

УДК: 541

ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРОВ ЧАСТИЦ ЦИНКА НА ВОЛЬТАМПЕРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Болосхаан С.*, Умбеткалиев К.А., Казаков Ю.В. Мансуров З.А.

КазНУ им. Аль-Фараби, Алматы, Казахстан

*E-mail: seryk_bolyshan@mail.ru

Аннотация

В работе приведены результаты исследований по разработке метода получения резервного источника тока ПРИТ на основе цинка. Проведена экспериментальная работа по определению вольт-амперных характеристик ПРИТ составы на основе цинка с получения резервного источника тока. Экспериментально определили вольтамперных параметров ПРИТ на основе алюминия и цинка. В результате измерение вольт-амперных характеристик ПРИТ на основе цинка показал наилучший результат, чем ПРИТ на основе магния[1]. С помощью цинка впервые разработана и создана ПРИТ, на основе магния впервые используется ПТФЭ в качестве воспламенителя для инициирования ПРИТ. Исследованы рабочие параметры пиротехнического резервного источника тока на основе цинка с асбестовым сепаратором толщиной 0,8 мм. Установлено, что при значении тока 0,02 А продолжительность работы ПРИТ составляет 585 секунды. Определено, что ПРИТ на основе цинка работает стабильно, при использовании цинка, такие характеристики как время выхода на рабочий режим, время работы ПРИТ на порядок выше чем у ПРИТ на основе магния.

Ключевые слова: вольтамперный параметр, цинк, алюминий, химические источники тока, пиротехнический резервный источник тока

Введение

Химические источники тока играют важную роль в транспорте, авиации, ракетной технике. Они имеют ряд преимуществ по сравнению с применявшимися ранее пневматическими и пиротехническими генераторами электроэнергии. Особое значение имеют резервные источники тока (РИТ), активируемые теплом пиротехники. В отличие от генераторов и аккумуляторов РИТ имеют высокую удельную мощность, широкий температурный рабочий диапазон (-60...+70 °С) и длительный (до 25 лет) срок хранения без саморазряда[1-7]. Для обеспечения быстрого и безотказного задействования РИТ используются специальные ленточные воспламенители из гибкого и прочного пиротехнического материала (ПМ). Для получения высоких отрицательных потенциалов анода в них используется литийсодержащий материал, а в качестве электролита расплавы смеси солей лития. Воспламенители должны надежно и практически одновременно воспламенить весь набор ПТ в РИТ, не оказывая отрицательного влияния на процессы генерирования электрического тока, не нарушая тепловой режим РИТ, состав газовой среды, электрическое со-

противление цепи и т.д. Особое значение имеют ПРИТ, активируемые теплом специальной пиротехники. а также ПРИТ характеризуются высокой удельной емкостью и длительным сроком хранения без само-разряда (до 25 лет). ПРИТ определяются условиями их эксплуатации, предъявляемыми требованиями и технологическими решениями. Такой пиротехнический резервный источник тока способен непрерывно генерировать электрический ток как в виде краткосрочного, так и длительного заряд. Широко используются ленточные воспламенители, изготовленные из смеси титана или циркония с перхлоратом калия, барьером хромовокислым и асбестом методом шликельного литья названных компонентов. В частности, интенсивно продолжаются работы по получению электрической энергии с помощью резервных источников тока. Отметим, что при этом потребность в энергии могут быть разумно удовлетворена только при условии экономического и экологического чистого производства[8-11]. Необходимость в исследовании пиротехнических резервных источников тока обусловлена тем, что существующие аккумуляторы не имеют достаточно большую удельную мощность и не обладают долгосрочным ресурсом работы при чрезвычайных ситуациях. Специалисты мирового уровня считают, что данные трудности будут решены в ближайшее время посредством использования резервных

источников тока на основе пиротехнических материалов[12].

Экспериментальная часть

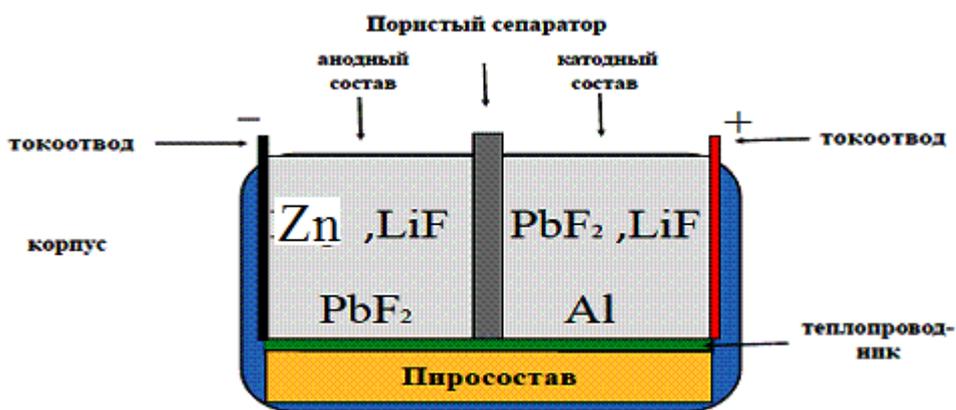
В настоящей работе в исследуемом пиротехническом резервном источнике тока содержатся гальванические элементы в виде пиротехнических зарядов в катоде и в аноде. Исследования проводили по следующим этапам: Исследование влияния на реагирующие элементы характеристики ПРИТ на основе магния и исследование характеристик ПРИТ на основе цинка, таких как время работы в рабочем режиме, время выхода на рабочий режим. В работе были использованы исходной компоненты: Al – порошок марки ПА-4 (чистота 99%, дисперсность 65 мкм) . Zn - пластичный серебристо-белый металл чистотой 99 %, порошок (дисперсность 100 микрон) и гранулированный цинк (дисперсность около 500 микрон).

Нами были исследована для исполнения задач, поставленных в разделе постановке задачи настоящей работы, в качестве исходных пиротехнических материалов для изготовления ПРИТ составы, который выбрано элементов: алюминий, цинк, и служить как, реагентов для проведения электрохимической реакции, они еще использовались как топливное горючее для достижения и получения высокой температуры расплава. Обоснование выбора этих исходных материалов были приведены выше.

Результаты и обсуждения

Для проведения экспериментов была изготовлена установка ПРИТ составов, который содержатся: анод (-) и катод (+), сепаратор, ячейка из алунды для размещения химических реагентов, токоотводы и провода для соединения с внешней цепью.

Вольт-амперных характеристик исследуемых пиротехнических композиции снимали с помощью двух мультиметров. Причем, мультиметр при измерении напряжения имел достаточно большое внутреннее сопротивление для обеспечения точности измерения и для невозможности изменения электрических характеристик измеряемой системы. А при измерении силы тока, мультиметр имел очень малое внутреннее сопротивление для обеспечения точности полученных результатов по измерению. Заметим, что при измерении силы тока мультиметр подключали последовательно к электрической цепи. На рисунке 1 приведена результаты исследование резервного источник тока. Алюминия позволяет более полно использовать активный катодный материал, так как свинец (продукт восстановления фторида свинца) не образует сплавов с алюминием и потенциал катода близок к потенциалу реакции $Pb^{2+} + 2e \rightarrow Pb^0$. ПРИТ для измерения вольтамперных характеристик и для получения зависимостей по кинетике процессов.



1 – анодный токоотвод, 2 – катодный токоотвод,
3 – тестер-вольтметр, 4 – тестер-амперметр, 5 – нагрузка.

Рис. 1- Схема измерения тока и напряжения в системе

Для проведения исследования собрана установка, представленная на рисунке 1. В качестве корпуса катодно - анодных ячеек в тигель с диаметром 25 мм и высотой 30 мм. Сепаратор был выполнен из прессованного асбестового листа толщиной 2 и 0,8 мм. Анод содержит следующие компоненты, (масс. %): 58,0 PbF₂, 22,0 Zn, 20,0 LiF, а катод выполнен из композиции (масс. %): 89,52 PbF₂, 3,48 Al и 7,0 LiF. Масса навески для проведения экспериментов составляла 10 г анода и катода.

Результат и обсуждения

В результате проведенных исследований получены зависимости электрического тока и

напряжения от различного времени в пиротехническом источнике тока с различными составами. Получена кинетическая зависимость тока от времени для различного порошками, которая играет немало важную роль в протекании реакции. В результате исследований выявлено влияние сепаратора в системе пиротехнического резервного источника тока на вольтамперные характеристики. ПРИТ составы на основе цинка проводились с использованием порошкового (дисперсность 100 микрон) и гранулированного цинка (дисперсность около 500 микрон). Значения тока и напряжения, полученные данных, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Максимальные значения напряжения и электрического тока ПРИТ на основе цинка

номер эксперимента	Максимальный электрический ток, А	Максимальное напряжение, В
1. Zn(гранулы)	0,188	0,2148
2. Zn(гранулы)	0,201	0,221
3. Zn(гранулы)	0,198	0,230
1. Zn(порошок)	0,12	0,1
2. Zn(порошок)	0,11	0,12
3. Zn(порошок)	0,09	0,11

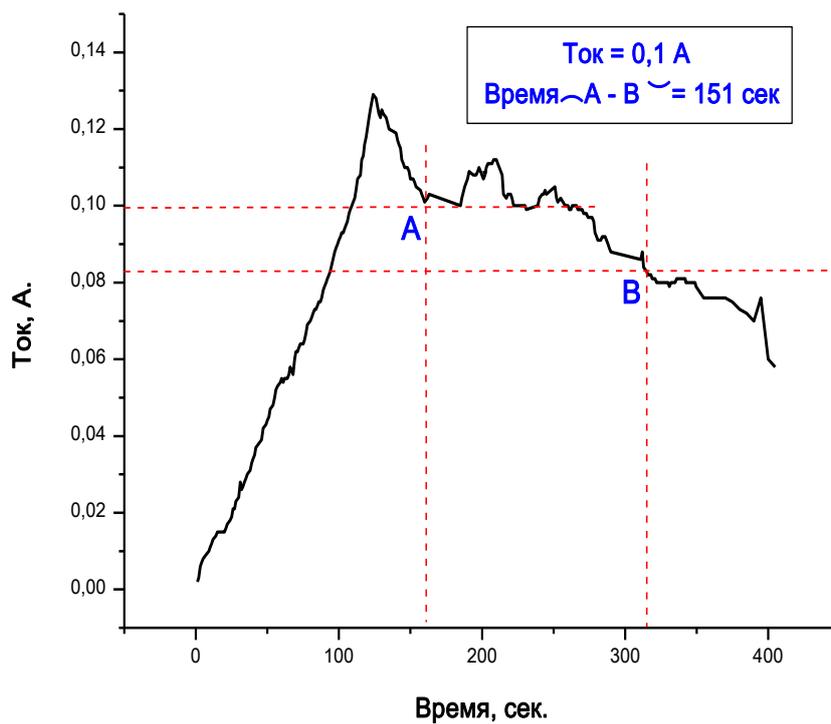
Из таблицы 1 видно, что значения электрического тока крайне малы для такого типа ПРИТ, данный факт, очевидно, обусловлен тем, что повышенная толщина сепаратора препятствует свободному прохождению заряженных частиц, образующихся в ходе электрохимической реакции.

При достижении определенной температуры пиротехнический состав загорается и, расплавившись, превращается в электролит, которая заполняет поры сепаратора. Расплавленный электролит обеспечивает ионный контакт между электродами, благодаря чему на аноде происходит электрохимическое окисление горючего (цинка), а на катоде происходит электрохимическое восстановление окислителя (фторида свинца).

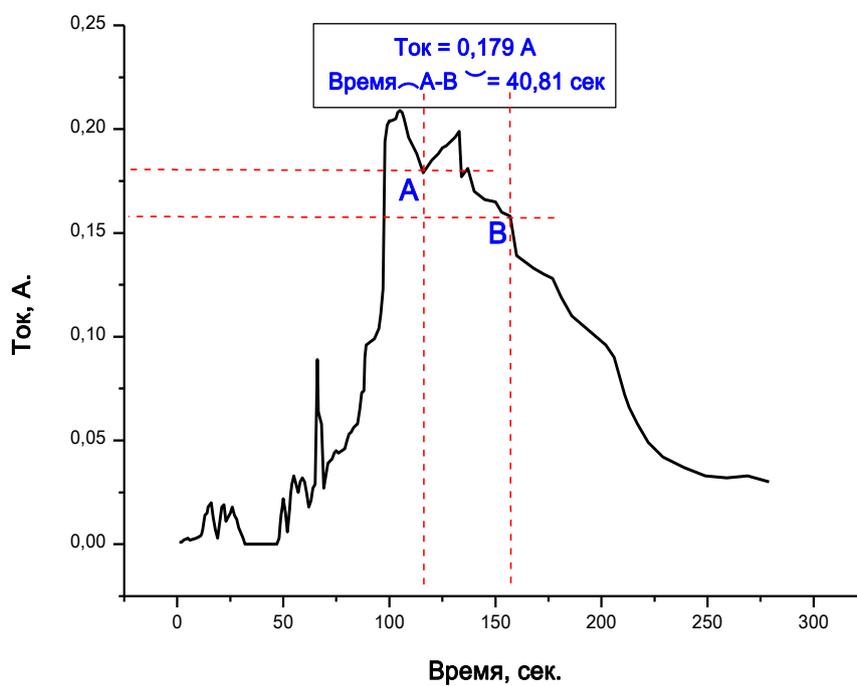
На рисунке 2 представлена кинетика изменения тока по времени для порошкового и гранулированного цинка. Из рисунка 2 (а, б) видно, что происходит скачок электрического тока и напряжения на 109 секунде. По видимому, это объясняется тем, что имеет ме-

сто самоускоряющаяся реакция, после которой система ПРИТ выходит на рабочий режим. Другими словами, в течении 210 секунд происходит постепенное снижение электрического тока и напряжения, однако по истечению 310 секунд вплоть до 600 секунд система ПРИТ работает при постоянном электрическом токе и напряжении со значениями 0,1 А и 0,08 В, соответственно. Не мало важную роль играет внутреннее сопротивление материалов, которые несомненно вносят свой вклад в значение напряжения. А также из рисунок видно, что при постоянном электрическом токе соответствуют напряжению со значениями 0.17 А и 0,15 В.

Такое различие может быть объяснено тем, что измельченный цинк обладает большой поверхностью, что возможно приводит к установлению малого значения электрического сопротивления, и соответственно, электрохимическая реакция может проходить более стабильно.



а)



б)

Рис. 2(а, б) - Кинетическая зависимость тока от времени и разного состава для порошкового (а) и гранулированного цинка (б)

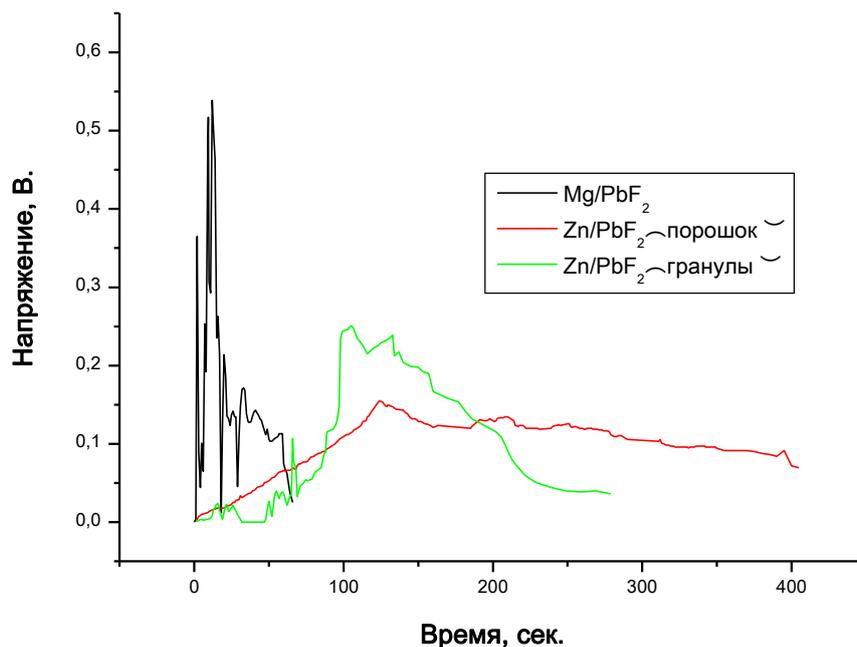


Рис. 3- Графики сравнения тока в разных пиротехнических композитах ПРИТ

Условно выбранном интервале (где изменения значения происходит не так быстро), значение квазипостоянного тока с гранулами и порошком цинка в этих экспериментах составило 0,17 А и 0,1 А, соответственно, а продолжительность работы квази постоянном режиме работы при таком токе составило 40 и 151 секунды, соответственно. Были проведены эксперименты с источниками тока на основе цинка максимальное значение которого составило 0,5 В. Однако, эти авторы работали (в других экспериментальных условиях), и они использовали по 50 грамм ампулы содержащее жидкости (который не является ПРИТом и отличается режимом работ), а в данной же работе масса катода (+) и анода (-) составляла 10 грамм в твердотельных ячейках ПРИТ.

Опираясь на экспериментальные данные, которые были получены в ходе выполнения работы, был сделан сравнительный анализ. На рисунке 3 представлены графики сравнения зависимостей тока от времени при различных системах ПРИТ на основе магния, порошкового и гранулированного цинка. Эксперименты показали, что при использовании цинка, такие характеристики как время выхода на рабочий режим намного больше, а время полезной работы ПРИТ на порядок выше, чем у ПРИТ на основе магния, что можно увидеть на рисунках 3.

Выводы

В результате исследований выявлено влияние сепаратора в системе пиротехнического резервного источника тока. На основании полученных экспериментальных данных можно сделать следующие выводы, обнаружено, что новый разработанный и изготовленный ПРИТ на основе цинка по сравнению ПРИТ с магнием работает стабильнее и полученные результаты лучше повторяются. Экспериментально и надежно отработаны технические способы изготовления гальванических элементов в виде двухслойных структур на основе пиротехнических материалов алюминия и цинка. Установлено влияние размера цинка на вольтамперные характеристики ПРИТ. Результаты экспериментов подтвердили, что при использовании цинка размером 100 мкм ПРИТ работает долго и стабильно по сравнению цинка с размером 500 – 600 мкм.

Установлено, что ПРИТ на основе цинка работает стабильно, при использовании цинка, такие характеристики как время выхода на рабочий режим, время работы ПРИТ на порядок выше чем у ПРИТ на основе магния. Значение тока с гранулами и порошком цинка в этих экспериментах составило 0,179 А и 0,1 А, соответственно, а продолжительность работы

при таком токе составило 40 и 400 секунды соответственно.

Литература

1. Кукоз, Ф.И. Тепловые источники тока / Ф.И. Кукоз, Ф.Ф. Труш, В.И. Кондратенков. - Ростов н/Д : Изд-во Рост.ун-та, 1989. - 208 с.
2. Химические источники тока : справочник / под ред. Н.В. Коровина. -М. : Изд-во Моск. энерг. ин-та, 2003. - 740 с.
3. Современные проблемы пиротехники : мат. III Всерос. конф., Сергиев Посад, 20-22 октября 2004 г. - Сергиев Посад : Весь Сергиев Посад, 2005. - 376 с.
4. Пат. 2393591 Российская Федерация, МПК H01M 6/36 (2006.01). Тепловой химический источник тока / Кондратенков В.И., Гришин С.В. и др. ; заявитель и патентообладатель ОАО НПП «Квант». - № 4539265 ;заявл. 24.04.2009 ;опубл. 27.06.2010, Бюл. № 18. - 65 с.
5. Б.М. Дабынов, Р.Г. Абдулкаримова, З.А. Мансуров, Ч.Б. Даулбаев. Химическая физика и наноматериалов. Алматы 2016. С.40-43.
6. Демьяненко, Д.Б. Пиротехнические генераторы электрического тока / Д.Б. Демьяненко, А.С. Дудырев // Материалы II Всероссийской конференции «Современные проблемы пиротехники». (27-29 ноября) 2002. - Сергиев Посад: МИД «Весь Сергиев Посад», 2003. -С. 87-89.
7. Колесникова В.Г. Электроника. Энциклопедический словарь. М.: Советская энциклопедия, 1991 г., с.536.
8. Коровин Н.В. Новые химические источники тока. М.: Энергия, 1978 г., с.73.
9. Ronald Guidotti, F.W. Reinhardt, E.V. Thomas. Deformation study of separator pellets for thermal batteries. SANDIA REPORT. New Mexico, 1995. -59с.
10. Ronald Guidotti, F.W. Reinhardt, E.V. Thomas. Characterization of MgO powders for use in thermal batteries. SANDIA REPORT. New Mexico, 1996. 53.
11. Вареных Н. В., Емельянов В.Н., Просянюк В. В., Суворов И.С. Пиротехнический источник тока. Патент: RU(11) 2320053 (13), РФ, 2008.
12. LI Wei, LIU Zhanchen, WANG Shujun. Experimental Analysis of a Pyrotechnic Compositions Battery. International Workshop on Information and Electronics Engineering (IWIEE), ELSEVIER, 2012.

INFLUENCE OF THE DIMENSIONS OF ZINC PARTICLES ON VOLT-AMPERE CHARACTERISTICS

Boloshaan S. Umbetkaliev K.A., Kozak Yu.V., Mansurov Z.A.

Kaznu, Almaty, Kazakhstan
E-mail: seryk_bolyshan@mail.ru

Abstract

The article presents the results of research on the development of a method for obtaining a reserve source of PBPS current on the basis of zinc. Experimental work has been carried out to determine the current-voltage characteristics of the PBPS compositions based on magnesium from the receipt of a reserve backup current source. Experimentally determined voltammetric parameters based on magnesium, aluminum and zinc. As a result of measuring current-voltage characteristics of the zinc-based prita showed best result than prita based on magnesium. Using zinc first developed and created Moreover, the magnesium based PBPS is first used as an igniter for initiating Moreover, and also in the presence of aluminum designed and manufactured, investigated PBPS. The investigated parameters of a pyrotechnic reserve current source based on magnesium with an asbestos separator 0.8 mm thick were investigated. It is established that at a current value of 0.02 A, the duration of the PRIT operation is 585 seconds. It is determined that the ZIN-based PRIT works stably, with zinc, such characteristics as the time to go into operation, the operating time of the PRIT is an order of magnitude higher than that of the PRIT based on magnesium.

Keywords: current-voltage parameter, zinc, aluminum, chemical sources, pyrotechnic backup power source.

**МЫРЫШ БӨЛШЕКТЕРІНІҢ ӨЛШЕМДЕРІ ВОЛЬТ-АМПЕР
СИПАТТАМАСЫНА ӘСЕРІ**

Болосхаан С.*, Умбеткалиев К.А., Казаков Ю.В. Мансуров З.А.

әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан

*E-mail: seryk_bolyshan@mail.ru

Аннотация

Бұл жұмыста магний негізіндегі ПРИТ әдісімен резервті тоқ көзін алу арқылы нәтижелерін зерттеу. Тәжірибелік жұмыста көрсетілгендей магний негізіндегі ПРИТ әдісімен резервті тоқ көзін алу вольт-амперлік сипатамасы арқылы анықталған. Эксперименттік түрде вольт-ампер параметрлері пиротехникалық резервтік электр көзін алюминий және мырыш негізінде анықталды. Оның нәтижесінде, вольтты сипаттамаларды өлшеу магний негізіне қарағанда, мырыш негізімен үздік нәтиже көрсетілді. Пиротехникалық резервтік электр көзін мырыштің көмегімен бірінші рет әзірленді және сонымен қатар құрылды. Ал магний негізінде политетрафторэтилен пиротехникалық резервтік электр көзін іске қосу үшін қолданылады, сондай-ақ алюминийдің қатысуымен пиротехникалық резервтік электр көзі зерттелген, әзірленген және дайындалған. Зерттеулер нәтижесінде сепаратордың қалыңдығын жұқартқан сайын пиротехникалық қосымша тоқ көзіндегі тоқ шамасының үлкейгенді жайлы заңдылығы анықталды. Қалыңдығы 0,8 мм болатын асбесті сепаратормен магний негізіндегі пиротехникалық қосымша тоқ көзіндегі жұмыс параметрлері анықталды. Сонымен қатар пиротехникалық қосымша тоқ көзінде тоқ шамасы 0,02 А кезінде жұмыс уақыты 585 секундқа дейін көрсеткенді жайлы эксперимент жүзінде анықталды. Цинк негізіндегі пиротехникалық қосымша тоқ көзінде жұмыс режимі магний негізіндегі пиротехникалық қосымша тоқ көзінен қарағанда тұрақты жұмыс істегені жайлы: уақытқа байланысты және тоққа байланысты зерттеулерде көрсетті.

Түйін сөздер: ағымдағы вольтты параметр, мырыш, алюминий, химиялық электр көздері, пиротехникалық резервтік электр көзі.