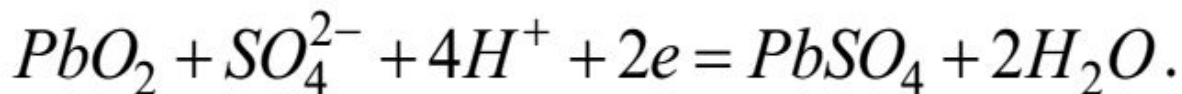
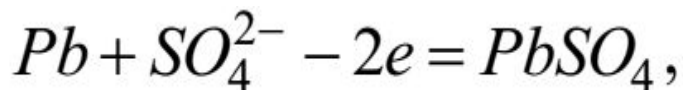


Свинцевий акумулятор. Основи дії.



рівняння подвійної сульфатації

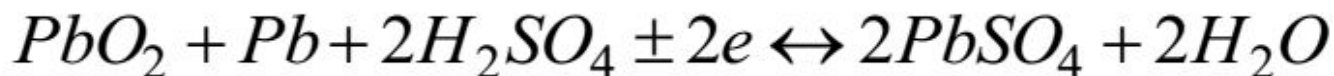


Схема розряду свинцевого акумулятора

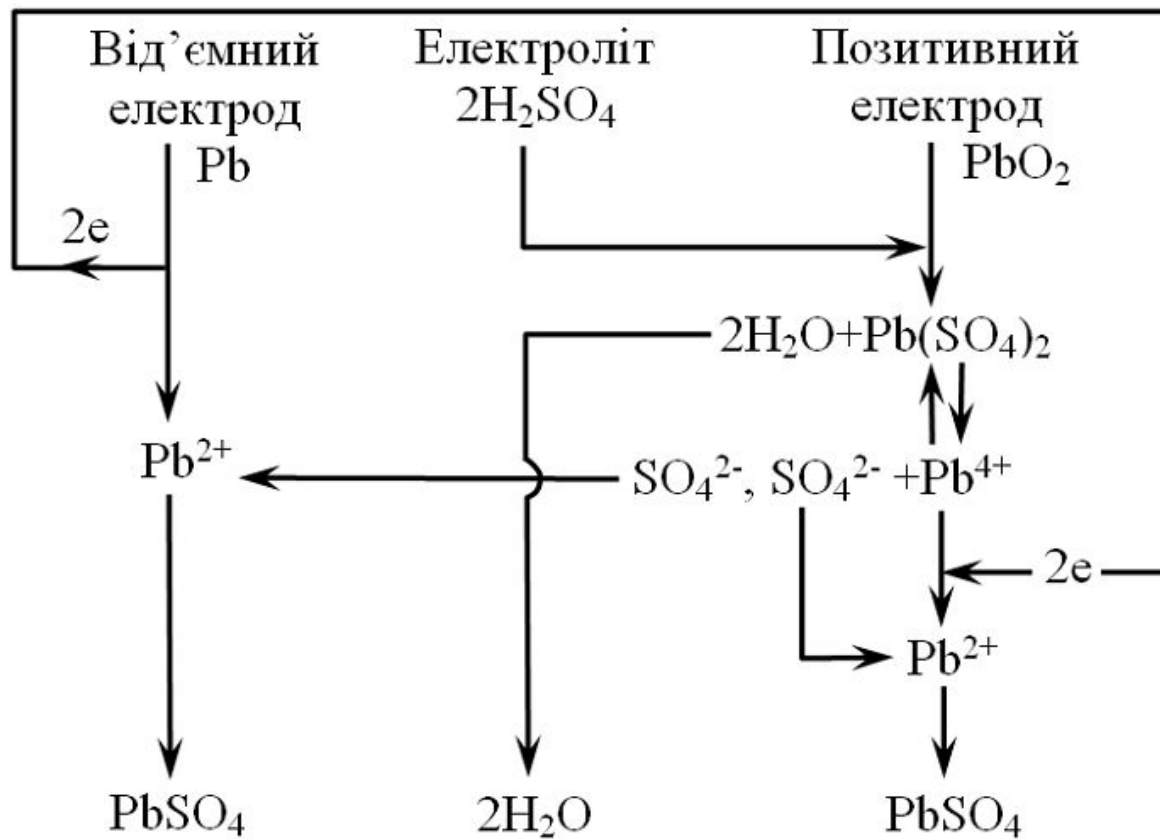
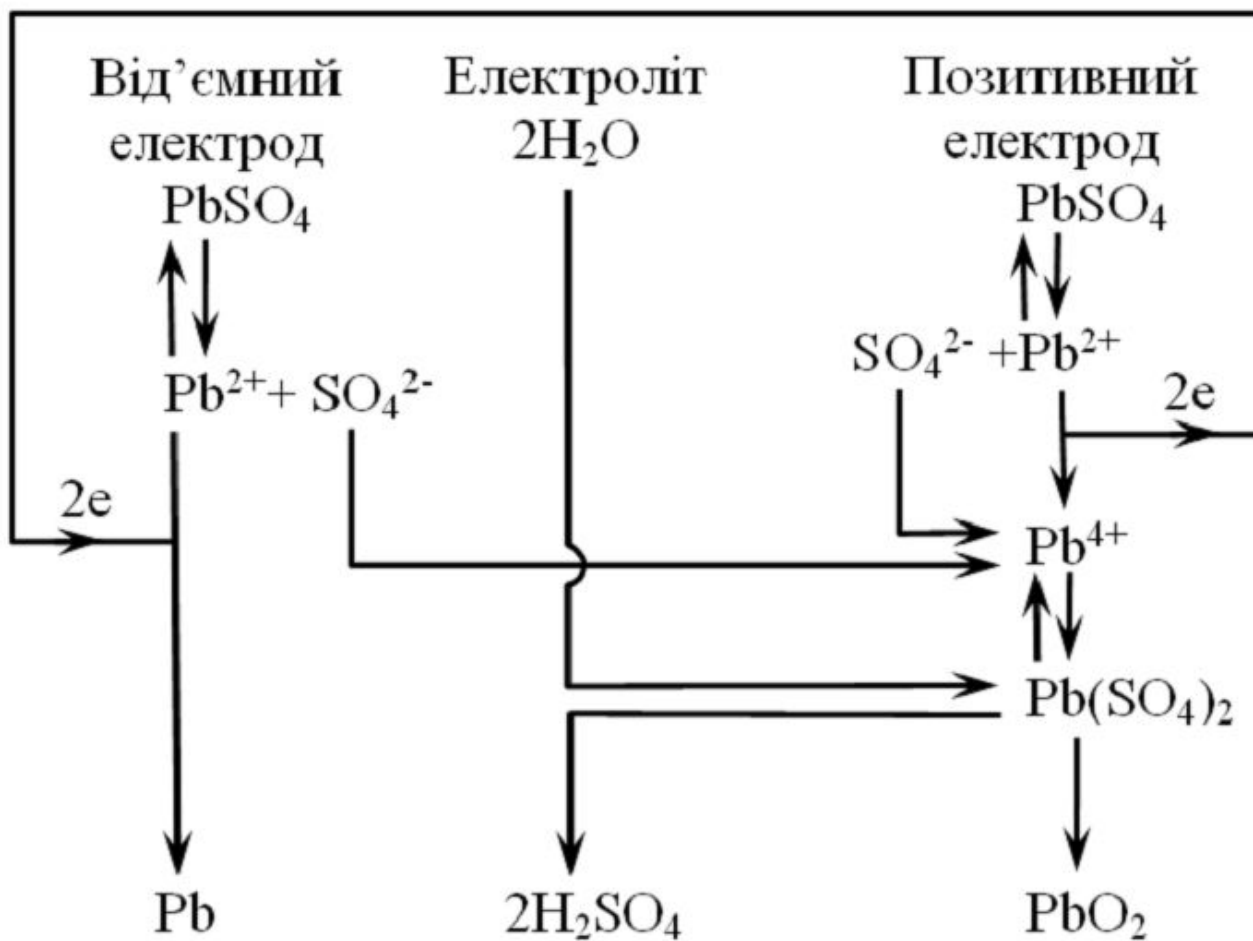
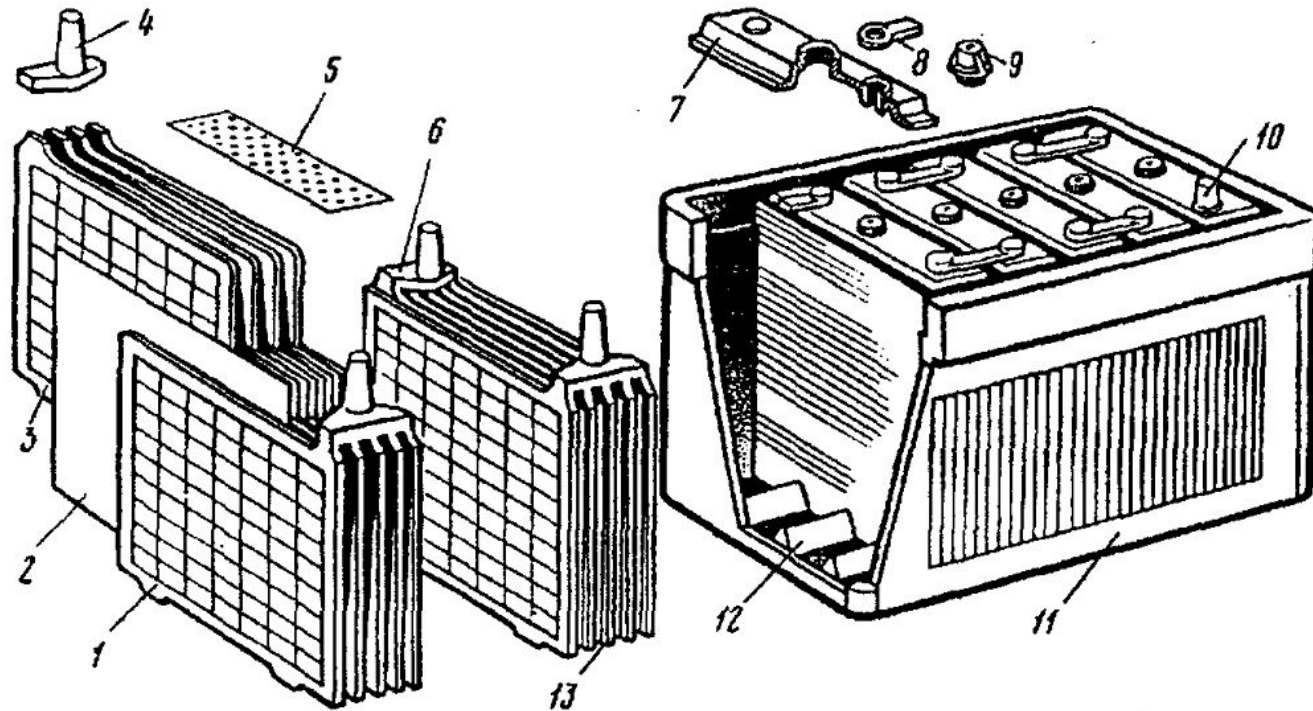


Схема заряду свинцевого аккумулятора

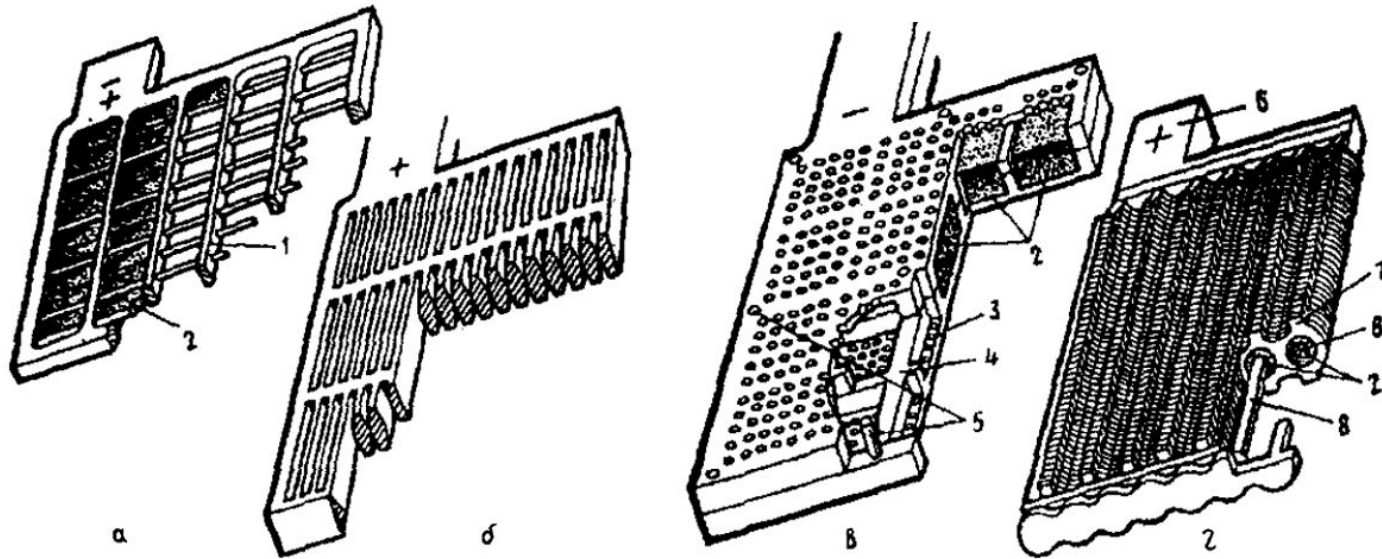


Будова акумуляторної батареї



1 - позитивний електрод, 2 - сепаратор; 3 - негативний електрод; 4 - борн, 5 - запобіжний щиток, 6 - місток, 7 - кришка; 8-перемичка; 9-пробка; 10-поліусний вивід; 11-моноблок; 12 - опорні призми; 13 - блок електродів

Будова пластин свинцевого акумулятора



а - решітчасті позитивна або негативна, б - поверхнева позитивна; в - коробчата негативна; г - панцирна позитивна:

1 - решітка; 2 - активна маса; 3 - отвори для електроліту, 4 - свинцева коробка;
5 - заклепка; 6 - вушко; 7 - перфорований панцир; 8 –стрижні, що відводять струм

Склади акумуляторних паст

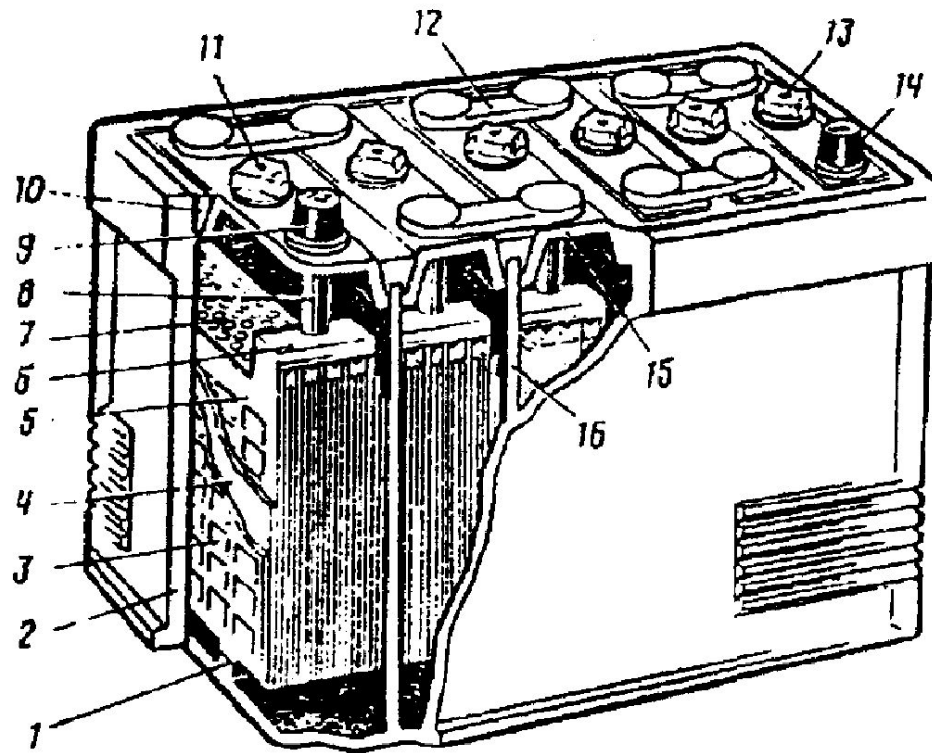
Пасты	Для позитивних пластин	Для негативних пластин
Кислотні	3 частини глета PbO, 3 частини сурика Pb ₃ O ₄ , 1 частина 16% розчину сірчаної кислоти	300-400 частин глета, 100 частин сурика, 1 частина лампової сажі, 64-72 частини 13% розчину сірчаної кислоти
Амонійні	20 частин сурика, 1 частина (NH ₄) ₂ SO ₄ , 3-4 частини води	100 частин сурика, 5 частин (NH ₄) ₂ SO ₄ , 1-2 частини BaSO ₄ , 15-20 частин води

Температури замерзання електроліту

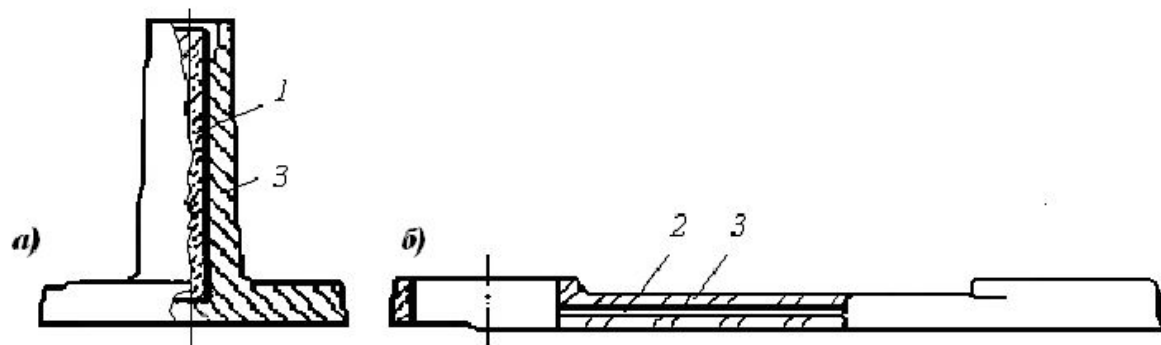
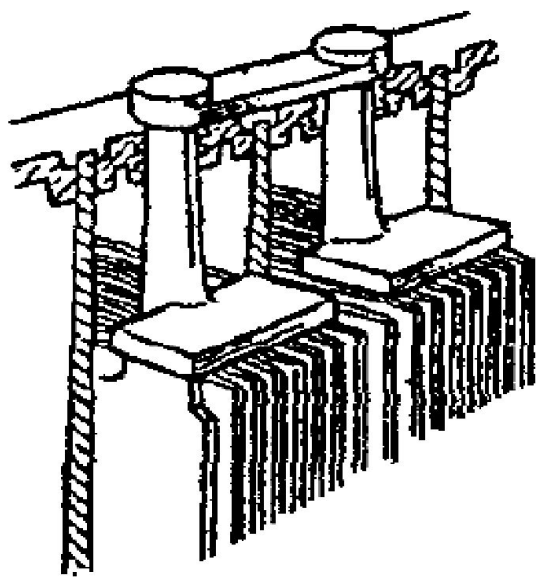
Густина електроліту при 15 °С, г/см ³	Температура замерзання, °С	Густина електроліту при 15 °С, г/см ³	Температура замерзання, °С
1,10	-7	1,24	-42
1,14	-12	1,25	-50
1,15	-14	1,27	-58
1,16	-16	1,29	-74
1,17	-18	1,31	-66
1,19	-22	1,32	-64
1,20	-25	1,34	-54
1,21	-28	1,36	-50
1,23	-40	1,40	-38

Рис. 4.5. Акумуляторна батарея з окремими (аккумуляторними) кришками:

1 - опорні призми; 2 - моноблок; 3 - негативний електрод; 4 – сепаратор;
5 - електрод позитивний; 6 - місток; 7 - щиток; 8 - борн, 9 - полюсні виводи; 10 -
мастика; 11 - пробка; 12 - перемичка, 13 - вентиляційний отвір; 15 - кришка, 16 -
перегородка



З'єднання акумуляторів із зовнішнім розташуванням перемичок



Борн (а) і перемичка (б) з мідними вставками:

1 - мідний стержень борна; 2 - мідна планка перемички; 3 - свинцево-сурм'янистий сплав

Рис. 4.9. Акумуляторна батарея зі спільною кришкою:

1 – моноблок; 2 - кришка; 3 - позитивний полюсний вивід; 4 - міжелементна перемичка крізь перегородку; 5 - негативний полюсний вивід; 6 - пробка; 7 - тубус для визначення рівня електроліту; 8 - сепаратор; 9 - позитивний електрод; 10 – негативний електрод; 11-місток; 12-перегородка

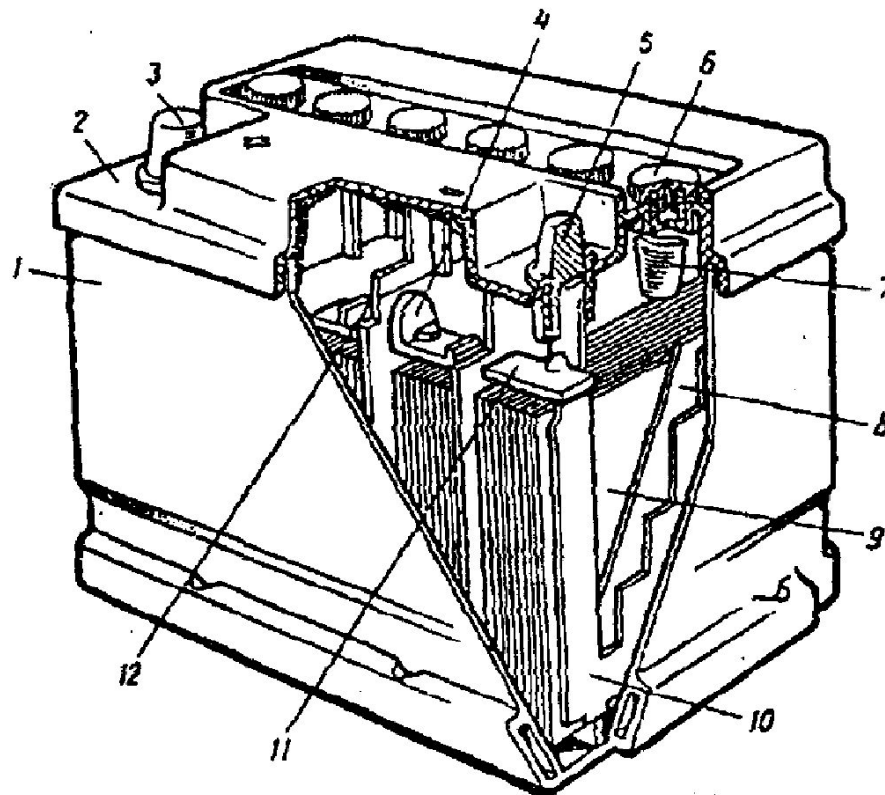


Рис. 4.10. Способи внутрішнього з'єднання акумуляторів у батарею із спільною кришкою:

а - над перегородкою; *б* - крізь отвір у перегородці

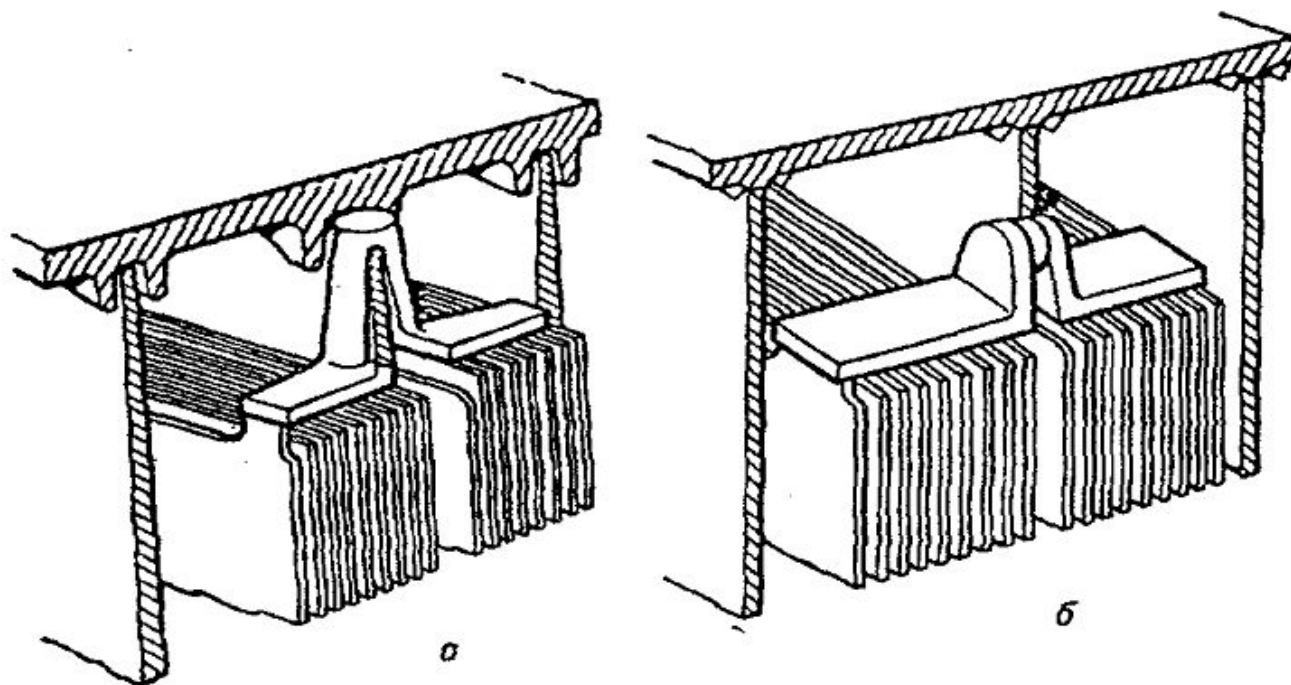
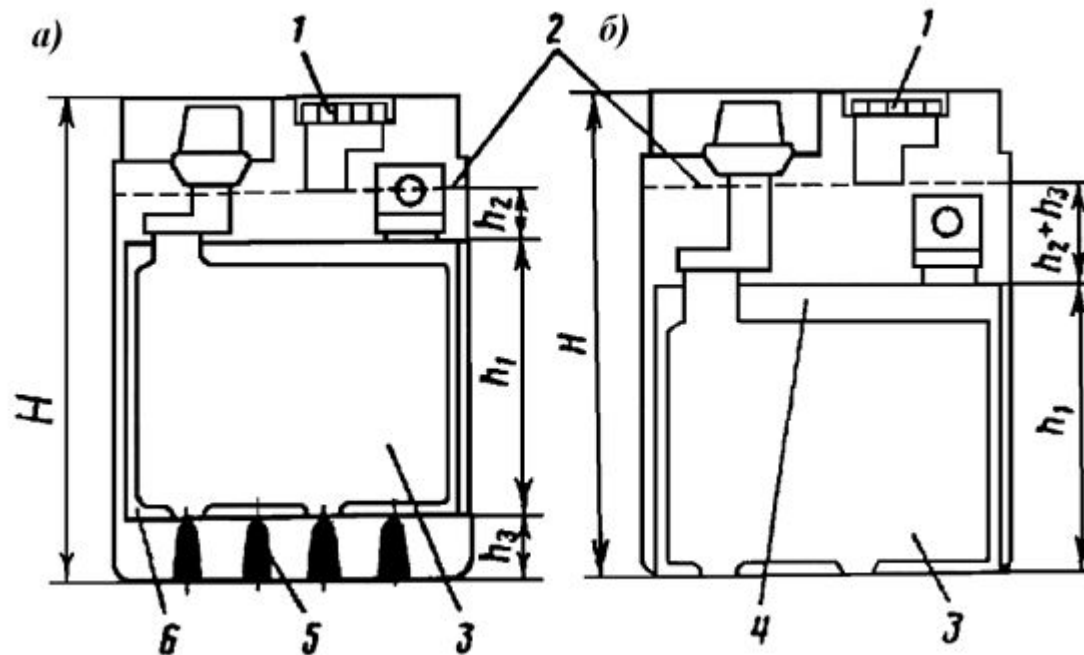


Рис. 4.11. Схематичне зображення перерозподілу електроліту в не обслуговуваних батареях при використанні сепараторів-конвертів:

а - традиційна батарея; б – необслуговувана батарея;

1 - пробка, 2 - рівень електроліту; 3 - електрод, 4 - сепаратор-конверт; 5 - призми шламового простору; 6 - сепаратор



Маркування акумуляторних батарей

Перша цифра вказує число послідовно з'єднаних акумуляторів у батарею (3 або 6), і характеризує номінальну напругу (відповідно 6 або 12 В).

Літери СТ характеризують призначення батареї (стартерна).

За літерами записується число, що вказує номінальну ємність батареї в ампер-годинах при 20-годинному режимі розрядження. Воно відокремлюється від попередніх літер дефісом.

Наступні літери або цифри несуть додаткову інформацію про батарею:

А - із спільною кришкою;

З - залита електролітом та заряджена;

Н – несухозаряджена;

Л - необслуговувана;

Е - ебонітовий корпус-моноблок;

Т - моноблок з термопласта;

П - моноблок з поліетилену.

Матеріал сепараторів

М - міпласт (полівінілхлорид),

Р - міпор,

П - пластипор,

С - скловолокно разом з якимось із сепараторів.

Конструктивні параметри акумуляторних батарей

Батарея	Число пластин в акумуляторі	Товщина пластин, мм	Висота пластини, мм	Площа пластини, см ²	Товщина сепаратора, мм
6СТ-44А3	5/4	1,5/1,5	123	176	1,15/0,3
6СТ-50	4/4	1,9/1,9	133,5	191	1,5/0,7
6СТ-50А	5/4	1,7/1,7	133	191	1,15/0,3
6СТ-55	6/7	1,7/1,4	119	170	1,1/0,65
6СТ-55А	6/7	1,7/1,4	119	170	1,1/0,65
6СТ-55А3	6/5	1,5/1,5	123	176	1,15/0,3
6СТ-65	7/8	1,7/1,4	119	170	0,11/0,65
6СТ-66А3	7/6	1,5/1,5	123	176	1,15/0,3
6СТ-75	5/6	2,3/1,9	133,5	191	1,5/0,7
6СТ-77А3	8/7	1,5/1,5	123	176	1,15/0,3
6СТ-88А3	10/9	1,4/1,4	133	191	1,2/0,2
6СТ-90	6/7	2,3/1,9	133,5	191	1,5/0,7
6СТ-90	7/7	1,9/1,9	133,5	191	1,5/0,7
6СТ-105	7/8	2,3/1,9	133,5	191	1,5/0,7
6СТ-110А3	11/10	1,5/1,5	123	176	1,15/0,3
6СТ-132	9/10	2,3/1,9	133,5	191	1,5/0,7
6СТ-132	10/10	1,9/1,9	133,5	191	1,5/0,7

Технічні характеристики акумуляторів

Батарея	Ємність, А·год	Струм розряду при 20год. режимі, А	Пусковий режим		Питома енергія, Вт·год/кг, Вт·год/дм ³	Маса, кг	
			Струм розряду, А	Час розряду, хв.		без електроліту	з електролітом
6СТ-44А	44/42	2,2	180	3,0	27,7/55,8	15,3	20,3
6СТ-50А	50/45	2,5	200	3,0	30,8/62,4	15,9	20,8
6СТ-55	55/45	2,8	225	2 5	31,4/64,1	16,3	21,2
6СТ-55А	55/50	2,8	255	2 5	31,4/64,1	11,5	16,8
6СТ-55А3	55/50	2,8	255	2,5	40,0/74,2	11,2	16,5
6СТ-75	75/68	3,8	225	3,0	30,0/59,2	23,3	30,3
6СТ-77А3	77/75	3,9	350	3,0	42,0/24,2	15,2	22,1
6СТ-88А3	88/77	4,4	400	3,0	42,2/76,2	20,4	27,4
6СТ-90	90/88	4,5	270	3,0	30,5/59,0	27,6	35,0
6СТ-105	105/90	5,3	315	3,0	32,4/61,0	31,4	38,9
6СТ-110А3	110/105	5,5	470	2,5	41,3/72,8	23,3	32,5
6СТ-132	132/120	6,6	400	3,0	32,3/61,7	39,2	49,8
6СТ-135А	135/120	6,8	500	2,5	42,6/73,7	40,1	53,2
6СТ-182	182/170	9,1	546	3,0	31,5/62,5	54,9	69,6
6СТ-190	190/182	9,5	570	3,3	32,5/70,4	56,1	70,6
6СТ-190А	190/182	9,5	570	3,0	78,5/74,8	43,5	58,5
3СТ-150	150/140	7,5	450	3,0	33,1/67,3	21,2	27,2
3СТ -155	155/140	7,8	465	4,5	33,4/68,2	22,7	28,9

Примітка: Номінальна ємність при розряджанні наведена при 20-годинному режимі у чисельнику, а при 10-годинному – в знаменнику.

Електричні характеристики.

Електрорушійна сила

$$E = \varphi^+ - \varphi^-$$

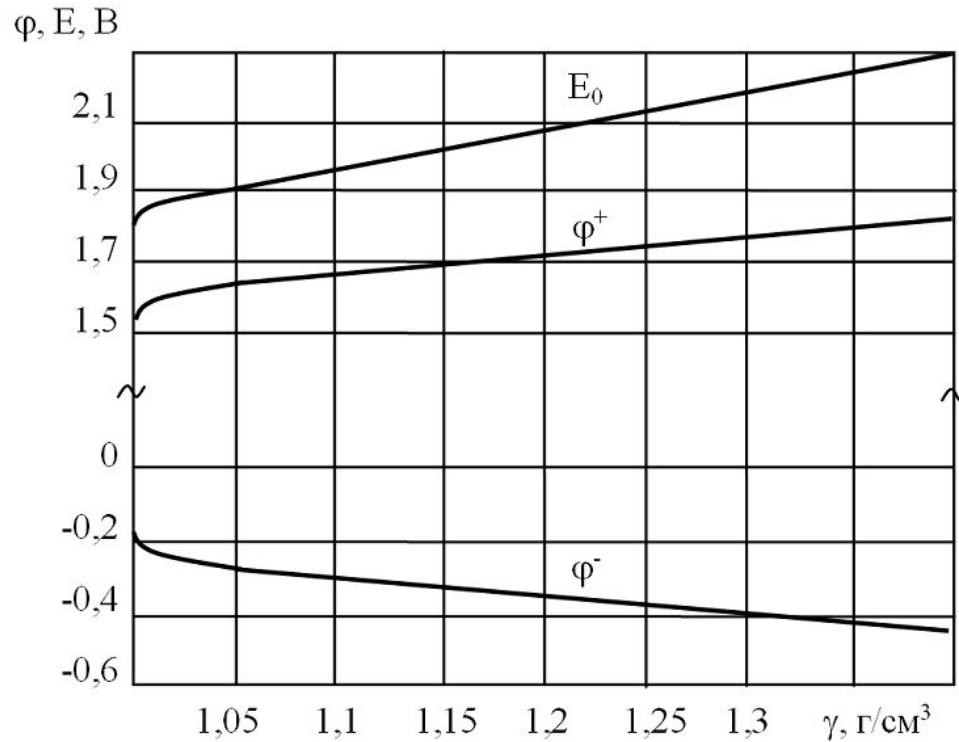
$$\varphi = \varphi_0 \pm \psi$$

$$\psi = E - E_0$$

$$E_0 = \gamma_{15} + 0,85 - 1,6 \cdot 10^{-3} C_p, B$$

$$E_{II} = \left[m(4800 - 45t_{ел}) / 10^3 (110 + t_{ел}) \right] \ln \left[0,1 \cdot I_p / (m - 1)S \right]$$

Залежність е.р.с. і потенціалів електродів свинцевого акумулятора від густини електроліту (в г/см³)



$$E_0 = 0,84 + \gamma_{25}$$

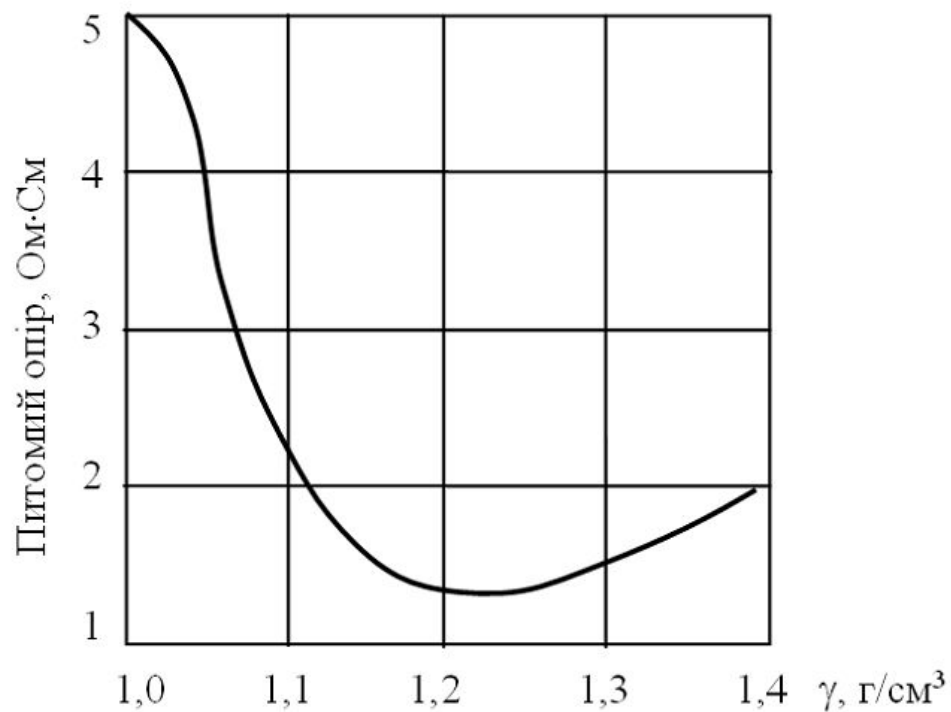
$$\gamma_{25} = \gamma_t + 0,00075(T - 25)$$

$$E_6 = n E_0$$

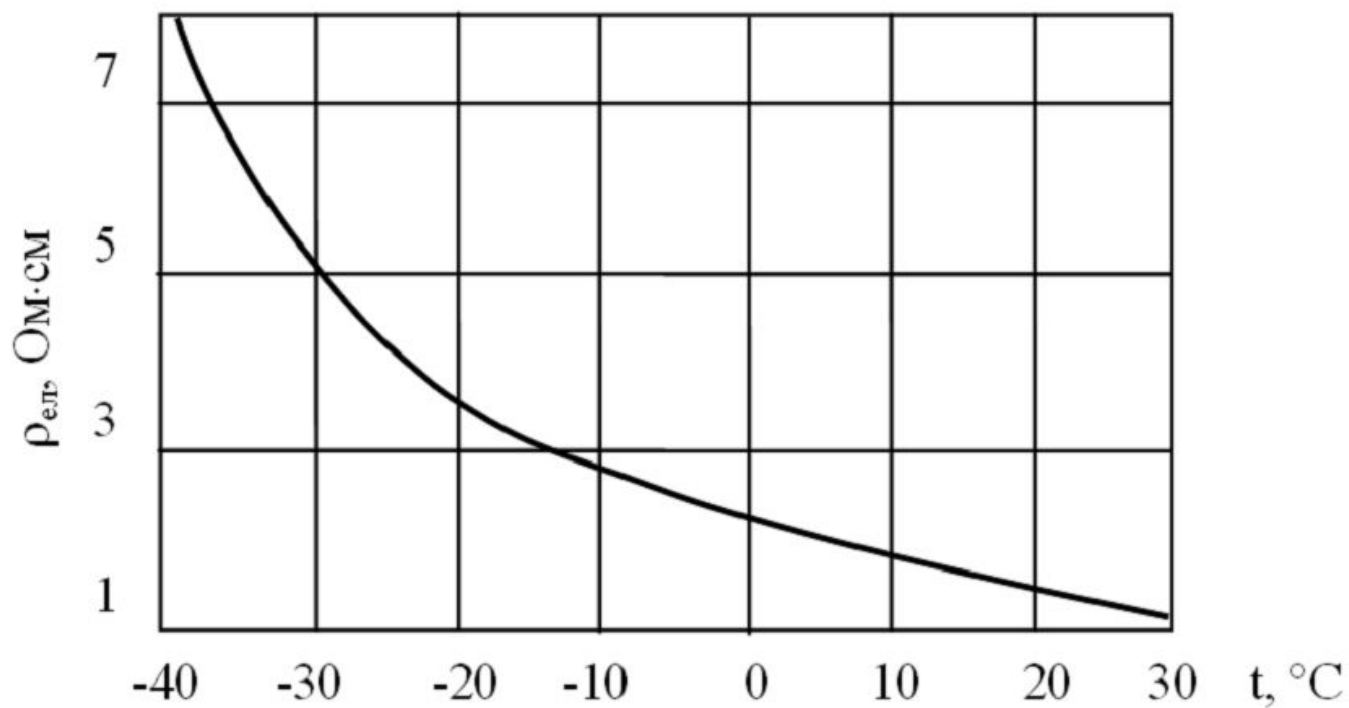
Внутрішній опір

$$R_a = R_{пл} + R_C + R_M + R_n + R_{ел}$$

Залежність питомого опору електроліту із сірчаної кислоти від густини при температурі +20 °С



Залежність питомого опору 35% розчину сірчаної кислоти (густина 1,26 г/см³) від температури



Залежність омичного опору батареї 6СТ-90ЕМ від ступеня її розрядженості C_p при різних температурах

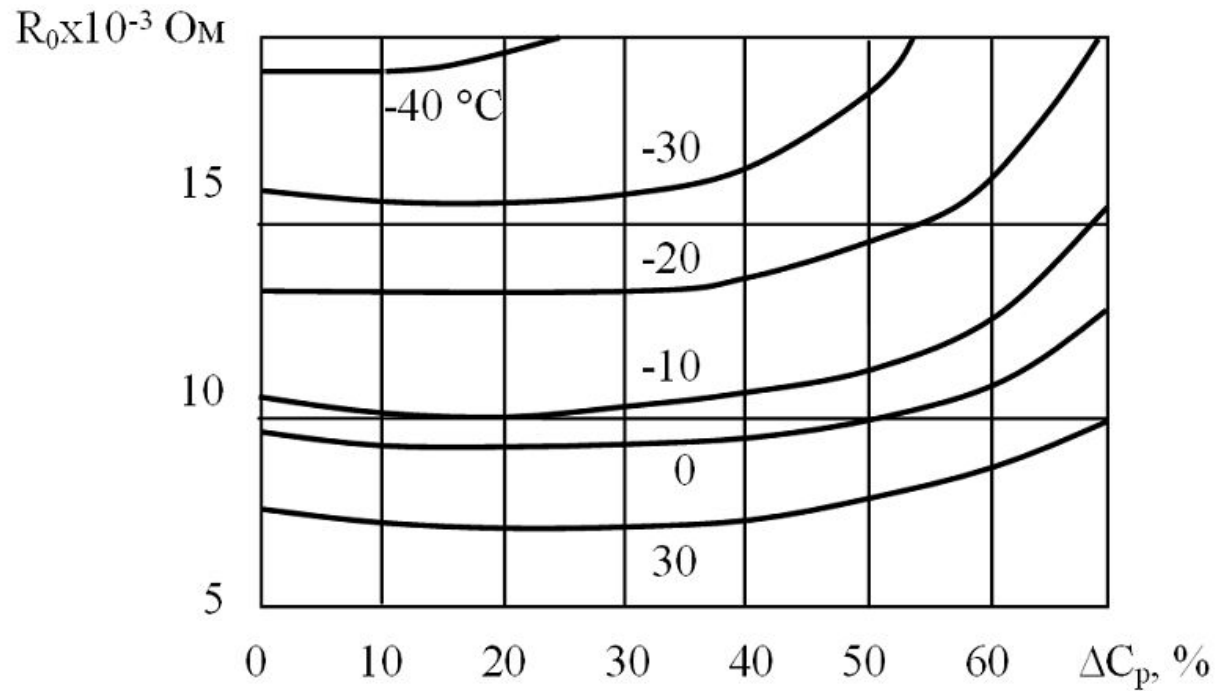
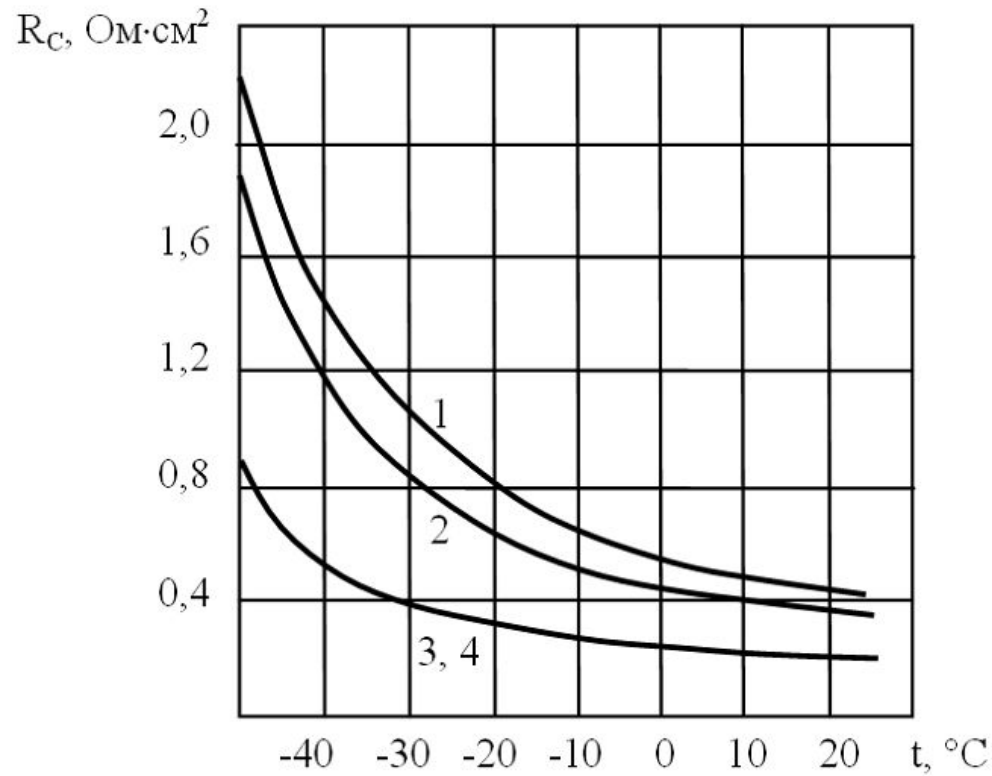
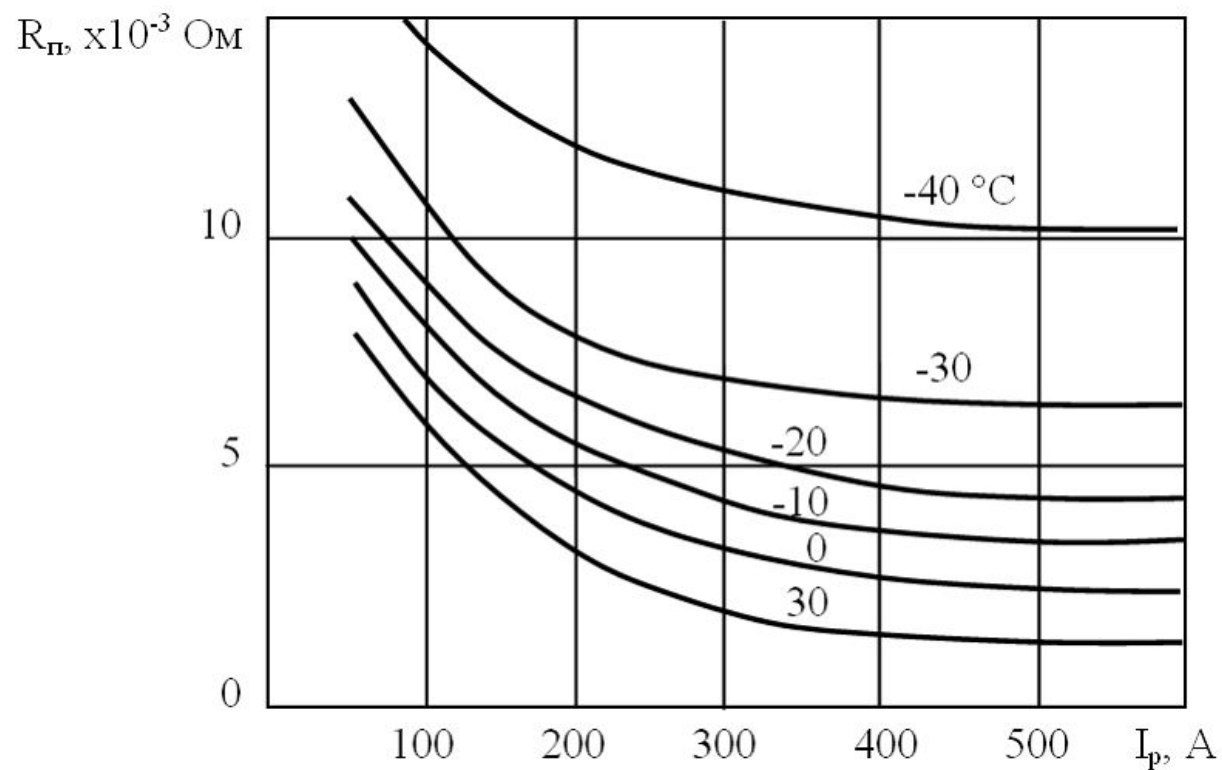


Рис. 4.16. Залежність питомого опору сепараторів від температури:

1 - міпласт; 2 - міпор; 3,4 - поліетилен, полівінілхлорид



Залежність опору поляризації батареї в СТ-90ЕМ від сили розрядного струму I_p при різних температурах



Напруга акумулятора при розряджанні та заряджанні

$$U_p = E - R_a I_p = E_0 - E_{\Pi p} - R_a I_p$$

$$U_3 = E + R_a I_3 = E_0 + E_{\Pi 3} + R_a I_3$$

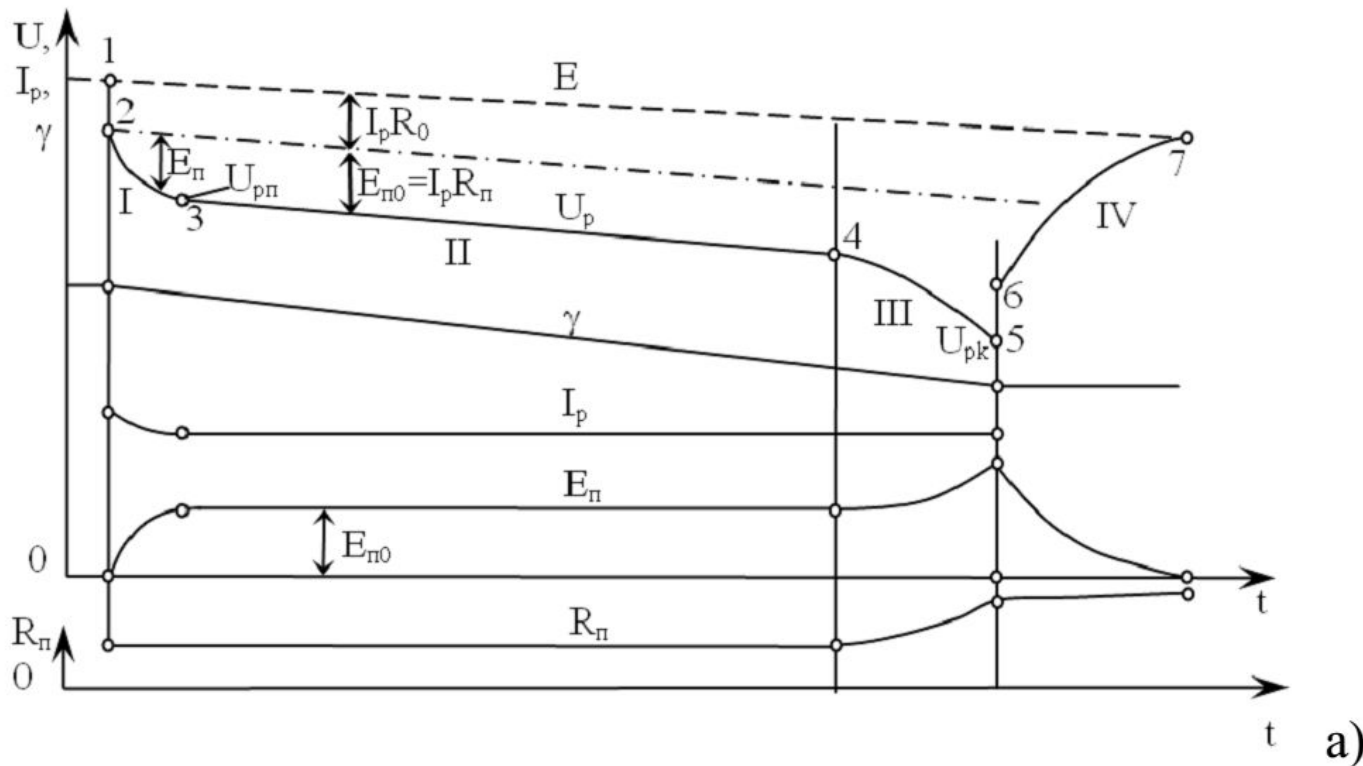


Рис. 4.18. Зміна напруги, е.р.с., густини електроліту і R_{II} свинцевого акумулятора в часі при розряджанні та заряджанні: а - розрядження, б - зарядження

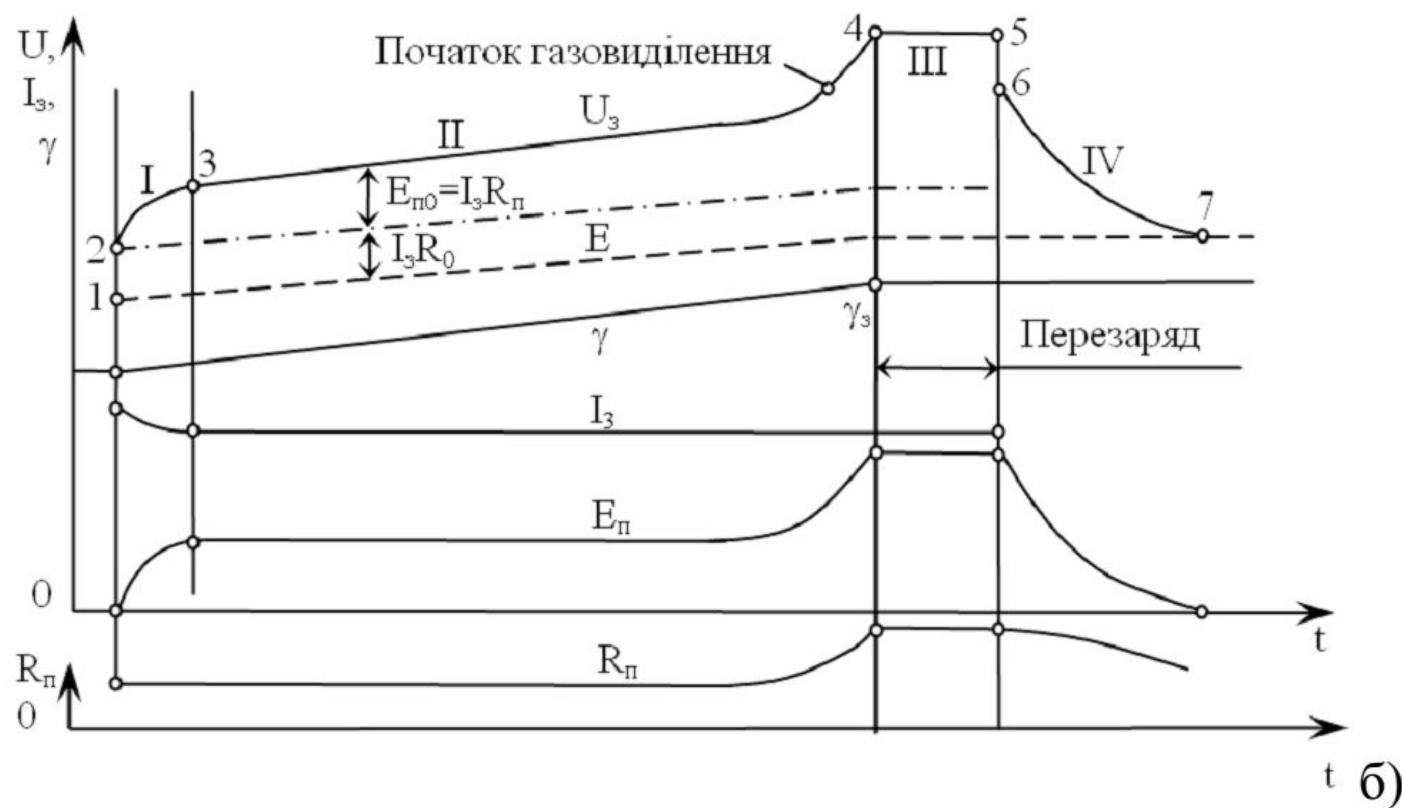
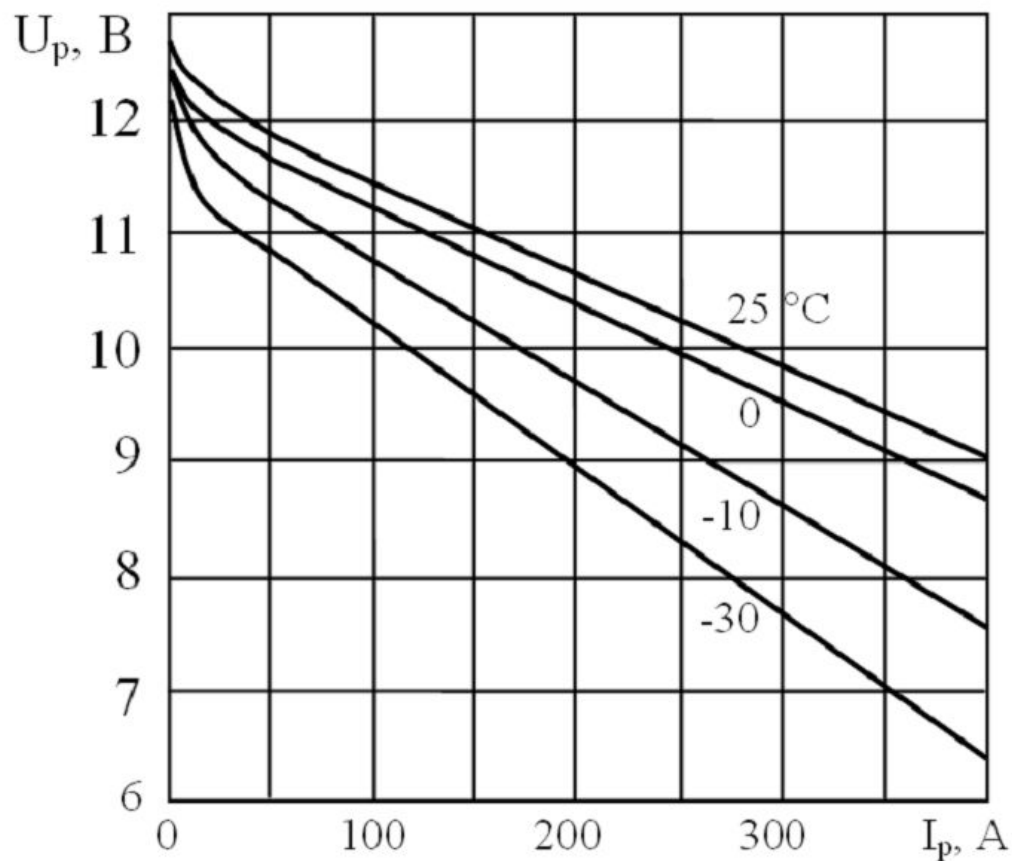


Рис. 4.19. Залежність напруги на 30-й секунді стартерного розряду не обслуговуваної батареї СТ-55А3 від сили розрядного струму при різних температурах



Ємність акумулятора

$$K = (C_p / C_0) \cdot 100\%,$$

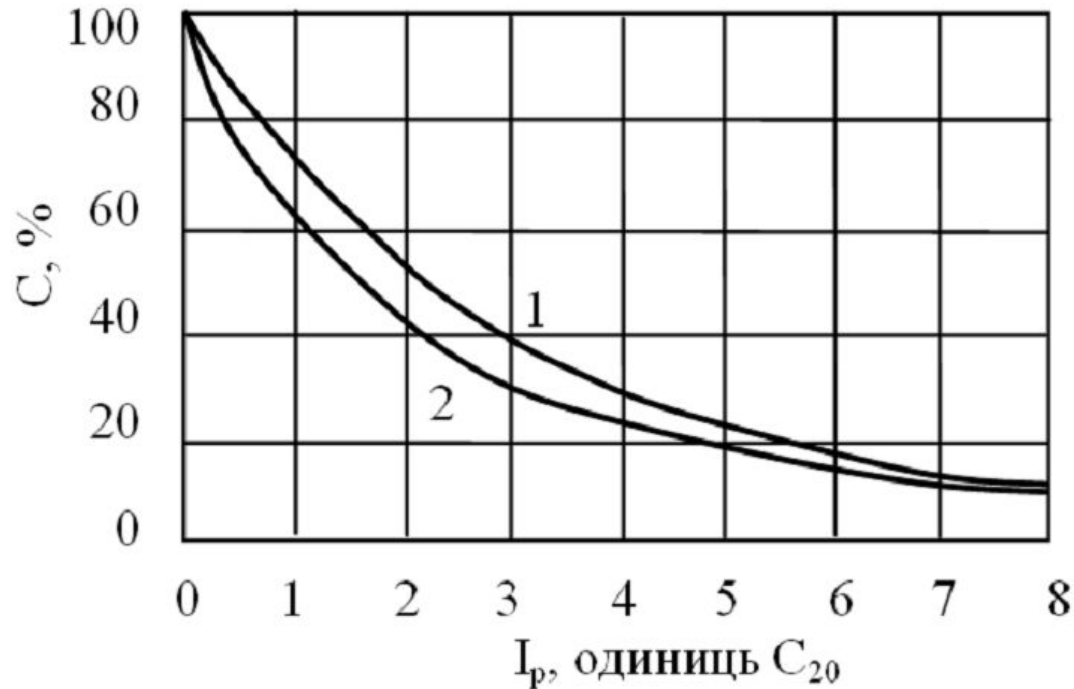
де C_p - ємність акумулятора при розряджанні, А·год; C_0 - теоретична ємність, розрахована за електрохімічними еквівалентами.

На ступінь використання активної маси впливають наступні фактори:

1. Поруватість активної маси.
2. Товщина електродів.
3. Поруватість і раціональність конструкції сепараторного матеріалу.
4. Густина електроліту.
5. Сила розрядного струму.
6. Температура електроліту.
7. Ступінь зарядженості.

Залежність ємності акумуляторної батареї 6СТ-75 від розрядного струму при температурі +25 °С:

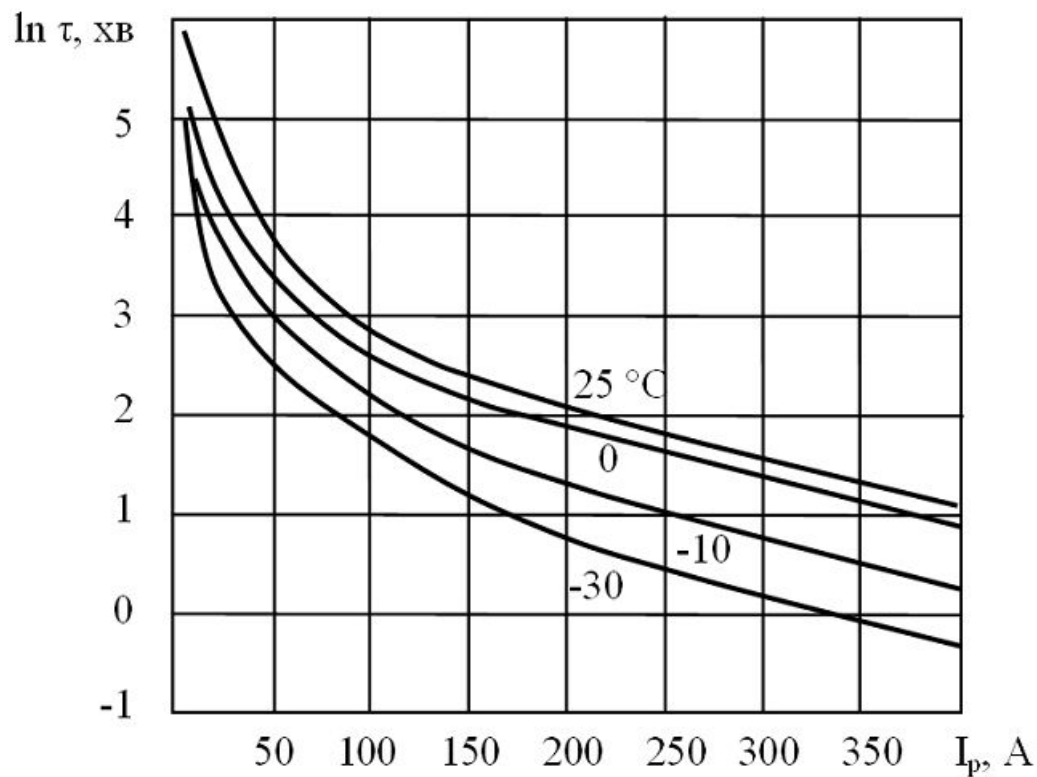
1 - переривчастий розряд; 2 - безперервний розряд



$$I_p^n t_p = K,$$

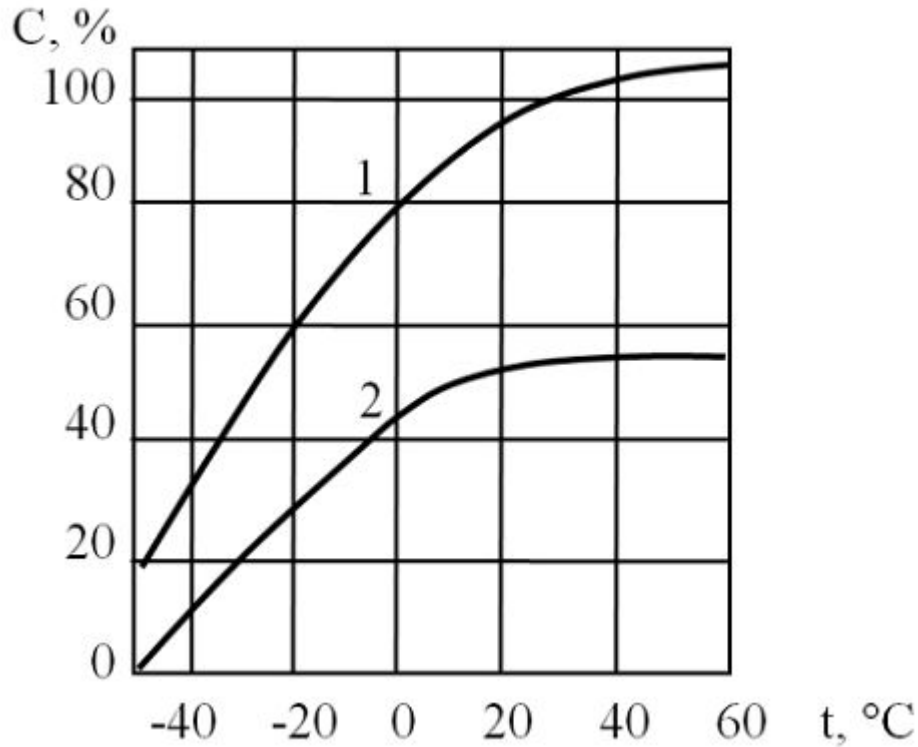
де I_p - розрядний струм; t_p - час розрядження; n, K - постійні величини.

Рис. 4.21. Залежність часу розрядження необслуговуваної акумуляторної батареї 6 СТ-55А3 від сили розрядного струму при різних температурах електроліту



Залежність ємності батареї 6СТ-190 від температури електроліту і режиму розряду:

1 - розрядний струм 9,5 А; 2 - розрядний струм 500 А



$$C_{25} = C / [1 + 0,01(t_{cp} - 25)],$$

Енергія та потужність акумуляторної батареї

Енергія акумуляторної батареї

$$W_p = \int U_p(t) I_p(t) dt$$

Енергія при розряді та заряді акумулятора

$$\bar{U}_p = (1/n) \sum U_{pi},$$

$$W_p = C_p \bar{U}_p = I_p t_p \frac{\sum U_{pi}}{n},$$

$$W_z = C_z \bar{U}_z = I_z t_z \frac{\sum U_{zi}}{n},$$

Потужність, розсіяна в замкнутому електричному колі

$$\bar{P} = I_p \bar{U}_p = (I_p / n) \sum U_i = W_p / t_p.$$

$$\bar{P} = I_p E_0 = I_p (I_p R_a + I_p R_n) = I_p^2 R_a + I_p^2 R_n$$

Корисна потужність

$$\bar{P}^1 = I_p E_0 - I_p^2 R_a = I_p^2 R_n$$

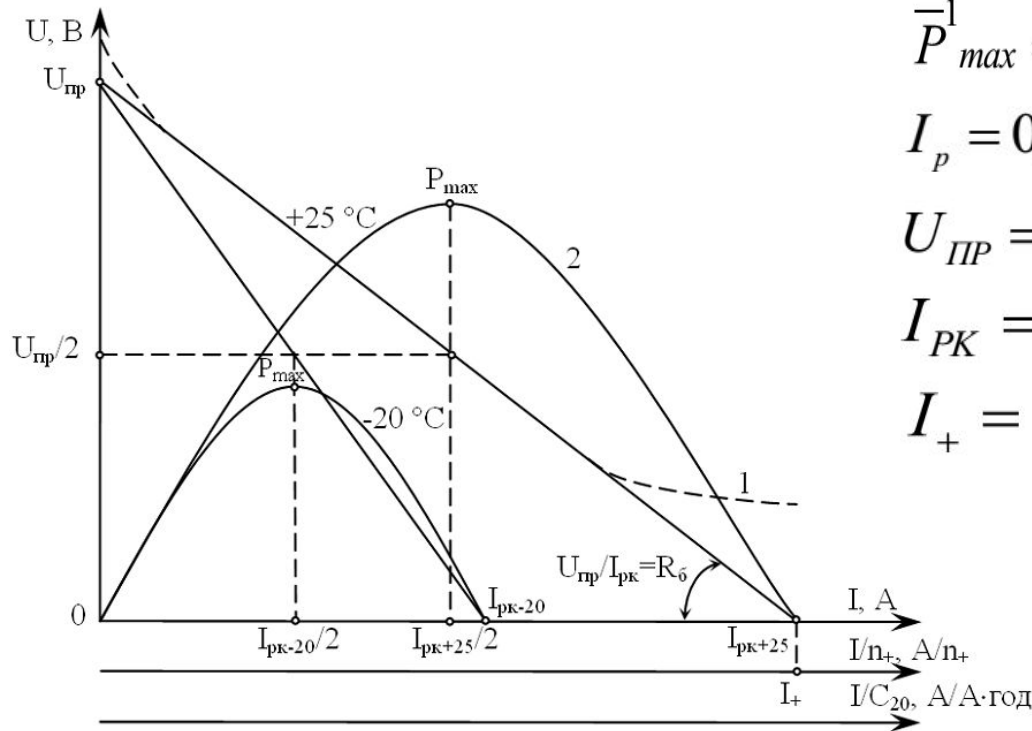
Максимальний струм
в зовнішньому колі

$$I_{p \max} = E_0 / R_a$$

Максимальна корисна
потужність при

$$R_n = R_a$$

Вольт-амперна характеристика акумуляторної батареї



$$\bar{P}_{\text{max}}^1 = U_{\text{нр}}^2 / 4R_0 = U_{\text{нр}} I_{\text{рк}} / 4$$

$$I_p = 0,5 I_{\text{рк}} \quad \text{и} \quad U_{\delta} = 0,5 U_{\text{нр}}$$

$$U_{\text{нр}} = m(2,02 + 0,00136 t_e - 0,001 C_p)$$

$$I_{\text{рк}} = I_+ n_+ = U_{\text{нр}} I_p / (U_{\text{нр}} - U_{\delta})$$

$$I_+ = a + b t_c - c C_p$$

Рівняння ВАХ

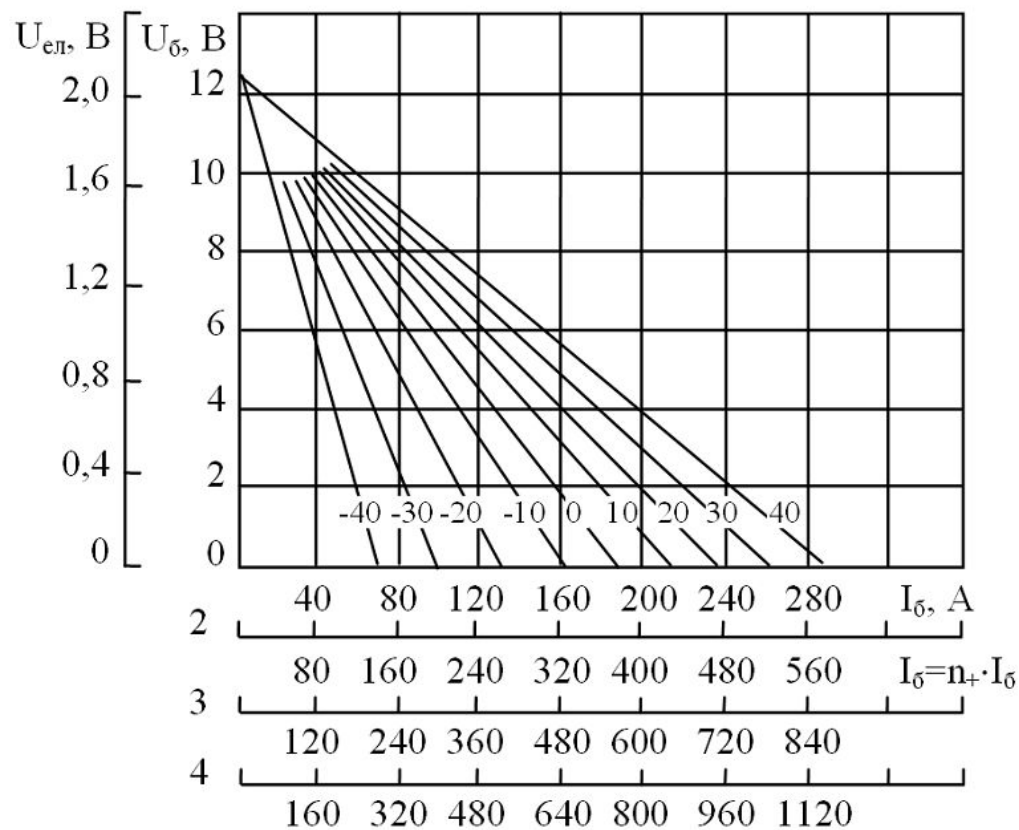
$$U_{\delta} / I_+ n_+ + U_{\delta} / U_{\text{нр}} = 1$$

Вольт-амперні (1) і потужності (2) характеристики батареї при температурі $+25\text{ }^\circ\text{C}$ і $-20\text{ }^\circ\text{C}$

від $I_p = 1 C_{20}$ до $U_{\delta} = 0,4 U_{\text{НОМ}}$ (крива 1)

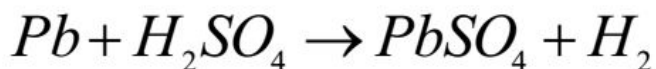
Єдині розрахункові вольт-амперні характеристики акумуляторних батарей

батарей

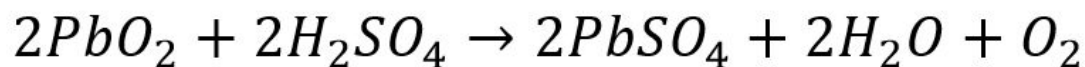


Саморозряд

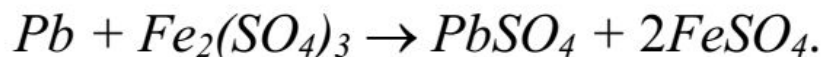
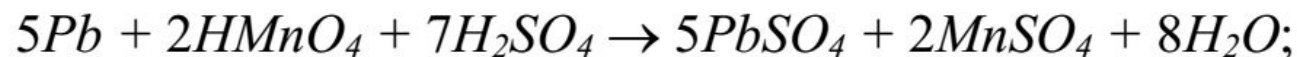
Негативний електрод



Позитивний електрод



На негативному електроді



На позитивному електроді

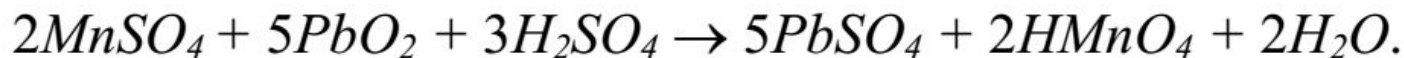
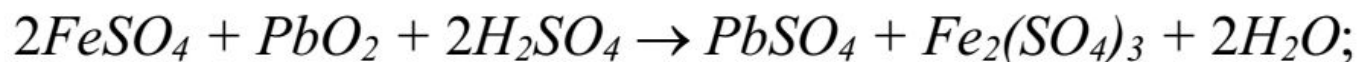


Рис. 4.26. Середньодобовий саморозряд традиційної свинцевої стартерної акумуляторної батареї при бездії протягом 14 діб в залежності від температури і терміну служби:

1 - нова батарея, 2 - в середині терміну служби; 3 – в кінці терміну служби

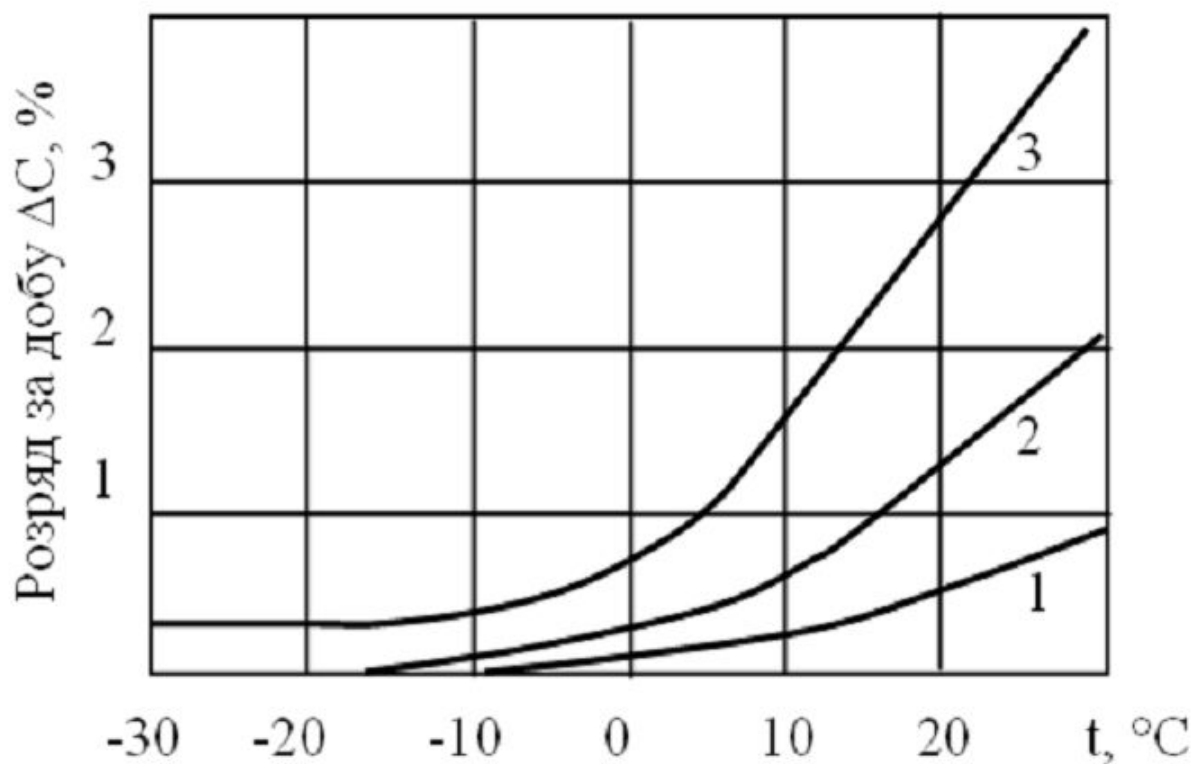
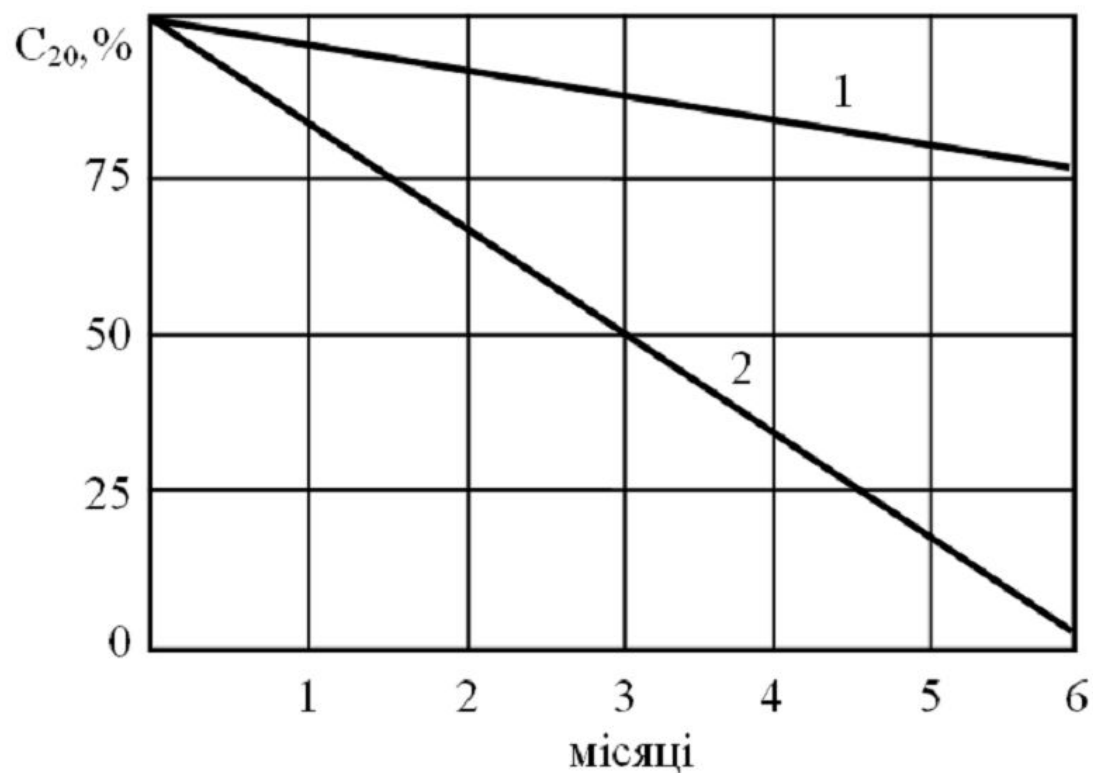
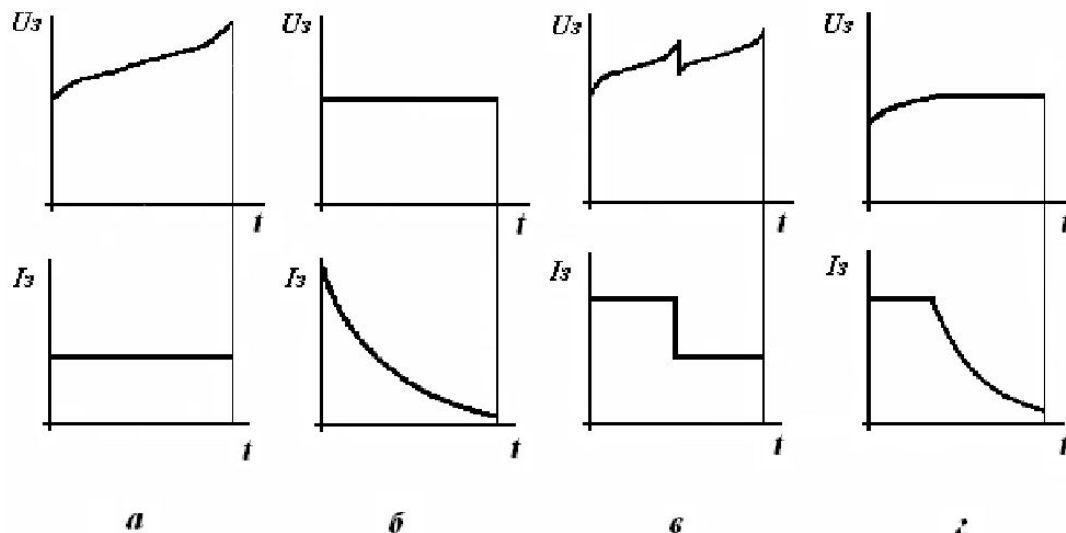


Рис. 4.27. Зниження ємності C_{20} внаслідок саморозряду при бездії необслуговуваних (1) і традиційних (2) свинцевих акумуляторних батарей



Методи заряджання акумуляторних батарей



Час заряджання

$$t_3 = C / I_3 \eta$$

Оптимальна сила
струму
заряджання

$$I_3 = 0,1C_{20} \text{ А}$$

а - при стабільному струмі, б - при стабільній напрузі; в - ступеневим струмом;

г - змішаний

Сила струму заряджання

$$I = (U_{III} - U_6) / R$$

де U_{III} - напруга джерела струму, В; U_6 - напруга батареї в даний момент

заряджання, В; R - загальний опір зарядного кола, Ом.

Розряд батареї

Середня сила струму

$$\bar{I}_p = \bar{U}_p / R$$

Кінцеві розрядні напруги при різних режимах розряду

Режим розряду	Температура електроліту, °С	Кінцева розрядна напруга	
		6-ти вольтова	12-ти вольтова
10-ти годинний	25	5,1	10,2
20-ти годинний	25	5,25	10,5
стартерний	25	4,5	9,0
стартерний	-18	3,0	6,0

Контрольно-тренувальний цикл

$$R_{нач.р} = mU_{нач.р} / I_p,$$

$$R_{кон.р} = mU_{кон.р} / I_p,$$

де $R_{нач.р}$, $R_{кон.р}$, $U_{нач.р}$, $U_{кон.р}$ - відповідно опір зовнішнього кола та напруга на початку і наприкінці розряду, Ом і В; m - кількість акумуляторів у батареї; I_p - струм розряду, рівний $I_p = 0,1C_{10}$ А.

Параметри справних свинцевих акумуляторних батарей

Тривалість розряду, год.	Густина, г/см ³
7,5 ч.	для батарей з електролітом густиною 1,28 г/см ³
7,0 ч.	для батарей з електролітом густиною 1,27 г/см ³
6,5 ч.	для батарей з електролітом густиною 1,26 г/см ³
6,0 ч.	для батарей з електролітом густиною 1,25 г/см ³
5,5 ч.	для батарей з електролітом густиною 1,24 г/см ³

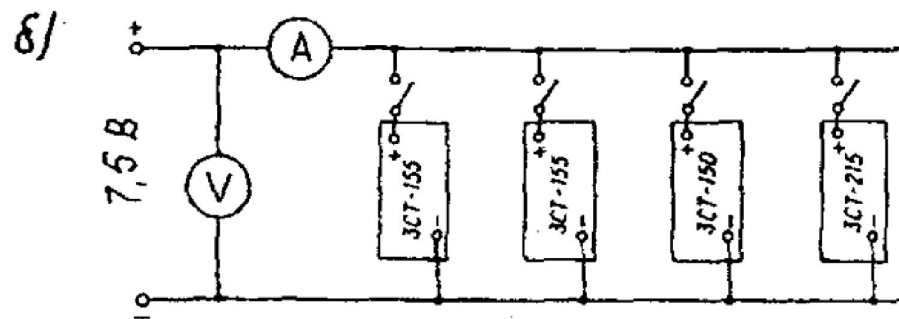
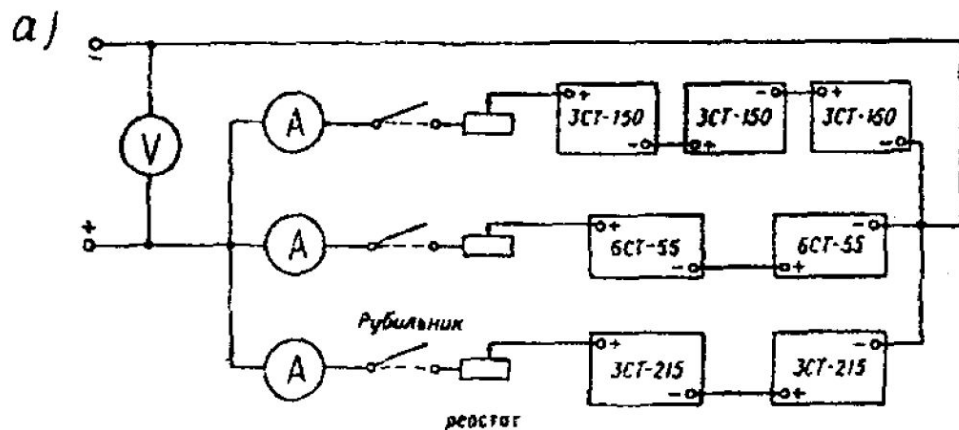
Несправності свинцевих акумуляторних батарей, їх причини і способи усунення

Ознаки несправностей	Причини несправностей	Спосіб усунення несправностей
Розряджена батарея погано заряджується (швидко підвищується напруга і температура електроліту)	Сульфатація пластин	Відновити батарею з сульфатовими пластинами зарядно-розрядним циклом при силі струму меншій ніж $0,05C_{20}$ А у випадку початкової густини $1,12—1,14$ г/см ³
Розхлюпування електроліту із вентиляційних отворів під час заряджання	Підвищений рівень електроліту Підвищення зарядної напруги Коротке замикання пластин в акумуляторі	Вибрати надлишки електроліту гумовою грушею Перевірити регулятор напруги і при необхідності відрегулювати Зробити ремонт батареї
В кінці зарядки відсутнє газовиділення, а густина електроліту низька	Коротке замикання електродів	Промити батарею, а якщо цього не достатньо, то піддати батарею ремонту

Ознаки несправностей	Причини несправностей	Спосіб усунення несправностей
<p>Акумуляторна батарея не забезпечує достатньої частоти обертання колінчатого вала електростартером</p>	<p>Підвищений спад напруги в колі живлення стартера</p> <p>Розрядження батареї нижче допустимого рівня</p> <p>Несправність одного чи декількох акумуляторів</p> <p>Прискорений саморозряд батареї внаслідок попадання електроліту на поверхню батареї</p> <p>Прискорений саморозряд батареї внаслідок забруднення електроліту домішками</p>	<p>Зачистити виводи батареї, та наконечники проводів, підтягнути кріплення наконечників проводів на виводах батареї та змастити їх технічним вазеліном</p> <p>Зарядити батарею, при необхідності перевірити справність генераторної установки</p> <p>Здати батарею в ремонт</p> <p>Протерти батарею сухою ганчіркою, змоченою 10%-ним розчином нашатирного спирту або кальцинованої соди</p> <p>Розрядити батарею струмом 0,1 С₂₀ до напруги 1,1—1,2 В на акумуляторі. Вилити електроліт, батарею промити, залити в неї свіжий електроліт і зарядити</p>
<p>Швидке зниження рівня електроліту</p>	<p>Пошкодження блоку батареї. Підвищена зарядна напруга генератора</p>	<p>Провести ремонт моноблоку. Перевірити регулятор напруги і при необхідності відрегулювати. Якщо конструкція регулятора не передбачає регулювання, то замінити регулятор напруги</p>

Ознаки несправностей	Причини несправностей	Спосіб усунення несправностей
<p>Батарея має знижену ємність — напруга на акумуляторі після заряджання не перевищує 2,0-2,1 В</p>	<p>Деструкція активної маси позитивних пластин</p> <p>Систематичний недозаряд</p> <p>Забруднення електроліту</p> <p>Сульфатація електродів</p> <p>Батарея експлуатується при низькій температурі</p>	<p>Перевірити густину електроліту і якщо вона велика, то зменшити</p> <p>При значному сповзанні активної маси піддати батарею ремонту</p> <p>Провести тривалий заряд батареї в умовах майстерні на зарядному пристрої</p> <p>Замінити електроліт, промити акумуляторну батарею</p> <p>Провести заряд, що відновлює ємність (заряд-десульфатацію)</p> <p>Утеплити батарею, підвищити густину електроліту</p>
<p>На виводах зарядженої батареї недопустимо мала напруга, або її зовсім немає</p>	<p>Коротке замикання електродів</p> <p>Забруднення електроліту</p>	<p>Промити батарею від шлаку, а якщо цього не достатньо, то піддати батарею ремонту (замінити сепаратори чи деформовані електроди)</p> <p>Замінити електроліт</p>

Включення батарей на зарядження



Схеми включення батарей при зарядженні:

а) — при стабільному струмі;

б) — при стабільній напрузі

кількість батарей в груп

$$N = U_H / 2,7 \text{ м}$$

число груп батарей

$$M = I_H / I_3,$$

номінальний струм зарядного пристрою

$$I_H = P_H / U_H$$

найбільший опір реостату

$$R = (U_H - 2n) / I_3,$$