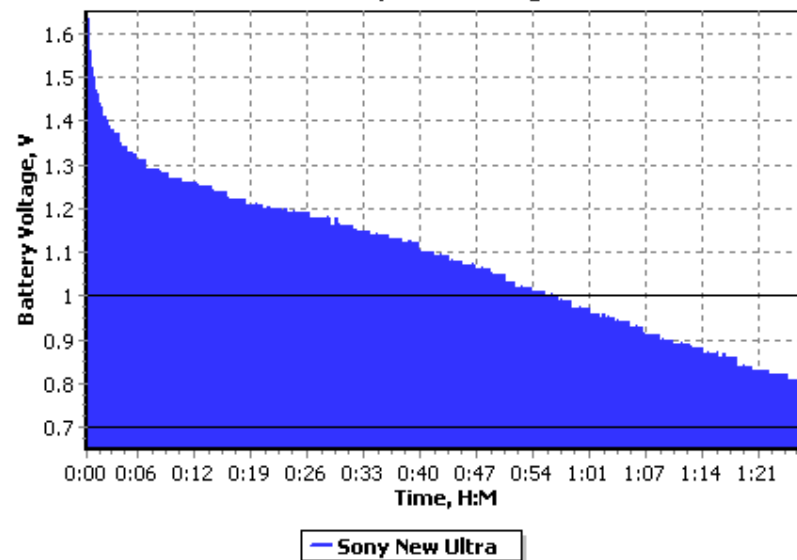


♦ Разряд током 750 мА



♦ Импульсный разряд 2,5 А

2500 mA pulse discharge



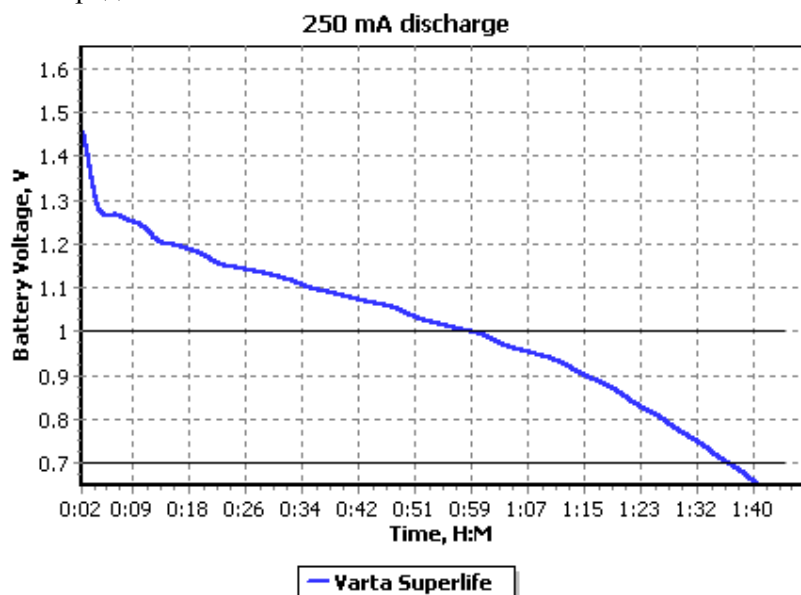
♦ Varta Superlife

А вот компания Varta с названиями перехитрила саму себя: батарейки Longlife – солевые, Lognlife Extra – щелочные, а Superlife – снова солевые.

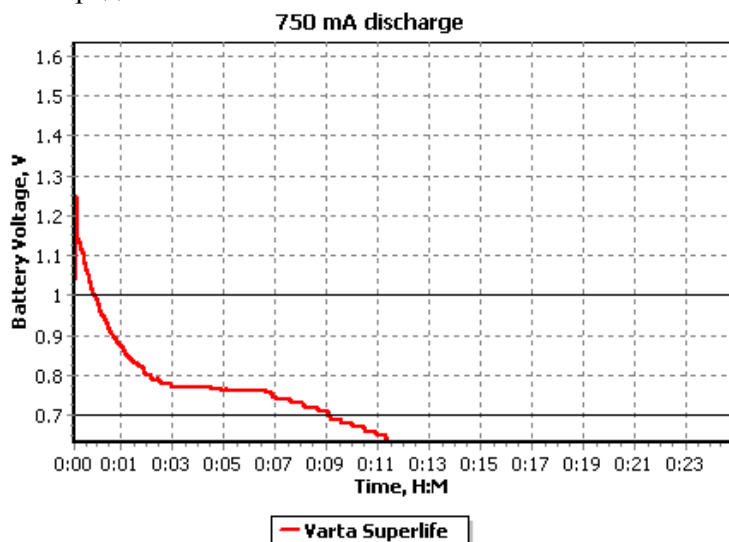


Разрядные кривые представлены по ссылкам:

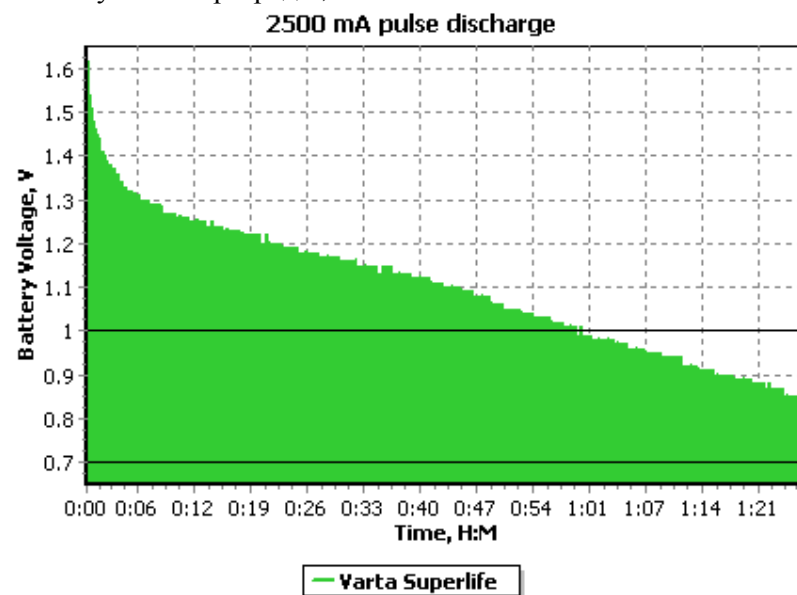
- ♦ Разряд током 250 мА



- ♦ Разряд током 750 мА



- ♦ Импульсный разряд 2,5 А



## Щелочные батарейки

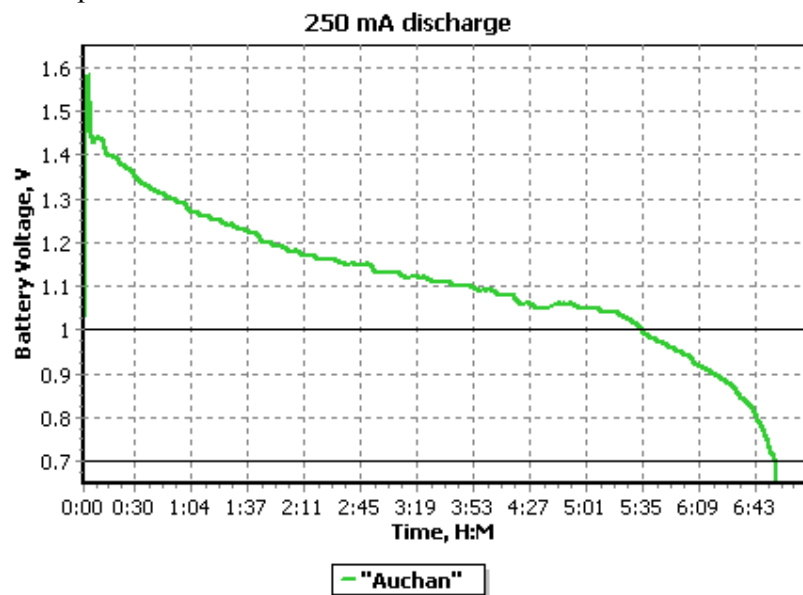
- ♦ "Auchan"

Эти безымянные "Батарейки щелочные" (отдельный минус владельцам марки за издевательское отношение к русскому языку) продаются в магазинах торговой сети "Ашан". Настоящий производитель неизвестен, на упаковке указан адрес самого "Ашана". Кроме того, у батареек необычайно маленький срок годности – всего два года (обычно он составляет пять-семь лет).

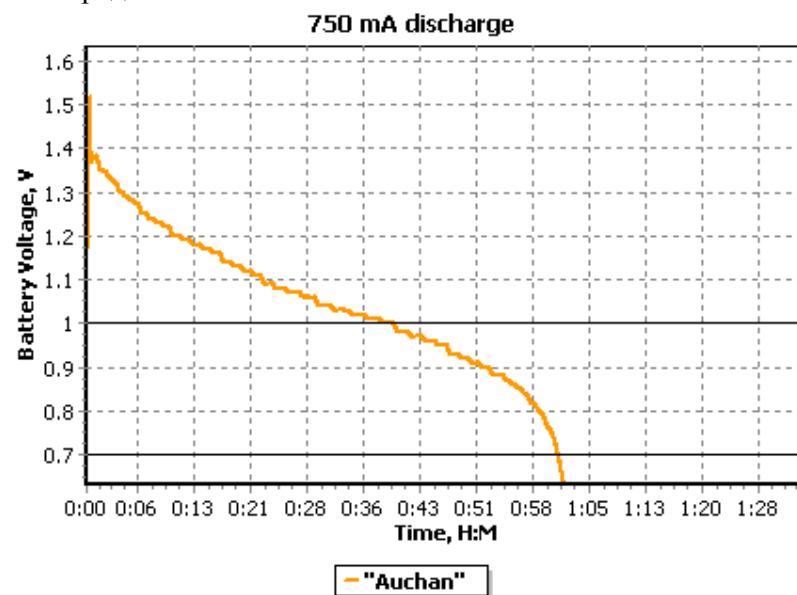


Разрядные кривые батареек приведены по следующим ссылкам:

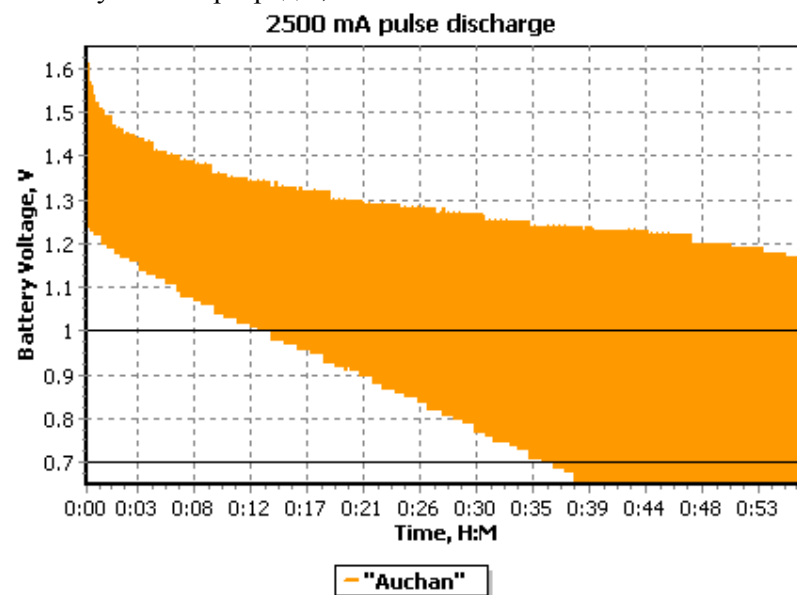
- ♦ Разряд током 250 мА



- ♦ Разряд током 750 мА



- ♦ Импульсный разряд 2,5 А





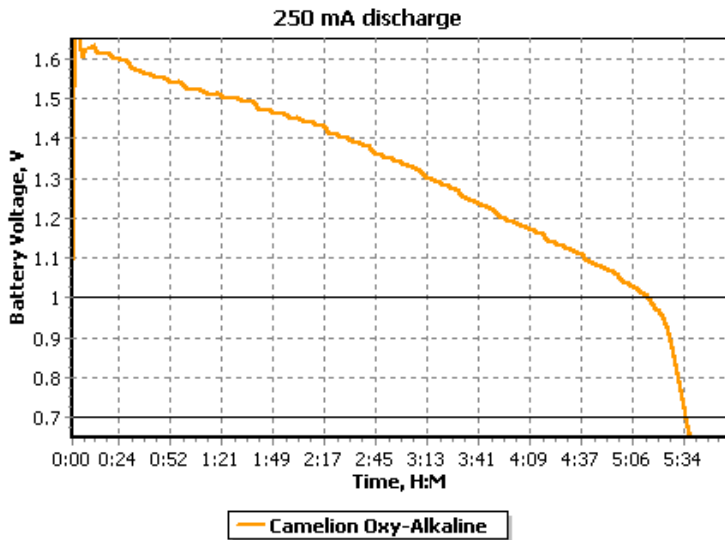
### ♦ Camelion Oxy-Alkaline

Название этих батареек Camelion наводит на мысли о батарейках Oxuride, разработанных компанией Panasonic и предназначенных для использования в устройствах с высоким энергопотреблением. От щелочных они отличаются не только названием, но и составом: в них используется оксид-гидроксид никеля NiOOH.

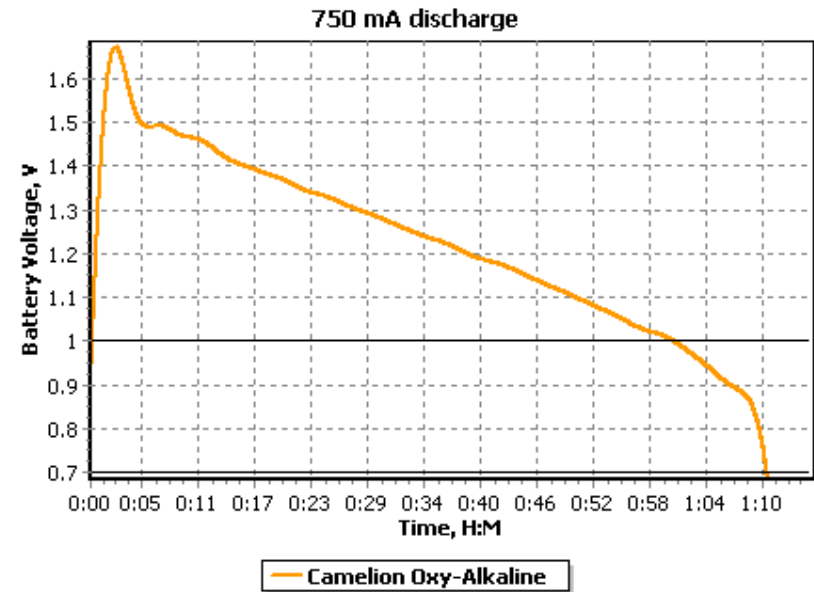


Мы не знаем, случайно ли совпадение названий, однако нельзя не заметить, что разрядные характеристики отличаются от типичных щелочных батареек: начальное напряжение Оху-Alkaline превышает 1,6 В, абсолютный рекорд среди протестированных нами батареек.

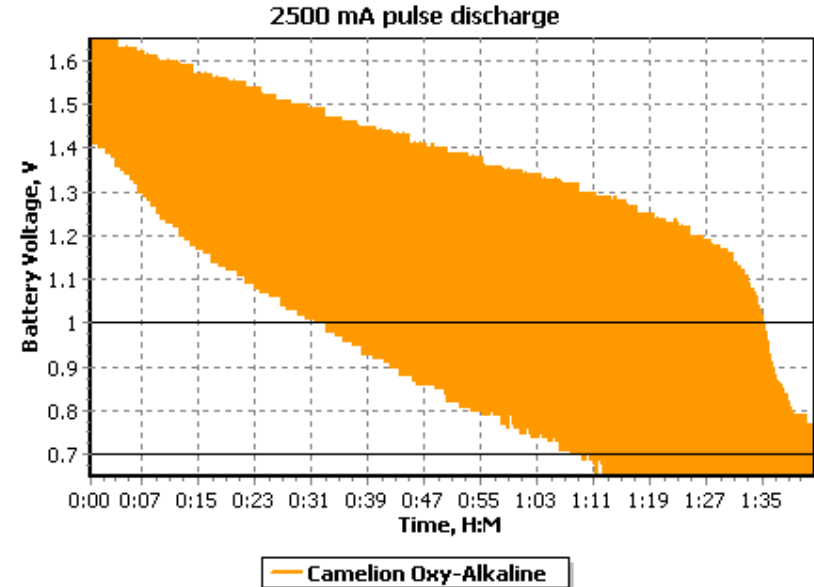
### ♦ Разряд током 250 мА



### ♦ Разряд током 750 мА



### ♦ Импульсный разряд 2,5 А



## ♦ Duracell

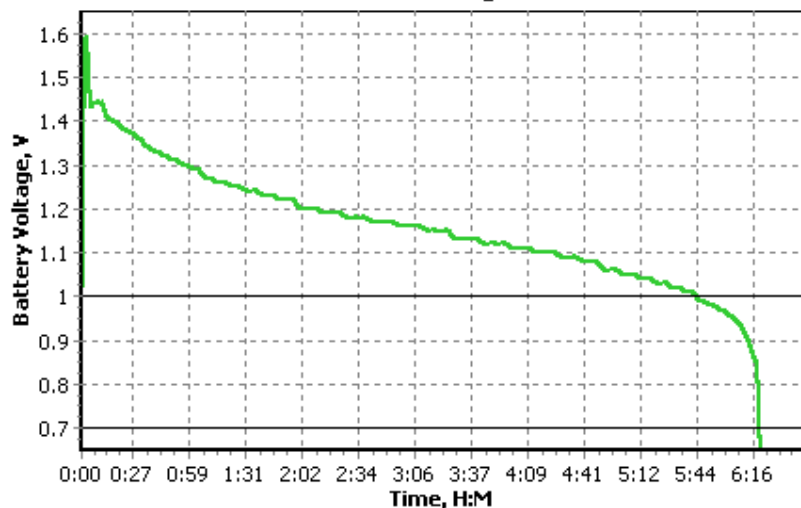
"Полубезымянные" (на них не указано какое-либо имя собственное, только название производителя) батарейки Duracell предназначены для устройств с небольшим и средним энергопотреблением.



Разрядные кривые батареек приведены по следующим ссылкам:

### ♦ Разряд током 250 мА

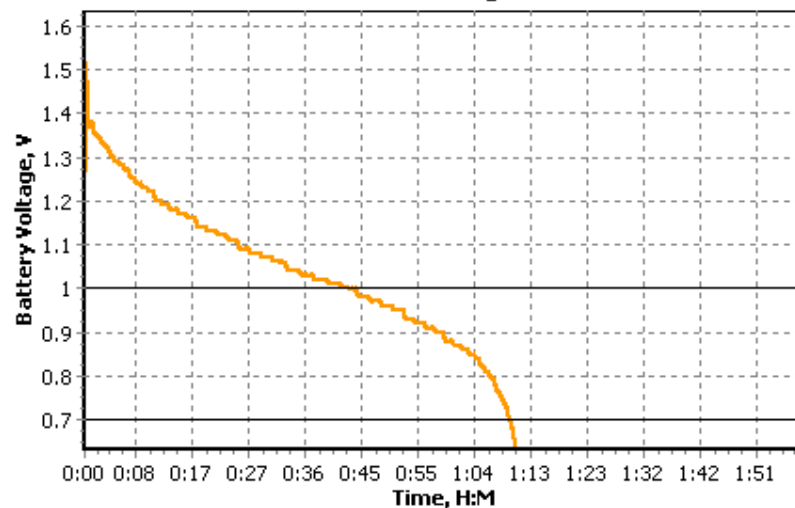
250 mA discharge



- Duracell

### ♦ Разряд током 750 мА

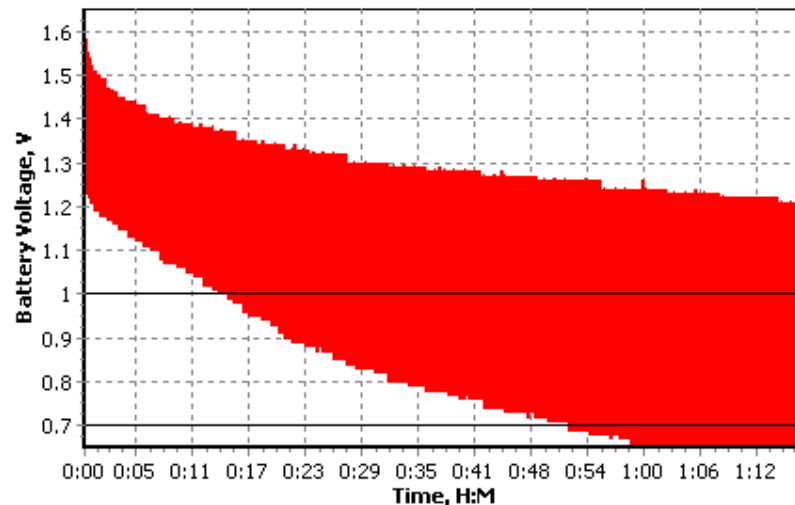
750 mA discharge



- Duracell

### ♦ Импульсный разряд 2,5 А

2500 mA pulse discharge



- Duracell

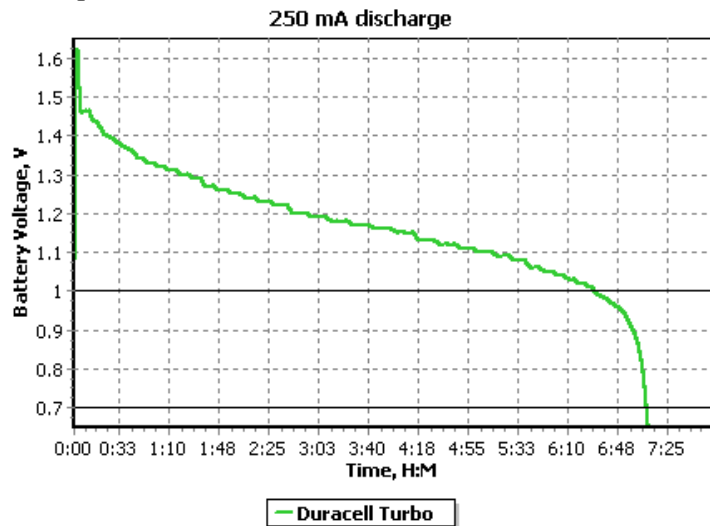
### ♦ Duracell Turbo

А вот батарейки Duracell Turbo рассчитаны уже на более серьёзную нагрузку: упаковка батареек приводит в качестве примеров таковой фотоаппараты, плееры и розового "зайца Duracell". В ассортименте Duracell также есть батарейки и ещё большей мощности, но они пока на наши тесты не попали.

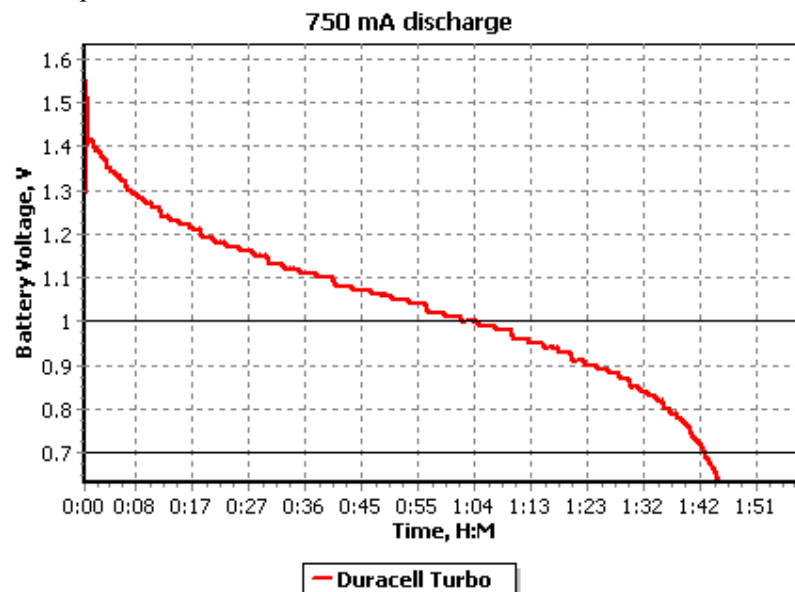


И действительно, Duracell Turbo ведут весьма уверенно, особенно заметна разница на больших нагрузках.

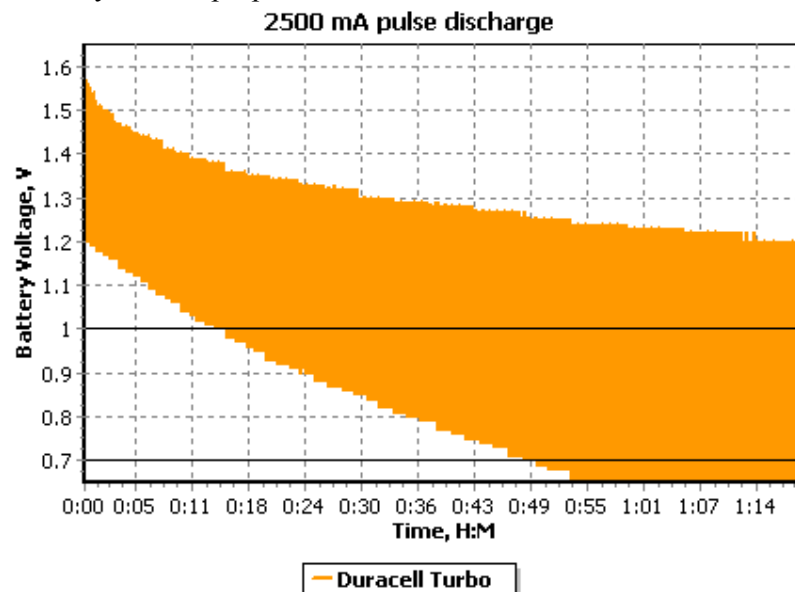
#### ♦ Разряд током 250 мА



#### ♦ Разряд током 750 мА



#### ♦ Импульсный разряд 2,5 А



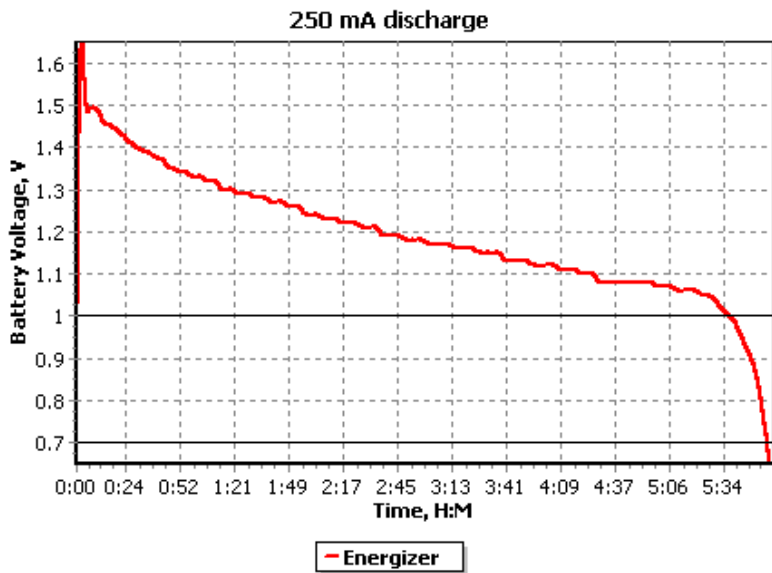
## ♦ Energizer

По количеству представленных в нашей сегодняшней статье моделей батареек с Energizer может соперничать только GP – по четыре штуки. Их рыночные сегменты пересекаются лишь частично: GP занимает уровень от нижнего до среднего, а Energizer – от среднего до верхнего.

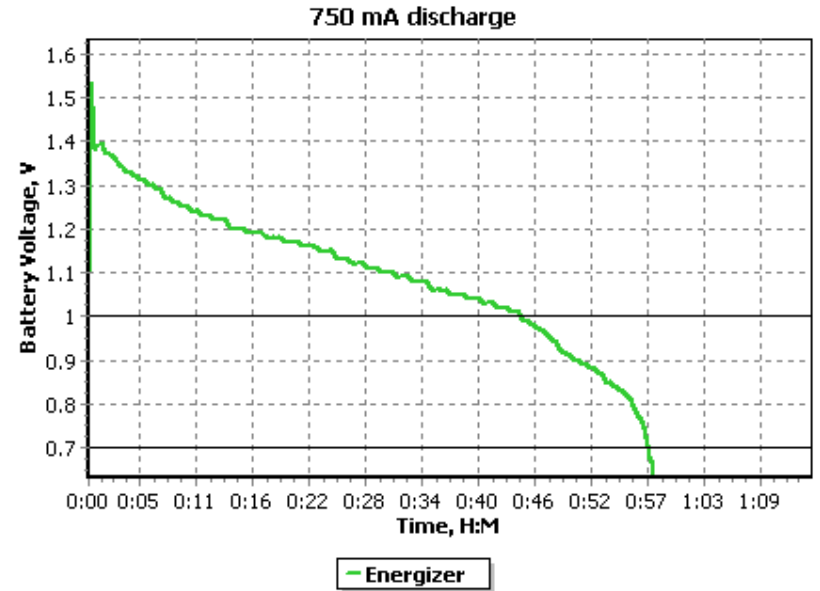


Впрочем, первая батарейка, не имеющая собственного имени, в линейке Energizer – младшая.

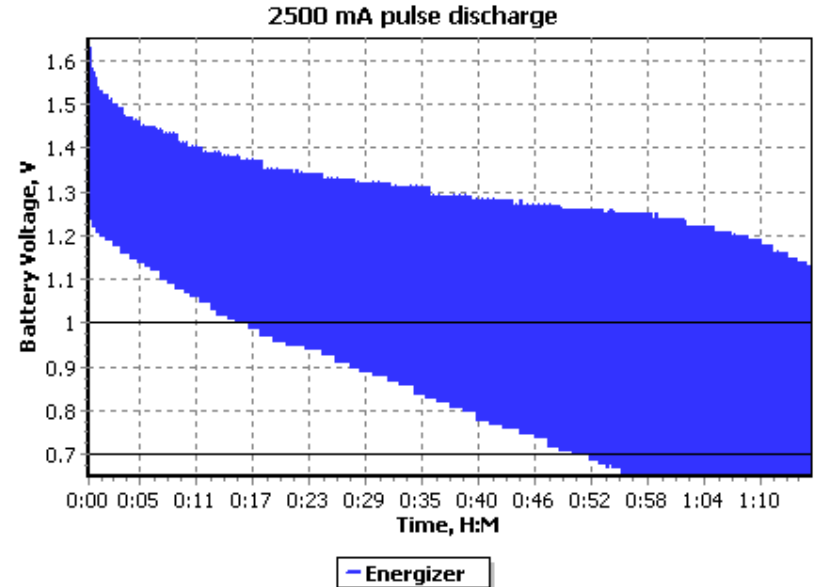
### ♦ Разряд током 250 мА



### ♦ Разряд током 750 мА



### ♦ Импульсный разряд 2,5 А



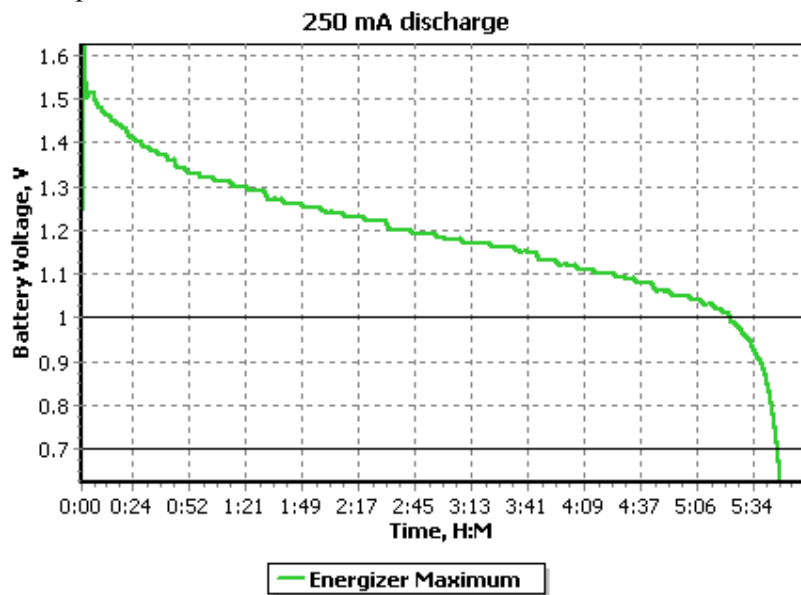
### ♦ Energizer Maximum

А вот батарейки Energizer Maximum относятся уже к более новой и технически более совершенной серии. Предназначены они для питания устройств с большим энергопотреблением.

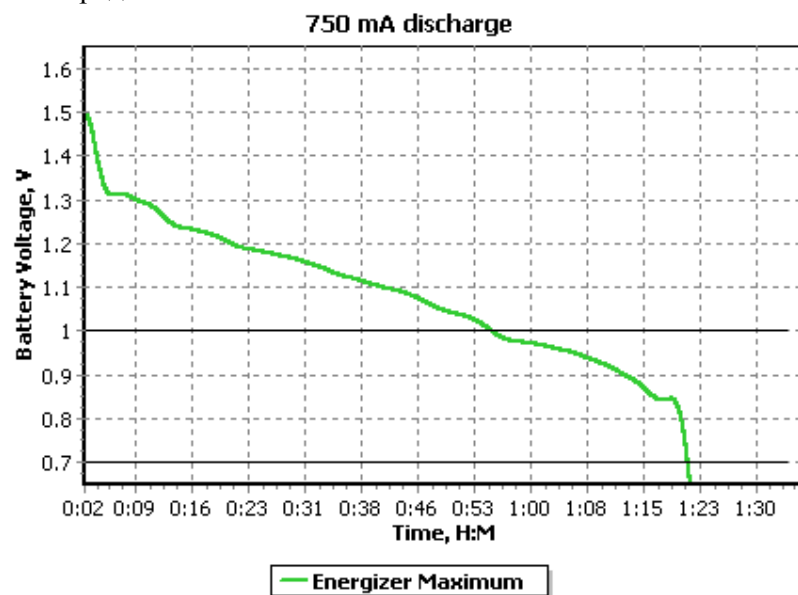


Разрядные кривые батареек приведены по следующим ссылкам:

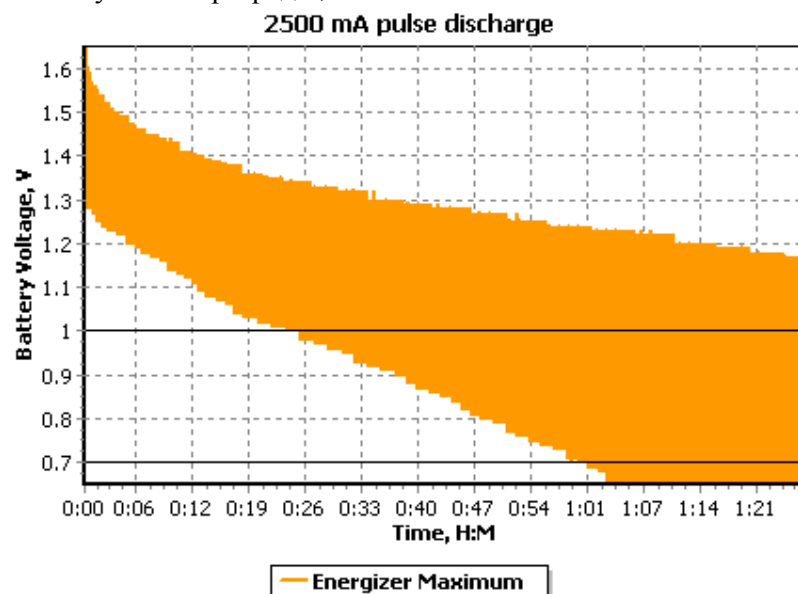
#### ♦ Разряд током 250 мА



#### ♦ Разряд током 750 мА



#### ♦ Импульсный разряд 2,5 А



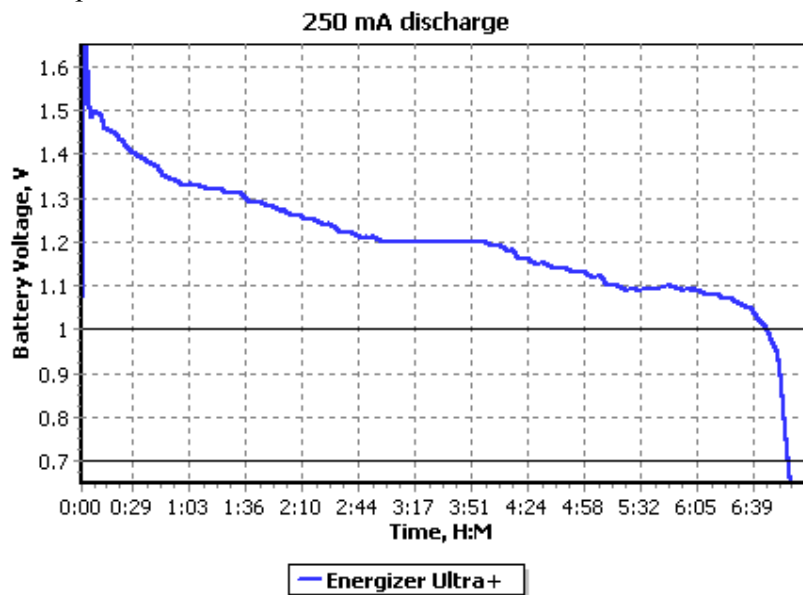
### ♦ Energizer Ultra+

Хотя по названию определить, что же лучше – Ultra+ или Maximum – проблематично, субъективные предпочтения оказываются скорее на стороне Maximum. Новый дизайн, блестящая зеркальная обёртка...

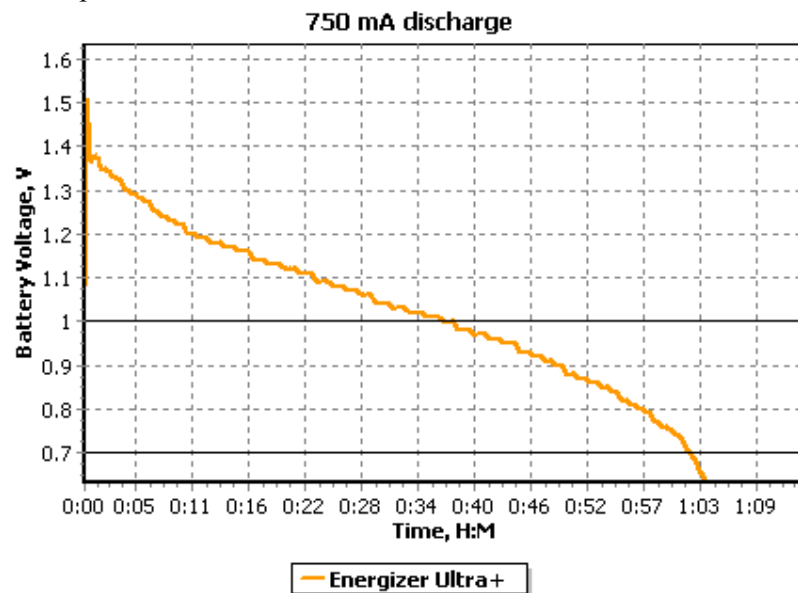


Что интересно, по результатам тестов первое место нельзя отдать ни Ultra+, ни Maximum: в одном тесте они сравнялись, в другом впереди оказался Maximum, а в третьем – Ultra+.

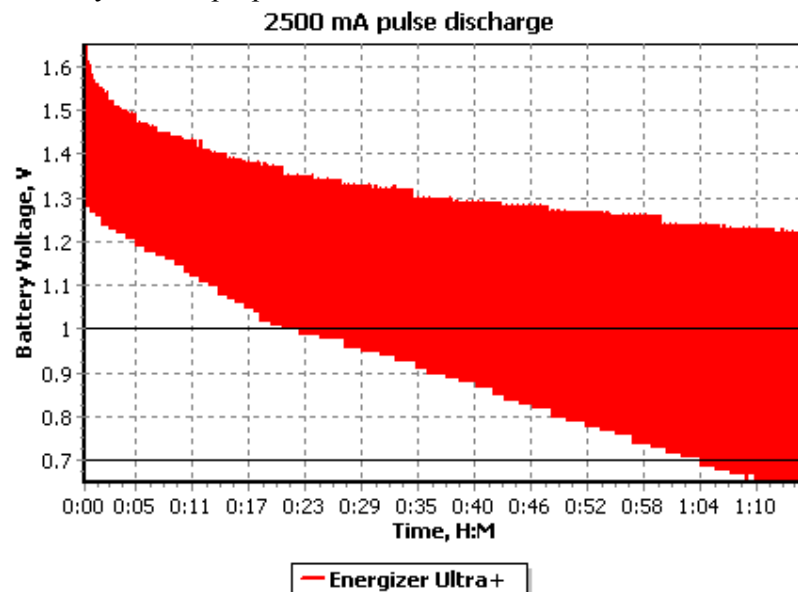
#### ♦ Разряд током 250 мА



#### ♦ Разряд током 750 мА



#### ♦ Импульсный разряд 2,5 А



### ♦ GP Super Alkaline

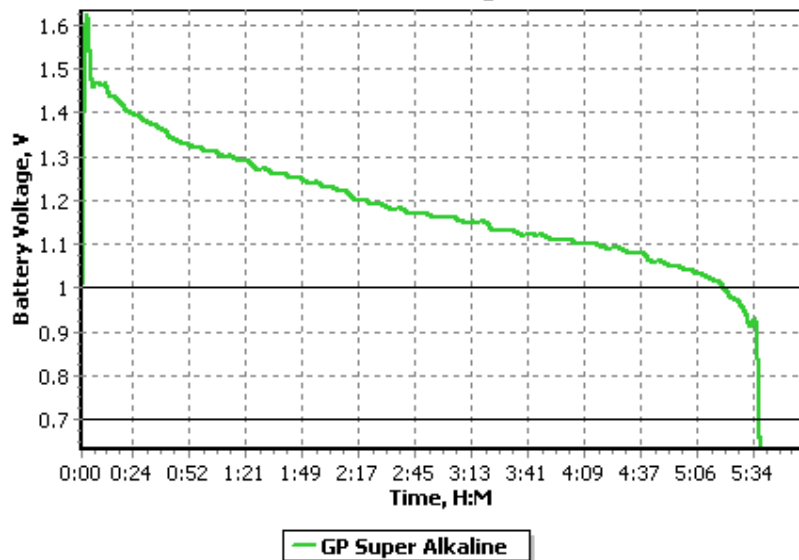
Если предыдущие две батарейки GP были соевыми, то тип следующих двух ясен уже по их названию – щелочные.



Разрядные кривые батареек приведены по следующим ссылкам:

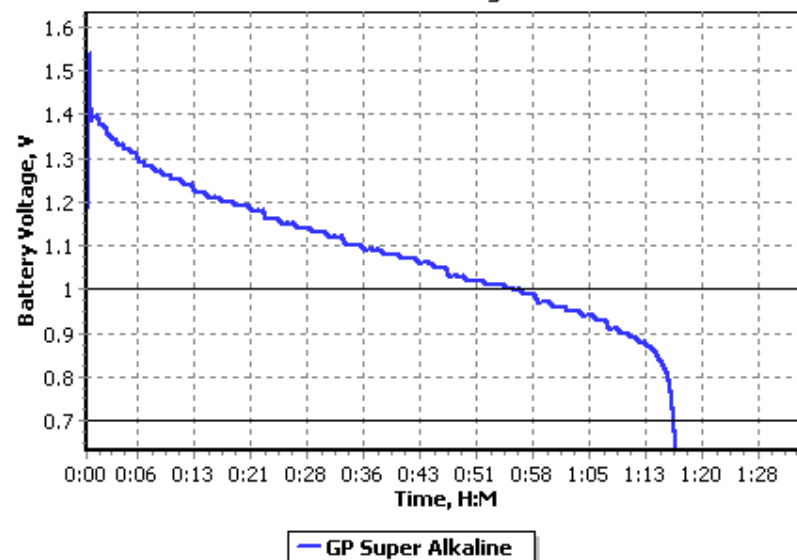
#### ♦ Разряд током 250 мА

250 mA discharge



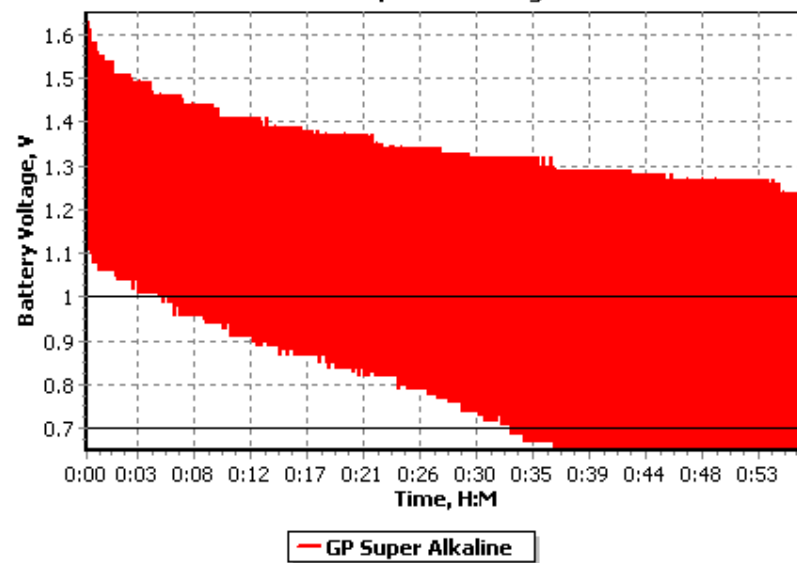
#### ♦ Разряд током 750 мА

750 mA discharge



#### ♦ Импульсный разряд 2,5 А

2500 mA pulse discharge



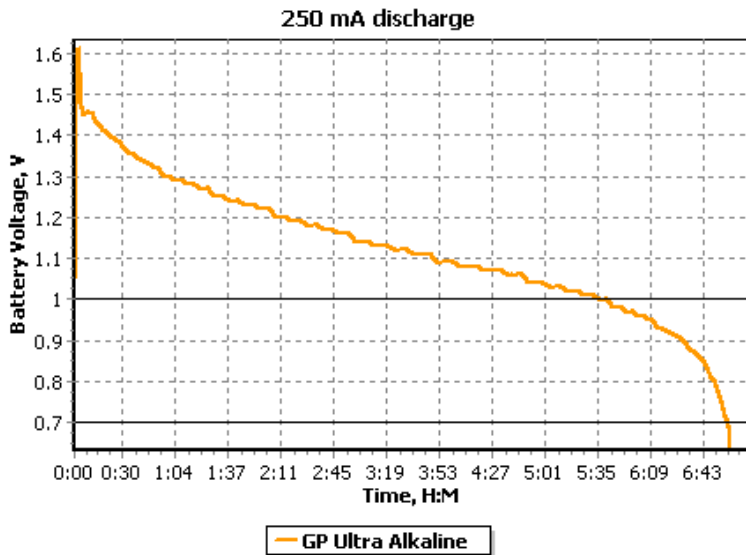
### ♦ GP Ultra Alkaline

И в очередной раз мы замираем перед полкой магазина: что лучше, "Super" или "Ultra"?.. Эх, нет бы просто указывать ёмкость или ещё какой-нибудь однозначный численный параметр, как у аккумуляторов. Разве что указание на упаковке (по крайней мере, на одном из её вариантов) Ultra Alkaline их пригодности для питания цифровой техники может дать подсказку.

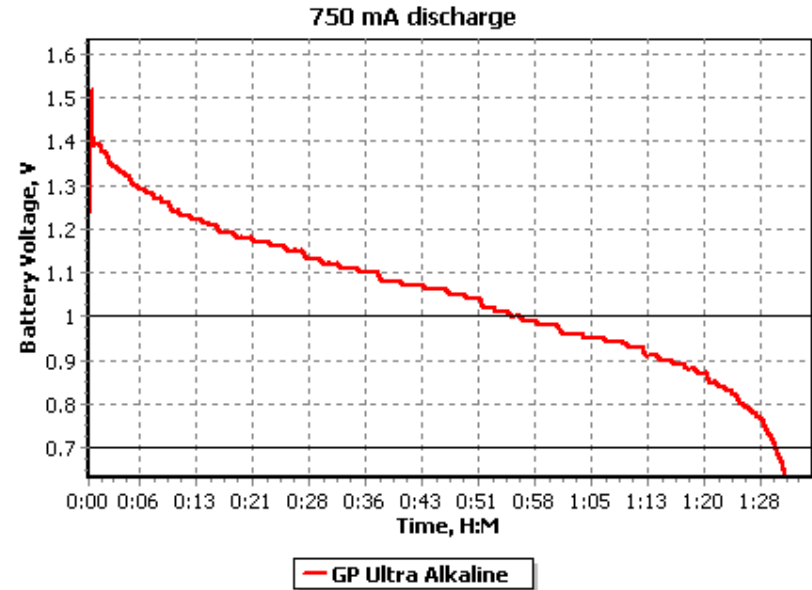


Впрочем, тестирование расставляет точки над "i": "Ultra" – это лучше, чем "Super"! По крайней мере, у GP.

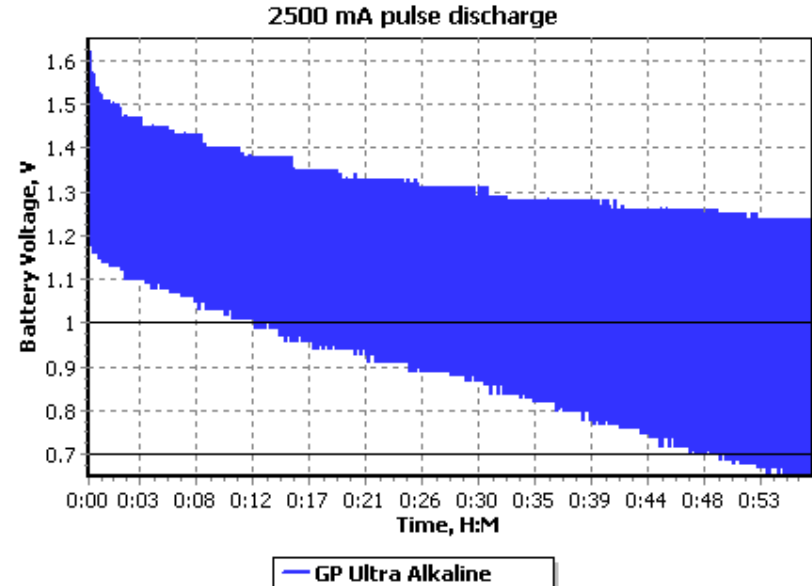
#### ♦ Разряд током 250 мА



#### ♦ Разряд током 750 мА



#### ♦ Импульсный разряд 2,5 А





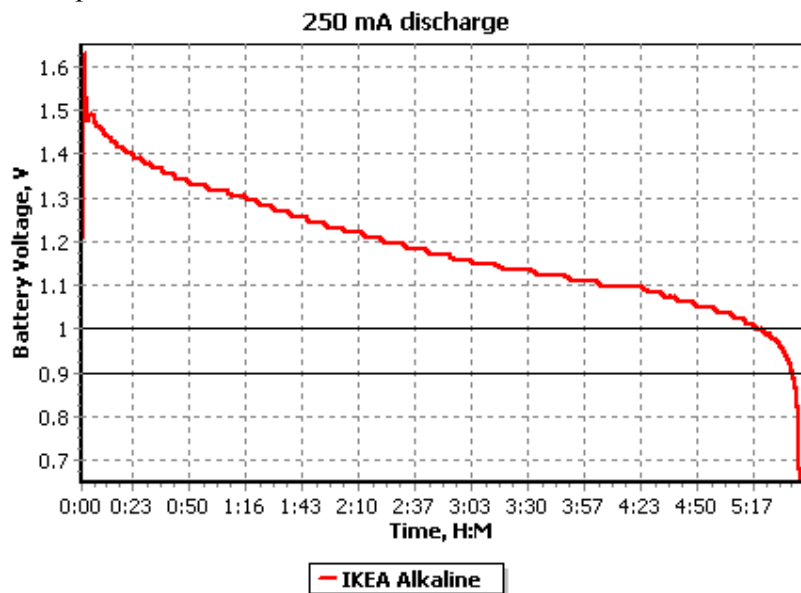
### ◆ IKEA Alkaline

Как нетрудно догадаться, эти батарейки продаются в магазинах "IKEA". Говорят, раньше на них можно было встретить эмблему Varta, но на наших образцах истинный производитель указан не был, так что о происхождении батареек остаётся только гадать.

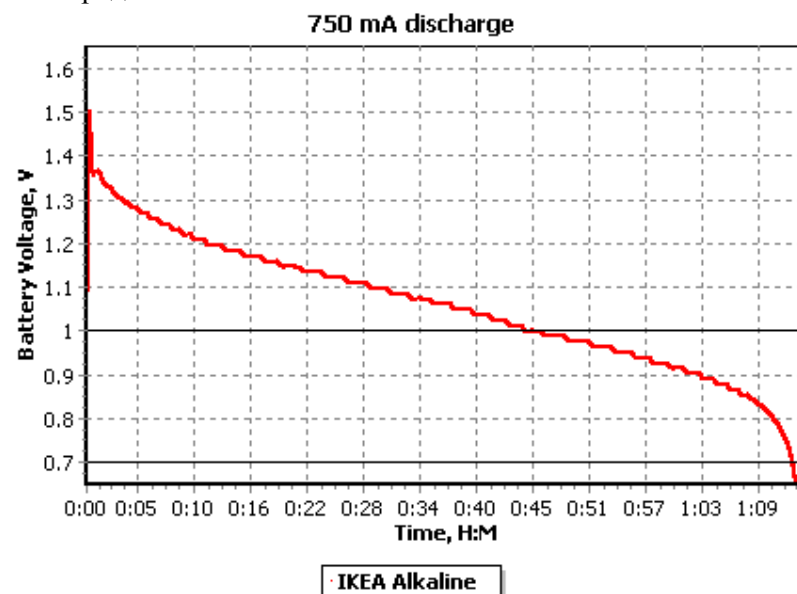


К счастью, продаются батарейки IKEA в уже собранном виде.

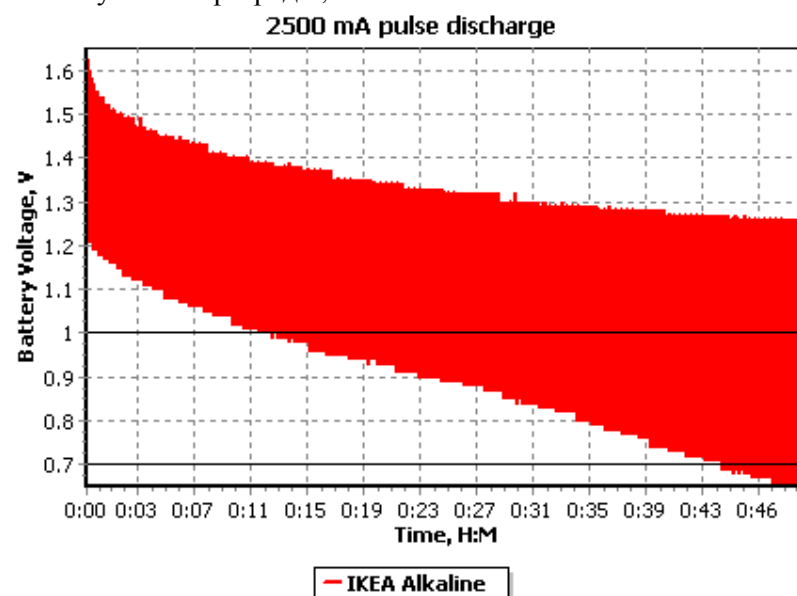
### ◆ Разряд током 250 мА



### ◆ Разряд током 750 мА



### ◆ Импульсный разряд 2,5 А



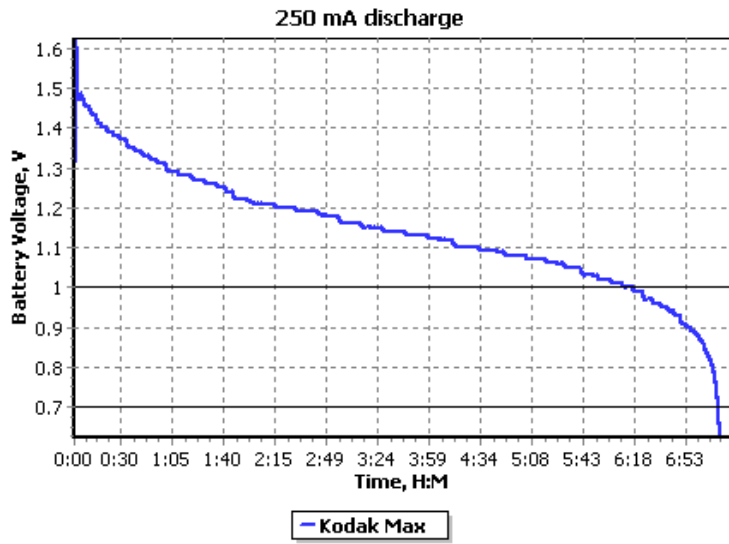
### ◆ Kodak Max

Не знаем, рекомендует ли компания Kodak использовать со своими фотоаппаратами только эти батарейки, однако нам кажется, что многие другие компании упускают свой шанс немного порекламироваться, не следуя примеру Kodak и не выпуская батареек под своим именем.

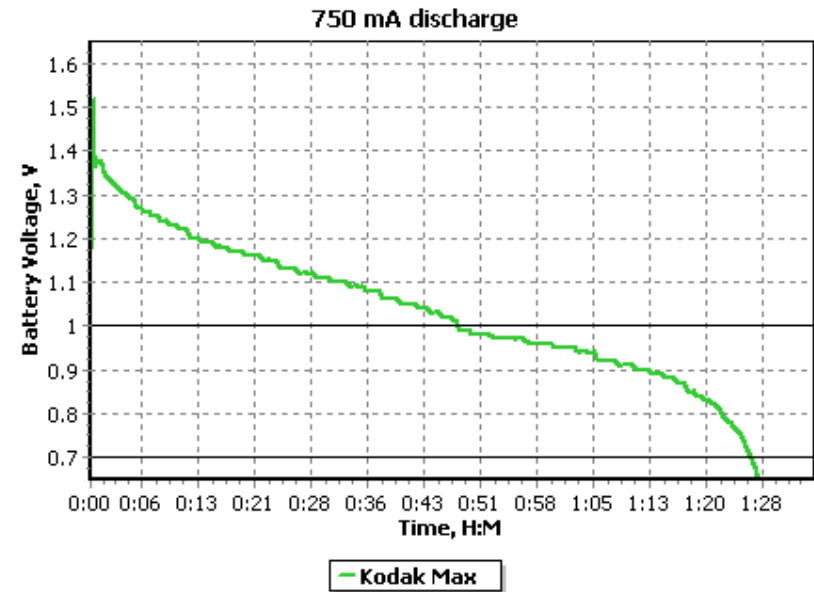


Тем более, что и по результатам тестов Kodak Max хоть и не стали лидером, но в первую десятку прошли без проблем.

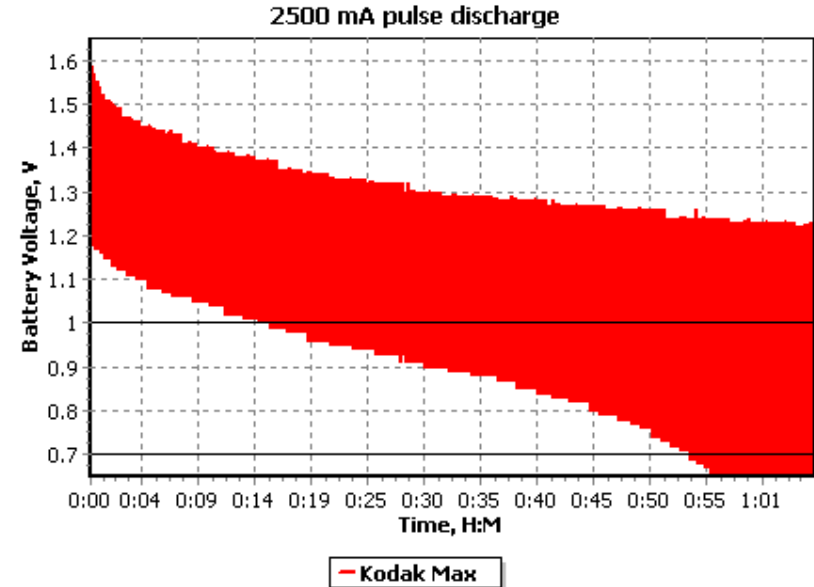
#### ◆ Разряд током 250 мА



#### ◆ Разряд током 750 мА



#### ◆ Импульсный разряд 2,5 А



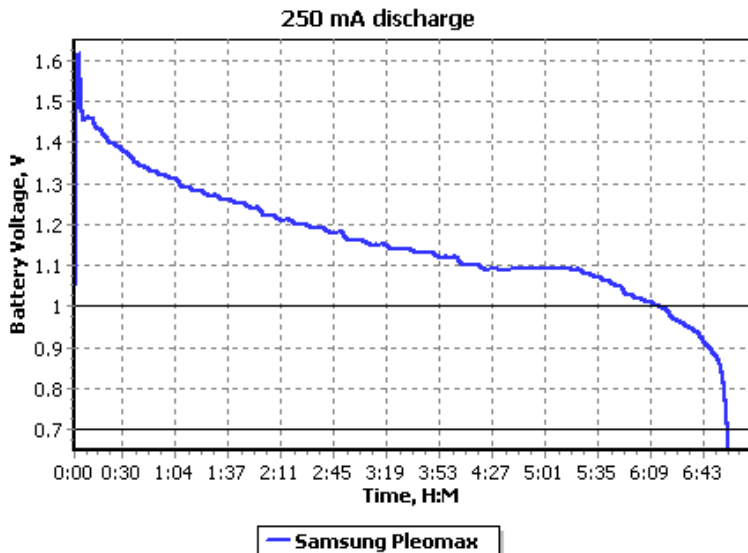
## ♦ Samsung Pleomax

Под маркой Pleomax компания Samsung продаёт сразу несколько групп товаров – начиная от несложной компьютерной периферии и заканчивая лампочками и батарейками. На наш взгляд, использование одной торговой марки, к тому же пока малоизвестной покупателям, несколько обезличивает конкретные продукты, однако маркетологам компании виднее.

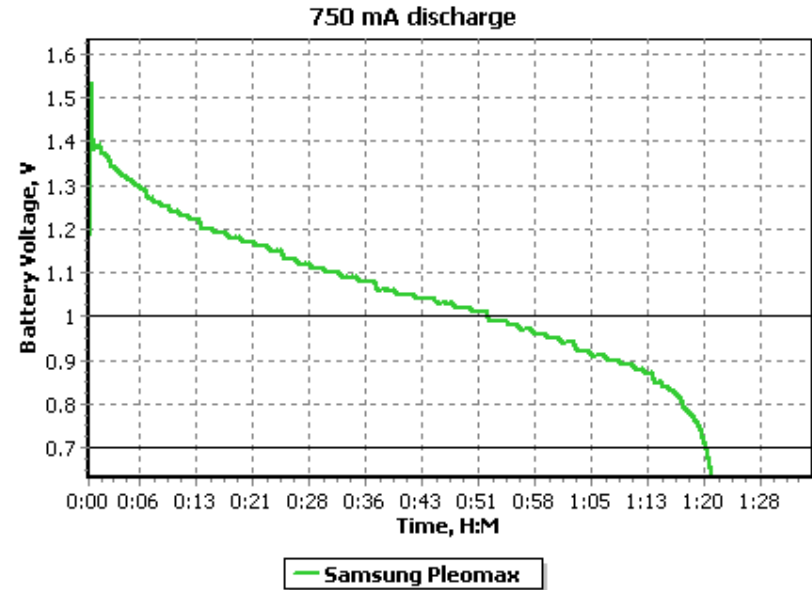


Разрядные кривые батареек приведены по следующим ссылкам:

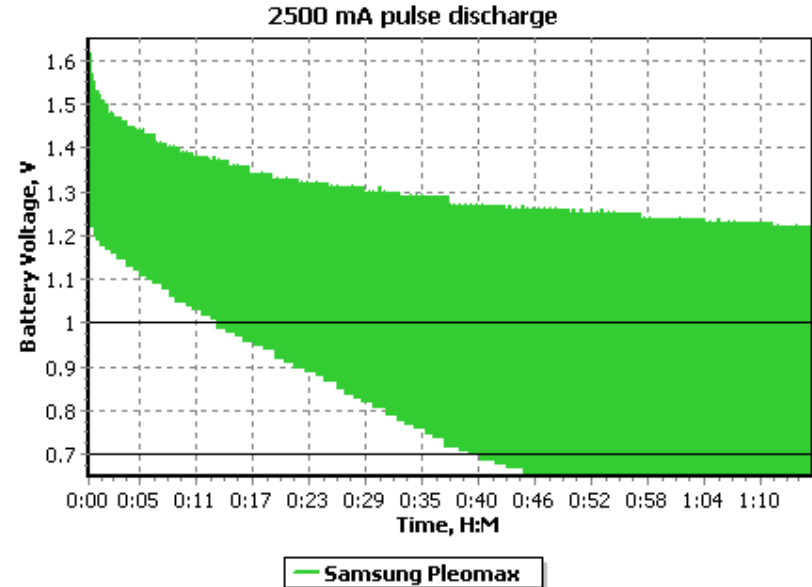
### ♦ Разряд током 250 мА



### ♦ Разряд током 750 мА



### ♦ Импульсный разряд 2,5 А



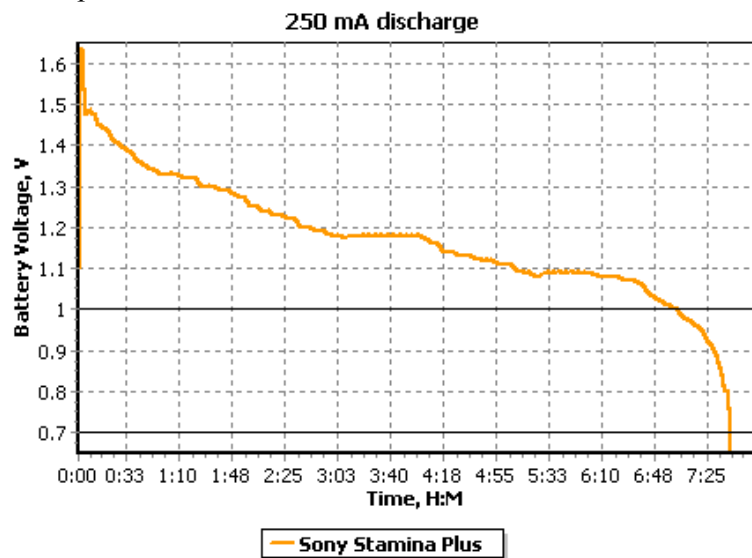
### ◆ Sony Stamina Plus

С определением, какое из названий батареек Sony соответствует их большей мощности и ёмкости, проблем не возникает: лицевая сторона упаковки сообщает нам, что Stamina Plus даст нам дополнительные 10 % энергии (относительно чего именно – указано в другом месте и куда более мелким шрифтом), а задняя сторона – что если и этого мало, то есть ещё Stamina Platinum.

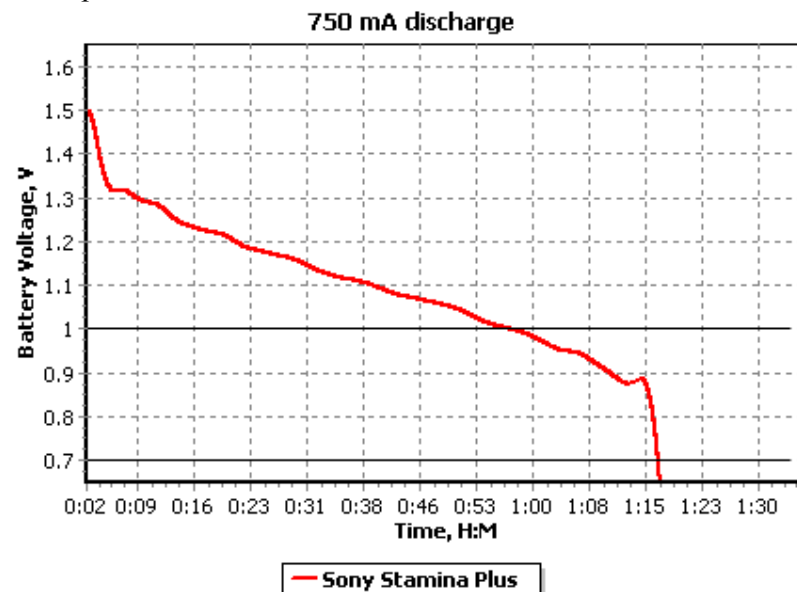


Разрядные кривые батареек приведены по следующим ссылкам:

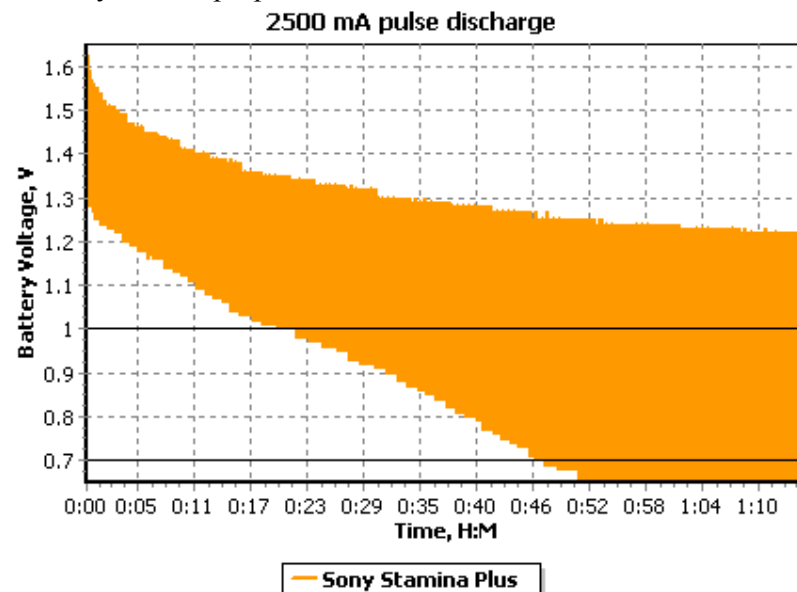
#### ◆ Разряд током 250 мА



#### ◆ Разряд током 750 мА



#### ◆ Импульсный разряд 2,5 А



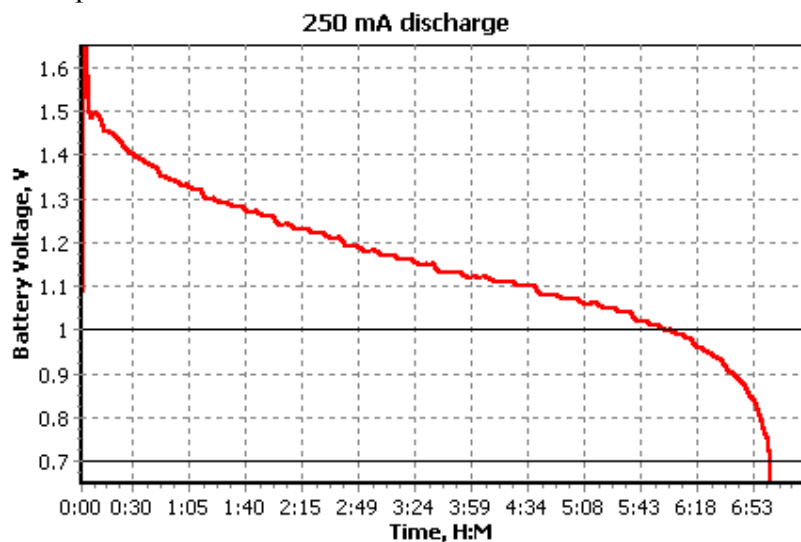
### ◆ Sony Stamina Platinum

Итак, как уверяет нас производитель, предыдущую модель эти батарейки должны заметно превзойти...



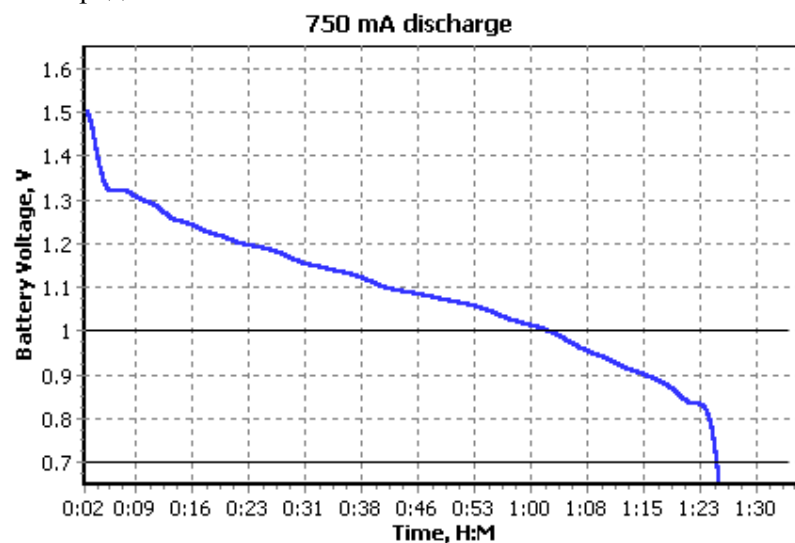
Интересно, что подтверждается это только на больших токах – в то время как на относительно малых Stamina Plus выходит немного вперёд. Напоминает ситуацию с Energizer Ultra+ и Maximum, не правда ли?

#### ◆ Разряд током 250 мА



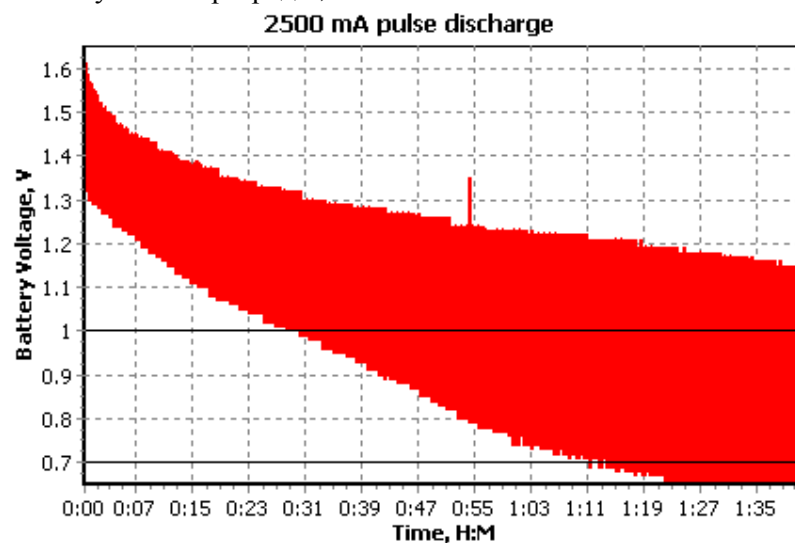
— Sony Stamina Platinum

#### ◆ Разряд током 750 мА



— Sony Stamina Platinum

#### ◆ Импульсный разряд 2,5 А



— Sony Stamina Platinum

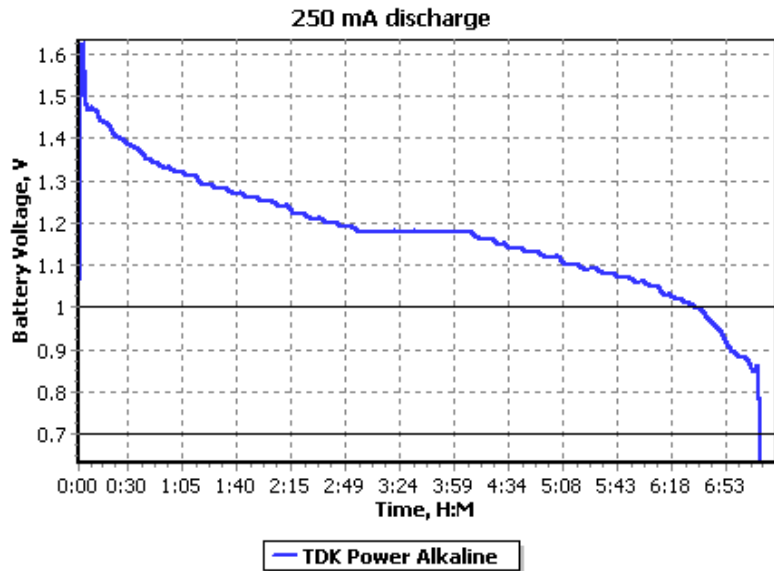
### ♦ TDK Power Alkaline

Если выше мы жаловались, что продукты и одного-то производителя трудно сравнивать по названию, то что уж говорить о производителях разных. Ну вот что лучше – Power Alkaline или Ultra Alkaline? Или это одно и то же? Господа, введите уже какую-нибудь общую методику и пишите на ваших батарейках понятные обычным людям ампер-часы!

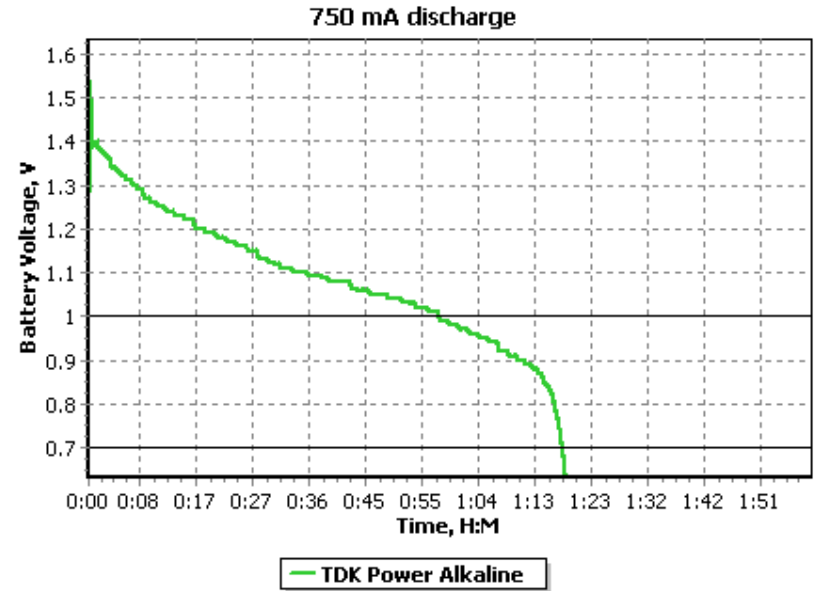


По результатам же наших тестов TDK Power Alkaline оказались в группе середнячков.

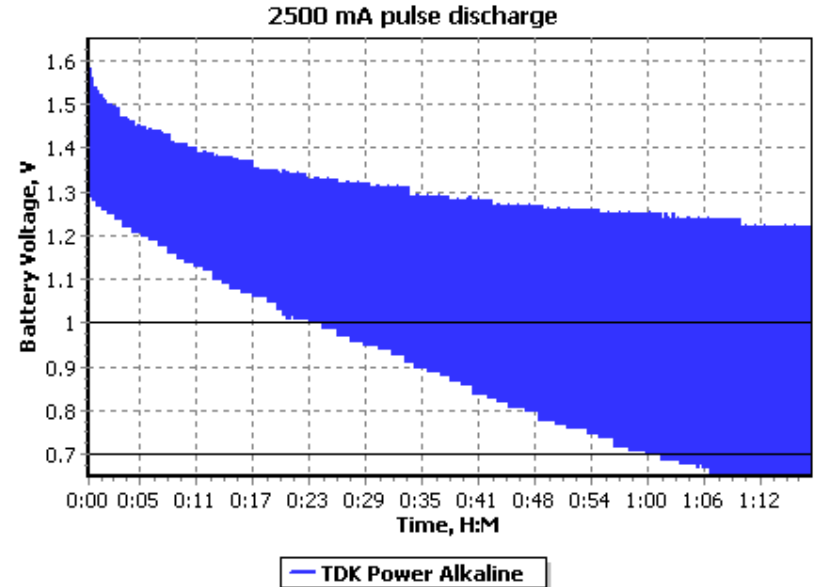
### ♦ Разряд током 250 мА



### ♦ Разряд током 750 мА



### ♦ Импульсный разряд 2,5 А



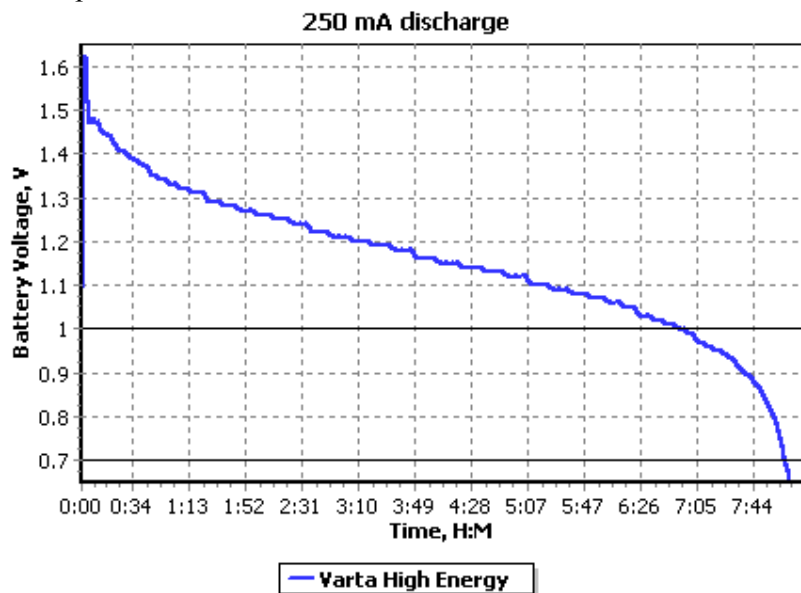
### ♦ Varta High Energy

По причинам административно-технического характера маломощные щелочные батарейки Varta (например, Longlife Extra) в нашу сегодняшнюю статью не вошли – в отличие от батареек мощных, рассчитанных на питание техники с высоким энергопотреблением.

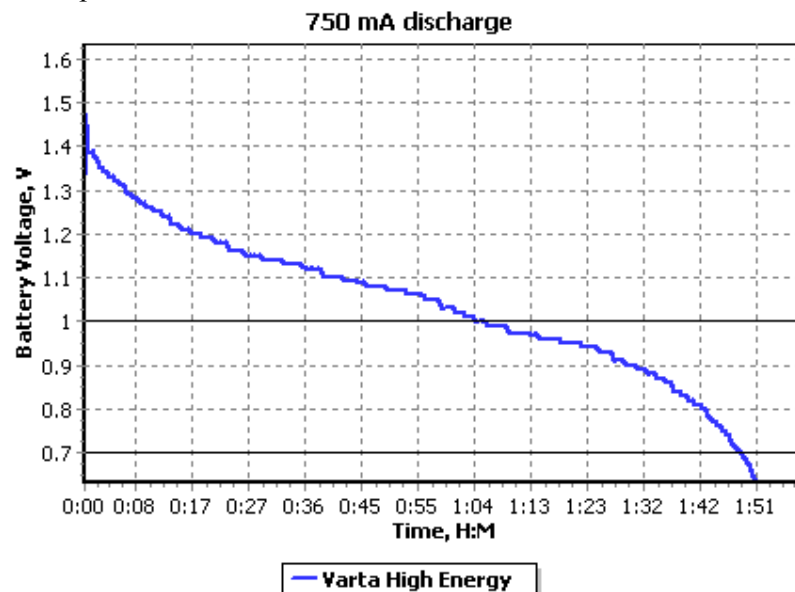


И действительно, в двух тестах из трёх Varta High Energy заняли первую строчку рейтинга.

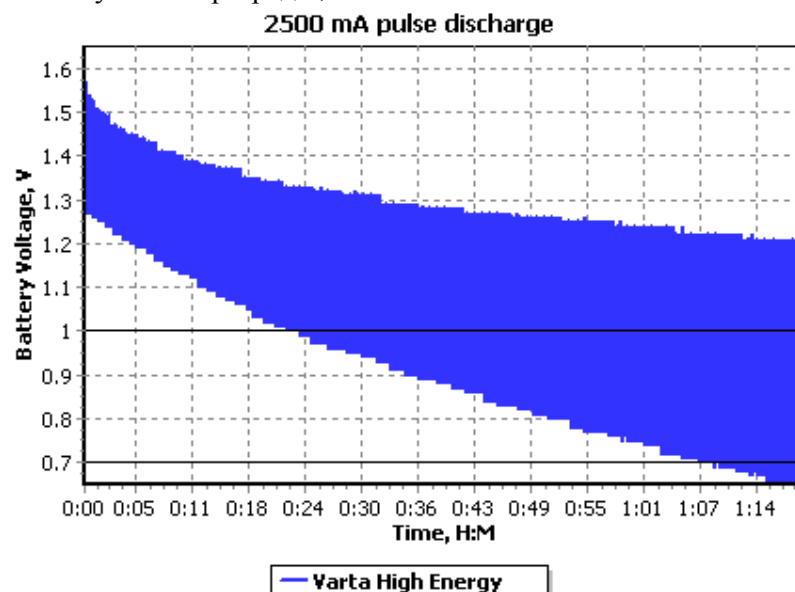
#### ♦ Разряд током 250 мА



#### ♦ Разряд током 750 мА



#### ♦ Импульсный разряд 2,5 А



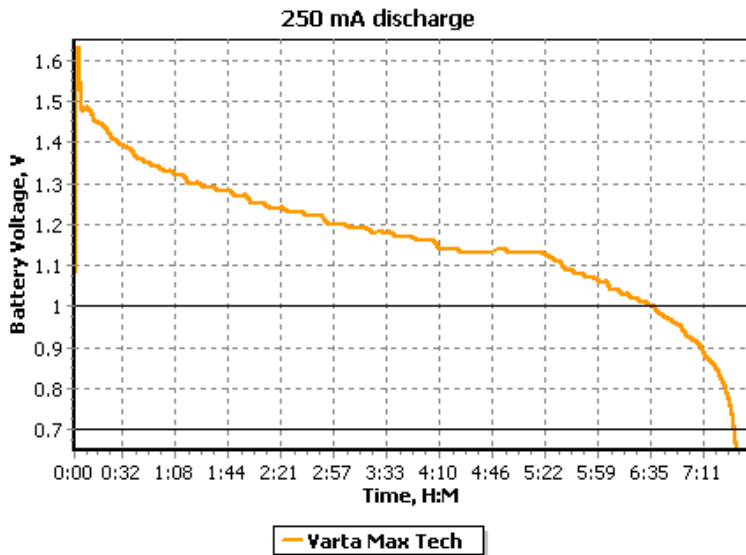
## ♦ Varta Max Tech

Батарейки Varta Max Tech позиционируются как элементы питания для техники с очень высоким потреблением. Но что именно это означает? Большую ёмкость?

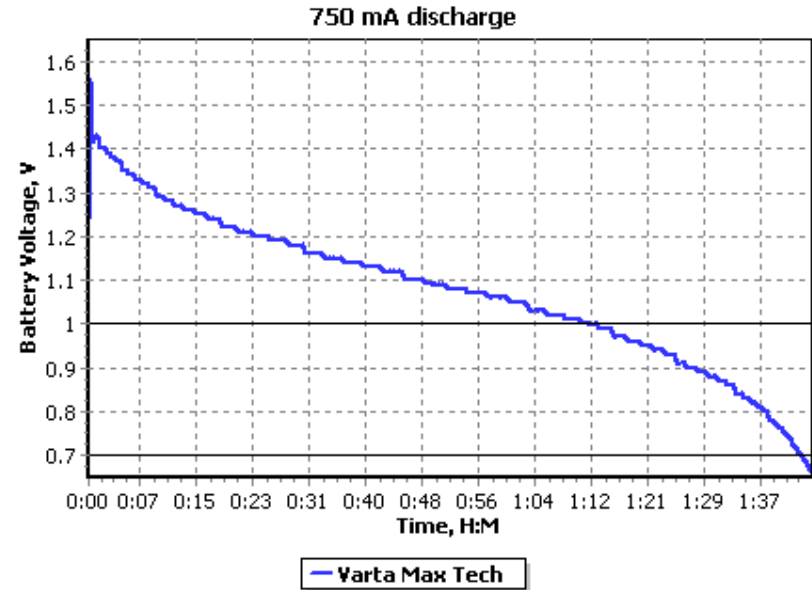


Как показали измерения – не совсем: при разряде малыми и средними токами Max Tech проигрывают серии High Energy, а вот при разряде очень большим током – напротив, выигрывают. Означает это одно: при сравнимой с High Energy ёмкостью у Max Tech меньше внутреннее сопротивление.

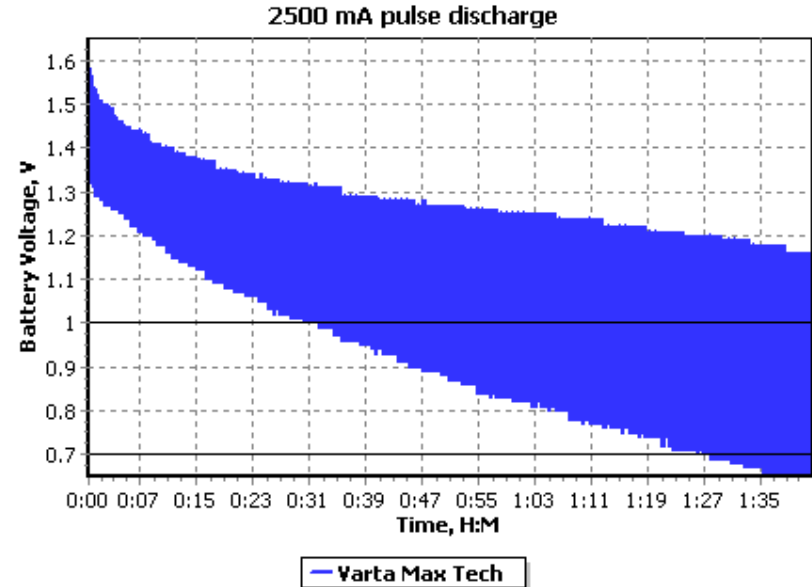
### ♦ Разряд током 250 мА



### ♦ Разряд током 750 мА



### ♦ Импульсный разряд 2,5 А





## ♦ Космос

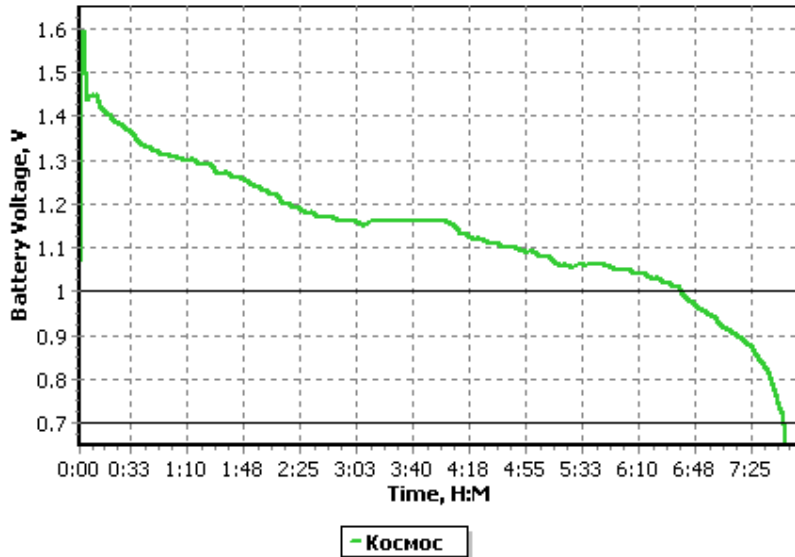
Завершает же нашу статью продукция отечественного производителя – точнее, продающаяся под отечественной маркой. Увы, его отношения с родным языком сложны и неоднозначны, о чём явственно свидетельствует надпись "Алкалиновая батарейка".



Разрядные кривые батареек "Космос" можно посмотреть по ссылкам:

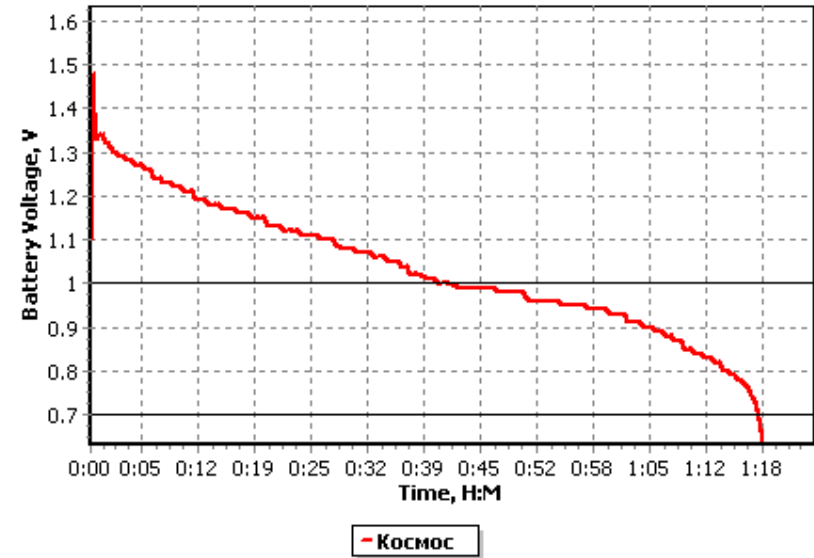
### ♦ Разряд током 250 мА

250 mA discharge



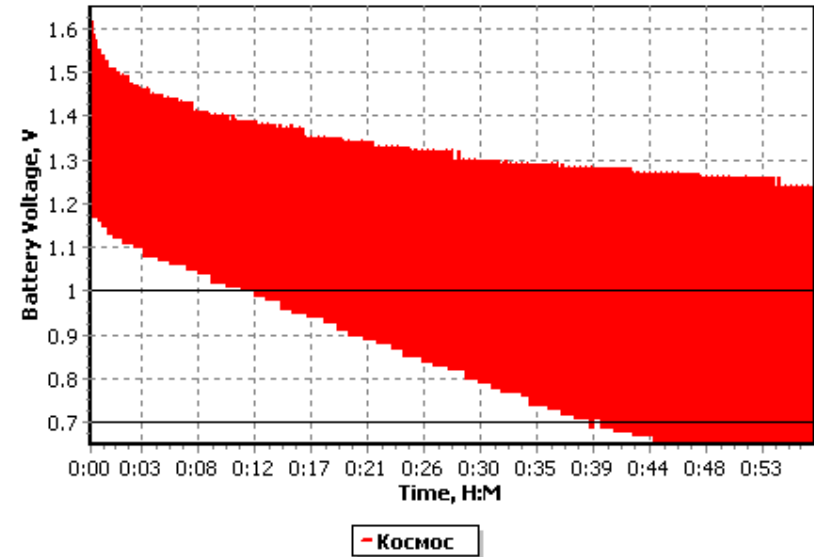
### ♦ Разряд током 750 мА

750 mA discharge



### ♦ Импульсный разряд 2,5 А

2500 mA pulse discharge



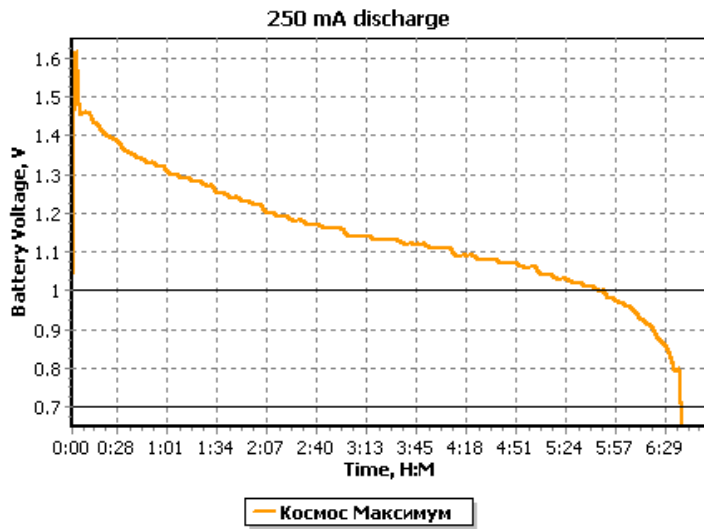
### ♦ Космос Максимум

Крупная надпись "Алкалин" ещё отчётливее демонстрирует неоднозначность взаимоотношений между компанией "Космос" и русским языком. Не очень понятно, разве что, почему ниже написано "0 % ртути", а не "0 % ртути" – ну, просто для поддержания общей стилистики смеси английского с нижегородским.

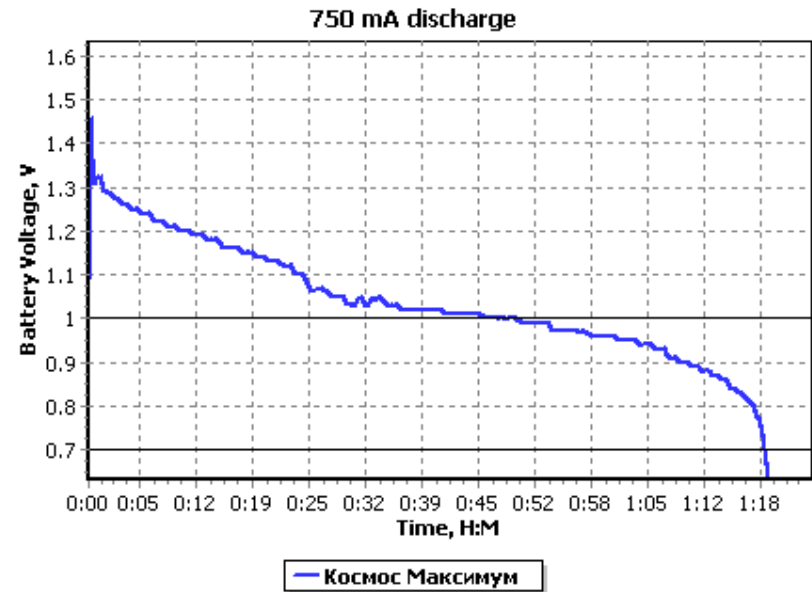


Также интересно, что батарейки "Космос Максимум" не смогли продемонстрировать ощутимого превосходства над батарейками "Космос" – в двух тестах они почти равны, а в третьем "Максимум" сильно отстали.

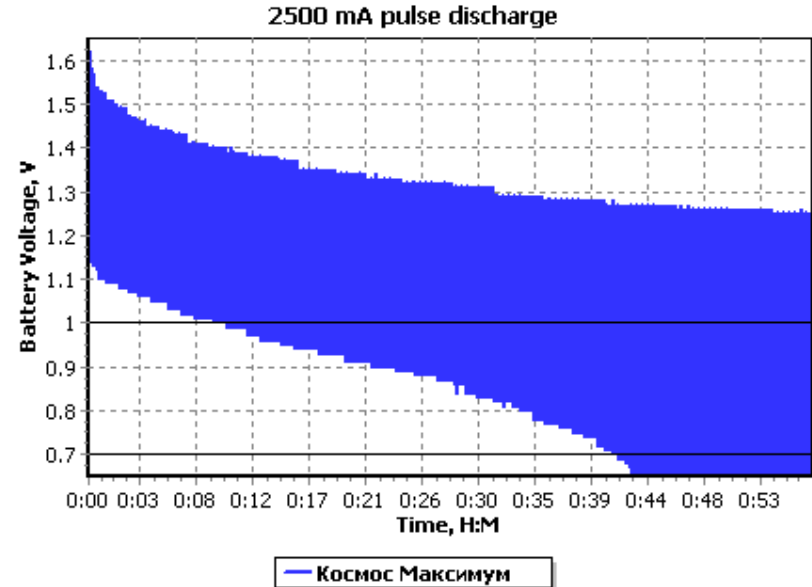
### ♦ Разряд током 250 мА



### ♦ Разряд током 750 мА



### ♦ Импульсный разряд 2,5 А



### ♦ Старт Super Alkaline

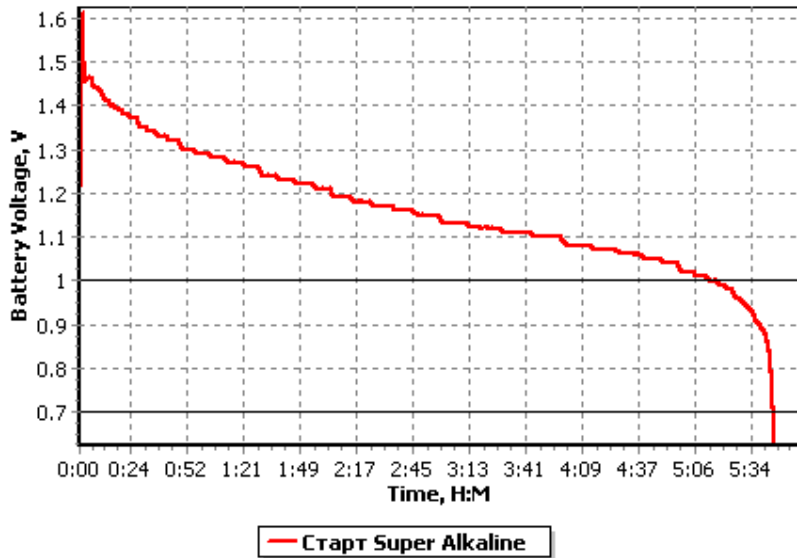
Если продукция, продающаяся под маркой "Космос", выпускается на мощностях компании Eastpower International, то батарейки "Старт" производятся уже знакомой нам Gold Peak Group.



Судя по результатам измерений, слова "Super Alkaline" в названии не случайны – заметная разница между Старт Super Alkaline и GP Super Alkaline есть лишь в одном тесте из трёх.

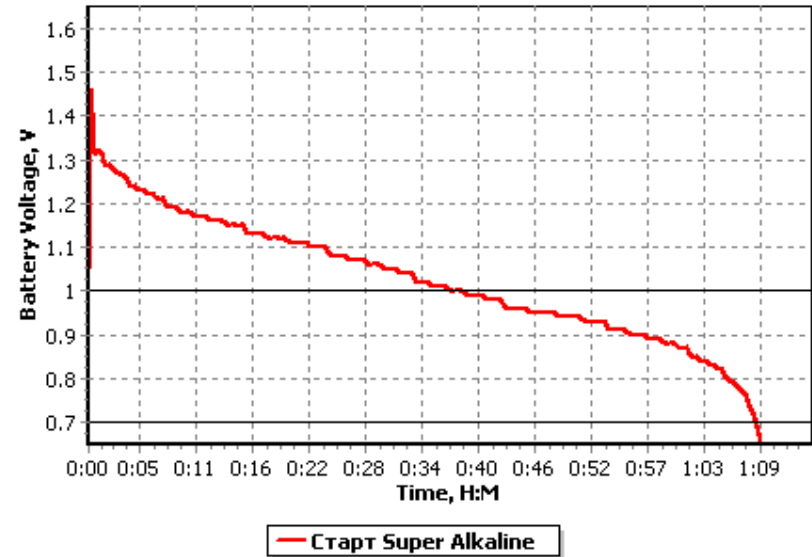
### ♦ Разряд током 250 мА

250 mA discharge



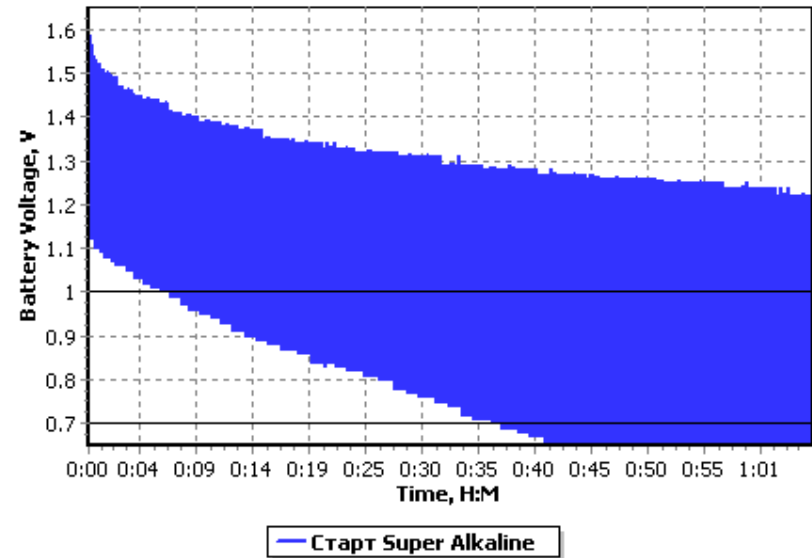
### ♦ Разряд током 750 мА

750 mA discharge



### ♦ Импульсный разряд 2,5 А

2500 mA pulse discharge



## Литиевые батарейки

Литиевые батарейки с рабочим напряжением 1,5 В (иначе говоря, взаимозаменяемые с щелочными и солевыми) встречаются достаточно редко, и потому в нашей статье представлена лишь одна их модель...

### ♦ Energizer Ultimate Lithium

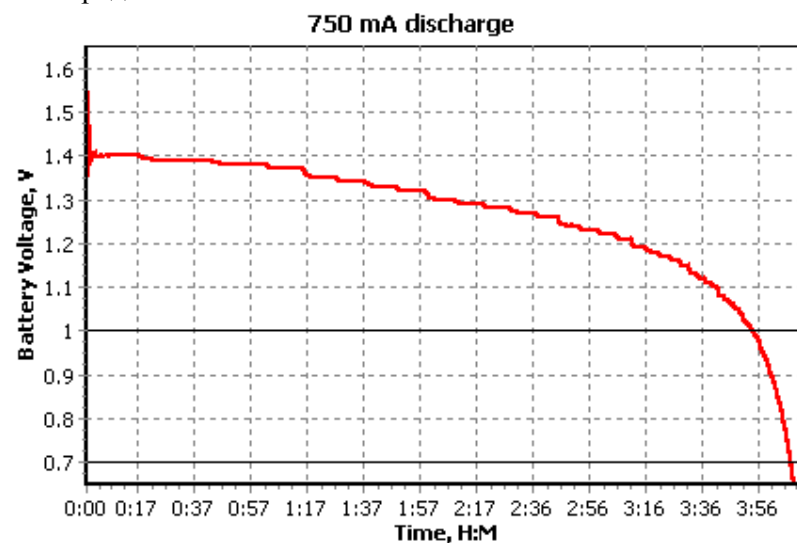
Производитель указывает для этих батареек ёмкость 3 А\*ч. Паспортная ёмкость большинства щелочных батареек также равна 3 А\*ч, однако есть один нюанс: у щелочных батареек она измеряется при разряде током всего лишь 25 мА и, как мы видели выше, при росте разрядного тока ёмкость быстро падает. У литиевых же эффективная ёмкость от разрядного тока почти не зависит.



И действительно, даже при токе нагрузки 750 мА, когда все без исключения щелочные батарейки изрядно "просели", измеренная ёмкость литиевой осталась равна 3 А\*ч! С честью выдержала эта батарейка и жесточайший режим импульсной нагрузки, амплитуда тока в котором достигает 2,5 А – более четырёх часов работы, в то время как лишь немногие из щелочных батареек дотянули хотя бы до одного часа.

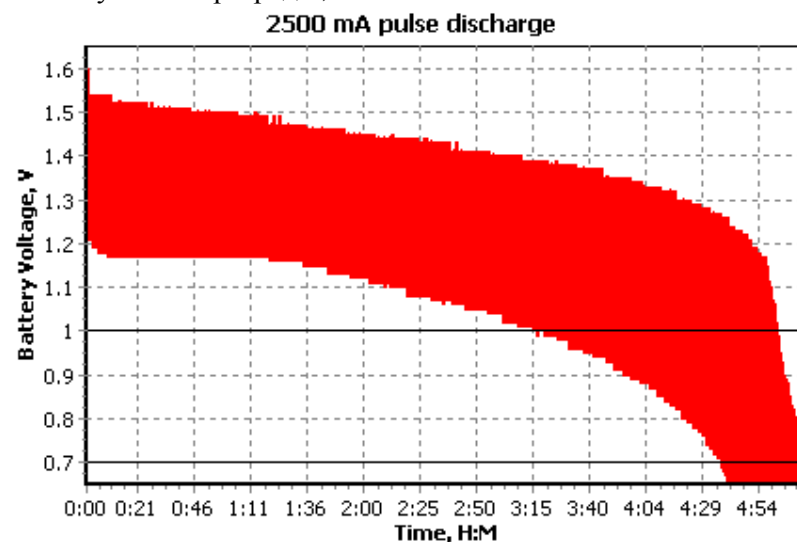
Тестирование на токе 250 мА мы решили не проводить по вполне понятным причинам – после такого успеха на больших токах это просто не имеет смысла.

### ♦ Разряд током 750 мА



— Energizer Ultimate Lithium

### ♦ Импульсный разряд 2,5 А



— Energizer Ultimate Lithium

## Обобщение результатов

Выше мы приводили для каждой из протестированных батареек разрядные графики – зависимость напряжения на батарейке от времени при заданной нагрузке. Однако сравнивать батарейки по ним трудно, поэтому ради большей наглядности мы рассчитали для каждой из батареек её ёмкость и свели результаты в несколько диаграмм.

Впрочем, перед тем, как переходить к числам, стоит поговорить о самой ёмкости. Традиционно её указывают в ампер-часах: ёмкость  $1 \text{ А} \cdot \text{ч}$  означает, что батарейка может отдавать ток  $1 \text{ А}$  в течение часа. Вообще говоря, такое определение ёмкости неверно – ведь ёмкость есть количество запасённой в батарейке энергии, энергия измеряется в джоулях, которые, в свою очередь, пересчитываются в "электрические" единицы по формуле  $1 \text{ Дж} = 1 \text{ Вт} \cdot \text{с}$ . Соответственно, и ёмкость батареек надо измерять в ватт-секундах (или, что удобнее, в ватт-часах), а вовсе не в ампер-часах.

Проиллюстрируем сказанное простым примером. Допустим, мы взяли две батарейки напряжением по  $1,5 \text{ В}$  и паспортной ёмкостью по  $1 \text{ А} \cdot \text{ч}$  и соединили их последовательно. Мы получили батарею с ёмкостью тот же  $1 \text{ А} \cdot \text{ч}$  – если её нагрузить током  $1 \text{ А}$ , она сядет через  $1$  час, ведь в течение этого часа каждая из батареек будет отдавать ток  $1 \text{ А}$ . Но ведь на самом деле ёмкость такой батареи – вдвое больше, чем у каждой отдельной батарейки. Поэтому правильнее учитывать ёмкость именно в ватт-часах. В приведённом выше примере для одной батарейки она будет равна  $1,5 \text{ Вт} \cdot \text{ч}$ , для двух –  $3 \text{ Вт} \cdot \text{ч}$  независимо от способа их соединения (последовательно или параллельно).

Особенно важно это учитывать при сравнении батареек и аккумуляторов с разными рабочими напряжениями: так, в литий-ионном аккумуляторе с паспортной ёмкостью  $1 \text{ А} \cdot \text{ч}$  и рабочим напряжением  $7,4 \text{ В}$  энергии запасено много больше, чем в Ni-MH аккумуляторе с паспортной ёмкостью  $2,7 \text{ А} \cdot \text{ч}$  и напряжением  $1,2 \text{ В}$  –  $7,4 \text{ Вт} \cdot \text{ч}$  против  $3,24 \text{ Вт} \cdot \text{ч}$ .

Для элементов питания с одинаковым паспортным напряжением указание ёмкости в ватт-часах приобретает смысл, если учесть, что при разряде напряжение на них падает по-разному. Скажем, если две батарейки на токе  $1 \text{ А}$  сели за час, но первая почти всё время держалась на напряжении около

$1,2 \text{ В}$ , а вторая быстро просела до  $0,9 \text{ В}$  – очевидно, что первая отдала больше энергии.

Впрочем, если привязываться к реальным нагрузкам, то у них может быть разный характер энергопотребления: как правило, простые устройства (фонари, электромеханические детские игрушки и так далее) потребляют тем больший ток, чем больше напряжение батарейки, а вот электронные устройства (фотоаппараты, плееры и так далее) склонны потреблять постоянную мощность – то есть, чем больше напряжение питания, тем меньший ток им требуется, и тем легче режим работы батарейки в них. Поэтому для вторых ёмкость в ватт-часах имеет наибольшее значение.

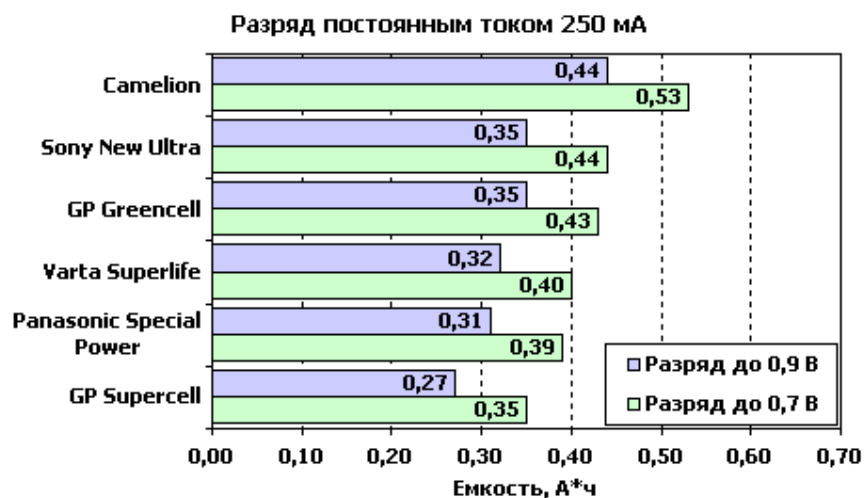
Кроме того, важно определиться, что мы считаем окончанием разряда. В своих статьях для батареек мы будем брать две точки: падение напряжения батарейки до  $0,9 \text{ В}$  и до  $0,7 \text{ В}$ . Первая выбрана из соображений, что многие устройства могут просто отказаться работать при меньшем напряжении, поэтому в них батарейку, "просевшую" ниже  $0,9 \text{ В}$ , можно смело считать разряженной. Однако есть и устройства, способные работать при напряжениях вплоть до  $0,7 \text{ В}$  – это различная электроника, использующая для получения нужного ей питания повышающие импульсные преобразователи. Продолжать тестирование при падении напряжения ниже  $0,7 \text{ В}$  смысла нет – абсолютное большинство батареек при достижении этой границы уже полностью разряжены, и далее напряжение на них спадает до нуля почти мгновенно. Поэтому в качестве второй точки мы выбираем момент, когда батарейка разрядилась до  $0,7 \text{ В}$ .

Также, чтобы нашим читателям было проще ориентироваться в цифрах, приведём табличку с результатами измерений энергопотребления различных устройств из предыдущей статьи:

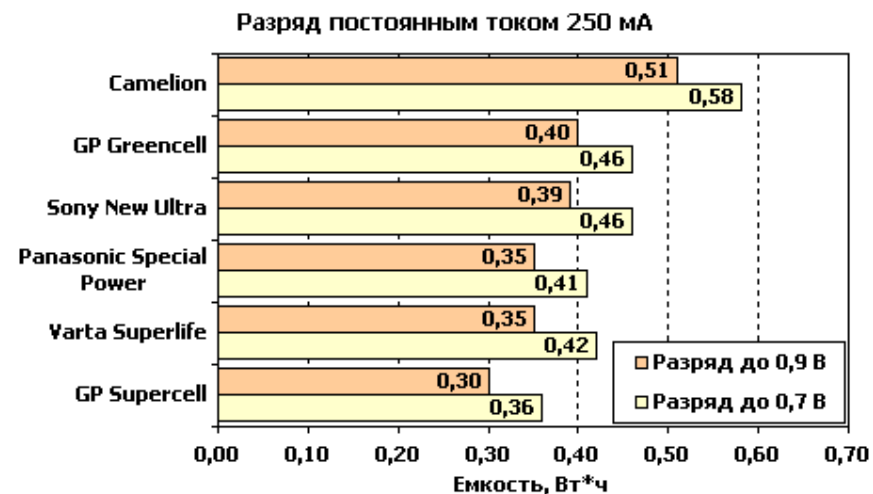
### Энергопотребление различных устройств

Вспышка Pentax AF-500FTZ	700 мА max
Фотоаппарат Canon PowerShot A510	800 мА в среднем, 1400 мА max
Фонарь на лампе накаливания	700 мА
Фонарь на 5 белых светодиодах	100 мА (по 20 мА на светодиод)
Бритва Gillette M3 Power	85 мА
Детская игрушка	240 мА
mp3-плеер Cowon iAudio 5	100 мА

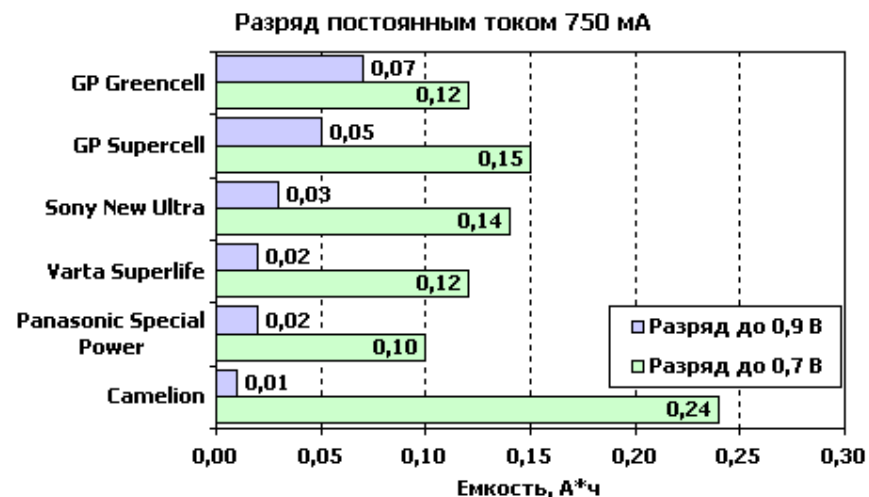
Итак, для каждой батарейки в каждом из тестов будут представлены четыре значения: ёмкость в ампер-часах и в ватт-часах при разряде до 0,9 В и до 0,7 В. Сортируются результаты по значениям для разряда до 0,9 В, как по наиболее жёсткому из критериев.



Среди солевых батареек на малом токе победила продукция Camelion, в аутсайдеры попали батарейки GP Supercell, продемонстрировав изрядное отставание от серии Greencell того же производителя. При этом в целом все батарейки показали очень скромный результат, лишь одна смогла дотянуть до 0,5 А\*ч, да и то – при глубоком разряде до 0,7 В.



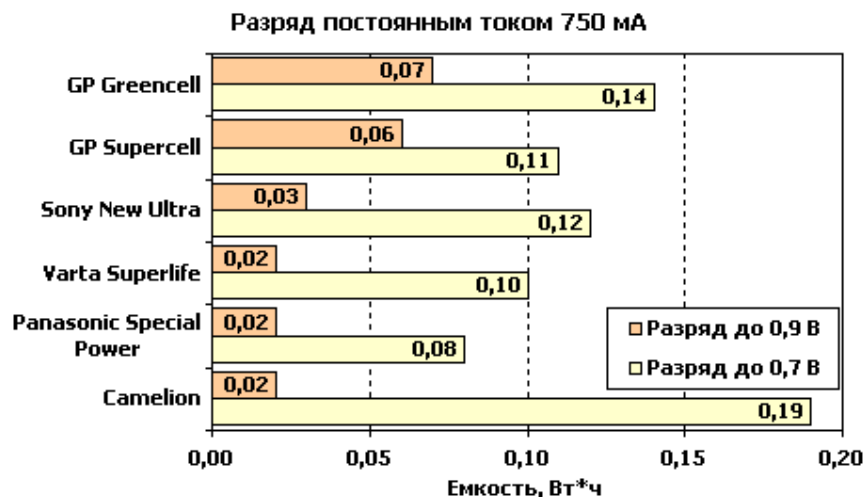
При пересчёте в ватт-часы картина не меняется. В средней группе поменялись местами две пары батареек, но разрыв между ними и в предыдущем тесте был на уровне погрешности измерений.



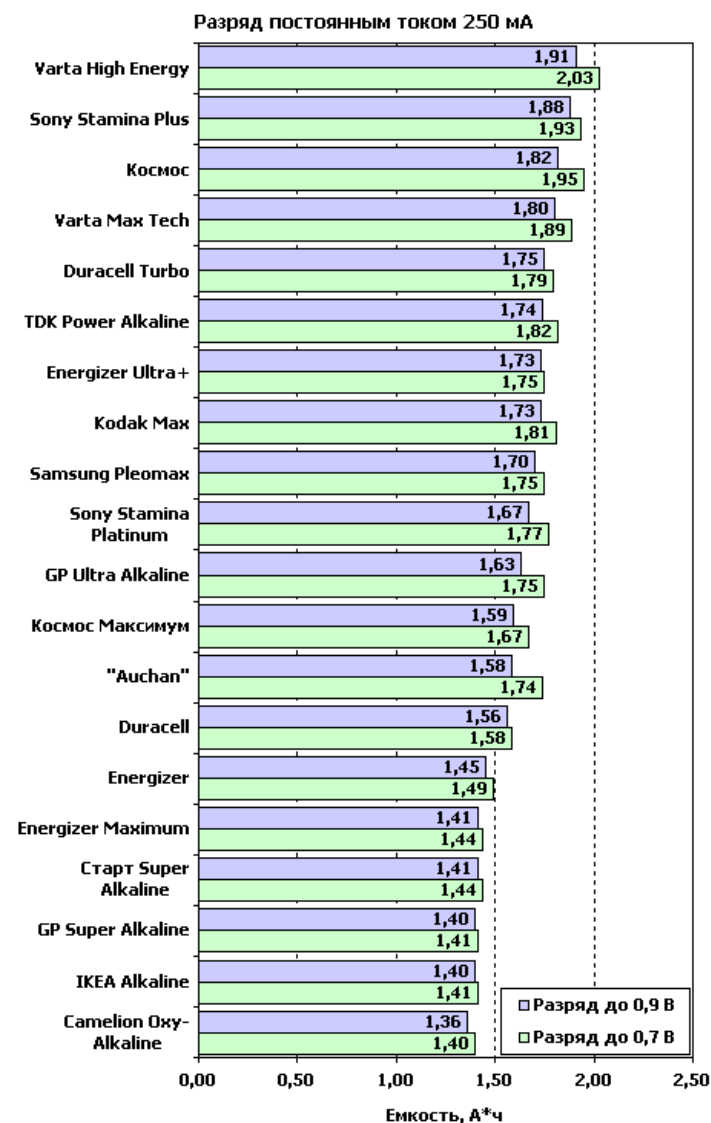
На токе 750 мА результат крайне печален: до границы 0,9 В все батарейки "просели" почти мгновенно. Использовать солевые батарейки в фонаре, фотоаппарате и тому подобной аппаратуре по

этой причине совершенно бессмысленно: в лучшем случае, время их работы исчисляется минутами, в худшем – устройство вообще не включится.

При разряде до 0,7 В вперёд вышла батарейка Camelion – выше мы уже обсуждали её странное поведение при разряде большими токами. Впрочем, погоды это не сделает, результат всё равно крайне скромен.

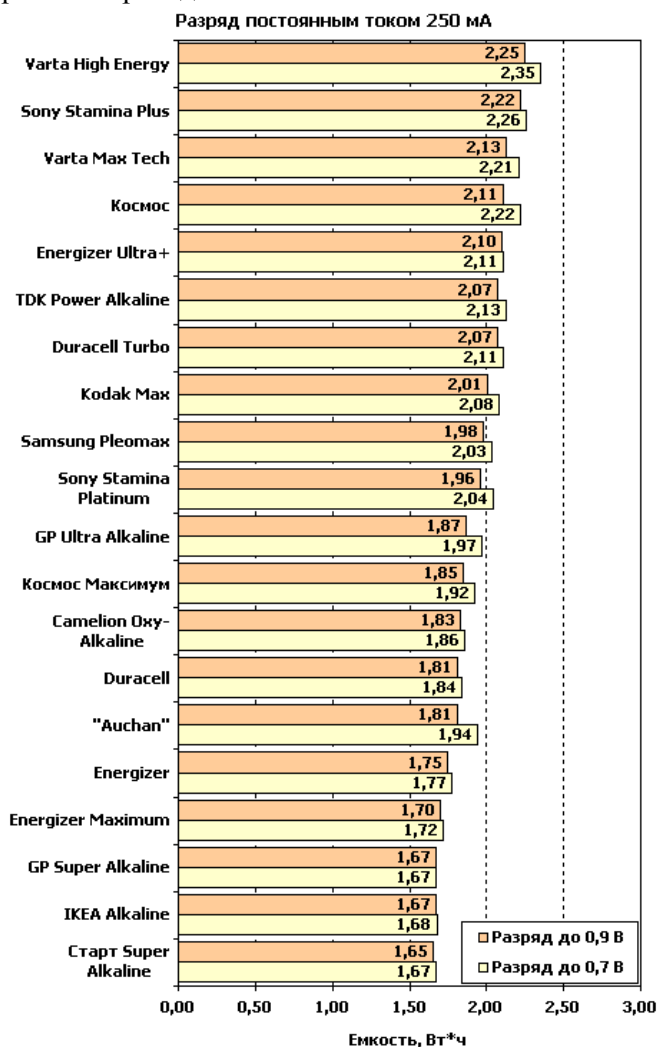


При переходе к измерению ёмкости в ватт-часах позиции в рейтинге сохраняются.



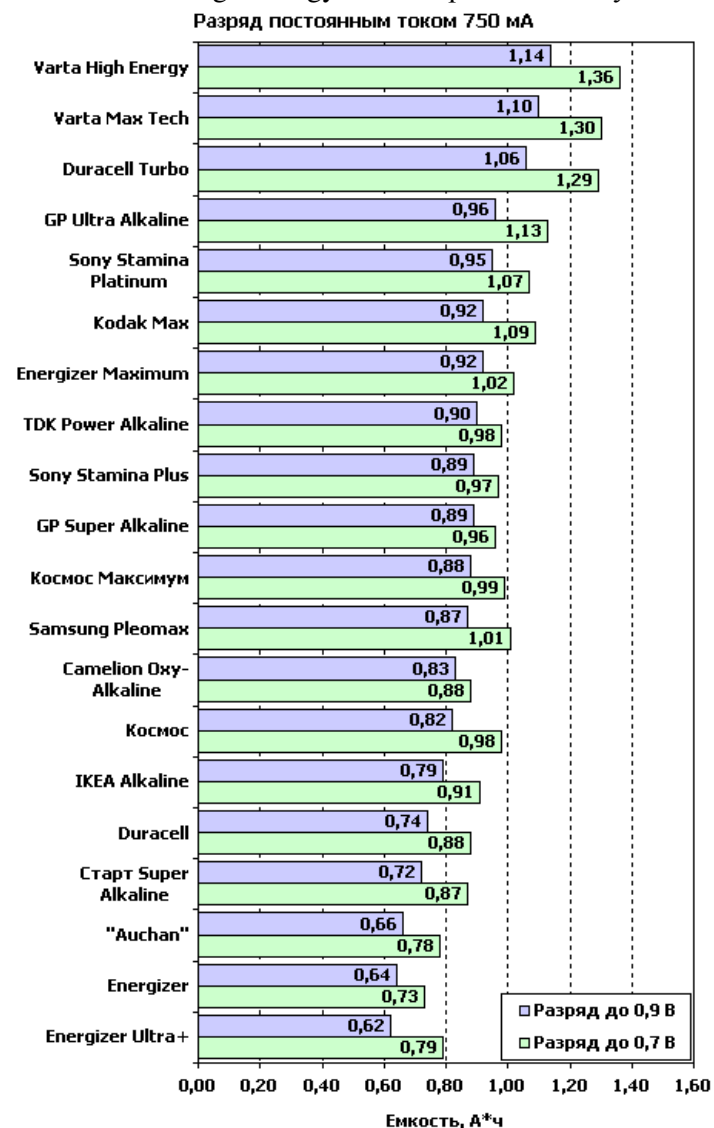
А вот щелочные батарейки при разряде малым током показывают совсем другие значения! Более того, для них довольно невелика разница между ёмкостями, измеренными по падению напряжения до 0,9 В и до 0,7 В – а значит, батарейка эффективно отдаёт большую часть накопленной в ней энергии до того, как её напряжение

серьёзно "просядет".



Лидируют батарейки Varta High Energy, вплотную за ними идут Sony, "Космос" и другие. Хуже всех выглядят батарейки IKEA Alkaline и GP Super Alkaline (в том числе и продающиеся под маркой "Старт"). Интересны в этом графике два момента: во-первых, "высокомощные" батарейки, такие как Energizer Maximum, Sony Stamina Platinum и Varta Max Tech не только не заняли первых позиций, а и проиграли менее мощным моделям тех же производителей. Во-вторых, батарейки Camelion Оху-Alkaline, по ёмкости в

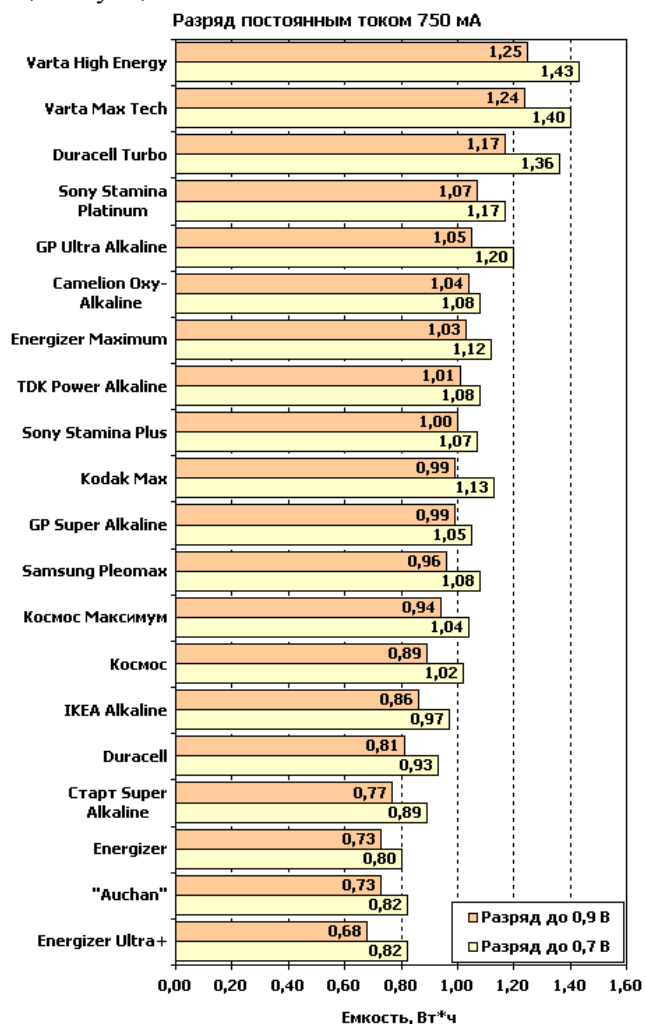
ампер-часах занявшие последнюю позицию в рейтинге, при пересчёте в ватт-часы заметно продвинулись к его середине – связано это с их высоким рабочим напряжением. Впрочем, соперничать с Varta High Energy они всё равно не могут.



При разряде током 750 мА лидер остался тот же – Varta High Energy – но "высокомощные" батарейки заметно подтянулись к

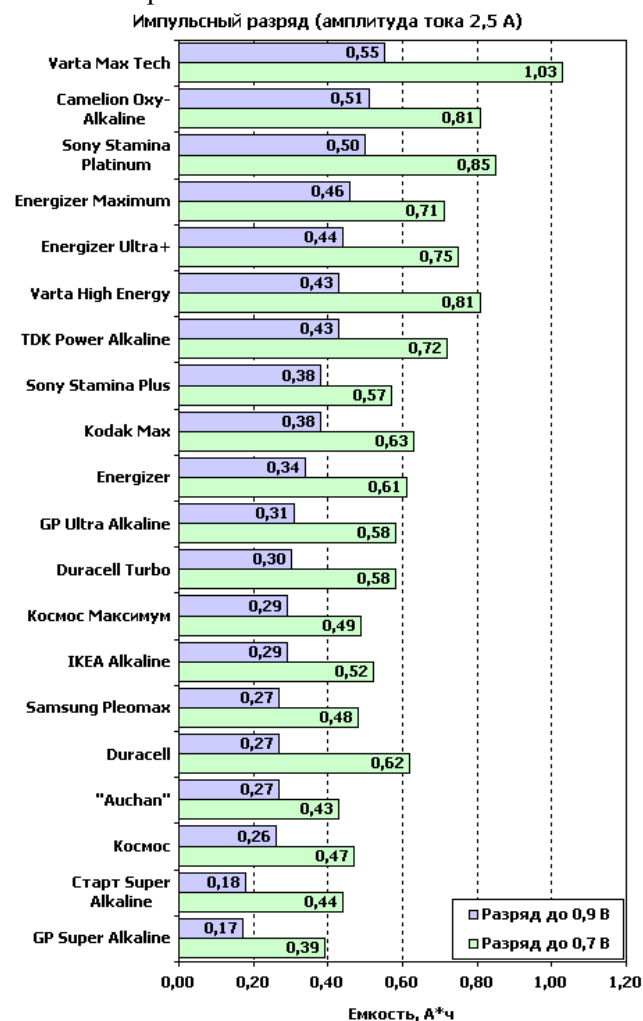


верхней части списка, а часть "маломощных", наоборот, резко провалилась вниз. Скажем, Energizer Maximum и Ultra+, Sony Stamina Platinum и Stamina Plus, по сути, поменялись местами.

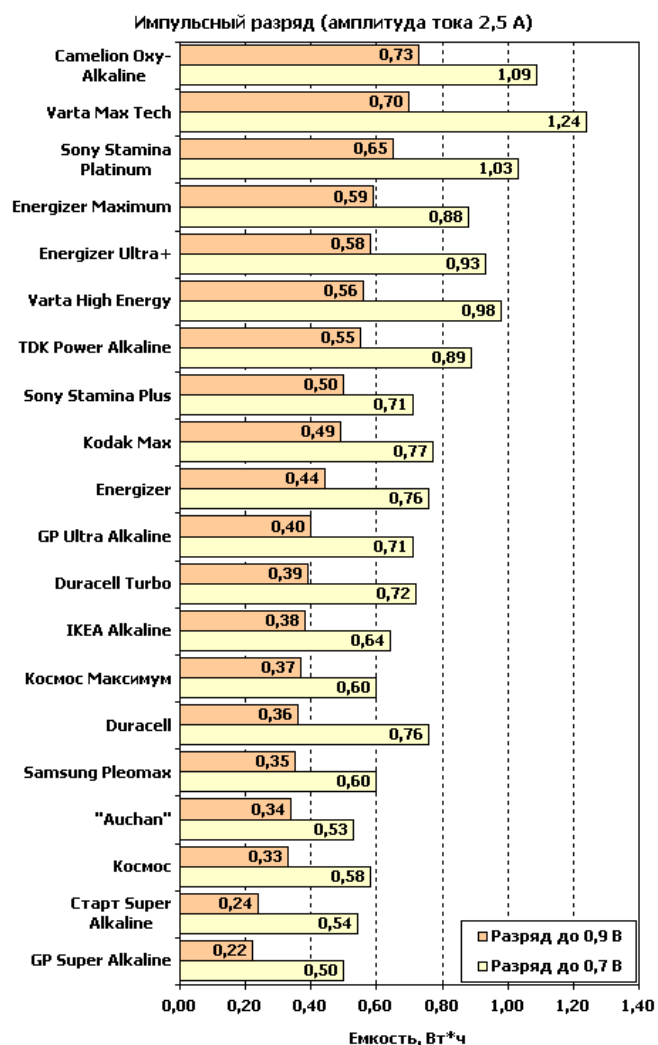


При переходе к ватт-часам порядок в общем и целом сохраняется, за тем исключением, что батарейки Camelion Оxy-Alkaline благодаря своему высокому рабочему напряжению снова совершают прыжок вверх по рейтингу. В целом же можно с некоторой печалью отметить, что ёмкость всех батареек с ростом тока нагрузки сильно упала: ни один из участников не добрался даже до полутора ватт-часов.

Из сравнения диаграмм для разных нагрузок становится очевидно, что однозначно лучших батареек не бывает: разные их типы действительно приспособлены под разные задачи. Скажем, для светодиодного фонарика, потребляющего 100 мА, нет смысла переплачивать за дорогие батарейки максимальной мощности – это именно мощность, а не ёмкость, поэтому в устройстве, потребляющем небольшой ток, служат они ничуть не дольше более дешёвых собратьев.

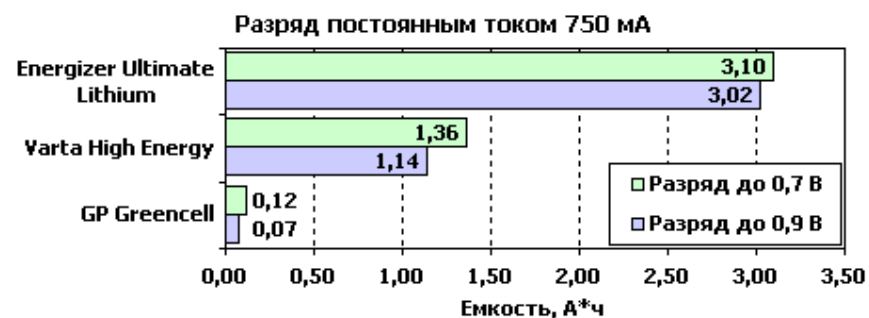


Импульсный разряд с амплитудой тока 2,5 А – самый жестокий из наших тестов, зато именно в нём и проявляются преимущества "высокотехнологичных" мощных батареек. На первое место выходит Varta Max Tech, следом за ней идут Camelion Oxy-Alkaline, Sony Stamina Platinum и Energizer Maximum – то есть модели, изначально предназначенные для устройств с очень большим энергопотреблением.

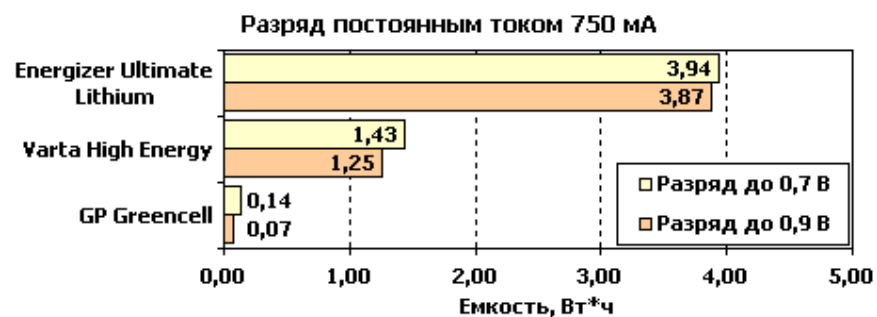


При переходе к ватт-часам лидером становится Camelion Oxy-Alkaline – благодаря своему большому рабочему напряжению. В остальном картина не меняется.

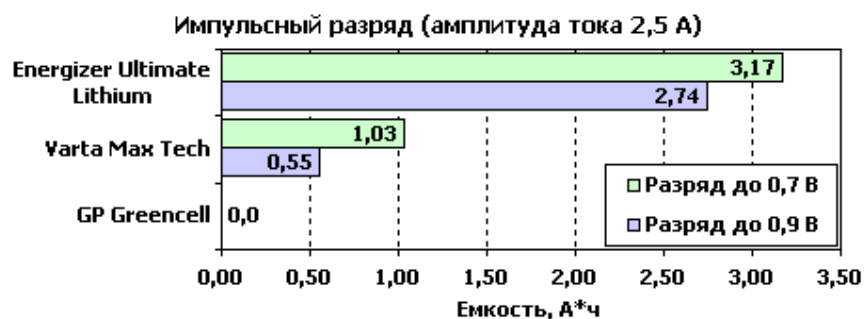
В целом же надо отметить, что импульсная нагрузка с амплитудой 2,5 А – очень тяжёлая задача даже для щелочных батареек.



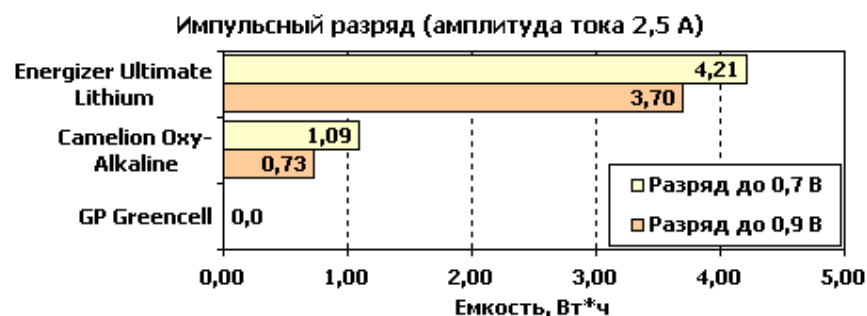
И, наконец, литиевые батарейки. Так как из представителей этого типа гальванических элементов в нашей статье присутствует только Energizer Ultimate Lithium, то сравнивать мы его будем с лидерами среди щелочных и солевых батареек – это позволит оценить, на что же способны литиевые батарейки и стоят ли они своих денег.



Впрочем, из этих двух диаграмм уже всё очевидно: на токе 750 мА литиевые батарейки в разы превосходят щелочные, результаты же солевых можно и вовсе не учитывать. Более того, при переходе к ватт-часам разрыв только увеличивается – литиевая батарейка лучше держит напряжение по мере разряда.

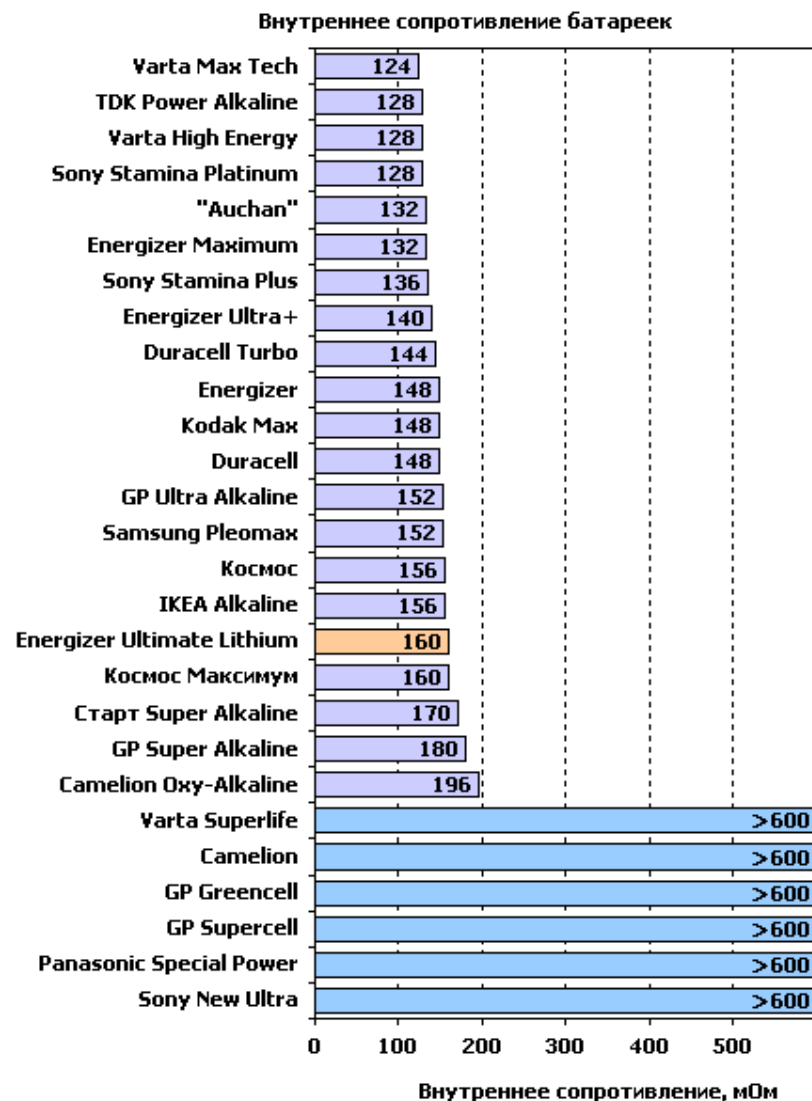


В тесте на импульсный разряд с амплитудой тока 2,5 А солевые батарейки сдаются сразу: первый же импульс просаживает напряжение на них почти до нуля.



Литиевая батарейка не просто сохраняет позиции, а и ещё более увеличивает отрыв от щелочной: при пересчёте в ватт-часы разница достигает пяти раз! И это, заметьте, по сравнению не с абстрактной "обычной батарейкой", а с лидером наших предыдущих тестов.

И, наконец, последняя таблица: внутреннее сопротивление батареек. Оно рассчитывалось по падению напряжения в тесте с импульсной нагрузкой, для расчёта брался участок графика, на котором напряжение с приходом импульса проседало до 1,0 В. Скажем, если при приходе очередного импульса напряжение просело с 1,32 до 1,0 В, то сопротивление равно  $(1,32В - 1,0В)/2,5А = 0,128 Ом$ .



Мощные батарейки, во главе которых Varta Max Tech, расположились в верхней части рейтинга. Camelion Oxy-Alkaline занял среди щелочных последнее место, но выше мы неоднократно отмечали, что выйти на первые места по реальной ёмкости ему помогает относительно высокое рабочее напряжение. Оно же

помогло и литиевой Energizer Ultimate Lithium, чьё внутреннее сопротивление также оказалось относительно высоко.

В остальном же наибольшее сопротивление ожидаемо оказалось у батареек GP, ИКЕА и "Космос" – аутсайдеров нашего тестирования. Ну и, разумеется, все солевые батарейки показали очень большое внутреннее сопротивление – как уже отмечалось выше, тест импульсного разряда для них чрезмерно жесток.

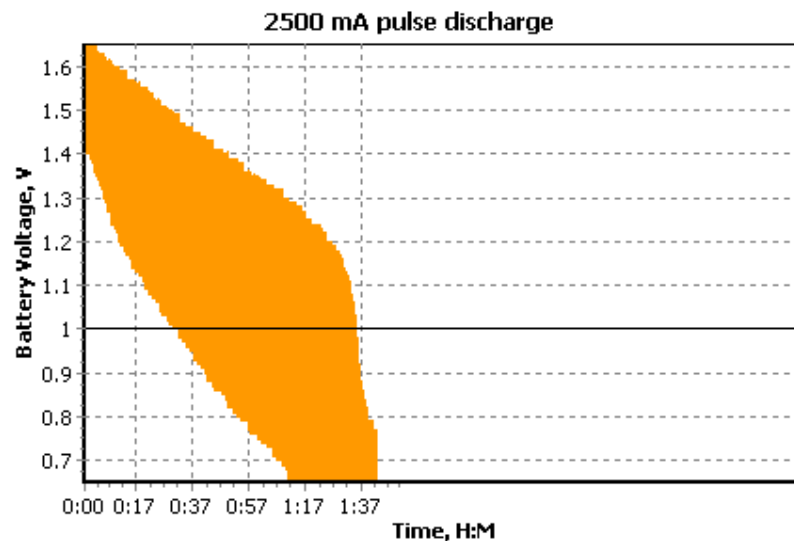
### Вместо заключения: батарейки против аккумулятора

Из полученных данных можно сделать много интересных выводов, основные из которых удобно собрать компактным списком:

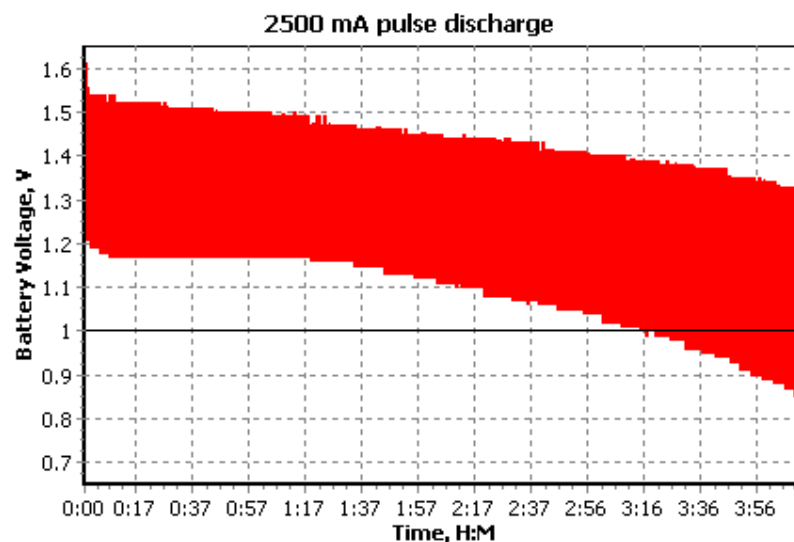
- ♦ солевые батарейки принципиально непригодны для устройств с большим потреблением;
- ♦ разные щелочные батарейки оптимальны с точки зрения соотношения ёмкости и цены для разных применений: мощные и дорогие батарейки не обеспечат большей ёмкости при разряде малым током, нежели более дешёвые собратья, но выигрывают на разряде очень большими токами;
- ♦ ёмкость и солевых, и щелочных батареек сильно зависит от разрядного тока: чем он больше, тем меньше ёмкость;
- ♦ ёмкость литиевых батареек от разрядного тока почти не зависит, поэтому на больших токах они обеспечивают в разы большую ёмкость, чем лучшие из щелочных.

Тем не менее, возникает ещё один вопрос – а насколько хорошо батарейки конкурируют с аккумуляторами? Особенно он важен в том свете, что стоимость литиевых батареек приближается к стоимости хороших Ni-MH аккумуляторов с ёмкостью 2700 мА\*ч.

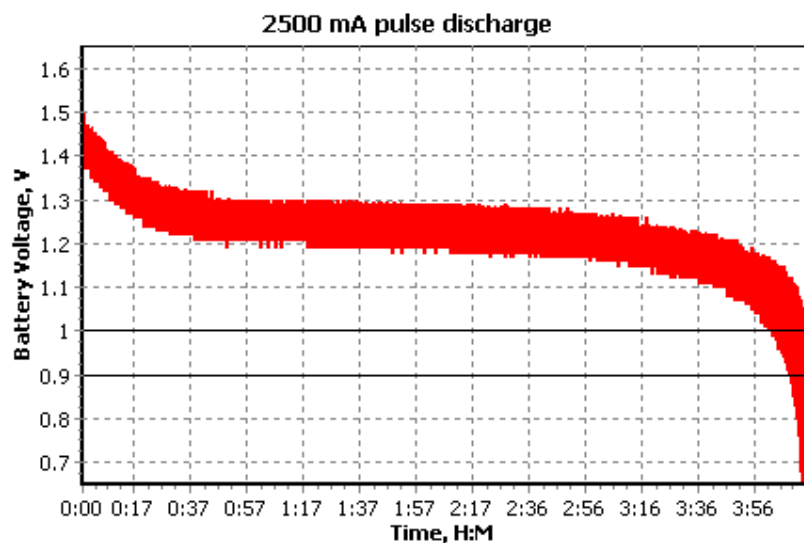
О работе аккумуляторов с малыми нагрузками мы поговорим в следующей статье, а сейчас я позволю себе привести три диаграммы с одним и тем же масштабом оси времени, на которых показана работа разных элементов питания с нашей импульсной нагрузкой:



Щелочная батарейка



Литиевая батарейка



— Energizer 2650 mAh

**Ni-MH аккумулятор**

Проигрыш щелочной батарейки очевиден, а вот между литиевой и аккумулятором наблюдается паритет – с одной стороны, литиевая батарейка имеет немного большую ёмкость и большее рабочее напряжение, с другой стороны, по ширине линии отлично видно, что внутреннее сопротивление аккумулятора втрое меньше.

Вывод из этого можно сделать простой: щелочные батарейки при работе с большими токами в принципе не способны достичь характеристик современных Ni-MH аккумуляторов. Литиевые батарейки в целом способны конкурировать с аккумуляторами, но ярко выраженного превосходства не демонстрируют – поэтому их использование оправдано в случаях, когда аккумуляторы недоступны. Если своевременная зарядка комплекта Ni-MH аккумуляторов не является для вас проблемой, то они будут лучшим способом питания любых устройств с большим энергопотреблением – фонарей, фотоаппаратов, плееров, игрушек...

О том же, какие именно аккумуляторы выбрать, мы поговорим в нашей следующей статье.

## Приложение 1

# Методика тестирования аккумуляторов и батареек

### Введение

Этой статьёй мы открываем новое для нашего сайта направление: тестирование аккумуляторов и гальванических элементов (или, выражаясь простым языком, батареек).

Несмотря на то, что всё большую популярность приобретают литий-ионные аккумуляторы, специфичные для каждой конкретной модели устройства, рынок стандартных элементов питания общего назначения до сих пор очень велик – от них питается масса различных изделий, начиная от детских игрушек и заканчивая недорогими фотоаппаратами и профессиональными фотовспышками. Велик и ассортимент этих элементов – батарейки и аккумуляторы разных типов, емкостей, размеров, торговых марок, качества изготовления...

На первых порах мы не ставим перед собой цель объять всё богатство элементов питания – мы ограничимся лишь наиболее стандартными и распространёнными из них: цилиндрическими батарейками и никелевыми аккумуляторами.

Данная же статья призвана познакомить вас с некоторыми базовыми понятиями, касающимися исследуемых нами элементов питания, а также с методикой тестирования и используемым нами оборудованием. Впрочем, многие теоретические и практические вопросы мы будем обсуждать и в последующих статьях, посвящённых уже конкретным элементам питания – тем более, что делать это на "живых примерах" много удобнее и нагляднее.

### Типы аккумуляторов и гальванических элементов

#### ✦ Батарейки с солевым электролитом

Батарейки с солевым электролитом, они же цинк-углеродные (впрочем, в отличие от щелочных батареек, на упаковках солевых производители обычно просто не указывают их химию) – самые дешёвые химические источники тока из имеющихся в продаже: стоимость одной батарейки колеблется от четырёх-пяти до восьми-десяти рублей, в зависимости от марки.



Представляет собой такая батарейка цинковый цилиндрический контейнер (служащий одновременно и корпусом, и "минусом" батарейки), в центре которого находится угольный электрод ("плюс"). Вокруг анода размещён слой диоксида марганца, а оставшееся пространство между ним и стенками контейнера заполнено пастой из хлорида аммония и хлорида цинка, разведённых в воде. Состав этой пасты может варьироваться: в маломощных батарейках в ней доминирует хлорид аммония, а в более ёмких (обычно обозначаемых производителями как "Heavy Duty") – хлорид цинка.

При работе батарейки цинк, из которого сделан её корпус, постепенно окисляется, в результате чего в нём могут появиться прорехи – тогда электролит из батарейки вытечет, что может привести к порче устройства, в которое она установлена. Впрочем, такие проблемы были характерны в основном для отечественных батареек времён существования СССР, современные же надёжно упаковываются в дополнительную внешнюю оболочку и "текут" очень редко. Тем не менее, надолго оставлять в устройстве севшие батарейки не стоит.

Как уже упоминалось выше, химический состав электролита

солевых батареек может немного варьироваться – в "мощной" версии используется электролит с преобладанием хлорида цинка. Впрочем, слово "мощный" применительно к ним можно писать разве что в кавычках – ни одна из разновидностей солевых батареек на сколь-нибудь серьёзную нагрузку не рассчитана: в фонаре их хватит на четверть часа, а в фотоаппарате может не хватить даже на выдвижение объектива. Удел солевых батареек – пульты дистанционного управления, часы да электронные термометры, то есть устройства, энергопотребление которых укладывается в единицы, в крайнем случае в десятки миллиампер.

#### ✦ Батарейки с щелочным электролитом

Следующий тип батареек – щелочные, или марганцевые батарейки. Некоторые не слишком грамотные продавцы и даже производители называют их "алкалиновыми" – это слегка искажённая калька с английского "alkaline", то есть "щёлочь".



Цены на щелочные батарейки варьируются от десяти до сорока-пятидесяти рублей (впрочем, большинство их типов укладываются в диапазон до 25 рублей, выделяются только отдельные модели повышенной мощности), а отличить от солевых их можно по обычно присутствующей в том или ином виде надписи "Alkaline" на упаковке (а иногда – и прямо в названии, например, "GP Super Alkaline" или "TDK Power Alkaline").

Отрицательный полюс щелочной батарейки состоит из цинкового порошка – по сравнению с цинковым корпусом солевых элементов, использование порошка позволяет увеличить скорость протекания химических реакций, а значит, и отдаваемый батарейкой ток. Положительный полюс – из диоксида

марганца. Основным же отличием от солевых батареек является тип электролита: в щелочных в его качестве используется гидроксид калия.

Щелочные батарейки хорошо подходят для устройств с энергопотреблением от десятков до нескольких сотен миллиампер – при ёмкости порядка 2...3 А\*ч они обеспечивают вполне разумное время работы. К сожалению, есть у них и существенный минус: большое внутреннее сопротивление. Если нагрузить батарейку действительно большим током, её напряжение сильно просядет, а значительная часть энергии будет расходоваться на нагрев самой батарейки – в результате эффективная ёмкость щелочных батареек сильно зависит от нагрузки. Скажем, если при разряде током 0,025 А нам удастся получить от батарейки 3 А\*ч, то при токе 0,25 А реальная ёмкость упадёт уже до 2 А\*ч, а при токе 1 А – и вовсе ниже 1 А\*ч.

Тем не менее, какое-то время щелочная батарейка может работать и при большой нагрузке, просто это время сравнительно невелико. Скажем, если на солевых батарейках современный цифровой фотоаппарат может даже не включиться, то одного комплекта щелочных ему хватит на полчаса работы.

Кстати, если уж вы вынуждены использовать в фотоаппарате щелочные батарейки – купите сразу два комплекта и периодически меняйте их местами, это позволит немного продлить их жизнь: если разряженной большим током батарейке дать немного "отлежаться", она частично восстановит заряд и сможет проработать ещё немного. Минут пять.

#### ✦ Литиевые батарейки

Последний из широко распространённых типов батареек – литиевые. Как правило, они рассчитаны на напряжение, кратное 3 В, поэтому большинство типов литиевых батареек с полуторавольтовыми солевыми и щелочными не взаимозаменяемы. Такие батарейки широко используются в часах, а также – реже – в фототехнике.





Впрочем, существуют и литиевые батарейки на напряжение 1,5 В, выполненные в стандартных форм-факторах AA и AAA – их можно использовать в любой технике, рассчитанной на обычные солевые или щелочные батарейки. Основное преимущество литиевых батареек заключается в меньшем внутреннем сопротивлении по сравнению со щелочными: их ёмкость мало зависит от тока нагрузки. Поэтому, хотя при малом токе что щелочная, что литиевая батарейки имеют одинаковую ёмкость 3 А\*ч, если поставить их в цифровой фотоаппарат, потребляющий 1 А, то щелочные "умрут" минут через тридцать, а вот литиевые проживут почти три часа.

Минусом литиевых батареек является высокая стоимость: мало того, что дорог сам литий, так ещё и в связи с опасностью его воспламенения при попадании воды конструкция батарейки оказывается заметно сложнее по сравнению с щелочными. В результате одна литиевая батарейка стоит 100-150 рублей, то есть в три-пять раз дороже очень хорошей щелочной. Примерно столько же стоит Ni-MH аккумулятор, обладающий сходными с литиевыми батарейками разрядными характеристиками, но способный пережить несколько сотен циклов заряд-разряд – поэтому покупка литиевых батареек оправдана лишь в том случае, когда вам негде, некогда или нечем зарядить обычные аккумуляторы.

Да, раз уж зашла речь о циклах заряда, необходимо сказать, что пытаться заряжать литиевые батарейки категорически нельзя! Если обычная щелочная или солевая батарейка при попытке её зарядить может, как максимум, просто вытечь, то герметичные литиевые батарейки при заряде взрываются.

Также, помимо хороших разрядных характеристик, у литиевых батареек

есть ещё два преимущества, как правило, не очень существенных: долговечность (допустимый срок хранения достигает 15 лет, при этом батарейка теряет всего 10 % ёмкости) и способность работать при отрицательных температурах, когда у солевых и щелочных батареек попросту замерзает электролит.

#### ♦ Никель-кадмиевые (Ni-Cd) аккумуляторы

Основной же альтернативой батарейкам являются аккумуляторы – источники тока, химические процессы в которых обратимы: при подключении аккумулятора к нагрузке они идут в одном направлении, а при приложении к нему напряжения – в обратном. Таким образом, если батарейку после использования приходится выбрасывать и приобретать новую, то аккумулятор можно зарядить до его полной (или почти полной) исходной ёмкости.

Рассматривать мы будем аккумуляторы, используемые в лёгкой бытовой электронной аппаратуре – поэтому тяжёлые (и в прямом, и в переносном смысле) свинцово-кислотные аккумуляторы, встречающиеся в автомобилях, блоках бесперебойного питания и других устройствах с большим энергопотреблением и без особых ограничений на вес и габариты, сразу остаются за бортом нашей сегодняшней статьи. А вот различным типам никелевых аккумуляторов внимания мы уделим много больше...

Первые никелевые – точнее говоря, никель-кадмиевые – аккумуляторы были созданы шведским учёным Вальдемаром Юнгером (Waldmar Jungner) аж в 1899 году, однако на тот момент были относительно дороги, да к тому же не являлись герметичными: при зарядке аккумулятор выделял газ. Лишь в середине прошлого века удалось создать никель-кадмиевую батарею с замкнутым циклом: выделяющиеся при зарядке газы поглощались самим же аккумулятором.

Никель-кадмиевые аккумуляторы надёжны и долговечны (их можно хранить до пяти лет, а заряжать – при правильном использовании – до 1000 раз), хорошо работают при низких температурах и легко выдерживают большие токи разряда, могут заряжаться как малыми, так и большими токами.



Минусов у них, впрочем, тоже немало. Во-первых, относительно маленькая плотность энергии (то есть отношение ёмкости элемента к его объёму), во-вторых, заметный ток саморазряда (после нескольких месяцев хранения аккумулятор перед использованием потребуется заново зарядить), в-третьих, использование в конструкции ядовитого кадмия, и, в-четвёртых, эффект памяти.

На последнем стоит остановиться подробнее, так как при разговоре об аккумуляторах мы его ещё не раз вспомним. Эффект памяти является следствием нарушения внутренней структуры аккумулятора: в нём начинают расти кристаллы, уменьшающие эффективную поверхность и, соответственно, ёмкость аккумулятора. Своё название эффект получил из-за того, что особенно быстро кристаллы растут при неполной разрядке аккумулятора: он как бы помнит, до какого уровня его разряжали в прошлый раз – если аккумулятор был разряжен, скажем, только на 25 %, то очередная зарядка восстановит его ёмкость не до 100 %, а меньше. Для борьбы с эффектом памяти аккумулятор рекомендуется перед зарядкой разряжать полностью – это разрушает образующиеся кристаллы и восстанавливает ёмкость аккумулятора. Среди доступных типов аккумуляторов именно никель-кадмиевые наиболее подвержены эффекту памяти.

Тем не менее, в некоторых случаях использование никель-кадмиевых аккумуляторов оправдано и сейчас – благодаря низкой стоимости, долговечности и возможности зарядки при низких температурах без отрицательных последствий для аккумулятора.

#### ✦ Никель-металлгидридные (Ni-MH) аккумуляторы

Несмотря на близкое соседство на полках магазинов, в историческом плане между Ni-Cd и Ni-MH аккумуляторами лежит пропасть: последние были разработаны лишь в 1980-х годах. Интересно, что изначально исследовалась возможность хранения водорода для никель-водородных батарей, применяемых в космической технике, но в результате мы получили и один из самых распространённых в быту типов аккумуляторов.

В отличие от никель-кадмиевых батарей, никель-металлгидридные не содержат тяжёлых металлов, а значит, безвредны для окружающей среды и

не требуют специальной переработки при утилизации. Впрочем, это далеко не единственный их плюс: с точки зрения потребителей, то есть нас с вами, куда важнее, что при тех же размерах Ni-MH аккумуляторы имеют в два-три раза большую ёмкость – для наиболее распространённых аккумуляторов формата AA она доходит уже до 2500-2700 мА\*ч против 800-1000 мА\*ч у никель-кадмиевых.

Более того, Ni-MH аккумуляторы ещё и практически не страдают от эффекта памяти. Точнее говоря, производители год за годом уменьшают его влияние – и поэтому, хотя теоретически эффект присутствует и в Ni-MH аккумуляторах, на практике у современных моделей он незначителен. Впрочем, мы не будем полагаться во всём на производителей и в одной из наших следующих статей попробуем сами оценить влияние эффекта памяти.

К сожалению, у Ni-MH аккумуляторов есть и свои проблемы. Во-первых, они имеют больший ток саморазряда (впрочем, об этом мы ещё раз поговорим чуть ниже) по сравнению с Ni-Cd, во-вторых, хотя число циклов перезарядки также может достигать 1000, падение ёмкости аккумулятора может наблюдаться уже после 200-300 циклов, в-третьих, слишком большие разрядные токи и зарядка при низких температурах заметно сокращают жизнь аккумулятора.

Тем не менее, по совокупности характеристик – стоимости, надёжности, ёмкости, простоте обслуживания – на данный момент Ni-MH аккумуляторы являются одними из лучших, что и обусловило их применение в огромной массе бытовых устройств.

В последнее время в продаже появились также так называемые "Ready To Use" ("готовы к использованию") Ni-MH аккумуляторы. От обычных они отличаются малым током саморазряда – производитель уверяет, что за полгода аккумулятор потеряет не более 10 % ёмкости, а за год – не более 15 % (для сравнения, обычный Ni-MH аккумулятор за месяц сядет на 20...30 %, а за год – в ноль). Отсюда и название: будучи заряженными ещё производителем, эти аккумуляторы не успеют полностью разрядиться до того, как вы купите их в магазине, а значит, их

можно будет использовать без предварительной зарядки, сразу после покупки. Минусом таких аккумуляторов является меньшая ёмкость – элемент формата АА имеет ёмкость 2000...2100 мА\*ч против 2600...2700 мА\*ч для обычных Ni-MH аккумуляторов.

### **Зарядные устройства для Ni-Cd и Ni-MH аккумуляторов**

Принципы заряда Ni-Cd и Ni-MH аккумуляторов во многом схожи – по этой причине современные зарядные устройства, как правило, поддерживают сразу оба типа. Методы же заряда и, соответственно, типы зарядных устройств можно разделить на четыре группы. При этом во всех случаях мы будем указывать зарядный ток через ёмкость аккумулятора: например, рекомендация заряжать током величиной "0,1С" означает, что аккумулятору ёмкостью 2700 мА\*ч в такой схеме соответствует ток 270 мА ( $0,1 * 2700 = 270$ ), а аккумулятору ёмкостью 1400 мА\*ч – 140 мА.

#### **♦ Медленный заряд током 0,1С**

Этот метод основан на том, что современные аккумуляторы легко выдерживают перезаряд (то есть попытку "залить" в них больше энергии, чем аккумулятор может хранить), если зарядный ток не превышает величины 0,1С. Если ток превышает эту величину, аккумулятор при перезаряде может выйти из строя.

Соответственно, слаботочное зарядное устройство не нуждается в каком-либо контроле окончания заряда: ничего страшного в избыточной его продолжительности нет, аккумулятор просто рассеет лишнюю энергию в виде тепла. Соответствующие зарядные устройства дешёвы и весьма широко распространены. Для зарядки аккумулятора достаточно оставить его в таком ЗУ на время не менее  $1,6 * C / I$ , где С – ёмкость аккумулятора, I – зарядный ток. Скажем, если мы берём ЗУ с током 200 мА, то аккумулятор ёмкостью 2700 мА\*ч гарантированно зарядится за  $1,6 * 2700 / 200 = 21$  час 36 минут. Почти сутки... в общем, главный недостаток таких ЗУ очевиден – время зарядки зачастую превышает разумные величины.

Тем не менее, если вы никуда не торопитесь, такое зарядное устройство вполне имеет право на жизнь. Главное – если вы используете аккумуляторы малой ёмкости в паре с современным ЗУ, проверьте, чтобы ток зарядки (а

он обязательно должен быть указан в характеристиках ЗУ) не превышал 0,1С. Также стоит учесть, что медленный заряд способствует проявлению у аккумуляторов эффекта памяти.

#### **♦ Заряд током 0,2...0,5С без контроля окончания заряда**

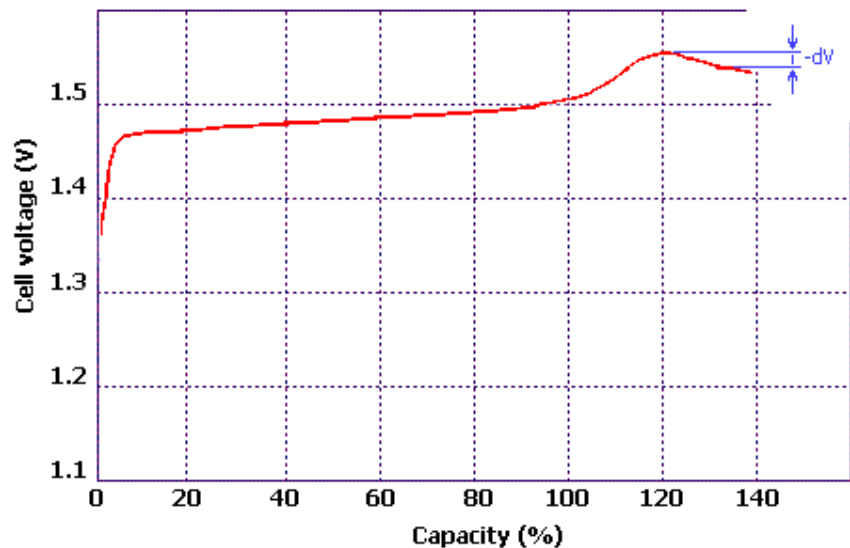
Подобные зарядные устройства хоть и редко, но всё же встречаются – в основном среди дешёвой китайской продукции. При токе 0,2...0,5С они либо не имеют контроля окончания заряда вообще, либо имеют только встроенный таймер, выключающий аккумуляторы через заданное время.

Использовать подобные ЗУ **категорически не рекомендуется**: так как контроля окончания заряда нет, то в большинстве случаев аккумулятор окажется недо- или перезаряжен, что существенно сократит срок его жизни. Сэкономив на зарядном устройстве, вы потеряете деньги на аккумуляторах.

#### **♦ Заряд током до 1С с контролем окончания заряда**

Этот класс зарядных устройств – наиболее универсален для повседневного применения: с одной стороны, они обеспечивают зарядку аккумуляторов за разумное время (от полутора до четырёх-шести часов, в зависимости от конкретного ЗУ и аккумуляторов), с другой, чётко контролируют окончание заряда в автоматическом режиме.

Наиболее часто встречающийся метод контроля окончания заряда – по спаду напряжения, обычно он называется "метод  $dV/dt$ ", "метод отрицательной дельты" или "метод  $-ΔV$ ". Заключается он в том, что в течение всей зарядки напряжение на аккумуляторе медленно растёт – но когда аккумулятор достигает полной ёмкости, оно кратковременно снижается. Это изменение очень небольшое, однако его вполне можно обнаружить – и, обнаружив, прекратить заряд.



Многие производители зарядных устройств также указывают в их характеристиках "микропроцессорный контроль" – но, по сути, это то же самое, что и контроль по отрицательной дельте: если он есть, то он осуществляется специализированным микропроцессором.

Впрочем, контроль по напряжению – не единственный доступный: в момент накопления аккумулятором полной ёмкости в нём резко возрастает давление и температура корпуса, что также можно контролировать. На практике, впрочем, технически проще всего измерять напряжение, поэтому другие методы контроля окончания заряда встречаются редко.

Также многие качественные зарядные устройства имеют два защитных механизма: контроль температуры аккумуляторов и встроенный таймер. Первый останавливает зарядку, если температура превысит допустимый предел, второй – если за разумное время остановка заряда по отрицательной дельте не сработала. И то, и другое может случиться, если мы используем старые или попросту некачественные аккумуляторы.

Закончив зарядку аккумуляторов большим током, наиболее "разумные" зарядные устройства ещё некоторое время дозаряжают их малым током (менее 0,1С) – это позволяет получить от аккумуляторов максимальную

возможную ёмкость. Индикатор заряда на устройстве при этом обычно гаснет, показывая, что основная стадия зарядки закончена.

Проблем с подобными устройствами бывает две. Во-первых, не все из них способны с достаточной точностью "поймать" момент спада напряжения – но, увы, это проверить можно только опытным путём. Во-вторых, хотя такие устройства обычно рассчитаны на 2 или 4 аккумулятора, большинство из них не умеют заряжать эти аккумуляторы независимо друг от друга.

Например, если в инструкции к ЗУ указано, что оно может заряжать только 2 или 4 аккумулятора одновременно (но не 1 и не 3) – это значит, что оно имеет лишь два независимых канала заряда. Каждый из каналов обеспечивает напряжение около 3 В, а аккумуляторы включаются в них попарно-последовательно. Следствия из этого два. Очевидное заключается в том, что вы не сможете зарядить в подобном ЗУ одиночный аккумулятор (а, скажем, ваш покорный слуга ежедневно пользуется mp3-плеером, работающим именно от одного ААА-аккумулятора). Менее очевидное – в том, что контроль окончания заряда также осуществляется только *для пары* аккумуляторов. Если вы используете не слишком новые аккумуляторы, то просто из-за технологического разброса одни из них состарятся немного раньше других – и если в паре попались два аккумулятора с разной степенью старения, то такое ЗУ либо недозарядит один из них, либо перезарядит второй. Разумеется, это будет только усугублять темпы старения худшего из пары.

"Правильное" зарядное устройство должно позволять заряжать произвольное количество аккумуляторов – один, два, три или четыре – а в идеале, ещё и иметь для каждого из них отдельный индикатор окончания зарядки (в противном случае индикатор гаснет, когда зарядится последний из аккумуляторов). Только в таком случае у вас будут некоторые гарантии того, что каждый из аккумуляторов будет заряжен до полной ёмкости независимо от состояния остальных аккумуляторов. Отдельные индикаторы заряда позволяют также отлавливать преждевременно вышедшие из строя аккумуляторы: если из четырёх элементов, использовавшихся вместе, один заряжается значительно дольше или значительно

быстрее остальных, значит, именно он и будет слабым звеном всей батареи.

Многоканальные зарядные устройства имеют и ещё одну приятную особенность: во многих из них при зарядке половинного количества аккумуляторов можно выбирать скорость заряда. Скажем, ЗУ Sanyo NC-MQR02, рассчитанное на четыре аккумулятора формата AA, при зарядке одного или двух аккумуляторов позволяет выбирать зарядный ток между 1275 мА (при установке аккумуляторов в крайние слоты) и 565 мА (при установке их в центральные слоты). При установке трёх или четырёх аккумуляторов они заряжаются током 565 мА.

Кроме удобства в эксплуатации, ЗУ данного типа являются и наиболее "полезными" для аккумуляторов: заряд током средней величины с контролем окончания заряда по отрицательной дельте является оптимальным с точки зрения увеличения срока жизни аккумуляторов.

Отдельный подкласс быстрых зарядных устройств – ЗУ с предварительным разрядом аккумуляторов. Сделано это для борьбы с эффектом памяти и может быть весьма полезно для Ni-Cd аккумуляторов: ЗУ проследит, чтобы сначала они были полностью разряжены, и только после этого начнёт заряд. Для современных Ni-MH такая тренировка уже не является обязательной.

#### ♦ Заряд током более 1С с контролем окончания заряда

И, наконец, последний метод – сверхбыстрый заряд, продолжительностью от 15 минут до часа, с контролем заряда опять же по отрицательной дельте напряжения. Достоинств у таких ЗУ два: во-первых, вы почти моментально получаете заряженные аккумуляторы, во-вторых, сверхбыстрый заряд позволяет в большой степени избежать эффекта памяти.

Есть, впрочем, и минусы. Во-первых, не все аккумуляторы хорошо выдерживают быстрый заряд: недостаточно качественные модели, имеющие большое внутреннее сопротивление, могут в таком режиме перегреваться вплоть до выхода из строя. Во-вторых, очень быстрый (15-минутный) заряд может негативно влиять на срок жизни аккумуляторов – опять же, из-за их избыточного нагрева при заряде. В-третьих, такой заряд "наполняет" аккумулятор лишь до 90...95 % ёмкости – после чего для достижения 100 % ёмкости требуется дополнительный дозаряд малым током (впрочем,

большинство быстрых ЗУ его осуществляют).

Тем не менее, если вы нуждаетесь в сверхбыстрой зарядке аккумуляторов, приобретение "15-минутного" или "получасового" ЗУ будет хорошим выходом. Разумеется, использовать с ним надо только качественные аккумуляторы крупных производителей, а также своевременно исключать из батарей отслужившие своё экземпляры.

Если же вас устраивает продолжительность заряда в несколько часов, то оптимальными по-прежнему остаются описанные в предыдущем разделе ЗУ с зарядным током менее 1С и контролем окончания заряда по отрицательной дельте напряжения.

Отдельный вопрос – совместимость зарядных устройств с разными типами аккумуляторов. ЗУ для Ni-MH и Ni-Cd, как правило, универсальны: любое из них может заряжать аккумуляторы каждого из этих двух типов. ЗУ для Ni-MH аккумуляторов с окончанием заряда по отрицательной дельте напряжения, даже если для них это не заявлено прямо, могут работать и с Ni-Cd аккумуляторами, а вот наоборот – увы. Дело здесь в том, что скачок напряжения, та самая отрицательная дельта, у Ni-MH заметно меньше, чем у Ni-Cd, поэтому не всякое ЗУ, настроенное на работу с Ni-Cd, сможет "почувствовать" этот скачок на Ni-MH.

Для других же типов аккумуляторов, включая литий-ионные и свинцово-кислотные, эти ЗУ непригодны в принципе – такие аккумуляторы имеют совершенно другую схему заряда.

## Методика тестирования

В процессе тестирования аккумуляторов и гальванических элементов в нашей лаборатории мы измеряем следующие их параметры, наиболее важные для определения как качества элементов (то есть их соответствия обещаниям производителя), так и разумной области использования:

- ♦ ёмкость при различных режимах разряда;
- ♦ величина внутреннего сопротивления;

- величина саморазряда (только для аккумуляторов);
- наличие эффекта памяти (только для аккумуляторов).

Основная часть испытательного стенда – это, разумеется, регулируемая нагрузка, позволяющая разряжать заданным током до четырёх аккумуляторов или батареек одновременно.



Для контроля напряжения всех четырёх элементов используется цифровой самописец Velleman PCS10, подключаемый к компьютеру по USB-интерфейсу. Погрешность измерения составляет не более 1 % (собственная погрешность самописца – 3 %, но мы дополнительно калибруем каждый из его каналов, внося соответствующие поправки в итоговые данные), дискретность измерения напряжений – 12 мВ, периодичность измерений – 250 мс.

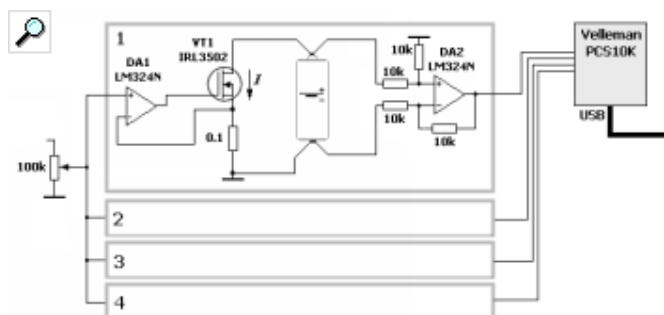


Схема установки достаточно проста: это четыре отдельных стабилизатора тока, выполненных на операционном усилителе LM324 (эта микросхема как раз состоит из четырёх ОУ в одном корпусе) и полевых транзисторах IRL3502. Управляются все стабилизаторы одним многооборотным переменным резистором, поэтому ток на них выставляется одновременно – это упрощает настройку установки на конкретный тест и сводит к минимуму погрешность ручной установки тока. Возможные пределы

изменения нагрузки – от 0 до 3 А на каждый элемент питания.

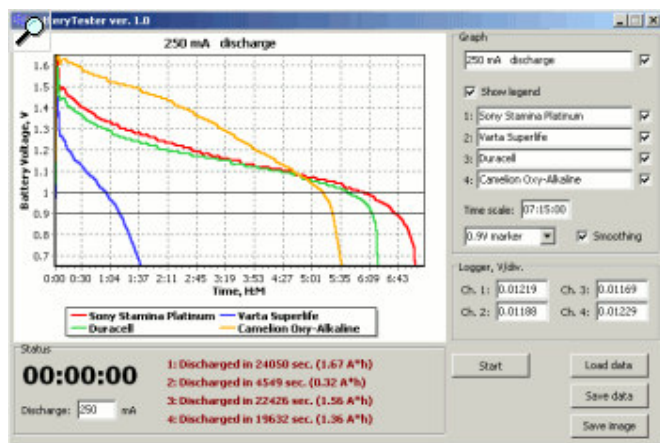
Для измерения напряжения на ещё одной микросхеме LM324 собраны четыре дифференциальных усилителя, входы которых подключены непосредственно к контактам колодки, в которую устанавливаются аккумуляторы – это полностью исключает погрешность, вносимую потерями на соединительных проводах. С выходов дифференциальных усилителей сигнал поступает на самописец.

Кроме того, в схеме присутствует не показанный на рисунке выше генератор прямоугольных импульсов, периодически то включающий, то полностью отключающий нагрузку. Длительность "нуля" на выходе генератора равна 6,0 с, длительность "единицы" – 2,25 с. Генератор позволяет протестировать элементы питания в режиме работы с импульсной нагрузкой и, в частности, определить их внутреннее сопротивление.

Также на рисунке выше не показана схема питания установки: она подключается к блоку питания компьютера, его выходное напряжение (+12 В) понижается до +9 В стабилизатором на микросхеме 78L09, а необходимое для двуполярного питания ОУ напряжение -9 В формируется емкостным конвертером на микросхеме ICL7660. Впрочем, это уже малосущественные нюансы, которые мы обсуждаем лишь затем, чтобы заранее предупредить вопросы о корректности проведения измерений, могущие возникнуть у сведущих в электронике читателей.

Для охлаждения силовых транзисторов, шунтов обратной связи и собственно тестируемых элементов питания вся установка обдувается стандартным 12-вольтовым вентилятором типоразмера 80x80x20 мм.





Для получения и автоматической обработки данных с самописца была написана специальная программа – к счастью, компания Velleman для многих своих приборов предоставляет весьма простые в использовании SDK и наборы библиотек. Программа позволяет в реальном времени строить графики напряжения на элементах питания в зависимости от прошедшего с начала теста времени, а также рассчитывать – по окончании теста – их ёмкость. Последняя, очевидно, равна произведению разрядного тока и времени, за которое элемент достиг нижней границы напряжения.

Граница же выбирается в зависимости от типа элемента и условий разряда. Для аккумуляторов при малых токах это 1,0 В – ниже разряжать их просто нельзя, так как это может привести к необратимой порче элемента; на больших токах нижняя граница снижается до 0,9 В, чтобы должным образом учесть внутреннее сопротивление аккумулятора.

Для батареек практический смысл имеют две границы разряда. С одной стороны, элемент считается полностью опустошённым, если напряжение на нём упало до 0,7 В – поэтому логично измерять ёмкость именно по факту достижения этого уровня. С другой стороны, не все питающиеся от батареек устройства способны работать при напряжениях ниже 0,9 В, поэтому практическое значение имеет и то, когда аккумулятор разрядился до данного уровня. В наших тестах мы будем приводить оба этих значения – хотя многие элементы, достигнув уровня 1,0 В, дальше разряжаются очень быстро, есть и такие, которые сравнительно долго держатся между 0,7 В и 0,9 В.

Итак, установив элементы питания, выставив нужный ток и включив самописец, мы начинаем тестирование. Для каждого типа элементов питания были выбраны несколько режимов разрядки – с целью получить наиболее интересные и характерные результаты.

Для батареек это:

- ♦ разрядка малым постоянным током: 250 мА для элементов формата AA, 100 мА – формата AAA;
- ♦ разрядка большим постоянным током: 750 мА для элементов формата AA, 300 мА – формата AAA;
- ♦ разрядка импульсным током: длительность импульса 2,25 с, длительность паузы 6,0 с, амплитуда тока 2500 мА для элементов формата AA и 1000 мА – формата AAA.

Для Ni-MH аккумуляторов это:

- ♦ разрядка малым постоянным током: 500 мА для элементов формата AA, 200 мА – формата AAA;
- ♦ разрядка большим постоянным током: 2500 мА для элементов формата AA, 1000 мА – формата AAA;
- ♦ разрядка импульсным током: длительность импульса 2,25 с, длительность паузы 6,0 с, амплитуда тока 2500 мА для элементов формата AA и 1000 мА – формата AAA.

Для Ni-Cd аккумуляторов формата AA разрядные режимы выбраны такими же, как и для Ni-MH аккумуляторов формата AAA – с учётом схожей паспортной ёмкости первых и вторых.

Если при тестировании батареек всё просто – распечатал упаковку, вставил батарейку в установку, запустил тест – то аккумуляторы надо предварительно готовить, ибо все они, кроме упоминавшейся выше серии "Ready To Use", на момент покупки полностью разряжены. Поэтому тестирование аккумуляторов проводилось строго по следующей схеме;

- ♦ измерение остаточной ёмкости на малом токе (только для "Ready To Use" моделей);
- ♦ зарядка;
- ♦ разрядка большим током без измерения ёмкости (тренировка);
- ♦ зарядка;
- ♦ разрядка большим током с измерением ёмкости;
- ♦ зарядка;
- ♦ разрядка импульсным током с измерением ёмкости;

- ♦ зарядка;
- ♦ разрядка малым током с измерением ёмкости;
- ♦ зарядка;
- ♦ выдержка в течение 7 суток;
- ♦ разрядка малым током с измерением ёмкости – далее результат сравнивается с полученным на предыдущем шаге и рассчитывается процент потери ёмкости за счёт саморазряда за 1 неделю;

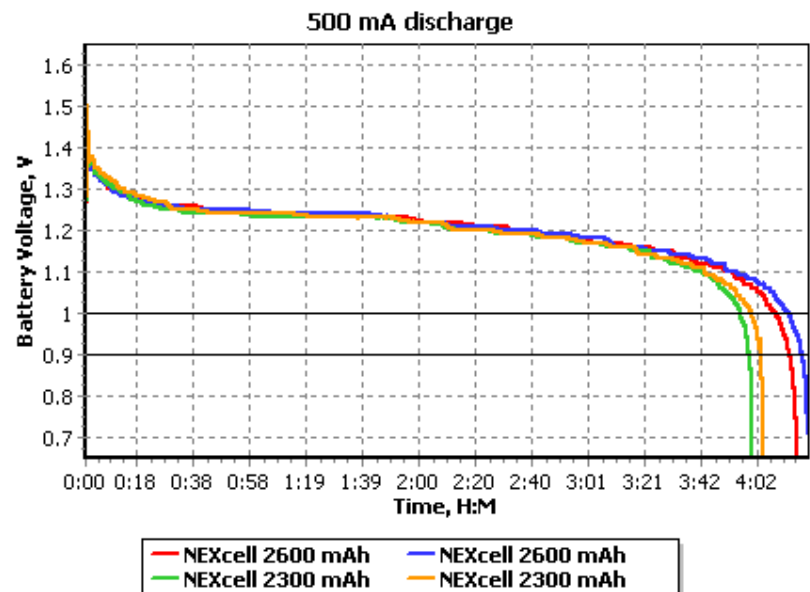
В тестах батареек мы используем на каждом этапе по одному элементу каждой марки. В тестах аккумуляторов – минимум по два элемента каждой марки.

Для зарядки аккумуляторов мы используем зарядное устройство Sanyo NC-MQR02.

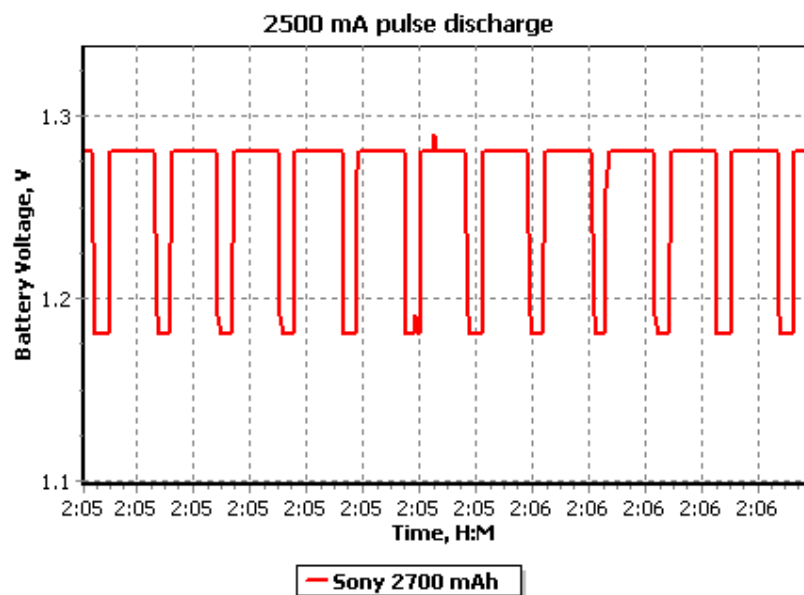


Это ЗУ быстрой зарядки с контролем отрицательной дельты напряжения и температуры аккумуляторов, позволяющее заряжать от одного до четырёх (в произвольных комбинациях) аккумуляторов формата AA, а также один или два аккумулятора формата AAA. Первые можно заряжать как током 565 мА, так и 1275 мА (если аккумуляторов не более двух), вторые – током по 310 мА на элемент. За несколько лет регулярного использования это ЗУ убедительно доказало свою высокую эффективность и совместимость с любыми аккумуляторами, что и обусловило его выбор для проведения тестирования. Чтобы избежать потери ёмкости за счёт саморазряда, во всех тестах, кроме собственно теста на саморазряд, аккумуляторы заряжаются

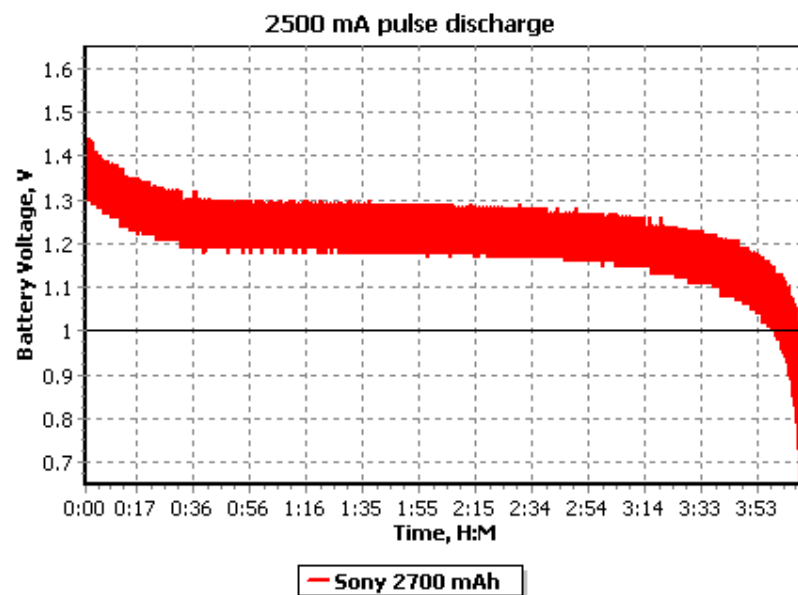
непосредственно перед началом измерений.



Измерения на постоянном токе дают логичную картину (пример представлен на графике выше): напряжение на элементах быстро снижается в первые минуты теста, потом выходит на более-менее постоянный уровень, а в самом конце теста, на последних процентах заряда, снова быстро падает.



Несколько менее банальны измерения на импульсном токе. На рисунке выше представлен сильно увеличенный участок графика, полученного в таком тесте: провалы напряжения на нём соответствуют включению нагрузки, подъёмы – отключению. Из этого графика легко подсчитать внутреннее сопротивление аккумулятора: как вы видите, при амплитуде тока 2,5 А напряжение проседает на 0,1 В – соответственно, внутреннее сопротивление равно  $0,1/2,5 = 0,04 \text{ Ом} = 40 \text{ мОм}$ . Важность этого параметра станет более ясна из наших последующих статей, в которых мы сравним друг с другом различные типы батареек и аккумуляторов – а пока отметим лишь, что большое внутреннее сопротивление вызывает не только "просадку" напряжения под нагрузкой, но и потери накопленной в аккумуляторах энергии на нагрев самих себя.



В полном же масштабе импульсы сливаются друг с другом в сплошную полосу, верхняя граница которой соответствует напряжению на элементе питания без нагрузки, нижняя – с нагрузкой. По форме этой полосы можно оценить не только время работы элемента под тяжёлой импульсной нагрузкой, но и зависимость его внутреннего сопротивления от глубины разряда: например, как вы видите, у Ni-MH аккумулятора компании Sony сопротивление почти постоянно и начинает расти только при полном его разряде. Хороший результат.

Как наверняка заметят многие наши читатели, мы выбрали очень жёсткие режимы разряда: ток 2,5 А весьма велик, а 6-секундная пауза между импульсами не даёт элементу как следует "отдохнуть" (как мы уже упоминали выше, батареек, немного "отлежавшись", могут частично восстановить свою ёмкость). Тем не менее, сделано это нарочно, чтобы максимально ярко и наглядно показать различия между элементами питания разных типов и разного качества. Для того же, чтобы приблизиться к более мягким реальным условиям эксплуатации, а также к условиям, в которых производители аккумуляторов измеряют их ёмкость, мы добавили в тестирование



режимы разряда с относительно небольшим постоянным током.

К слову, сами производители обычно указывают разрядные режимы так же, как и зарядные – пропорционально ёмкости элемента. Скажем, штатные измерения ёмкости аккумуляторов положено проводить при токе 0,2С – то есть 540 мА для аккумулятора на 2700 мА\*ч, 500 мА для аккумулятора на 2500 мА\*ч, и так далее. Однако, так как аккумуляторы одного форм-фактора в наших тестах достаточно близки по характеристикам, мы решили тестировать их при фиксированных токах, не зависящих от паспортной ёмкости конкретного экземпляра – это сильно упрощает представление и сопоставление результатов.

И раз уж речь зашла о ёмкости, стоит упомянуть о некоторой обманчивости такой общепринятой единицы, как ампер-час. Дело в том, что запасённая в элементе питания энергия определяется не только тем, сколько времени он держал заданный ток, но и тем, какое на нём было при этом напряжение – так, совершенно очевидно, что литиевая батарея ёмкостью 3 А\*ч и напряжением 3 В способна запасти вдвое больше энергии, чем батарея ёмкостью те же 3 А\*ч, но напряжением 1,5 В. Поэтому правильнее указывать ёмкость не в ампер-часах, а в ватт-часах, получая их через интеграл зависимости напряжения на аккумуляторе от времени разряда при его постоянном токе. Кроме естественного учёта разного рабочего напряжения разных элементов, такая методика позволяет ещё и учесть, насколько хорошо данный конкретный элемент держал напряжение под нагрузкой. Скажем, если две батарейки разрядились до уровня 0,7 В за 60 минут, но первая большую часть этого времени держалась на уровне 1,1 В, а вторая – на уровне 0,9 В, совершенно очевидно, что первая имеет большую реальную ёмкость – несмотря на то, что итоговое время их разряда одинаково. Особенно это важно в свете того, что большинство современных электронных устройств потребляют не постоянный ток, а постоянную мощность – и элементы с большим напряжением в них будут работать в более выгодных режимах.

### Ближе к практике: примеры энергопотребления

Разумеется, помимо абстрактного тестирования батареек на управляемой нагрузке, нам было интересно, как же потребляют ток реальные устройства. Для прояснения этого вопроса мы, оглядев окружающее пространство,

случайным образом выбрали набор предметов, питающихся от различных батареек.



Только часть этого набора

В случае, если устройство потребляло более-менее постоянный ток, измерения проводились обычным цифровым мультиметром Uni-Trend UT70D в режиме амперметра. Если же ток потребления сильно менялся, то измеряли мы его, включив между устройством и питающими его батарейками низкоомный шунт, падение напряжения на котором фиксировалось осциллографом Velleman PCSU1000.

Результаты представлены ниже в таблице:

Энергопотребление различных устройств	
Вспышка Pentax AF-500FTZ	700 мА max
Фотоаппарат Canon Powershot A510	800 мА в среднем, 1400 мА max
Фонарь на лампе накаливания	700 мА
Фонарь на 5 белых светодиодах	100 мА (по 20 мА на светодиод)
Бритва Gillette M3 Power	85 мА
Детская игрушка	240 мА
mp3-плеер Cowon iAudio 5	100 мА

Что же, среди наших устройств встретились и довольно

"прожорливые" – фотовспышка, фотоаппарат и фонарь с лампой накаливания. Если последний потреблял положенные ему 700 мА постоянно и непрерывно, то у первых двух характер энергопотребления оказался более интересным.

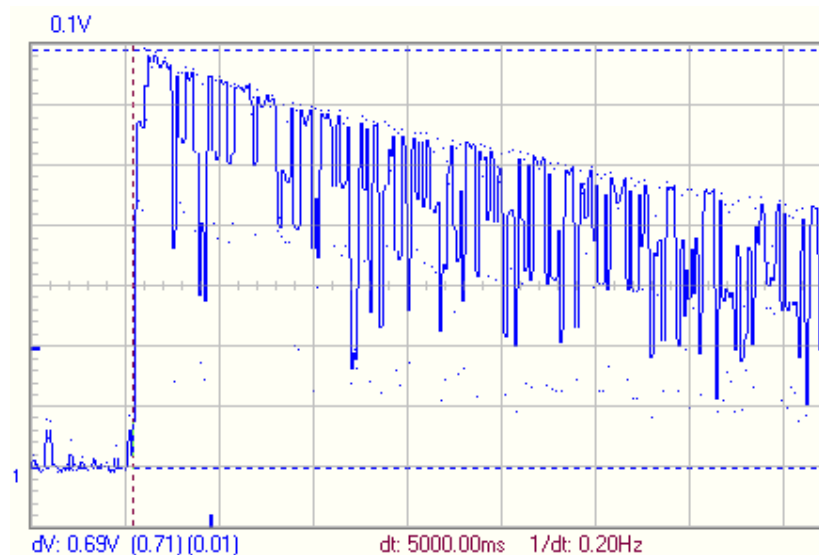
Цена вертикального деления на осциллограммах ниже равна 200 мА, нуль соответствует первому делению снизу.



### Фотоаппарат

Цена деления осциллограммы – 200 мА

В обычном режиме Canon PowerShot A510, питающийся от двух элементов типа АА, потреблял около 800 мА – немало, но и не рекордно много. Однако при включении (первая группа узких пиков на осциллограмме), движении объектива (вторая группа пиков) и фокусировке (третья группа) ток мог вырастать более чем в полтора раза, до 1,2...1,4 А. Что интересно, сразу после нажатия на "спуск" энергопотребление фотоаппарата упало – при записи только что снятого кадра на флэшку он автоматически выключает экран. Впрочем, как только кадр был записан, потребление поднялось обратно до 800 мА.



### Фотовспышка

Цена деления осциллограммы – 100 мА

Фотовспышка Pentax AF-500FTZ (четыре элемента формата АА) потребляла ток ещё интереснее: он был почти равен нулю в периоды между срабатываниями, мгновенно вырастал до 700 мА сразу после срабатывания (такой момент и запечатлён на осциллограмме выше), после чего в течение 10...15 секунд плавно снижался обратно к нулю (рваная линия осциллограммы получилась из-за того, что вспышка потребляет ток с частотой около 6 кГц). При этом вспышка демонстрировала чёткую зависимость между временем спада тока и напряжением питающих её элементов: так как ей надо было каждый раз накопить определённую энергию, то чем сильнее проседало под нагрузкой напряжение питания, тем больше времени требовалось для накопления нужного запаса. Это, кстати, хорошо иллюстрирует одну из ролей внутреннего сопротивления элементов питания – чем оно меньше, тем меньше при прочих равных проседает напряжение и тем быстрее вы сможете сделать следующий кадр со вспышкой.

В следующих же наших статьях, где мы будем рассматривать уже конкретные типы и экземпляры батареек и аккумуляторов, примерное представление об энергетических потребностях разных устройств поможет нам определить, какие из элементов питания для них подходят.