

Оглавление

Справочные материалы	2
Методическое пособие посвящено описанию параметров и характеристик никель-кадмиевых, никель-металлогидридных и литиевых аккумуляторов	3
ВВЕДЕНИЕ	5
1. СИСТЕМА ПАРАМЕТРОВ АККУМУЛЯТОРОВ	6
Температурный диапазон – интервал температур, в котором аккумулятор обеспечивает емкость, заданную техническими условиями. Типовой диапазон температур $-20...+50^{\circ}\text{C}$, причем на крайних пределах емкость, как правило, изменяется на 50% по отношению к емкости при 20°C . Верхним пределом работы большинства аккумуляторов является температура $+50^{\circ}\text{C}$. При низких температурах их емкость сильно уменьшается. Влияние температуры на характеристики разряда приведены на рис. 1.3.	11
2. ТИПОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ И ХАРАКТЕРИСТИКИ	12
МАЛОГАБАРИТНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ.....	12
2.1. Никель -кадмиевые аккумуляторы и аккумуляторные батареи	12
2.2. Никель-металлогидридные аккумуляторы и	15
аккумуляторные батареи.....	15
2.3. Литиевые аккумуляторы и аккумуляторные батареи	18
2.4. Сравнительный анализ малогабаритных аккумуляторов.....	21
2.5. Конструкция и типоразмеры малогабаритных аккумуляторов	23
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	27
Таблица П.1 Характеристики никель-кадмиевых аккумуляторов и батарей	27
Цилиндрические и призматические	27
Бытовая серия.....	27
Промышленная серия	27
Низкоцилиндрические.....	28
Таблица П.2. Характеристики никель-металлогидридных аккумуляторов.....	28
Цилиндрические и призматические	28
Бытовая серия.....	28
Промышленная серия	29
GP 130AАН	29
Низкоцилиндрические.....	30
Таблица П.3 Характеристики литий-ионных аккумуляторов и батарей.....	30
Таблица П.4. Сравнительные характеристики аккумуляторов.....	31
Параметры	31
АККУМУЛЯТОРЫ.....	31
АККУМУЛЯТОРНЫЕ СБОРКИ.....	31
Литий-ионные	31
Для видеокамер.....	31

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

МОСКОВСКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ТУ)
филиал в г. Смоленске

МАЛОГАБАРИТНЫЕ АККУМУЛЯТОРЫ
ДЛЯ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

Справочные материалы
по курсам
«Системы бесперебойного электропитания» и
«Ключевые источники электропитания»

Смоленск

2002

УДК 621.356(083)
Р50

Утверждено учебным управлением ГОУ ВПО МЭИ (ТУ)
в качестве учебного пособия для студентов ГОУ ВПО СФМЭИ (ТУ),
обучающихся по специальности «Промышленная электроника»

Подготовлено на кафедре промышленной электроники

Рецензент:
Канд.техн.наук, доц. ГОУ ВПО СФМЭИ (ТУ) Ю.М. Божин

РЕМНЕВ А.М., СМЕРДОВ В.Ю.

Р50. Малогабаритные аккумуляторы для радиоэлектронной аппаратуры (справочные материалы). Справочное пособие по курсам «Системы бесперебойного электропитания» и «Ключевые источники электропитания». – Смоленск: ГОУ ВПО СФМЭИ (ТУ), 2002. – 31 с.

Методическое пособие посвящено описанию параметров и характеристик никель-кадмиевых, никель-металлогидридных и литиевых аккумуляторов.

Пособие предназначено для студентов факультета компьютерных технологий и электроники, а также может быть полезным для специалистов занимающихся эксплуатацией малогабаритных аккумуляторов.

© Московский энергетический институт, филиал в г. Смоленске, 2002 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
1. Система параметров аккумуляторов.....	5
2. Типовые параметры и характеристики малогабаритных аккумуляторов.....	11
2.1. Никель- кадмиевые аккумуляторы и аккумуляторные батареи...	11
2.2. Никель-металлогидридные аккумуляторы и аккумуляторные батареи	14
2.3. Литиевые аккумуляторы и аккумуляторные батареи.....	17
2.4. Сравнительный анализ малогабаритных аккумуляторов.....	20
2.5. Конструкция и типоразмеры малогабаритных аккумуляторов...	22
Литература.....	
Приложение.....	26

ВВЕДЕНИЕ

Целью данного справочного пособия является возможность дать широкому кругу разработчиков и пользователей радиоэлектронной аппаратуры сведения о химических источниках тока, которые позволят обеспечить грамотный выбор и эксплуатацию современных автономных малогабаритных источников питания.

Автономные источники питания широко применяются в изделиях, содержащих электронные компоненты, начиная с бытовых (детских игрушек, часов, плееров, фотоаппаратов и др.) и заканчивая военно-космической техникой. Отсюда большое разнообразие типов, видов и конструкций. При выборе элементов питания приходится решать задачу со многими неизвестными, тем более что в общих руководствах по эксплуатации этому вопросу уделяется мало внимания.

Химическими источниками тока называют устройства, с помощью которых энергия пространственно разделенных окислительно-восстановительных реакций превращается в электрическую. Процесс превращения химической энергии в электрическую в источнике тока называют разрядом.

По характеру работы все известные химические источники тока делятся на две группы: *гальванические элементы*, или *первичные источники тока*, и *электрические аккумуляторы*, или *вторичные источники тока*.

К группе первичных источников тока относят устройства, допускающие однократное использование заключенных в нем активных материалов. При этом отдача электрической энергии может быть осуществлена в один или несколько приемов. В результате израсходования одного из веществ гальванические элементы перестают работать.

Вторичными химическими источниками тока, или электрическими аккумуляторами, называют химические источники тока, работоспособность которых может быть восстановлена путем заряда, т.е. пропусканием электрического тока через аккумулятор. Электрохимические процессы в аккумуляторах обратимы и их можно использовать много раз.

1.СИСТЕМА ПАРАМЕТРОВ АККУМУЛЯТОРОВ

Аккумуляторы, как источники тока, характеризуются следующими основными параметрами:

- электродвижущей силой;
- напряжением;
- внутренним сопротивлением;
- емкостью;
- зарядно –разрядными характеристиками;
- удельными характеристиками;
- отдачей;
- сроком службы;
- диапазоном рабочих температур;
- габаритными размерами и типом корпуса.

Электродвижущая сила (э.д.с.) – это максимальное напряжения аккумулятора, к которому не подключена нагрузка. Значение э.д.с. измеряется в вольтах. Электродвижущая сила батареи, составленной из последовательно соединенных однотипных аккумуляторов, равна произведению э.д.с. одного элемента на число этих элементов.

Напряжение аккумулятора измеряется при замкнутой на нагрузку внешней цепи. Рабочее напряжение всегда меньше э.д.с. В общем случае рабочее напряжение аккумулятора

$$U_p = E - I \cdot R_{вн},$$

где E – э.д.с., В; I – ток нагрузки, А; $R_{вн}$ – внутренне сопротивление аккумулятора, Ом.

Очевидно, что основными факторами, определяющими напряжение аккумулятора U_p являются внутреннее сопротивление и сила разрядного тока. Напряжение аккумулятора при разряде изменяется и характеризуется начальным, средним и конечным значениями. Это связано с изменением внутреннего сопротивления.

Начальное напряжение меньше э.д.с. на величину падения напряжения на внутреннем сопротивлении при протекании номинального тока разряда – тока нагрузки. При низких температурах начальное напряжение меньше, чем при положительной температуре, вследствие уменьшения подвижности ионов электролита.

Конечное напряжение - это минимальное напряжение, при котором аккумулятор еще способен отдавать энергию в нагрузку. Величиной конечного напряжения задаются из условия работы нагрузки, т.е. по допустимому перепаду напряжения между началом и концом разряда.

Величиной среднего напряжения пользуются при определении зарядной или разрядной энергии аккумулятора. Она определяется из разрядных кри-

вых, которые являются зависимостью напряжения аккумулятора от времени разряда при разряде заданным током.

Для аккумуляторов *внутреннее сопротивление* $R_{ВН}$ определяется в основном омическим сопротивлением электродов и электролита, а также сопротивлением поляризации, возникающей при изменении электродных потенциалов при разряде. Внутреннее сопротивление имеет разные величины на этапах разряда и заряда:

$$R_{ВН} = \frac{E - U_P}{I_P} \quad - \text{ для разряда; } R_{ВН} = \frac{U_3 - E}{I_3} \quad - \text{ для заряда.}$$

Максимальное значение тока, который может отдать источник энергии, ограничено его внутренним сопротивлением. Приближенное значение внутреннего сопротивления аккумулятора для разряда

$$R_{ВН} = \frac{0,35}{C},$$

где C - емкость аккумулятора в А·час при нормальной температуре.

Номинальная емкость – это количество энергии, которым теоретически должен обладать аккумулятор в заряженном состоянии. Емкость измеряется в ампер-часах (А·час) или миллиампер-часах (мА·час). Но количество энергии определяется не в момент зарядки, а при обратном процессе – разряде аккумулятора постоянным током в течение измеряемого промежутка времени до момента достижения заданного порогового напряжения.

Токи заряда и разряда численно выражаются в долях от нормированной емкости C_H . Нормированная емкость C_H определяется при температуре 20⁰С как емкость в А·час, отданная при 5-ти часовом разряде током 0,2· C_H до конечного напряжения на элементе. Например, для аккумулятора с нормированной емкостью 100 мА·час ток 0,2· C_H составляет 20 мА, а ток 3· C_H – составит 300 мА.

Емкость, отдаваемая аккумулятором в нагрузку не всегда равна номинальной емкости, указанной для аккумулятора. Она зависит от величины отбираемого тока, графика нагрузки, конечного напряжения, температуры и длительности хранения аккумуляторов до их использования.

Для аккумуляторов, кроме разрядной емкости, существует зарядная емкость, численно равная количеству электричества, запасенному аккумулятором при заряде. Таким образом, емкость

$$C = I \cdot t,$$

где I – сила тока разряда или заряда, А; t – время заряда или разряда, час.

Указанная формула справедлива для случая, когда ток не изменялся в процессе разряда или заряда. При разряде аккумулятора на постоянное сопротивление, что наиболее часто встречается на практике, пользуются для определения емкости средним значением тока разряда $I_{ср}$, равным среднему арифметическому токов начала и конца разряда. Отсюда емкость

$$C = I_{ср} \cdot t.$$

В таблицах характеристик аккумуляторов указывается либо ток, при котором получена данная емкость, либо величина нагрузочного сопротивления. Для аккумуляторов при разряде на постоянное сопротивление R емкость

$$C = \frac{U_H + U_K}{2R} t,$$

где U_H и U_K – напряжение в начале и конце разряда; R – нагрузочное сопротивление; t – время разряда.

Зарядно - разрядные характеристики аккумулятора. При выборе аккумулятора необходимо пользоваться графиками зависимости напряжения от разрядного тока, по которым можно судить о возможности использования данного аккумулятора в требуемом режиме разряда. Разрядные характеристики аккумулятора являются плоскими для большинства режимов. Поэтому напряжение аккумулятора не может служить показателем степени его разряженности. При увеличении тока разряда емкость, отдаваемая в нагрузку большинства аккумуляторов, уменьшается. Типовые разрядные характеристики аккумуляторов при температуре окружающей среды 20^0C представлены на рис.1.1. Для достижения максимального срока службы аккумулятора следует избегать глубоких разрядов.

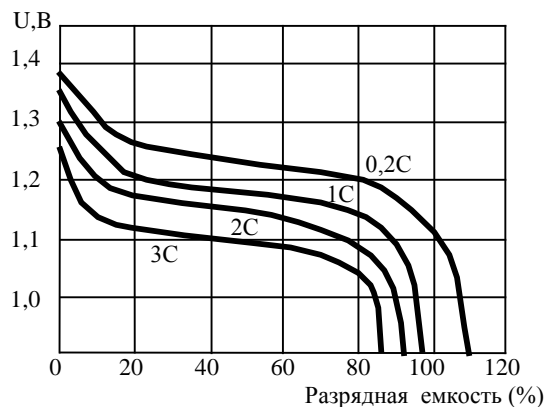


Рис.1.1

Существует много способов позволяющих удовлетворительно заряжать аккумуляторы. Они отличаются друг от друга сложностью и продолжительностью заряда аккумулятора. Основными способами заряда являются: нормальный, ускоренный и контролируемый быстрый.

Нормальный заряд – это такой режим заряда, при котором заряд производят малым током. Например, для никель-кадмиевых аккумуляторов этот ток равен $0,1 \cdot C_H$ и заряд идет в течение 14 часов независимо от исходной степени разряженности. При этом аккумуляторы переносят избыточный заряд таким током очень длительное время.

Ускоренный заряд осуществляется большим током. Например, для никель-кадмиевых аккумуляторов зарядный ток в этом режиме равен $0,4 \cdot C_H$ в течение 3 часов или $0,2 \cdot C_H$ – в течение 7 часов. Переносимость избыточного

заряда ограничено примерно 10 днями, чтобы не произошло сокращение службы аккумулятора.

Контролируемый быстрый заряд предусматривает сокращенный период заряда не более 1 часа. Если длительность заряда сокращают до 15 минут – то такой метод называют сверхбыстрым зарядом. Контролируемый быстрый заряд подразумевает наличия системы автоматического прекращения зарядного тока до того, как аккумулятор достигнет состояния, которое может превысить предел его механической прочности.

На зарядных характеристиках большинства аккумуляторов имеется максимум вблизи состояния полной заряженности (рис.1.2). При очень низких токах заряда (характерных для нормального заряда) наблюдается небольшой рост напряжения в конце заряда. При высоких скоростях заряда, характерных для контролируемого быстрого заряда, этот рост напряжения довольно значительный и повторяемый, что позволяет использовать его в качестве сигнала для окончания заряда.

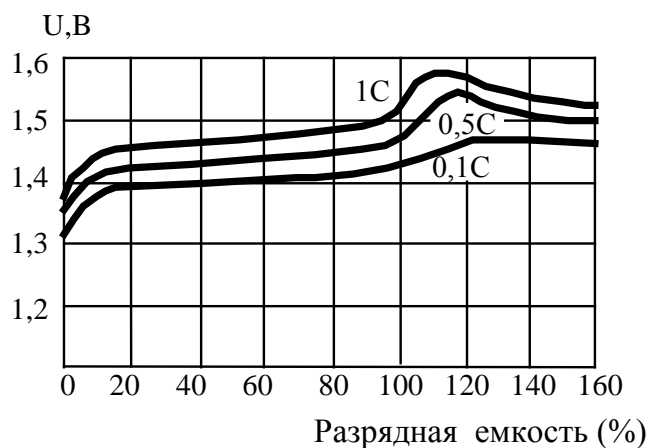


Рис.1.2

Одновременно с повышением напряжения происходит увеличение температуры аккумулятора относительно окружающей среды. Поэтому изменение температуры может быть использовано, как сигнал окончания заряда.

Характеристики зарядного напряжения изменяются с изменением температуры, тока заряда и существенно зависят от типоразмеров аккумулятора.

Удельные характеристики аккумуляторов – *удельная емкость, удельная мощность и удельная энергия* являются наиболее показательными с точки зрения возможности сравнения разнородных по электрическим характеристикам источников тока. Удельная емкость – есть отношение фактической разрядной емкости аккумулятора к его объему или весу. Удельная емкость по объему C_V или весу C_M

$$C_V = \frac{C}{V}, \frac{A \cdot \text{час}}{\text{дм}^3}; \quad C_q = \frac{C}{q}, \frac{A \cdot \text{час}}{\text{кг}},$$

где C – емкость, $A \cdot \text{час}$; V – объем, дм^3 ; q – вес аккумулятора, кг.

Удельная емкость дает возможность сравнивать аккумуляторы, напряжение которых одинаково.

Для сравнения различных по напряжению источников питания пользуются характеристиками удельной мощности энергии или удельной энергии:

$$P_V = \frac{IU}{V}, \frac{\text{Вт}}{\text{дм}^3} - \text{удельная мощность по объему};$$

$$P_q = \frac{IU}{q}, \frac{\text{Вт}}{\text{кг}} - \text{удельная мощность по весу};$$

$$W_V = \frac{IU}{V} t, \frac{\text{Вт} \cdot \text{час}}{\text{дм}^3} - \text{удельная энергия по объему};$$

$$W_q = \frac{IU}{q} t, \frac{\text{Вт} \cdot \text{час}}{\text{кг}} - \text{удельная энергия по весу}.$$

Полная мощность аккумулятора

$$P_{\text{ПОЛ}} = IE = I(IR + IR_{\text{ВН}}) = I^2 R + I^2 R_{\text{ВН}},$$

где $I^2 \cdot R$ означает мощность, потребляемую внешней цепью, а $I^2 \cdot R_{\text{ВН}}$ – внутренней цепью.

Отдачей аккумулятора называется отношение емкости, отданной при разряде к емкости, полученной при заряде. Различают три вида отдачи: отдачу по емкости η_C , отдачу по энергии η_W и отдачу по напряжению η_U :

$$\eta_C = \frac{C_P}{C_3} \cdot 100\% = \frac{I_P t_P}{I_3 t_3} \cdot 100\% ;$$

$$\eta_W = \frac{W_P}{W_3} \cdot 100\% = \frac{U_P I_P t_P}{U_3 I_3 t_3} \cdot 100\% ;$$

$$\eta_U = \frac{\eta_W}{\eta_Q} \cdot 100\% = \frac{U_P}{U_3} \cdot 100\% .$$

Саморазрядом аккумулятора называют уменьшение емкости во времени при отключенной нагрузке. Саморазряд возникает вследствие взаимодействия активных масс и электролита. Потеря емкости аккумулятора накладывает ограничения на продолжительность их хранения. Этот саморазряд обусловлен только химическими процессами, протекающими внутри аккумулятора. В паспорте на аккумулятор указывается саморазряд, обусловленный только химическими процессами, происходящими в нем при заданных условиях эксплуатации и хранения.

Суточный саморазряд

$$C = \frac{C_H - C_{XP}}{n} \cdot 100\% ,$$

где C_H – начальная емкость источника, а $C_{ХР}$ – емкость после хранения, n – число суток хранения.

Срок сохранности и срок службы являются важными характеристиками, поскольку определяют возможности работы той или иной аппаратуры в течение какого-то времени. Для аккумуляторов срок сохранности определяет его способность к работе по истечению определенного срока хранения в сухом или заполненном электролитом состоянии. Срок сохранности может резко уменьшиться при неправильном хранении за счет появления токопроводящих путей между его клеммами.

Срок службы аккумуляторов характеризуется количеством циклов заряд-разряд, которые может выдержать аккумулятор без заметного снижения разрядной емкости. Для получения максимального количества циклов заряд-разряд аккумулятора необходимо выполнять условия заряда, рекомендуемые изготовителем аккумулятора.

Температурный диапазон – *интервал температур, в котором аккумулятор обеспечивает емкость, заданную техническими условиями. Типовой диапазон температур $-20...+50^{\circ}\text{C}$, причем на крайних пределах емкость, как правило, изменяется на 50% по отношению к емкости при 20°C . Верхним пределом работы большинства аккумуляторов является температура $+50^{\circ}\text{C}$. При низких температурах их емкость сильно уменьшается. Влияние температуры на характеристики разряда приведены на рис.1.3.*

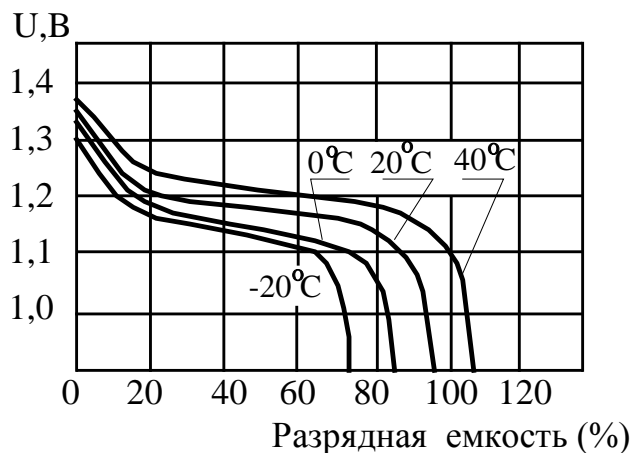


Рис.1.3

2. ТИПОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ И ХАРАКТЕРИСТИКИ МАЛОГАБАРИТНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

2.1. Никель -кадмиевые аккумуляторы и аккумуляторные батареи

Современная конструкция никель-кадмиевого аккумулятора (НКА) приведена на рис. 2.1.

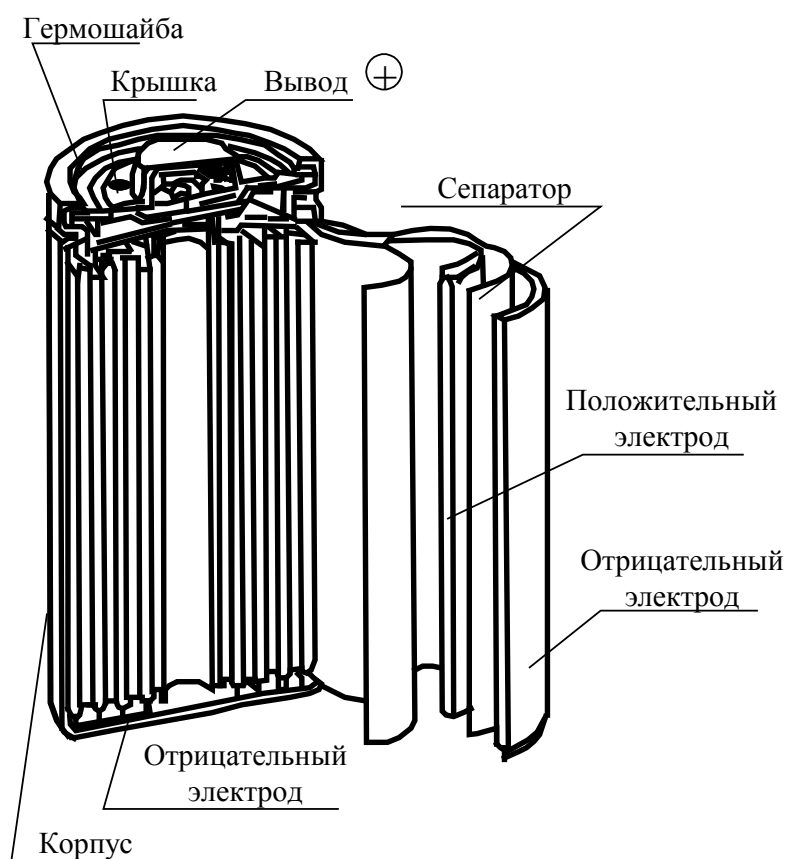


Рис.2.1

Положительный и отрицательный электрод с сепаратором выполнены в виде лент, свернутых в спиральный цилиндр. Это позволяет получать в малом объеме электроды с большими контактными поверхностями. Крышка предохранительного клапана для стравливания избыточного давления расположена рядом с положительным выводом.

При соединении НКА в батареи необходимо подбирать аккумуляторы по емкости, с тем, чтобы избежать глубоких разрядов аккумуляторов с пониженной емкостью. Для таких аккумуляторов возможна переполюсовка и выход из строя. Подбор аккумуляторов ведется в пределах отклонения емко-

сти 3...4%.

Обобщенные зарядные кривые НКА током, численно равным $0,1 \cdot C_H$ при температурах 0, 20 и 40⁰С показаны на рис.2.2.

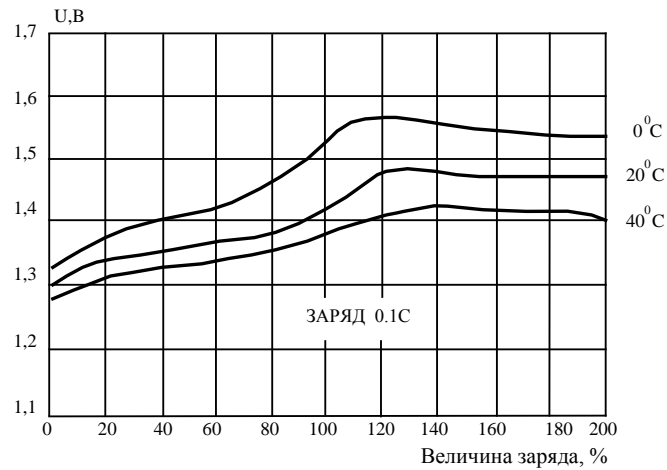


Рис.2.2

Четыре разрядных кривых при температуре 0⁰С и токах 8·С, 4·С, 1·С и 0,2·С показаны на рис.2.3, из которого видно, что при уменьшении величины разрядного тока в 40 раз, разрядная емкость увеличивается почти в 1,5 раза. Это связано с потерями на внутреннем сопротивлении НКА, которые пропорциональны квадрату тока нагрузки.

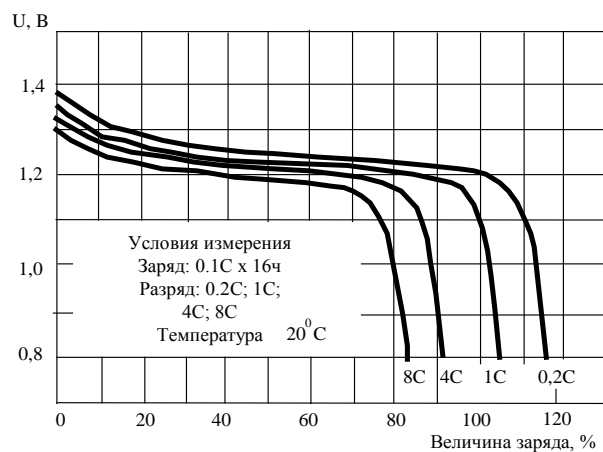


Рис.2.3

На рис.2.4, 2.5 показаны зависимости разрядной емкости от режима эксплуатации (непрерывный разряд и импульсный соответственно).

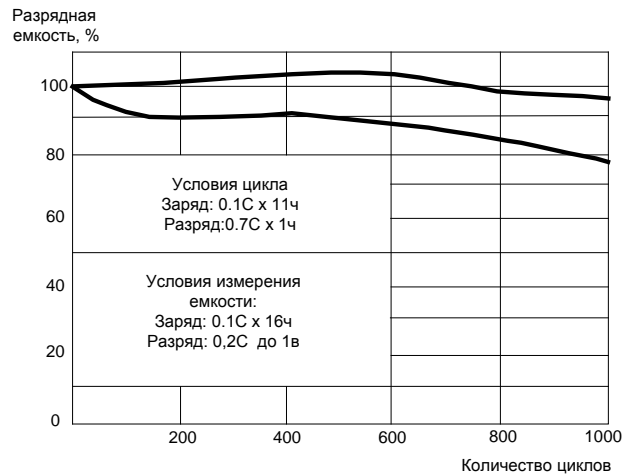


Рис.2.4

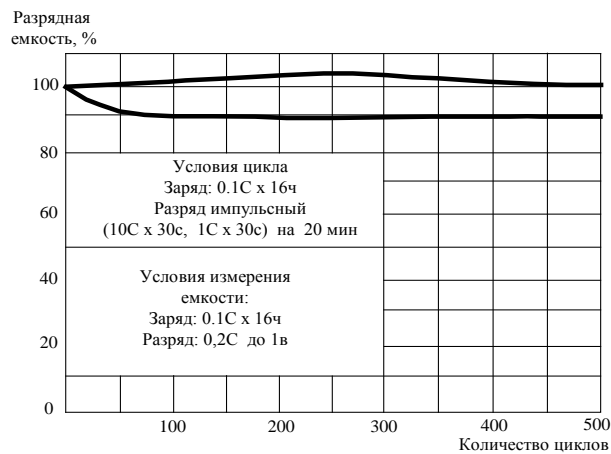


Рис.2.5

Некоторые особенности зарядных характеристик имеют НКА, изготавливаемые в виде низких цилиндров (дисковые) (рис.2.6)

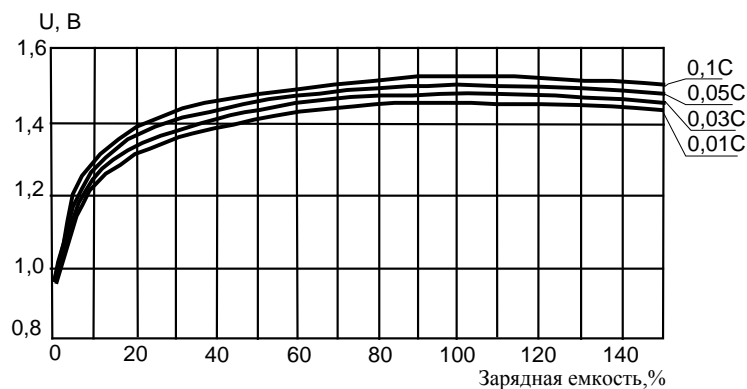


Рис. 2.6

Для малогабаритной радиоэлектронной аппаратуры используются и аккумуляторы призматической формы, позволяющие наиболее оптимально ис-

пользовать объем прямоугольного отсека питания.

На отечественном рынке достаточно активно работают многие зарубежные производители аккумуляторов и аккумуляторных батарей. Концерн GP, входящий в тройку крупнейших производителей никель-кадмиевых, никель-металлогидридных и литиевых аккумуляторов, разрабатывает, производит и предлагает широкий выбор аккумуляторов и аккумуляторных батарей. Номенклатура этих изделий постоянно, обновляется и пополняется в соответствии с требованием рынка. Концерн GP на своих заводах использует новейшие американские технологии фирм OVONIC и DURACELL.

В табл. П.1 и П.2 представлены параметры цилиндрических, призматических и дисковых (низкоцилиндрических) никель-кадмиевых аккумуляторов бытовой и промышленной серий, выпускаемых этой фирмой. Аккумуляторы промышленной серии используются только для создания аккумуляторных батарей.

Аккумуляторы этой фирмы обладают длительным сроком службы (до 1000 циклов заряд-разряд), стабильной работой в широком диапазоне температур (от -20 до +50 С) и низким внутренним сопротивлением. Конструкция аккумуляторов обеспечивает его герметичность и противоударность.

2.2. Никель-металлогидридные аккумуляторы и аккумуляторные батареи

Никель-металлогидридные аккумуляторы (НМА) отличаются от НКА типом применяемых материалов. Токсичный кадмиевый анод был заменен на анод из сплава, абсорбирующего водород (гидрат ООН). Благодаря высоким емкостным характеристикам и экологической чистоте никель-металлогидридные аккумуляторы находят все более широкое применение, как в бытовых приборах, так и в профессиональной технике. Эти аккумуляторы безопасны для окружающей среды, так как не содержат ртути и кадмия.

НМА обладают практически теми же уровнями напряжений и имеют такой же ряд типоразмеров, что и НКА. Их характеристики при разных тока заряда, разряда и температуры приведены на рис.2.7...2.9.

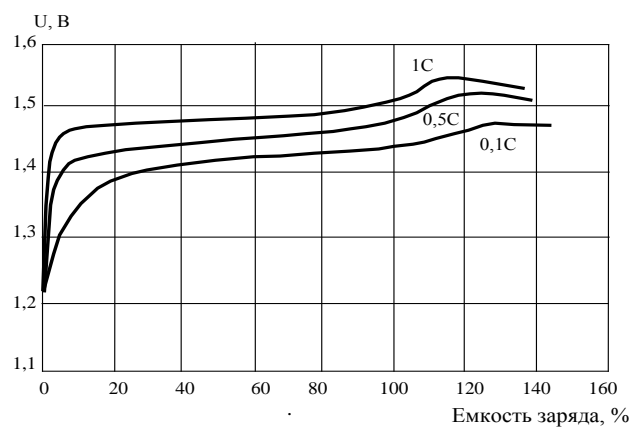


Рис.2.7

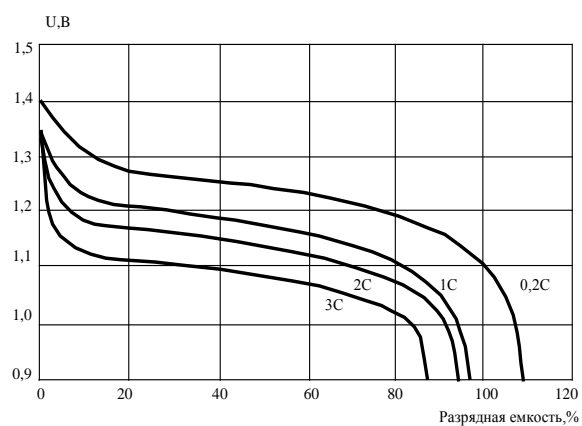


Рис.2.8

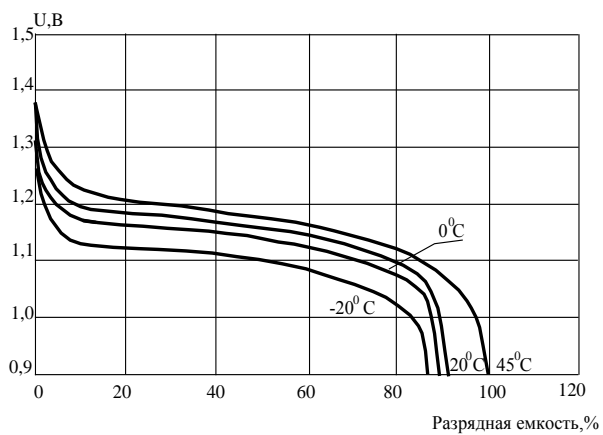


Рис.2.9

При разрядной емкости 82...90% от номинальной гарантируется 500 циклов заряд-разряда (рис.2.10).

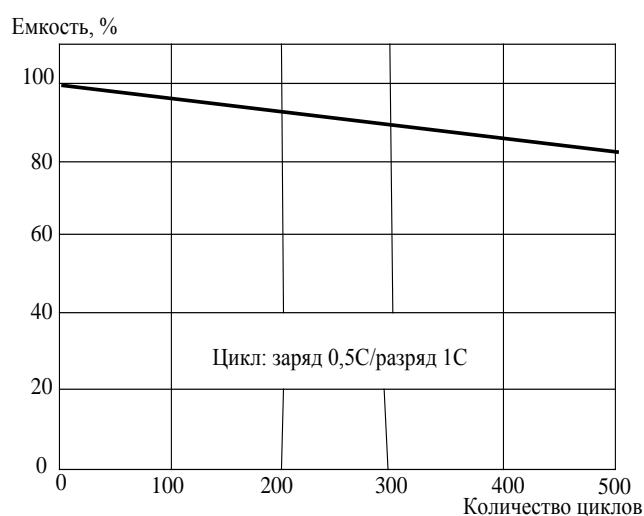


Рис.2.10

Параметры некоторых типов никель-металлогидридных цилиндрических и призматических аккумуляторов приведены в табл.П.2. Они характеризуются большим сроком службы (до 1000 циклов заряд-разряд), стабильной работой в широком диапазоне температур (от -20 до $+50$ С), полным отсутствием эффекта памяти. Для избежания последствий нарушений условий эксплуатации во всех аккумуляторах этой марки предусмотрены предохранительные клапаны.

Типовая конструкция НМА в виде низкого цилиндра представлена на рис.2.11.

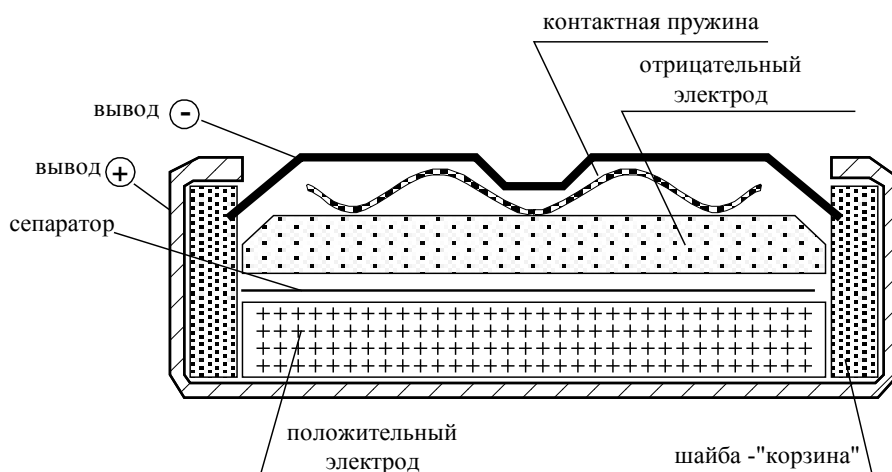


Рис.2.11

2.3. Литиевые аккумуляторы и аккумуляторные батареи

Бурное развитие систем связи, увеличение выпуска мобильных радиотелефонов, видеокамер и других малогабаритных устройств электронной техники потребовало от разработчиков вторичных ХИТ создания новых, малогабаритных и энергоемких аккумуляторов, например, таких как литиевые.

В настоящее время известно около 15 разновидностей первичных и вторичных ХИТ литиевой системы. Их достоинствами являются:

- доступность лития, запасов которого в земной коре в несколько раз больше, чем серебра и ртути;
- возможность выполнения литиевых элементов не только в габаритных размерах стандартных высоких цилиндров, но и в виде сверхплоских конструкций.
- возможность получения различных рабочих напряжений в диапазоне от 1,5 до 3,7 В (литиево-ионные – 3,6 вольт на элемент, литиево-металлические – 3,0 вольт на элемент, литиево-полимерные – 2,7 вольт на элемент), что позволяет использовать один, а не три аккумуляторных элемента в стандартных схемах питания распространенной трехвольтовой серии.
- исключительно малые токи саморазряда, позволяющие создавать аккумуляторы со сроком сохранности 10-15 лет без нарушения герметичности и практически без потерь емкости.

Литиевые (Li) аккумуляторы – наиболее новые и совершенные, но и наиболее дорогие. Они имеют самую высокую удельную емкость и совершенно не обладают «эффектом памяти». Скорость саморазряда составляет менее 10% в месяц для литиево-ионных и не более 1 - 2% для литиево-металлических аккумуляторов. Однако, литиевые аккумуляторы в еще большей степени чувствительны к «перезаряду». Особенно удобны литиево-полимерные аккумуляторы, они самые легкие и могут быть изготовлены любой формы - весьма плоские, изогнутые по форме корпуса аппарата и т.п.

На рис. 2.12 показана конструкция плоского литий-ионного аккумулятора.

На рис. 2.13 показаны зарядные (стрелка вправо; 1,5·С, 1·С, 0,7·С и 0,5·С) строго до напряжения 4,2 В и разрядные (стрелка влево; 1,5·С, 1·С, 0,7·С и 0,5·С) характеристики в функции от времени.

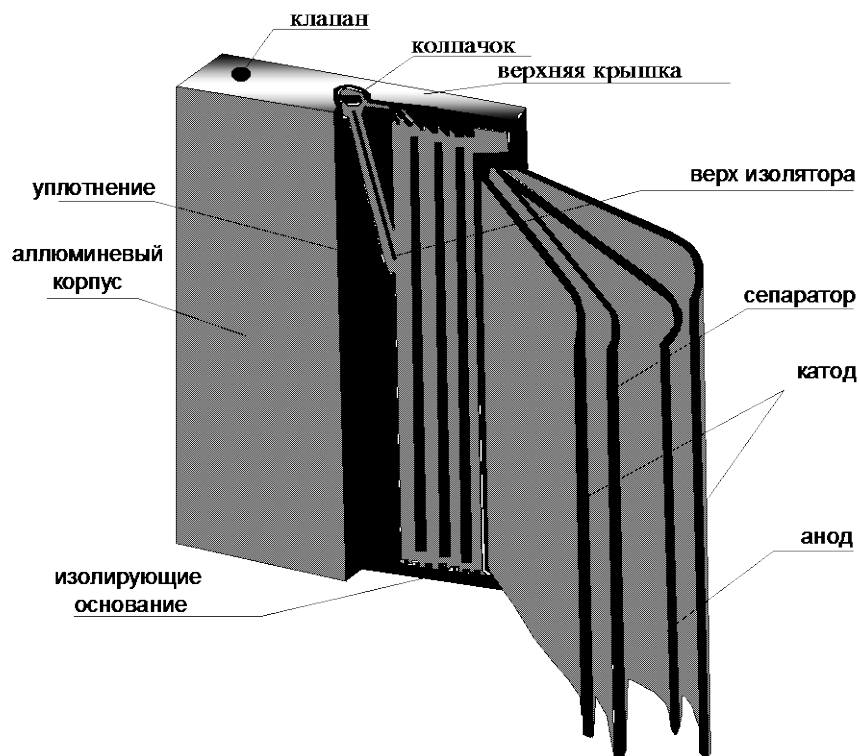


Рис.2.12

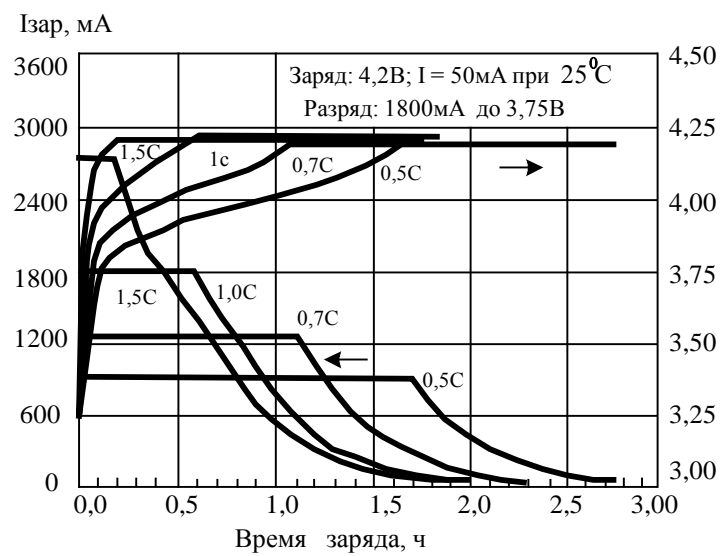


Рис.2.13

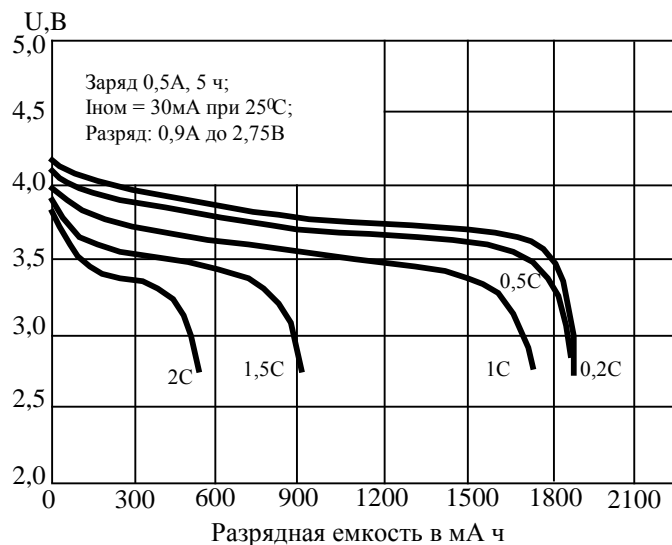


Рис.2.14

На рис. 2.14 даны обычные разрядные кривые при токах 2·С, 1,5·С, 1·С, 0,5·С и 0,2·С строго до напряжения 2,75 В. Если сравнить режимы 2·С и 0,2·С, то получится, что и разрядная емкость увеличится в 3,6 раза. Число циклов при заряде и разряде током 0,5·С и падении разрядной емкости до 80% от номинальной будет около 500 (рис.2.15).

Сложность определения моментов окончания заряда или разряда литиевых аккумуляторов привело к появлению встроенных в аккумулятор специализированных микроконтроллеров для регулирования зарядно-разрядных режимов.

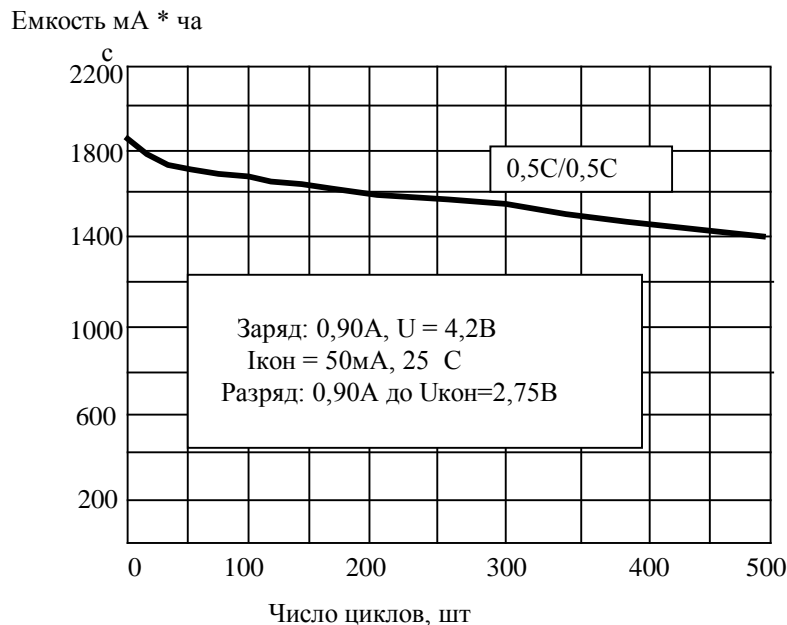


Рис.2.15

В заключение мы кратко рассмотрим три группы литиевых аккумуляторов с малым разрядным током, предназначенных, в основном, для ра-

боты в схемах поддержки памяти компьютеров, факсов, телефонов и других подобных аппаратов: литий-диоксидмарганцево-титановые MT (рабочее напряжение 1,5 В), литий-диоксидмарганцевые ML (рабочее напряжение 3 В) и литий-ванадиевые VL (рабочее напряжение 3 В). Они могут иметь различную конструкцию: просто низкие (плоские) цилиндры (к которым выпускаются, при необходимости, специальные держатели для горизонтального и вертикального расположения), низкие цилиндры с приваренными контактами различной формы и для различной установки в горизонтальном или вертикальном положении. Для серии MT предусмотрено около 500 циклов «разряд-заряд», для серий ML и VL -1000. Так как подобные аккумуляторы используются в сложных схемах поддержки памяти, то и составление таких схем и выбор типов аккумуляторов и контактных соединений для них - дело профессионалов.

2.4. Сравнительный анализ малогабаритных аккумуляторов

На рынке бытовой аппаратуры с большой энергоемкостью наиболее распространенными являются никель-кадмиевые (NiCd), никель-металлогидридные (NiMH) и литиевые аккумуляторы. Они выпускаются в форме цилиндров, дисков, а также в нестандартной форме. Дадим сравнительную оценку этих типов аккумуляторов, используя следующие параметры и характеристики.

Номинальное напряжение. Для NiCd и NiMH аккумуляторов номинальные напряжения одинаковы и равны примерно 1,2 В. Они практически постоянны в течение всего цикла разрядки и только в конце его резко снижаются. Нижняя граница разряда для этих аккумуляторов примерно равна одному вольту. У Liion аккумуляторов номинальное напряжение составляет 3,6 В и в процессе разряда уменьшается практически линейно, что является недостатком. Ниже определенного напряжения ($\approx 2,5$ В) эти аккумуляторы разряжать нежелательно. При этом у некоторых типов литиевых аккумуляторов в конце цикла разряда отмечается колебание напряжения, что во многих случаях заставляет подключать их к аппаратуре через стабилизирующие устройства.

Внутреннее сопротивление. Внутреннее сопротивление NiCd и NiMH аккумуляторов находится в пределах 0,01 – 0,1 Ом, а у литиевых аккумуляторов оно выше, но не превышает 1 Ома. Такие малые внутренние сопротивления NiCd и NiMH аккумуляторов позволяют получить большие постоянные и, что самое главное, импульсные токи без значительного снижения номинального напряжения.

Удельная плотность запасенной энергии. Этот параметр измеряется в (Вт·час)/кг и отвечает на вопрос какая масса аккумулятора способна обеспечить требуемое количество энергии. Типовое значение плотности энергии

для NiCd аккумуляторов составляет примерно 30 (Вт·час)/кг, для NiMH аккумуляторов – 50 (Вт·час)/кг, а для литиевых – 115 (Вт·час)/кг.

Саморазряд. Саморазряд запасенной энергии у NiCd и NiMH аккумуляторов относительно высокий. В течение одного месяца хранения он может достигать от 10 до 30 % от первоначальной емкости. У литиевых аккумуляторов саморазряд не превышает 1 % за тот же период. При этом саморазряд у всех аккумуляторов тем больше, чем выше температура окружающей среды. Следует отметить, что NiCd аккумуляторы способны работать в температурном диапазоне -20...+45°C, NiMH – в диапазоне -20...+60°C, а литиевые аккумуляторы нормально функционируют от 0 до +50°C. При этом на крайних пределах температуры емкость аккумуляторов значительно снижается.

Количество циклов перезарядки. Практическое количество циклов «заряд-разряд» в большой степени зависит от правильной эксплуатации. Современные NiCd аккумуляторы выдерживают до 500...1000 циклов, NiMH – до нескольких тысяч, а литиевые аккумуляторы – до 500 -1000 циклов.

Соотношение емкость/цена. По этому параметру NiCd аккумуляторы превосходят все остальные. В пересчете на единицу электрической емкости они почти вдвое дешевле NiMH аккумуляторов, которые в свою очередь почти в два раза дешевле литиевых аккумуляторов.

Эффект памяти. Эффект памяти состоит в тенденции аккумулятора приспосабливать свои электрические свойства к определенному рабочему циклу, по которому он использовался длительный период времени. Активные элементы аккумулятора имеют микрокристаллическую структуру. В процессе эксплуатации, особенно при неполном разряде, вновь заряжаемого аккумулятора, кристаллы активной массы вырастают в размерах – в 10, и даже в 100 раз, в результате чего уменьшается площадь контакта с электролитом и снижается емкость аккумулятора. В дополнение к этому, острые края кристаллов повреждают пластину сепаратора, разделяющую электроды, что приводит к микр замыканиям и увеличению тока саморазряда. При чрезмерном росте кристаллов изменения становятся необратимыми. Своевременно проведенные несколько циклов глубокого разряда/заряда («тренировка» аккумулятора) разрушают образовавшиеся крупные кристаллы и в значительной мере восстанавливают исходные параметры аккумулятора.

Проявление эффекта памяти возрастает по мере числа зарядно-разрядных циклов и при работе в условиях повышенной температуры. Этот эффект может быть «стёрт» полным разрядом и последующим полным зарядом, так что он имеет временный характер. Он не проявляет себя и в тех случаях, когда аккумулятор работает в режиме разряда-заряда нерегулярно, что характерно для многих применений. Наиболее подвержены эффекту памяти NiCd аккумуляторы, хотя сейчас уже выпускаются их специальные типы, лишенные этого недостатка. Этот эффект присущ и NiMH аккумуляторам, но в гораздо меньшей степени, а у литиевых аккумуляторов он вообще отсутст-

вует.

Надежность. Наиболее надежными пока являются NiCd аккумуляторы. Они обладают высокой устойчивостью к коротким замыканиям, а их хранение в разряженном состоянии не приводят к полной потере работоспособности. NiMH аккумуляторы склонны к отказам при больших разрядно-зарядных токах, а литиевых аккумуляторы очень плохо (вплоть до разрушения) переносят снижение напряжения ниже определенного уровня. Для уменьшения отказов разработчики NiMH аккумуляторов встраивают в их корпус термистор с положительным коэффициентом сопротивления, который ограничивает зарядный и разрядный ток при повышении температуры внутри аккумулятора. Некоторые изготовители литиевых аккумуляторов устанавливают на свои изделия индикаторы разряда, чтобы была возможность визуально оценить их состояние. Сравнительные характеристики аккумуляторов представлены в табл.2.1.

Таблица 2.1. Сравнительная характеристика аккумуляторов

Параметры	NiCd	NiMH	Li-ion	Li-Pol
Плотность энергии, Вт·ч/ кг	40-60	60-80	100	150-200
Внутреннее сопротивление при напряжении 3,6 В (мОм)	100-200	150-250	150-250	-
Номинальная емкость, С	>2	0,5-1,0	<1	0,2
Саморазряд за месяц, %	20	30	10	-
Напряжение на элемент, В	1,25	1,25	3,6	2,7
Число рабочих циклов заряда/разряда (уменьшение емкости до 80 %)	1500	500	500- 1000	100-150
Диапазон рабочих температур, °С	-40 ...+60	-20 ...+60	-20 ...+60	-

В последнее время появились разработки так называемых интеллектуальных аккумуляторов, которые оснащены встроенной электронной схемой.

Эта схема предоставляет информацию о рабочем состоянии аккумулятора: оставшейся емкости на данный момент времени и прогноз оставшегося времени работы, а также организует оптимальный режим заряда. Сравнительная таблица характеристик и областей применения аккумуляторов и аккумуляторных батарей приведены в табл.П.4.

2.5. Конструкция и типоразмеры малогабаритных аккумуляторов

Стандартные малогабаритные аккумуляторы изготавливаются в разных типах корпусов и с разными типоразмерам. Типоразмеры аккумуляторов представлены двумя группами форм: цилиндрические (и их комбинацией из высоких и низких цилиндров) и призматические (в виде параллелепипедов и их

комбинаций). Аккумуляторы бытового применения ориентировались на форму цилиндрических гальванических элементов и часто имеют такие же размеры как гальванические элементы, пример которых дан в табл.2.2.

Таблица 2.2. Государственные и фирменные стандарты на гальванические элементы

Размеры, ВхLхН, ØхН, мм	МЭК	ГОСТ	ANSI	NEDA	JIS	Durasell	Kodak	UCAR, Eveready	Varta
12x30	LR1	-	N, 120	910S,F,A	UM,SUM,AM5	MN9100	-	E90	...01
10x44	LR03	A-286	AAA, L30	24S,F,A	UM,SUM,AM4	MN2400	K3A	E92	...03
14x50	LR6	A-316	AA, L40	15S,F,A	UM,SUM,AM3	MN1500	KA	E91	...06
21x38	LR10	A-332	-	-	-	-	-	-	...10
21x52	2LR10	2A-332	-	-	-	-	-	-	...10
21x60	LR12	A-336	-	-	-	-	-	-	...12
62x22x67	3LR12	3A-336	-	-	-	MN1203	-	E80	...12
26x50	LR14	A-343	C, 170	14S,F,A	UM,SUM,AM2	MN1400	KC	E93	...14
34x62	LR20	A-373	D, 190	13S,F,A	UM,SUM,AM1	MN1300	KD	E95	...20
8x41	LR61	-	-	-	-	-	-	-	-
26x18x49	6LR61	-	-	-	-	MN1604	K9V	6LR61	-
26x18x49	6LF61	6PLF22	-	-	6AM6, S-OO6P	-	6LR61	522	...22
26x18x49	6F22	«Лист»	-	-	OO6P	-	-	-	...22
25x50	6F24	6F24	-	1600	-	-	-	-	-

В основе государственных и фирменных стандартов на элементы обычно лежат рекомендации Международной электротехнической комиссии, которая входит в Международную организацию по стандартизации (ISO). Во многих странах рекомендации МЭК повторяются в государственных стандартах. Но в ряде стран, например, США, ФРГ и Японии, отличия имеются как в государственных, так фирменных стандартах. Дело в том, что кроме обозначений в соответствии с рекомендациями МЭК (IEC), на элементах и батареях могут быть обозначения по отечественным ГОСТ, американским стандартам ANSI и NEDA, японскому стандарту JIS, фирменные и торговые обозначения.

Составные элементы, наиболее характерных аббревиатур аккумуляторов, по нормам МЭК, которые часто используются и как часть фирменных обозначений, следующие:

Никель-кадмиевые аккумуляторы

- цилиндрические – KR (отечественные НК), диаметр/высота (мм, округленно);
- низкие цилиндры – KB (отечественные Д), диаметр/ высота (0,1мм, округленно);
- призматические – KF, толщина/емкость (шифр/мА·час).

Никель-металлогидридные аккумуляторы

- цилиндрические – HR, диаметр/высота (мм,округленно);

- низкие цилиндры – НВ, диаметр/высота (0,1 мм, (округленно);
- призматические – НР, емкость/высота (мА·час/шифр).

Литиевые аккумуляторы

- цилиндрические – ICR, диаметр (00,мм)/высота(000; 0,1мм, округленно);
- призматические – ICP, толщина (00; 0,1мм) / ширина (00; мм) / длина (00;мм);
- литий – титановые – МТ, литий – марганцевые МЛ, литий – ванадиевые VL, диаметр (0,мм, округленно)/ высота (0,1мм, округленно).

Дополнительным обозначением для режимов работы являются:

L – длительный режим разряда, М – средний, Н – короткий.

Для определения конструкции дополнительных ленточных выводов используются аббревиатуры: CF – без выводов, НН – выводы на крышке и вдоль корпуса, НВ – выводы на крышке и дне корпуса.

Например, для никель–кадмиевого аккумулятора (типа цилиндр): KR15/51M. Возможен и другой вариант обозначения, где вместо цифрового размера указывается буквенные (например, для этого же аккумулятора –

KR-AA). Так как количество типоразмеров аккумуляторов намного превышает базовые размеры (относительно гальванических элементов), то буквенное обозначение дополняется дробью, что характеризует размер (высота) данного аккумулятора относительно базового (например: KR-1/3AA, KR-4/5AA, KR-7/5AA).

Многие фирмы, производящие аккумуляторы, используют свои обозначения. Например, аккумуляторы фирмы GP обозначаются и расшифровываются следующим образом [1]:

Модель GP30AAK

GP – фирменный символ;

30 – емкость в десятках мА·ч (300 мА·ч);

AA – типоразмер;

K – особенности зарядно-разрядных характеристик.

Фирма Panasonic обозначает аккумуляторы например как P-80AAS/FT:

P – фирменный символ;

80 – емкость в десятках мА·ч (800мА·ч);

AA – типоразмер;

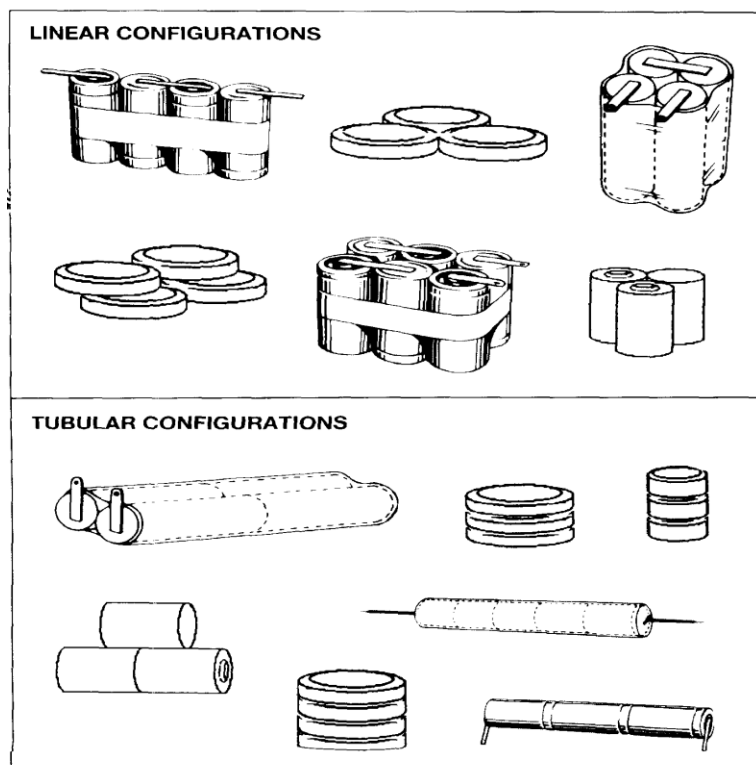
S – серия (одна или две буквы);

FT- особенности зарядных – разрядных характеристик.

Ряд современной электронной аппаратуры требует более высокого значения напряжения, чем напряжение единичного аккумулятора. Увеличение напряжения достигается последовательным соединением аккумуляторов в батареи. Первоначально батарею аккумуляторов составляли по 2,3,4 и более единичных аккумуляторов в виде кассет с пружинными контактами. Затем для аккумуляторных сборок из высоких или низких цилиндров или призм стали применять термоусаживаемую пленку (для общей фиксации) и надеж-

ную сварку из ленточных проводников для соединений.

На рис.2.16 представлены конструкции отдельных аккумуляторов и аккумуляторных батарей, образованных из цилиндрических и дисковых элементов.



ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица П.1 Характеристики никель-кадмиевых аккумуляторов и батарей Цилиндрические и призматические

Тип	Размеры, мм	Вес, г	Емкость, мА·час	Соответствие	Стандартный заряд*		Напряжение, В	Ток разряда, мА	
					I, мА	U _{МАКС} , В		Мин.	Макс.
Бытовая серия									
GP60AAKC	14,5x50	20	600	AA	60	1,5	1,2	30	1800
GP 70AAKC	14,5x50	22	700	AA	70	1,5	1,2	35	2100
GP 80AAKC	14,5x50	22	800	AA	80	1,5	1,2	40	2400
GP 85AAKC	14,5x50	25	850	AA	85	1,5	1,2	42	2550
GP 95AAKC	14,5x50	25	950	AA	95	1,5	1,2	47	2850
GP 25AAKC	10,5x44,5	10	250	AAA	25	1,5	1,2	12	750
GP 18NKC	12x29	8	180	N	18	1,5	1,2	9	540
GP 160CK	26,2x50	40	1600	C	160	1,5	1,2	320	4800
GP 160DK	34,2x61,5	50	1800	D	160	1,5	1,2	320	4800
GP 450DKC	33x61,5	125	4500	D	450	1,5	1,2	450	13500
GP 12F7K	17,5x26,5x48,5	36	120	9B	12	9,0	7,2	1	60
GP 12F8K	17,5x26,5x48,5	42	120	9B	12	10,5	8,4	1	60
GP 15F7K	17,5x26,5x48,5	40	150	9B	15	9	7,2	1,5	7,5
GP 15F8K	17,5x26,5x48,5	42	150	9B	15	10,5	8,4	1,5	7,5
GP 4S	6,1x17x48	15	450	-	45	1,5	1,2	40	400
GP 6S	6,1x17x67	21	650	-	65	1,5	1,2	65	650
GP 6K	8,3x17x48	21	650	-	65	1,5	1,2	65	650
Промышленная серия									
GP13AAK	14,5x16,6	6	134	1/3 AA	13	1,5	1,2	6	390
GP 18AAK	14,5x16,6	7	180	1/3 AA	18	1,5	1,2	9	540
GP 30AAK	14,5x28,7	11	300	2/3 AA	30	1,5	1,2	15	900
GP 40AAK	14,5x28,7	12	400	2/3 AA	40	1,5	1,2	20	1200
GP 60AAKL	14,5x49,2	20	600	AA	60	1,5	1,2	30	1800
GP 60AAS	14,5x48,2	19	600	AA	60	1,5	1,2	30	1800
GP70AAK	14,5x49,2	22	700	AA	70	1,5	1,2	35	2100
GP 70AAS	14,5x48,2	21	700	AA	70	1,5	1,2	35	2100
GP 72AAS	14,5x42,5	19	720	AA	72	1,5	1,2	36	2160
GP 80AAK	14,5x49,2	22	800	AA	80	1,5	1,2	40	2400
GP 80AAS	14,4x48,2	21	800	AA	80	1,5	1,2	40	2400
GP 95AAK	14,5x49,2	25	950	AA	95	1,5	1,2	47	2850
GP 95AAS	14,4x48,2	24	950	AA	95	1,5	1,2	47	2850
GP 120AAK	14,5x64,8	31	1200	7/5 AA	120	1,5	1,2	60	3600
GP 25AAAK	10,5x44,5	10	250	AAA	25	1,5	1,2	12	750
GP 18NK	12x30	8	180	N	18	1,5	1,2	9	540
GP 23NK	12x30	8,5	230	N	23	1,5	1,2	12	690
GP 25AFK	17x16,3	10	250	1/3 AF	25	1,5	1,2	14	750

GP 55AFK	17x28,2	16	550	2/3 AF	55	1,5	1,2	23	1650
GP 75AFK	17x28,2	17	750	2/3 AF	75	1,5	1,2	38	2250
GP 130AFK	17x42,5	30	1300	4/5 AF	130	1,5	1,2	65	3900
GP 140AFK	17x49,7	33	1400	AF	140	1,5	1,2	70	4200
GP 160AFK	17x49,7	35	1600	AF	160	1,5	1,2	80	4800
GP 190AFS	17,2x67,5	44	1900	7/5 AF	190	1,5	1,2	100	5700
GP 200AFK	17,5x67,5	43	2000	7/5 AF	200	1,5	1,2	100	6000
GP 130SCK	23x42,6	39	1300	Sub-C	130	1,5	1,2	65	3900
GP 160SCK	23x42,6	43,5	1600	Sub-C	160	1,5	1,2	80	4800
GP 200SCK	23x42,6	44,8	2000	Sub-C	200	1,5	1,2	100	6000
GP 450DKN	33x61,5	145	4500	D	450	1,5	1,2	450	13500
GP 450DKT	34,2x61,5	125	4500	D	450	1,5	1,2	450	13500
GP 4S	6,1x17x48	15	450	-	45	1,5	1,2	40	400
GP 6S	6,1x17x67	21	650	-	65	1,5	1,2	65	650
GP 6K	8,3x17x48	21	650	-	65	1,5	1,2	65	650
GP 12F7K	17,5x26,5x48,5	36	120	9B	12	9	7,2	1,2	60
GP 2F8K	17,5x26,5x48,5	42	120	9B	12	10,5	8,4	1,2	60
GP 5F7K	17,5x26,5x48,5	36	150	9B	15	9	7,2	1,5	75
GP 15F8K	17,5x26,5x48,5	42	150	9B	15	10,5	8,4	1,5	75

Низкоцилиндрические

Тип.	Размеры, мм	Вес, г	Емкость, мА·час	Соответствие	Стандартный заряд**		Напряжение, В	Ток разряда, мА	
					I, мА	U _{МАКС} , В		Мин.	Макс.
GP 30BNK	11,5x5,3	1,74	30	-	3	1,5	1,2	0,3	30
GP 60BVK	15,4x6,3	3,58	60	-	6	1,5	1,2	0,6	60
GP 170BVK	25x6,3	10,15	170	-	17	1,5	1,2	1,7	170
GP 280BVK	25x8,6	13,54	280	-	28	1,5	1,2	2,8	280
GP 35BVT*	11,5x5,3	5,3	35	-	3,5	1,5	1,2	0,3	35
GP 70BVT*	15,4x6,3	6,3	70	-	7	1,5	1,2	0,7	70
GP 190BVT	25x6,3	6,3	190	-	19	1,5	1,2	1,9	190
GP 280BVT	25x8,6	8,6	280	-	28	1,5	1,2	2,8	280

Таблица П.2. Характеристики никель-металлогидридных аккумуляторов

Цилиндрические и призматические

Тип	Размеры, мм	Вес, г	Емкость, мА·час	Соответствие	Стандартный заряд*		Напряжение, В	Ток разряда, мА	
					I, мА	U _{МАКС} , В		Мин.	Макс.
Бытовая серия									
HR 15/51 (Искра 1200)		25	1200		120		1,2		2400
HR 15/51		26	1300		130		1,2		2600

(Искра 1300)									
HR 15/51 (Искра 1500)		26,5	1500		150		1,2		3000
GP60AAHC	14,5x50	16	600	AA	60	1,5	1,2	30	1800
GP 130AAHC	14,5x50	26	1300	AA	130	1,5	1,2	65	3900
GP 150AAH	14,5x50	27	1500	AA	150	1,5	1,2	75	4500
GP 50AAAHC	10,5x44,5	12	500	AAA	50	1,5	1,2	25	1550
GP 220CH	26,2x50	45	2200	C	220	1,5	1,2	110	6600
GP 220DH	34,6x61,5	55	2200	D	220	1,5	1,2	110	6600
GP 15F7H	17,5x26,5x48,5	39	150	9B	15	9	7,2	15	300
GP 15F8H	17,5x26,5x48,5	42	150	9B	15	10,5	8,4	15	300
Промышленная серия									
GP 28AAAM	10,25x29	9	280	2/3 AAA	28	1,5	1,2	28	840
GP 55AAAH	10,5x44,7	12,5	550	AAA	55	1,5	1,2	55	1650
GP 65AAAH	10,5x48	14	650	AAA	65	1,5	1,2	65	1950
GP 80AAAH	10,5x66,2	17	800	7/5 AAA	80	1,5	1,2	80	2400
GP 30AAH	14,5x28,7	10	300	2/3 AA	30	1,5	1,2	30	900
GP 60AAAH	14,5x28,7	13	600	4/5 AA	60	1,5	1,2	60	1800
GP 121AAAM	14,4x42,5	22	1210	AA	121	1,5	1,2	121	3630
GP 60AAM	14,4x47,9	15	600	AA	60	1,5	1,2	60	1800
GP 130 AAH	14,5x49,2	26	1300	AA	130	1,5	1,2	130	3900
GP 130AAM	14,4x48,2	25	1300	AA	130	1,5	1,2	130	3900
HГМ - 20	-	500	20000	-	4000	-	1,2	-	40000
HГМ - 100	135x32x	2500	100000	-	20000	-	1,2	-	200000
HГМ - 200	137x45x230	4500	200000	-	40000	-	1,2	-	400000
GP 150AAH	14,5x49,2	27	1500	AA	150	1,5	1,2	150	4500
GP 60AFH	17x22	14	600	1/2 AF	60	1,5	1,2	60	1800
GP 100AFH	17x28,7	19	1000	2/3 AF	100	1,5	1,2	100	3000
GP 181AFH	17x43	32	1810	4/5 AF	181	1,5	1,2	181	5430
GP 210AFH	17x52,2	38	2100	AF	210	1,5	1,2	210	6300
GP 300AFH	17,5x66,7	51	3000	7/5 AF	300	1,5	1,2	300	9000
GP 360AFH	17,5x66,7	53	3600	7/5 AF	360	1,5	1,2	360	10500
GP 80LAH	18,3x21,5	17	800	18210	80	1,5	1,2	80	2400
GP 400LAH	18,3x64,9	62	400	18650	400	1,5	1,2	400	12000
GP 160SCH	23x42,6	44	1600	Sub-C	160	1,5	1,2	160	4800
GP 220SCH	23x42,6	47	2200	Sub-c	220	1,5	1,2	220	6600
GP 3M	6,1x17x30,2	9, 4	300	-	30	1,5	1,2	30	300
GP 4H	8,3x17x30,2	10	400	-	40	1,5	1,2	40	400
GP 6M	6,1x17x48	15	600	-	60	1,5	1,2	60	600
GP 8M	6,1x17x67	24	850	-	85	1,5	1,2	85	850
GP 8H	8,3x17x48	21	850	-	85	1,5	1,2	85	850
GP 15F7H	17,5x26,5x48,5	39	150	-	15	9	7,2	15	300
GP 15F8H	17,5x26,5x48,5	42	150	-	15	10,5	8,4	15	300

Низкоцилиндрические

Тип аккумулятора	Размеры, мм	Вес, г	Емкость, мА·час	Соответствие	Стандартный заряд*		Напряжение, В	Ток разряда, мА	
					I, мА	U _{МАКС} , В		Мин.	Макс.
НМГД-0,03	17,0x2,2	3	30	-	3	1,47-1,5	1,2	6	-
НМГД-0,09	15,7x6,6	5	90	-	9	1,47-1,5	1,2	18	-
НМГД-0,13	25,2x4	8,5	130	-	13	1,47-1,5	1,2	26	-
НМГД-0,18	20,0x6,6	7,7	180	-	18	1,47-1,5	1,2	36	-
НМГД-04	25,2x9,2	15	400	-	40	1,47-1,5	1,2	80	-
НМГД-0,5	25,2x9,2	23	500	-	50	1,47-1,5	1,2	100	-
НМГД-0,8	34,6x9,8	31	800	-	80	1,47-1,5	1,2	160	-
НМГД-1,1	34,6x9,8	36	1100	-	110	1,47-1,5	1,2	220	-
GP 35BVH	11,5x5,4	1,83	35	-	3,5	1,5	1,2	0,35	17,5
GP 70BVH	15,4x6,3	3,7	70	-	7	1,5	1,2	0,7	70

* Продолжительность заряда, при указанных значениях, составляет 14 часов.

Таблица П.3 Характеристики литий-ионных аккумуляторов и батарей

Модель	Емкость, мА·час	Масса, г	Габариты, мм	Примечания
Элементы 3,7 В				
CGP-30486	630	23	29,8x47,5x6,4	Призма
CGP-345010	1400	42	34x49,8x10,3	Призма
CGP-E/102AE	1300	45	34,4x55,8x11,2	Тип J
CGP-E/103AE	1300	45	39,3x50,9x11,2	Тип K
Батареи 7,2 В				
CGP-A/2	710	70	38,2x57x19,7	Диск
CGP-B/2	1250	90	38,2x70,4x20,4	Диск
CGP-B/218AE	1300	80	36,2x68,1x20,4	Тип А
CGP-B/220AE	1300	80	36,5x68,2x18,4	Тип В
CGP-B/219AE	1300	80	36,5x68,2x18,4	Тип С
CGP-A/218AE	780	52	34,4x54,4x17	Тип D
CGP-A/218AE	780	52	34,4x57,4x17,6	Тип E

Таблица П.4. Сравнительные характеристики аккумуляторов

Параметры	АККУМУЛЯТОРЫ			АККУМУЛЯТОРНЫЕ СБОРКИ			
Тип	Никель-кадмиевые	Никель-металлогидридные	Литий-ионн	Для радиотеле-фонов	<i>Для видео-камер</i>	Для компьюте-ров	Для сотовых телефонов
Номинальное напряжение, В	1,2	1,2	3,0...4,3	2,4...6	3,6...9,6	4,8...12	3,6...7,2
Материал положительного электрода	Гидрозакись никеля (NiOOH)	Гидрозакись никеля (NiOOH)	Диоксид марганца (MnO ₂)	Никель-кадмиевые или никель-металлогидрид-ные аккумулято-ры	Никель-кадмиевые или никель-металлогид-ридные аккумуляторы	Никель-кадмиевые или никель-металлогид-ридные аккумуляторы	Никель-металлогид-ридные или литий-илнные аккумуляторы
Электролит	Гидроксид калия (KOH)	Гидроксид калия (KOH)	Органический				
Материал отрицательного электрода	Кадмий (Cd)	Водородо-поглощающий сплав	Цинк (Zn)				
Материал корпуса	Сталь	Сталь	Сталь	Пластик, термоусадочная пленка	Пластик	Пластик	Пластик
Особенности	Срок службы 500...1000цикл. Широкий температурный диапазон. Малый саморазряд	Высокая номинальная емкость. Отсутствие ртути и кадмия	Высокое напряжение. Низкий саморазряд	Сборки аккумуляторов для питания радио-телефонов	Сборки аккумуляторов для питания видеокамер	Сборки аккумуляторов для питания компьютеров	Сборки аккумуляторов для питания сотовых теле-фонов
Области применения	Магнитофны, плееры, радио-приемники, калькуляторы, диктофоны и пр.	Магнитофоны, плееры, сотовые и радиотелефоны, портативные приборы и пр.	Радиотеле-фоны, пейджеры и пр.	Радиотелефоны	Видеокамеры	Компьютеры	Сотовые телефоны

Учебное издание

Ремнев Анатолий Михайлович, Смердов Вячеслав Юрьевич

Малогабаритные аккумуляторы для радиоэлектронной аппаратуры
(справочные материалы)

Методическое пособие по курсам
«Системы бесперебойного электропитания» и
«Ключевые источники электропитания»

Технический редактор Л.И. Криволапова

Темплан издания СФМЭИ 2002г., учеб.
Подписано в печать
Формат бумаги 60x84 ¹/₁₆. Тираж 50 экз. Усл. печ.л.

Издательский сектор СФ МЭИ
214013, г. Смоленск, Энергетический проезд,1