

Н. Т. КОНОФЕЕВ

АВТОМОБИЛЬНЫЕ АККУМУЛЯТОРНЫЕ БАТАРЕИ

МОСКВА
ОРДЕНА «ЗНАК ПОЧЕТА» ИЗДАТЕЛЬСТВО ДОСААФ СССР
1979

Коновеев Н. Т.

К 64 Автомобильные аккумуляторные батареи. — М.: ДОСААФ, 1979. — 64 с., ил.

15 к.

В книге рассказывается об устройстве, принципе действия, эксплуатации и ремонте автомобильных аккумуляторных батарей. Книга рассчитана на широкий круг читателей (водителей, аккумуляторщиков, электриков и т. д.), занимающихся эксплуатацией автомобиля.

К 30309—126
072(02)—79 80—79 2904030000

6П2.10

© Издательство ДОСААФ СССР, 1979 г.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Электрический аккумулятор является вторичным химическим источником тока (гальваническим элементом), применяемым для получения электрической энергии, которая производится в нем за счет окислительных и восстановительных химических реакций.

Как и всякий химический источник тока, аккумулятор состоит из следующих основных частей: отрицательного электрода, положительного электрода, электролита, сосуда, в который налит электролит и помещены оба электрода.

Если в сосуд, наполненный электролитом, опустить на некотором расстоянии друг от друга два различных электрода, то в результате взаимодействия с ними слой электролита непосредственно на границах с каждым электродом приобретает электрический заряд соответствующего знака (положительный или отрицательный), а поверхности электродов приобретают заряды противоположных знаков. Заряды поверхности каждого электрода (электроны или положительные ионы) и ионов, образовавшихся в растворе, противоположны по знаку и, следовательно, притягиваются друг к другу, образуя с обеих сторон поверхности раздела так называемый двойной слой, подобно тому как это происходит на обкладках электрического конденсатора (рис. 1). Электрическая разность потенциалов между обоими слоями есть электродный потенциал (ϵ). Его величина зависит в основном от состава электролита и вещества, из которого сделан электрод. Поэтому потенциалы электродов, находящихся в одном электролите, но изготовленных из разных веществ, будут неодинаковы (ϵ_1 и ϵ_2). Если к этим электродам присоединить вольтметр, то он покажет разность потенциалов между ними, которая в ре-

альном элементе называется его электродвижущей силой ЭДС (E). Математически ЭДС можно выразить так:
 $E = e_1 - e_2$.

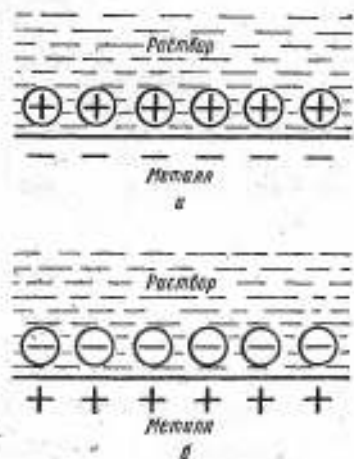


Рис. 1. Двойной слой на поверхности электрода

Если же соединить оба электрода проводником, то в нем потечет электрический ток. Источником электрической энергии при этом являются химические превращения, происходящие в тех местах, где электролит соприкасается с металлическими электродами. Во время работы элемента разность потенциалов между его полюсами изменяется и становится меньше, чем ЭДС. Эта разность потенциалов называется напряжением на клеммах (U).

Электродный процесс, способствующий переходу электрического тока из металла в раствор электролита или наоборот, — это химическая реакция, при которой образуются, нейтрализуются или изменяют свой заряд ионы. Сила электрического тока определяется количеством вещества, которое преобразуется в данной химической реакции за одну секунду. Сила тока, отнесенная к единице поверхности электрода, есть плотность тока. В реальном элементе этот процесс протекает, конечно, значительно сложнее.

В авиации, на кораблях, в ракетной технике, космических аппаратах, на танках, автомобилях, средствах

связи применяют самые различные виды аккумуляторов, но наибольшее распространение получили аккумуляторы, приведенные в табл. 1.

Таблица 1

Виды аккумуляторов	ЭДС элемента (E), В	Разрядное напряжение (U), В	Удельная энергия		Число циклов заряд-разряд (сроки службы)
			Вт · ч / кг	кДж / кг	
Кислотные (свинцовые)	2,0	1,9—1,8	10—30	35—110	200—500
Щелочные: кадмиево-никелевые и железоникелевые	1,4	1,25—1,0	20—35	70—125	1000—3000
серебряно-цинковые	1,5	1,4—1,3	100—120	360—430	20—100
серебряно-кадмиевые	1,1	1,08—0,9	60—70	215—250	50—100

На автомобилях находят применение два вида аккумуляторов: свинцово-кислотные и щелочные железоникелевые.

СВИНЦОВО-КИСЛОТНЫЙ АККУМУЛЯТОР

Простейший свинцово-кислотный аккумулятор (рис. 2) состоит из положительного электрода (катод) из двуокиси свинца PbO_2 и отрицательного электрода (анод) из губчатого свинца Pb , помещенных в сосуд с электролитом — 25—30-процентный водный раствор серной кислоты ($H_2SO_4 + H_2O$), что соответствует плотности электролита (ρ), равной 1,25—1,31 г/см³.

Объяснение процессов, протекающих в свинцово-кислотных аккумуляторах, наиболее достоверно может быть дано общепринятой теорией двойной сульфатации. Согласно этой теории при разряде на обоих электродах происходит образование одного и того же продукта — сульфата свинца $PbSO_4$ (отсюда и название теории), вследствие восстановления двуокиси свинца PbO_2 на положительном электроде и окисления губчатого свинца Pb на отрицательном. При этом количество серной кислоты в электролите уменьшается, а количество

воды — увеличивается и соответственно понижается плотность электролита. Процесс образования сульфата свинца прекращается, когда все активное вещество прореагирует (вся площадь обоих электродов будет покрыта сульфатом свинца). В результате ЭДС станет равна нулю. Во время заряда положительный электрод аккумулятора соединяют с положительным полюсом источника постоянного тока, а отрицательный электрод — с отрицательным.

При прохождении зарядного тока химические процессы проходят в обратном направлении: сульфат свинца ($PbSO_4$) положительного электрода превращается в двуокись свинца (PbO_2), сульфат свинца отрицательного электрода — в металлический свинец (Pb) в виде рыхлой губчатой массы, в электролите увеличивается количество серной кислоты и уменьшается количество воды, следовательно, повышается его плотность. Процесс продолжается до того момента, пока весь сульфат свинца не преобразуется на обоих электродах в активные вещества (PbO_2 и Pb). В результате ЭДС возрастет до максимальной величины.

Процессы, происходящие при разряде и заряде свинцово-кислотного аккумулятора, в общем виде представлены уравнениями, приведенными на рис. 2.

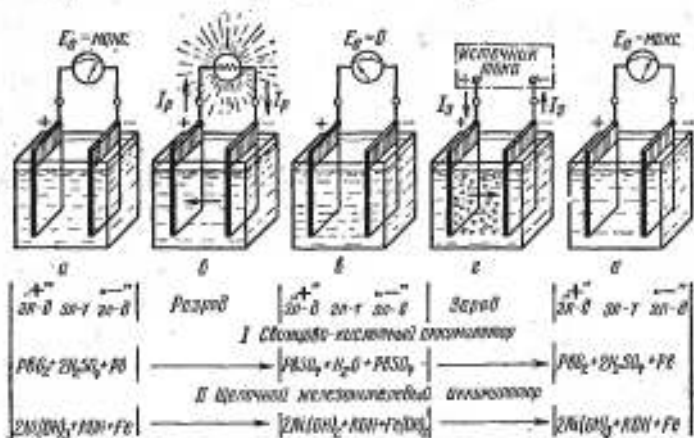


Рис. 2. Работа простейшего аккумулятора:

a — в конце заряда; б — при разряде; e — в конце разряда; e — при заряде; I и II — уравнения химических реакций

Поскольку в обоих случаях изменяется плотность электролита, то на практике по величине плотности судят о степени заряженности аккумулятора. Так, в период разряда уменьшение плотности электролита на $0,01 \text{ г/см}^3$ соответствует снижению емкости аккумулятора (отдаваемое аккумулятором количество электричества) на 6%.

Потенциалы электродов связаны с концентрацией электролита и для указанных выше величин его концентрации примерно равны: для отрицательного электрода $e_1 = -0,35 \text{ В}$, для положительного электрода $e_2 = +1,68 \text{ В}$.

Таким образом, ЭДС аккумулятора будет равна $E = 1,68 - (-0,35) = 2,03 \text{ В}$.

ЩЕЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗНИКЕЛЕВЫЙ АККУМУЛЯТОР

Простейший щелочной железоникелевый аккумулятор состоит из положительного электрода из гидрата окиси никеля Ni(OH)_2 и отрицательного электрода из железа Fe , помещенных в сосуд с электролитом — 24—28-процентный водный раствор едкого кали ($\text{KOH} + \text{H}_2\text{O}$), что соответствует плотности электролита, равной $1,23—1,27 \text{ г/см}^3$. Во время разряда щелочного железоникелевого аккумулятора на положительном электроде гидрат окиси никеля Ni(OH)_2 преобразуется в гидрат закиси никеля Ni(OH) , а на отрицательном — железо преобразуется в гидрат закиси железа Fe(OH)_2 . Когда проходит зарядный ток, процесс идет в обратном направлении.

Количество едкого кали в электролите в процессе работы аккумулятора не меняется. Электролит является как бы переносчиком частиц (OH) . При разряде частицы (OH) переносятся с положительного никелевого электрода на отрицательный железный электрод, а при заряде, наоборот, — с отрицательного на положительный. Уравнения, объясняющие происходящие при этом процессы, представлены также на рис. 2.

ЭДС щелочного железоникелевого аккумулятора имеет величину около $1,38 \text{ В}$.

Для того чтобы получить на автомобилях источник тока напряжением 6, 12 или 24 В, необходимый для питания стартера и других потребителей, аккумуляторы, соединяя последовательно, объединяют в батареи.

УСТРОЙСТВО АВТОМОБИЛЬНЫХ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

Аккумуляторная батарея, устанавливаемая на автомобиле, является вспомогательным источником электрической энергии и работает совместно с генератором автомобиля (основным источником электрической энергии). Она предназначена для питания стартера и приборов системы зажигания при пуске двигателя; питания потребителей электрической энергии при неработающем двигателе или при малой частоте вращения якоря генератора; питания совместно с генератором потребителей, потребляемый ток которых превышает допустимый ток генератора; поддержания постоянства напряжения сети при изменении частоты вращения якоря и нагрузки генератора.

Основным режимом работы автомобильных аккумуляторных батарей является стартерный режим разряда, когда батарея должна кратковременно обеспечить отдачу больших разрядных токов. Отсюда и их название — стартерные аккумуляторные батареи.

Исходя из основного требования обеспечения стартерного режима разряда и специфики работы на автомобиле аккумуляторные батареи должны удовлетворять следующим основным требованиям: иметь очень малое внутреннее сопротивление для получения больших стартерных токов при пуске двигателя внутреннего сгорания; выдерживать большой разрядный ток при сохранении достаточной емкости аккумуляторных батарей и без коробления их пластин; обладать максимальной удельной энергией, т. е. электроэнергией, снимаемой с единицы массы или объема; иметь достаточную механическую прочность сосудов, пластин и сепараторов; иметь большой срок службы и достаточную надежность при различных внешних условиях (температура, влажность и т. д.); быть изготовленными из недефицитных материалов; иметь невысокую стоимость и трудоемкость при обслуживании и ремонте.

Наименьшее внутреннее сопротивление из всех типов имеют свинцово-кислотные аккумуляторные батареи, которые и получили наиболее широкое применение как стартерные автомобильные батареи. Щелочные железоникелевые аккумуляторные батареи из-за повышенного внутреннего сопротивления, больших габаритов, более

высокой стоимости находят ограниченное применение. Однако в последние годы стали создаваться более совершенные конструкции щелочных железоникелевых аккумуляторных батарей, пригодных для использования на автомобилях, работающих в тяжелых условиях, так как эти батареи обладают большей механической прочностью и более длительным сроком службы. В этой книге уделено внимание только стартерным свинцово-кислотным аккумуляторным батареям.

Так как аккумуляторные батареи работают параллельно с генераторами на общую сеть, то их напряжение должно равняться напряжению системы автомобиля 6, 12 или 24 В. Для получения таких напряжений

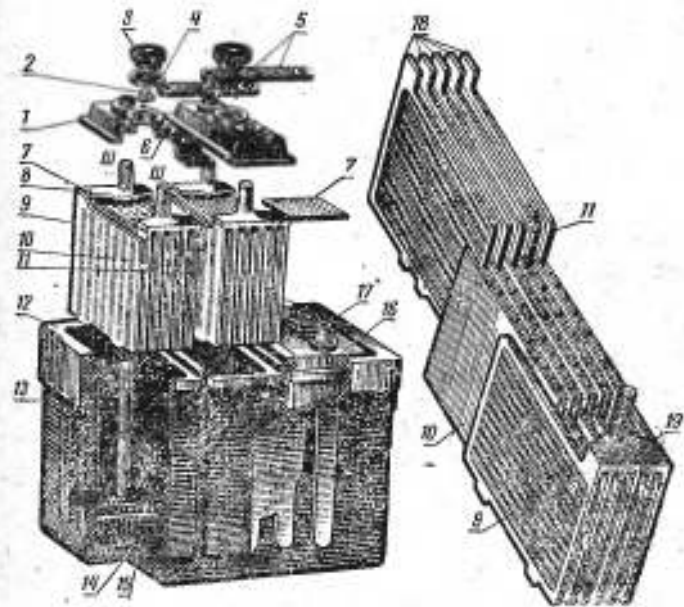


Рис. 3. Устройство свинцово-кислотной аккумуляторной батареи:
 1 — крышка из пластмассы; 2 — отражатель в пробке для задержки брызг электролита; 3 — вентиляционная пробка; 4 — прокладка; 5 — межэлементные соединения; 6 — свинцово-сурьмяные шулки в крышке; 7 — щиток для защиты сепараторов от поломок; 8 — баретка; 9 — отрицательная пластина; 10 — сепараторы; 11 — положительная пластина; 12 — пластмассовый моноблок; 13 — кислотоупорная лотка; 14 — опорные приемы; 15 — шламовое пространство; 16 — герметизирующий слой валяночной настилки; 17 — полусный вывод; 18 — полублок положительных пластин со снятой бареткой; 19 — полублок отрицательных пластин

свинцово-кислотные аккумуляторные батареи составляют соответственно из 3, 6 или 12 последовательно соединенных элементов.

Свинцово-кислотная аккумуляторная батарея (рис. 3) состоит из следующих основных частей: сосуда с ячейками для отдельных аккумуляторных элементов, который называется моноблоком; комплектов положительных и отрицательных пластин (полублоков) с выводами для присоединения потребителей; специальных изоляционных прокладок, называемых сепараторами, помещаемых между положительными и отрицательными пластинами; электролита.

Моноблок 12 представляет собой сосуд, разделенный перегородками по числу аккумуляторных элементов. Материалом для моноблока служит либо эбонит, либо пластмасса асфальтопечковая, либо термопласт. На дне каждой ячейки имеются четыре опорные призмы **14**. На две призмы опираются пластины положительного полублока, на две другие — пластины отрицательного полублока. Благодаря этому между дном ячейки и нижними кромками блока пластин образуется пространство **15**, предохраняющее пластины от замыкания шламом (активным веществом, осыпавшимся на дно ячейки).

Моноблоки должны обладать достаточно высокой механической прочностью, кислотостойкостью, а их ячейки должны быть герметичными. Для увеличения прочности и кислотостойкости моноблоки изготавливают с кислотоупорными вставками **13** из полихлорвиниловой пленки, запрессованными в асфальтопечковую массу. Сохранность же моноблока, а также и аккумуляторной батареи в целом в условиях эксплуатации зависит в большой степени от надежности крепления батареи на автомобиле.

Каждая ячейка моноблока закрывается крышкой **1**. В ней имеется центральное отверстие для заливки в ячейку электролита и контроля его уровня и два отверстия для выводных штырей с запрессованными свинцово-сурьмяными втулками **6**, обеспечивающими герметизацию. Заливочное отверстие закрывается вентиляционной пробкой **3** с отражателем **2**, предохраняющим электролит от выплескивания во время движения. Крышки изготавливают из эбонита, бакелита или фенолита, пробки — из полистирола, полиэтилена, фенолита и эбонита.

Каждая пробка имеет центральное вентиляционное отверстие, через которое свободно выходят газы, выделяющиеся при заряде аккумулятора. В некоторых конструкциях батарей применяют крышки с устройством для автоматического установления требуемого уровня электролита. Пробки у этих крышек без вентиляционных отверстий, которые выполняются в специальных штуцерах.

Электроды представляют собой пластины 9 и 11 в виде свинцово-сурьмяной решетки, ячейки которой заполнены активным веществом. Это вещество после электрической подготовки (формирования) приобретает пористую структуру, вследствие чего увеличивается активная поверхность пластин. Наличие пор позволяет увеличить поверхность соприкосновения активного вещества с электролитом в 1600—2500 раз по сравнению с видимой поверхностью пластин.

Решетка пластины удерживает активное вещество и обеспечивает равномерное распределение тока в нем по всей поверхности пластины и соответственно равномерные преобразования активного вещества, исключая коробление пластины. Внизу решетка имеет два выступа, которыми она опирается на опорные призмы 14. На решетку наносится паста, состоящая из свинцового порошка и свинцовых окислов, замешанных на водном растворе серной кислоты (для отрицательных и положительных пластин составы ее различны). Затем пластины подвергаются прокатке или прессовке для выравнивания поверхности, уплотнения пасты и улучшения ее контакта с решеткой, обработке в растворе углекислого аммония и сушке.

После сушки пластины проходят так называемое формирование: в ваннах с электролитом небольшой плотности пластинам дается несколько циклов заряда и разряда при нормированных значениях плотности тока и температуры. В результате паста превращается в высокопористое активное вещество — губчатый свинец на отрицательных пластинах и двуокись свинца на положительных. Цвет положительного активного вещества становится коричневым, отрицательного — серым. После формирования пластины промывают, сушат и затем они поступают на сборку.

Для уменьшения размеров и внутреннего сопротивления аккумуляторов пластины разной полярности стремятся установить как можно ближе друг к другу. Чтобы

выпадающие при работе частички активного вещества не образовали токопроводящих мостиков между пластинами разной полярности, их одну от другой изолируют сепараторами 10. Для сохранения электропроводности между пластинами сепараторы должны иметь достаточную пористость, а также обладать высокой химической стойкостью, достаточной механической прочностью и эластичностью и быть дешевыми.

Существуют два вида сепарации — одинарная и двойная. При одинарной сепараторы изготавливают из мипора или мипласта. При двойной — к мипору или мипласту добавляют стекловолокнистый сепаратор, устанавливаемый со стороны положительной пластины. Сепараторы делают в виде прямоугольных пластин несколько большего размера, чем электродные пластины, чтобы лучше предохранить последние от замыканий. Поверхность сепараторов со стороны отрицательной пластины — гладкая, а со стороны положительной — ребристая. Ребристая поверхность улучшает доступ электролита к положительной пластине, что особенно важно при работе аккумулятора в режиме стартерного разряда.

Двойная сепарация применяется в основном для предохранения от осыпания активного вещества положительных пластин в тяжелых условиях эксплуатации (тряска, вибрация и т. д.) и создания большого пространства для электролита около них. Но в то же время двойная сепарация повышает омическое сопротивление аккумуляторов. Качество сепараторов существенно влияет на работу аккумулятора и срок его службы.

Сборка аккумуляторных батарей представляет собой ряд последовательных операций, основными из которых являются: пайка полублоков пластин к мостику баретки, сборка блоков и установка их в ячейки моноблока, припайка межэлементных соединений, напайка полюсных выводов (клемм), герметизация и контроль.

Количество одноименных пластин, собираемых в полублоки, зависит от потребной емкости аккумуляторной батареи. Так как положительные пластины при неравномерной нагрузке склонны к короблению, вследствие значительного изменения объема их активного вещества при превращении PbO_2 в $PbSO_4$, отрицательных пластин берут на одну больше, чтобы каждая положительная пластина находилась между двумя отрицательными и разряжалась равномерно с обеих сторон.

Пластины одинаковой полярности припаивают к батарее 8, служащей для крепления пластин и вывода тока. Для обеспечения малых потерь напряжения батареи делают массивными. Пластины, соединенные сареткой, образуют полублок пластин 19. Затем положительные и отрицательные полублоки вставляют друг в друга. Между разноименными пластинами вставляют сепараторы. Собранные таким образом блоки пластин устанавливают в ячейки моноблока на призмы так, чтобы аккумуляторы соединялись между собой последовательно. Поверх блоков накладывают предохранительные щитки 7. Затем устанавливают крышки 1, выводные клеммы полублоков сплавляют с втулками 6 в крышке и с межэлементными соединениями 5. Создается единое герметичное соединение. На крайние выводные клеммы полублоков наплавляют полюсные выводы батарей, размеры которых (рис. 4) определены стандартом для ос-

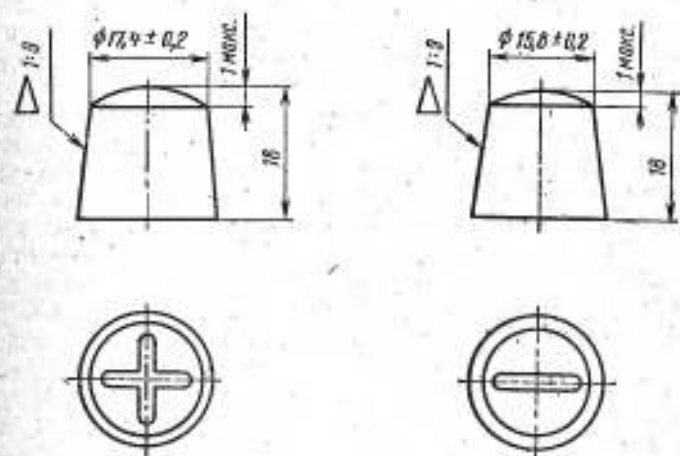


Рис. 4. Размеры полюсных выводов аккумуляторных батарей

новных типов автомобильных свинцово-стартерных аккумуляторных батарей и которые клеймятся соответствующим полюсным знаком. Для получения крепкого и герметичного соединения стыков крышек со стенками моноблоков применяют заливочную мастику, которая должна быть кислотостойкой, водонепроницаемой, тер-

мостойкой в пределах температур от $+60$ до -40°C , не должна отставать от стенок моноблока и давать разрывов и трещин.

Заливочная мастика позволяет легко разбирать батарею при ремонте. Ее можно использовать повторно. Однако применять для разогрева пламя нельзя, так как это приводит к выгоранию масла, вследствие чего мастика теряет свои свойства (трескается). После сборки батареи проверяют на герметичность и отсутствие коротких замыканий.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АВТОМОБИЛЬНЫХ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

Основными электрическими величинами, характеризующими работоспособность и техническое состояние свинцово-кислотной аккумуляторной батареи, являются: электродвижущая сила, напряжение, величина внутреннего сопротивления, емкость и саморазряд. Эти величины изменяются в зависимости от состояния аккумуляторов и режима использования батареи. Чтобы правильно определить техническое состояние батареи и своевременно обнаружить и устранить возникающие в ней неисправности, необходимо систематически наблюдать и анализировать отклонение этих величин.

Электродвижущая сила аккумулятора зависит от химических свойств активных веществ электродов и концентрации их ионов в электролите и не зависит от размеров электродов. На практике мы имеем дело с зависимостью ЭДС аккумулятора от концентрации электролита, т. е. от его плотности. Численно эта зависимость достаточно точно может быть выражена следующей формулой:

$$E_s = 0,84 + \rho,$$

где ρ — плотность электролита при температуре $+15^\circ\text{C}$.

Для свинцово-кислотных аккумуляторов, в которых плотность электролита при температуре $+15^\circ\text{C}$ колеблется в пределах $1,09$ — $1,31$ г/см³, ЭДС соответственно изменяется в пределах $1,93$ — $2,15$ В. Изменение ЭДС от температуры очень незначительно ($0,04$ В на 100°C), и с ним можно не считаться.

ЭДС аккумуляторной батареи, состоящей из нескольких последовательно соединенных аккумуляторов, равна $E_0 = nE_a$, где n — число аккумуляторов в батарее.

ЭДС достаточно точно можно измерить вольтметром, имеющим высокое внутреннее сопротивление (не менее 1000 Ом на 1 В).

Напряжением аккумулятора называется разность потенциалов положительных и отрицательных электродов при замкнутой внешней цепи, т. е. при прохождении через аккумулятор тока. В процессе заряда и разряда аккумуляторной батареи напряжение ее отличается от ЭДС на величину падения (потери) напряжения внутри аккумуляторной батареи.

Значения напряжения определяются по следующим формулам:

при заряде аккумуляторной батареи

$$U_z = E_0 + E_p + I_z r_0$$

при разряде аккумуляторной батареи

$$U_p = E_0 - E_p - I_p r_0$$

где U_z — напряжение батареи при заряде;

U_p — напряжение батареи при разряде;

I_z — сила тока при заряде;

I_p — сила тока при разряде;

E_p — ЭДС поляризации;

r_0 — внутреннее омическое сопротивление батареи.

Как видно из формул, внутреннее падение напряжения ($U_{\text{вн}} = E_p + I_0 r_0$) зависит от величины тока, протекающего через батарею, внутреннего омического сопротивления батареи и от изменения величины электродных потенциалов под действием протекающего тока, так называемого ЭДС поляризации.

Таким образом, полное сопротивление аккумуляторной батареи представляет собой в основном сумму омического сопротивления и сопротивления поляризации.

Омическое сопротивление складывается из сопротивления электродов, электролита, сепараторов, межэлементных соединений и полюсных выводов. Сопротивление же электродов зависит от их конструкции, геометрических размеров, пористости и состояния активного вещества, конструкции решетки, электрического контак-

та между решеткой и активным веществом. Сопротивления губчатого свинца и решетки отрицательных пластин мало отличаются друг от друга, а сопротивление перекиси свинца положительной пластины значительно их превышает (приблизительно в 10 000 раз).

По мере разряда свинцово-кислотной аккумуляторной батареи выделяющийся сульфат свинца, являясь плохим проводником, значительно повышает сопротивление пластин. В то же время, отлагаясь внутри пор, сульфат свинца уменьшает их сечение и затрудняет тем самым диффузию кислоты в поры. Все это приводит к двукратному и даже трехкратному повышению сопротивления аккумуляторной батареи в конце разряда. По мере заряда сопротивление батареи уменьшается и достигает первоначального значения.

Большое влияние на сопротивление батареи оказывает сопротивление электролита, которое существенно зависит от его температуры и концентрации. С понижением температуры сопротивление электролита увеличивается, достигая бесконечно большой величины при замерзании. Зависимость сопротивления электролита от концентрации следующая: минимальное сопротивление электролит имеет при плотности $\rho = 1,225 \text{ г/см}^3$ и температуре $+15^\circ\text{C}$; отклонение плотности в ту или другую сторону повышает его сопротивление. Сопротивление сепараторов зависит от их пористости и толщины.

На сопротивление поляризации влияет в основном величина тока, протекающего через аккумулятор. Поляризация возникает в основном благодаря следующим двум явлениям. Первое: при протекании тока изменяются величины зарядов на поверхности электродов и в электролите, т. е. в двойном электрическом слое, и соответственно меняются электродные потенциалы. Второе: при прохождении тока у электродов изменяется концентрация электролита, это также вызывает соответствующие изменения электродных потенциалов. В случае выключения тока оба эти явления исчезают и потенциалы электродов приобретают первоначальные значения.

По сравнению с другими типами аккумуляторных батарей свинцово-кислотные имеют сравнительно малое внутреннее сопротивление, обеспечивающее получение больших токов (до 500—2000 А) при кратковременных разрядах в период пуска двигателя. Это и определяет их

широкое применение в качестве стартерных батарей на автомобилях.

Емкостью аккумуляторной батареи называется количество электричества, отдаваемого батареей при разряде до конечного разрядного напряжения. Измеряется емкость в ампер-часах (А·ч) и при постоянстве разрядного тока определяется по формуле

$$C = I_p T,$$

где C — емкость;

I_p — разрядный ток;

T — время разряда.

Емкость аккумуляторной батареи при последовательном соединении аккумуляторов равна емкости одного аккумулятора. Она зависит от ряда факторов, основными из которых являются: количество вещества, участвующего в реакции, плотность электролита, температура аккумулятора, сила разрядного тока, характер нагрузки, величина саморазряда.

Количество активных веществ, участвующих в реакции при разряде, пропорционально количеству и размеру пластин и их пористости. В реальных аккумуляторах количество активных веществ значительно больше, чем теоретически необходимо для участия в реакции при определенной емкости аккумулятора. Это соотношение характеризуется коэффициентом использования активных веществ. В свинцово-кислотных аккумуляторах он не превышает 0,25—0,30. Уменьшение толщины пластин повышает его, но в то же время снижает срок службы таких аккумуляторов.

Плотность электролита, определяя потенциал пластин, сопротивление и вязкость электролита, влияет на его способность проникать в глубокие слои активного вещества пластин. Оптимальной величиной плотности электролита является 1,285 г/см³.

Выбор плотности электролита определяется необходимостью обеспечить нужное количество серной кислоты для протекания химических реакций, а также температурными условиями эксплуатации батарей. Батареи, работающие при низких температурах, имеют повышенную плотность электролита (1,31 г/см³), что обеспечивает номинальную скорость электрохимических реакций и значительно увеличивает долговечность батарей.

Температура электролита в значительной степени влияет на емкость аккумуляторной батареи: изменение температуры приводит к изменению вязкости электролита и, следовательно, скорости его диффузии. С понижением температуры диффузия электролита в поры пластин ухудшается и емкость батарей уменьшается. Номинальная емкость батарей определяется всегда при температуре $+25^{\circ}\text{C}$. А полученная емкость во время испытания может быть приведена к температуре $+25^{\circ}\text{C}$ по формуле:

$$C_{25} = \frac{C_t}{1 + 0,01(t - 25)},$$

где C_t — емкость, полученная во время испытаний;
 t — средняя температура между начальной и конечной температурами электролита при разряде;

0,01 — температурный коэффициент изменения емкости в интервале температур от 18 до 27°C .

С увеличением разрядного тока емкость аккумуляторной батареи уменьшается (рис. 5). Это и понятно: по мере разряда на поверхности активного вещества пластин отлагаются кристаллы сульфата свинца, вызывающие уменьшение проходных сечений пор и снижение ско-

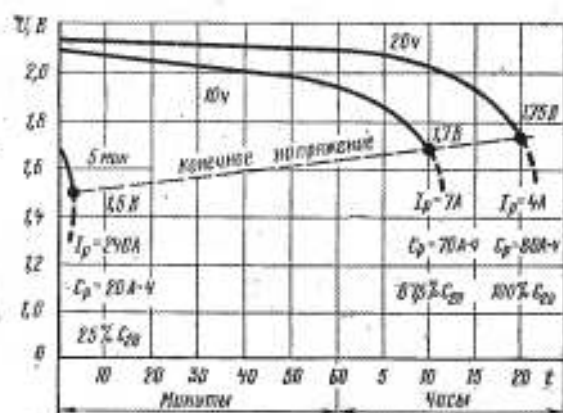


Рис. 5. Характеристики напряжений аккумулятора при разряде током различной силы

рости диффузии электролита в поры. С увеличением тока разряда интенсивность реакций на наружных поверхностях пластин возрастает, а внутри пор относительно уменьшается, так как быстрый расход серной кислоты в порах активного вещества не успевает пополниться за счет диффузии электролита. В результате образующийся на пластинках мелкокристаллический сульфат свинца закупоривает поры наружного слоя активного вещества, изолируя тем самым его внутренние слои от участия в реакции. Напряжение аккумулятора при разряде током большой силы быстро падает.

Номинальная емкость батарей по ГОСТ 959—71 определяется при 20-часовом режиме разряда. Разряд должен проводиться постоянным током $I_p = 0,05 C_{20} A$ при температуре электролита $+25^\circ C$ и должен прекращаться после достижения конечного напряжения на выводах 5,25 В у 6-вольтовой батареи и 10,5 В у 12-вольтовой. Разряд аккумуляторной батареи до нулевого значения напряжения не допускается, так как в случае глубокого разряда в активном веществе пластин возникают вредные явления, не исчезающие при последующем заряде. Именно поэтому для аккумуляторов установлены оптимальные значения конечных напряжений при разряде током различной силы (см. рис 5).

Если разряд вести с перерывами, то емкость аккумуляторной батареи окажется больше, так как перерыв позволяет кислоте продиффундировать в глубокие поры активного вещества пластин. Во время бездействия аккумуляторная батарея со временем теряет часть своей запасенной электрической энергии и соответственно уменьшается ее емкость, происходит так называемый саморазряд.

Саморазряд бывает естественный и ускоренный. Естественный саморазряд является следствием процессов, связанных в основном с появлением местных токов на поверхности электродов или между решеткой и активным веществом пластин.

Наиболее интенсивно естественному саморазряду подвергаются отрицательные электроды, где свинец, серная кислота и ионы водорода образуют гальванический элемент. В результате саморазряда металлический свинец переходит в сульфат свинца, а водород выделяется в виде пузырьков газа на отрицательных пластинах.

На положительных электродах двуокись свинца, сви-

нец решетки и серная кислота также образуют короткозамкнутый элемент, в результате двуокись свинца и свинец решетки превращаются в сульфат свинца.

Естественный саморазряд происходит и вследствие разности плотности электролита по высоте (особенно при хранении аккумуляторных батарей), причем нижняя часть электродов из-за большей плотности имеет более высокий потенциал, чем верхняя. В результате появляются уравнительные токи, разряжающие аккумуляторы.

В зависимости от срока службы аккумуляторной батареи среднесуточный естественный саморазряд ее при сроке хранения 30 суток составляет: 1 год — 0,2—0,3%; 2 года — 0,3—0,4%; 3 года — 0,45—0,55%; 4 года — 0,6—0,75%; 5 лет — 0,8—1,0%.

Саморазряд зависит от температуры электролита: чем она выше, тем саморазряд больше, и наоборот. Установлено, что при температурах ниже нуля саморазряд значительно уменьшается, подходя близко к нулю при -15°C . Это явление позволило упростить обслуживание аккумуляторных батарей в зимнее время. Для обеспечения постоянной готовности к действию рекомендуется хранить полностью заряженные аккумуляторные батареи с электролитом без заряда при температуре от 0 до -25°C . Можно их хранить и при температуре до -35°C , но тогда постоянная готовность к действию обеспечена не будет. Хранить аккумуляторные батареи при температуре ниже -35°C не рекомендуется, так как в этом случае может растрескаться мастика и нарушиться герметичность или замерзнуть электролит.

Ускоренный саморазряд возникает в случае нарушения правил эксплуатации или технологии производства аккумуляторных батарей. Попадание на электроды различных металлов или их соединений приводит к образованию на них местных гальванических пар, разряжающих батарею. Так, наличие в электролите 1% железа приводит к потере аккумуляторной батареи своей емкости за одни сутки. Сильно повышают саморазряд и различные утечки электроэнергии, например утечки по внешней загрязненной поверхности крышек.

Суточный саморазряд батарей в процентах определяют по формуле

$$S = \frac{C - C_1}{nC} \cdot 100\%.$$

где S — саморазряд;

C — начальная емкость батареи, равная среднему арифметическому емкостей, полученных при двух разрядах и приведенных к температуре $+25^\circ\text{C}$;

C_1 — емкость, полученная при испытании батареи после бездействия и приведенная к температуре $+25^\circ\text{C}$;

n — количество суток бездействия батареи.

Ориентировочно величину саморазряда можно определить по снижению плотности электролита.

Коэффициент отдачи аккумуляторной батареи характеризует свойства батареи отдавать при разряде количество электричества или энергию, соотнесенные к затраченному количеству электричества.

Различают коэффициент отдачи по количеству электричества (по емкости) η_e и коэффициент отдачи по количеству энергии η_p .

Для исправных свинцово-кислотных аккумуляторных батарей коэффициенты отдачи составляют: $\eta_e = 0,8—0,85$; $\eta_p = 0,68—0,70$.

ТИПЫ АВТОМОБИЛЬНЫХ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

Свинцово-кислотные аккумуляторные батареи выпускаются различных типов. Каждый из них характеризуется следующими параметрами: номинальным напряжением (6 или 12 В) или числом последовательно соединенных аккумуляторных элементов в батарее (3 и 6); назначением (стартерная для автомобилей и автобусов — СТ; стартерная для машин тяжелой службы — ТСТ, батарея этого типа имеет более толстые пластины, двойную сепарацию, несколько худшие разрядные характеристики, но зато большую долговечность); номинальной емкостью при 20-часовом режиме разряда.

Каждый тип батареи имеет условное обозначение, состоящее из цифр и букв, написанных в определенной последовательности. В соответствии с ГОСТ 959—71 аккумуляторные батареи маркируют следующим образом: первая цифра означает количество аккумуляторных элементов в батарее, последующие буквы — ее назначение (СТ или ТСТ), следующее за ними число — номи-

нальную емкость при 20-часовом разрядном режиме и последние две-три буквы означают соответственно материал моноблока и материалы сепараторов. Материалы моноблока обозначаются так: Э — эбонит, П — пластмасса асфальтопечковая, Т — термопласт. Обозначения материала сепараторов следующие: М — мипласт, Р — мипор, П — пластипор, С — стекловолокно, МС — мипласт в комбинации со стекловолокном, РС — мипор со стекловолокном.

Например, условное обозначение ЗСТ-80ПМ расшифровывается следующим образом: батарея стартерная с тремя последовательно соединенными аккумуляторными элементами, имеющая номинальное напряжение 6 В и номинальную емкость 80 А·ч при 20-часовом режиме разряда, выполненная в моноблоке из асфальтопечковой пластмассы с сепараторами из мипласта. Условное обозначение 6ТСТ-132ЭРС — батарея стартерная для машины тяжелой службы с шестью последовательно соединенными аккумуляторными элементами, с номинальным напряжением 12 В и номинальной емкостью 132 А·ч при 20-часовом разрядном режиме, выполненная в моноблоке из эбонита с двойной сепарацией, состоящей из мипора и стекловолокна.

Кроме того, на каждой батарее должны быть нанесены: товарный знак предприятия-изготовителя (рис. 6), дата выпуска (месяц и год) обозначение стандарта. Все надписи на батареях в основном наносятся на межэлементных соединениях.



Рис. 6. Товарные знаки аккумуляторных заводов:

1 — Подольского; 2 — Тюменского; 3 — Ленинградского; 4 — Саратовского; 5 — Курского; 6 — Свердловского; 7 — Комсомольского-на-Амуре

Основные данные наиболее распространенных типов автомобильных свинцово-кислотных стартерных батарей приведены в табл. 2.

Срок службы аккумуляторных батарей определяется обычно временем нахождения их в эксплуатации или числом циклов полного разряда и заряда. Срок службы

зависит от конструкции аккумуляторных батарей и от условий их эксплуатации. Несоблюдение правил эксплуатации, изложенных обычно в инструкциях, прилагаемых к каждой батарее, ведет всегда к сокращению срока службы батарей. И наоборот, при обеспечении хороших условий эксплуатации и правильного ухода срок службы аккумуляторных батарей значительно больше гарантийного.

Свинцово-кислотные аккумуляторные батареи считаются вышедшими из строя при снижении емкости до 40% от номинального значения или снижении емкости, определенной при температуре $25 \pm 2^\circ \text{C}$ и силе разрядного тока $I_p = 3 C_{20} \text{ A}$, до 50% от значения стартерного режима разряда.

Гарантийный срок службы автомобильных свинцово-кислотных аккумуляторных батарей согласно ГОСТ 959—71 должен соответствовать периодам нахождения в эксплуатации, указанным в табл. 2, или составлять не менее 200—250 циклов «заряд-разряд» в зависимости от исполнения.

Немаловажное значение для эффективности использования аккумуляторных батарей и срока службы имеет место их установки на автомобиле. Существуют следующие основные способы размещения аккумуляторных батарей на автомобилях: под капотом двигателя на специальных кронштейнах (подкапотная установка); в кабине; в специальных контейнерах на раме или подиожке (наружная установка).

Подкапотная установка аккумуляторной батареи имеет ряд положительных сторон. Средняя температура электролита в этом случае на $10—15^\circ$ выше, чем при наружной установке, что особенно важно зимой. Подкапотная установка сокращает длину проводов от батареи к стартеру, а следовательно, уменьшает падение напряжения в них, обеспечивает более свободный доступ к батарее, что упрощает ее обслуживание. Однако подкапотная установка в условиях летней эксплуатации приводит к перегреву аккумуляторных батарей и сокращению срока их службы. Кроме того, существует опасность попадания электролита на детали двигателя и на приборы, размещенные рядом, что приводит к их коррозии и разрушению. Этих нежелательных явлений можно избежать применением специальных устройств, обес-

Обозначение аккумуляторной батареи*	Номинальное напряжение, В	Сила тока разряда и емкость при режимах разряда				Масса батареи без электролита, кг
		испытательном (при 20-час.)		стартерном при $t = -18 \pm 1^\circ \text{C}$		
		А	А · ч	А	А · ч	
3СТ-65ЭМ (ЭР)	6	3,30	65	195	9,7	12
3СТ-80ПМ (ПМС)	6	4,00	80	240	12,0	15
3СТ-95ПМ (ПМС)	6	4,75	95	285	14,2	17,5
3СТ-110ПМ (ПМС)	6	5,50	110	330	16,5	19,5
3СТ-150ЭМ (ЭР)	6	7,5	150	450	22,5	24,0
6СТ-45ЭМ (ЭР)	12	2,25	45	135	6,6	16,0
6СТ-55ЭР (ЭМ)	12	2,75	55	255	12,7	17,5
6СТ-60ЭМ (ЭР)	12	3,00	60	180	9,0	19,5
6СТ-75ЭМС (ЭРС)	12	3,75	75	225	10,1	24,0
6СТ-90ЭМС (ЭРС)	12	4,5	90	270	12,2	28,0
6СТ-105ЭМС (ЭРС)	12	5,25	105	315	14,1	31,0
6СТ-115ЭМС (ЭРС)	12	5,75	115	345	15,5	36,0
6СТ-132ЭМС (ЭРС)	12	6,6	132	396	17,8	41,0
6СТ-182ЭМС (ЭРС)	12	9,1	182	546	24,6	55,5

* В скобках указаны варианты исполнения.

** Для варианта исполнения с двойной оберткой.

печивающих охлаждение батарей и предотвращающих перелив и разбрызгивание электролита. Таким образом, подкапотную установку аккумуляторных батарей следует считать более совершенной, создающей лучший тепловой режим и поэтому более перспективной.

Наружная установка зимой приводит к сильному охлаждению аккумуляторной батареи, а летом в южных районах — к ее перегреву. При размещении аккумуля-

Таблица 2

Объем электродов, дм ³	Количество пластин в элементе «+»/«-»	Гарантийный срок службы		Применение
		месяцы не менее	при пробеге, тыс. км	
2,2	4/5	18	<60	«Москвич-400» и его модификации ГАЗ-51, ГАЗ-63 и их модификации
2,8	5/6	18	<60	
3,3	6/7	24**	<75	ЗИЛ-164, ЗИЛ-157 и их модификации; КАЗ-600АВ, КАЗ-606А и их модификации
		24**	<75	
3,9	7/8	18	<60	«Урал-355»; ЗИЛ-155; ЗИЛ-158 и их модификации
		24**	<75	
4,8	9/10	18	<60	ЗИЛ-110 и его модификации «Москвич-402, 407, 408, 412, 423 и их модификации; ЗАЗ-965, ЗАЗ-966
3,0	3/4	18	<60	
3,8	6/7	18	<60	«Жигули» «Победа», ГАЗ-20, «Волга» ГАЗ-21, ГАЗ-24; ГАЗ-69; УАЗ-450, 451 и их модификации
3,8	4/5	18	<60	
6,0	5/6	24	<75	«Чайка» ГАЗ-13, ГАЗ-51, ГАЗ-52, ГАЗ-53, ГАЗ-66, ЗИЛ-111, КАЗ-606, УАЗ-469 и их модификации
		30***		
6,0	6/7	24	<75	ЗИЛ-130, ЗИЛ-131, КАЗ-600АВ, КАЗ-605 и их модификации
6,6	7/8	24	<75	«Урал-375» и его модификации
7,0	7/8	24	<75	МАЗ-200 и его модификации
8,0	8/9	24	<75	МАЗ-200, МАЗ-205, МАЗ-500, МАЗ-501, МАЗ-525, КраЗ-222 и их модификации
11,0	11/12	24	<75	МАЗ-500, МАЗ-516, МАЗ-525, КраЗ-256, КраЗ-257 и их модификации

*** Для батарей, которым в установленном порядке присвоен государственный Знак качества.

торной батарее в кабине она должна устанавливаться в отдельном отсеке или контейнере, которые исключили бы попадание в кабину паров кислоты. Отсек или контейнер должны иметь вентиляцию, исключающую скопление в них газов во взрывоопасных концентрациях.

Во всех случаях системы установки и крепления аккумуляторных батарей должны допускать вибрации батарей не более 1,5—2 g в диапазоне частот от 5 до

80 Гц, исключать возможность перемещения батареи по опорной площадке, допускать возможность проверки уровня, плотности и температуры электролита, долива дистиллированной воды или электролита, отсоединения стартерных проводов и межбатарейных перемычек.

Верхняя часть батареи должна быть защищена от пыли, грязи, топлива и масла, для чего над батареями может быть установлена крышка из электроизоляционного материала. Внутренняя поверхность контейнера или отсека должна быть окрашена кислотостойкой краской.

СОВМЕСТНАЯ РАБОТА АВТОМОБИЛЬНОЙ АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕИ С ГЕНЕРАТОРОМ

Оба источника тока — генератор и аккумуляторная батарея — соединены между собой параллельно: отрицательная щетка якоря генератора и отрицательная клемма аккумуляторной батареи соединены «на массу», а положительные щетка и клемма подключены к сети потребителей. Как уже говорилось, генераторы являются основными источниками электрической энергии для всех потребителей при работающем двигателе.

В случае совместной работы генератора с аккумуляторной батареей при малой частоте вращения якоря генератора и напряжении генератора U_r может стать меньше ЭДС батареи E_0 и тогда разрядный ток батареи начнет протекать через якорь генератора. Полная остановка якоря генератора приводит к тому, что разрядный ток может оказаться очень большим:

$$I_{0p} = \frac{E_0}{\Sigma R}$$

и может произойти не только быстрый разряд аккумуляторной батареи, но и повреждение генератора вследствие его перегрева. Чтобы этого не случилось, генератор должен быть включен в сеть только тогда, когда $U_r > E_0$, и должен автоматически отключаться от сети, когда через него начинает протекать разрядный ток аккумуляторной батареи (обратный ток). Эти функции выполняет специальный электромагнитный прибор, называемый обычно реле обратного тока (РОТ).

Для генераторов переменного тока реле обратного

тока не нужно, так как выпрямитель, включенный между генератором и аккумуляторной батареей, пропускает очень малый обратный ток, которым обычно пренебрегают.

Для создания нормальных условий работы потребителей электрической энергии и самого генератора применяют специальные регулирующие устройства, которые поддерживают напряжение на зажимах генератора в определенных, весьма узких пределах на всем рабочем диапазоне частоты вращения якоря при различных изменениях нагрузки генератора и ограничивают силу отдаваемого генератором тока. Эти функции выполняют соответственно регулятор напряжения (РН) и регуляторы (ограничители) тока нагрузки (ОТ). На автомобилях наиболее распространены вибрационные регуляторы. Они воздействуют на магнитную систему возбуждения генератора путем изменения силы тока возбуждения в зависимости от режима работы генератора.

Все эти приборы — реле обратного тока, регулятор напряжения и регулятор тока нагрузки — объединены в один агрегат, называемый реле-регулятором. Понятно, что пределы регулирования этих приборов значительно влияют на долговечность и условия правильной работы аккумуляторной батареи и различных потребителей электрической энергии.

Рассмотрим наиболее характерные случаи обеспечения электрической энергией потребителей автомобиля.

Включение стартера при пуске двигателя

В этом случае работа аккумуляторной батареи характеризуется интенсивным процессом разряда, зависящим от силы тока, потребляемого стартером при пуске двигателя. Вполне очевидно, что сила тока не является постоянной величиной и, в свою очередь, зависит от состояния двигателя, аккумуляторной батареи, стартерной цепи и температурных условий. Ее максимальные значения составляют для стартеров малой мощности 200—600 А, а для стартеров большой мощности — до 2000 А.

Аккумуляторная батарея при пуске двигателя в течение определенного времени отдает значительный ток, обеспечивающий прокручивание вала со скоростью, превышающей минимальную пусковую скорость. Кроме того,

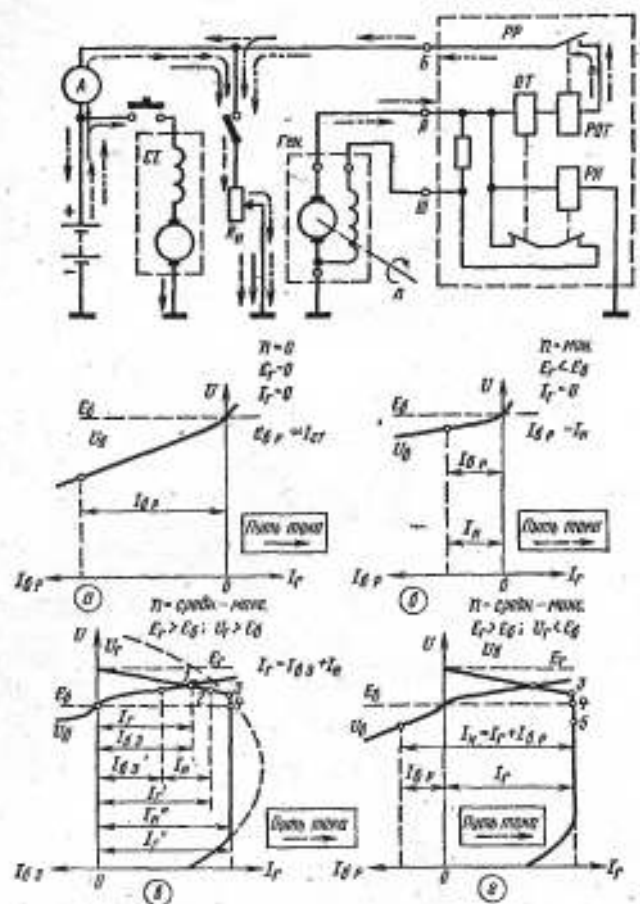


Рис. 7. Схема соединения и совместной работы аккумуляторной батареи и генератора постоянного тока, снабженного реле-регулятором, и диаграммы распределения нагрузок:

а — при включении стартера для запуска двигателя; б — при работе двигателя на холостом ходу; в — при работе генератора на средних и максимальных режимах и нагрузках, не превышающих номинальную; г — при работе генератора на средних и максимальных режимах и нагрузках, превышающих номинальную для генератора

она поддерживает (для карбюраторных двигателей) напряжение выше минимального значения напряжения в первичной цепи системы зажигания. Диаграмма распределения нагрузок в данном режиме показана на рис. 7, а. Возможности аккумуляторной батареи характеризуются вольт-амперной разрядной характеристикой, которая зависит от большого числа факторов, среди которых основными являются: номинальная емкость батареи, определяемая размерами пластин и их числом; температура электролита; степень разряженности батареи; время разряда батареи и его режим (прерывистый с оптимальным одноразовым временем разряда, прерывистый с длительным одноразовым временем разряда, непрерывный разряд); износ батареи.

Работа двигателя на малых частотах вращения коленчатого вала

ЭДС генератора E_r меньше ЭДС аккумуляторной батареи E_0 (рис. 7, б). В этом случае контакты реле обратного тока разомкнуты и генератор отключен от сети потребителей. Потребители питаются электрической энергией от аккумуляторной батареи, которая работает в режиме разряда при сравнительно небольшой силе разрядного тока. С увеличением частоты вращения якоря генератора n магнитный поток Φ_{OT} и сила притяжения сердечника увеличиваются и при $E_r > E_0$ контакты замыкаются, генератор включается в сеть потребителей.

С уменьшением частоты вращения якоря ЭДС генератора понижается, и когда она будет меньше ЭДС аккумуляторной батареи $E_r < E_0$, аккумуляторная батарея вновь становится единственным источником электрической энергии. В течение какого-то времени разрядный ток из аккумуляторной батареи будет поступать в генератор, одновременно проходя и через реле обратного тока. В результате магнитный поток и сила притяжения сердечника резко уменьшатся, и контакты Φ_{OT} разомкнутся. Для автомобильных генераторов величина обратного тока перед размыканием контактов Φ_{OT} достигает 0,5—6,0 А и действует в цепи кратковременно.

Таким образом, аккумуляторная батарея работает в переходный период при пуске и остановке двигателя, а также в период обеспечения потребителей электрической энергией при неработающем двигателе.

Работа двигателя на средних или больших частотах вращения коленчатого вала

(ток нагрузки не превышает предельного тока генератора).

Напряжение генератора U_r больше ЭДС аккумуляторной батареи E_6 (рис. 7, в). Генератор включен в сеть. Пренебрегая падением напряжения в соединительных проводах, при всех режимах работы для данного случая имеем, что напряжение на генераторе равно напряжению на аккумуляторной батарее: $U_r = U_6$.

Если нет включенных потребителей, рабочий режим по диаграмме (рис. 7, в) определяется точкой пересечения (точка 1) внешних характеристик аккумуляторной батареи и генератора с характеристикой реле-регулятора. В этом случае происходит заряд аккумуляторной батареи током $I_{6з}$ и ток генератора равен зарядному току батареи:

$$I_r = I_{6з} = \frac{U_r - E_6}{r_6}.$$

При включении нагрузки ток генератора увеличивается, а его напряжение в пределах регулирования (точка 2) несколько уменьшается. Генератор питает током и аккумуляторную батарею и нагрузку:

$$I_r' = I_{6з}' + I_n'$$

а зарядный ток батареи несколько уменьшается.

Дальнейшее увеличение нагрузки увеличивает токи нагрузки и генератора, причем последний может повышаться до тех пор, пока не достигнет значения, при котором вступает в действие реле-ограничитель тока ОТ (точка 3). Еще большее увеличение нагрузки приведет к увеличению тока нагрузки и уменьшению зарядного тока батареи, так как напряжение генератора будет уменьшаться, а отдаваемый генератором ток останется постоянным. Понижение напряжения генератора до ЭДС аккумуляторной батареи приводит к тому, что зарядный ток батареи будет равен нулю, а ток нагрузки станет равен току генератора (точка 4).

Рассмотренные режимы работы аккумуляторной батареи и генератора являются наиболее важными, так как только при них производится зарядка частично или

полностью разряженной батареи. Эти режимы являются определяющими и при выборе мощности генератора, расчете зарядного баланса и при определении регулировочных параметров реле-регулятора.

В процессе движения автомобиля полученное батареей во время зарядки количество электричества должно полностью компенсировать количество электричества, израсходованное для пуска двигателя, питания потребителей на малых частотах вращения коленчатого вала двигателя и при кратковременном включении потребителей большой мощности.

Продолжение работы двигателя на средних или больших частотах вращения коленчатого вала (ток нагрузки превышает предельный ток генератора).

Генератор остается включенным в сеть. Нагрузка увеличивается настолько, что превышает возможную отдачу генератора (рис. 7, г). Эта разность покрывается разрядным током аккумуляторной батареи. Напряжение снижается в соответствии с внешней характеристикой аккумуляторной батареи (точка 5). Периоды работы электрической системы автомобиля с током нагрузки, превышающим ток генератора, относительно непродолжительны, и использование аккумуляторной батареи в этом случае в качестве резерва, покрывающего кратковременные пики нагрузки, вполне оправдано.

Как видно из рассмотренных четырех случаев совместной работы аккумуляторной батареи и генератора, разряды аккумуляторной батареи чередуются с периодами подзаряда ее от автомобильного генератора. Наблюдения показывают, что в зависимости от условий движения автомобиля (состояние дороги, время года и суток и т. д.) продолжительность разряда батареи обычно колеблется от 4 до 27% от общего времени движения.

Как уже указывалось, значительное влияние на эффективность использования аккумуляторной батареи и ее состояние оказывают регулировочные параметры реле-регулятора. Одним из основных параметров системы электрооборудования являются пределы регулируемого напряжения, определяемые настройкой регулятора напряжения. Это напряжение — не что иное, как рабочее напряжение системы. К факторам, определяющим

выбор пределов регулируемого напряжения, относятся: поддержание аккумуляторной батареи в течение всего времени эксплуатации в заряженном состоянии (особенно важно для армейских автомобилей); обеспечение длительного срока службы аккумуляторной батареи; обеспечение работы всех потребителей электрической энергии при нормальном напряжении с целью сохранения их электрических характеристик и обеспечения требуемого срока службы.

Постоянное поддержание аккумуляторной батареи в состоянии полного заряда требует повышенных значений регулируемого напряжения, что в ряде режимов работы приводит к перезаряду батарей и к сокращению срока ее службы.

Время полного заряда аккумуляторной батареи зависит от начальной температуры электролита, температуры окружающей среды, величины регулируемого напряжения, регулировки ограничителя тока, тока нагрузки.

Существенно ухудшаются условия работы аккумуляторной батареи зимой. При низких температурах окружающей среды снижаются не только характеристики батарей в разрядных режимах, но и значительно снижается интенсивность ее подзаряда. Это приводит к нарушению баланса электроэнергии, недозарядам, а в условиях особо низких температур — к прогрессивным разрядам батарей. В результате наблюдаются частые отказы при пусках двигателей и преждевременный выход батарей из строя. Таким образом, зимой, когда расходуемая батареей энергия максимальная (работа приборов электрооборудования и подогревателей в предпусковой период, затрудненный пуск двигателя, увеличение времени езды со светом и т. д.), батарея подзарядается слабо.

Для повышения зарядного тока батарей при низкой температуре электролита необходимо поднять напряжение генератора, поддерживаемое регулятором напряжения. Однако это требование является приемлемым лишь для температур не ниже минус 18—20° С, а для более низких температур требуются значительные повышения напряжений, что недопустимо по условиям работы потребителей электроэнергии. В прямой зависимости от величины регулируемого напряжения находится срок службы аккумуляторной батареи. Он увеличивается.

если разряд батареи полностью компенсируется зарядом, но не происходит перезаряда. Если же поддерживаемое регулятором напряжение для данных температурных условий превышает необходимое, то возникает перезаряд, разрушающий аккумуляторные пластины, в результате быстро уменьшается фактическая емкость аккумуляторной батареи и сокращается срок ее службы.

Именно поэтому особенно важно при эксплуатации аккумуляторной батареи контролировать ее зарядный режим. Необходимо периодически проверять величину регулируемого напряжения и, в случае отклонения от нормы, производить подрегулировку.

Подрегулировку регулятора напряжения необходимо производить также при значительном перезаряде аккумуляторной батареи, характеризующимся резким снижением уровня электролита, и при недозаряде аккумуляторной батареи, характеризующимся ухудшением стартерных свойств.

Таблица 3

Климатический район	Время года	Номинальное напряжение, В	Напряжение при установке аккумуляторной батареи			
			наружной		подрапотной	
			поддерживаемое РН, В	исключение РОТ, В	поддерживаемое РН, В	исключение РОТ, В
Северные районы с резко континентальным климатом с температурой зимой ниже -40°C	Зима	12	14,5—15,5	12,5—13,0	14,2—15,0	12,5—13,0
	Лето	12	13,8—14,8	12,0—12,5	13,2—14,2	12,0—12,5
Центральные районы с температурой зимой выше -30°C	Круглый год	12	13,8—14,8	12,0—12,5	13,2—14,2	12,0—12,5
Южные районы	Круглый год	12	13,2—14,0	11,8—12,2	13,0—14,0	11,8—12,2

Во всех случаях максимальное значение регулируемого напряжения не должно превышать 15,5 В для электросети с номинальным напряжением 12 В.

Рекомендуемые значения напряжения (проверяются при температуре +20° С), поддерживаемого регулятором напряжения РН, и напряжения включения реле обратного тока РОТ в зависимости от способа размещения батареи приведены в табл. 3.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

В процессе эксплуатации необходимо строго выполнять все требования руководящих документов (заводские инструкции, руководства, Правила по эксплуатации и т. д.) по уходу, содержанию, эксплуатации и хранению аккумуляторных батарей. Как показывает практика, соблюдение этих требований позволяет предупредить появление ряда неисправностей и особенно трудноустраняемых (например, сульфатация) и тем самым обеспечить надежную работу батарей значительно дольше установленных сроков.

Свинцово-кислотные аккумуляторные батареи поступают потребителям в основном (за исключением батарей, установленных на автомобилях) в сухозаряженном исполнении. Значительное влияние на состояние, работоспособность и срок службы батарей оказывают объем и качество работ, производимых при приведении батарей в рабочее состояние. Для этого необходимо приготовить электролит требуемой плотности, залить его в аккумуляторы и после пропитки зарядить их.

Электролит готовят из аккумуляторной серной кислоты сортов А и Б с содержанием чистой серной кислоты 92—94% (плотность 1,83 г/см³ при +15° С) и дистиллированной воды. Он должен иметь высокую степень чистоты. Только тогда будет обеспечена надежная и долговечная работа аккумулятора. Для приготовления электролита следует применять посуду, стойкую против действия серной кислоты — керамическую, свинцовую, эбонитовую. В исключительных случаях при отсутствии дистиллированной воды для электролита можно применять дождевую или снеговую воду, не имевшую

контакта с железом и предварительно профильтрованную в целях очистки от механических загрязнений:

Для удобства пользования аккумуляторную серную кислоту плотностью 1,83 г/см³ разводят в воде до получения электролита плотностью 1,40 г/см³. В дальнейшем плотность электролита понижают до требуемой величины в соответствии с климатическими условиями эксплуатации батарей.

Приготавливая электролит, всегда следует вливать кислоту в воду тонкой струей при непрерывном помешивании стеклянной или эбонитовой палочкой.

Категорически запрещается вливать воду в кислоту, так как струя воды в месте соприкосновения с крепкой серной кислотой быстро разогревается, вскипает и разбрызгивается вместе с кислотой, которая, попадая на кожу, вызывает ожоги. При вливании же кислоты в воду струя кислоты, попадая в большой объем воды, нагревает его равномерно, без разбрызгивания. Для предотвращения сильного разогревания раствора (до 80° С и выше) рекомендуется кислоту в воду вливать небольшими порциями с перерывами, чтобы дать раствору возможность остывать.

Количество воды, кислоты или электролита полностью 1,40 г/см³, необходимого для приготовления 1 л электролита требуемой плотности, указано в табл. 4.

Таблица 4

Требуемая плотность электролита при +15° С, г/см ³	Количество воды и электролита плотностью 1,40 г/см ³ при +15° С, л		Количество воды и серной кислоты плотностью 1,83 г/см ³ при +15° С, л	
	воды	электролита	воды	кислоты
1,210	0,522	0,493	0,834	0,204
1,230	0,467	0,542	0,811	0,228
1,250	0,418	0,596	0,796	0,248
1,270	0,364	0,647	0,778	0,269
1,290	0,313	0,698	0,759	0,290
1,310	0,256	0,753	0,736	0,314
1,400	—	—	0,640	0,416

Сухозаряженная батарея подготавливается для приведения в рабочее состояние в следующем порядке: очищается поверхность батарей от пыли и грязи, снимают-

Состояние батареи	Напряжение аккумулятора при контроле нагрузочной вольтой, В	Климатические районы									
		крайние северные с температурой зимой ниже -40°C				северные с температурой зимой не ниже -40°C		центральные с температурой зимой не ниже -30°C		южные с температурой зимой не ниже -20°C	
		плотность электролита, г/см ³	температура замерзания электролита, $^{\circ}\text{C}$	плотность электролита летом, г/см ³	температура замерзания электролита, $^{\circ}\text{C}$	плотность электролита круглый год, г/см ³	температура замерзания электролита, $^{\circ}\text{C}$	плотность электролита круглый год, г/см ³	температура замерзания электролита, $^{\circ}\text{C}$	плотность электролита круглый год, г/см ³	температура замерзания электролита, $^{\circ}\text{C}$
Полностью заряжена	1,75—1,80	1,31	-66	1,27	-58	1,29	-74	1,27	-58	1,25	-50
Разряжена на 25%	1,65—1,70	1,27	-58	1,23	-40	1,25	-50	1,23	-40	1,21	-31
» на 50%	1,50—1,60	1,23	-40	1,19	-22	1,21	-31	1,19	-22	1,17	-18
» на 75%	1,40—1,50	1,19	-22	1,15	-14	1,17	-18	1,15	-14	1,13	-10
Полностью разряжена	1,30—1,40	1,15	-14	1,11	-8	1,13	-10	1,11	-8	1,09	-7

Примечания: 1. Плотность электролита указана при температуре $+15^{\circ}\text{C}$.
 2. Допускаются отклонения от указанных значений плотности на $\pm 0,01$.

ся защитный клеммный кожух и крышка батареи, вывертываются пробки с резиновыми шайбами и удаляются герметизирующие резиновые диски (или удаляются укупорочные стержни в штуцерах для автоматической регулировки уровня электролита).

Перед заливкой в аккумуляторы температура электролита не должна превышать $+25^{\circ}\text{C}$. Допускается для южных районов заливать электролит при $+30^{\circ}\text{C}$. Плотность электролита должна соответствовать климатическим условиям, в которых намечается эксплуатация батареи. Она изменяется с изменением температуры: при повышении — уменьшается, а при понижении — увеличивается. Измеряя плотность электролита, нужно вносить температурную поправку $\pm 0,0007 \text{ г/см}^3$ на каждый 1°C отклонения его температуры от исходной, или $\pm 0,01 \text{ г/см}^3$ на каждые 15°C отклонения. Исходной температурой электролита принято считать $+15^{\circ}\text{C}$.

Заливают электролит в сухозаряженные аккумуляторы с помощью фарфоровой или эбонитовой кружки и воронки или с помощью специального приспособления. Плотность электролита, приведенная к температуре $+15^{\circ}\text{C}$, берется на $0,02 \text{ г/см}^3$ меньше указанной в табл. 5 плотности для полностью заряженной батареи и соответствующего климатического района. Заливают электролит до уровня на 10—15 мм выше предохранительного щитка или до верхнего среза заливочной горловины для батарей с автоматической регулировкой уровня.

После заливки аккумуляторные батареи выдерживают в течение трех часов для пропитки их элементов электролитом. В это время температура электролита несколько повышается, а плотность несколько понижается в результате реакции кислоты с окислами свинца пластин. Уровень электролита понижается в результате пропитки пластин и сепараторов.

Первый заряд аккумуляторных батарей проводится постоянным током силой $I_z=0,1 \text{ Сэ А}$ до тех пор, пока не наступит обильное газовыделение во всех аккумуляторах, а напряжение и плотность электролита останутся постоянными в течение двух часов.

Во время заряда контролируют напряжение аккумуляторов, плотность и температуру электролита. Если температура электролита превысит $+45^{\circ}\text{C}$, следует уменьшить силу зарядного тока наполовину или пре-

рвать заряд на время, необходимое для снижения температуры до $+30^{\circ}\text{C}$.

Для сухозаряженных батарей, хранившихся до одного года, время первого заряда составляет от 3 до 8 часов. В конце заряда необходимо откорректировать плотность и уровень электролита.

В особых случаях, при необходимости очень быстрого ввода батарей в эксплуатацию, временно допускается устанавливать ее на автомобиль через 2—3 часа после заливки электролитом без предварительного заряда. В этих случаях плотность электролита в конце пропитки должна понизиться не более чем на $0,03\text{ г/см}^3$ по сравнению с плотностью при заливке. Если она понизится на большую величину, то необходимо провести кратковременный подзаряд нормальной силой тока до достижения допустимого значения плотности. В последующем при первой возможности батарее необходимо полностью зарядить и довести плотность электролита до нормальной.

Перед постановкой на автомобиль элементы батарей закрывают пробками, поверхность крышек элементов и крошки моноблока протирают ветошью, смоченной 10-процентным раствором нашатырного спирта или кальцинированной соды. После этого всю поверхность следует начисто протереть еще раз сначала влажной, затем сухой, чистой ветошью, а вентиляционные отверстия в пробках тщательно прочистить.

Устанавливая батареи на автомобиль, выводные зажимы после присоединения к ним наконечников проводов смазывают вазелином.

Исключительно важное значение для увеличения срока службы аккумуляторной батареи имеет строгое соблюдение правил пуска двигателя при помощи электростартера. Как уже указывалось ранее, разряд во время пуска двигателя происходит током большой силы. Чтобы уменьшить вредные последствия стартерного разряда, необходимо его делать коротким и с перерывами для «отдыха» батареи, в течение которых происходит диффузия электролита в поры пластин. Поэтому при пуске двигателя разрешается включать стартер не более чем на 5—10 с. Повторное включение следует делать не ранее чем через 15 с. Если двигатель не запускается после двух-трех повторных включений стартера, то необходимо найти причину, устранить ее и только после

этого приступить к дальнейшему пуску двигателя стартером.

Работы по уходу за аккумуляторной батареей и обслуживанию ее сводятся к следующему:

1. Содержать крышки элементов, моноблок батарей всегда чистыми и сухими. Полюсные выводы и наконецники проводов должны быть очищены от окислов, вентиляционные отверстия прочищены. Пролитый или выплеснувшийся из сосуда электролит должен быть немедленно удален чистой ветошью, смоченной в 10-процентном растворе нашатырного спирта или кальцинированной соды. Своевременное удаление пыли и грязи, пролитого электролита позволяет уменьшить ток саморазряда до минимума.

2. Поддерживать батарею в достаточно заряженном состоянии. Допускается степень разряда батареи летом не более 50%, зимой — не более 25%. Проверка степени разряда в свинцово-кислотных аккумуляторах производится по плотности электролита (денсиметром) и по напряжению при определенном токе разряда (нагрузочной вилкой). Эти проверки проводят летом один раз в три месяца, зимой — один раз в месяц. Величины, определяющие ту или иную степень разряда батарей, приведены в табл. 5. Аккумуляторные батареи, разряженные сверх допустимых величин, подлежат заряду от зарядного агрегата. Как видно из табл. 5, электролит полностью заряженной батареи замерзнуть практически не может. Однако при переходе на осенне-зимнюю эксплуатацию аккумуляторные батареи, установленные снаружи, подлежат утеплению. Если имеется обогрев, то включается и он.

3. Поддерживать уровень электролита в нормальных пределах. В процессе работы уровень электролита в аккумуляторах снижается в результате его «кипения» (разложения воды) при заряде и постепенного испарения воды. Проверять уровень электролита следует летом один раз в две недели, зимой — один раз в месяц. При необходимости в аккумуляторы доливается дистиллированная вода. В холодное время эту операцию лучше производить непосредственно перед пуском двигателя, чтобы предотвратить замерзание воды и электролита. Доливать электролит следует только в том случае, когда точно известно, что уровень понизился в результате выплескивания или проливания электролита.

Плотность доливаемого электролита должна быть такой же, как и плотность электролита в аккумуляторе.

4. Поддерживать нормальный режим заряда аккумуляторной батареи от генератора автомобиля. Как известно, заряд аккумуляторной батареи на автомобиле ведется главным образом при постоянном напряжении и автоматическом снижении тока. При оптимальных режимах сила тока к концу заряда снижается настолько, чтобы поддерживать батарею в заряженном состоянии (стрелка амперметра стоит почти у нуля). Аккумуляторные батареи в этом случае не «кипят», и срок службы их значительно увеличивается. И наоборот, при большой силе зарядного тока в конце заряда, когда батарея «кипит», активное вещество положительных пластин разрушается и аккумуляторные батареи преждевременно выходят из строя. Необходимо систематически следить за ходом зарядного режима и за состоянием аккумуляторной батареи, особенно в периоды перехода к эксплуатации батарей в неблагоприятных условиях. При обнаружении отклонений и нарушений зарядного режима необходимо производить корректировку соответствующих параметров.

5. Обеспечить надежный контакт наконечников проводов с полюсными выводами и прочное крепление батареи в гнезде. Соединительные провода не должны быть натянуты, так как это может привести к разрушению полюсных выводов или к появлению трещин в мастике. Батарея не должна перемещаться вдоль опорной площадки. Эту проверку следует производить один раз в две недели.

В процессе эксплуатации аккумуляторные батареи периодически снимаются с автомобиля и заряжаются на зарядных станциях. Эти заряды позволяют контролировать и улучшать техническое состояние отдельных аккумуляторов и батарей в целом. Если установлено, что батарея разряжена более чем на 25% зимой или более чем на 50% летом и что она не требует ремонта, то ее ставят на эксплуатационный (нормальный) заряд.

Заряжают аккумуляторные батареи от источника постоянного тока. Применяют два способа заряда батарей: при постоянной силе зарядного тока $I_a = \text{const}$, при постоянном значении напряжения источника электроэнергии $U_a = \text{const}$ (рис. 8).

Заряд при постоянной силе тока (рис. 8, а) является основным и наиболее универсальным способом, позволяющим поддерживать и контролировать выбранную силу зарядного тока. Заряжаемые батареи соединяют последовательно между собой. Последовательно с ними включают реостат, с помощью которого регулируют силу зарядного тока. Количество одновременно поставленных на заряд батарей зависит от напряжения сети U_c , к которой подключается группа. На каждый элемент свинцово-кислотной аккумуляторной батареи для полного заряда требуется напряжение около 2,7 В. Следовательно, величина конечного напряжения составит: на 6-вольтовую батарею (3 элемента) — 8,1 В, на 12-вольтовую (6 элементов) — 16,2 В. Отсюда количество батарей в группе:

$$n = \frac{U_c}{U_6},$$

где n — количество батарей в группе;

U_c — напряжение сети;

U_6 — напряжение батарей в конце заряда.

Количество групп батарей, которое можно подключить к зарядному источнику, определяется мощностью последнего:

$$m = \frac{P_n}{U_c I_a} = \frac{I_n}{I_a},$$

где m — количество групп;

P_n — номинальная мощность источника тока;

I_n — номинальный ток нагрузки на зарядный источник;

I_a — зарядный ток.

Сила зарядного тока для каждого типа батарей определяется из выбранного режима заряда: 20-часового $I_a = 0,05 C_{20} A$; 10-часового $I_a = 0,1 C_{10} A$; ускоренного двухступенчатого — первая ступень заряда, продолжающаяся до напряжения на элементе 2,4 В, $I_a = 0,15 C_{20} A$, вторая ступень заряда, продолжающаяся до полного заряда, $I_a = 0,1 C_{20} A$.

Заряд батарей проводится до достижения обильного газовыделения, постоянства напряжения и плотности электролита, отмечаемых в течение 2—3 часов. В каж-

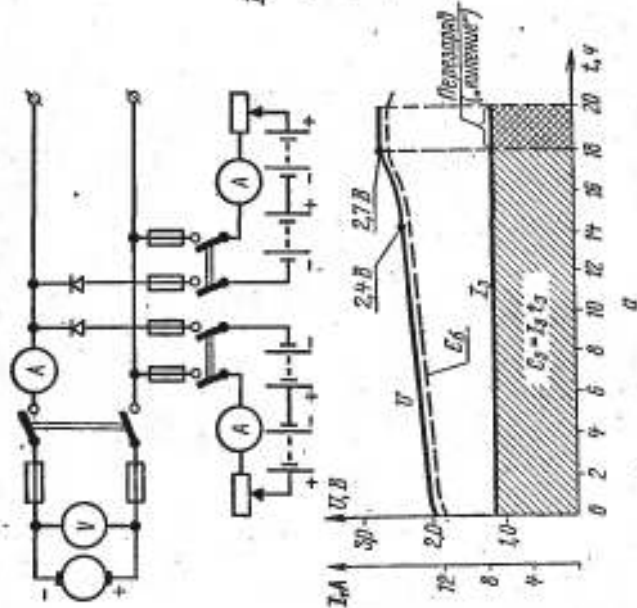
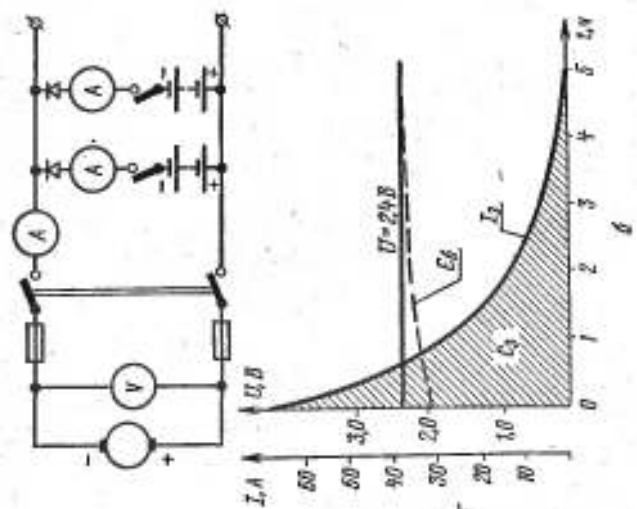


Рис. 8. Схемы подключения батарей к зарядному устройству и характеристики зарядов:
 а — при постоянной силе тока; б — при постоянном напряжении

дую группу следует подключать максимально возможное количество батарей, с тем чтобы в реостате гасилось как можно меньше энергии. Все батареи одной группы должны иметь одинаковую емкость и примерно одинаковую степень разряда.

Разность плотностей электролита в полностью заряженных аккумуляторных элементах батарей не должна превышать $0,01 \text{ г/см}^3$. Для выравнивания плотностей электролита в батареях, имеющих отдельные элементы с пониженной плотностью, эти батареи дополнительно дозаряжают в течение двух часов. Если плотности электролита в отдельных элементах после дозарядки батарей не выровнились или плотность электролита во всех элементах батарей оказалась несколько выше или ниже нормы, то ее необходимо откорректировать до нормальной величины с точностью $\pm 0,01 \text{ г/см}^3$. Корректировка производится в батарее, включенной на заряд, когда обильное газовыделение обеспечивает хорошее перемешивание электролита.

Корректировку плотности электролита рекомендуется проводить в следующей последовательности.

Если плотность электролита, приведенная к $+15^\circ \text{C}$, ниже требуемой, то в аккумуляторы доливают электролит плотностью $1,40 \text{ г/см}^3$, а если она выше, доливают дистиллированную воду. Сначала из аккумулятора в зависимости от имеющейся и требуемой плотности отбирают определенный объем электролита. Затем доливают в соответствии с табл. 6 определенное количество электролита плотностью $1,40 \text{ г/см}^3$ или дистиллированной воды. И наконец, через 30 мин проверяют плотность электролита в аккумуляторах и при нормальной ее величине устанавливают до нормы уровень электролита.

Если разница между фактической и требуемой плотностями велика, то операцию отбора-доливки повторяют три-четыре раза с интервалами между ними в 30 мин. Это необходимо для перемешивания электролита в аккумуляторе.

Основными недостатками такого способа заряда свинцово-кислотных аккумуляторных батарей являются: большая продолжительность, необходимость постоянно контролировать и регулировать силу зарядного тока, нерациональный расход энергии на электролиз воды в конце заряда, вредное влияние перезаряда на разрушение пластин.

Плотность электролита в аккумуляторах, г/см ³	Корректировка плотности электролита к объему 1 л											
	до 1,25, г/см ³			до 1,27, г/см ³			до 1,29, г/см ³			до 1,31, г/см ³		
	отбор электролита, см ³	долинка электролита плотностью 1,40, см ³	долинка дистиллированной воды, см ³	отбор электролита, см ³	долинка электролита плотностью 1,40, см ³	долинка дистиллированной воды, см ³	отбор электролита, см ³	долинка электролита плотностью 1,40, см ³	долинка дистиллированной воды, см ³	отбор электролита, см ³	долинка электролита плотностью 1,40, см ³	долинка дистиллированной воды, см ³
1,24	61	62	—	173	175	—	252	256	—	—	—	—
1,25	—	—	—	118	119	—	215	219	—	—	—	—
1,26	39	—	40	65	66	—	177	180	—	290	294	—
1,27	78	—	80	—	—	—	122	124	—	246	249	—
1,28	117	—	120	40	—	42	63	64	—	198	201	—
1,29	157	—	161	75	—	78	—	—	—	143	145	—
1,30	—	—	—	109	—	113	36	—	37	79	81	—
1,31	—	—	—	143	—	148	72	—	76	—	—	—

Примечание. Для приведения указанных величин к объемам аккумуляторов надо указанные цифры умножить на объем электролита в аккумуляторе, выраженный в литрах.

Заряд при постоянном напряжении обеспечивает ускоренный ввод батарей и простоту проведения и поддержания режима заряда. Аккумуляторные батареи в этом случае подключаются непосредственно (без реостатов) к источнику энергии, зарядное напряжение которого поддерживается постоянным в течение всего процесса. Напряжение источника должно быть равно зарядному напряжению аккумуляторной батареи, т. е. на каждый аккумуляторный элемент должно приходиться 2,4—2,5 В. Следовательно, общее напряжение источника энергии составит: для 6-вольтовых батарей 7,2—7,5 В; для 12-вольтовых батарей 14,4—15,0 В. Величина зарядного тока для каждой из заряжаемых батарей устанавливается автоматически и зависит от ее технического состояния (степени разряда, температуры электролита и т. д.).

Как видно на графике рис. 8, б, в начале заряда ток достигает наибольшей величины ($I_a \approx 1,0 C_{20} A$), так как ЭДС батарей в это время имеет наименьшее значение. Однако в процессе заряда ЭДС возрастает, а зарядный ток уменьшается, достигая через 2—4 часа сравнительно малой величины (10—8 А). При данном способе батарею заряжают до 90—95% ее номинальной емкости, так как зарядный ток в конце заряда падает почти до нуля.

Как уже отмечалось, заряд аккумуляторной батареи на автомобиле является, в сущности, зарядом при постоянном напряжении. Этот способ внедряется также на стационарных и подвижных зарядных станциях, благодаря малому времени заряда и простоте обслуживания. Однако ввиду того что полный заряд батареи в этом случае невозможен, заряд при постоянном напряжении следует рассматривать как вспомогательный способ, который должен сочетаться с периодическими полными зарядами при постоянном токе и с контрольно-тренировочными циклами.

К основным недостаткам этого способа относятся: перегрузка источника энергии в начале заряда (вследствие большого зарядного тока) и недогрузка его в конце (зарядный ток значительно понижается); невозможность быстрого заряда сильно охлажденных батарей (при минусовых температурах) вследствие повышения вязкости электролита и соответственного повышения внутреннего сопротивления батареи.

Заряд аккумуляторных батарей малыми токами производится с целью компенсации потери электроэнергии в результате саморазряда, который в период бездействия аккумуляторных батарей может достигать 0,3—1% в сутки при температурах воздуха (и электролита) выше $+5^{\circ}\text{C}$ и значительно уменьшается с понижением температуры. Заряд (подзаряд) малой силой тока (0,025—0,1 А) производится при нахождении батарей непосредственно на автомобилях или в местах хранения.

Такой заряд также осуществляют двумя способами: заряд при постоянстве напряжения и заряд при постоянстве тока.

В первом случае ($U_a = \text{const}$) в сеть переменного тока через стабилизатор напряжения включают выпрямитель (ВСА-5А), к которому через ответвительные коробки подключают аккумуляторные батареи. Для обеспечения подзаряда напряжение должно поддерживаться в таких пределах, чтобы на каждый элемент батареи приходилось от 2,18 до 2,25 В.

Во втором случае ($I_a = \text{const}$) применяют выпрямитель (ВСА-5А) без стабилизатора напряжения и распределительный щит, обеспечивающий подключение нескольких (трех) различных групп батарей. Количество батарей в каждой группе зависит от емкости и технического состояния, т. е. от величины тока подзаряда. Зарядный ток стабилизируется с помощью электрических ламп, или других нелинейных сопротивлений, включенных в цепь заряда каждого автомобиля или каждой батареи. Лампы, кроме того, дают возможность по накалу контролировать исправность зарядной цепи, т. е. прохождение тока подзаряда.

На подзаряд малыми токами устанавливаются только исправные, полностью заряженные батареи, в которых тщательно откорректированы плотность и уровень электролита. Такой подзаряд проводят непрерывно, если температура воздуха выше $+5^{\circ}\text{C}$, если же она ниже — применяют периодический подзаряд.

Непрерывный подзаряд — эффективное средство для поддержания батарей в заряженном состоянии, требующее небольшой мощности зарядных источников. Так, один выпрямитель ВСА-5А (сила тока 12 А, напряжение до 64 В) обеспечивает подзаряд 200—300 стартерных аккумуляторных батарей.

Контрольно-тренировочный цикл (КТЦ) проводится для определения технического состояния аккумуляторной батареи, проверки отдаваемой ею емкости, выявления отстающих аккумуляторных элементов в батарее и других неисправностей. Для автомобильных батарей, залитых электролитом, КТЦ проводят один раз в год и в случаях, когда необходимо определить отдаваемую ими емкость и установить пригодность их к дальнейшей эксплуатации.

КТЦ проводят в таком порядке: заряд аккумуляторной батареи при постоянной силе тока $I_a=0,1 C_{20}$ А до напряжения не менее 2,4 В на каждом элементе батареи, а затем при $I_a=0,05 C_{20}$ А до полного заряда; контрольный разряд, производимый непрерывно силой тока $I_p=0,05 C_{20}$ А до конечного напряжения на элементе 1,75 В; определение продолжительности разряда и температуры электролита при разряде; заряд аккумуляторной батареи обычным порядком и направление годных батарей в эксплуатацию.

Полученная емкость батарей приводится к температуре $+25^\circ\text{C}$.

Емкость батарей в период гарантированного срока эксплуатации должна быть не ниже 90% номинального значения. Если же она снизится до 40% номинального значения, батарея подлежит списанию.

Хранение аккумуляторных батарей в сухозаряженном исполнении, не залитых электролитом, можно производить в неотапливаемых помещениях при температуре -35°C в течение трех лет. Сухозаряженность же их гарантируется в течение одного года с момента изготовления. Батареи устанавливают на стеллажи в один ряд полюсными выводами вверх. Пробки на батареях должны быть плотно завинчены, уплотнительные детали стоять на своих местах, а полюсные выводы — смазаны техническим вазелином.

Аккумуляторные батареи, залитые электролитом, т. е. снятые с эксплуатации, следует хранить в заряженном состоянии в прохладных помещениях по возможности при температуре ниже 0°C . Перед постановкой на хранение их подвергают контрольно-тренировочному циклу: емкость их должна быть не ниже гарантированной, плотность и уровень электролита — доведены до нормы, поверхность — нейтрализована.

Устанавливать такие батареи желательно на специ-

альные стеллажи, обеспечивающие удобство их технического обслуживания и позволяющие производить заряд непосредственно на месте хранения. Залитые электролитом и заряженные аккумуляторные батареи могут храниться и на автомобилях, как правило, при установившихся температурах не ниже -15°C . В любом случае допускается постоянный подзаряд их малыми токами. Срок хранения батарей не должен превышать (в зависимости от условий хранения) трех — двенадцати месяцев.

НЕИСПРАВНОСТИ И РЕМОНТ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

В процессе эксплуатации аккумуляторные батареи подвергаются воздействию различных факторов: механических, электрохимических, температурных, которые в соответствующих условиях могут привести к существенным изменениям в деталях аккумуляторов, ухудшающим их работу. В результате со временем в аккумуляторах и в батарее в целом возникают неисправности, либо ухудшающие работу батареи, либо вызывающие полный отказ в работе. В большинстве случаев неисправности вызываются неблагоприятными условиями работы, создающимися в результате небрежного или неправильного ухода и обслуживания батарей в эксплуатации. Предупреждать и своевременно устранять неисправности можно только на основе данных о признаках и причинах их появления.

Основные неисправности свинцово-кислотных аккумуляторных батарей делятся на внешние и внутренние. Внешние: повреждение заливочной мастики, трещины в моноблоках, повреждения крышек и пробок, окисление, износ или излом полюсных выводов. Внутренние: коррозия решеток положительных пластин, коробление пластин, выкрашивание активного вещества и разрушение пластин, короткое замыкание пластин различной полярности, переполусовка пластин, отрыв пластин от решеток, сульфатация пластин и ускоренный саморазряд аккумуляторов.

Повреждение заливочной мастики в виде трещин или отслоения ее от моноблока происходит в результате ударов или воздействия низкой температуры. Через

образовавшиеся трещины и зазоры электролит вытекает наружу. Он растекается по поверхности батареи и замыкает аккумуляторы, ускоряя саморазряд.

Трещины в мастике устраняют расплавлением ее в данном месте с помощью нагретой металлической лопаточки или электрического паяльника с насадками. Если трещины глубокие или мастика отслоилась от поверхности моноблока, то она удаляется и на предварительно подготовленную поверхность батареи заливают новую расплавленную мастику. Подготовка поверхности заключается в очистке ее и нейтрализации электролита. Температура расплавленной мастики должна быть $190-220^{\circ}\text{C}$. Разогревать мастику открытым пламенем нельзя, так как мастика делается более хрупкой и, кроме того, применение огня на действующем аккумуляторе может привести к взрыву газов, которые скапливаются внутри него. После заливки лишняя мастика с батареи удаляется, а поверхность ее выравнивается нагретым паяльником с насадками (лопаточкой).

Трещины в моноблоках появляются в результате неправильного крепления батарей, замерзания электролита, повышения давления внутри аккумулятора при засоренных вентиляционных отверстиях, неправильной сборки и небрежного обращения с батареей. Трещины на наружных стенках моноблока приводят к утечкам электролита, отчего оголяется часть пластин, которая, соприкасаясь с воздухом, сульфатируется и корродится. Трещины на внутренних стенках моноблока приводят к тому, что электролит двух соседних аккумуляторных элементов смешивается, становится общим. А так как разноименные пластины этих элементов соединены между собой свинцовой перемычкой, то пластины оказываются замкнуты накоротко, происходит их саморазряд, а в дальнейшем и сульфатация. ЭДС этих двух аккумуляторов, превратившихся, по существу, в один, становится равной 2 В (вместо 4 В); плотность электролита в них будет меньше, чем в исправных. Батареи с неисправными моноблоками должны направляться в ремонт, где после их разборки обнаруженные трещины в моноблоке разделяют с обеих сторон ножом под углом до 100° и заклеивают изонитом или эпоксидным клеем. Неисправные моноблоки могут также заменяться новыми.

Повреждения крышек и пробок выявляются по течи

или просачиванию электролита из батарей. Такие крышки и пробки заменяются.

Окисление полюсных выводов происходит вследствие плохого ухода, когда они не смазаны техническим вазелином или недостаточно затянуты хомуты (зажимы) соединительных проводов. Обнаженная поверхность полюсных выводов сильно окисляется от попадания серной кислоты или ее паров. Электрическое сопротивление их сильно увеличивается, контакт с хомутами соединительных проводов нарушается, сила тока, поступающего в стартер, резко уменьшается, и стартер не может запустить двигатель.

Окисленные полюсные выводы очищают специальным инструментом таким образом, чтобы с выводов были сняты только окислы, не затрагивая свинца. При сильном износе полюсные выводы восстанавливают наплавкой свинца с помощью специальных форм (шаблонов) для положительных или отрицательных выводов. После восстановления на выводы надо надеть хомуты соединительных проводов и затянуть гайки так, чтобы между ними не осталось зазоров, и затем наружную их поверхность смазать техническим вазелином.

Распатывание, излом или облом полюсных выводов может произойти в результате установки соединительных проводов с натягом, от неосторожной затяжки зажимов или их снятия с выводов. Для восстановления поломанных полюсных выводов батареи направляют в мастерские.

Ускоренный саморазряд аккумуляторных элементов в зависимости от причин, его вызывающих, относится или к внешним, или к внутренним, или одновременно к обоим видам неисправностей.

Саморазряд батарей, превышающий 1% в сутки, считается ускоренным. Часто причинами ускоренного саморазряда являются загрязнение поверхности аккумулятора и загрязнение электролита вредными примесями, что становится возможным вследствие неправильного обслуживания аккумуляторных батарей, небрежного ухода за ними.

Попавшие на поверхность аккумулятора электролит и грязь образуют между выводными клеммами токопроводящий мостик, по которому происходит утечка тока. Такую утечку можно обнаружить с помощью переносного вольтметра. Для этого специальный вывод вольт-

метра (первый щуп) прижимают к выводу аккумулятора, а концом другого провода от вольтметра (второй щуп) прикасаются к различным точкам поверхности аккумулятора. Отклонение стрелки вольтметра от нуля указывает на утечку тока.

Для устранения таких утечек необходимо обеспечивать чистоту поверхностей батарей. Серная кислота, попавшая на аккумулятор, почти не испаряется и способна поглощать значительное количество влаги из воздуха. Поэтому пролитый на поверхность батарей электролит необходимо сразу же нейтрализовать и удалить. Для нейтрализации поверхность протирают ветошью, смоченной в 10-процентном растворе нашатырного спирта или кальцинированной соды. Необходимо следить, чтобы раствор нашатырного спирта или соды не попал в электролит. После нейтрализации поверхность батарей протирают ветошью, смоченной в чистой воде, а затем вытирают насухо.

Применение для приготовления и корректировки электролита серной кислоты и воды, не отвечающих требованиям соответствующих ГОСТов, или использование загрязненной посуды, в частности той, в которой ранее находились бензин и масло, приводят к загрязнению электролита химическими, механическими или органическими примесями. В результате на поверхности пластин образуются местные гальванические элементы, которые постепенно разряжают и разрушают пластины — происходит ускоренный саморазряд.

Если установлено, что электролит загрязнен, то его необходимо заменить новым. Вначале разряжают батарею током $I_p=0,1 C_{20}$ А до напряжения 1,1—1,2 В на аккумуляторный элемент, чтобы посторонние примеси перешли с поверхности пластин в электролит. Затем электролит полностью выливают и все аккумуляторы несколько раз тщательно промывают дистиллированной водой (меняя воду через три часа) до удаления серной кислоты. Наличие следов серной кислоты определяют с помощью лакмусовой бумаги, которая при опускании в воду, использованную для промывки, или краснеет (кислота присутствует), или не меняет цвета (кислота удалена). Промытую батарею заливают свежим электролитом той же плотности, которую электролит имел при сливе, и полностью заряжают.

Коррозия решеток положительных пластин — доволь-

но распространенная неисправность свинцово-кислотных аккумуляторных батарей. В процессе нормальной эксплуатации решетка положительных пластин медленно корродирует, превращаясь в активную массу. Так, при заряде аккумулятора ток окисляет и превращает в перекись свинца PbO_2 свинец решетки в месте соприкосновения его с электролитом. При разряде он переходит в сульфат свинца $PbSO_4$. Этот процесс повторяется каждый раз, разрушая решетку аккумулятора.

Таким образом, ускорению разрушения решеток положительных пластин способствуют длительные и частые перезаряды пластин, повышение температуры электролита, попадание в электролит органических веществ, а также соляной и азотной кислоты.

В случае разрушения решетки нарушается подвод тока к активному веществу пластины, происходит постепенное оползание этого вещества, уменьшается емкость и значительно повышается внутреннее сопротивление аккумулятора. Для предотвращения ускоренной коррозии решетки рекомендуется не допускать частых и длительных перезарядов батарей, хранения их при повышенной окружающей температуре, необходимо также следить за чистотой электролита.

Короткое замыкание внутри аккумулятора возникает между разноименными пластинами в результате чрезмерного накопления на дне аккумулятора выпавшего из пластины активного вещества (шлама), образования на кромках отрицательных пластин свинцовой губки и в результате разрушения сепараторов. Эти явления наиболее интенсивно проявляются при длительном перезаряде батарей, перегреве электролита, заряде током большой величины, сильной тряске, загрязнении и замерзании электролита.

На наличие полного или неполного короткого замыкания указывают следующие характерные признаки: отсутствие или очень малая величина ЭДС, быстрое повышение температуры при заряде, медленное повышение напряжения при заряде и быстрое его падение после выключения зарядного тока, систематическое понижение плотности и емкости аккумулятора.

Для устранения короткого замыкания аккумуляторы разбирают, заменяют или исправляют поврежденные сепараторы и пластины, удаляют губку на кромках пластин, очищают и промывают ячейки моноблока. После

сборки аккумулятора заряжают с одной перезарядкой.

Отрыв пластин от бареток происходит, как правило, в результате плохого крепления аккумуляторной батареи на автомобиле, при плохом качестве приварки их к бареткам, а также в случае неправильной установки блока пластин в ячейки моноблока (пластины не опираются на опорные призмы).

В батарее, имеющей аккумуляторы с оторванными пластинами, снижается емкость, она не обеспечивает уверенную работу стартера при пуске двигателя. Оторванные пластины заменяют или приваривают заново. Для выполнения этих работ аккумуляторы подлежат разборке.

Коробятся пластины в результате чрезмерно большой силы зарядного или разрядного тока, повышенной температуры электролита, нарушения правил пуска двигателя стартером (частые и длительные включения стартера) и других факторов. При этом активное вещество пластин по площади и по толщине преобразуется неравномерно и соответственно неравномерно изменяет свой объем. Положительные пластины коробятся больше и чаще. От этого их активное вещество растрескивается и быстрее выпадает из ячеек пластин. А уменьшение количества активного вещества пластин ведет к уменьшению емкости аккумуляторной батареи.

Покоробленные пластины заменяют после предварительной разрядки и разборки аккумуляторной батареи.

Выкрашивание активного вещества и разрушение пластин — следствие многократного изменения объема активного вещества в связи с преобразованиями, происходящими при заряде и разряде. Сцепление частичек активного вещества между собой и с решеткой ослабевает, в результате чего они выкрашиваются. Этот процесс ускоряется в случае длительного перезаряда, так как перезаряд сопровождается электролизом воды, выделением в активном веществе большого количества пузырьков газов, которые, повышая давление в порах, вызывают разрыхление и выкрашивание активного вещества и отрыв его от решеток пластин. Кроме того, выделяющийся на положительной пластине кислород сильно окисляет и разрушает ее решетку. Ввиду меньшей механической прочности положительных пластин активное вещество их разрушается при перезаряде гораздо быстрее, чем активное вещество отрицательных пластин.

К разрушению пластин приводит также ряд неисправностей, рассмотренных выше.

Внешними признаками выкрашивания активного вещества пластин являются резкое понижение емкости батарей, малое время ее разряда и быстрое нарастание плотности электролита до нормального значения при заряде. Кроме того, электролит становится мутным и приобретает коричневую окраску. Такие аккумуляторные батареи подвергаются ремонту с разборкой их и заменой разрушенных пластин.

Переполюсовка пластин происходит в отстающих аккумуляторах при глубоком разряде батарей. Отстающим считается аккумулятор, который снижает емкость батарей более чем на 10%. Появляются такие аккумуляторы вследствие ускоренного саморазряда, систематического недозаряда, сульфатации пластин и других причин.

В процессе разряда батарей отстающий аккумулятор раньше других разряжается до конечного напряжения (1,7 В). Если разряд в этом случае не прекратить, то отстающий аккумулятор быстро разрядится полностью (до нуля) и разрядный ток остальных аккумуляторов начнет заряжать его в обратном направлении, т. е. происходит переполюсовка пластин. В результате переполюсовки одного аккумулятора напряжение всей аккумуляторной батареи становится на 4 В меньше номинального.

Переполюсованный аккумулятор необходимо полностью разрядить и подключить на заряд для восстановления нормальной полярности. Когда плотность его электролита достигнет такой же величины, как и в остальных аккумуляторах, необходимо всю батарею включить на заряд. Если в конце заряда плотность электролита в отстающем аккумуляторе не достигнет номинальной величины (по сравнению с остальными), то для него необходимо дополнительно провести два тренировочных цикла.

Если же и эти меры не исправляют отстающий аккумулятор, необходимо произвести ремонт батарей и устранить более сложные причины (короткое замыкание, разрушение пластин и т. д.), вызывающие появление отстающего аккумулятора.

Сульфатация пластин заключается в образовании на них крупных труднорастворимых кристаллов сульфата свинца. Как уже известно, образующийся при разряде

сульфат свинца при заряде вновь легко переходит в двуокись свинца на положительном и в чистый свинец на отрицательном электроде.

Если же батарея длительное время находится в разряженном состоянии, то часть сульфата растворяется в электролите до насыщения раствора. Из него сульфат выпадает на пластинах уже в виде крупных кристаллов, которые при заряде плохо преобразуются в исходные вещества электродов. В результате на поверхности и в порах активного вещества пластин образуется сплошной слой крупных кристаллов сульфата свинца, изолируя тем самым активное вещество пластин от электролита и закупоривая поры его, что снижает емкость батарей.

Сульфатация пластин возрастает с понижением уровня электролита и оголением верхней части пластин. К ее росту приводят и наличие в электролите органических примесей, увеличение плотности электролита, ускоренный саморазряд, короткое замыкание пластин и повышение температуры электролита. Чтобы предупредить сульфатацию пластин, необходимо поддерживать аккумуляторную батарею по возможности в полностью заряженном состоянии. В этом случае на пластинах не будет сульфата свинца, который мог бы растворяться в электролите. Батарея с сульфатированными пластинами имеет повышенное внутреннее сопротивление. Поэтому при заряде напряжение ее и температура быстро повышаются, начинается бурное газовыделение, а плотность электролита растет незначительно; при разряде резко падает напряжение (из-за малой емкости), особенно при включении стартера.

Для современных аккумуляторных батарей сульфатация пластин стала сравнительно редким явлением, особенно если соблюдается чистота и правила хранения батарей, поддерживается нормальный уровень электролита.

Восстановление работоспособности сульфатированных аккумуляторов возможно, если сульфатация не проникла глубоко в массу пластин. Для этого проводят продолжительные заряды аккумуляторных батарей малой силой тока (до $0,05 C_{20} A$) при низких плотностях электролита ($1,05-1,11 \text{ г/см}^3$). Пластины с глубокой сульфатацией не восстанавливают.

Поступающие в ремонт аккумуляторные батареи

предварительно проверяют с целью установления тех или иных неисправностей. Предварительную проверку производят как наружным осмотром, так и при помощи приборов. Наружным осмотром проверяют состояние моноблоков, крышек, пробок, полюсных выводов.

Простейшими приборами в аккумуляторной батарее определяют уровень и плотность электролита, ЭДС и напряжение аккумуляторов, степень разряженности батарей и наличие ускоренного саморазряда и другие параметры.

Устранение неисправностей батарей может производиться как при текущем ремонте, т. е. без разборки аккумуляторной батареи, так и при капитальном ее ремонте, т. е. с разборкой батарей. Во время текущего ремонта проверяют состояние электролита, пополняют или заменяют его; промывают аккумуляторную батарею водой, устраняют внешние неисправности и защищают полюсные выводы, заряжают аккумуляторные батареи и т. д.

При капитальном ремонте кроме работ текущего ремонта производят разборку батарей, ремонт и замену отдельных деталей, сборку батарей и заряд ее.

Перед разборкой батарею необходимо разрядить током $I_p = 0,1 C_{20} A$ до конечного напряжения 1,7 В на одном из аккумуляторов. Порядок разборки аккумуляторной батареи показан на рис. 9. После слива электролита высверливают с помощью трубчатой фрезы (рис. 9, I) кольцевой паз в месте соединения межэлементного соединения с клеммой. При помощи специальной нагретой лопатки удаляют заливочную мастику (рис. 9, II). Затем, пользуясь захватом, вынимают блок пластин вместе с крышкой из ячейки моноблока (рис. 9, III) и устанавливают его наклонно на моноблоке на 2—3 мин для стекания остатков электролита (рис. 9, IV). После этого блок промывают в дистиллированной воде (рис. 9, V). Осторожно раздвигая пластины, вынимают сепараторы (рис. 9, VI) и отделяют полублоки положительных и отрицательных пластин. Детали промывают в дистиллированной воде, просушивают и подвергают тщательному осмотру для выявления неисправностей. Неисправные детали восстанавливают или заменяют новыми и приступают к сборке батарей.

Полублоки одной аккумуляторной батареи комплектуются пластинами одинакового качества. Не рекомен-

дуются в работавшие блок вставлять новые пластины, так как возникающие в этом случае выравнивающие токи приведут к быстрому разрушению пластин. Сборка аккумуляторных батарей после ремонта производится так же, как и новых батарей. Собранные батареи заливают электролитом плотностью $1,12 \text{ г/см}^3$ и заряжают установленным порядком.

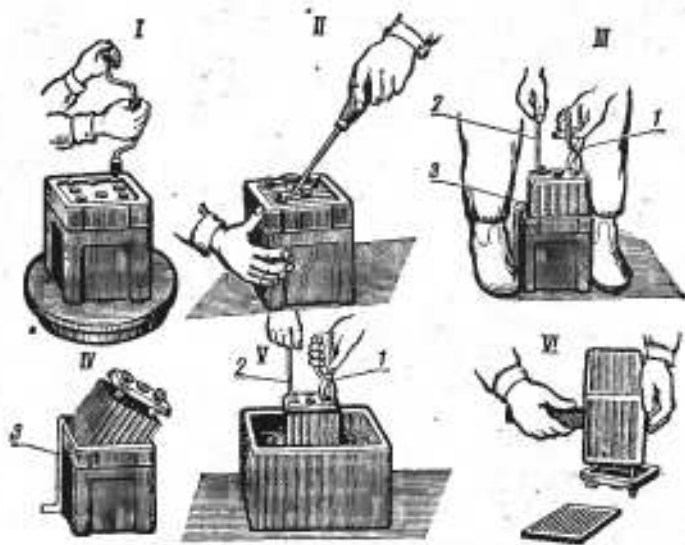


Рис. 9. Порядок разборки аккумуляторной батареи:

I — высверливание межэлементных соединений; II — удаление мастики нагретой лопаткой; III — выемка блока пластин вместе с крышкой; IV — установка блока пластин на внутренней кромке моноблока; V — промывка блока пластин в дистиллированной воде; VI — удаление старых сепараторов; 1 — захват-клещи; 2 — ключом; 3 — трехкоготный захват

Определение технического состояния аккумуляторных батарей, выполнение работ технического обслуживания, ремонт довольно трудоемки и требуют специальных приборов и оборудования. Большинство их выпускает наша промышленность. И прежде всего приборы для определения технического состояния батарей (Э-214, НИИАТ ЛЭ-3, НИИАТ ЛЭ-2), денсиметры, дистилляторы и зарядное оборудование. Характеристики и правила использования приборов приведены в соответствующих заводских инструкциях, прилагаемых к ним.

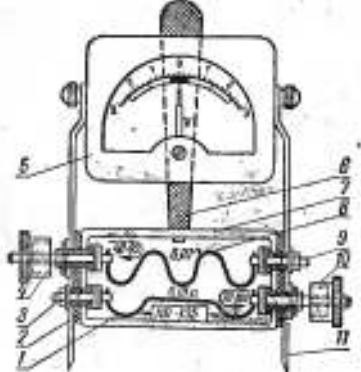


Рис. 10. Схема нагрузочной вилки НИИАТ ЛЭ-2:
 1, 8 — нагрузочные сопротивления; 2, 11 — контактные ножи; 3, 9 — движки сопротивлений; 4, 10 — контактные гайки; 5 — вольтметр; 6 — рукоятка; 7 — защитный кожух.

Нагрузочная вилка НИИАТ ЛЭ-2 (рис. 10) предназначена для замера ЭДС и напряжения под нагрузкой, каждого элемента аккумуляторных батарей емкостью от 40 до 135 А·ч.

Измерение ЭДС аккумулятора производят при выключенных нагрузочных сопротивлениях 1 и 8. Вилку остриями контактных ножек 2 и 11 плотно прижимают к выводным клеммам аккумулятора и по показаниям вольтметра 5 определяют его ЭДС.

Для проверки напряжения аккумуляторов емкостью 40—65 А·ч гайкой 4 включается сопротивление 8 ($I_p \approx 100$ А), а для проверки аккумуляторов емкостью 70—100 А·ч гайкой 10 включается сопротивление 1 ($I_p \approx 160$ А). При включении обоих сопротивлений проверяют аккумуляторы емкостью 110—135 А·ч ($I_p \approx 260$ А). Нажимая на рукоятку 6, плотно прижимают острия ножек к выводным клеммам испытываемого аккумулятора и на пятой секунде снимают показания вольтметра.

Если показания вольтметра выше 1,7—1,8 В — аккумулятор исправен и полностью заряжен, 1,4—1,7 В — батарея требует заряда, а 0,4—1,4 В — батарея требует заряда или ремонта. Если напряжение одного из аккумуляторов окажется на 0,1 В и более ниже остальных, то это указывает на неисправность или на недозаряд этого аккумулятора.

Для облегчения пользования вилкой шкала вольтметра имеет три разноцветные зоны со следующими обо-

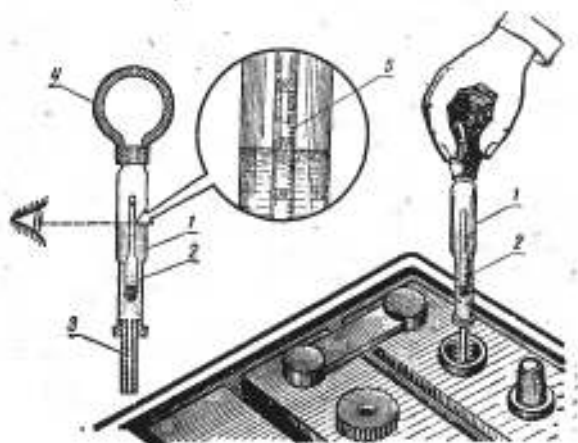


Рис. 11. Денсиметр и измерение плотности электролита в аккумуляторе:

1 — стеклянный цилиндр; 2 — ареометр (поплавок);
3 — заборная трубка; 4 — резиновая груша; 5 — шкала
для ареометра (отсчет плотности).

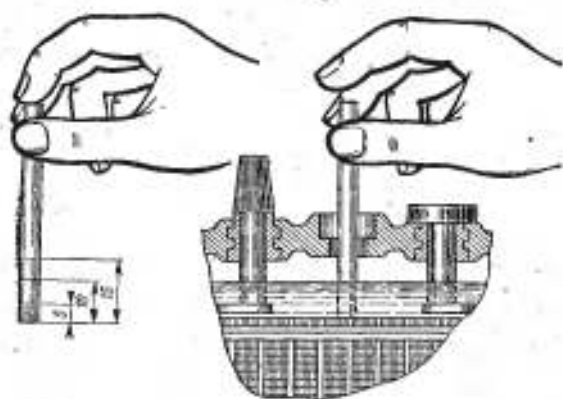


Рис. 12. Проверка уровня электролита в аккумуляторе уравнивающей трубкой

значениями: зеленая — аккумулятор исправен и заряжен; желтая — аккумулятор требует заряда; красная — аккумулятор требует заряда или ремонта.

Аккумуляторный денсиметр (кислотомер) служит для определения плотности электролита (рис. 11).

При наполнении цилиндра 1 электролитом ареометр 2, находящийся внутри цилиндра, всплывает. По делению шкалы 5 ареометра, совпадающему с уровнем электролита, определяют его плотность. Каждое деление шкалы соответствует $0,01 \text{ г/см}^3$. Во время замера необходимо следить, чтобы уровень электролита в денсиметре находился на уровне глаз измеряющего и чтобы ареометр не прилипал к стенкам цилиндра.

Уровнемерная трубка предназначена для контроля уровня электролита в аккумуляторах. Обычно это стеклянная трубка длиной 150 мм с делениями на одном (нижнем) конце. Ее опускают в электролит до уровня предохранительный щиток, как показано на рис. 12. Затем верхний конец закрывают пальцем и, вынув трубку, отсчитывают уровень.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ САНИТАРИЯ ПРИ ОБСЛУЖИВАНИИ И РЕМОНТЕ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

В процессе работы с аккумуляторными батареями возможны случаи отравления и поражения электрическим током. Поэтому лица, привлекаемые к выполнению каких-либо работ по обслуживанию или ремонту аккумуляторных батарей, должны твердо знать причины, вызывающие появление опасных ситуаций, строго соблюдать правила техники безопасности и уметь оказывать помощь пострадавшему.

Опасные ситуации могут возникнуть в результате взрыва гремучего газа (смесь водорода с кислородом), выделяющегося при заряде аккумуляторных батарей; отравления парами серной кислоты; отравления свинцом и его окислами; ожогов серной кислотой; ожогов расплавленной заливочной мастикой или расплавленным свинцом; поражения электрическим током;

Лица, выполняющие работы, связанные с приготовлением электролита, ремонтом и зарядом аккумуляторных батарей, должны иметь исправную спецодежду и средства защиты (рис. 13). Спецодежда должна быть из грубой шерсти, не разъедаемой электролитом, обязательны резиновые сапоги, перчатки, фартук и защитные очки.



Рис. 13. Средства защиты, применяемые при работе с кислотой и аккумуляторными батареями:

1 — резиновые сапоги; 2 — 10-процентный раствор нашатырного спирта; 3 — холодная вода; 4 — 10-процентный раствор кальцинированной соли; 5 — защитные очки с темными стеклами; 6 — защитные очки со светлыми стеклами; 7 — прорезиненный фартук; 8 — кислотостойкие перчатки; 9 — брезентовые перчатки

В помещении должна быть хорошая общая вентиляция, а отдельные рабочие места (например, где производится плавка свинца и отливка свинцовых деталей, приготовление заливочной мастики и др.) должны иметь местную вытяжную вентиляцию. Приток воздуха в помещение обеспечивают приточной вентиляцией с подогревом воздуха (в холодное время года до 17—19° С).

Воздух подводят на высоте 1 м от пола, а отсос его делают ближе к потолку. Помещение для зарядки батарей должно быть изолировано от рабочих помещений и от источников тока и усиленно вентилироваться (до 10—12-кратного обмена воздуха в час). Зарядные стеллажи в нем оборудуются местной вытяжной вентиляцией. Это позволяет предотвратить образование опасной концентрации паров серной кислоты и гремучего газа. В этих помещениях нельзя хранить и принимать пищу, курить; нейтрализующие растворы должны находиться на видных и легкодоступных местах. В зарядном помещении, кроме того, запрещается применение открытого огня, ненадежных и неисправных коммутационных деталей, проведение операций, которые могут вызвать искрение (переключение в электрической цепи под напряжением, замер напряжения на клеммах аккумулятора нагрузочной вилкой и др.) и взрыв газов.

Приготавливая кислотный электролит и заливая его в аккумуляторы, необходимо использовать эбонитовую, фаянсовую или керамическую посуду, приспособленную для переливки кислоты и электролита, а также соблюдать особую осторожность, чтобы кислота и электролит не попали на одежду, кожу и особенно в глаза.

Плавя свинец, работая с расплавленным свинцом, приготавливая заливочную мастику и работая с нею, следует опасаться ожогов. Для защиты органов дыхания от паров свинца необходимо использовать респиратор. Если на коже есть хотя бы небольшие царапины, то нельзя этим местом касаться свинцовых окислов, которые вызывают появление трудно излечимых гнойничков.

Транспортировать аккумуляторные батареи рекомендуется на тележках или использовать специальные приспособления для переноса вручную. Необходимо соблюдать меры предосторожности во избежание проливания электролита.

Работая с электрическими источниками и потребителями тока, необходимо проверить, исправны ли защитное заземление корпусов приборов, автоматические защитные устройства, и применять защитные средства (резиновые перчатки, калоши, коврик или изолирующую подставку).

Каждый, кто выполняет какие-либо работы по обслуживанию или ремонту аккумуляторных батарей, должен строго соблюдать меры индивидуальной предосторожности.

рожности и личной гигиены: перед едой и курением тщательно полоскать рот и мыть руки, принимать пищу только в специальных помещениях, куда нельзя входить в спецодежде, после работы чистить зубы и мыть лицо и руки с мылом или принимать горячий душ.

При отравлении парами серной кислоты наблюдается чихание, кашель, жжение в глазах и появление слез. В этом случае рекомендуется подышать парами содового раствора и эфира и как можно скорее обратиться к врачу.

Хроническое отравление свинцом характеризуется общей вялостью, потерей аппетита, иногда судорогами, малокровием, а также заболеванием почек. Признаки острого отравления свинцом: сладковатый привкус во рту, тошнота, слюноотделение, рвота, боли в животе. При остром отравлении свинцом надо немедленно вызвать врача, и до его прихода пострадавшему промыть желудок, дав ему выпить как можно больше воды с содой.

Попавшую на кожу кислоту следует немедленно удалить тампоном, смоченным 10-процентным раствором кальцинированной соды или нашатырного спирта, после чего это место обильно промыть сильной струей воды. При тепловых ожогах первой степени (покраснение) пораженное место необходимо накрыть чистым куском материи, обильно смоченной насыщенным раствором питьевой соды или слабым раствором марганцовокислого калия. При ожогах второй и третьей степени (пузыри на коже или ее глубокое разрушение) следует наложить на пораженное место стерильную марлевую салфетку и немедленно вызвать врача или отправить пострадавшего в больницу.

Поражение электрическим током прекращает у пострадавшего дыхание, он теряет сознание, и в результате паралича дыхательных путей у него наступает «мнимая смерть». Надо немедленно отделить пострадавшего от токоведущих проводов. Затем ему необходимо сделать искусственное дыхание, предварительно обеспечив доступ чистого воздуха: снять часть одежды, стесняющей дыхание, очистить рот от крови и слизи и т. д.

Работы по обслуживанию и ремонту аккумуляторных батарей должны выполнять как минимум два человека с тем, чтобы в случае поражения могла быть оказана взаимная помощь.

Общие сведения	3
Устройство автомобильных аккумуляторных батарей	8
Электрические характеристики автомобильных аккумуляторных батарей	14
Типы автомобильных аккумуляторных батарей	21
Совместная работа автомобильной аккумуляторной батареи с генератором	26
Эксплуатация аккумуляторных батарей	34
Неисправности и ремонт аккумуляторных батарей	48
Техника безопасности и производственная санитария при обслуживании и ремонте аккумуляторных батарей	60

Редактор Л. И. Карнозов
 Художественный редактор Г. А. Кутряков
 Технический редактор В. И. Сарашин
 Корректор Е. А. Макарова

ИБ № 696

Г-11733. Изд. № 1/1448. Сдано в набор 24.02.78. Поле в печать 7.06.78.
 Формат 84X108¹/₂. Бумага типографская № 2. Гарнитура литературная.
 Печать высокая. Усл. печ. л. 3,36. Уч. изд. л. 3,357. Тираж 100 000 экз.
 Заказ 48. Цена 15 к.

Ордена «Знак Почета» Издательство ДОСААФ СССР
 129110, Москва, И-110, Трифоновская ул., д. 34.
 Отпечатано с матриц 1-й типографии Профиндата на Киевской книжной фабрике республиканского производственного объединения «Полиграфиздат» Госкомиздата УССР, ул. Воровского, 24.