

## Сравнительное тестирование батарей CR2032, используемых для питания тегов WST-#

Ноябрь 2016 года

### Общие положения

В рамках данного тестирования изучались рабочие характеристики литиевых батарей типоразмера CR2032 различных производителей. С целью определения наиболее предпочтительных среди них для использования в качестве элементов питания для тегов WSR-#. При этом сравнивались такие параметры дисковых литиевых батарей различных марок, как напряжение под нагрузкой при различных температурах и время разряда до минимального допустимого уровня напряжения. В сравнительных тестах участвовали следующие батареи: DURACELL, Energizer, FocusRay, GP, Panasonic, VARTA, RENATA и два вида батарей марки Maxell. Характеристики батарей, указанные производителями, приведены в Таблице 1.



Таблица 1. Характеристики батарей, указанные производителями.

Марка	Номинальная емкость, мАч	Рабочий температурный диапазон	Время разряда до уровня 2,7 В
DURACELL	-	-20°C...+60°C	450 ч при 21°C и нагрузке 6,5 КОм 1100 ч при 21°C и нагрузке 15 КОм
Energizer	240 мАч (21°C, 15 КОм)	-	1150 ч при 21°C и нагрузке 15 КОм
FocusRay	-	-	-
GP	210 мАч	-10°C...+60°C	1100 ч при 23°C и нагрузке 15 КОм
Maxell (1)*	220 мАч	-	1000 ч при 21°C и нагрузке 15 КОм
Maxell (2)**	220 мАч	-	1000 ч при 21°C и нагрузке 15 КОм
Panasonic	220 мАч	-20°C...+60°C	1000 ч при 20°C и нагрузке 15 КОм
VARTA	230 мАч (21°C, 6,5 КОм)	-20°C...+70°C	-
RENATA	235 мАч (21°C, 6,5 КОм)	-30°C...+70°C	1200 ч при 23°C и нагрузке 15 КОм

\* - производство Китай

\*\* - производство Япония

Основная часть энергии потребляется тегами WST-# во время исполнения ими периодических измерений и передачи полученных результатов к менеджеру. При этом время преобразования составляет до 60 мс, а ток потребления в зависимости от типа тега WSR-# может иметь значение в диапазоне от 0,5 мА до 1,5 мА. Теги WSR-# работоспособны при минимальном напряжении питания 2,5 В. Исходя из этих показателей, и осуществлялось тестирование батарей CR2032.

### Напряжение под нагрузкой

Величина напряжения холостого хода нового элемента питания, по существу, говорит лишь о его исправности и почти не несет информации о работе под нагрузкой, что как раз и важно в практических применениях, когда ток нагрузки сопоставим с номинальным значением (~0,2 мА для данного типа батарей). При подключении нагрузки напряжение батареи падает из-за ненулевого внутреннего сопротивления электрохимической ячейки, которое, в свою очередь, зависит от температуры, степени разряда и времени хранения батареи. В ходе исследования фиксировались минимумы напряжения ( $U_{nmin}$ ) на новых батареях при подключении двух номиналов нагрузок на время 1 с при различных температурах. Полученные данные представлены в Таблице 2 и Таблице 3. Также приведены значения напряжения холостого хода ( $U_{xx}$ ) батарей, практически не менявшиеся с температурой.

**Таблица 2. Напряжение батарей при подключении нагрузки сопротивлением 6,2 КОм при различных температурах.**

Марка	U <sub>хх</sub> , В	U <sub>нmin</sub> , В при R <sub>н</sub> = 6,2КОм				
		+25°C...+60°C	-5°C	-15°C	-25°C	-35°C
DURACELL	3,28	3,27	3,23	3,18	3,10	2,98
Energizer	3,30	3,28	3,21	3,11	2,99	2,85
FocusRay	3,36	3,34	3,17	3,05	2,98	2,86
GP	3,24	3,23	3,21	3,17	3,09	2,98
Maxell (1)	3,38	3,35	3,14	3,01	2,84	2,71
Maxell (2)	3,30	3,28	3,23	3,16	3,05	2,92
Panasonic	3,23	3,22	3,19	3,14	3,06	2,95
VARTA	3,26	3,25	3,22	3,16	3,08	2,97
RENATA	3,30	3,27	3,25	3,21	3,12	3,02

**Таблица 3. Напряжение батарей при подключении нагрузки сопротивлением 2 КОм при различных температурах.**

Марка	U <sub>хх</sub> , В	U <sub>нmin</sub> , В при R <sub>н</sub> = 2КОм				
		+25°C...+60°C	-5°C	-15°C	-25°C	-35°C
DURACELL	3,28	3,25	3,15	3,06	2,94	2,81
Energizer	3,30	3,26	3,08	2,95	2,80	2,65
FocusRay	3,36	3,29	3,02	2,93	2,86	2,74
GP	3,24	3,22	3,14	3,07	2,96	2,83
Maxell (1)	3,38	3,30	2,97	2,82	2,72	2,54
Maxell (2)	3,30	3,25	3,14	3,02	2,89	2,75
Panasonic	3,23	3,21	3,11	3,03	2,90	2,78
VARTA	3,26	3,23	3,14	3,05	2,94	2,82
RENATA	3,30	3,27	3,21	3,08	2,99	2,88

Из Таблиц 2 и 3 видно, что падение напряжения при одной и той же нагрузке увеличивается с понижением температуры в области отрицательных значений. Это справедливо для всех элементов питания данного типа, и, определяется их электрохимическими свойствами.

При нагрузке 6,2 КОм (ток нагрузки ~ 0,5 мА) напряжение всех батарей в диапазоне температур от +25°C до +60°C превышает вышеуказанный минимальный уровень, требуемый для питания тегов WST-#. При -35°C напряжение на батарее Maxell (1) достигло минимально допустимого (выделено синим цветом), что делает использование этих элементов питания для тегов WSR-# при такой температуре проблематичным.

Для нагрузки 2 КОм (ток нагрузки ~ 1,5 мА) такая ситуация с батареей Maxell (1) возникает уже при температуре -25°C, при -35°C неприемлемо низкое напряжение оказывается и у марки Energizer (выделено синим цветом).

Данный тест способен лишь выявить батареи, которые однозначно не следует использовать в низкотемпературных применениях. Эффективность работы элементов питания, прошедших эту проверку успешно, а также батарей Maxell (1) и Energizer при более высоких температурах, можно оценить, рассмотрев их разрядные характеристики.

## Разрядные характеристики (время разряда)

Этот тест позволяет качественно спрогнозировать, с батареями какого производителя теги WSR-# производят большее число циклов измерения и передачи результатов, пока напряжение питания не опустится ниже регламентируемого предела. Ввиду значительной долговременности и большей затратности при реализации импульсного режима потребления в ходе реализации процедуры регистрации было решено провести измерения для постоянной нагрузки. Во время опыта к батареям подключалась нагрузка сопротивлением 3 КОм (Iср. ~ 1 мА) и замерялось время разряда до уровня 2,7 В при двух значениях температуры. Представляется, что сравнительную оценку батарей, полученную при таком режиме потребления, с большой долей вероятности можно распространить и на импульсный режим. Для сравнения приведены значения времени разряда до уровня 2 В (уровень, предполагающий полный разряд батареи). Полученные данные представлены в Таблице 4.

Таблица 4. Время разряда батарей до уровня напряжения 2,7 В и 2 В при постоянной нагрузке сопротивлением 3 КОм.

Марка	Время разряда до уровня 2,7В		Время разряда до уровня 2В	
	25°C	-25°C	25°C	-25°C
DURACELL	165 ч	71 мин	230 ч	248 мин
Energizer	170 ч	11 мин	233 ч	181 мин
FocusRay	119 ч	37 мин	200 ч	356 мин
GP	128 ч	51 мин	241 ч	205 мин
Maxell (1)	98 ч	6 мин	145 ч	155 мин
Maxell (2)	130 ч	19 мин	204 ч	227 мин
Panasonic	193 ч	20 мин	258 ч	200 мин
VARTA	183 ч	32 мин	255 ч	310 мин
RENATA	200 ч	75 мин	280 ч	370 мин

Как видно из Таблицы 4, батарея Maxell (1) показала самые скромные результаты для двух значений температуры. Однозначного лидера среди остальных испытываемых марок не оказалось. При комнатной температуре в группу лидеров попали Panasonic, VARTA, RENATA, DURACELL и Energizer, а наиболее низкий результат – у Maxell (1) и FocusRay. При температуре -25°C – лучшими оказались DURACELL, RENATA и GP, худшими - Maxell (1) и Energizer.

### Заключение

Поскольку теги WSR-# характеризуются импульсным режимом работы, имеют разные токи потребления и в каждом отдельном случае функционируют в конкретных условиях с конкретной частотой преобразований, то на основании полученных данных сложно даже приблизительно рассчитать время работы тега с тем или иным элементом питания. Это же вытекает из таких свойств батарей, как сильная зависимость параметров от температуры, величины тока разряда, характера разряда (постоянный/импульсный). Впрочем, подобные цели и не ставились. В данном исследовании была предпринята попытка сравнить работу элементов питания для тегов WSR-# при значениях потребляемого тока, приближенных к реальным. Следует также отметить, что на реальные показатели батарей могут повлиять такие параметры, как саморазряд и потребление энергии устройствами в спящем режиме.

Итак, можно рекомендовать следующий выбор элементов питания для тегов WSR-# в зависимости от условий применения:

- Для использования при положительных температурах – Panasonic, VARTA, RENATA.
- Для использования при отрицательных температурах - DURACELL, RENATA и GP.
- Предпочтительный универсальный выбор – DURACELL, VARTA, RENATA.