

## **СПЕЦИФИЧНИ ОСОБЕНОСТИ, ПАРАМЕТРИ И ХАРАКТЕРИСТИКИ НА НИКЕЛ-КАДМИЕВИ АКУМУЛАТОРНИ БАТЕРИИ**

**Ирена Божичкова, Мартин Златков**  
[milenum\\_26@abv.bg](mailto:milenum_26@abv.bg), [dj\\_marti79@mail.bg](mailto:dj_marti79@mail.bg)

**ВТУ „Тодор Каблешков”**  
**София, 1574, ул. "Гео Милев" 158**  
**БЪЛГАРИЯ**

**Ключови думи:** Акумулаторна батерия, електромобил, източник на електрическа енергия, електродвигател, литиевоионни, литиевополимерни, графен, литий, литиево-титанатна, никел-кадмиева, никел-метал-хидридна, оловнокиселинни, химически източник, заряд-разряд, автономно захранване, химични реакции, електролит.

**Резюме:** Акумулаторната батерия е един от основните елементи на електромобила. Тя е източник на електрическа енергия, необходима за захранване на електродвигателя (електродвигателите). Темата на доклада е изцяло насочена към никел-кадмиеви акумулаторни батерии, както и тенденциите за развитието им.

Електрическата батерия е химически източник на ток, чиято основна специфика е обратимостта на вътрешните химични процеси. Това осигурява многократното ѝ циклично използване (чрез заряд-разряд) за съхранение на енергия и автономно захранване на различни електрически устройства и оборудване, както и за осигуряване резервни източници на енергия в медицината, производството, транспорта и в други области.

В доклада, са представени основни данни за никел-кадмиеви акумулаторни батерии и кратка история на изобретението. Разгледани са подробно с фигури и схеми устройството и принципът на действие, като са представени електрохимичната схема и химичните реакции, които описват зарядно-разрядния процес. Дадени са химичните съединения и елементи от които са съставени електролита и електродите, както и тяхното устройство. Представени са в табличен вид основните параметри за съответния акумулатор. Описани са предимствата и недостатъците му. С наличните данни може да бъде направена съпоставка между различните видове акумулаторни батерии.

### **Увод.**

Никел-кадмиева батерия "NiCd" е химическото съкращение за състава на никел-кадмиевите батерии, които са едни от най-използваните акумулаторни батерии [2][3]. Никел-кадмиевите батерии съдържат химикалите никел (Ni) и кадмий (Cd), в различни форми и композиции. Ni-Cd батерии са със сравнително ниско вътрешно

съпротивление, което ги прави добър избор за хранване на самолети, лодки и коли, както и акумулаторни електроинструменти, електрически модели. По-големите Ni-Cd батерии се използват за хранване на електрически превозни средства и други.

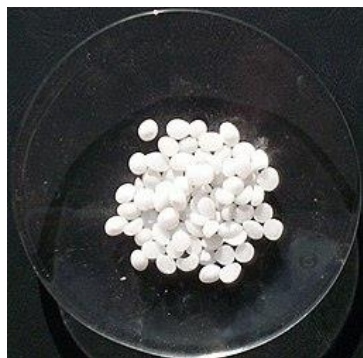
### История на изобретението (NiCd)

През 1899 г. Валдмар Юнгнер от Швеция [4] изобретява никел-кадмиева батерия, в която никелът е използван като положителен електрод, а кадмият е използван като отрицателен електрод. Две години по-късно Едисон предлага алтернативен дизайн, заменяйки кадмия с желязо. Поради високата цена (в сравнение със сухите или оловно-киселинни батерии) практическото използване на никел-кадмиеви и никелово-желязови батерии беше ограничено. След изобретяването на пресования анод през 1932 г. от Шлехт и Акерман, бяха въведени много подобрения, които доведоха до по-голям ток на натоварване и повишена издръжливост. Известната днес запечатана никел-кадмиева батерия стана достъпна едва след откриването от Нюман на напълно запечатана клетка през 1947 година.

### Устройство на никел-кадмиева батерия

(NiCd) е химически източник на ток, в който **катодът** е никелов оксид хидрат  $\text{Ni}(\text{OH})_2$  с графитен прах (около 5–8%), а **електролитът** е калиев хидроксид (фиг. 1) KOH с плътност 1,19–1,21 g/cm<sup>3</sup> добавя се на литиев хидроксид LiOH за да се образуват литиеви никелати и да се увеличи капацитетът с 21–25%. **Анодът** е хидрат на кадмиев оксид (фиг.2)  $\text{Cd}(\text{OH})_2$  или метален кадмий Cd (под формата на прах). **EMF** (електромагнитна сила или **номиналното напрежение**) никел-кадмиева батерия - около 1,37 V, специфична енергия - около 45-65 Wh/kg. В зависимост от дизайна, режима на работа (дълги или кратки изхвърляния) и чистотата на използваните материали, експлоатационният живот е от 100 до 900 цикъла на заряд-заряд. Съвременните (ламелни) индустриални никел-кадмиеви батерии могат да издържат до 20-25 години. Никел-кадмиевите батерии (NiCd), заедно с никел-солевите батерии, могат да се съхраняват разреждени, за разлика от никеловия метален хидрид (NiMH) и литиево-йонните батерии (Li-ion), които трябва да се поддържат заредени.

По време на зареждането молекулите на активен кислород се освобождават от състава на никеловите оксиди, които влизат в електролита и след това до кадмий, окислявайки го. Структурно всички никел-кадмиеви батерии са оборудвани със здрав затворен корпус, който издържа вътрешното налягане на газовете при тежки работни условия.



Фиг. 1. Калий



Фиг. 2. Кадмий

Цикълът на разреждане започва от 1,35 V и завършва при 1,0 V (съответно 100% от капацитета и 1% от останалия капацитет). Електродите на никел-кадмиевите

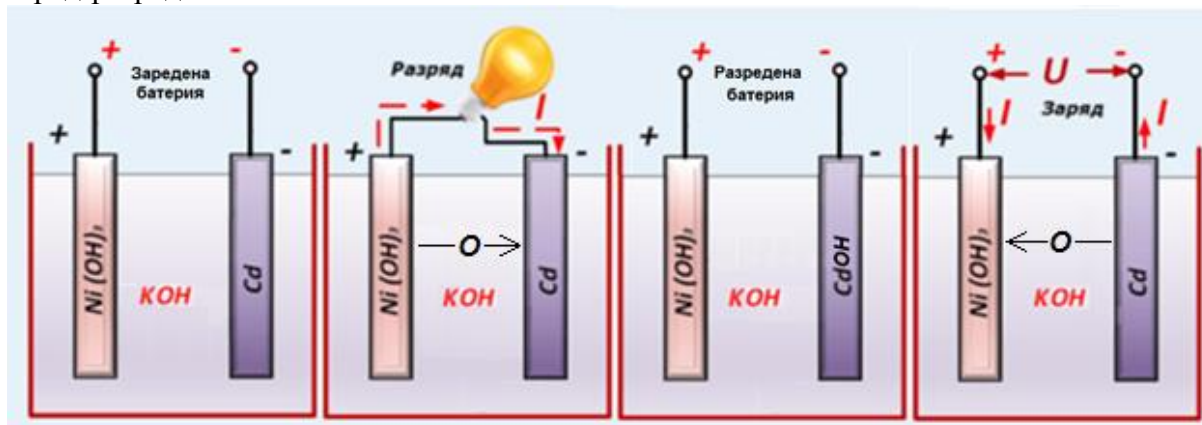
батерии се произвеждат, както чрез шамповане от лист, така и чрез пресоване от прах. **Пресованите** електроди са по-технологично усъвършенствани, по-евтини за производство и имат по-високи показатели за работоспособност, поради което всички домакински батерии имат **натиснати** електроди.

### Принцип на действие

Принципът на работа на никел-кадмиевите батерии се основава на обратим процес:



Напрежението на една клетка е 1,37V. За разлика от оловно-киселините акумулатори електролитът на алкалните не участва в химичните реакции, а служи само като проводник на електрическия ток (фиг. 3). Никеловият електрод е никелова хидроксидна паста, смесена с проводящ материал и отложена върху стоманена мрежа, а кадмиевият електрод е стоманена мрежа с притиснат в нея кадмий във вид на гъба. Пространството между електродите е запълнено с желеобразна композиция на базата на мокра алкална основа, която замръзва при  $-27^\circ\text{C}$  [1]. Отделните клетки се събират в батерии със специфична енергия 20–35 Wh/kg и имат дълъг ресурс от няколко хиляди цикъла на заряд-разряд.



Фиг. 3. Никел-кадмиев акумулатор в различните му състояния

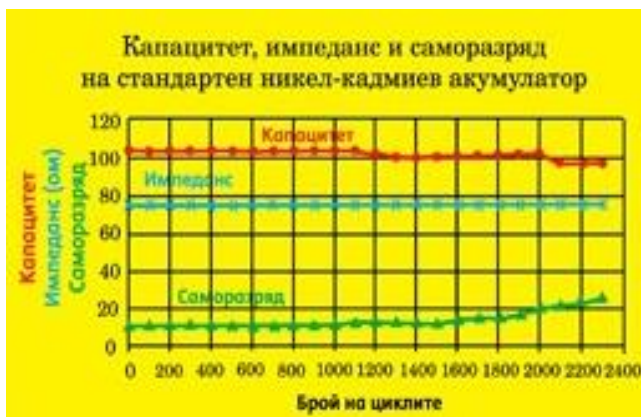
### Основни параметри на никел-кадмиева батерия:

- Специфична мощност: 150 ... 500 W/kg
- Специфична консумация на енергия: 45–65 Wh/kg
- Специфична плътност на енергията: 50–150 Wh/dm<sup>3</sup>
- EMF = 1,37 V
- КПД 75%
- Вътрешно съпротивление ~ 0,06 Ω
- Саморазряд: 10% на месец
- Работна температура:  $-50 \dots + 40^\circ\text{C}$
- Брой цикли 1200
- Време за зареждане 1h

**Недостатъци на никел-кадмиевите батерии** е използването на никел-кадмиеви батерии е много ограничено поради екологични причини, така че те се използват само там, където използването на други системи е невъзможно, а именно в устройства, характеризиращи се с големи разрядни и зареждащи токове.

### Предимства на никел-кадмиевите батерии:

- Те се повреждат много по-трудно от другите акумулаторни батерии;
- Ni-Cd батерии издържат по-дълго, по отношение на броя на циклите на зареждане/разреждане, в сравнение с други акумулаторни батерии;
- В сравнение с оловно-киселинните батерии NiCd батерии имат много по-висока енергийна плътност;
- NiCd батерия е в пъти по-малка и по-лека, отколкото която и да било оловно-киселинна батерия;
- Те имат много ниско вътрешно съпротивление, което поддържа ниска вътрешна температура, а това позволява бързо зареждане и разреждане (фиг 4);
- Енергийната им плътност е 40 Wh/l, което на практика означава, че акумулатор с големина R6 (AA) има капацитет 600-1000 mAh;
- Те имат сравнително нисък саморазряд при съхранение 10-15% на месец при стайна температура.
- Тези акумулатори са най-евтини (фиг. 5).



Фиг. 4. Параметри на NiCd акумулатор



Фиг. 5. Общ вид на NiCd батерии

### Експлоатация на никел-кадмиевите батерии

Пресованите електроди са обект на така наречения „ефект на паметта“. **Ефектът от паметта се проявява, когато батерията е заредена, преди да се разрези наистина.** В електрохимичната система на батерията се появява „допълнителен“ двоен електрически слой и напрежението му намалява с 0,1 V. Типичният контролер на заряда на устройство, използващо батерия, интерпретира това понижение на напрежението като пълно разреждане на батерията и съобщава, че батерията е „лоша“. Реално намаляване на консумацията на енергия не се случва и добрият контролер може да гарантира пълно използване на капацитета на батерията. След дългосрочно съхранение на батерията е необходимо да се извършат два или три цикъла на зареждане/разреждане с ток, числено равен на номиналния капацитет (1C), така че той да влезе в работен режим и да работи с пълна ефективност. Понякога в интернет можете да попаднете на фразата „Необходимо е напълно да се разрези батерията, преди да я заредите“. Това означава, че батерията трябва да се разрези до определена минимална стойност на напрежението. За повечето домакински батерии той е в диапазона 0,9-0,8V. Конкретната стойност трябва да бъде посочена в документацията за батерията. Разреждането под това минимално напрежение води до необратима промяна в характеристиките на батерията, нейната "смърт".

Типичната батерия за летищ модел може да се зарежда за половин час и да се разрежда за пет минути. Поради много ниското вътрешно съпротивление, батерията не се нагрява дори при зареждане с голям ток. Само когато батерията е напълно заредена,

започва забележимо загряване, което се използва от повечето зарядни устройства като сигнал, че зареждането е завършено.



Фиг. 6. NiCd акумулатор

### Съхраняване на NiCd батерии

За съхранение на NiCd батерии избирайте хладно и сухо място. Температурният диапазон за съхранение на батериите е между  $-20^{\circ}\text{C}$  и  $45^{\circ}\text{C}$ . Освен това се погрижете NiCad батерии да са със заряд между 40% и 0% , когато имате намерение да не ги използвате известно време. Не се препоръчва никел-кадмиевите батерии да не се използват прекалено дълго време

### Приложение.

Никел-кадмиевите батерии се използват за електрически автомобили, трамваи (фиг. 6) и тролейбуси (за захранване на контролни вериги), речни и морски съдове. Широко използван в авиацията, като бордови батерии за самолети и хеликоптери. Те се използват като източници на енергия за ръчни електроинструменти [2].

Дълъг срок на годност, относително неизискващ постоянни грижи и контрол. Способността да работи стабилно при студове до  $-40^{\circ}\text{C}$  и липсата на възможност за пожар по време на понижаване на налягането в сравнение с литий, ниска специфична гравитация в сравнение с олово и ниска цена в сравнение със сребро-цинк, по-малко вътрешната устойчивост, по-голямата надеждност и устойчивост на замръзване в сравнение с NiMH причиняват широкото използване на никел-кадмиеви батерии във военната техника, авиацията, преносимите електроинструменти [5] и радиокомуникационна апаратура.

### ЛИТЕРАТУРА:

- [1]. Електромобили - Русенски Университет ,Иван Евтимов , Росен Иванов
- [2]. <http://batterycenter.bg/akumulatorni-baterii-nicd.html>
- [3].<https://www.digital.bg/novini/%D0%BA%D0%B0%D0%BA%D0%B2%D0%BE-%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%B4%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D1%8F%D0%B2%D0%B0%D1%82-%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B5%D0%BB->



[%D0%BA%D0%B0%D0%B4%D0%BC%D0%B8%D0%B5%D0%B2%D0%B8%D1%82%D0%B5-%D0%B1%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B8-news48135.html](#)

[4]. <https://technoluxpro.com/bg/akkumulyatory/batarei/ni-cd.html>

[5]. <https://www.skil.bg/izpolzvane-na-instrumentite/osnovni-razliki-mezhdu-tehnologiite-za-akumulatori.html>

## **SPECIFIC FEATURES, PARAMETERS AND CHARACTERISTICS OF NICKEL-CADMIUM BATTERIES**

**Irena Bozhichkova, Martin Zlatkov**  
[milenium\\_26@abv.bg](mailto:milenium_26@abv.bg), [dj\\_marti79@mail.bg](mailto:dj_marti79@mail.bg)

***Todor Kableshkov University of Transport  
Sofia, 1574, str. "Geo Milev" 158  
BULGARIA***

**Key words:** *Rechargeable battery, electric car, power source, electric motor, lithium ion, lithium polymer, graphene, lithium, lithium titanate, nickel cadmium, nickel metal hydride, lead acid, chemical source, charge discharge, chemical, autonomous*

**Abstract:** *The rechargeable battery is one of the main elements of the electric car. It is a source of electricity needed to power the motor (s). The topic of the report is entirely focused on nickel-cadmium batteries, as well as trends in their development.*

*The electric battery is a chemical source of current, whose main specificity is the reversibility of internal chemical processes. This ensures its repeated cyclic use (by charge-discharge) for energy storage and autonomous power supply of various electrical devices and equipment, as well as for providing backup energy sources in medicine, manufacturing, transport and other fields.*

*The report presents basic data on nickel-cadmium rechargeable batteries and a brief history of the invention. The device and the principle of operation are considered in detail with figures and diagrams, as the electrochemical scheme and the chemical reactions, which describe the charging-discharge process, are presented. The chemical compounds and elements of which the electrolyte and electrodes are composed, as well as their device are given. The main parameters for the respective battery are presented in tabular form. Its advantages and disadvantages are described. With the available data, a comparison can be made between the different types of batteries*