



## МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования  
«Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения»

---

### Учебный военный центр Отдел Военно-воздушных сил



**Дисциплина:** «Эксплуатация и ремонт авиационного оборудования самолетов и вертолетов»

**Раздел № 1.** Электрооборудование летательных аппаратов и силовых установок.

**Тема № 1.** Бортовые аккумуляторные батареи.  
**Групповое занятие № 1.** Назначение, принцип действия и электрические характеристики бортовых авиационных аккумуляторных батарей.

## **Учебные вопросы занятия**

- 1. Принцип действия и электрические характеристики аккумуляторов: свинцовых, никель-кадмиевых, серебряно-цинковых.**
- 2. Сравнение основных характеристик аккумуляторов.**
- 3. Совместная работа аккумуляторных батарей с генераторами постоянного тока и выпрямительными устройствами. Особенности летной эксплуатации.**

## **Литература на самоподготовку**

- 1. Электроснабжение летательных аппаратов.  
Под ред. Красношапкина М. М. Военное издательство  
министерства обороны СССР, Москва – 1973 г., стр. 03...13.**
- 2. И.М. Синдеев, А.А. Савелов. Системы электроснабжения  
воздушных судов. - М. :Транспорт, 1990 г., стр. 237...262.**

## **ВОПРОС 1**

**Принцип действия и электрические характеристики аккумуляторов: свинцовых, никель-кадмиевых, серебряно-цинковых.**

# 1. Свинцовый аккумулятор

В свинцовом аккумуляторе активным веществом блока положительных электродов является диоксид свинца  $PbO_2$ , а отрицательных – губчатый свинец  $Pb$ . Электролитом служит раствор серной кислоты  $H_2SO_4$  в дистиллированной воде.

В электролите непрерывно происходит процесс разделение молекул на ионы (диссоциация молекул). Молекулы серной кислоты распадаются на одновалентные положительные ионы (катионы) водорода  $H^+$  и двухвалентные отрицательные ионы (анионы) кислотного остатка  $SO_4^{--}$



При сложном взаимодействии ионов электролита и веществ положительных и отрицательных электродов (которые, растворяясь в электролите, также образуют ионы) в процессе разряда на обоих электродах образуется сульфат свинца.

Уравнение электрохимической реакции при разряде:



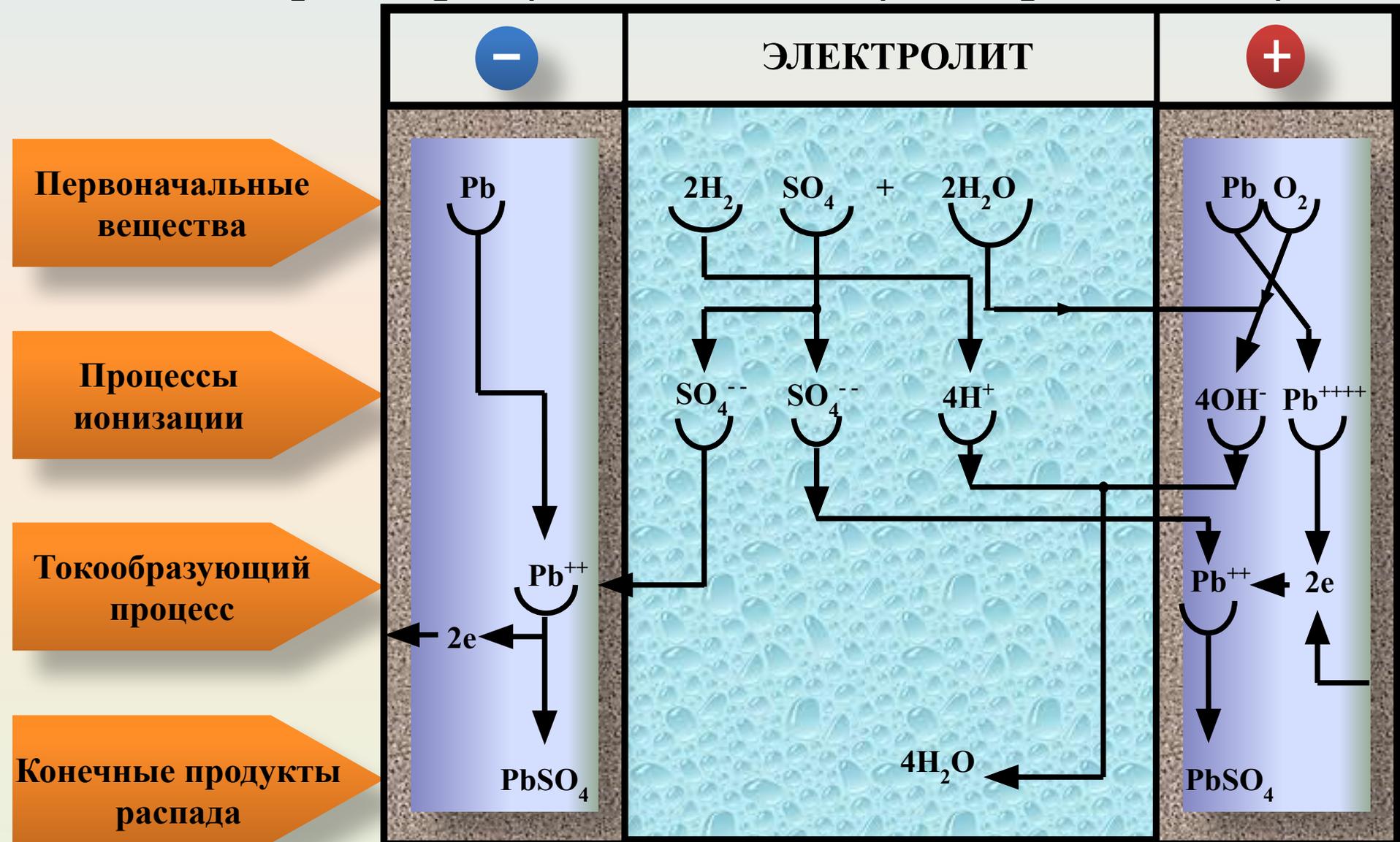
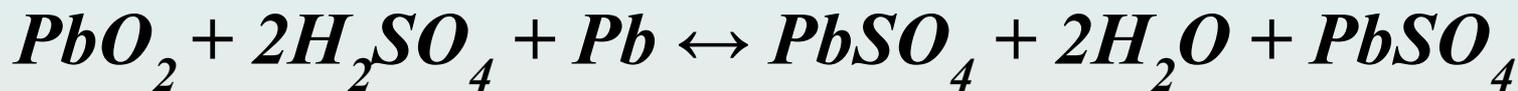
Эта реакция называется процессом двойной сульфатации

При сложном взаимодействии ионов сульфата свинца с электролитом в процессе заряда происходит восстановление активных веществ электродов.

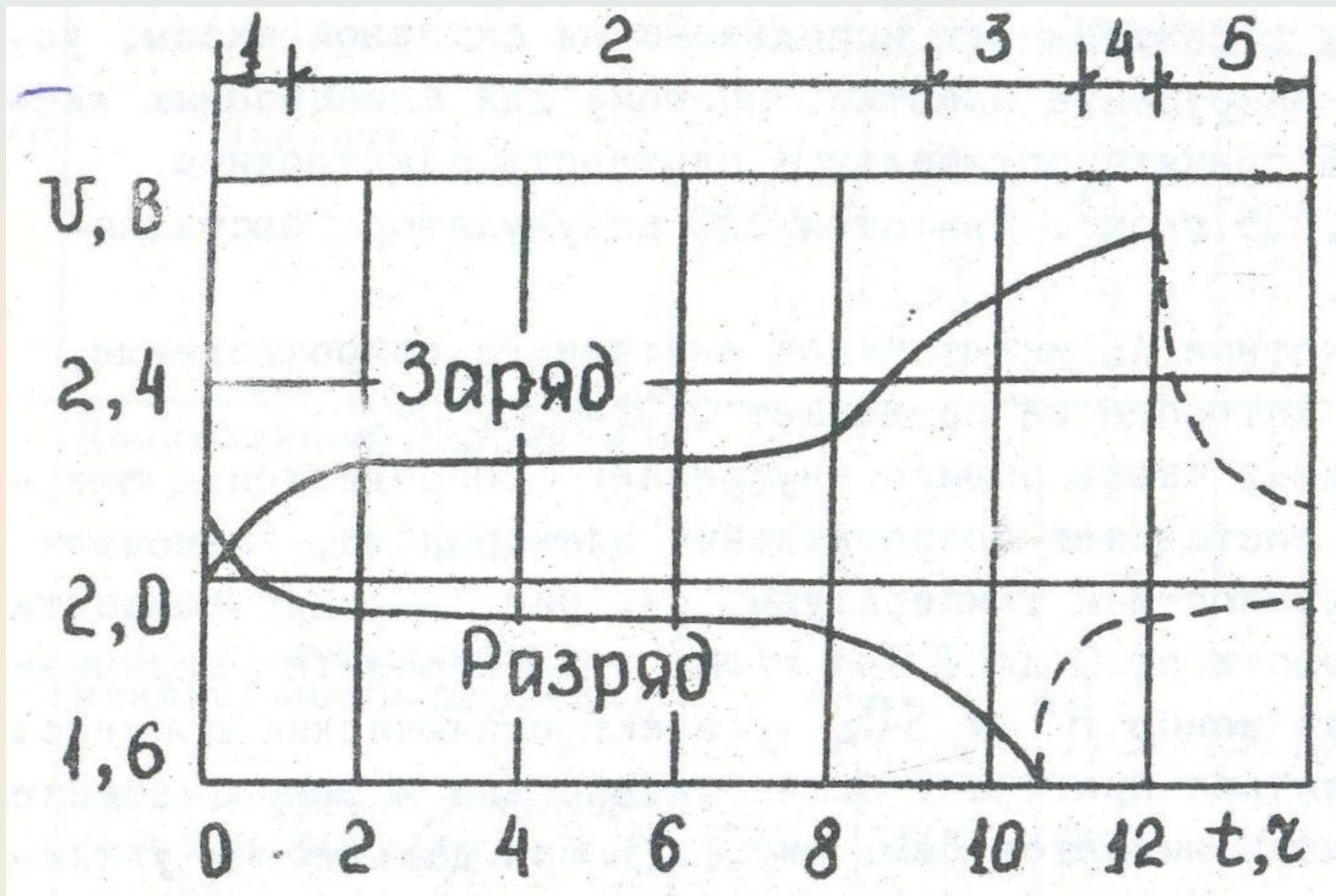
Уравнение электрохимической реакции при заряде:



При заряде аккумулятора сульфат свинца на обоих электродах восстанавливается в первоначальные активные вещества.



# График изменения напряжения в процессе заряда и разряда свинцовой АБ.



| №<br>п/п | Параметры   | Тип батареи       |                   |                    |              |                    |
|----------|---|-------------------|-------------------|--------------------|--------------|--------------------|
|          |   | 12-<br>САМ-2<br>8 | 12-<br>САМ-<br>55 | 12-<br>АСА<br>М-23 | 12-<br>АО-52 | 12-<br>АСА-14<br>5 |
| 1        | Номинальное напряжение, В                               | 24                | 24                | 24                 | 24           | 24                 |
| 2        | Номинальная ёмкость, А·ч                                | 28                | 55                | 23                 | 45           | 145                |
| 3        | Продолжительность номинального разряда, ч.              | 5                 | 5                 | 5                  | 5/10         | 5                  |
| 4        | Максимально допустимый ток разряда, А                   | 750               | 1500              | 800                | 360          | 1500               |
| 5        | Напряжение аккумулятора в конце пятичасового разряда, В | 1,7               | 1,7               | 1,7                | 1,7          | 1,7                |
| 6        | Количество запусков при $t = -5 \pm 2^\circ\text{C}$    | 2                 | 3                 | 2                  | 2            | 4                  |
| 7        | Изменение стартерного тока, А                           | 650-75            | 1300-360          | 650-75             | 225          | 1350-250           |
| 8        | Напряжение АБ в конце запуска, В                        | 16                | 16                | 16                 | 16           | 16                 |
| 9        | Саморазряд, % в сутки                                   | 0,8               | 0,8               | 0,8                | 1,0          | 1,0                |
| 10       | Количество электролита, дм                              | 3,6               | 8,0               | 3,6                | 7,0          | 17,1               |
| 11       | Масса, кг   | 28,5              | 58                | 31                 | 56           | 180                |
| 12       | Высотность, км  | 18                | 18                | 35                 | -            | -                  |

# Общий вид свинцовой авиационной аккумуляторной батареи



## 2. Никель-кадмиевый аккумулятор



При разряде на отрицательном электроде происходит окисление кадмия, сопровождающееся переходом электронов во внешнюю цепь. При этом катионы кадмия  $\text{Сb}^{++}$  связываются гидроксильными ионами щелочи  $\text{ОН}^-$ , образуя гидрат закиси кадмия  $\text{Сb}(\text{ОН})_2$



На положительном электроде происходит восстановление окиси никеля



Переносчиком электрических зарядов с одного электрода на другой служат анионы  $\text{OH}^-$ . При заряде аккумулятора все процессы протекают в обратном порядке.

Электрохимическая реакция процессов, происходящих в АБ при заряде и разряде в обобщенном виде:



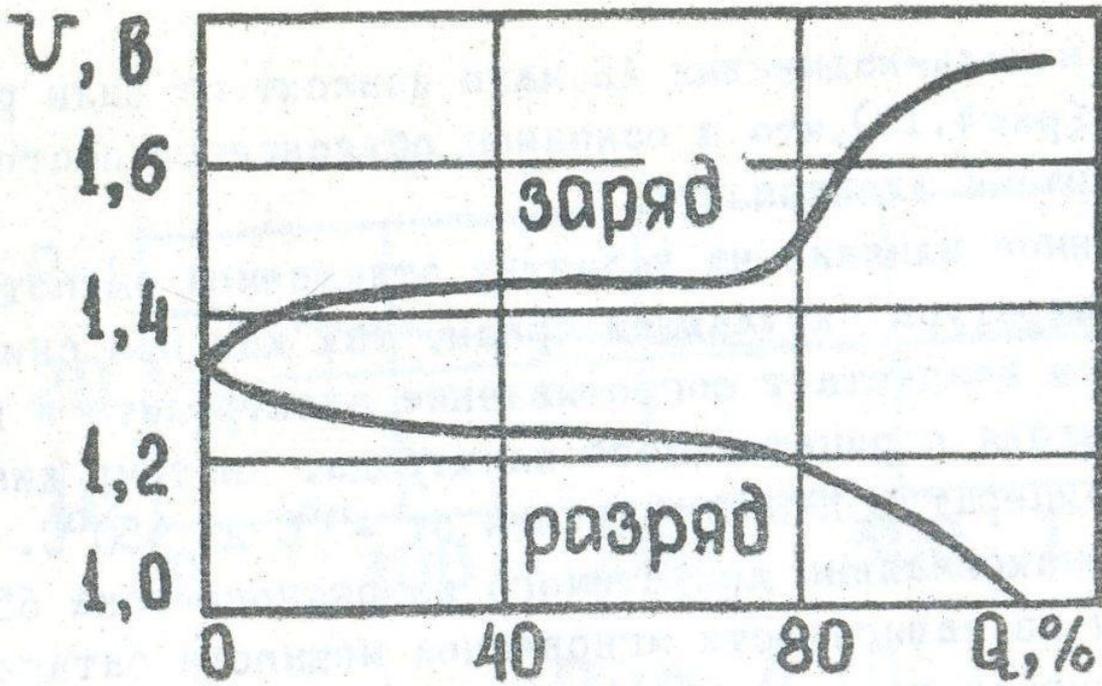


Рис. 4.7

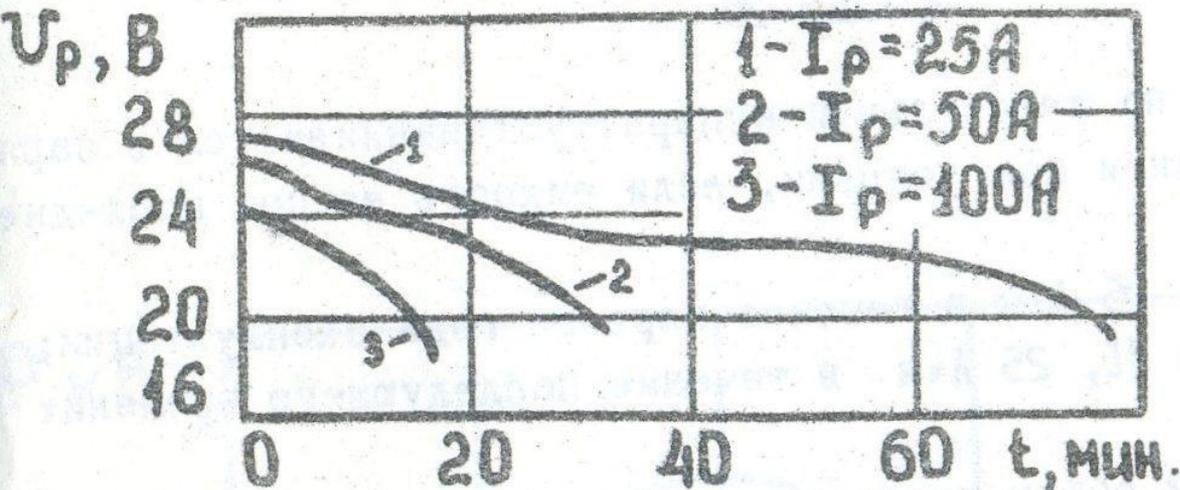


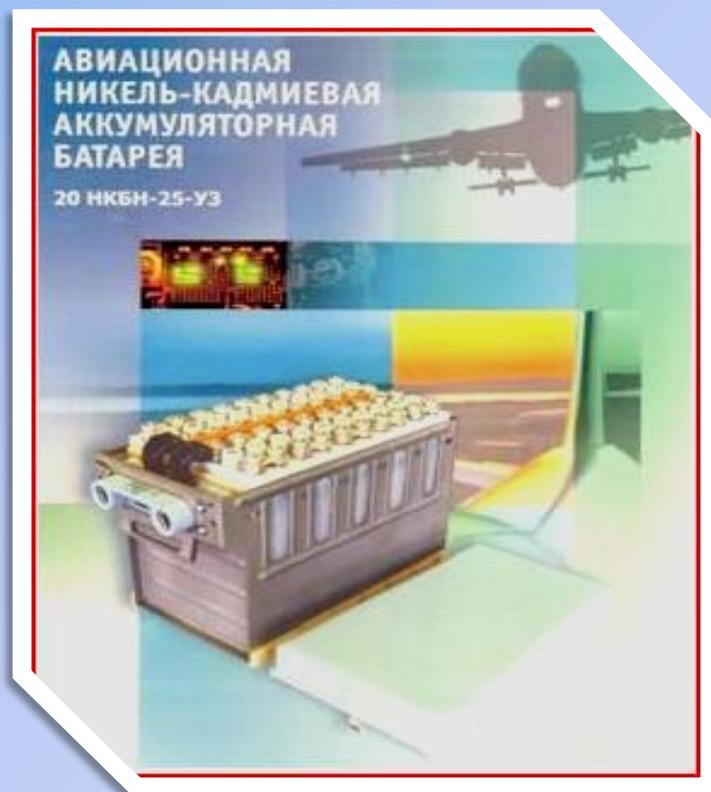
График изменения напряжения в процессе заряда и разряда АБ.

Разрядная характеристика АБ в зависимости от тока разрядки.

| <b>Наименование параметра</b>  | <b>Значение</b>                              |
|--|--|
| <b>Номинальное напряжение, В</b>   | <b>24</b>                                    |
| <b>Номинальная емкость, А*ч</b>  | <b>25</b>                                    |
| <b>Ток разряда, А</b><br>- Непрерывный<br>- Пусковой   | <b>100</b><br><b>650</b>                     |
| <b>Интервал рабочих температур, °С</b><br>- с обеспечением разрядных характеристик<br>- с сохранением работоспособности              | <b>от -20 до +50</b><br><b>от -60 до +60</b> |
| <b>Вид исполнения по ГОСТ 15150-69</b>   | <b>умеренная<br/>климатическая зона</b>      |
| <b><u>Стойкость к механическим нагрузкам и вибрация</u></b><br>- ускорение, g<br>- частота, Гц                                       | <b>10</b><br><b>10 – 2000</b>                |
| <b><u>Удары</u></b><br>- ускорение, g<br>- длительность импульса, мс<br>- количество ударов, шт.                                     | <b>12</b><br><b>2 – 20</b><br><b>10000</b>   |
| <b>Масса с электролитом, кг</b>  | <b>24</b>                                    |
| <b>Габаритные размеры (макс.), мм</b>  | <b>370x174x229</b>                           |
| <b>Сохраняемость заряда, сутки</b>   | <b>30</b>                                    |
| <b>Устойчивость к длительному перезаряду при повышенной температуре по методике п. 10СТ МЭК 952-1 (1988 г.) и MIL-D-26220 (USAF)</b> | <b>соответствует</b>                         |
| <b>Минимальная наработка (заряд-разряд), циклов</b>  | <b>250</b>                                   |
| <b>Гарантийный срок, лет</b>   | <b>5</b>                                     |
| <b>Назначенный срок службы, лет</b>  | <b>8</b>                                     |

## Область применения никель-кадмиевых аккумуляторных батарей

- автономный запуск основных и вспомогательных авиационных двигателей или турбостартеров;
- обеспечение электропитания в наземных условиях отдельных приемников при неработающих основных и вспомогательных авиационных двигателях и отсутствии электропитания от аэродромных источников электроэнергии;
- запуск в полете остановившегося авиадвигателя или турбостартера;
- питания в полете приемников 1-й категории при аварийной работе системы энергоснабжения.



**Аккумуляторная батарея 20НКБН-25-У3 (20 – число аккумуляторов; НК – никель-кадмиевая; Б – безламельная; Н – намазная; 25 – емкость в А·ч; У – для умеренного климата; 3 – категория распространения) состоит из 20 последовательно соединенных аккумуляторов НКБН-25**



# 3. Серебряно-цинковый аккумулятор

Положительные электроды изготавливаются из порошкообразного серебра, а отрицательные - из смеси окиси цинка и цинкового порошка. В результате формирования (заряда АБ) на положительных электродах образуется двухвалентная окись серебра  $\text{Ag}_2\text{O}$ , а на отрицательных – чистый губчатый цинк  $\text{Zn}$ .

Электрохимическая система аккумулятора имеет вид:



**В ходе токообразующей реакции электролит выполняет роль переносчика ионов.**

**Суммарная токообразующая реакция имеет вид:**



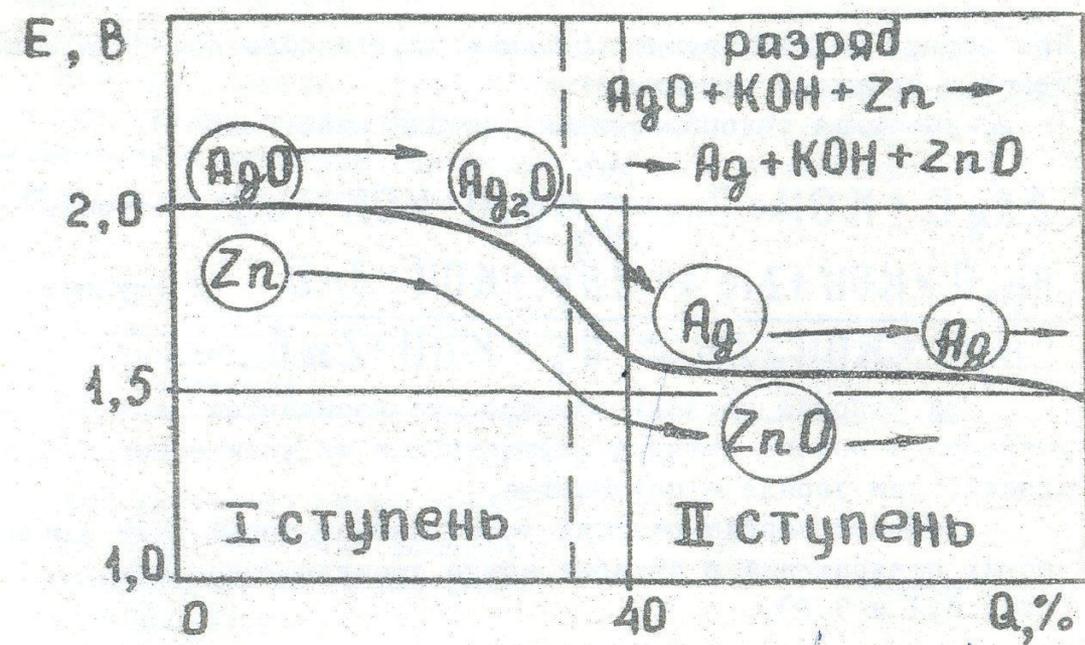


Рис. 3.1 (частично)

График изменения напряжения в процессе разряда свинцово-цинковой АБ.

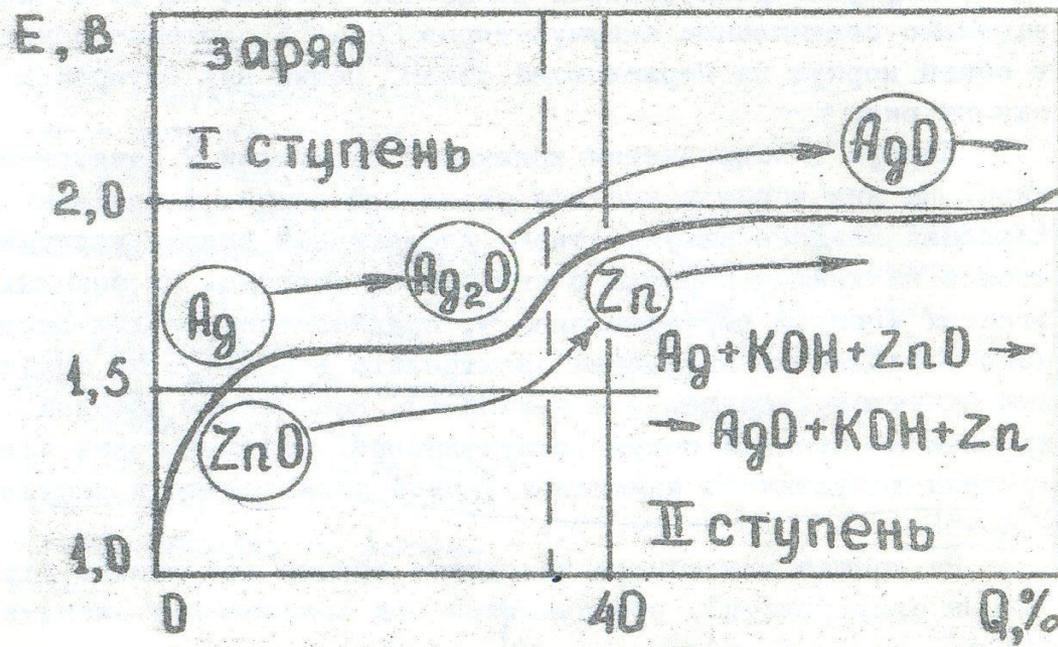


График изменения напряжения в процессе заряда свинцово-цинковой АБ.

# **Серебряно-цинковая аккумуляторная батарея 15СЦС-45Б имеет следующие технические характеристики:**

## **Напряжение**

**при токе нагрузки 50-100 А и при температуре электролита от  $-5^{\circ}\text{C}$  до  $+20^{\circ}\text{C}$  – не менее 21,0 В**

**при токе нагрузки 9 А и при температуре электролита от  $-5^{\circ}\text{C}$  до  $+20^{\circ}\text{C}$  – не менее 22,5 В**

**ЭДС заряженного аккумулятора - 1,84 -1,86 В**

**Саморазряд АБ составляет 10-15% от номинального заряда**

**Высотность – до 25 км**

**Масса батареи – 17,5 кг**

**Аккумуляторная батарея 15СЦС-45Б состоит из 15 последовательно соединённых аккумуляторов СЦК-45Б, которые помещены в общий корпус из нержавеющей стали.**

**Соединение аккумуляторов в последовательную цепь осуществляется медными посеребрёнными шинами, закреплённых на борнах гайками.**



## **ВОПРОС 2**

**Сравнение основных характеристик аккумуляторов.**

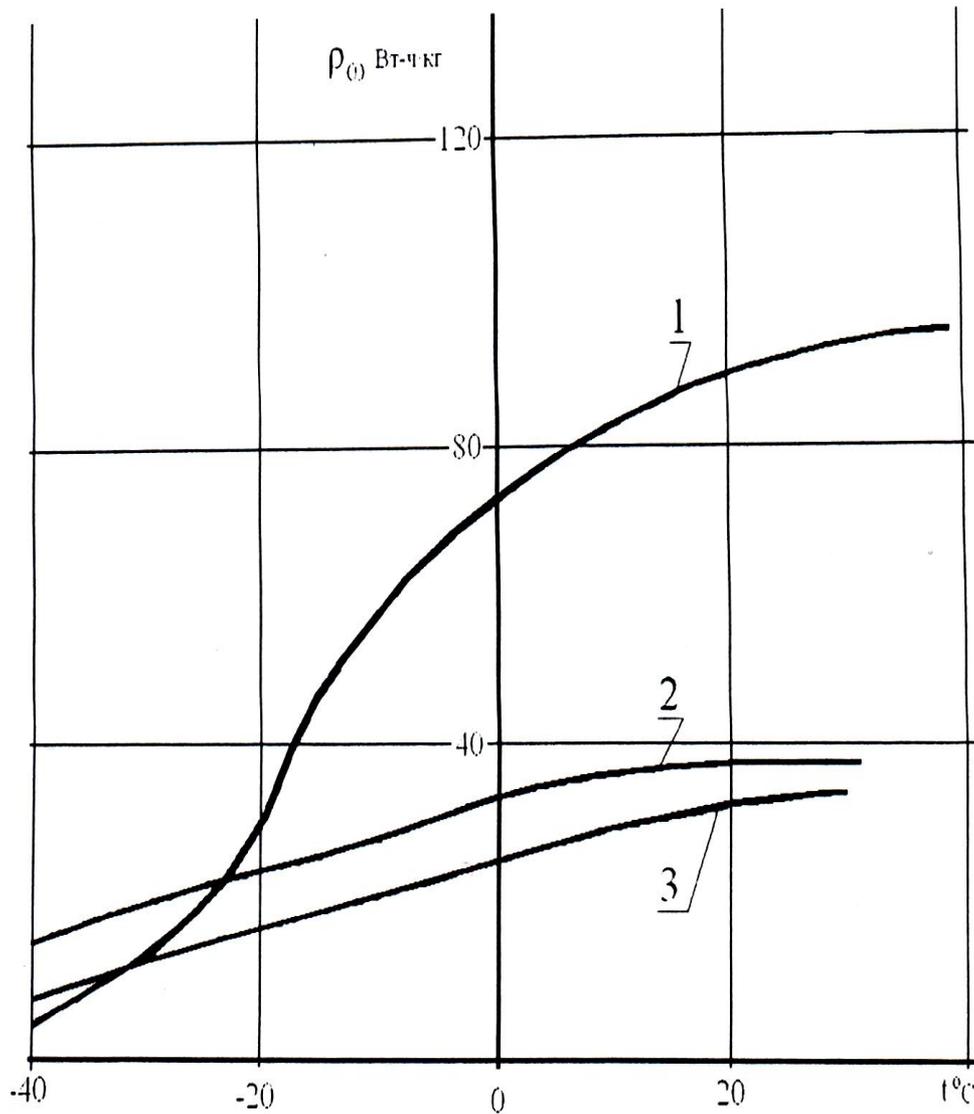
# Сравнение основных характеристик аккумуляторов.

| Тип АБ             | Электрохимическая система | Уравнения химических реакций   | Расход веществ, г/А ч             | Удельная энергия, Вт ч/кг | ЭДС, В         |
|--------------------|---------------------------|--|-----------------------------------|---------------------------|----------------|
| Свинцовые          | $PbO_2   H_2SO_4   Pb$    | $PbO_2 + 2H_2SO_4 + Pb \rightleftharpoons PbSO_4 + 2H_2O + PbSO_4$   | $4,46(+)+3,86(-)+3,36(эл.)=11,98$ | 40                        | 2,1            |
| Серебряно-цинковые | $Ag_2O   KOH   Zn$        | $Ag_2O + KOH + Zn \rightleftharpoons Ag + KOH + ZnO$                 | $2,31(+)+1,39(-)=3,70$            | 120                       | 1,82 -<br>1,84 |
| Никель-кадмиевые   | $Ni(OH)_3   KOH   Cd$     | $2Ni(OH)_3 + KOH + Cd \rightleftharpoons 2Ni(OH)_2 + KOH + Cd(OH)_2$ | $4,09(+)+2,1(-)=6,19$             | 50                        | 1,27           |

# Сравнение основных характеристик аккумуляторов.

| №<br>п/п | Параметры                                   | Бортовые АБ               |           |            |
|----------|---|---------------------------|-----------|------------|
|          |   | I2-САМ-28<br>(I2-АСАМ-23) | 20НКБН-25 | I5-СЦС-45Б |
| I        | Масса, кг                                   | 28,5<br>(31)              | 24        | I7         |
| 2        | Удельная емкость, А·ч/кг                    | I                         | I,05      | 2,65       |
| 3        | Удельная энергия, Вт·ч/кг                   | 40                        | 50        | I20        |
| 4        | Конечное напряжение разряда аккумулятора, В | I,7                       | I, I      | I,0        |
| 5        | Саморазряд, о.е. в сутки                    | I                         | 0,5-0,7   | 0,2-0,4    |
| 6        | Удельная стоимость, руб/кВт·ч               | 0, I-0,4                  | 0,9-I,2   | 4 - IO     |
| 7        | Стоимость обслуживания, руб/кВ·ч за I цикл  | 0, I-0,3                  | 0,5-I,5   | 3-8        |

# Зависимость удельной энергии от температуры аккумуляторов



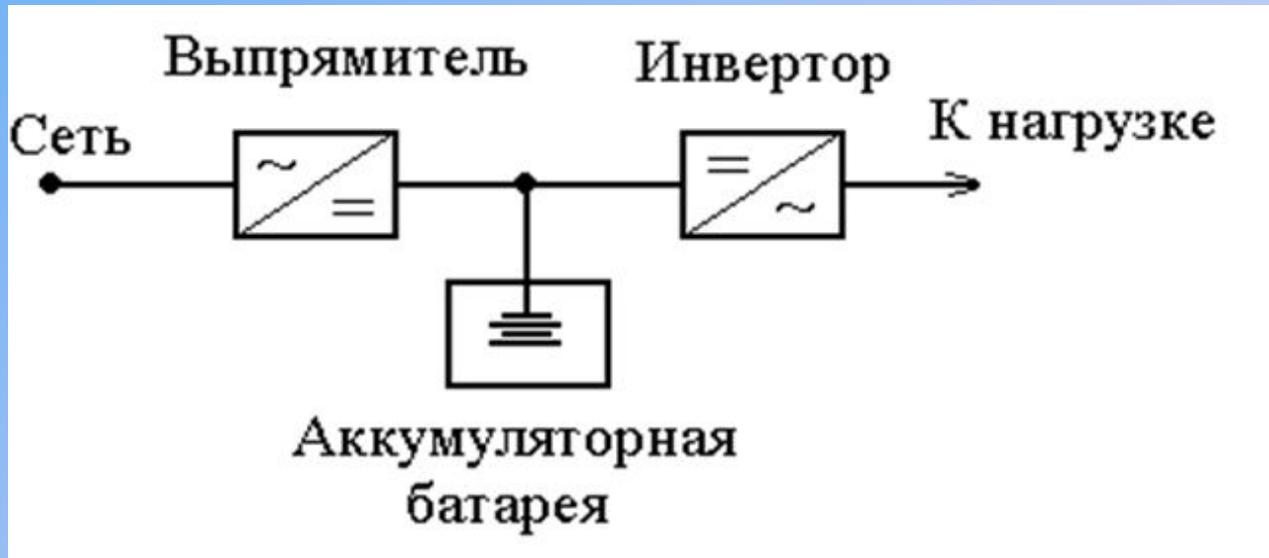
- 1) Серебряно-цинковый;
- 2) Никель-кадмиевый;
- 3) Свинцовый.

| <b>Характеристика</b>                                       | <b>Свинцовые</b> | <b>Никель-кадмиевые</b> | <b>Серебряно-цинковые</b> |
|---|------------------|-------------------------|---------------------------|
| <b>Отдача энергии, %</b>                                    | 0,65             | 0,5                     | 0,75 - 0,85               |
| <b>Срок службы, циклов</b>                                  | 70-300           | 250-400                 | 55-100                    |
| <b>Механическая прочность</b>                               | Невелика         | Очень прочное           | Прочное                   |
| <b>Саморазряд при температуре 20°С в течение месяца, %</b>  | 20-30            | 15-20                   | 5-10                      |
| <b>Условия хранения</b>                                     | Сложное          | Простое                 | Средние                   |
| <b>Воздействие на оборудование и обслуживающий персонал</b> | Вредное          | Среднее                 | Среднее                   |
| <b>Техническое</b>  | Очень            | Простое                 | Сложное                   |

## **ВОПРОС 3**

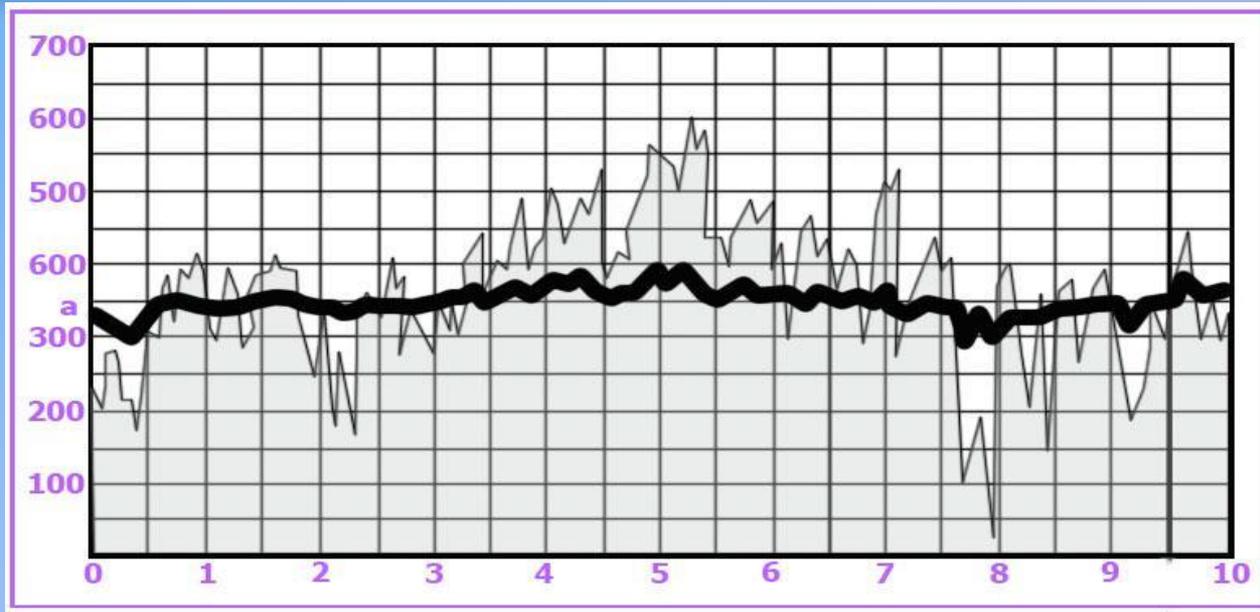
**Совместная работа  
аккумуляторных батарей с  
генераторами постоянного тока  
и выпрямительными  
устройствами. Особенности  
летной эксплуатации.**

# Буферная батарея



**Буферная батарея - аккумуляторная батарея, включенная параллельно с генератором постоянного тока или выпрямительным устройством для совместного питания нагрузки.**

# Буферная батарея



При наличии батареи, работающей параллельно с машиной, сеть все время работает на некоторую среднюю нагрузку, а батарея доставляет недостающую до полной силу тока; тогда кривая изменений нагрузки машины превращается, как это видно, почти в прямую (указано жирной линией).

# Буферная батарея

**Буферная батарея используется:**

- для питания потребителей тока при уменьшении мощности генератора;
- в качестве резерва (в режиме непрерывной буферной работы с постоянным подзарядом) на случай прекращения работы основных источников питания, например в устройствах связи;
- с целью снижения колебаний напряжения и тока в цепи.

# Особенности летной эксплуатации

## Из руководства по летной эксплуатации ближнемагистрально-го пассажирского самолета

**Ан-148-100:**

Внутренний осмотр следует выполнять при подключенном на борт электропитании от ВСУ или аэродромного источника. В случае невозможности использования ВСУ или аэродромного источника электропитания может быть использовано питание от аккумуляторных батарей.

**ПРИМЕЧАНИЕ.** Длительное использование питания от аккумуляторных батарей приводит к их разрядке и необходимости выполнить подзарядку.