

*Сачкова Н.Д.,
студентка 2 курс,
факультет «Информационно-измерительных и биотехнических систем»
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. Ульянова (Ленина)
Россия, г. Санкт-Петербург*

ОБЗОР НА ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ В ПОРТАТИВНОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ТЕХНИКЕ

***Аннотация:** Медицинская техника, в частности, портативная медтехника, является очень перспективным направлением развития в современном мире. Это очень капризная и чувствительная маломощная аппаратура, которая напрямую взаимодействует с пациентом, поэтому должна обладать самым высоким уровнем электробезопасности и должна быть продумана до мелочей.*

***Ключевые слова:** медтехника, источники питания, химические источники питания, батарейки, аккумуляторы, первичные источники питания, вторичные источники питания.*

***Annotation:** Medical equipment, in particular, portable medical equipment, is a very promising area of development in the modern world. This is a very capricious and sensitive low-power equipment that interacts directly with the patient, therefore it should have the highest level of electrical safety and should be thought out to the smallest detail.*

***Key words:** medical equipment, power sources, chemical power sources, batteries, accumulators, primary power sources, secondary power sources.*

Портативное медицинское оборудование представляет собой технические средства небольшого размера, которые используются в медицинских целях для диагностики, профилактики и лечения заболеваний. Технический прогресс позволил уменьшить габариты такого оборудования до размеров, которые позволяют уместить их в небольшом чемодане или хранить на полке в шкафу. Производители медицинской техники предлагают портативные модификации приборов, рассчитанные на бригады скорой помощи и службы чрезвычайных ситуаций. От качества этой техники зависит точность первичного обследования, эффективность помощи пострадавшему и начальных реанимационных мер.

Среди отличий от масштабных стационарных систем можно выделить:

- уменьшенное количество рабочих режимов и программ (остаются лишь наиболее информативные и важные),
- малые размеры,
- небольшая масса,
- автономность от источников питания (уже на этом этапе можно сделать вывод о виде необходимого питания).

Как становится понятно из описания, портативная медицинская техника должна быть запитана от такого источника, который позволит оставаться ей мобильной (автономность от розеток) и функционировать продолжительное время без замены источника питания.

Источники электропитания – это устройства, обеспечивающие электрическим током электроприборы, аппараты и т.д. Среди них существует две категории:

- первичные (*вырабатывают* электрическую энергию путем преобразования в нее других видов энергии, полученной в результате химических и прочих реакций);
- вторичные (предназначены для *преобразования получаемой от первичного источника электроэнергии* в напряжение с требуемыми параметрами). К вторичным относятся трансформаторные и инверторные преобразователи, выпрямители и т.п.

В ходе нашей учебной практики мы собирали вторичные источники питания.

Понятие первичных и вторичных источников относительно. Например, бытовая электросеть является первичным источником для домашних электроприборов, так как большинство устройств имеет свой внешний или встроенный блок питания, преобразующий входное напряжение до необходимых значений. В свою очередь, трансформаторная подстанция, от которой питается бытовая электросеть, сама является вторичным источником по отношению к электростанции.

ИСТОЧНИКИ ПЕРВИЧНОГО ПИТАНИЯ

Как было сказано, к первичным источникам относятся устройства, преобразующие различные виды энергии в электроэнергию. Это может быть химическая, механическая энергия, световая, тепловая и энергия атомного распада.

Основные виды первичных источников:

1. гидроэлектростанции – преобразуют в электроэнергию гравитационную энергию воды;
2. химические источники (аккумуляторы, топливные и гальванические элементы) – переводят химическую энергию в электрическую;
3. дизель-генераторы – химическая энергия преобразуется сначала в механическую, потом в электрическую;
4. солнечные батареи – преобразуют энергию солнечного света в электрическую на основе физического закона фотоэффекта;
5. ветряные генераторы – преобразуют кинетическую энергию воздушных частиц;
6. термоэлектрические преобразователи – преобразуют тепловую энергию в электрическую.

Химические источники обычно используются в маломощных устройствах и как резервные источники. Именно для них в дальнейшем будет представлена

сравнительная характеристика, т.к. портативная медтехника – это приборы с умеренным током потребления.

Работа топливных элементов основана на электрическом окислении топлива. В термоэлектрических устройствах электрический потенциал создает разница температур.

ИСТОЧНИКИ ВТОРИЧНОГО ПИТАНИЯ

Вторичные источники подключаются к первичным и преобразуют получаемую электроэнергию в выходное напряжение с требуемыми параметрами частоты, пульсации и т. д.

Основные функции вторичных источников:

1. обеспечение передачи требуемой мощности с наименьшими потерями;
2. преобразование формы напряжения (переменного напряжения в постоянное, изменение частоты, формирование импульсов);
3. преобразование значение напряжения (повышение или понижение его величины, формирование нескольких величин для разных цепей);
4. стабилизация напряжения (его показатели на выходе должны находиться в заданном диапазоне);
5. защита (чтобы напряжение, превысившее допустимые значения вследствие неисправности, не вывело из строя аппаратуру или сам ИП);

Существует два основных типа источников вторичного питания (ИВП) – трансформаторный и импульсный.

Трансформаторный или линейный ИВП – классический блок питания. Регулировка выходного напряжения происходит в нем непрерывно, то есть линейно. В его конструкцию последовательно входят:

- трансформатор (корректирует напряжение в ту или иную сторону до нужной величины);
- выпрямитель (преобразует переменное напряжение в постоянное);
- фильтр (сглаживает пульсацию (колебания) в выпрямленном напряжении).

Также схема может включать

- защиту от короткого замыкания,
- фильтр высокочастотных помех,
- стабилизатор и др.

Импульсный блок питания устроен принципиально иначе и имеет более сложную конструкцию. Он содержит:

- выпрямитель (входное напряжение сначала выпрямляется – преобразуется из переменного в постоянное);
- блок широтно-импульсной модуляции – ШИМ (преобразует постоянное напряжение в импульсы определенной частоты и скважности);
- частотный фильтр (в блоках без гальванической развязки);
- трансформатор (в блоках с гальванической развязкой от сети).

В импульсных источниках вторичного напряжения стабилизация реализуется посредством обратной связи, что позволяет поддерживать выходное напряжение на заданном уровне независимо от скачков входных параметров. Например, в блоках с гальванической развязкой в зависимости от величины выходного сигнала изменяется скважность (отношение частоты следования импульсов к их длительности) на выходе ШИМ-контроллера.

Достоинства и недостатки трансформаторных и импульсных ИВП		
	+	-
Трансформаторные	+простота конструкции; +гальваническая развязка от сети; +надежность в эксплуатации.	-большие габариты и вес, которые прямо пропорциональны его мощности; -относительно низкий КПД.
Импульсные	+малый вес и небольшие размеры; +высокий КПД (до 98%); +широкий диапазон допустимого входного напряжения; +встроенная защита от короткого замыкания и других форс-мажоров; +невысокая цена; +по надежности сравнимы с трансформаторными ИП.	-являются источниками высокочастотных помех, которые нельзя полностью устранить; -имеют ограничение по минимальной мощности нагрузки: не включаются, если она ниже требуемой.

Таблица 1. Достоинства и недостатки трансформаторных и импульсных ИВП.

Импульсные источники – это зарядки мобильных телефонов, блоки питания компьютеров, оргтехники, бытовой электроники (делаем вывод о том, что затраты на электричество, вызванные оставленной в розетке неиспользуемой зарядки пренебрежимо малы).

БЕСПЕРЕБОЙНЫЕ И РЕЗЕРВНЫЕ ИСТОЧНИКИ

Бесперебойные устройства – это источники вторичного электропитания, которые обеспечивают работоспособность подключенных электроприборов и техники при кратковременных перебоях в поставках электроэнергии. Также они выполняют функцию защиты от скачков напряжения и помех. Они могут обеспечить кратковременную работу электротехники на протяжении от нескольких минут до суток.

Бесперебойные источники		
Off-line	Line-interactive	Online
+самая простая конструкция +высокий КПД +низкая стоимость +имеют в своем составе пассивные фильтры, препятствующие прохождению помех	+в похжей на конструкцию off-line имеют встроенный стабилизатор +аккумулятор включается только тогда, когда стабилизатор не способен справиться со стабилизацией входного напряжения. -наличие промежутка времени, требуемого на переключение режимов работы -невозможность корректировать частоту сети.	+самое высокое качество и стоимость +работают по принципу двойного преобразования: входное напряжение сначала преобразуется в постоянное, а затем с помощью инвертора обратно в переменное. +не требуется время на переключение на питание от внешнего аккумулятора, он подключен в цепь и при стабильном энергоснабжении находится в буферном режиме.

Таблица 2. Бесперебойные источники

Вывод: при проектировании устройств портативной медицинской техники целесообразно использовать вторичные источники питания, так как устройства вторичного электропитания:

- Обеспечивают работоспособность подключенной аппаратуры при кратковременных перебоях электроэнергии питающей сети.
- Защищают от помех и скачков напряжения

- Имеют в качестве разновидности бесперебойные источники питания, которые наилучшим образом подходят для капризной и чувствительной медицинской техники.

В качестве первичных источников питания, снабжающих наши приборы электроэнергией применяются химические источники питания, так как они обычно используются в маломощных устройствах и как резервные источники. Именно для них в дальнейшем будет представлена сравнительная характеристика, т.к. портативная медтехника – это приборы с умеренным током потребления.

Описание химических источников тока

Химический источник тока (ХИТ) — источник ЭДС, в котором энергия протекающих в нём химических реакций непосредственно превращается в электрическую энергию.

По возможности или невозможности повторного использования химические источники тока делятся на:

- гальванические элементы (ПХИТ) – сами вырабатывают электрическую энергию путем преобразования в нее других видов энергии, полученных в результате преимущественно химических реакций; из-за необратимости протекающих в них реакций невозможно перезарядить (к наиболее распространенным первичным источникам относятся марганцево-цинковые и литиевые первичные источники тока);
- электрические аккумуляторы (ВХИТ) - предназначены для преобразования получаемой от первичного источника электроэнергии в напряжение с требуемыми параметрами. Для питания и нормального функционирования большинства электронных приборов требуется стабильное напряжение с различными значениями. Иными словами – это перезаряжаемые гальванические элементы, которые с помощью внешнего источника тока (зарядного устройства) можно перезарядить;
- топливные элементы (электрохимические генераторы) — устройства, подобные гальваническому элементу, но отличающиеся от него тем,

что вещества для электрохимической реакции подаются в него извне, а продукты реакций удаляются из него, что позволяет ему функционировать непрерывно.

Все первичные источники тока, за исключением серебряно-цинкового, обладают большим внутренним сопротивлением - десятки Ом, не допускающим разряда их токами большой силы из-за чрезмерного падения напряжения на внутреннем сопротивлении.

В Приложении 1 представлена таблица сравнительных характеристик рассматриваемых источников питания. Ниже – комментарии и дополнения.

Щелочные батарейки

Имеются батарейки на 9 В (в России известные как Крона) в специальном форм-факторе, которые на самом деле состоят из маленьких отсеков на 1.5 В.

Щелочные аккумуляторы

Свое название получили от вида электролита, необходимого для их работы. Основными разновидностями электролита, используемыми в щелочных аккумуляторах, являются едкий калий (KOH) и едкий натрий (NaOH). Глубокий разряд существенно уменьшает срок службы батареи. Эффективность разряда: 45–85% (низкая скорость);

Серебряно-цинковые батарейки

Серебряно-цинковые батарейки по своим техническим показателям превосходят аналогичные устройства других типов. Показатель отдачи тока у них близок к 100%, энергетическая отдача составляет примерно 85%. Благодаря этим показателям до появления литиевых источников серебряно-цинковые батарейки широко использовались в военной, авиационной, космической технике.

Серебряно-цинковые аккумуляторы

Благоприятной температурой для хранения этих источников тока является 6-10°C тепла. В условиях отрицательных температур снижается напряжение в стадии разряда, емкость. Поэтому при необходимости использовать источник тока в морозы нужно обеспечить его обогрев. Они незаменимы в устройствах, где требуется эффективный, компактный источник тока с небольшой массой.

Обширную область применения аккумуляторных батарей обеспечивает большой модельный ряд устройств. Модели отличаются по размерам, техническим показателям.

Большой ассортимент серебряно-цинковых аккумуляторов позволяет оптимально подобрать устройство с учетом специфики оборудования, в котором он будет установлен.

Марганцево-цинковые батарейки

До недавнего времени элементы этой электрохимической системы являлись наиболее распространенными несмотря на то, что появились они одними из первых и сохранились практически в неизменном виде благодаря своим характеристикам.

Основными недостатками этих элементов являются

- значительная скорость снижения напряжения на всем протяжении разряда
- значительное уменьшение отдаваемой емкости при увеличении тока разряда.

Конечное разрядное напряжение устанавливается в зависимости от нагрузки в интервале 0,7-1,0 В.

Важна не только величина тока разряда, но и временной график нагрузки. При прерывистом разряде большими и средними токами работоспособность батареек заметно увеличивается по сравнению с непрерывным режимом работы. Однако при малых разрядных токах и многомесячных перерывах в работе емкость их может снижаться в следствии саморазряда.

Марганцево-цинковые аккумуляторы

- падающая разрядная кривая,
- относительно невысокая удельная энергия,
- значительное ухудшение характеристик при повышенных нагрузках и низких температурах,

В настоящее время во всем мире ежегодно производится 7—9 млрд. таких элементов. Широкое распространение марганцево-цинковых элементов связано с удачным сочетанием ряда их качеств:

- относительной дешевизны,
- удовлетворительных электрических показателей,
- удобство в эксплуатации.

Применяются в устройствах с минимальным энергопотреблением: пульт дистанционного управления, часы, термометры и др. Постепенно вытесняется другими типами элементов питания из-за малого срока службы и небольшой ёмкости.

Воздушно-цинковые батарейки

Активным веществом катода служит кислород воздуха, поэтому катод является нерасходуемым. Производятся две разновидности: призматические с высокой емкостью (до 1000 А·ч) и дисковые с малой емкостью. Используются для питания средств связи, в слуховых аппаратах, медицинских и других устройствах.

Воздушно-цинковые аккумуляторы

У этих батарей очень высокое внутреннее сопротивление, благодаря чему они пригодны только для систем с малой скоростью разряда за исключением тех случаев, когда модули питания применяются в крупногабаритном транспорте, где принудительная подача воздуха позволяет улучшить рабочие характеристики аккумуляторов.

Поскольку рабочие характеристики аккумуляторов ухудшаются под воздействием влаги, содержащейся в окружающем воздухе, этот фактор нельзя не учитывать при использовании источников питания данного типа. Срок службы герметически закупоренных промышленных моделей воздушно-цинковых батарей, хранящихся в сухом месте, неограничен, тогда как миниатюрные элементы могут храниться около трех лет. При этом их характеристики немного ухудшаются.

Существуют два способа зарядки этих батарей: механический (путем замены цинка или электролита) и электрический (с помощью стандартных методов заряда). Этот тип аккумуляторов получил широкое распространение благодаря относительно плоской кривой разряда и малой стоимости.

Литиевые батарейки

Источники тока с более высокими энергетическими характеристиками и расширенным диапазоном эксплуатационных возможностей.

Прочно заняли свое место как источники питания портативной аппаратуры; их применяют там, где *требуется высокая сохранность и постоянство рабочего напряжения в течение многих лет эксплуатации.*

При низкой температуре (порядка $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$) элементы отдадут емкость в несколько раз меньше номинальной. Если после этого они переносятся в теплое помещение, разряд продолжается и может иметь место существенный их разогрев за счет разложения промежуточных продуктов реакции вплоть до взрыва. Для увеличения безопасности эксплуатации, литиевые элементы могут быть снабжены аварийными клапанами для сброса газа, плавкими предохранителями, тепловыми выключателями.

Литиевые аккумуляторы

В 1991 г. на заводы-изготовители было отозвано большое число литиевых батарей, которые впервые применили в качестве источника питания мобильных телефонов. Причина - при разговоре, когда потребляемый ток максимален, из Li аккумулятора происходил выброс пламени, обжигавшего лицо пользователю мобильного телефона. Кроме того, дендритообразование приводит к опасности коротких замыканий, и как следствие к пожаро- и взрывоопасности таких аккумуляторов. Из-за свойственной металлическому Li нестабильности, особенно в процессе заряда, разработки сдвинулись в область создания аккумуляторной батареи без его использования, но с использованием ионов лития. Хотя литий-ионные батареи обеспечивают меньшую энергетическую плотность, чем литиевые батареи, тем не менее они безопасны при выполнении правильных режимов заряда и разряда.

Приложение 1

	Батареи					Аккумуляторы					
	Щелочные	Серебряно-цинковые	Марганцево-цинковые	Воздушно-цинковые	Литиевые	Щелочные	Серебряно-цинковые	Марганцево-цинковые	Воздушно-цинковые	Литиевые	
Саморазряд	низкий	5—15 % от общей ёмкости за месяц	есть при малых разрядных токах и многомесячных перерывах	низкий ток саморазряда	1,5-2% в год при 20 °С.	17% в месяц	низкий	есть при малых разрядных токах и многомесячных перерывах	0,17%/месяц	<2% в год	Саморазряд
Удельная ёмкость	200 мА·ч- 2000-3000 мА·ч	превышает параметры иных батарей		призматические до 1000 мА·ч и дисковые с малой ёмкостью	200 А·ч - 3800-4300 мА·ч		1,5-70 А·ч	600-8000мА·ч			Удельная ёмкость
Ценовая стоимость	доступны	дорогие	доступны	доступны	дорогие		дорогие	доступны			Ценовая стоимость
Эффективность перезарядки						до 50 циклов	100 циклов заряда-разряда		высокая		Эффективность перезарядки
КПД	55%	Энергоотдача составляет около 85%, отдача по току приближается к 100%					высокий		50% (перезарядка име модели) или 60-70% (первичная батарея, малая скорость разряда)		КПД
Рабочая температура	-30...+55 °С	-30 ... +70 °С	-20...+60 °С				-10...+55°С	-20...+55°С	0...50°С		Рабочая температура
Срок хранения и службы	до 10 лет	2-4 года - эксплуатация, 4	2 года		мощные: 10-12 лет	долгий	2-4 года - эксплуатация, 4	2 года	миниатюрные около 3х лет, промышленны		Срок хранения и службы
ЭДС элемента питания	1,5 В		1,51 В		3-6 В			1,51 В	1,45-1,65 В		ЭДС элемента питания
Удельная энергия	65—90 Вт·ч/кг	высокая, в три-четыре раза превышает удельную энергию свинцовых аккумуляторов	67—99 Вт·час/кг	очень высокая		85—190 В·ч/кг		низкая	442 В·ч/кг		Удельная энергия
Удельная мощность	100—150 кВт·ч/м ³		122—263 Вт·час/дм ³			50 Вт/кг			100 Вт/кг		Удельная мощность
Компактность и лёгкость	-	+		+			+		+		Компактность и лёгкость
Дополнительно (с более подробной информацией можно ознакомиться в тексте)	Необходимо утилизировать в специальном порядке; Не могут работать на морозе, но после прогрева функционируют снова; Для устройств среднего и высокого токопотребления - низкие риски протекания и деформации корпуса;	Широко использовались до появления литиевых; Устойчивы к внешним воздействиям; Экологичное производство; Стойкие к высоким разрядным токам; Дают стабильные показатели напряжения при разряде; Устойчивы к глубокому разряду и периодическому прерыванию процесса заряда	Самый известный ПИП (одноразовая батарейка); Уменьшение отдаваемой мощности при отрицательных температурах, саморазряд при высоких	Влияние внешних условий на характеристики источника тока; Используются для питания средств связи, в служебных аппаратах, медицинских устройствах.	Могут работать на морозе; Прочно заняли свое место как источники питания портативной аппаратуры; Их применяют там, где требуется высокая сохранность и постоянство рабочего напряжения в течение многих лет эксплуатации	до 1,3В разряжается быстро, до 1В (предельное значение) медленно; Использование при напряжении ниже 1 В приводит к потере ёмкости аккумулятора и уменьшению срока эксплуатации; Наличие эффекта памяти, приводящего к потере ёмкости; Предназначены для медленной разрядки и периодической эксплуатации при малой глубине разряда(< 25%); Глубокий разряд существенно уменьшает срок службы батареи	При необходимости использовать источник тока в мороз нужно обеспечить его обогрев.	Падение напряжения в течение разряда; Ухудшение характеристик при отрицательной температуре; Падение ёмкости при повышении тока разряда;	Плоская кривая разряда; Предельное напряжение разрядки: 0,9 В на элемент; Очень высокое внутреннее сопротивление а, благодаря чему они пригодны только для систем с малой скоростью разряда	Дополнительно (с более подробной информацией можно ознакомиться в тексте)	

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Портативные приборы для диагностики. URL: <http://medbuy.ru/articles/portativnyye-pribory-dlya-diagnostiki>
2. Портативная медицинская техника. URL: http://catalog.gaw.ru/ua/medtech/porta_tech.htm
3. Первичные источники питания. URL: <http://digteh.ru/BP/PervIstP/>
4. Первичные и вторичные источники электропитания, бесперебойное и автономное электроснабжение URL: https://eltechbook.ru/istochniki_jelektropitanija.html
5. Первичные и вторичные источники электропитания, бесперебойное и резервное электроснабжение URL: https://video-praktik.ru/pitanie_istochniki.html
6. Стабилизатор напряжения URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D0%B1%D0%B8%D0%BB%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80_%D0%BD%D0%B0%D0%BF%D1%80%D1%8F%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F
7. Щелочные аккумуляторы. Устройство, принцип действия, достоинства и недостатки URL: <https://pue8.ru/elektrotekhnik/815-shchelochnye-akkumulyatory-ustrojstvo-printsip-dejstviya-dostoinstva-i-nedostatki.html>
8. История и особенности серебряно-цинковых элементов питания URL: https://xn--80aabspfh9bq.xn--p1ai/silver_zink.php
9. Типы первичных Химических Источников Тока URL: <http://www.powerinfo.ru/batterytype.php>
10. Литиевые аккумуляторы URL: <http://www.powerinfo.ru/accumulator-li.php>
11. Литиевые батарейки URL: <http://www.powerinfo.ru/battery-li.php>
12. Марганцево-цинковый элемент URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D1%80%D0%B3%D0%B0%D0%BD%D1%86%D0%B5%D0%B2%D0%BE-%D1%86%D0%B8%D0%BD%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B9_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82

13. Всё об аккумуляторных батареях. Часть 2. Щелочные, углеродно-цинковые и воздушно-цинковые батареи URL: <http://www.russianelectronics.ru/leader-r/review/doc/70708/>
14. Щелочной элемент (батарея) URL: <https://intellect.icu/shhelochnoj-element-batarejka-3905>
15. Марганцево-цинковые батареи URL: <http://akkumulatori.ru/index.php/klassifikatsiya-batareek/9-vidy-i-tipy-batareek/44-margantsevo-tsinkovye-batareiki-s-solevym-elektrolitom.html>
16. Солевые и щелочные батарейки URL: <http://xn--80aabsug3boo.xn--p1ai/elementpitanija/15-solevye-i-schelochnye-batareyki.html>
17. Литиевые и воздушно-цинковые батарейки URL: <http://xn--80aabsug3boo.xn--p1ai/elementpitanija/16-litievye-i-vozdushno-cinkovye-batareyki.html#more-411>
18. Серебряно-цинковый аккумулятор URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B1%D1%80%D1%8F%D0%BD%D0%BE-%D1%86%D0%B8%D0%BD%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B9_%D0%B0%D0%BA%D0%BA%D1%83%D0%BC%D1%83%D0%BB%D1%8F%D1%82%D0%BE%D1%80#%D0%9F%D1%80%D0%B5%D0%B8%D0%BC%D1%83%D1%89%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B0
19. Серебряно-цинковые аккумуляторы URL: https://fastmb.ru/soveti_auto/3278-serebryano-cinkovye-akkumulyatory-osobennosti-plyusy-i-minusy.html
20. «Химия батареек» URL: <https://ammo1.livejournal.com/564015.html>
21. Серебряно-цинковые аккумуляторы URL: <https://proakkym.ru/obzor/serebrjano-cinkovye-akkumuljatory-i-ih-plastiny-iz-serebra>
22. Серебряно-цинковый аккумулятор URL: <https://www.ngpedia.ru/id633148p1.html>
23. Батареи и аккумуляторы URL: http://stalkershop.org/stat_11.htm