

ЛЕКЦІЯ № 4. БАТАРЕЇ ТА СИСТЕМИ ЗАРЯДУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

План лекції. Вимоги до батарей. Правильний вибір батареї. Розташування батареї на транспортному засобі. Свинцево-кислотні батареї: конструкції, класифікація, сила струму і ємність, обслуговування і зарядка. Діагностика несправностей батарей. Розробки в області накопичення електричної енергії. Вимоги до систем зарядки батарей. Принципи побудови системи зарядки. Нові розробки в системах зарядки батарей.

Акумуляторна батарея забезпечує електропостачання електростартера при пуску двигуна, а також електропостачання інших споживачів електроенергії на автомобілі при непрацюючому генераторі або його недостатній потужності. В іншому випадку акумуляторна батарея працює паралельно з генератором. Основним споживачем енергії акумуляторної батареї є електростартер. Робота в стартерному режимі визначає тип і конструкцію акумуляторних батарей і виділяє їх в особливий клас стартерних батарей.

На автомобілях в якості стартерних застосовуються свинцеві акумуляторні батареї. По конструктивно-функціональній ознаці розрізняють батареї:

- звичайної конструкції - у моноблоці з комірковими кришками й міжелементними перемичками над кришками;
- у моноблоці із загальною кришкою й міжелементними перемичками під кришкою;
- необслуговувані - із загальною кришкою, які не потребують технічного обслуговування в експлуатації (термін «необслуговувані акумуляторні батареї» - умовний, так як обслуговувати їх в експлуатації треба, хоча і в значно меншому обсязі).

Працюючи паралельно з генераторною установкою, акумуляторна батарея усуває перевантаження генератора й перенапруги в системі електроустаткування. Після розряду на електростартер та інші споживачі електроенергії, акумуляторна батарея підзаряджається від генераторної установки з певним рівнем регульованої напруги. Гене-

ратор повинен відновити енергію, віддану батареєю при розряді. Чергування режимів розряду й заряду (циклування) - одна з характерних рис роботи акумуляторних батарей на автомобілях.

Акумуляторна батарея є не тільки елементом систем електропостачання й електростартерного пуску, але й складовою частиною інших систем в електроустаткуванні.

Умови, в яких працює акумуляторна батарея, залежать від типу, призначення й кліматичної зони експлуатації, а також від місця її установки на автомобілі. На експлуатаційну надійність і термін служби батареї впливають температура навколишнього середовища, рівень вібрації й тряски, періодичність, обсяг і якість технічного обслуговування, параметри стартерного розряду, сила струмів і тривалість розряду й заряду при циклуванні, рівень надійності й справності електроустаткування, тривалість роботи й перерв в експлуатації. Стартерні свинцеві акумуляторні батареї можуть експлуатуватися при температурі довкілля від -40°C до $+60^{\circ}\text{C}$ (акумуляторні батареї групи I) і від -50°C до $+60^{\circ}\text{C}$ (батарей групи II). При цьому робоча температура електроліту повинна бути не вище $+50^{\circ}\text{C}$.

При підвищенні температури електроліту батареї руйнуються електроди, прискорюється сульфитація. Для зменшення хімічної активності електроліту його щільність у жарких і теплих вологих кліматичних районах знижують до $1,25-1,27 \text{ г/см}^3$. Ріст температури викликає інтенсивний випар води з електроліту. Під дією сонячних променів і високої температури в батареях звичайної конструкції зменшується міцність ебонітових моноблоків, кришок і герметизуючої мастики.

При низьких температурах герметизуюча мастика втрачає еластичність, розтріскується й відшаровується від поверхні кришок і моноблоків. Моноблоки, кришки й пробки стають крихкими. При таненні снігу на поверхні батареї утворюється волога. Лід на поверхні пробки може закрити вентиляційні отвори. При недостатній щільності електроліту й значній розрядженості батареї можливе замерзання електроліту. Тому батареї, експлуатовані при низьких температурах, рекомендується заповнювати електролітом більшої щільності ($1,29-1,31 \text{ г/см}^3$) і тримати в зарядженому стані.

Низькі температури значно погіршують умови заряду акумуляторних батарей. Вже при температурі -10°C розряджена на 50 % батарея може бути заряджена тільки на 60-65 % номінальної ємності. В умовах зимової експлуатації збільшується число включених спожива-

чів. Різко зростає сила струму, споживаного електростартером.

Усе це утрудняє забезпечення позитивного зарядного балансу батареї на автомобілі. При температурі нижче -10°C для підтримки батареї в зарядженому стані необхідно підвищувати регульовану напругу генераторної установки. Зарядна напруга повинна відповідати значенню, зазначеному в технічному описі й інструкції для експлуатації. Максимальна регульована напруга генераторної установки не повинна перевищувати 15,5 і 31,0 В відповідно для 12 і 24-вольтних систем електроустаткування.

Висока механічна міцність, достатній термін служби, необхідна ємність при невеликих розмірах і масі, працездатність у широкому діапазоні температур і значень сили розрядного струму, невеликі втрати енергії при тривалій бездіяльності, мінімальний внутрішній опір і внутрішнє спадання напруги при великій силі струму розряду в стартерному режимі - це не повний перелік вимог до стартерних акумуляторних батарей на автомобілі.

Акумуляторні батареї повинні витримувати короточасні розряди стартерними струмами великої сили без руйнування електродів і погіршення характеристик при подальшій експлуатації, а також мати достатній запас енергії для живлення споживачів у випадку виходу з ладу генераторної установки й для інших потреб, що виникають в аварійних ситуаціях.

До акумуляторних батарей повинен бути забезпечений вільний доступ для огляду й технічного обслуговування. Акумуляторні батареї розміщують ближче до стартера з метою зменшення довжини стартерного проводу й спадання напруги на ньому. Масовий провід батареї кріплять до двигуна або твердої рами.

Рівень вібрації в місцях установки акумуляторних батарей не повинен перевищувати $1,5\text{g}$ (прискорення $14,7\text{ м/с}^2$) у діапазоні частот до 60 Гц. Допускається короточасне вібраційне навантаження при прискоренні 49 м/с^2 (5g) із частотою до 30 Гц. При вібрації й трясці батарея не повинна переміщатися по опорному майданчику. Посадкові місця повинні мати амортизатори й амортизаційні прокладки.

Саморозряд зарядженої батареї, крім необслугованої, після бездіяльності протягом 14 діб при температурі навколишнього середовища не повинен перевищувати 10 %, а після бездіяльності протягом 28 діб 20 % номінальної. Саморозряд батареї, що не потребує постійного обслуговування, після бездіяльності протягом 90 діб не повинен пере-

вищувати 10 % номінальної ємності, а після бездіяльності протягом року - 40 %.

Мінімальний термін служби акумуляторної батареї в експлуатації вважається до моменту зменшення розрядної ємності нижче 40 % номінальної ємності або зниження тривалості стартерного розряду до 1,5 хв. при температурі (25 ± 2) °С до кінцевої розрядної напруги 4,5 і 9,0 В відповідно для 6 і 12 вольтних батарей.

Мінімальний термін служби батарей звичайної конструкції із загальною кришкою, в експлуатації повинен становити один рік при наробітку транспортного засобу не більше 90 тис. км пробігу.

Мінімальний термін служби необслуговуваних батарей, в експлуатації повинен складати три роки при напрацюванні транспортного засобу не більше 100 тис. км пробігу.

Гарантійний термін зберігання не залитих електролітом батарей - три роки з моменту виготовлення. Гарантійний термін зберігання сухозаряджених батарей - один рік з моменту виготовлення. Для необслуговуваних батарей, залитих електролітом, встановлюється термін зберігання два роки за умови проміжного заряду в межах мінімального терміну служби.

Хімічне джерело струму повинне задовольняти наступним вимогам:

- максимальна ЕРС електрохімічної системи;
- максимальна кількість електричної енергії, що знімається з одиниці маси або об'єму;
- мінімальний саморозряд;
- максимальний термін служби;
- мінімальна вартість матеріалів і виготовлення;
- можливість забезпечення роботи в найбільш широких температурних межах.

Принцип дії свинцевого акумулятора.

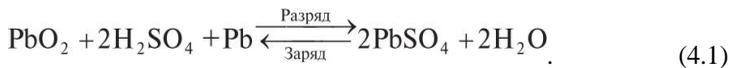
Акумуляторні батареї є вторинними хімічними джерелами струму, які можуть використовуватися багаторазово. Активні речовини, витрачені в процесі розряду, відновлюються при наступному заряді. При протіканні розрядної хімічної реакції в акумуляторі негативний електрод окислюється, а позитивний відновлюється. При окисдуванні відбувається віддача електронів, при відновленні - приєднання електронів.

У свинцевому акумуляторі у струмоутворюючих процесах беруть участь діоксид свинцю PbO_2 (окиснювач) позитивного електроду, губчатий свинець Pb (відновник) негативного електроду й електроліт - водяний розчин сірчаної кислоти H_2SO_4 . Активні речовини електродів являють собою відносно тверду електронопровідну масу з діаметром пор 1-5 мкм у діоксиду свинцю й 5-10 мкм у губчатого свинцю. Об'ємна пористість активних речовин у зарядженому стані становить близько 50 %. Частина сірчаної кислоти в електроліті дисоційована на позитивні іони водню H^+ і негативні іони кислотного залишку SO_4^{2-} .

Губчатий свинець при розряді акумулятора виділяє в електроліт позитивні іони двовалентного свинцю Pb^{2+} . Надлишкові іони негативного електроду по зовнішній ділянці замкненого електричного ланцюга переміщаються до позитивного електрода, де відновлюють чотиривалентні іони свинцю Pb^{4+} до двовалентного свинцю Pb^{2+} . Позитивні іони свинцю Pb^{2+} з'єднуються з негативними іонами кислотного залишку SO_4^{2-} , утворюючи на обох електродах сірчаноокислий свинець $PbSO_4$ (сульфат свинцю).

При підключенні до зарядного пристрою електрони рухаються до негативного електрода, нейтралізуючи двовалентні іони свинцю Pb^{2+} . На електроді виділяється губчатий свинець Pb . Віддаючи під впливом напруги зовнішнього джерела струму по два електрони, двовалентні іони свинцю Pb^{2+} у позитивного електрода окиснюються в чотиривалентні іони Pb^{4+} . Через проміжні реакції іони Pb^{4+} з'єднуються із двома іонами кисню й утворюють діоксид свинцю PbO_2 .

Хімічні реакції у свинцевому акумуляторі описуються рівнянням подвійної сульфатації:



Зміст в електроліті сірчаної кислоти й щільність електроліту зменшуються при розряді й збільшуються при заряді. Утворі води при розряді відбувається у позитивного електрода, у результаті щільність електроліту у позитивних електродів падає швидше, ніж у негативних.

При заряді сірчана кислота утворюється у позитивного електрода, тому щільність електроліту у позитивного електрода росте швидше, ніж у негативного. На 1 А•год електричної ємності витрачається: при розряді - 3,86 г свинцю, 4,44 г діоксиду свинцю, 3,67 г сірчаної

кислоти, а при заряді - 0,672 г води, 11,6 г сульфату свинцю.

Витрата кислоти в позитивних електродах більша, ніж у негативних. Якщо враховувати кількість води, що утворюється в позитивних електродах, то кількість кислоти, необхідної для них у плинні розряду, в 1,6 рази більше, ніж для негативних. Це є основною причиною того, що сепаратор з боку позитивного електрода має жолоби з метою збільшення обсягу кислоти близько такого електрода. При заряді відбувається незначне збільшення об'єму електроліту, а при розряді - зменшення. По щільності електроліту можна судити про ступінь розрядженості ΔC_p (%) свинцевого акумулятора:

$$\Delta C_p = 100(\rho_3 - \rho_{25}) / (\rho_3 - \rho_p), \quad (4.2)$$

де ρ_3 і ρ_p - щільність електроліту відповідно повністю зарядженого й повністю розрядженого акумуляторів при температурі 25°C, г/см³ ($\rho_3 - \rho_p = 0,16$ г/см³);

ρ_{25} - виміряна щільність електроліту, наведена до щільності при температурі 25°C, г/см³ (далі щільність, наведена до температури).

Для приведення щільності електроліту до температури 25°C використовують формулу:

$$\rho_{25} = \rho_t - 0,0007(25 - t), \quad (4.3)$$

де t - температура електроліту в момент виміру щільності.

Ступінь розрядженості батареї по вимірній щільності визначають із урахуванням початкової щільності електроліту повністю зарядженої батареї (табл. 4.1). Батареї, ступінь розрядженості яких більше 50 % улітку й 25 % узимку, необхідно зняти з експлуатації й зарядити в стаціонарних умовах.

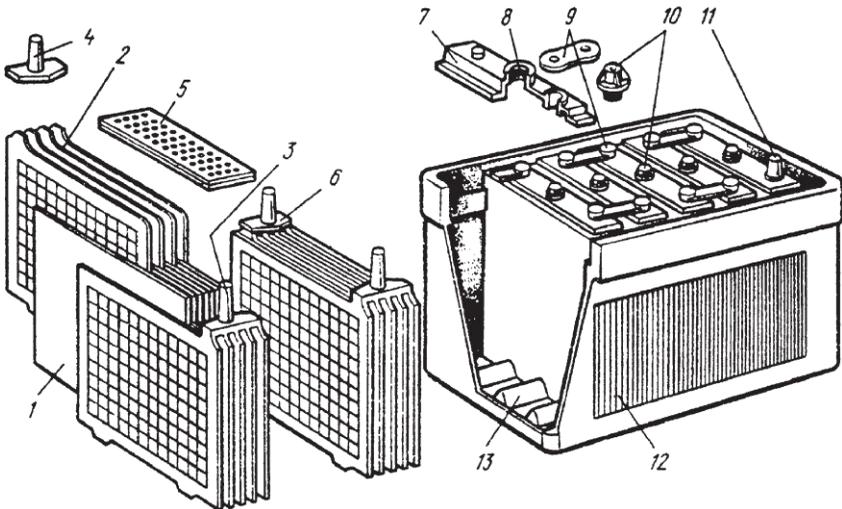
Устрій стартерних акумуляторних батарей.

Батарея залежно від необхідної напруги містить три або шість послідовно з'єднаних акумуляторів. Стартерна свинцева акумуляторна батарея звичайної конструкції з міжелементними перемичками над кришками комірок складається із зібраних у напівблоки 2 і 3 (рис. 4.1) позитивних і негативних електродів (пластин), сепараторів 1, моноблока 12 (корпуса), кришок 7 із пробками 10, міжелементних перемичок 9, полюсних виводів 11 і запобіжного щитка 5.

Таблиця 4.1 - Щільність електроліту наведена до температури 25°C, г/см³

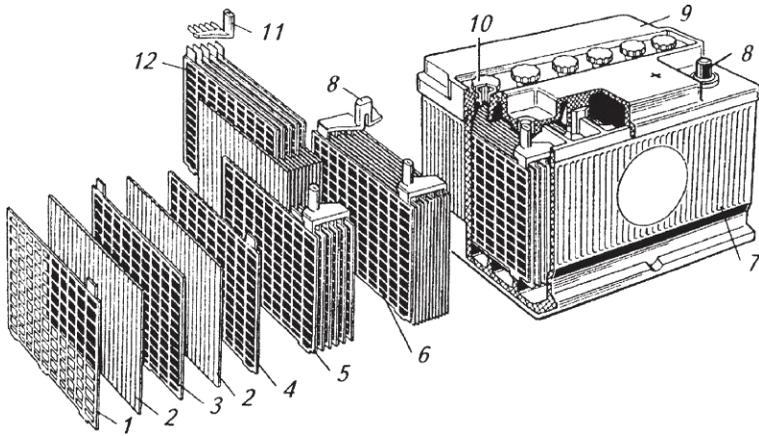
| Повністю заряджена батарея | Розряджена батарея | |
|----------------------------|--------------------|---------|
| | на 25 % | на 50 % |
| 1,30 | 1,26 | 1,22 |
| 1,28 | 1,24 | 1,20 |
| 1,26 | 1,22 | 1,18 |
| 1,24 | 1,20 | 1,16 |
| 1,22 | 1,18 | 1,14 |

Акумуляторна батарея із загальною кришкою й міжелементними перемичками під кришкою (рис. 4.2) має позитивні 3 і негативні 4 електроди, які мають решітку 1 з нанесеною на неї активною масою. Для запобігання від коротких замикань електроди розділені сепараторами 2. Позитивні й негативні електроди з'єднані бареткою в напівблоки 12 і 5. Напівблоки об'єднуються в блоки, які опускаються в секції моноблока й з'єднуються між собою міжелементними перемичками.



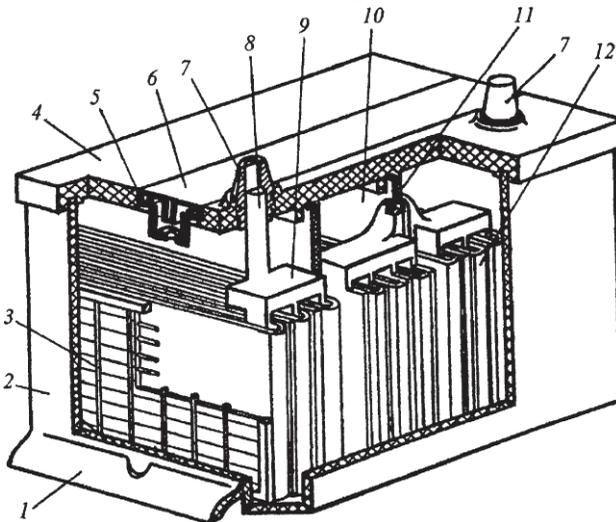
1 - сепаратор; 2, 3 - напівблоки відповідно позитивних і негативних електродів; 4 - баретка; 5 - запобіжний щиток; 6 - місток; 7 - кришка; 8 - заливальний отвір; 9 - міжелементна перемичка; 10 - пробка; 11 - полюсний вивід; 12 - моноблок; 13 - опорна призма

Рисунок 4.1 - Стартерна акумуляторна батарея звичайної конструкції



1 - решітка; 2 - сепаратор; 3, 4 - електроди відповідно позитивний і негативний; 5, 12 - напівблоки відповідно негативних і позитивних електродів; 6 - блок електродів із сепараторами; 7 - корпус моноблока; 8 - полюсний вивід; 9 - загальна кришка; 10 - пробка; 11 - місток з борну

Рисунок 4.2 - Акумуляторна батарея із загальною кришкою



1 - виступ моноблока; 2 - моноблок; 3 - електрод; 4 - кришка; 5 - пробка; 6 - планка; 7 - вивід; 8 - борн; 9 - місток; 10 - перегородка; 11 - міжелементна перемичка; 12 - сепаратор-конверт

Рисунок 4.3 - Акумуляторна батарея із сепараторами-конвертами

Акумуляторна батарея із сепараторами-конвертами й міжелементними перемичками під загальною кришкою через перегородку наведена на рис. 4.3.

Електроди.

У повністю зарядженій свинцевій батареї активною речовиною позитивних електродів є діоксид свинцю PbO_2 (темно-коричневого кольору), а негативних - губчатий свинець Pb (сірого кольору).

Решітки електродів виконують функції підведення струму до активної маси при її заряді й струмовідводу при її розряді, а також механічного втримання активної маси.

Однакові по конструкції решітки позитивних і негативних електродів мають вушка, рамку з вертикальними ребрами й горизонтальними жилками, опорні ніжки. У деяких решітках у випадку застосування сепараторів-конвертів ніжки мають меншу висоту або відсутні. Профіль ребер і жилок забезпечує легке добування решітки з ливарної форми й гарний контакт між активною масою й решіткою.

Освинцьована сітка металевих решіток зі збільшеною поверхнею має краще зчеплення з активною речовиною електрода, що зменшує дію корозії й збільшує термін служби батареї.

Решітки електродів повинні забезпечувати рівномірний розподіл струму по всій масі активних речовин. Ступінь нерівномірності розподілу струму на електродах залежить від відношення висоти до ширини електродів. З наближенням даного відношення до одиниці (квадратний електрод) ступінь нерівномірності розподілу струму знижується. У стартерних батареях звичайної конструкції застосовують електроди шириною 143 мм і висотою без ніжок 119 і 133,5 мм.

Товщина решіток електродів залежить від режимів роботи й встановленого терміну служби батареї. Для автомобільних батарей товщина решіток дорівнює 1,5-2 мм. Решітки негативних електродів мають меншу товщину, тому що вони менш піддані корозії. Маса решіток становить до 50 % маси електрода.

Решітки електродів відливають зі сплаву свинцю й сурми (4-6 %) з додаванням миш'яку (0,1-0,2 %). Сурма збільшує механічну міцність і корозійну стійкість решітки, підвищує її твердість, поліпшує плинність сплаву при виготовленні решіток, знижує їхнє окиснення при зберіганні. Додаток миш'яку збільшує корозійну стійкість решіток, помітно підвищує межу міцності на розрив і твердість. Легування миш'яком свинцево-сурьмянистих сплавів решіток електродів дозволяє

збільшити термін служби батарей.

Гнізда решіток електродів заповнені пористою активною масою. Основою пасти електродів є свинцевий порошок, що заміщується у водяному розчині сірчаної кислоти. Для збільшення міцності активної маси в пасту позитивних електродів додають поліпропіленове волокно. Додавання волокна підвищує механічну міцність пасти й збільшує пористість активної маси позитивного електрода з 40 до 50 %, у результаті чого підвищується термін служби й поліпшуються енергетичні характеристики батареї на 9-15 %. Вміст волокна й капрону або пропиляна діаметром 25 мкм, довжиною 3-5 мм становить 0,4 % сухої маси активної речовини. Ущільнення активної речовини негативних електродів у процесі експлуатації можна уникнути завдяки додаванню в пасту розширників (сажа, дубитель БНС, гумати, одержувані з торфу, і т.д.) у суміші із сірчанокислим барієм.

Пориста структура активної маси електродів забезпечує краще проникнення електродів у глибинні шари й підвищує коефіцієнт використання активних речовин. Активна поверхня пористої маси (поверхня, що безпосередньо контактує з електролітом) у сотні раз перевищує геометричну поверхню електрода.

Губчатий свинець негативного електрода має менший питомий опір (1,83-10 Ом•см) у порівнянні з діоксидом свинцю ($74 \cdot 10^{-4}$ Ом•см) позитивного електрода, тому негативний електрод має більшу механічну міцність, менше підданий жолобленню й корозії.

Омічний опір решіток стартерних батарей товщиною 2,2-2,5 мм перебуває в межах 1,8-2,4 мОм, товщиною 1,6-1,8 мм - у межах 2,4-3,0 мОм. У зарядженому стані опір негативного електрода становить 62-70 % опору решітки, а позитивного - 92-98 %. У міру розряду батареї опір електродів наближається до опору решіток.

Негативні й позитивні електроди за допомогою бареток з'єднані в напівблоки. Баретки мають містки, до яких вушками приварені решітки електродів, і вивідні штирі (борни). Борни є струмовідводами напівблоків електродів. Міст і містки забезпечують необхідний зазор між електродами. Зі збільшенням числа паралельно з'єднаних електродів у напівблоках збільшується номінальна ємність акумулятора.

Напівблоки об'єднані в блоки електродів. Залежно від пропонованих до батареї вимог співвідношення між числом позитивних і негативних електродів може бути різним. Однак число різнополярних електродів відрізняється не більше ніж на одиницю: звичайно негативних

електродів у блоках на один більше, ніж позитивних. У струмоутворюючих реакціях бере участь більша кількість активної речовини позитивних електродів. Перебуваючи між двома негативними електродами, позитивний електрод при заряді й розряді зазнає менше змін активної маси й менше деформується.

При такому співвідношенні товщина позитивних електродів, як правило, на 10-20 % більше товщини негативних, а товщина крайніх негативних електродів на 40 % менше товщини позитивних. У деяких батареях число різнополярних електродів однакове. У таких випадках обидва електроди мають однакову товщину.

Сепаратори.

Електроди в блоках розділені сепараторами, які, запобігаючи короткому замиканню між різнополярними електродами, забезпечують необхідний для високої іонної провідності запас електроліту в міжелектродному просторі й можливість переносу електричного заряду від одного електрода до іншого.

Крім того, сепаратори фіксують положення електродів, попереджаючи їхнє переміщення при трясці й вібрації. У деяких конструкціях акумуляторних батарей блок електродів 3 (рис. 4.4) кріпиться додатково до баретки 1 за допомогою поліуретану 2, що значно підвищує стійкість акумуляторної батареї до вібрації.

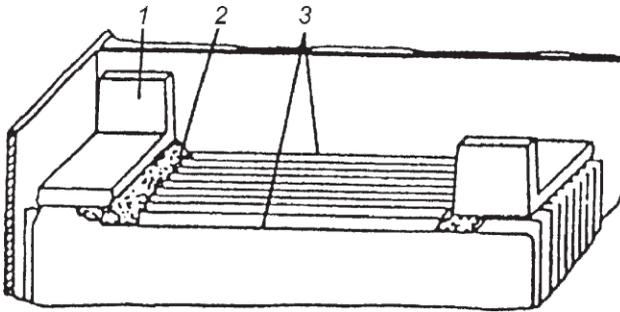


Рисунок 4.4 - Кріплення блоку електродів до баретки за допомогою поліуретану

Технічні показники сепараторів суттєво впливають на роботу свинцевої акумуляторної батареї. Від омичного опору сепараторів залежить внутрішнє спадання напруги в акумуляторній батареї. Сепара-

тори сповільнюють опливання активної маси позитивних електродів і сульфатацію негативних електродів, продовжуючи термін служби акумуляторної батареї.

Сепаратори повинні мати високу пористість, достатні механічну міцність, кислотостійкість, еластичність, мінімальну гігроскопічність при тривалому зберіганні акумуляторної батареї в сухозарядженому стані й повинні зберігати свої властивості в широкому діапазоні температур. Опір сепаратора, просоченого електролітом, повинен бути меншим, ніж опір такого ж за обсягом і геометричними розмірами шару електроліту.

У стартерних свинцевих батареях встановлюють сепаратори з міпору, міпласту, поровінілу, пластипору (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 - Сепаратори акумуляторних батарей

| Матеріал | Відносний електроопір, не більше | Об'ємна пористість %, не менше | Маса, кг, сепаратора із площею поверхні 1 м ² |
|---|----------------------------------|--------------------------------|--|
| Міпор | 5,5 | 50–60 | 0,564 |
| Міпласт | 5 | 40–50 | 0,636 |
| Поровініл | 5 | 75 | 0,272 |
| Пластипор | — | 75 | 0,250 |
| Відносний опір - відношення опору сепаратора, просоченого електролітом, до опору шару електроліту тієї ж форми, яку має сепаратор | | | |

Міпор (мікропористий ебоніт) - одержують у результаті вулканізації суміші натурального каучуку із силікагелем і сіркою. Промисловість випускає сепаратори з міпору товщиною 1,1; 1,5; 1,9 мм. До недоліків сепараторів з міпору відносяться крихкість, мала швидкість просочення електролітом, дефіцитність сировини й висока вартість.

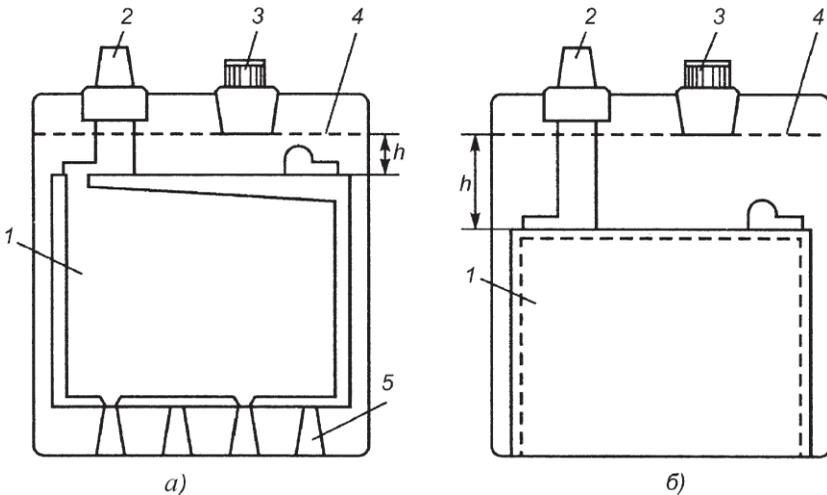
Міпласт (або мікропористий поліхлорвініл) - виготовляють із поліхлорвінілової смоли шляхом спікання. Сепаратори з міпласту випускають товщиною 1,1; 1,3; 1,5; 1,7; 1,9 мм. Технологічний процес виготовлення сепараторів з міпласту простіший. Міпласт швидко просочується електролітом, має низький відносний опір і достатню механічну міцність. Міпласт менш стійкий до утвору голчастих струмопровідних містків між електродами, тому що має меншу пористість і більший діаметр пор у порівнянні з міпором. Термін служби батарей із сепараторами з міпласту менший.

Поровініл одержують із пористого поліхлорвінілу, а **пластипор**

- з перхлорвінілової смоли. Вологість сепараторів з міпору і міпласту при складанні, а також наскрізних мікроотворів, які можна виявити при просвічуванні електричною лампою потужністю 100 Вт, розташованої на відстані 100 мм від сепаратора, не повинна бути більше 2 %.

Механічну міцність сепараторів оцінюють по опору при розриві, вигині навколо валика діаметром 45-60 мм.

Сепаратори представляють собою тонкі (1-2 мм) прямокутні пластини з вертикальними ребрами, які повернені до позитивного електрода для кращого доступу до нього електроліту. Невеликі ребра висотою 0,15-0,20 мм із боку, зверненого до негативного електрода, знижують імовірність «проростання» сепаратора, поліпшують умови дифузії й конвекції електроліту близько негативного електрода.



а - звичайні; б - необслуговувані із сепараторами-конвертами;

1 - блок електродів; 2 - полюсний вивід; 3 - пробка;

4 - призма моноблока; 5 - рівень електроліту над блоком електродів

Рисунок 4.5 - Схеми розташування електродів в акумуляторних батареях

Сепаратори з міпору і міпласту більші електродів по ширині на 3-5 мм, по висоті на 9-10 мм, що виключає появу струмопровідних містків по торцях електродів і сепараторів.

Останнім часом у акумуляторних необслуговуваних батареях, застосовують також сепаратори-конверти. Схема розташування елект-

родів в акумуляторних батареях наведена на рис. 4.5. При установці одного з електродів у сепаратор-конверт виключається замикання електродів різноїменної полярності шламом. Тому можна встановлювати блоки електродів безпосередньо на дно моноблоків без призми і шламового простору, що дозволяє при збереженні висоти акумуляторної батареї більше ніж у 2 рази збільшити висоту рівня електроліту над електродами.

Моноблок. Кришки. Пробки.

Моноблок (корпус) стартерних батарей виготовляють із ебоніту або пластмаси. Важкі й крихкі моноблоки з ебоніту в цей час замінюють моноблоками з термопласту (наповненого поліетилену) або тонкостінними моноблоками з морозостійкого співполімеру пропілену з етиленом. Висока міцність у широкому інтервалі температур, стійкість до кислот, масел, розчинників і теплостійкість нових моноблоків дозволили зменшити товщину їх стінок до 1,8-2,5 мм (замість 6-8 мм для моноблока з ебоніту), а перегородок - до 1,2- 2,5 мм (замість 2,65-5,6 мм).

Усередині моноблок розділений міцними непроникними перегородками на окремі гнізда по числу акумуляторів у батареї. У гніздах моноблока розміщують зібрані в блоки електроди, розділені сепараторами. В акумуляторних батареях зі звичайними сепараторами на дні кожного гнізда передбачено чотири призми, що утворюють простір для осідаючих на дно гнізд батареї активних речовин електродів (шламу). На кожні дві опорні призми встановлюють різнополярні електроди на опорах, що виключає їхнє коротке замикання шламом. На перегородках моноблока передбачені вертикальні виступи (пілястри) для кращої циркуляції електроліту біля електродів, що прилягають до перегородок.

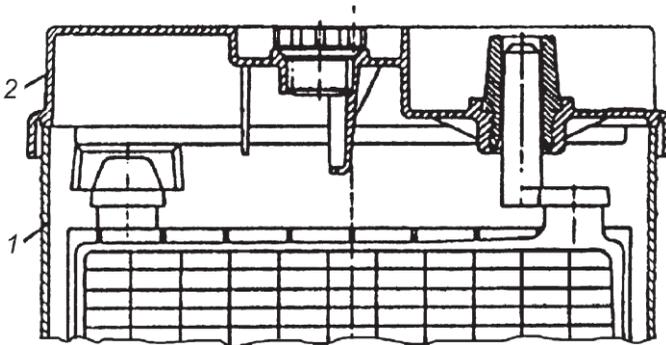
Застосування поліпропілену дало можливість при збереженні достатньої механічної міцності суттєво зменшити масу моноблока. Щільність пропілену дорівнює $0,9 \text{ г/см}^3$, а ебоніту - $1,4 \text{ г/см}^3$. За рахунок зменшення товщини стінок маса поліпропіленового моноблоку на 80 % менше маси ебонітового, що робить батарею більш транспортальною в процесі експлуатації. При однакових габаритних розмірах у поліпропіленовий моноблок можна встановити більше електродів, що збільшує ємність батареї на 15-20 %. Моноблок з поліпропілену міцніший, складніше руйнується, більш термостійкий, напівпрозорий, що спрощує контроль рівня електроліту. Поліпропілен більш стійкий до

впливу електроліту, масел, пластичних мастильних матеріалів і бензину. При з'єднанні акумуляторів через перегородки зменшуються маса свинцю й внутрішній опір батареї, що підвищує на 10 % її потужність. Щільно приварена до моноблоку загальна кришка запобігає підтіканню електроліту й окисдуванню полюсних виводів у процесі експлуатації. Кришки окремих акумуляторів або всієї батареї виготовляються з однорідного з моноблоком матеріалу.

Найпоширеніша кришка із двома крайніми отворами для виводу борнів блоку електродів і одним середнім різьбовим отвором для заповнення гнізда моноблоку електролітом і контролю його рівня. У крайні отвори окремих кришок запресовані свинцеві втулки.

У місцях стику окремих кришок зі стінками моноблоку батареї герметизовані бітумною мастикою.

Широкі можливості для конструктивних удосконалень, що дозволяють полегшити технічне обслуговування батареї в процесі експлуатації, забезпечує застосування загальних кришок, які приварюють до моноблоків. Контактно-теплове зварювання пластмасового моноблоку 1 (рис. 4.6) і загальної кришки 2 створює надійну герметизацію.



1 - моноблок, 2 - кришка

Рисунок 4.6 - З'єднання загальної кришки з моноблоком

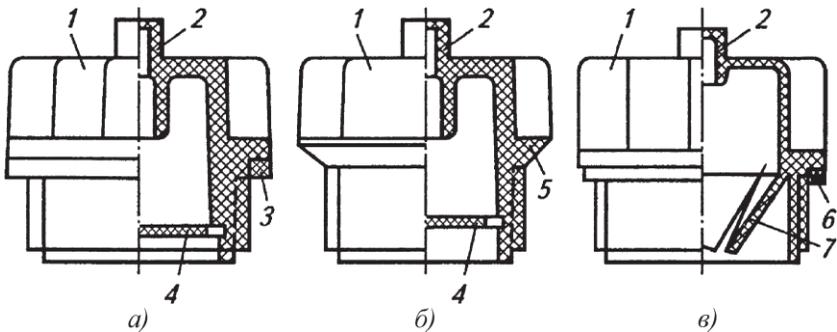
Застосування загальної кришки на всі акумулятори батареї дозволяє:

- зменшити довжину міжелементних з'єднань, що знижує внутрішній опір батареї;
- легше підтримувати чистоту верхньої частини батареї, що знижує ймовірність її саморозряду через кришку;

- підсилити кріплення окремих акумуляторів у батареї.
- Однак використання загальної кришки має недоліки:
- не можна виміряти напругу окремого акумулятора й замінити його, якщо він непридатний;
 - неможливо відремонтувати батарею із загальною кришкою.

Заливальні отвори горловини в кришках уніфіковані по метричному різьбленню M20, M24 і M30 і закриті пробками з вентиляційними отворами.

Пробки виготовляють із ебоніту, полістиролу або феноліту. Пластмасові пробки мають меншу масу й більшу міцність. Для того щоб запобігти витіканню електроліту, між ущільнювальним бортом корпусу 1 (рис. 4.7) і заливальною горловиною кришки встановлюють гумову шайбу 3. Герметизація може забезпечуватися також конусним бортом 5, припасованим до горловини отвору в кришці. У новій конструкції пробок передбачений пластмасовий ущільнювальний елемент 6, розташований на бортику пробки. Пробки мають вбудовані відбивачі 4 і 7, які не дозволяють електроліту вихлюпуватися через вентиляційний отвір. У пробках нової конструкції відбивач 7 виконаний у вигляді пелюсток.



- а - гумовим; б - під конус; в - пластмасовим; 1 - корпус пробки; 2 - приплив вентиляційного отвору; 3 - гумова шайба; 4 - відбивач; 5 - конусний бортик; 6 - пластмасовий ущільнювальний елемент; 7 - пелюстковий відбивач

Рисунок 4.7 - Пробки батарей з ущільненням

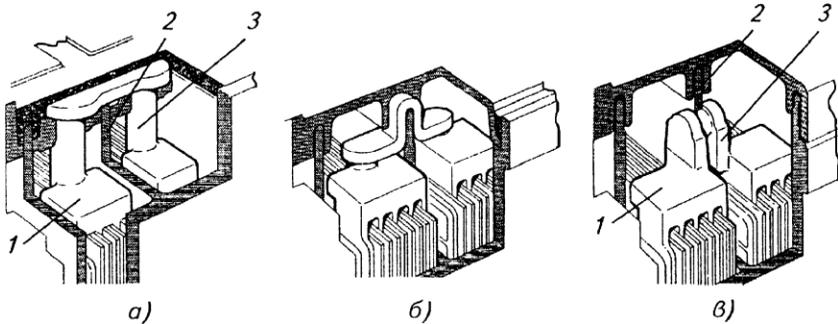
Батареї великої ємності постачені ручками для перенесення, прикріплені до моноблока спеціальними металевими скобами, накладками й гвинтами. Така конструкція вимагає додаткового осна-

щення для виготовлення кріпильних деталей переносних пристроїв і збільшує трудомісткість виготовлення батареї.

Виконання переносних пристроїв з ручками, розташованими в отворах бортика моноблока, простіше. Ручки можуть бути твердими або гнучкими, можуть переміщатися у вертикальному напрямку й повертатися на деякий кут по горизонталі. Переносні пристрої й місця їх кріплення повинні витримувати навантаження, яке дорівнює дворазовій масі батареї з електролітом.

Міжелементні перемички. Полюсні виводи.

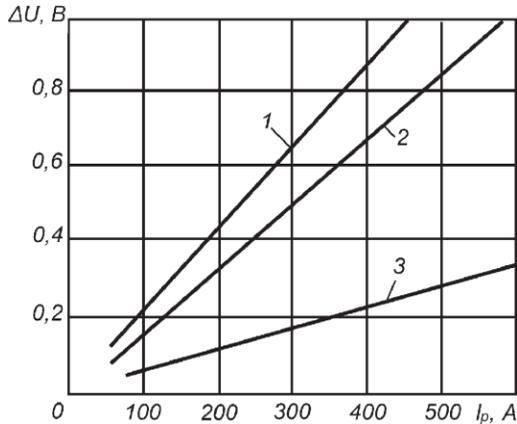
Для послідовного з'єднання акумуляторів у батареї використовують міжелементні перемички (рис. 4.8), які припаюють до борнів бареток напівблоків у такому порядку, щоб з'єднати між собою напівблок негативних електродів одного акумулятора з напівблоком позитивних електродів поруч розташованого акумулятора. При з'єднанні борна з міжелементною перемичкою до них приварюється верхня частина свинцевої втулки, запресованої у кришці. Це забезпечує надійне ущільнення отворів у місцях виводу борнів.



а - зовнішні над кришкою; б - внутрішні над перегородкою;
в - внутрішні через отвір у перегородці;
1 - місток баретки; 2 - перегородка моноблока; 3 - борн баретки
Рисунок 4.8 - Міжелементні перемички акумуляторних батареї

Укорочені міжелементні перемички через перегородки поліетиленових моноблоків дозволяють зменшити внутрішній опір батареї й витрати свинцевого сплаву. Зниження спадання напруги на сполучних деталях дозволяє мати більше на 0,1-0,3 В напруги на виводах батареї при її роботі в стартерному режимі. На рис. 4.9 наведена залежність

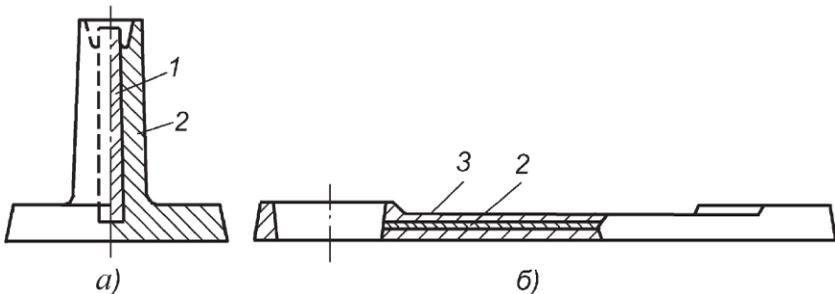
спадання напруги ΔU у перемичці між акумуляторами від сили розрядного струму I_p при різних способах з'єднання акумуляторів.



1 - над кришкою; 2 - під кришкою; 3 - через перегородку

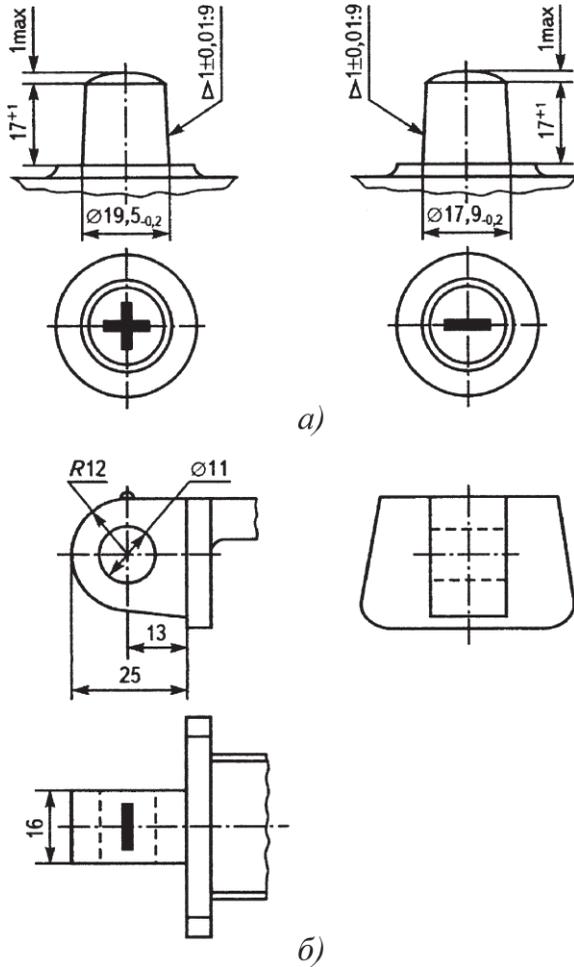
Рисунок 4.9 - Залежність спадання напруги ΔU у перемичці між акумуляторами від сили розрядного струму I_p батареї при різних способах з'єднання акумуляторів

Для зменшення внутрішнього спадання напруги в батареях 6СТ-182, 6СТ-190 і 3СТ-215 борни й міжелементні перемички виконані у вигляді освинцьованих вкладишів з міді, що мають в 12 раз більшу електропровідність у порівнянні зі свинцево-сурьмяністими сплавами. На рис. 4.10 показані струмоведучі деталі з мідними вставками.



а - борн; б - міжелементна перемичка; 1 - мідний стрижень борна; 2 - свинцево-сурьмяністий сплав; 3 - мідна планка міжелементної перемички

Рисунок 4.10 - Струмоведучі деталі з мідними вставками



а - конусні; б - з отворами під болт Рисунок

4.11 - Полюсні виводи стартерних батарей

Поперечний переріз борнів і міжелементних перемичок батарей вибирається з умови, що спадання напруги на кожному з борнів становить 16 мВ на міжелементних перемичках - 20 мВ при силі струму $3C_{20}$ А. До борнів крайніх акумуляторів приварюють конусні полюсні виводи (рис. 4.11). Розміри виводів стандартизовані.

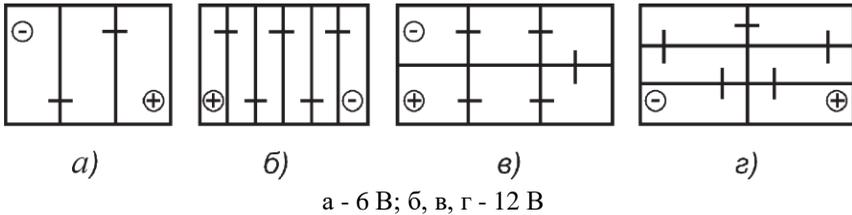


Рисунок 4.12 - Схеми розташування акумуляторів у вітчизняних батареях з номінальною напругою

Діаметр конуса в основі позитивного виводу більший, ніж у негативного (у закордонних батареях розмір виводів вказується по верхньому діаметру конуса: 17,4 і 15,8 мм відповідно для позитивного й негативного виводів). У такий спосіб виключається ймовірність неправильного підключення батареї в систему електроустаткування.

Деякі батареї мають виводи менших розмірів з отворами під болти або гвинти. Необслуговувані акумуляторні батареї, корпорація GNB випускає з обома типами виводів: конусними на кришці і бічними з різьбовими втулками. Це дозволяє забезпечити підключення до батареї сполучних проводів з різними конструктивними виконаннями наконечників. Залежно від ємності батареї, її номінальної напруги й типу транспортного засобу, відповідно передбачені й різні схеми розташування акумуляторів у батареї (рис. 4.12).

Електроліт готується із сірчаної кислоти і дистильованої води. Від хімічної чистоти електроліту залежать характеристики й термін служби батареї. Кислоту підрозділяють на два сорти (А і Б) залежно від кількості домішок (табл. 4.3). Концентрована сірчана кислота являє собою прозору рідину без кольору й запаху щільністю $1,83 \text{ г/см}^3$, у якій утримується 94 % чистої сірчаної кислоти.

Температура кипіння кислоти складає 33°C . Температура електроліту, що заливається в акумулятори, повинна бути в межах $15\text{-}30^\circ\text{C}$. Залежно від кліматичних районів експлуатації в батареї заливають електроліт різної щільності (табл. 4.4), від якої залежить температура його замерзання (табл. 4.5). Норми витрати сірчаної кислоти й дистильованої води для приготування електроліту необхідної щільності наведені в табл. 4.6.

Вміст домішок (мг/л) у дистильованій воді, необхідної для готування електроліту, не повинен перевищувати перерахованих значень:

залишок після випарювання 5,00; алюміній 0,05;
 залишок після прожарювання 1,00; кальцій 0,80;
 аміак і амонійні солі 0,02; мідь 0,02;
 нітрати 0,20; свинець 0,05;
 сульфати 0,50; цинк 0,20;
 хлориди 0,02; відновлювані речовини 0,08.
 залізо 0,05;

Таблиця 4.3 - Вміст домішок у сірчаній кислоті, %

| Домішки, % | Сорт А | Сорт Б |
|---|---------|--------|
| Залізо | 0,00600 | 0,0120 |
| Марганець | 0,00005 | 0,0001 |
| Мідь | 0,00050 | 0,0005 |
| Миш'як | 0,00005 | 0,0001 |
| Оксиди азоту | 0,00005 | 0,0001 |
| Важкі метали (у перерахуванні на свинець) | 0,01000 | 0,0100 |
| Хлористі з'єднання | 0,00030 | 0,0005 |
| Залишок після прожарювання | 0,03000 | 0,0400 |

Таблиця 4.4 - Щільність електроліту

| Макро-кліматичний район | Кліматичний район; середньомісячна температура повітря в січні, °С | Пора року | Щільність електроліту наведена до температури 25°С, г/см ³ | |
|-------------------------|---|-----------|---|--------------------|
| | | | Залитого | Зарядженої батареї |
| Холодний | Дуже холодний: від -50 до -30 | Зима | 1,28 | 1,30 |
| | | Літо | 1,24 | 1,26 |
| | Цілий рік | 1,26 | 1,28 | |
| Помірний | Помірний: від -15 до -3 | Зима | 1,24 | 1,26 |
| | | Літо | 1,22 | 1,24 |
| | Теплий вологий: від 0 до 4 | Цілий рік | 1,20 | 1,22 |

Приготування електроліту з попередньо підготовленого й охолодженого до кімнатної температури розчину сірчаної кислоти щіль-

ністю 1,40 г/см³ більш доцільне, тому що в цьому випадку менше виділяється теплоти й потрібно менше часу.

Таблиця 4.5 - Температура замерзання електроліту

| Щільність електроліту, наведена до температури 25 °С, г/см ³ | Температура замерзання, °С | Щільність електроліту, наведена до температури 25 °С, г/см ³ | Температура замерзання, °С |
|---|----------------------------|---|----------------------------|
| 1,09 | -7 | 1,24 | -50 |
| 1,12 | -10 | 1,26 | -58 |
| 1,14 | -14 | 1,29 | -66 |
| 1,16 | -18 | 1,30 | -68 |
| 1,18 | -22 | 1,40 | -36 |
| 1,20 | -28 | 1,50 | -29 |
| 1,22 | -40 | 1,70 | -14 |
| 1,23 | -42 | 1,80 | +6 |

Таблиця 4.6 - Норми витрати компонентів для приготування 1 дм³ (л) електроліту

| Необхідна щільність електроліту, наведена до температури 25 °С, г/см ³ | Необхідна кількість компонентів, л | | | |
|---|------------------------------------|--|-------|---|
| | Вода | Кислота щільністю 1,83 г/см ³ | Вода | Електроліт щільністю 1,40 г/см ³ |
| 1,20 | 0,859 | 0,200 | — | — |
| 1,21 | 0,849 | 0,211 | 0,475 | 0,525 |
| 1,22 | 0,839 | 0,221 | — | — |
| 1,23 | 0,829 | 0,231 | 0,425 | 0,575 |
| 1,24 | 0,819 | 0,242 | 0,400 | 0,600 |
| 1,25 | 0,809 | 0,252 | 0,375 | 0,625 |
| 1,26 | 0,800 | 0,263 | 0,350 | 0,650 |
| 1,27 | 0,790 | 0,274 | 0,325 | 0,675 |
| 1,28 | 0,781 | 0,285 | 0,300 | 0,700 |
| 1,29 | 0,771 | 0,296 | 0,275 | 0,725 |
| 1,30 | 0,761 | 0,306 | 0,250 | 0,750 |
| 1,31 | 0,750 | 0,316 | 0,225 | 0,775 |
| 1,40 | 0,650 | 0,423 | — | 1,000 |

Питання для самоперевірки

1. Яке призначення акумуляторної батареї на транспортному засобі?
2. Як класифікують акумуляторні батареї?
3. Опишіть два способи підзарядки акумулятора.
4. Як можна визначити ідеальну швидкість заряду для свинцево-кислотної батареї?
5. Поясніть, чому важлива «щільність енергії» акумулятора.
6. Як можна виміряти внутрішній опір акумулятора?
7. Від чого залежать умови роботи акумуляторної батареї?
8. В яких температурних режимах можуть працювати стартерні свинцеві акумуляторні батареї?
9. До чого призводить підвищення температури електроліту в батареї вище експлуатаційних показників?
10. Які вимоги висувають до стартерних акумуляторних батарей?
11. Як обраховується мінімальний термін служби акумуляторної батареї в експлуатації?
12. Поясніть принцип дії свинцевого акумулятора.
13. Користуючись схемою поясніть устрій стартерних акумуляторних батарей транспортних засобів.
14. Які функції виконують решітки електродів?
15. З яких матеріалів виготовлюють решітки електродів?
16. Для чого призначені сепаратори?
17. З яких матеріалів виготовлюють сепаратори у стартерних свинцевих батареях?
18. З яких матеріалів виготовлюють корпус стартерних батарей?
19. Що дає застосування загальної кришки на всі акумулятори батареї?
20. Як забезпечується герметизація пробок батарей?
21. Для чого призначені міжелементні перемички?
22. Як готується електроліт?
23. Що являють собою необслуговувані батареї?
24. Поясніть устрій акумуляторної батареї з рулонними елементами.
25. Де і як можуть бути розміщені акумуляторні батареї на транспортному засобі?
26. Назвіть характеристики стартерних акумуляторних батарей.
27. Що показує вольт-амперна характеристика батареї?
28. Внаслідок чого відбувається саморозряд батареї?