

Коротышева Анна Андреевна, аспирант,  
Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского, г. Нижний Новгород

## ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ НЕМАРКИРОВАННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ НА РЕНТГЕНОВСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ

**Аннотация.** В статье описаны типы электрохимических источников электрического тока. Проведен анализ способа идентификации с помощью рентгенографии. Рассмотрены изображения исходных данных для программного обеспечения для интеллектуальной идентификации немаркированных элементов питания.

**Ключевые слова:** рентгеновские изображения, элементы питания, идентификация, программное обеспечение.

### Введение

Важную роль проблема переработки таких опасных отходов, как электрохимические источники электрического тока (элементы питания) играет в мировой экологической политике. Для идентификации немаркированных элементов питания (ЭП) перед сортировкой предлагается этап обработки изображений в рентгеновском диапазоне.

### Исследование типов электрохимических источников электрического тока

Российским стандартом ГОСТ Р МЭК 61429-2004 установлено, что все ЭП должны снабжаться маркировкой, включающей символ переработки [1]. Не все типы ЭП подвергаются переработке, но все ЭП необходимо сдавать в специализированные пункты приема. Это необходимо для исключения некорректной утилизации и последующего ущерба для окружающей среды.

По форме электрохимические источники электрического тока классифицируются следующим образом: цилиндрические (обозначаются английской буквой «R»); плоские (обозначаются английской буквой «F»); призматические (обозначаются английской буквой «S»). В рамках исследования рассматриваются только цилиндрические ЭП.

В табл. 1 представлено обобщённое соотношение типов, размеров и емкости с обозначением основных цилиндрических ЭП.

Таблица 1

Некоторые основные цилиндрические ЭП

| № п/п | Тип состава                | Обозначение |      |      |          |        | Типовая емкость, мА·ч | Размеры: D×L, мм |
|-------|----------------------------|-------------|------|------|----------|--------|-----------------------|------------------|
|       |                            | Основное    | МЭК  | ANSI | ГОСТ, ТУ | Другое |                       |                  |
| 1     | Zn-Mn (NH <sub>4</sub> Cl) | A           | R23  |      |          |        | 17×50                 |                  |
| 2     | Zn-Mn (KOH)                |             | LR23 |      |          |        |                       |                  |
| 3     | Zn-Mn (NH <sub>4</sub> Cl) | AA          | R6   | 15D  | 316      | 1100   | 14,5×50,5             |                  |
| 4     | Zn-Mn (KOH)                |             | LR6  | 15A  | A316     | MN1500 |                       | 2700-3000        |



| № п/п | Тип состава                | Обозначение |          |       |          |        | Типовая емкость, мА·ч | Размеры: D×L, мм |
|-------|----------------------------|-------------|----------|-------|----------|--------|-----------------------|------------------|
|       |                            | Основное    | МЭК      | ANSI  | ГОСТ, ТУ | Другое |                       |                  |
| 5     | Li-FeS <sub>2</sub>        |             | FR6      | 15LF  |          | MX1500 | 3000-3500             | 10,5×44,5        |
| 6     | Ni-MH                      |             | HR6      | 1.2H2 |          |        | 1700-2900             |                  |
| 7     | NiCd                       |             | KR157/51 | 10015 |          |        | 600-1000              |                  |
| 8     | Ni-Zn                      |             | ZR6      |       |          |        | 1800-2000             |                  |
| 9     | Zn-Mn (NH <sub>4</sub> Cl) | AAA         | R03      | 24D   | 286      |        | 540                   |                  |
| 10    | Zn-Mn (KOH)                |             | LR03     | 24A   | A286     | MN2400 | 1000-1100             |                  |
| 11    | Li-FeS <sub>2</sub>        |             | FR03     | 24LF  |          | MX2400 | 1100-1300             |                  |
| 12    | Ni-MH                      |             | HR03     |       |          |        | 800-1000              |                  |
| 13    | Ni-Zn                      |             | ZR03     |       |          |        | 650-750               |                  |

В рамках исследования рассматривается пять самых распространённых типов цилиндрических ЭП: Zn-Mn (NH<sub>4</sub>Cl) или солевой ЭП; Zn-Mn (KOH) или щелочной ЭП; Ni-MH; Li-FeS<sub>2</sub>; Ni-Cd.

В рамках исследования рассматривается пять самых распространённых типоразмеров цилиндрических ЭП: AA, AAA, AAAA, C, D.

#### Анализ способа идентификации с помощью рентгенографии

Исследование внутренней структуры объектов, которые проецируются при помощи рентгеновского излучения на специальную бумагу, кассету с плёнкой или на электронную матрицу называется рентгенографией. Рентгеновское излучение – это электромагнитные волны, энергия фотонов которых лежит на шкале электромагнитных волн между ультрафиолетовым излучением и гамма-излучением, что соответствует длинам волн от  $\sim 10^2$  до  $\sim 10^{-3}$  нм [2]. Типовая рентгеновская установка состоит из источника и приемника, а исследуемый объект, располагается между ними [3].

ЭП, как правило, состоит из нескольких компонентов различных по химическому составу. Типичные компоненты, обязательные для каждого элемента питания – это анод, катод и электролит (рис. 1) [4]. Конструктивно в большинстве случаев материал анода, либо катода, выполняет роль корпуса изделия, однако встречаются ЭП, где корпус выполнен отдельным материалом.

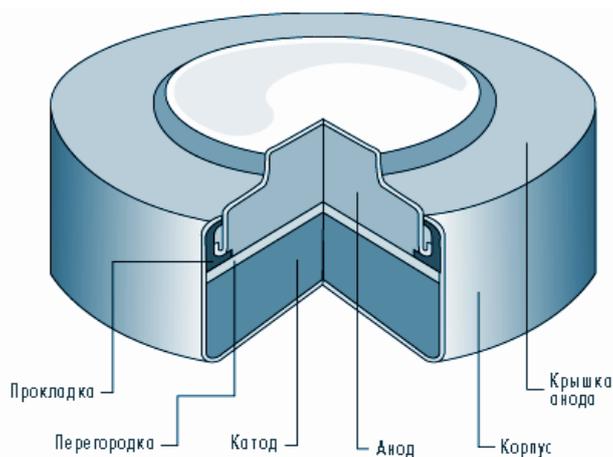


Рисунок 1 – Компоненты ЭП



Разные типы электролита, а также различный материал корпуса, будут по-разному поглощать рентгеновское излучение, а значит разные ЭП будут выглядеть на рентгеновских снимках по-разному. Стоит отметить и тот факт, что в процессе работы ЭП происходят электрохимические процессы, при которых, вследствие окислительно-восстановительных реакций, химический состав электролита изменяется. Поэтому для более точного анализа целесообразно применять цветовую маркировку ЭП на основе рентгеновских снимков, выполненных на различной мощности, при этом каждой мощности соотнося свой цветовой канал, т.е. сведение трех изображений, полученных на условно малой, средней и высокой мощностях излучения, к цветовым каналам модели «красный-синий-зеленый» (RGB) позволит одновременно производить анализ ЭП с различными габаритами.

#### Исходные данные

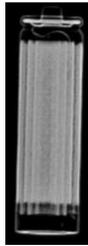
Исходные данные для программного обеспечения для интеллектуальной идентификации немаркированных элементов питания включают (табл. 2): изображения элементов питания с различных ракурсов; информацию о соответствии идентификаторов элементов питания их типам.

Таблица 2

Изображения и рентгеновский снимки некоторых цилиндрических ЭП, выбранных для исследования [5]

| № п/п | Тип состава                   | Типоразмер | Обозначение | Фотографии  | Рентгеновские снимки  | Код типа |
|-------|-------------------------------|------------|-------------|---|---|----------|
| 1     | Zn-Mn<br>(NH <sub>4</sub> Cl) | AA         | R6          |   |   | T1       |
| 2     | Zn-Mn<br>(KOH)                | AA         | LR6         |  |  | T2       |
| 3     | Ni-MH                         | AA         | HR6         |  |  | T3       |
| 4     | Li-FeS <sub>2</sub>           | AA         | FR6         |  |  | T4       |



| № п/п | Тип состава | Типоразмер | Обозначение | Фотографии  | Рентгеновские снимки  | Код типа |
|-------|-------------|------------|-------------|---|---|----------|
| 5     | Ni-Cd       | AA         | Ni-Cd AA    |  |  | T5       |

### Заключение

Идентификация элементов питания на рентгеновских снимках может быть самостоятельным этапом в системе распознавания объектов на рентгеновских снимках.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства образования и науки Нижегородской области в рамках научного проекта № 316-06-16-123а/23 от 4 июля 2023 г.

### Список литературы:

- ГОСТ Р МЭК 61429-2004. Маркирование аккумуляторов и аккумуляторных батарей международным символом переработки ИСО 7000-1135. – Введ. 2004-07-01. – Москва : Изд-во стандартов, 2004 – 8 с.
- Блохин М.А. Рентгеновское излучение // Физическая энциклопедия : [в 5 т.] / Гл. ред. А.М. Прохоров. – Москва : Большая российская энциклопедия, 1994. – Т. 4: Пойнтинга – Робертсона – Стримеры. – С. 375–377. – 704 с.
- Принципы построения досмотровой рентгеновской техники. – Режим доступа: <http://tstk.narod.ru/tsiotk/ppdrt.html>. – (Дата обращения: 29.09.2023).
- Схема типовых компонентов элементов питания. – Режим доступа: <http://base.safework.ru/iloenc?hdoc&nd=857200690&spack=110LogLength%3D0%26LogNumDoc%3D857200679%26listid%3D010000000200%26listpos%3D1%26lsz%3D4%26nd%3D857200679%26nh%3D2%26>. – (Дата обращения: 29.09.2023).
- Применение методов машинного обучения для классификации немаркированных элементов питания / А. А. Коротышева, В. Р. Милов, Ю. С. Егоров [и др.] // Проблемы информатики. – 2023. – № 2 – С. 34-44.

