

АККУМУЛЯТОРНЫЕ БАТАРЕИ

Назначение аккумуляторных
батарей и их основные
характеристики

- Аккумуляторная батарея предназначена для питания основных потребителей на стоянках, в аварийных режимах и при малых скоростях движения поезда.
- Аккумуляторная батарея выполняет защитную функцию: она снижает величину коммутационных перенапряжений, возникающих при отключении потребителей во время работы генератора.
- ***Эти перенапряжения могут оказать отрицательное воздействие на цепи питания потребителей, поэтому эксплуатировать электрическое оборудование вагонов с отключенной батареей запрещается!***

- Аккумуляторные батареи размещаются под вагоном в специальных ящиках, оборудованных вентиляцией для удаления взрывоопасной смеси, образующейся при заряде батареи.
- Для пассажирских вагонов применяются **кислотные** и **щелочные** батареи, состоящие из определенного количества аккумуляторов, соединенных между собой последовательно.

- *Аккумулятором* называется химический источник тока, который способен накапливать и сохранять электрическую энергию, полученную от вагонного генератора или извне от зарядного агрегата, а затем отдавать ее.
- Кислотные аккумуляторы **свинцовые**
- Щелочные - **никель-железные** и **никель-кадмиевые**.

Кислотные аккумуляторы

- В кислотных аккумуляторах электродами являются свинцовые пластины, покрытые активной массой.
- Для **положительного электрода** активной массой служит перекись свинца PbO_2 .
- Для **отрицательного** – губчатый свинец.
- В качестве **электролита** используется 25-34% водный раствор серной кислоты.

- Пластины аккумулятора изготавливаются из свинца в виде **решетки**, в которую закладывается активная масса.
- **Решетка** положительных пластин изготавливается из чистого свинца
- **Решетка** отрицательных пластин изготавливается из сплава свинца с сурьмой.
- Для придания пористости в активную массу добавляют сажу, пемзу, стеклянный порошок.
- Пористость увеличивает проникновение электролита внутрь активной массы, что повышает **емкость аккумулятора**.

- **Формовка** - первая зарядка вновь изготовленных аккумуляторов .
- При **формовке** паста положительных пластин электрохимическим путем превращается в перекись свинца и приобретает коричневый цвет.
- При **формовке** отрицательные пластины приобретают серый цвет.

- При разряде аккумулятора на его пластинах происходят электрохимические реакции, в результате которых химическая энергия аккумулятора переходит в электрическую и между его электродами возникает разность потенциалов около 2В.
- Разряд аккумулятора сопровождается превращением активной массы пластин как положительных, так и отрицательных, в сернокислый свинец $PbSO_4$ или сульфат свинца.

- Когда примерно 35% активной массы перейдет в сульфат свинца, разряд прекращают. При этом напряжение между пластинами составляет 1,7 – 1,8 В.
- При заряде аккумулятора сульфат свинца снова превращается в перекись свинца PbO_2 на положительных пластинах и в губчатый свинец на отрицательных.

- Полностью заряженный аккумулятор непосредственно после окончания заряда имеет ЭДС около 2,15 В.
- ЭДС аккумулятора – это величина, характеризующая разность потенциалов на его зажимах при разомкнутой внешней цепи. Величина ЭДС зависит в основном от плотности электролита.

$$E \approx 0,85 + d$$

Где d – плотность электролита при 15°C (г/см³).

Плотность – число, показывающее во сколько раз масса этого раствора больше массы воды того же объема.

- При замкнутой внешней цепи напряжение на зажимах аккумулятора будет меньше, чем величина ЭДС.

$$U = E - I * r_a$$

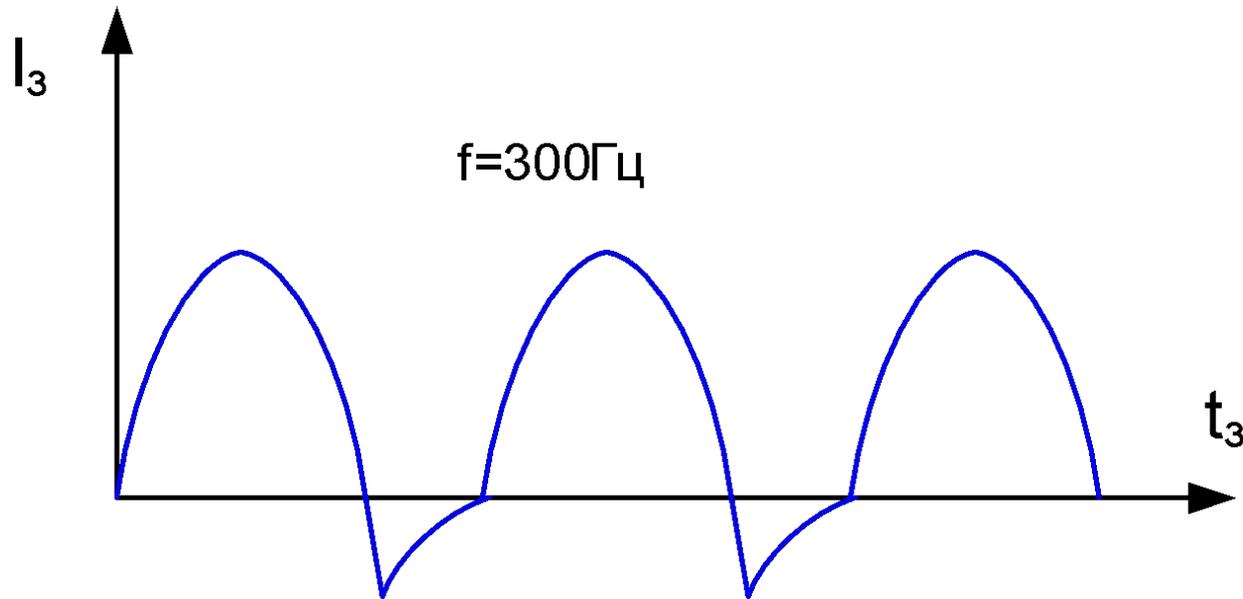
- Где **U** – напряжение на зажимах аккумулятора, В
- **E** – ЭДС аккумулятора, В
- $I * r_a$ – падение напряжения на внутреннем сопротивлении аккумулятора.

- При заряде напряжение, приложенное к аккумулятору, значительно выше, чем при разряде. Зарядное напряжение должно быть больше ЭДС на величину внутреннего падения напряжения.

- При чрезмерных токах заряда может произойти нагрев аккумулятора выше допустимой температуры 45°C.
- Для предотвращения перегрева и более полного восстановления активной массы в некоторых случаях заряд ведут двумя ступенями, то есть **в момент начала газыделения снижают ток в два раза.**

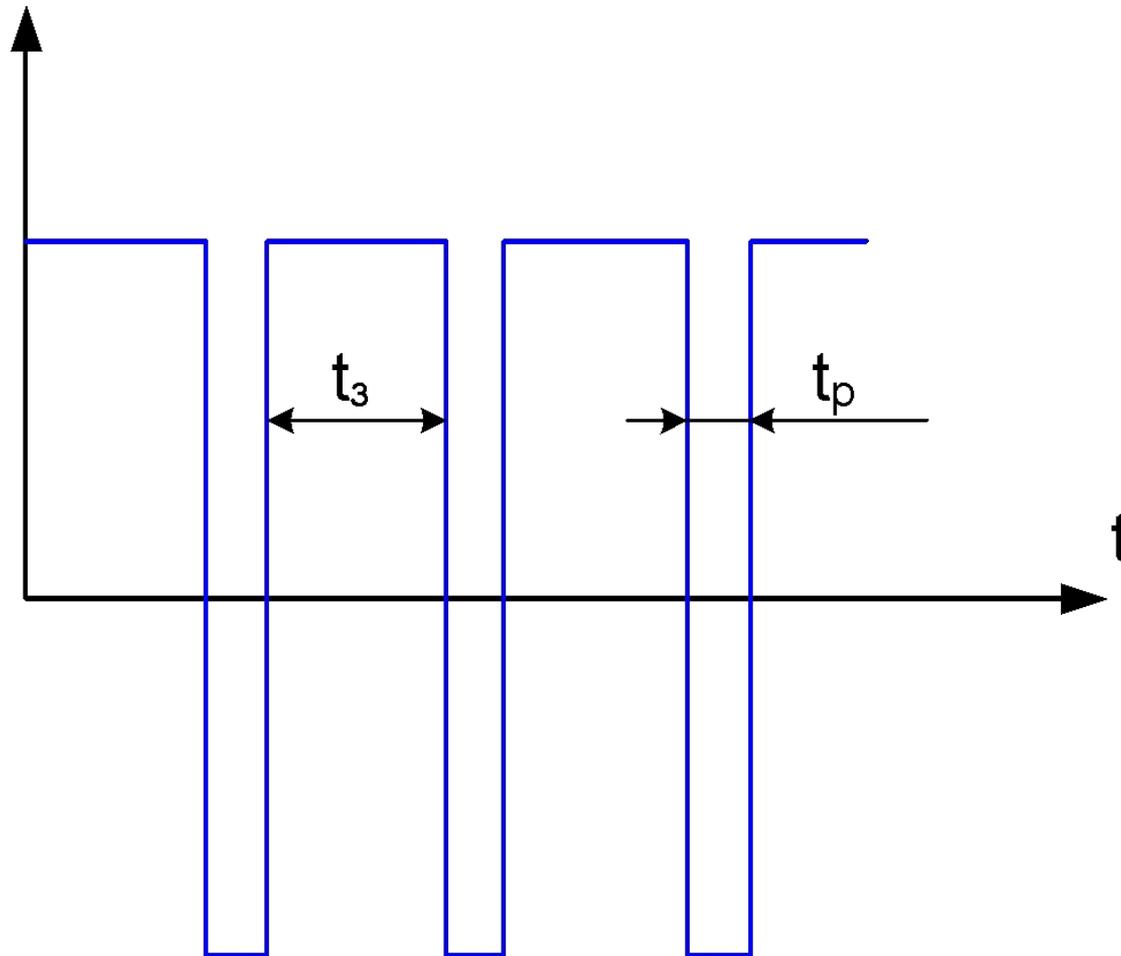
- Для сокращения времени заряда и увеличения емкости в последнее время разработан метод заряда, при котором применяется зарядный ток не постоянный, а прерывистый однополярный, либо импульсный двухполярный асимметричный.

Для первого случая ток имеет следующий график.



- Такой ток получают при помощи тиристорных преобразователей.
- Частота пульсаций должна быть равна 300Гц.

Для второго случая ток имеет следующий график.



- Во втором случае импульсный ток переменной полярности получается также при помощи преобразователя. При этом периоды заряда чередуются с кратковременными периодами разряда.
- Длительность периода заряда должна составлять 5 минут, а периода разряда – 24 сек.
- Амплитуда импульсов заряда и разряда должна быть одинакова.

Кроме ЭДС и напряжения
аккумуляторы характеризуются
емкостью.

- **Емкость** – это количество электричества в А-ч, которое может отдать полностью заряженный аккумулятор при разряде до предельно допустимого напряжения 1,7-1,8 В.

$$Q=I*t$$

Где **Q** - емкость, А-ч

I – ток разряда, А

t – время разряда, час.

- При многократном заряде-разряде аккумулятора во время длительной эксплуатации поры пластин постепенно закрываются, активная масса спекается и частично отпадает от пластин. Это приводит к снижению емкости аккумулятора.
- Срок службы аккумулятора определяется числом зарядно-разрядных циклов.

- Вагонные кислотные аккумуляторы выдерживают **500 полных циклов** с сохранением номинальной емкости. Затем аккумуляторы могут выдержать еще около **100 циклов** при пониженной на 20% емкости.

Для оценки экономичности работы аккумуляторов применяются коэффициенты отдачи и полезного действия.

- Коэффициент отдачи по емкости определяется по формуле

$$\eta_c = \frac{C_p}{C_z}$$

C_p – разрядная емкость

C_z – зарядная емкость

Для кислотных аккумуляторов $\eta_c = 0,85-0,9$.

- КПД аккумулятора (отдачей по энергии) называется отношение

$$\eta_w = \frac{W_p}{W_3}$$

Где W_p – энергия, отданная аккумулятором при разряде

W_3 – энергия, полученная при заряде

$$W_p = I_p * U_p * t_p$$

$$W_3 = I_3 * U_3 * t_3$$

- Для кислотных аккумуляторов $\eta_w = 0.65-0.75$

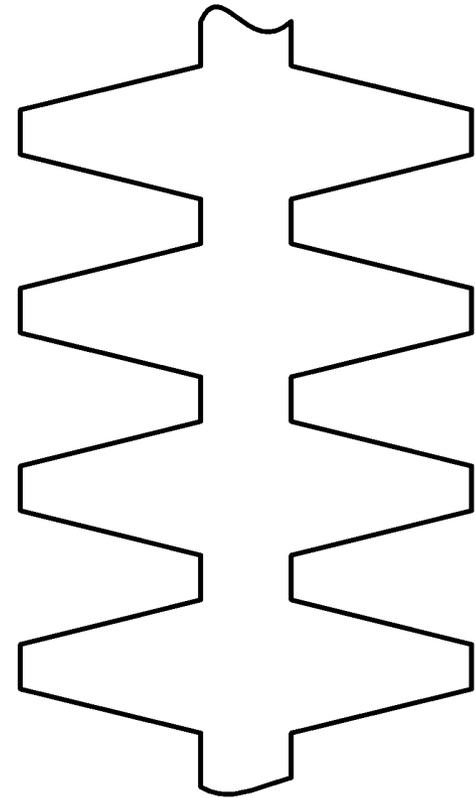
В вагонных батареях применяются
аккумуляторы с пластинами трех

ТИПОВ:

- поверхностные,
- намазные,
- панцирные.

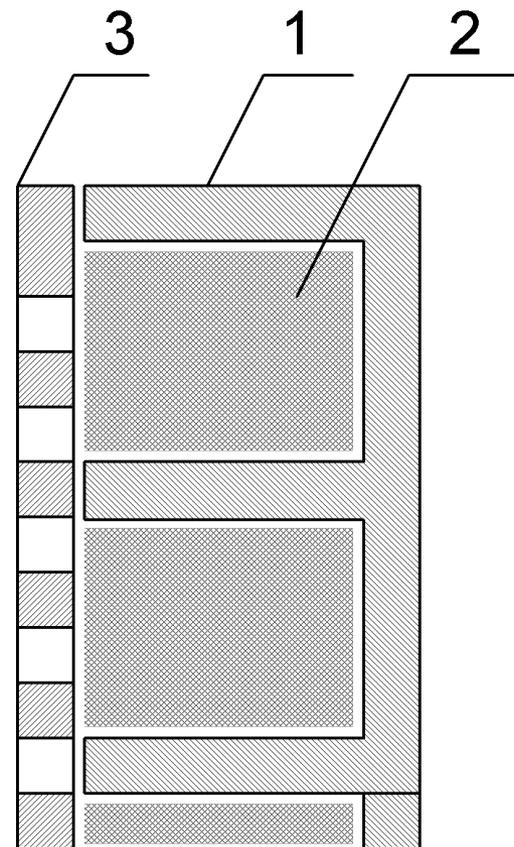
Пластины поверхностного типа

- Пластины **поверхностного типа** (рис.) имеют ребристую поверхность, на которой происходят электрохимические реакции.
- При формовке поверхностный слой превращается в рыхлую активную массу. **Они имеют большой срок службы и высокую механическую прочность.**



Намазные пластины

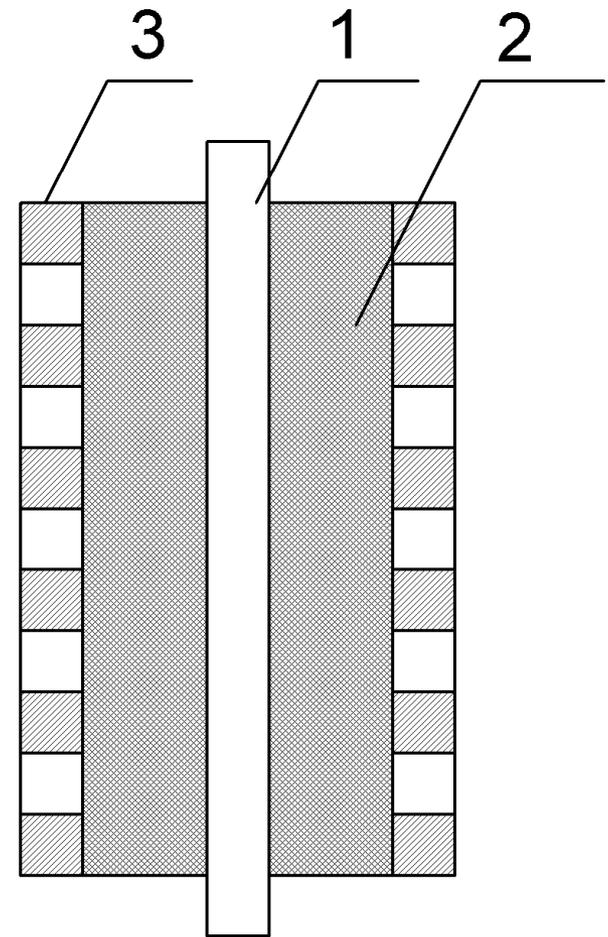
- **Намазные** пластины (рис.) имеют остов 1 из сплава свинца с сурьмой. Остов имеет ячейки, заполняемые пастой 2. Для удержания активной массы ячейки закрываются свинцовыми листами 3 толщиной 0,2-0,3 мм. Или с большим количеством отверстий диаметром 1-1,5 мм.



- Вместо свинцовых листов могут применяться перфорированные листы из винипласта. Намазные пластины (см. выше) еще называют коробчатыми. Кроме коробчатых применяются также намазные решетчатые пластины. Они имеют решетчатый остов, в ячейки которого запрессовывается активная масса.

Пластины панцирного типа

- Пластины панцирного типа (рис.) состоят из ряда свинцовых стержней 1, помещенных в эбонитовые трубки 3 с прорезями. Внутри трубок находится активная масса 2.
- Ряд стержней, окруженный трубками, образует как бы панцирь.



- **Панцирные** пластины имеют высокую механическую прочность и срок службы до 1500 циклов.
- **Положительные намазные** пластины сильно подвержены коррозии, поэтому их применяют в качестве **отрицательных пластин**. В этом случае они могут прослужить 300-400 циклов.
- Наиболее пригодным для вагонов является сочетание **положительных панцирных пластин с отрицательными намазными пластинами**.

- В аккумуляторах все положительные пластины соединены **общей шиной** в полублок, а все отрицательные в свой полублок.
- **Положительные и отрицательные** полублоки соединяются таким образом, чтобы положительные и отрицательные пластины чередовались.
- По краям блока помещаются отрицательные пластины, поэтому их на одну больше, чем положительных.

- Во время работы аккумулятора пластины нагреваются и могут коробиться.
- Чтобы исключить их замыкание друг с другом, между пластинами размещают **сепараторы**.
- Для их изготовления применяются такие изоляционные материалы как **мипора** (микропористый эбонит) или **мипласт** (микропористая пластмасса). Может также применяться **полифторвинил**.
- Кислотные аккумуляторы могут кратковременно выдерживать очень большие токи (до 200 А).

ЩЕЛОЧНЫЕ АККУМУЛЯТОРЫ

- В щелочных аккумуляторах активная масса **положительных пластин** из гидрата окиси никеля
- активная масса **отрицательных пластин** из губчатого железа в никель-железных аккумуляторах или из губчатого кадмия (60-80%) и губчатого железа в никель-кадмиевых аккумуляторах.

- В качестве электролита служит 20% раствор едкого калия (KOH) или едкого натрия (NaOH).
- Для увеличения срока службы аккумулятора в электролит добавляют моногидрат лития LiOH.
- Никель-железные аккумуляторы имеют обозначение «НЖ», а никель-кадмиевые «НК».
- ЭДС полностью заряженного аккумулятора 1,45 В.

- Ввиду большого внутреннего сопротивления среднее напряжение при разряде аккумулятора составляет 1,25 В.
- Минимальное напряжение, до которого можно разряжать щелочной аккумулятор, составляет 1 В.

- Для определения нормального зарядного тока нужно величину емкости аккумулятора разделить на четыре.
- Например, для аккумулятора емкостью 300 А*ч номинальный зарядный ток составит 75 А .
- Заряд должен длиться столько времени, чтобы аккумулятору было сообщено 150% номинальной емкости.
- Для нашего примера это составит 450 А*ч . Для этого нужно заряжать аккумулятор током 75 А в течение 6 часов.

- **Емкость** щелочного аккумулятора зависит больше от **площади пластин**, чем от общего количества активной массы. Причиной этого служит то, что все электрохимические реакции происходят в нем главным образом на поверхности пластин, а не в их глубине.

Формовка аккумулятора

- Перед вводом нового аккумулятора в эксплуатацию проводят несколько усиленных зарядов и глубоких разрядов (формовка).
- Во время формовки активная масса пластин разрабатывается и аккумулятор набирает требуемую емкость.
- Новые батареи трижды заряжают номинальным зарядным током, сообщая при этом 300% емкости и трижды разряжают номинальным разрядным током, снимая номинальную емкость. Третий цикл является контрольным.
- Коэффициент отдачи по емкости у щелочных аккумуляторов $\eta_c = 0,5-0,55$, а КПД $\eta_w = 0,65-0,70$, то есть меньше, чем у кислотных аккумуляторов.

Сравнение кислотных и щелочных аккумуляторов

- Щелочные аккумуляторные батареи дешевле кислотных
- обладают большой механической прочностью,
- не выходят из строя в результате действия низких температур,
- имеют большой срок службы,
- не требуют такого тщательного ухода, как кислотные.

Недостатки щелочных аккумуляторов

- Низкий КПД
- Значительное внутреннее сопротивление.
- Их разрядное напряжение 1,25 В почти на 40% ниже, чем у кислотных (2 В).
- Для того, чтобы набрать вагонную батарею на напряжение 50 В, необходимо соединить 40 щелочных аккумуляторов и только 26 кислотных.

Преимущества

- Щелочные аккумуляторы имеют большую удельную энергию на единицу массы. Она составляет примерно 20-25 Вт*ч/кг. У кислотных аккумуляторов этот показатель составляет около 15-17 Вт*ч/кг.
- Щелочные аккумуляторы можно долгое время хранить в полуразряженном или совсем разряженном состоянии.
- Щелочные аккумуляторы не боятся низких температур и при правильной эксплуатации служат в 3-4 раза дольше, чем кислотные.

- Саморазряд у кислотных аккумуляторов в сутки составляет около 1% емкости, в течение месяца они могут потерять до 25% емкости, в то время как щелочные батареи через 9 месяцев хранения теряют только 20% емкости.

- Поскольку щелочные аккумуляторы имеют большое внутреннее сопротивление, то при больших токах разряда их напряжение падает очень быстро.
- Следовательно, их нельзя применять в качестве стартерных, когда токи разряда достигают 200-300 А.

Маркировка аккумуляторных батарей

- Маркировка аккумуляторных батарей состоит из буквенных и цифровых сочетаний.
- На первом месте находится число, указывающее количество аккумуляторов в батарее.
- Затем идет сочетание букв, характеризующее некоторые конструктивные особенности и назначение аккумулятора.
- Последние цифры обозначения указывают емкость аккумулятора в А*ч.

Буквы имеют следующее значение:

- В – вагонный аккумулятор;
- Т – тяговый;
- Ц – для вагонов ЦМВ;
- П – панцирные пластины;
- М – с мипластовой сепарацией;
- НЖ – никель-железный;
- НК – никель-кадмиевый;
- СТ – стартерный.

Пример, 40 ТНЖ – 550, 6 СТ – 55.

В некоторых случаях после цифр, характеризующих емкость, могут снова находиться буквенные символы. Они имеют следующий смысл:

- Э – эбонитовый корпус (моноблок);
- М – сепаратор из мипласта;
- С – сепаратор из стеклопластика;
- У – климатическое исполнение.

Пример, 6 СТ – 180М или ВНЖ – 300У.

Условное обозначение импортных аккумуляторов отличается от отечественных.

- На вагонах **без кондиционирования воздуха** с номинальным напряжением электрической сети 50 В устанавливают аккумуляторные батареи, состоящие из 26 кислотных или 38-40 щелочных аккумуляторов.
- На вагонах **с кондиционированием воздуха** с номинальным напряжением электрической сети 110 В устанавливают батареи, состоящие из 56 кислотных или 82-86 щелочных аккумуляторов.

Перспективы развития аккумуляторов

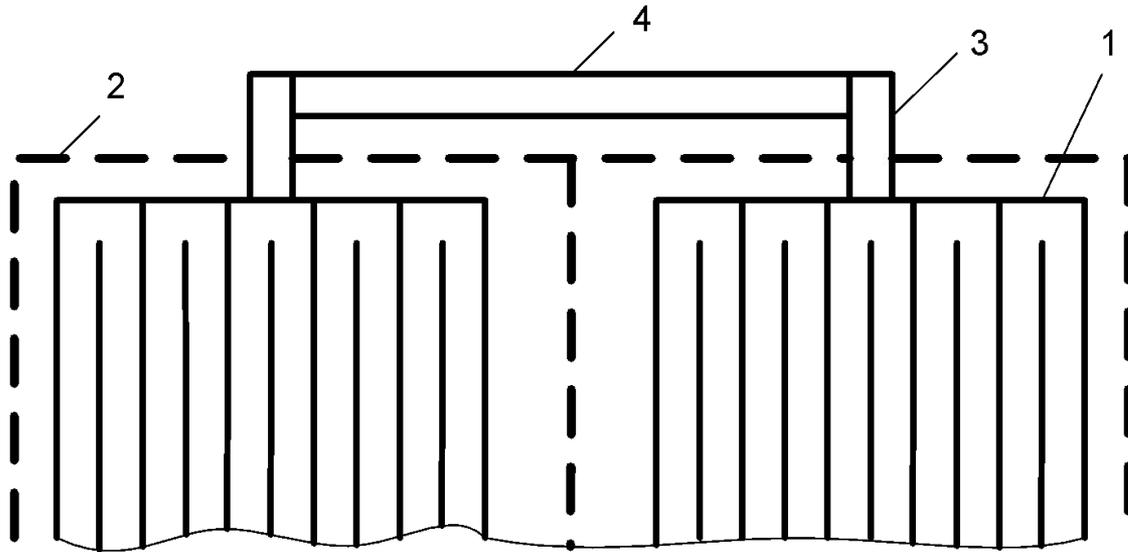
Наибольшие трудозатраты при техническом обслуживании аккумуляторов требуются на постоянную доливку воды или электролита и на подзарядку батарей ввиду потери емкости.

Пути совершенствования конструкции аккумулятора

- Для увеличения емкости самым эффективным способом является **увеличение площади пластин**. Чтобы при этом не происходило увеличение габаритов, необходимо увеличивать число пластин за счет снижения их толщины.
- Применение более совершенных термопластичных материалов.

Этот прием позволяет уменьшить вес аккумулятора и улучшить его энергетические характеристики.

Традиционная конструкция аккумулятора имеет следующий вид:



Блок пластин (1) каждого аккумулятора размещается в отдельном корпусе (моноблоке 2). Блоки пластин каждого аккумулятора соединяются между собой при помощи специальных выводов (борнов 3) и перемычек (4).

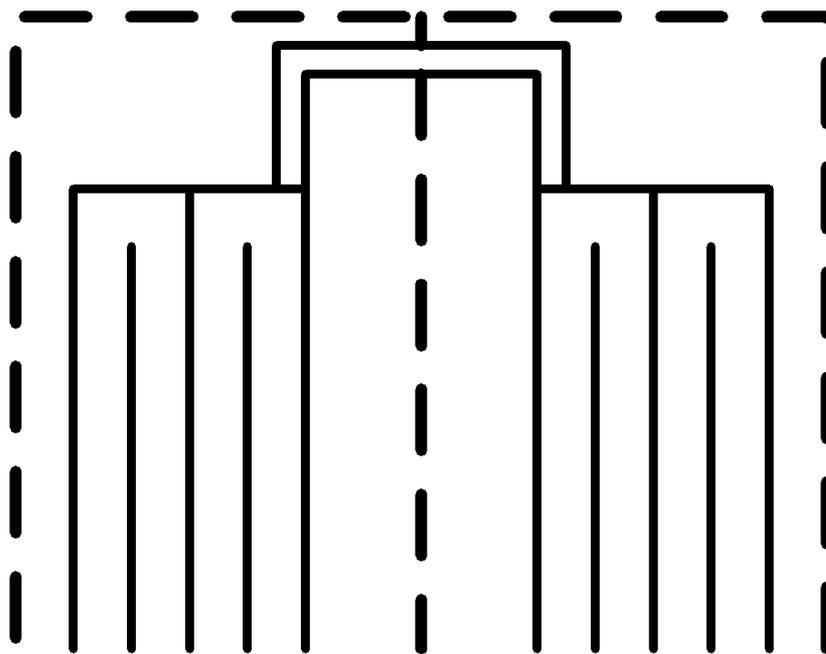
Моноблоки обычно изготавливаются из эбонита.

Этот материал имеет низкую ударную прочность, особенно на морозе, поэтому, стенки моноблока имеют значительную толщину (до 9-12 мм).

В связи с этим вес моноблока у стартерных 12 вольтовых батарей может достигать 9 – 11 кг

В последнее время для изготовления моноблоков начинает применяться **морозостойкий полипропилен**. Это легкий, прочный, термопластичный материал, который может легко свариваться.

В этом случае конструкция аккумулятора изменяется следующим образом:



Перемычка устраивается внутри моноблока. Она запрессовывается в перегородку в нагретом виде, что хорошо уплотняет отверстие.

Корпус из полипропилена значительно легче (в 3-4 раза). Длина соединений становится меньше, а, следовательно, меньше вес свинца.

Снижается и сопротивление выводов, то есть внутреннее сопротивление аккумулятора. Падение напряжения ($I \cdot r_a$) на внутреннем сопротивлении батареи уменьшается, то есть повышается

- **Снижение расхода (испарение) воды.**

Испарение воды из аккумуляторов заставляет постоянно осуществлять доливку. Для этого в депо организуют получение дистиллированной воды. На доливку уходит много времени у персонала.

Испарение воды из аккумуляторов происходит по двум причинам. **Во-первых**, происходит естественное испарение воды, особенно в летнее время, а **во-вторых** – электролитическое разложение воды на водород и кислород, которые уходят в атмосферу.

Для уменьшения естественного испарения воды аккумуляторные пробки снабжаются специальными мембранами, не пропускающими водяные пары, однако пропускающие молекулы водорода и кислорода.

Чтобы снизить **газовыделение** при заряде аккумулятора, а значит и испарение воды, уменьшают процентное содержание сурьмы в материале пластин или заменяют ее кальцием.

Отсутствие сурьмы повышает напряжение, необходимое для **газовыделения**. Это напряжение становится выше, чем зарядное напряжение аккумулятора. Тогда **газовыделдение** в конце заряда не возрастает.

- Увеличение уровня электролита над верхними кромками пластин.

Это позволяет сократить число доливок.

В результате перечисленных мероприятий созданы образцы **малообслуживаемых** и **необслуживаемых** аккумуляторов.

Эксплуатация аккумуляторных батарей