

УДК 621.355

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ ТОКА

Гимпель А.С., Дасько С.С.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,  
г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Бычек И.В. – канд. техн. наук, доцент кафедры ЭТТ

**Аннотация.** Изучены различные типы химических источников тока, их состав и принцип работы. Определены преимущества и недостатки химических источников тока. Сделаны выводы о важности химических источников тока и неотъемлемости их использования в повседневной жизни.

**Ключевые слова:** химические источники тока, электрохимические системы, аккумуляторы

**Введение.** Невозможно представить себе жизнь современного общества, не пользующегося химическими источниками тока (ХИТ). ХИТ нашли широкое применение как автономные источники электрической энергии для питания радиоэлектронной аппаратуры, на транспорте, в космических объектах, в быту и т.д. [1].

**Основная часть.** Для выявления перспективных ХИТ необходимо решить следующие задачи: изучить принципы работы ХИТ, их классификацию; изучить состав электрохимических систем; проанализировать существующие ХИТ, их преимущества и недостатки; выделить наиболее перспективные разработки ХИТ.

Для решения поставленных задач были изучены характеристики следующих химических источников тока: литий-воздушных аккумуляторов (*Li-air*), литий-серных аккумуляторов (*Li-S*), кремний-углеродные нанокompозитные аноды для литий-ионных аккумуляторов, литий-ионные аккумуляторы (*Li-ion*) [2, 3].

В литий-воздушной батарее потенциал накопления энергии в 5-10 раз больше, чем у литий-ионных аккумуляторов. В зависимости от используемых материалов, *Li-ion-air* аккумулятор будет создавать напряжение в диапазоне от 1,7 до 3,2 В/элемент. Теоретическая удельная энергия *Li-air* аккумулятора составляет 13 кВтч/кг; *Al-air* аккумулятор обладает аналогичными качествами с теоретической удельной энергией 8 кВтч.

Благодаря низкому атомному весу лития и умеренному весу серы, литий-серные батареи обладают очень высокой удельной энергией – 550 Вт/ч и удельным потенциалом – 2500 Вт/ч. *Li-S* аккумулятор имеет хорошие характеристики разряда при низких температурах и может заряжаться при температуре –60 °С. Проблемы заключаются в ограниченном сроке службы, составляющем всего 40-50 зарядов/разрядов и нестабильности при высокой температуре. *Li-S* аккумулятор имеет напряжение ячейки 2,10 В и является экологически чистым.

В отличие от углерода в качестве типичного материала анода исследователи разработали кремний-углеродный нанокompозит. Это способствует доступу ионов лития для достижения стабильной производительности и увеличения емкости в пять раз по сравнению с обычным литий-ионным аккумулятором. Аккумулятор безопасен, однако срок службы ограничен из-за структурных проблем при введении и извлечении литий-иона в большом объеме.

В зависимости от химического состава и устройства, литий-ионные аккумуляторы разделяются на типы, сильно отличающиеся потребительскими качествами.

Литий-кобальтовые аккумуляторы (*NCR*): рабочий диапазон напряжений от 3 до 4,2 В, удельная энергоемкость – до 250 Втч/кг, пиковый ток разряда – не более двух ёмкостей, температура длительного хранения аккумуляторов –5 °С при 40-50 % заряда.

Литий-марганцевые аккумуляторы (*IMR* или *INR*): рабочий диапазон напряжений от 2,5 до 4,2 В, удельная энергоемкость 140-150 Втч/кг, ресурс порядка 5-6 лет до 1000 циклов «заряд-разряд», высокий ток под нагрузкой – до 5 ёмкостей, предельная граница разряда – 2,5 В, неработоспособны ниже –10 °С.

Железофосфатные аккумуляторы ( $LiFePO_4$ ,  $LiFe$ ): рабочий диапазон напряжений от 2 до 3,65 В, номинальное напряжение 3,2 В, удельная энергоёмкость 150 Втч/кг, ресурс 10-20 лет, примерно 1500-3000 циклов «заряд-разряд» (до 8000 в мягких условиях), стойки к низким температурам, при самых тяжёлых условиях эксплуатации не выделяют газ, не взрываются, не возгораются.

Литий-титанатные аккумуляторы: рабочий диапазон напряжений от 1,6 до 2,7 В, номинальное напряжение 2,3 В, удельная энергоёмкость 100 Втч/кг, ресурс более 15000 циклов «заряд-разряд», температурный диапазон работы от  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ , имеют наивысшую долговечность.

Разработки *Tesla* – аккумулятор литий-никель-кобальт-оксид алюминия с 80 % никеля, 15 % кобальта и 5 % алюминия. Благодаря существенному снижению кобальта и увеличению объема никеля эти батареи имеют максимально возможную плотность энергии. Несколько лет назад *Tesla* перешла на более крупный формат – с диаметра 18 и высоты 65 мм на диаметр 21 и высоту 70 мм. Это позволило немного повысить удельную плотность аккумулятора, поскольку в общей массе батареи меньше пространства уходит на оболочку. Новинка этого года обозначена форматом 4680, где 46 мм – это диаметр, а 80 мм – высота. Отмечают, что увеличение габаритов позволило в разы улучшить основные параметры, но при этом запас хода повысится лишь на 16 %. Стоимость таких ячеек на 14 % ниже в сравнении с нынешними [4, 5].

**Заключение.** Изучены принципы работы химических источников тока, их классификация и состав электрохимических систем. Проанализированы преимущества и недостатки существующих химических источников тока и выделены наиболее перспективные разработки.

Таким образом, разработка перспективных химических источников тока важна и с научной, и с практической точек зрения, поскольку в современном мире с каждым днем все больше растет роль стабильных, энергоёмких и недорогих источников тока.

### Список литературы

1. Классификация ХИТ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://electrosam.ru/glavnaja/jelektrooborudovanie/jelektropitanie/khimicheskie-istochniki-toka/>. – Дата доступа: 03.12.2021.
2. Состав электрохимических систем [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.chem21.info/info/1454786/>. – Дата доступа: 03.12.2021.
3. Литий-ионный аккумулятор [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Литий-ионный\\_аккумулятор](https://ru.wikipedia.org/wiki/Литий-ионный_аккумулятор). – Дата доступа: 03.12.2021.
4. Разработки Tesla [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ixbt.com/news/2020/09/23/tesla-predstavila-svoi-biskvitnye-akkumuljatory-kotorye-sdelajut-jelektromobili-desheвле.html>. – Дата доступа: 03.12.2021.
5. Перспективные химические источники тока. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.powerinfo.ru/promisingbattery.php>. – Дата доступа: 03.12.2021.

UDC 621.355

## PROMISING CHEMICAL CURRENT SOURCES

*Gimpel A.S., Dasko S.S.*

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus*

*Bychek I.V. – PhD, associate professor of the department of ETT*

**Annotation.** Various types of chemical current sources, their composition and principle of operation have been studied. The advantages and disadvantages of chemical current sources are determined. Conclusions are drawn about the importance of chemical current sources and the inalienability of their use in everyday life.

**Keywords:** chemical power sources, electrochemical systems, batteries