

УДК 004.896:531.781

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ И КАЧЕСТВ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ С ПОМОЩЬЮ ЦИФРОВОГО МУЛЬТИМЕТРА

Кухарев Д. Е., студент гр. ИАб-231, I курс
Батанов И. Д., студент гр. ИАб-231, I курс
Елкин И. С., к.т.н., доцент

Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева
г. Кемерово

Аннотация. В статье представлены результаты исследования энергетических свойств и качества однотипных элементов питания малой емкостью. Исследование элементов питания производилось с помощью цифрового мультиметра специально разработанного для исследований на базе платформы Arduino Uno. Приведен сравнительный анализ соответствия цены и качества элементов питания, представлен метод по оценке свойств источников питания.

Ключевые слова: элемент питания, мультиметр, вольтметр, амперметр, внутреннее сопротивление, Arduino, автоматизация исследований.

В современном мире цифровых технологий и электротехнических устройств и аппаратов актуальной проблемой является выбор источника питания, аккумулятора. В этой связи на рынке представлено большое разнообразие различных типов и видов источников питания, отличающихся ценовой категорией, составом и качеством. В связи с этим представляется важным определение в лабораторных условиях основных свойств элементов питания, сопоставить цену и качество, определить в каких условиях целесообразнее использовать тот или иной элемент [1, 2].

Для исследования были использованы батареи типа AAA из разной ценовой категории, различных производителей. Основные характеристики представлены ниже.

Элемент питания №1:

- Элемент питания – щелочной;
- Напряжение - 1,5 В;
- Цена – 37,25 руб.

Элемент питания №2:

- Элемент питания – щелочной;
- Напряжение 1,5 В;
- Цена – 15,5 руб.

Элемент питания №3:

- Элемент питания – солевой;
- Напряжение - 1,5 В;
- Цена – 8 руб.

Специально для исследований была собрана электрическая схема на базе Arduino (рис.1) [3], состоящая из вольтметра и амперметра – мультиметра, предназначенный для исследования свойств элементов питания. Такой нами разработанный мультиметр позволяет с достаточной точностью произвести исследования основных свойств элементов питания. С другой стороны, используемая платформа позволяет выводить результаты измерений на компьютер и затем производить обработку в автоматическом режиме, тем самым автоматизировать процесс научных исследований [1, 2].

Принцип работы вольтметра заключается в следующем. В плате Arduino есть несколько аналоговых входов, к которым внутри платы подсоединенны встроенные аналоговые цифровые преобразователи (АЦП).

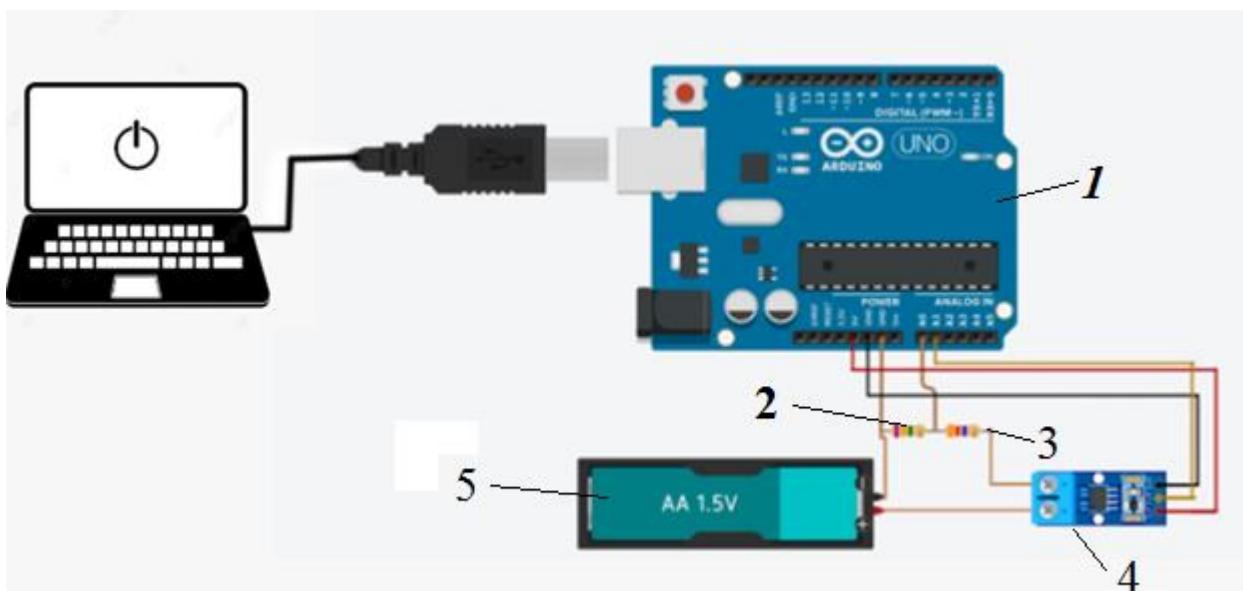


Рис. 1. Электрическая схема для исследования элементов питания с использованием мультиметра на базе Arduino:

1 – Arduino Uno, 2 – резистор $R_1(7,5\text{k}\Omega)$, 3 – резистор $R_2(33\text{k}\Omega)$,
4 – амперметр, 5 – исследуемый элемент питания

Относительная погрешность амперметра:

$$\delta = \frac{|X - X_D|}{X_D} 100\%;$$
$$\frac{|2,96 - 3|}{3} 100\% = 1,333\%.$$

где δ – относительная погрешность, X – показания мультиметра на базе Arduino, X_D – значение цифрового мультиметра M830L как эталонного (проверенного) [4].

Аналогично определялась относительная погрешность вольтметра, для которого погрешность составила 1,25 %.

Отметим, что в схеме вольтметра использовался делитель напряжения [5]. Так как номинальное напряжение, на которое рассчитан Arduino Uno составляет 5 В, поэтому использовали данную схему для измерений.

На схеме резисторы R_1 и R_2 имеют номиналы 33 кОм и 7,5 кОм. Средняя точка делителя напряжения используется для подачи сигнала на аналоговый вход платы Arduino. Напряжение, падающее на резисторе R_2 ($U_{\text{вых}}$) - напряжением на выходе делителя напряжения. Оно рассчитывается по формуле:

$$U_{\text{вых}} = U_{\text{вход}} \left(\frac{R_2}{R_1} + R_2 \right),$$

где R_1 и R_2 – резисторы, $U_{\text{вых}}$ – напряжение на выходе, $U_{\text{вход}}$ – напряжение на входе.

Напряжение на выходе делителя прямо пропорционально напряжению на его входе и отношению сопротивлению резисторов R_1 и R_2 [5].

Данные батареи подключались к мультиметру разработанным на базе Arduino Uno для того, чтобы определить ее основные характеристики: внутреннее сопротивление, ЭДС, емкость, изучить зависимость соотношения качества и надежности от цены продукта.

С каждой батареей было проведено по несколько исследований при следующих условиях:

Исследование №1: сопротивление нагрузки 36 Ом; время работы под нагрузкой: 300 с. Результаты исследования представлены на рис. 2.

Исследование №2: сопротивление нагрузки 47 Ом; время работы под нагрузкой: 300 с. Результаты исследования представлены на рис. 3.

Исследование №3: сопротивление нагрузки 100 Ом; время работы под нагрузкой: 300 с. Результаты исследования представлены на рис. 4.

Основным параметром, характеризующим эффективность работы элемента питания, был принят параметр, определяемый как

$$P = \frac{c}{\alpha \cdot 10^6},$$

где α – коэффициент изменения напряжения, c – цена элемента питания.

Результаты исследований приведены в табл. 1.

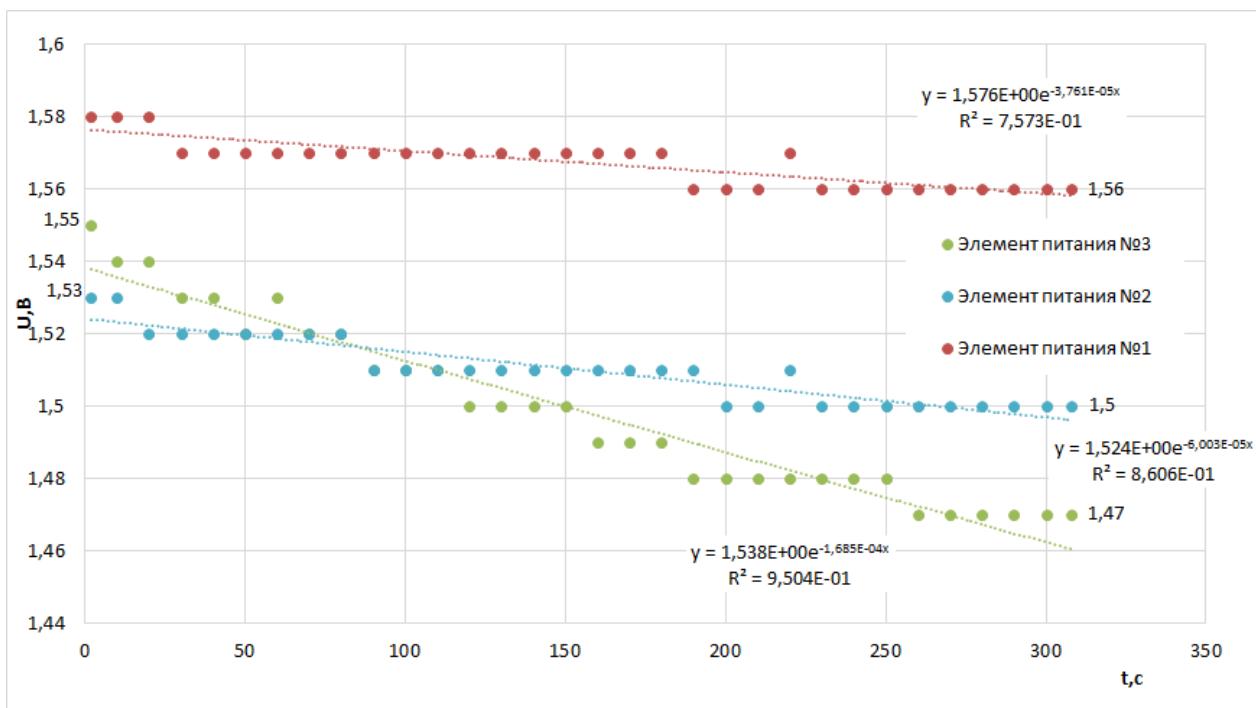


Рис. 2. Напряжение на нагрузке при $R=36 \text{ Ом}$

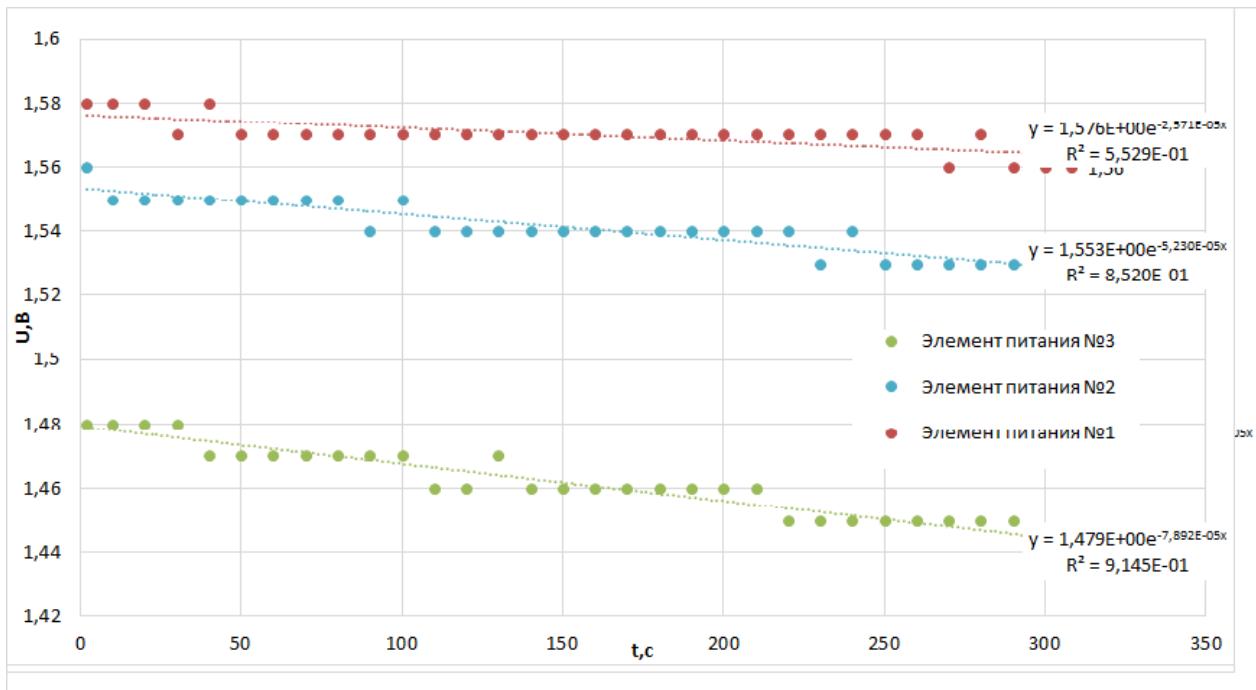


Рис 3. Напряжение на нагрузке при $R=47 \text{ Ом}$

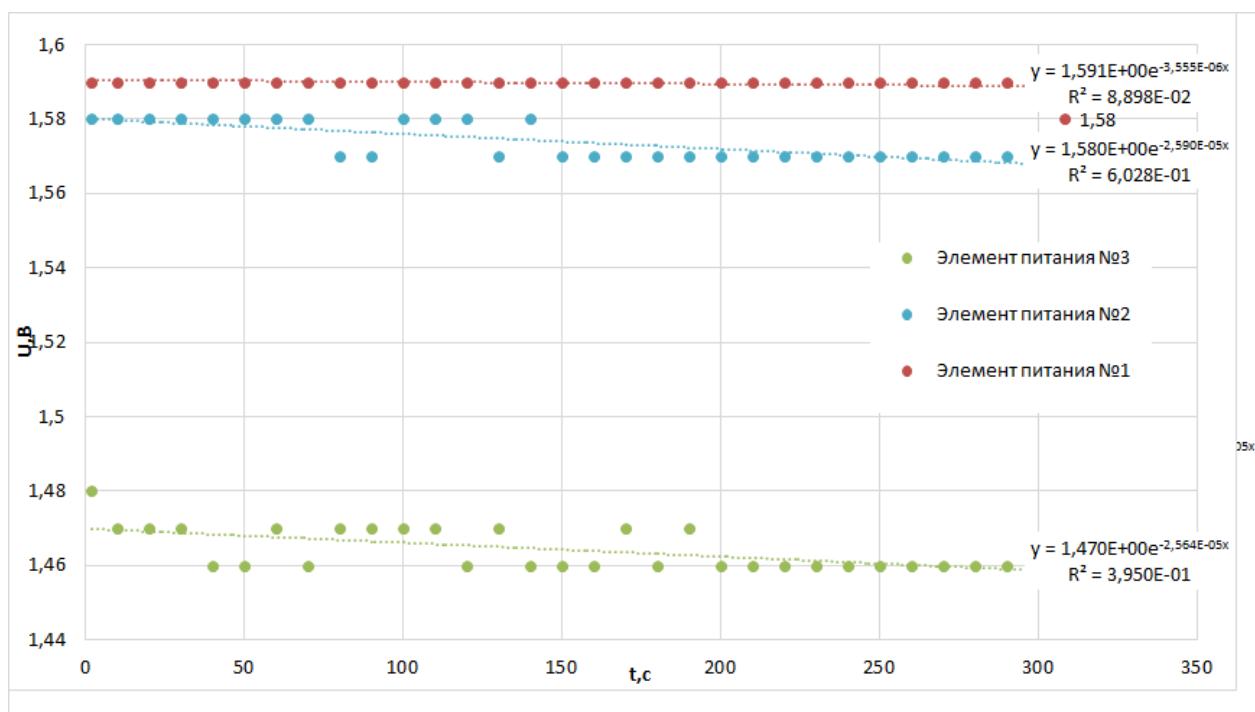


Рис 4. Напряжение на нагрузке при $R=100 \text{ Ом}$.

Таблица 1

Результаты исследований №1

	A	α	P
батарейка №1	1,5763	-3,761e-05	0,990
батарейка №2	1,5241	-6,003e-05	0,258
батарейка №3	1,5382	-1,685e-04	0,047

Результаты исследований №2

	A	α	P
батарейка №1	1,5763	-2,571e-05	1,449
батарейка №2	1,5535	-5,230e-05	0,296
батарейка №3	1,4792	-7,892e-05	0,101

Результаты исследований №3

	A	α	P
батарейка №1	1,5906	-3,555e-06	10,478
батарейка №2	1,5801	-2,59e-05	0,598
батарейка №3	1,4699	-2,564e-05	0,312

На основе исследований можно заметить, что щелочные батареи №1 и №2 выделяются на фоне солевой. Особенно это заметно на рис. 2. При относительно схожем напряжении во время работы только у солевой батареи был значительный спад, пока снижение напряжения на нагрузке при батареи №1 и №2 находилось на приемлемом уровне.

Выводы.

На основе результатов испытаний было установлено, что лучше всех себя проявила элемент питания №1, так как на протяжении всех исследований именно она держала высокое и слабо изменяющееся напряжение при продолжительном подключении нагрузки. На второе место с небольшим разрывом – элемент питания №2. Хоть он и уступил первому, но при рассмотрении ее значения в соотношении с ценой выигрывает элемент питания №1 и можно с уверенностью сказать, что в бытовом использовании наиболее практичной будет элемент питания №2. На третьей позиции оказалась солевая батарейка. Она проявила себя хуже всех в данном тесте, однако на протяжении долгого времени зарекомендовала себя как дешевый источник питания, хорошо подходящий для пультов управления и других устройств, не требующих большой емкости и тока.

Оптимальное время измерений показателей элементов питания под нагрузкой составило 5 мин. Оптимальное сопротивление нагрузки для исследований элементов питания AAA, 1,5 В составляет около 36 Ом. Результаты показывают, что ЭДС элемента питания несколько отличается от заявленной производителем, примерно на 2-8 %.

Список литературы:

1. Автоматизация лабораторного эксперимента: Учебное пособие по курсу «Автоматизированные системы научных исследований» / С. И. Ковалев, Е. В. Свиридов, А. В. Устинов; Ред. Г. Ф. Филаретов; МЭИ ТУ. – Москва: Изд-во МЭИ, 1999. – 40 с.
2. Основы автоматизации эксперимента. Лабораторный практикум: Учебно-методическое пособие / А.Е. Герман. – Гродно: ГрГУ, 2004. – 150 с.
3. Официальный сайт Arduino / URL: <https://arduino.ru/>.
4. Терминология: погрешности измерений физических величин / URL: https://www.lcard.ru/lexicon/meas_accuracy.
5. Большая Российская Энциклопедия / Делитель напряжения / URL: https://old.bigenc.ru/technology_and_technique/text/1945834