

1. Гальванические элементы
2. Аккумуляторы
3. Солнечные батареи

### 1. Гальванические элементы

В гальванических элементах во время их работы происходит движение ионов и оседание на электродах элемента, выделившегося из электролита вещества.

Простейшим гальваническим элементом является медно-цинковый. В стеклянный сосуд, наполненный раствором серой кислоты в воде, погружены медная и цинковая пластины, которые представляют собой положительный и отрицательный полюсы элемента. При замыкании цепи элемента каким-либо проводником внутри этого элемента будет протекать ток от цинковой отрицательной пластины к медной положительной, а во внешней цепи — от медной к цинковой. Под действием тока внутри элемента положительные ионы водорода движутся по направлению тока, отрицательные ионы кислотного остатка — в противоположном направлении. Соприкасаясь с медной пластиной, положительные ионы водорода отдают ей свои заряды, а водород в виде пузырьков газа скапливается на ее поверхности. В то же время отрицательные ионы остатка серной кислоты отдают свои заряды цинковой пластине. Таким образом происходит непрерывный заряд пластин элемента, поддерживающий разность потенциалов (напряжение) на его зажимах.

Выделение водорода на медной пластине элемента ослабляет его действие — поляризует элемент. Явление поляризации состоит в том, что скопляющийся на положительном электроде водород создает в совокупности с металлом электродом дополнительную разность потенциалов, называемую электродвижущей силой поляризации, которая направлена противоположно электродвижущей силе элемента. Кроме того, пузырьки водорода, покрывающие часть медной пластины,

уменьшают ее действующую поверхность, а это увеличивает внутреннее сопротивление элемента.

Поляризация в рассмотренном элементе настолько значительна, что делает его непригодным для практических целей. Для устранения поляризации в состав элемента вводят поглотитель, носящий название деполяризатора, который предназначен для поглощения водорода и препятствия скоплению его на положительном полюсе элемента. Деполяризаторами могут служить химические препараты, богатые кислородом или хлором.

Электродвижущая сила гальванического элемента зависит от химических и физических свойств веществ, его составляющих, и не зависит ни от формы и размеров элемента, ни от его внутреннего устройства. Но внутреннее устройство и размеры отдельных частей элемента имеют большое влияние на его внутреннее сопротивление, так как оно зависит от расстояния между полюсами (при уменьшении этого расстояния внутреннее сопротивление элемента уменьшается), от размера погруженной в жидкость поверхности полюсов (при увеличении этой поверхности внутреннее сопротивление уменьшается), от химического состава жидкости элемента. Внутреннее сопротивление гальванических элементов не является постоянным и по мере работы элемента оно постепенно возрастает.

В зависимости от способа деполяризации гальванические элементы могут быть подразделены на два типа: элементы, в которых в качестве деполяризатора применяют раствор какой-либо соли, например медно-цинковые, и элементы, в которых анод окружен перекисью марганца, например угольно-цинковые. Гальванические элементы указанных двух типов широко применяют в электротехнике.

Электродвижущая сила медно-цинкового элемента равна 1,1 В, а внутреннее сопротивление в зависимости от времени работы — 5—10 Ом.

В угольно-цинковом элементе положительным полюсом служит угольная пластина, а отрицательным — цинковый стержень. Деполяризатором в этом элементе является спрессованная под большим давлением смесь, называемая агломератом. Она состоит из перекиси марганца и графита. В качестве электролита в угольно-цинковом элементе применяют водный раствор хлористого аммония. Электродвижущая сила угольно-цинкового элемента 1,4—1,5 В в начале разряда при среднем значении 0,9—1,1 В, а внутреннее сопротивление в зависимости от конструкции элемента — 0,25—0,7 Ом в начале разряда и 1,4—5 Ом — в конце.

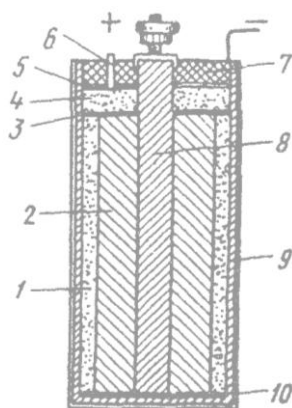


Рис. 2.11. Сухой гальванический элемент

Угольно-цинковые элементы выпускает отечественная промышленность в виде так называемых сухих элементов стаканчикового и галетного типов, весьма удобных для переноски и перевозки.

В сухих элементах стаканчикового типа (рис. 2.11) положительный полюс 8 с агломератом 2 помещают внутри цинковой коробки 9, которая служит отрицательным полюсом элемента. Пространство между стенками цинковой коробки и агломератом заполняют пастой 1, состоящей из раствора хлористого аммония и картофельной муки. Над агломератом укладывают картонную прокладку 3, на которую насы-

пают прослойку 4 из опилок, сверху опилки закрывают прокладкой 5. Затем элемент заливают смолой 7, в которую вставляют трубку 6. Назначение этой трубки — удалять образующиеся внутри элемента газы.

На выходящий из смолы угольный электрод насаживают медный колпачок с винтом и гайкой для присоединения проводника. К верхней части цинковой коробки (отрицательному полюсу) припаивают изолированный гибкий проводник. На дно коробки укладывают изолирующую прокладку 10.

В галетном элементе отрицательным электродом является цинковая пластина, положительным — спрессованный в виде галеты порошок диоксида марганца с углем. Между электродами помещают картонную пластинку, пропитанную раствором нашатырного спирта. Наружная поверхность цинковой пластины покрыта слоем канифоли с частицами графита для электропроводности. В качестве изоляции используют хлорвиниловые пленки. Галетные элементы компактны, и их активные материалы (уголь и особенно цинк) используются лучше, чем в стаканчиковых элементах.

## 2. Аккумуляторы

Аккумулятором называется прибор, обладающий способностью накапливать и сохранять в течение некоторого времени электрическую энергию в результате химических процессов.

В аккумуляторе, как и в гальваническом элементе, электрический ток является следствием химических процессов. Но в отличие от аккумулятора в гальваническом элементе получающиеся химические соединения не могут быть вторично разложены и приведены в первоначальное состояние током постороннего источника. Поэтому гальванические элементы называются первичными, а аккумуляторы — вторичными, или обратными. Повторные заряд и разряд не только не вредят аккумулятору, но даже улучшают его свойства, так как в работе участвуют все более глубокие слои пластин электродов.

В зависимости от состава электролита и материала пластин аккумуляторы могут быть кислотными и щелочными.

Простейший кислотный аккумулятор состоит из двух свинцовых пластин (электродов), погруженных в электролит, которым служит вода с небольшим добавлением серной кислоты. Постоянный ток постороннего источника, проходя через электролит, разлагает его на составные части. Внутри электролита возникает движение положительных ионов водорода к пластине, соединенной с отрицательным зажимом источника тока, и отрицательных ионов кислорода — к пластине, соединенной с положительным зажимом источника тока. В результате электролиза окисляется свинец на положительном электроде и образуется губчатый свинец на отрицательном электроде. Таким образом электрическая энергия преобразовывается в химическую и аккумулятор становится заряженным. Химическая энергия может сохраняться определенное время и при надобности легко переходит в электрическую.

Если аккумулятор отключить от источника тока и замкнуть на какой-либо приемник энергии, то аккумулятор сам станет источником тока подобно гальваническому элементу, у которого электродами служат пластины, отличающиеся друг от друга по химическому составу.

Электролитам в кислотных аккумуляторах служит раствор серной кислоты определенной плотности. Плотностью раствора называется число, показывающее, во сколько раз масса этого раствора больше массы воды того же объема.

Для наполнения стационарных аккумуляторов употребляют раствор серной кислоты плотностью 1,21 при 15°C, для переносных аккумуляторов применяют раствор серной кислоты плотностью 1,26.

Плотность электролита определяют ареометром. Он представляет собой стеклянную трубку, запаянную с обеих концов и имеющую внутри шкалу с делениями. В нижней расширенной части ареометра находится ртуть или дробь, в результате чего трубка плавает вертикально. Ареометр опу-

кают в сосуд с электролитом. Чем больше плотность электролита, тем выше поднимается ареометр из жидкости. Деление ареометра, совпадающее с уровнем раствора, показывает плотность электролита.

При составлении раствора для аккумуляторов *серную кислоту тонкой струей наливают в воду. Нельзя вливать в серную кислоту воду*, так как произойдет бурное разбрызгивание кислоты, которая может причинить ожоги. Вода для электролита должна быть дистиллированной.

Внутреннее сопротивление аккумуляторов очень мало по сравнению с внутренним сопротивлением гальванических элементов. Это дает возможность считать напряжение на зажимах аккумуляторной батареи примерно равным ее ЭДС. Однако внутреннее сопротивление не является постоянной величиной. Оно определяется составом пластин, расстоянием между ними, плотностью и температурой электролита, степенью заряженностью аккумулятора. Так, сопротивление разряженного аккумулятора примерно в полтора-два раза больше, чем заряженного.

Электродвижущая сила аккумулятора зависит от плотности электролита и не зависит от его размеров и номинальной емкости. При плотностях электролита  $d$  в пределах 1,1—1,35 ЭДС аккумулятора  $E = 0,85 + d$ .

В процессе заряда и разряда аккумулятора плотность электролита не остается постоянной, в связи с этим изменяется как его ЭДС, так и напряжение на его зажимах (рис. 2.12).

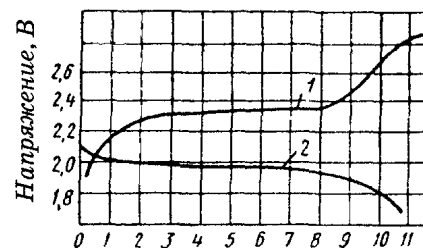


Рис 2.12. График изменения напряжения кислотного аккумулятора: 1 — при заряде; 2 — при разряде

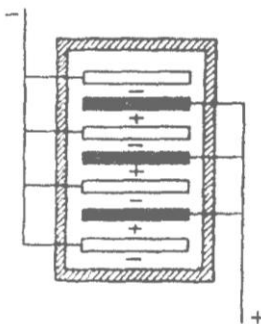


Рис. 2.13. Схема соединения пластин кислотного аккумулятора

При заряде аккумулятора увеличивается плотность электролита, вследствие чего напряжение на зажимах аккумулятора повышается (кривая 1). При разряде кислотного аккумулятора напряжение на его зажимах быстро падает до 1,85—1,8 В и после этого быстро уменьшается до нуля (кривая 2). Понижение напряжения при заряде аккумулятора объясняется тем, что при разряде плотность его электролита уменьшается. Когда напряжение на аккумуляторе достигает значения 1,8 В (при кратковременном разряде 1,75 В), это значит, что вся запасенная в нем энергия израсходована (на обеих пластинах образуется сульфат свинца, являющийся плохим проводником тока). При дальнейшем разряде напряжение быстро уменьшается до нуля. Если аккумулятор отключить от нагрузки, то его напряжение вновь увеличится примерно до 2 В, так как электролит проникает в глубь пластин в поры активной массы. Однако при включении такого аккумулятора вновь на нагрузку напряжение на его зажимах опять быстро уменьшается до нуля.

Практически разряд доводят только до 1,8 В, так как при разряде ниже 1,8 В аккумулятор приходит в негодность — пластины его частично покрываются белым налетом крупнокристаллического сульфата свинца, который представляет собой настолько плохой проводник, что заряд аккумулятора до номинальной емкости становится невозможным. Это явление называется сульфатацией пластин аккумулятора.

Количество электричества, которое аккумулятор может отдать при разряде определенным током до низкого допустимого напряжения называется его емкостью. Она равна произведению разрядного тока в амперах на продолжительность времени разряда в часах и выражается в ампер-часах. Емкость аккумулятора зависит от количества активной массы, разрядного тока и температуры. Под номинальной емкостью понимают то количество электричества, которое отдает полностью заряженный аккумулятор при 10-часовом режиме разряда и температуре 25°C. Таким образом, аккумулятор отдает номинальную емкость, разряжаясь в течение 10 ч током, численно равным 0,1 значения его номинальной емкости. При увеличении разрядного тока емкость аккумулятора уменьшается, так как поверхность пластин покрывается сульфатом свинца и затрудняет доступ электролита к внутренним слоям активной массы. При понижении температуры увеличивается вязкость электролита, что также затрудняет его доступ к внутренним слоям активной массы и уменьшает емкость аккумулятора.

В отключенном состоянии заряженный аккумулятор теряет часть запасенной им емкости. Это явление носит название саморазряда. Саморазряд аккумулятора увеличивается с повышением температуры и плотности электролита.

Для увеличения емкости аккумулятора несколько одноименных пластин соединяют параллельно (рис. 2.13). Каждая группа положительных и отрицательных пластин работает как одна большая пластина, площадь которой равна сумме их площадей. Так как положительные пластины должны находиться между отрицательными, число отрицательных пластин всегда на одну больше числа положительных. При этом условии обе стороны положительных пластин вступают во взаимодействие с электролитом (при односторонней работе положительные пластины коробятся и при соприкосновении с отрицательными пластинами может произойти короткое замыкание).

Стационарные кислотные аккумуляторы изготавливают в стеклянных или керамических сосудах. Аккумуляторы больших емкостей имеют сосуды деревянные, выложенные внутри свинцом или кислотостойким изоляционным материалом. Кислотные аккумуляторы применяют на электротехнических установках стационарного типа и на автотранспорте. В качестве переносных аккумуляторов используют преимущественно щелочные аккумуляторы.

Сосуды щелочных аккумуляторов сваривают из тонкой листовой стали и с наружной стороны никелируют. В центре крышки сосуда имеется отверстие для заливки аккумуляторов электролитом.

Электродвижущая сила щелочных аккумуляторов зависит от состояния активной массы пластин. От температуры и плотности электролита ЭДС зависит незначительно и только при низких температурах, близких к нулю, она резко уменьшается. Напряжение в конце заряда аккумулятора равно 1,8 В, по окончании заряда — 1,5—1,55 В, ЭДС разряженного аккумулятора — 1,3 В.

Внутреннее сопротивление щелочного аккумулятора значительно больше внутреннего сопротивления кислотного.

Достоинством щелочных аккумуляторов является то, что за ними не требуется тщательного ухода, они не боятся сотрясений, могут длительно оставаться в разряженном состоянии, выносят короткие замыкания, которые для кислотных аккумуляторов представляют большую опасность. Саморазряд у щелочных аккумуляторов меньше, чем у кислотных.

Работу аккумулятора характеризуют его отдача по емкости и отдача по энергии.

Количество  $Q$ , полученное аккумулятором во время заряда, называется емкостью аккумулятора при заряде:  $Q = I_3 T$ , где  $I_3$  — ток при заряде, А;  $T$  — продолжительность заряда, ч.

Количество электричества  $q$ , отданное аккумулятором во время разряда, называется емкостью аккумулятора при разряде. Если обозначить разрядный ток  $I_p$ , а продолжи-

тельность разряда  $t$ , то емкость аккумулятора при разряде  $q = I_p t$ .

Отношение емкости при разряде к емкости при заряде называется отдачей аккумулятора по емкости  $\eta_1$  или по количеству электричества

$$\eta_1 = q/Q = I_p t / (I_3 T) \quad (2.15)$$

Среднее значение  $\eta_1$  для кислотных аккумуляторов — 0,85, а для щелочных — 0,65.

Если обозначить среднее значение напряжения аккумулятора при его заряде  $U_3$  и время заряда  $T$ , то при зарядном токе  $I_3$  электрическая энергия, или работа, затраченная на заряд аккумулятора,  $A_1 = U_3 I_3 T$  (Вт · ч).

Соответственно, электрическая энергия, полученная от разряда аккумулятора при среднем напряжении  $U_p$  и разрядом токе  $I_p$  в течение  $t$ , составит  $A_2 = U_p I_p t$ .

Отношение энергии, полученной от аккумулятора при его разряде, к энергии, затраченной на его заряд, называется отдачей аккумулятора по энергии  $\eta_2$ :

$$\eta_2 A_2 / A_1 = U_p I_p t / (U_3 I_3 T) \quad (2.16)$$

Среднее значение  $\eta_2$  для кислотных аккумуляторов — 0,65, а для щелочных — 0,45.

В зависимости от материала электродов щелочные аккумуляторы могут быть кадмиево-никелевые, железоникелевые, серебряно-цинковые, золотоцинковые и газовые.

Применение в массовом масштабе золотоцинковых аккумуляторов ограничивается их высокой стоимостью.

Газовые аккумуляторы отличаются легкостью и дешевизной, но технология их производства недостаточно разработана.

Наиболее широкое распространение получили кадмиево-никелевые и железоникелевые аккумуляторы, электролитом которых служит раствор едкого кали в воде, плотность электролита 1, 2. По своему устройству и электрическим данным аккумуляторы этих типов незначительно отличаются

друг от друга. Активную массу запрессовывают в брикеты (пакеты), а затем из брикетов собирают отдельные пластины. У железоникелевых аккумуляторов отрицательных пластин на одну больше, чем положительных. У кадмиево-никелевых аккумуляторов положительных пластин на одну больше, чем отрицательных. Один из полюсов аккумулятора соединяется с сосудом (железоникелевых — отрицательный, у кадмиево-никелевых — положительный полюс).

В кадмиево-никелевых аккумуляторах активная масса положительных пластин состоит из гидроксида никеля, который для лучшей проводимости смешивают с графитом. Активная масса отрицательных пластин представляет собой гидрат оксида кадмия и железа.

В железоникелевых аккумуляторах активной массой положительных пластин является гидрат закиси никеля, смешанный с графитом, а отрицательных пластин — специально приготовленный железный порошок.

Благодаря высоким эксплуатационным показателям за последние годы нашли широкое применение серебряно-цинковые аккумуляторы. Серебряно-цинковый аккумулятор представляет собой пластмассовый сосуд, в котором помещены положительные и отрицательные электроды, составленные из отдельных пластин. Отрицательные электроды, изготовленные из пластин оксида цинка, заключены в защитные пакеты из материала, который хорошо пропускает электролит, но задерживает металлические частицы. Положительные пластины изготовлены из серебра.

Электролитом серебряно-цинковых аккумуляторов служит водный раствор едкого кали. Для нормальной работы аккумулятора необходимо небольшое количество электролита, что позволяет использовать аккумулятор полусухим и эксплуатировать его в любом положении (вертикально и горизонтально). Трубка, которой закрывается сосуд, водонепроницаема и открывается только на время заряда. При заряде аккумуля-

мулятор должен находиться в вертикальном положении, ЭДС полностью заряженного аккумулятора равна 1,82—1,86 В, напряжение при разряде — примерно 1,5 В.

Достоинством серебряно-цинковых аккумуляторов является малое внутреннее сопротивление и малая масса.

Серебряно-цинковые аккумуляторы работают при температуре до  $-59^{\circ}\text{C}$ , т. е. до замерзания электролита. Верхний предел температуры  $+80^{\circ}\text{C}$ . Они переносят относительно большие перепады давления окружающей среды.

Для составления аккумуляторной батареи или батареи гальванических элементов несколько элементов соединяют последовательно, т. е. катод первого аккумулятора соединяют с анодом второго, катод второго — с анодом третьего и т.д. Получившиеся таким образом свободные электроды, а именно: анод первого элемента и катод последнего, являются соответственно положительным и отрицательным полюсами аккумуляторной батареи. При определении ЭДС аккумуляторной батареи из  $n$  аккумуляторов или гальванических элементов с ЭДС одного элемента  $E_0$  и внутренним сопротивлением  $R_0$  ЭДС батареи будет  $E = nE_0$  и внутреннее сопротивление  $R = nR_0$ .

Последовательное соединение элементов используется для увеличения напряжения. Чтобы получить при малом напряжении ток, применяют несколько их параллельно соединенных аккумуляторов или элементов. Для этого положительные и отрицательные полюсы всех элементов соединяют между собой отдельно и полученные общие положительный и отрицательный полюсы являются полюсами батареи. Если батарея состоит из  $m$  параллельно соединенных элементов, то ее ЭДС  $E = E_0$ , а внутреннее сопротивление  $R = R_0/m$ . Если  $n$  — число групп или элементов в группе, соединенных последовательно,  $m$  — число групп или элементов в группе, соединенных параллельно, то ЭДС батареи  $E = nE_0$ , а ее внутреннее сопротивление  $R = nR_0/m$ .

### 3. Солнечные батареи

**Солнечная батарея** — объединение фотоэлектрических преобразователей (фотоэлементов) — полупроводниковых устройств, прямо преобразующих солнечную энергию в постоянный электрический ток, в отличие от солнечных коллекторов, производящих нагрев материала-теплоносителя.

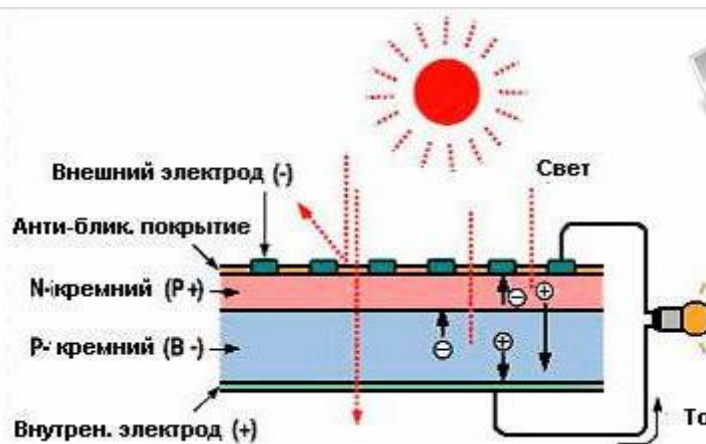
Различные устройства, позволяющие преобразовывать солнечное излучение в тепловую и электрическую энергию, являются объектом исследования гелиоэнергетики (от гелиос греч. Helios — Солнце).

Производство фотоэлектрических элементов и солнечных коллекторов развивается в разных направлениях. Солнечные батареи бывают различного размера: от встраиваемых в микрокалькуляторы до занимающих крыши автомобилей и зданий.

В 1842 году Александр Эдмон Беккерель открыл эффект преобразования света в электричество. Чарльз Фриттс начал использовать селен для превращения света в электричество. Первые прототипы солнечных батарей были созданы итальянским фотохимиком Джакомо Луиджи Чамичаном.

25 марта 1948 года, специалисты компании Bell Laboratories заявили о создании первых солнечных батарей на основе кремния для получения электрического тока.

преобразовывать энергию солнца в электричество. Попадая на кремниевые пластины, являющиеся составными частями солнечной батареи, кванты света вытесняют электроны с последних орбит каждого атома кремния. Таким образом, можно получить большое количество свободных электронов, которые и образуют электрический ток.



Устройство солнечной батареи

Альтернативный источник энергии представляет собой генератор, действующий на основе фотоэлектрического эффекта. Он позволяет

## 2-18. Химические источники питания

### а) Гальванические (первичные) элементы

Между электродом и электролитом, в который он погружен, всегда возникает некоторая разность потенциалов, зависящая от материала электрода и состава электролита.

Появление *электродного потенциала* объясняется тем, что вещество электрода под действием химических сил растворяется в электролите (например, цинк в растворе серной кислоты) и положительные ионы его переходят в элек-

тролит. Преобладание отрицательных зарядов на электроде и положительных в прилегающем к нему пограничном слое электролита вызывает появление двойного электрического слоя, а следовательно, и электрического поля на границе электрода. Электрические силы этого поля противодействуют переходу положительных ионов с электрода в раствор, уравнивая химические силы растворения электрода. Таким образом, возникает электродный потенциал.

Помещая в электролит два электрода из разных металлов, получим между ними также разность потенциалов (э. д. с.).

Следовательно, устройство, состоящее из двух разнородных электродов, помещенных в электролит, является источником э. д. с. — *гальваническим, или первичным элементом, в котором происходит необратимый процесс преобразования химической энергии в электрическую.*

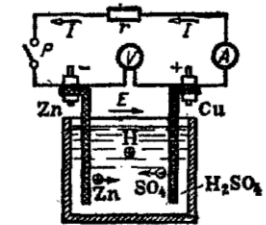


Рис. 2-12. Элемент Вольта и схема его включения.

Из многих типов элементов в качестве примера рассмотрим элемент Вольта (рис. 2-12). Он состоит из погруженных в водный раствор серной кислоты ( $H_2SO_4$ ), цинкового (Zn) и медного (Cu) электродов. Первый имеет отрицательный заряд (катод), второй — положительный (анод). Электродвижущая сила элемента около 1,1 В.

При нагрузке элемента, т. е. при прохождении по нему тока, отрицательные ионы  $SO_4$  и положительные ионы цинка Zn сближаются и, соединяясь, образуют молекулы цинкового купороса  $ZnSO_4$ . Одновременно положительные ионы водорода отнимают у анода электроны и превращаются в нейтральные атомы водорода. Атомы водорода, покрывая тонким слоем анод, вызывают увеличение внутреннего сопротивления элемента и уменьшение его э. д. с. Это явление называется *поляризацией*. Водородный слой у анода устраняют, применяя *деполяризаторы* — вещества, легко отдающие кислород (например, перекись марганца), который, соединяясь с водородом, образует воду.

Большое распространение получили сухие и наливные марганцево-цинковые элементы. По конструкции марганцево-цинковые элементы бывают стаканчиковые и галетные.

В элементе стаканчиковой конструкции цинковый электрод имеет форму стакана (рис. 2-13), внутри которого рас-



положен положительный электрод — угольный стержень. Угольный электрод окружен деполаризатором из дву-

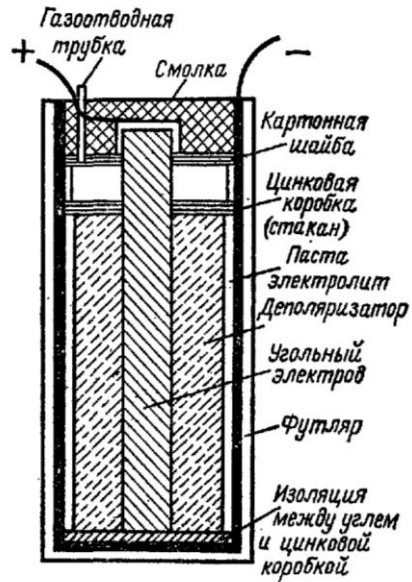


Рис. 2-13. Марганцево-цинковый элемент (МЦЭ) стаканчикového типа.

них батареи широко применяются в радиотехнике, аппаратуре проводной связи, для карманных фонарей, слуховых аппаратов и т. д.

### б) Аккумуляторы (вторичные элементы)

Гальванические элементы, у которых после их разряда возможен обратный процесс заряда, с преобразованием электрической энергии в химическую, называются аккумуляторами или вторичными элементами.

Наибольшее распространение получили аккумуляторы: свинцовые (кислотные) и кадмиево-никелевые, железо-никелевые и серебряно-цинковые (щелочные).

Свинцовый аккумулятор состоит из двух блоков — пластин (рис. 2-14), погруженных в электролит — 25—35%-ный водный раствор серной кислоты.

Положительные пластины из металлического свинца для увеличения поверхности соприкосновения с электролитом имеют ребристую поверхность или выполнены из свинцовых каркасов, заполненных активной массой (перекись свинца).

оки марганца, графита и сажи. Цинковый стакан заполняется электролитом — водным раствором хлористого аммония (нашатыря) с добавлением крахмала в качестве загустителя. Электродвижущая сила элемента  $E = 1,5$  В.

Номинальным разрядным током элемента называется наибольший длительный ток, допускаемый при его эксплуатации. Емкостью элемента называется количество электричества, выраженное в ампер-часах (А·ч), которое можно получить от элемента за весь период его работы. Как отдельные элементы, так и собранные из

Отрицательные пластины представляют собой свинцовые каркасы, заполненные активной массой в виде губчатого свинца. Пластины после изготовления подвергаются электролитической обработке — формировке.

При разряде, т. е. в режиме, когда заряженный аккумулятор замкнут на внешнюю цепь, проходит разрядный ток, аккумулятор работает в режиме источника. При этом активная масса положительной пластины, состоящая из перекиси свинца  $PbO_2$ , и активная масса отрицательной пластины — губчатый свинец  $Pb$  переходят в сернокислые соединения свинца  $PbSO_4$  с выделением воды. Это приводит к уменьшению концентрации электролита, его проводимости и э. д. с. аккумулятора. Напряжение (э. д. с.) аккумулятора с 2,2 В сначала быстро падает до 2 В, а затем медленно до 1,8 В, после чего необходимо прекратить разряд во избежание сульфатации пластин — образования на них нерастворимого сернокислого свинца.

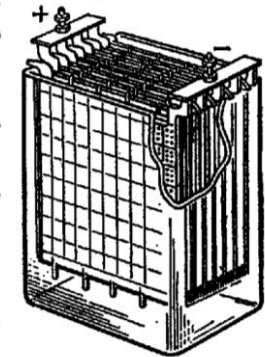


Рис. 2-14. Свинцовый аккумулятор.

При заряде аккумулятора через него проходит ток, имеющий направление, противоположное разрядному току, для чего зажимы источника, заряжающего аккумулятор, соединяются с одноименными зажимами аккумулятора.

При заряде аккумулятора происходит обратная химическая реакция и на электродах восстанавливаются перекись свинца и губчатый свинец. Напряжение сначала быстро увеличивается до 2,2 В, затем медленно до 2,3 В и, наконец, до 2,6—2,7 В, при котором следует прекращать заряд. При этом напряжении наблюдается интенсивное выделение водорода, пузырьки которого, поднимаясь на поверхность электролита, создают впечатление его кипения.

Внутреннее сопротивление свинцовых аккумуляторов мало, поэтому токи короткого замыкания недопустимо велики.

Емкость аккумулятора, так же как и первичного элемента, определяется в ампер-часах за время нормального разряда.

Коэффициентом отдачи аккумулятора называется отношение отданного им при разряде количества

электричества к полученному им при заряде, т. е.

$$\eta_0 = Q_p / Q_z. \quad (2-54)$$

Коэффициент отдачи свинцового аккумулятора 0,9—0,95.

Коэффициентом полезного действия аккумулятора называется отношение полученной от него при разряде энергии  $W_p$  к затраченной при заряде  $W_z$ , т. е.

$$\eta = W_p / W_z. \quad (2-55)$$

Коэффициент полезного действия свинцового аккумулятора 0,75—0,8.

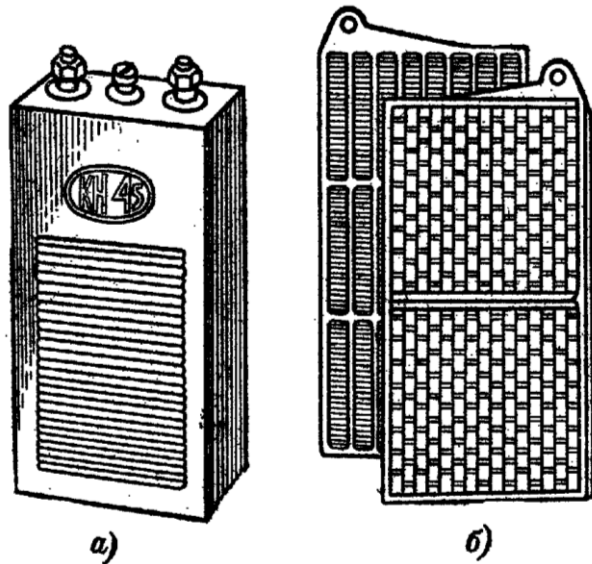


Рис. 2-15. Щелочный аккумулятор,  
а — общий вид; б — пластины.

Во избежание сульфатации аккумулятора необходимо содержать его в заряженном состоянии и периодически проверять уровень и плотность электролита, напряжение под нагрузкой, а при необходимости дозаряжать его.

Щелочные аккумуляторы получили такое название по их электролиту щелочи — 21%-ный водный раствор едкого кали (KOH) или едкого натра (NaOH). Они состоят из двух блоков пластин, расположенных в стальном сосуде с электролитом (рис. 2-15). Пластины — это стальные рамки с вставленными в них стальными коробочками, заполненными активной массой. Активная масса отрицательных пластин кадмиево-никелевых элементов со-

стоит из губчатого кадмия, а железо-никелевых — из губчатого железа. Активная масса положительных пластин у обоих аккумуляторов состоит из гидрата окиси никеля  $Ni(OH)_2$ .

При разряде гидрат окиси никеля переходит в гидрат закиси никеля, а губчатый кадмий (железо) — в гидрат его закиси. При заряде реакция идет в обратном направлении, и следовательно, происходит восстановление активной массы электродов. Концентрация электролита при разряде и заряде остается неизменной.

При разряде напряжение с 1,4 В сначала быстро уменьшается до 1,3 В, а затем медленно до 1,15 В, при котором необходимо прекращать разряд. При заряде напряжение с 1,15 В быстро увеличивается до 1,75 В, а затем после незначительного понижения медленно увеличивается до 1,85 В. Внутреннее сопротивление щелочных аккумуляторов больше, чем кислотных, поэтому они имеют более низкий к. п. д.  $\eta = 0,5 \div 0,6$  и меньшую чувствительность к коротким замыканиям. Щелочные аккумуляторы имеют большую механическую прочность, больший срок службы и меньшую требовательность к уходу по сравнению с кислотными аккумуляторами.

Серебряно-цинковый аккумулятор состоит из двух блоков пластин, расположенных в пластмассовом баке с электролитом. Электроды аккумулятора представляют собой пористые пластины — положительная из окиси серебра ( $Ag_2O$ ), а отрицательная из цинка (Zn). Электролит — водный раствор едкого кали (KOH) плотностью 1,4.

При разряде аккумулятора окись серебра переходит в металлическое серебро, а металлический цинк — в окись цинка. При заряде имеет место обратный процесс.

При заряде напряжение вначале почти неизменно (1,65 В), а затем быстро повышается примерно до 1,9 В и далее медленно до 2,1 В; при этом напряжении следует прекращать заряд. При разряде напряжение с 1,75 В медленно падает до 1,5 В и в конце разряда до 1,25—1 В; при этой величине разряд следует прекращать.

Из положительных свойств этих аккумуляторов необходимо отметить: 1) значительно большие емкость и мощность на единицу массы по сравнению с другими типами аккумуляторов; 2) стабильное напряжение при разряде (1,5 В) и возможность получения очень больших токов при кратковременных разрядах; 3) высокий к. п. д.  $\eta = 0,85$ .