

Расставляем точки на Li: Нужна ли тренировка литиевых аккумуляторов?

Электроника для начинающих*

Прошло уже достаточно времени с тех времен, когда Ni-Cd и Ni-Mh аккумуляторы безраздельно властвовали в мобильных устройствах, но с самого начала эпохи Li-ion и Li-pol все не утихают споры по поводу того, надо ли «тренировать» эти аккумуляторы сразу после покупки.

Доходит до смешного, в теме обсуждения ZP100 на china-iphone всем новичкам рекомендовали в приказном тоне пройти 10 циклов зарядки-разряда, а только потом приходиться с вопросами о аккумуляторах.

Давайте попробуем разобраться, имеет ли такая рекомендация право на жизнь, или это рефлекс спинного мозга (за отсутствием головного, наверное) некоторых индивидуумов, у которых они остались со времен никелевых батарей.

Текст может и наверняка содержит орфографические, пунктуационные, грамматические и другие виды ошибок, включая смысловые. Автор будет благодарен за сведения о них (конечно, в приват, а еще лучше с помощью вот этого замечательного расширения), но не гарантирует их устранение.

О терминологии

- **А** (Ампер(A), или миллиампер — **мА**, микроампер — **мкА**) — значение силы тока в проводнике. Может быть как большим, так и маленьким. Ток в 100А может сваривать листы железа, но взяв в руки провода от БП 5В 100А, вы ничего не почувствуете, потому что никаких 100А через вашу кожу не пройдет — сопротивление тела слишком большое для прохождения тока.
- **В** (Вольт(V), или милливольт — **мВ**, микровольт — **мкВ**) — значение напряжения. Большое напряжение создаст длинную искру, но при маленьком токе источника вас только треснет, но никак не превратит в горстку пепла. Пример — статическое электричество, напряжения составляет до 10кВ, а токи мизерные.
- **Ом** (Омы(Ohm), или килоом — **кОм**, мегаом — **МОм**) — значение сопротивление. Именно высокое сопротивление вашего тела (приблизительно 15 кОм) позволяет вам держать провода из первого пункта. Проходя по проводу, имеющему сопротивление (а все провода имеют сопротивление, и чем провод дальше из провинции Китая тоньше, тем оно выше), напряжение падает на определенную величину, которая зависит от силы тока. Поэтому для обогревателя нужен толстый провод, а для лампочки — тонкий, хоть

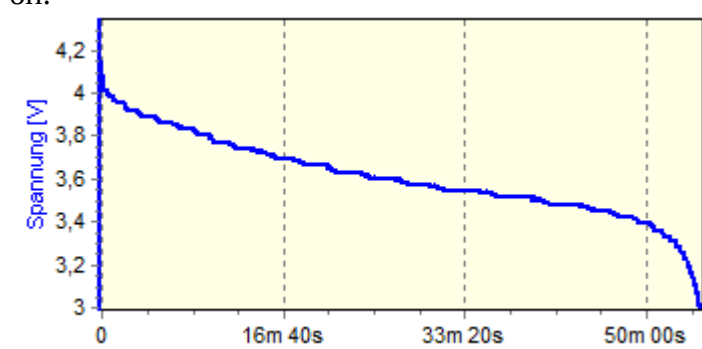
напряжение в обоих случаях 220В. Применительно к аккумуляторам и батареям (да и вообще ко всем источникам тока), можно говорить о внутреннем сопротивлении. Это сопротивление не даст вам получить большой ток за малое время, хотя аккумулятор при коротком замыкании очень к этому стремится — возникающая искра при замыкании клемм — это как раз несколько ампер тока при напряжении меньше вольта. Связано это с тем, что скорость ионов внутри аккумулятора не очень велика. ~~Вязнут, бедняжки, по колено в полимере~~

- **Вт** (Ватт(W), или милливатт — **мВт**, дальше вы поняли, да?) — в простейшем представлении, это мощность постоянного тока, вычисляемая умножением вольт на амперы. К примеру, БП ноутбука, который выдает 3А при напряжении в 20В, и лабораторный блок питания, выдающий 3В, при токе в 20А, отдадут в нагрузку одинаковую мощность в 60Вт. Потребят из сети они больше, из-за того, что их КПД не 100% — часть энергии перейдет в тепло.

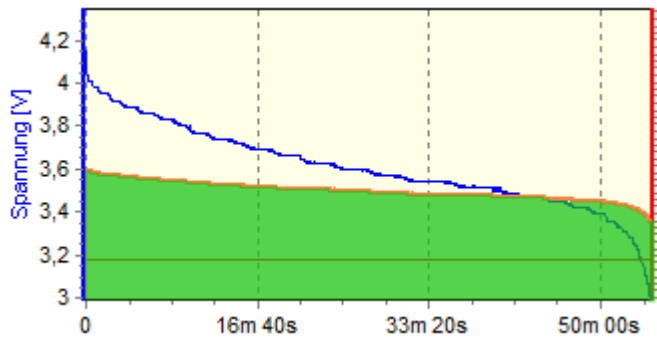
- **Вт·ч** (Ватт-час) — мера энергии. Из названия должно быть понятно, что 1 Вт·ч — это энергия, которую кто-то получит (или отдаст), принимая (или отдавая) мощность в 1Вт в течении часа. Или 60Вт в течении минуты. Вот тот БП выше, он как раз отдает каждый час 60Вт·ч. Вот это «правильная» емкость, которая не дает информации о самом аккумуляторе, но дает полное представление о его емкости.

Еще есть киловатт-часы, **кВт·ч** — их пишут в квитанциях. Если оставить БП включенным, он выжрет энергии за месяц на $60\text{Вт}\cdot\text{ч}\cdot 24\cdot 30$ т.е. примерно на 43кВт·ч, или на 73 рубля. Разумеется, то, что выдает блок питания на выходе(те 20В и 3А) должен кто-то потреблять, ну и о КПД не забываем, это я упростил.

- **А·ч** (ампер-часы) — Заряд. Общепринято, хоть и ошибочно называется емкостью. Почему ошибочно? Потому что без напряжения, по одной цифре 5А·ч нельзя ничего понять — это говорит лишь о том, что например аккумулятор может выдать ток в 5 ампер в течении часа. Или один ампер в течении 5 часов. А вот сколько будет выдано энергии в течении этого часа — зависит от напряжения питания и от прожорливости потребителя. Проще говоря, А·ч это Вт·ч, из которых выдрали вольты(Вт — $V\cdot A$, если V убрать, останется A). Казалось бы, что может быть проще — на аккумуляторе написано 2А·ч, 3.7В, умножай 2 на 3.7, получай 7.4Вт·ч и радуйся. Но есть нюанс(с). Вот он:



Это график разряда литиевого аккумулятора, на котором видно, что напряжение снижается к концу разряда. А это означает, что простое умножение А·ч на В (которое сработало бы в случае с блоком питания, выдающим стабильное напряжение), дает значение энергии с очень большой погрешностью. Для того, чтоб узнать, сколько ватт-часов в аккумуляторе, можно, например, построить график мощности (которую можно получить умножением мгновенных значений тока и напряжения) а потом найти площадь под кривой этого графика:



Это сложнее, но зато в результате мы получаем ватт-часы.

- **xС** — просто удобное обозначения тока заряда или разряда аккумулятора. Когда говорят о зарядке током 2С, или 0.1С, обычно имеют в виду, что ток должен составлять $(2 \cdot \text{емкость аккумулятора})/\text{h}$ или $(0.1 \cdot \text{емкость аккумулятора})/\text{h}$. К примеру, аккумулятор емкостью 720mAh, для которого ток заряда составляет 0.5С, надо заряжать током $0.5 \cdot 720\text{mAh}/\text{h} = 360\text{mA}$

• О чтении даташитов

• В гугле был найден даташит на аккумулятор, состоящий из одной странички:

1, BASIC SPECIFICATION:

1	Battery Type	LP383450
2	Nominal Capacity	720mAh (0.2C discharge)
	Minimum Capacity	700mAh (0.2C discharge)
3	Charging Voltage	4.2V
4	Nominal Voltage	3.7V (0.2C discharge)
5	Standard Charge	Method: CC/CV (constant current / constant voltage)
		Current: 350mA (0.5C)
		Voltage: 4.2V
		End Current: 30mA
6	Maximum Charge Current	700mA (1C)
7	Standard Discharge	Method: CC (constant current)
		Current: 350mA (0.5C)
		End Voltage: 3.0V
8	Maximum Discharge Current	1400mA (2C)
9	Weight	Approx. 14.5g
10	Operating Temperature	Charge: 0°C ~ 45°C
		Discharge: -20°C ~ 60°C
11	Storage Temperature	1 month: -20°C ~ 45°C
		6 months: -20°C ~ 45°C
12	Cycle Life	≥300 cycles (at 1C charge and discharge, 23°C)

Расшифрую, что там написано.

Думаю, что такое **Nominal capacity** и **Minimum capacity** всем понятно — обычная емкость, и минимальная емкость. Обозначение 0,2 С означает что такой емкости он достигает, только если его разряжать током в 0.2 от его емкости — $720 \cdot 0.2 = 144\text{mA}$.

Charging voltage и **Nominal Voltage** — Напряжение зарядки и напряжение работы тоже просто и понятно.

А вот следующий пункт уже сложнее — Зарядка.

Method: CC/CV — Означает, что первую половину процесса зарядки надо поддерживать постоянный ток (он указан ниже, 0.5C стандартно — т.е. 350mA, и 1C максимально — 700mA). А после достижения напряжения на аккумуляторе 4.2в, надо установить постоянное напряжение, те же самые 4.2в.

Пункт ниже — **Standart Discharge**, Разряд. Предлагают разряжать током от 0.5C — 350mA и до 2C — 1400mA до напряжения 3в.

Производители лукавят — на таких токах емкость будет ниже заявленной.

Максимальный ток разряда как раз и определяется внутренним сопротивлением. Но надо различать максимальный ток разряда и максимально-допустимый. Если первый может составлять 5A, и даже более, то второй жестко оговорен — не более 1,4A. Связано это с тем, что при таких больших токах разряда аккумулятор начинает необратимо разрушаться.

Дальше идет информация о весе и температуре работы: зарядка от 0 до 45 градусов, разрядка от -20 до 60. Температура хранения: от -20 до 45 градусов, обычно при заряде 40%-50%.

Время жизни обещают не менее 300 циклов (полный разряд-заряд током 1C) при температуре 23 градуса. Это не означает, что после 300 цикла аккумулятор выключится и больше не включится, нет.

Просто производитель гарантирует, что 300 циклов емкость аккумулятора падать не будет. А дальше — как повезет, зависит от токов, температуры, условий работы, партии, положения луны и так далее.

• О зарядке

• Стандартный метод, которым заряжаются все литиевые аккумуляторы (li-pol, li-ion, lifero, только токи и напряжения отличаются) это CC-CV, упоминавшийся выше.

В самом начале заряда поддерживаем постоянный ток. Обычно это делают схемой с обратной связью в зарядном устройстве — автоматически подбирается такое напряжение, чтобы ток, проходящий через аккумулятор, был равен необходимому.

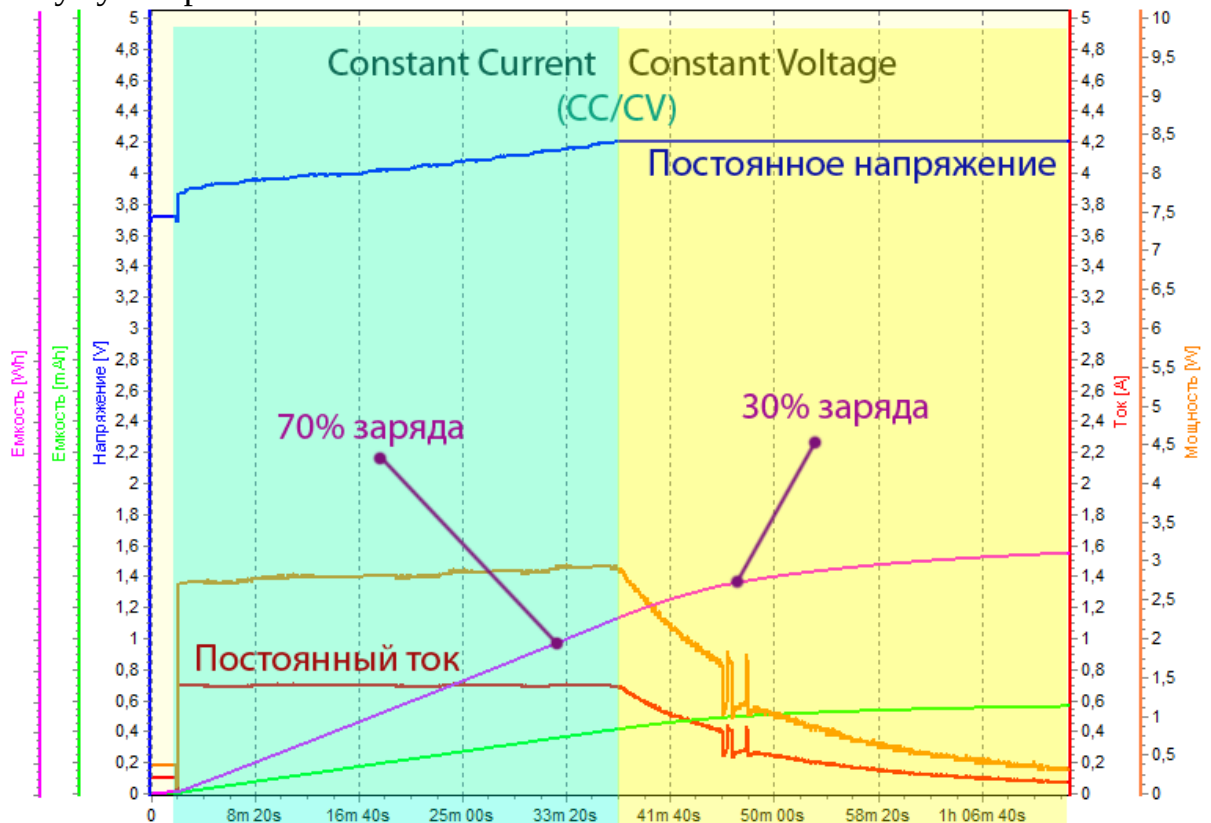
Как только это напряжение становится равно 4.2 вольтам (для описываемого аккумулятора), больше поддерживать такой ток нельзя — напряжение на аккумуляторе возрастет слишком сильно (мы помним, что нельзя превышать рабочее напряжение у литиевых аккумуляторов), и он может нагреться и даже взорваться.

Но сейчас аккумулятор заряжен не полностью — обычно на

60%-80%, и для зарядки остальных 40%-20% без взрывов ток надо снизить.

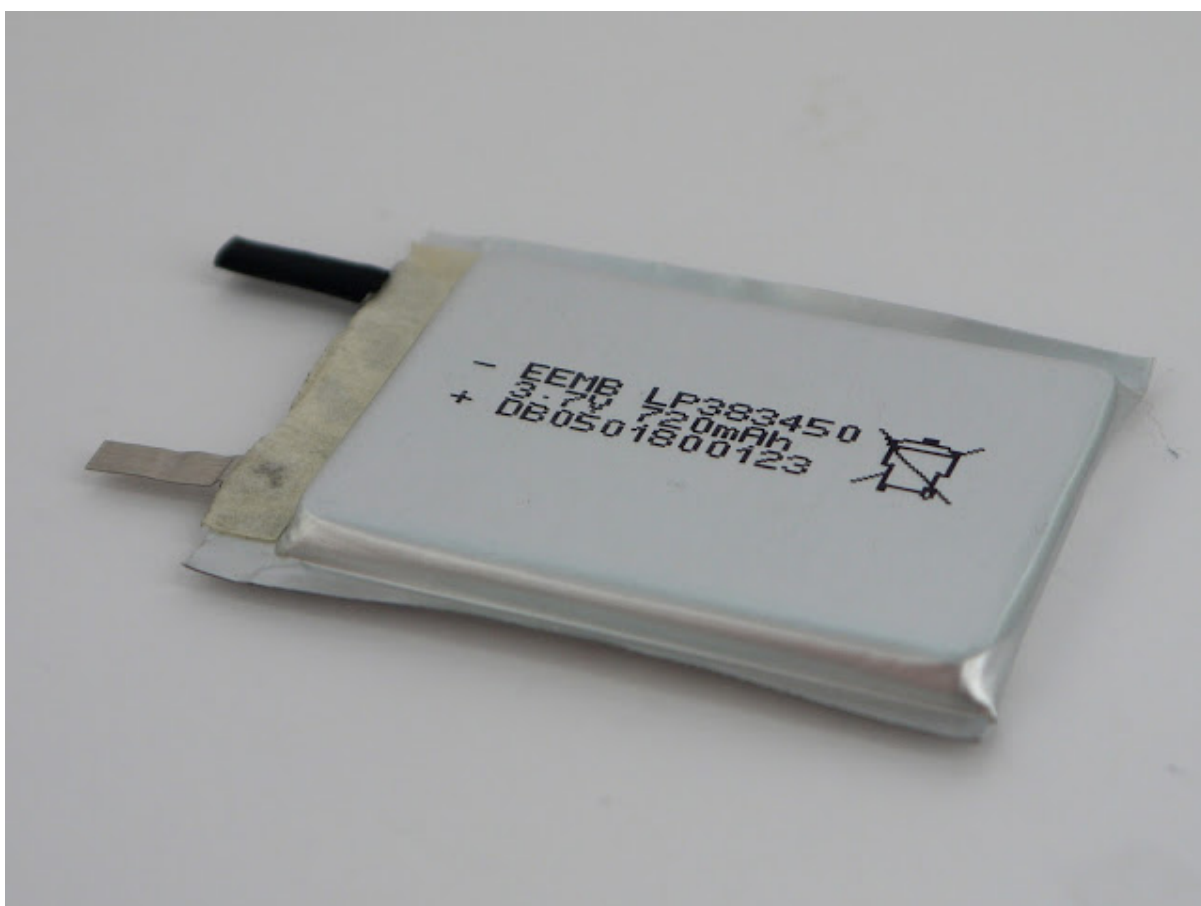
Проще всего это сделать, поддерживая постоянное напряжение на аккумуляторе, и он сам возьмет такой ток, который ему необходим. При снижении этого тока до 30-10мА аккумулятор считается заряженным.

Для иллюстрации всего вышеописанного я раскрасил в фотэшнне подготовил график заряда, снятый с подопытного аккумулятора:



В левой части графика, подсвеченной синим, мы видим постоянный ток 0.7А, в то время как напряжение постепенно поднимается с 3.8В до 4.2В. Также видно, что за первую половину заряда аккумулятор достигает 70% своей емкости, в то время как за оставшееся время — всего 30%

- О технологии тестирования
- В качестве подопытного был выбран вот такой аккумулятор:



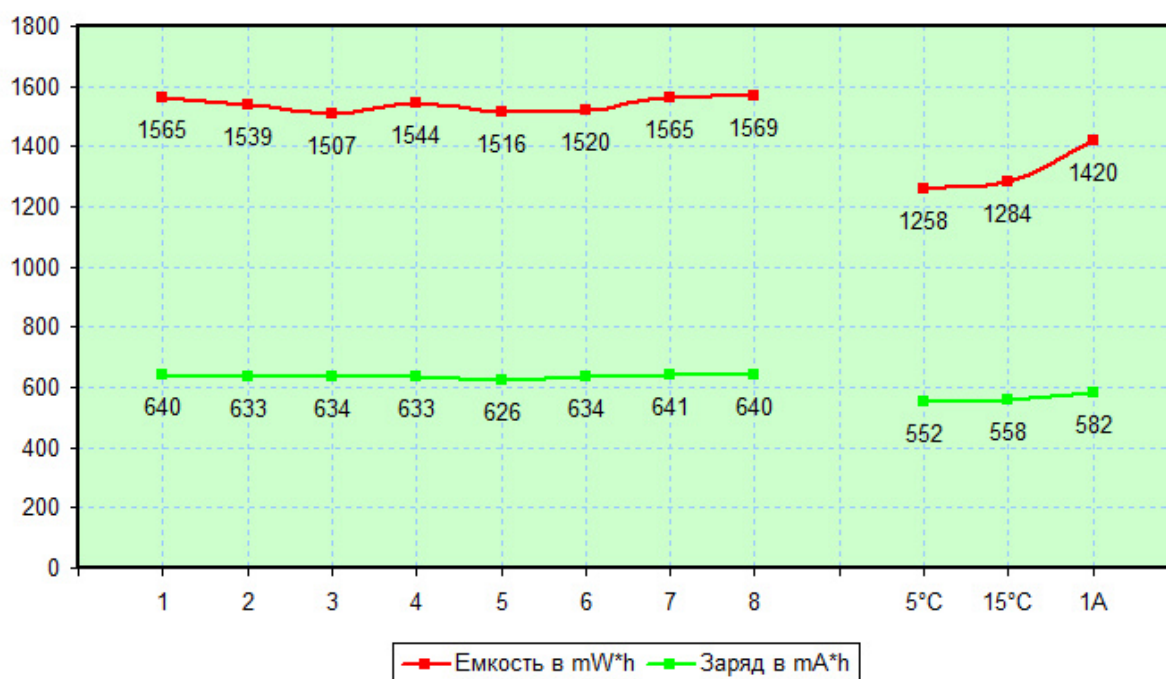
К нему был подключен Imax B6(я писал про него вот тут):



Который сливал на компьютер информацию о заряде-разряде.
Графики строились в LogView.
Потом я просто подходил раз в несколько часов и попеременно
включал заряд-разряд.

- О результатах
- В результате кропотливой работы(а вы сами попробуйте тукать зарядку на протяжении 2 недель) были получены два графика:

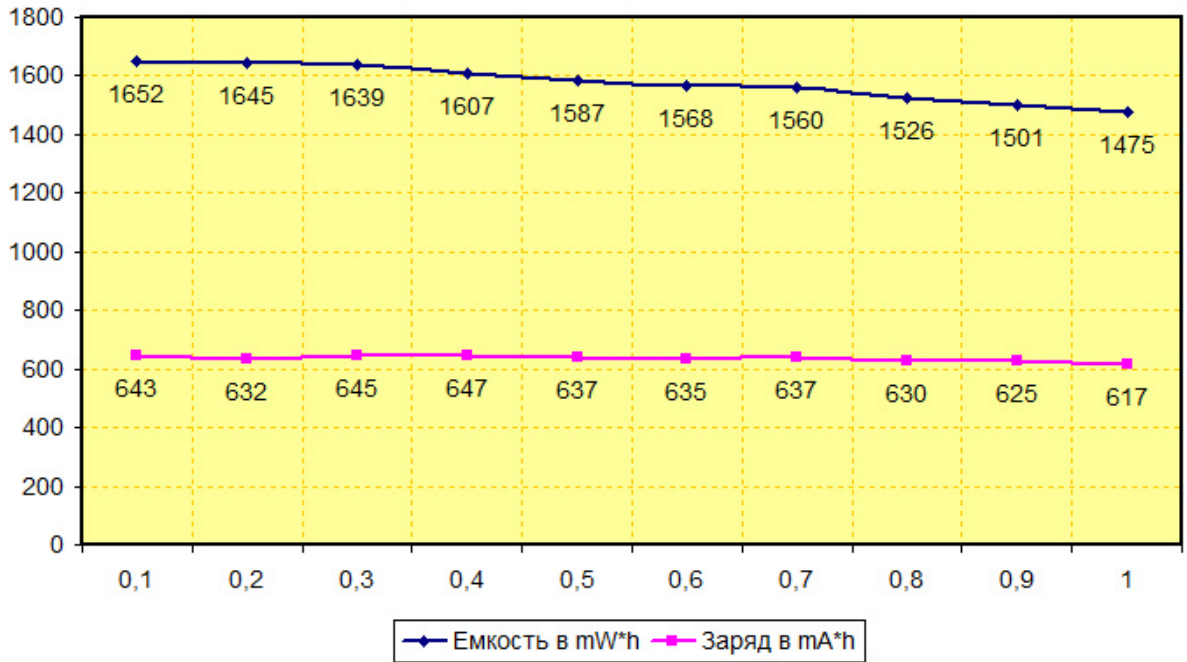
Зависимость емкости от количества циклов



Как понятно из его названия, он показывает изменение емкости аккумулятора на протяжении первых 10 циклов. Она немного плавает, но колебания составляют около 5% и не имеют тенденции. В целом, емкость аккумулятора не изменяется. Все точки сняты при разряде током 1С(0.7А), что соответствует активной работе смартфона.

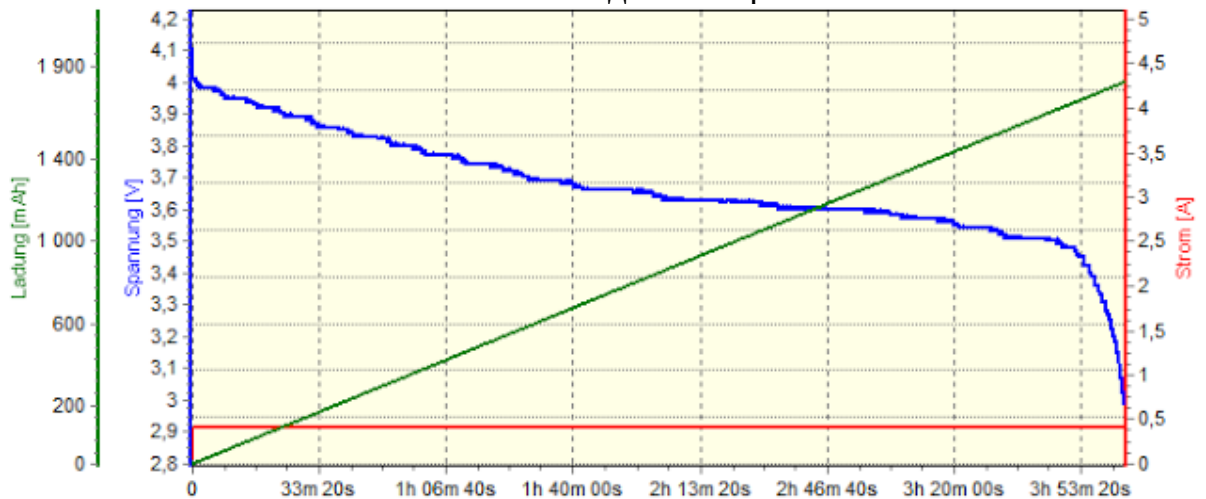
Две из трех точек в конце графика — показывают, как изменяется емкость при низкой температуре аккумулятора. Последняя — как изменяется емкость при разряде большим током. Об этом следующий график:

Зависимость емкости от тока разряда

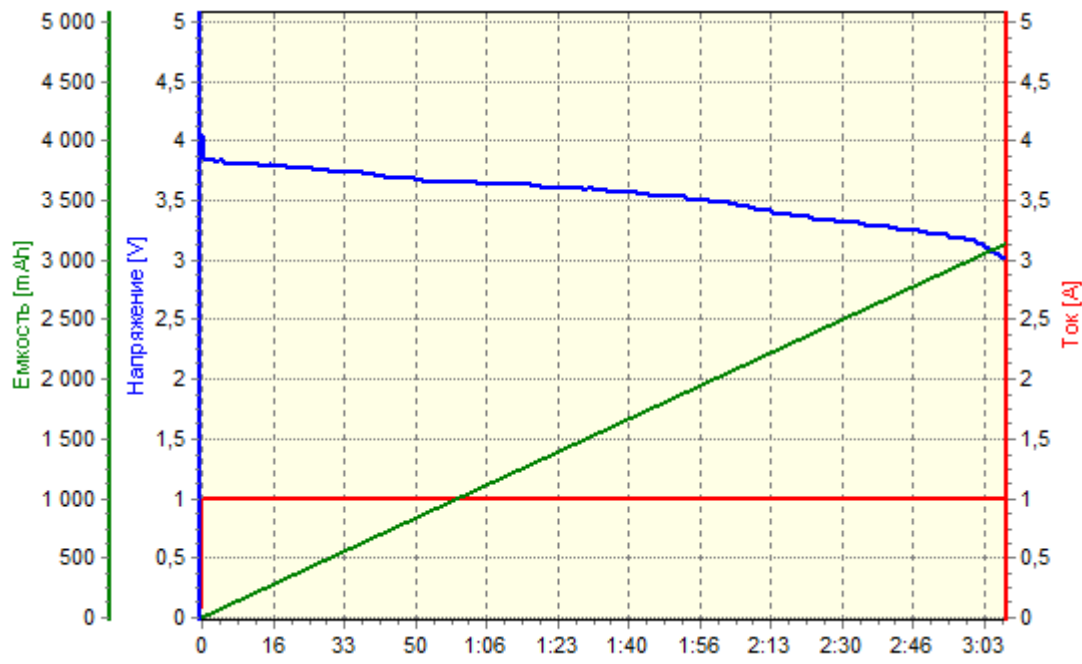


Показывает, что чем больше ток разряда — тем меньше энергии можно получить с аккумулятора. Хотя, вот хохма, даже на самом мизерном токе в 100мА аккумулятор по емкости не соответствует даташиту. Все врут.

Хотя нет, тест аккумулятора от Mugen Power на 1900mAh для Zoro ZP100 показал вполне честные почти-два-ампера:



А вот китайский аккумулятор на 5000mAh набрал всего 3000:



•О выводах

- 1 **Тренировка литиевых аккумуляторов, состоящих из одной банки, бессмысленна.** Не вредна, но тратит циклы работы аккумуляторов. В мобильных устройствах тренировку нельзя даже оправдать работой контроллера — параметры аккумулятора одинаковы, не меняются в зависимости от модели и времени. Единственное, на что может влиять недостаточный разряд — на точность показаний индикатора заряда (но не на время работы), но для этого достаточно одной полной разрядки раз в полгода. Еще раз. Если у вас плеер, телефон, рация, кпк, планшет, дозиметр, мультиметр, часы или любой другой мобильный девайс, использующий аккумулятор Li-Ion или Li-Pol(если он съемный, на нем будет написано, если он не съемный — то 99% это литий) — «тренировка» длиннее одного цикла бесполезна. Один цикл тоже, скорее всего, бесполезен. Если у вас аккумулятор для управляемых моделей, то первые несколько циклов надо разряжать малыми токами(малыми, хе-хе. Для них малые — это 3-5С. Это вообще-то полтора ампера на 11 вольтах. А рабочие токи там до 20С). Ну, кто пользуется этими аккумуляторами, тот знает. А всем остальным это не пригодится, разве что для общего развития.
- 2 **В некоторых случаях, при использовании батарей с несколькими банками полный разряд-заряд может увеличить емкость.** В батареях ноутбуков, если производитель поспешил на умный контроллер батареи, который не балансирует банки в последовательном соединении при каждом заряде, полный цикл может увеличить емкость на следующую пару циклов. Происходит это за счет выравнивания напряжения на всех банках, что приводит к их полному заряду. Несколько лет назад мне попадались ноутбуки с такими контроллерами. Сейчас не знаю.
- 3 **Не верьте надписям на этикетках.** Особенно китайским. В прошлом топике я приводил ссылку, в которой огромный тест китайских батарей не выявил ни одной, емкость которой соответствовала надписи. НИ ОДНОЙ! Всегда завышают. А если не завышают, гарантируют емкость только в тепличных

- условиях и при разряде малым током.
- 4 **Держите аккумулятор в тепле.** Смарт в кармане джинс будет работать немного дольше, чем в наружном кармане куртки. Разница может составлять 30%, а зимой и того больше.