

УДК 662.1/4  
МРНТИ 62.24.21

### МЫРЫШ ЖӘНЕ АЛЮМИНИЙ НЕГІЗІНДЕГІ РЕЗЕРВТІ ТОК КӨЗДЕРІН АЛУ ЖӘНЕ ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУ

С. БОЛОСХААН<sup>1</sup>, Қ.А. УМБЕТҚАЛИЕВ<sup>2</sup>, З.А. МАНСҰРОВ<sup>2</sup>, М.І. ТУЛЕПОВ<sup>2</sup>, А.Н. АЛИПБАЕВ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Алматы Технолиялық Университеті, Қазақстан, Алматы  
<sup>2</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы)  
E-mail: seryk\_bolyshan@mail.ru

*Балама энергия көздері, өз кезегінде резервтік жаңа материалдарды жасауды талап етеді, химиялық ток көздерін (ХТК) құруды және оның көздерінен энергияны өндіруімен және беру әдістерін талап етеді. Химиялық және энергетикалық салаларда қолданылуы мүмкін мырыш пен алюминий негізінде пиротехникалық материалдарының резервтік ток көзінен алу үшін электр энергиясын оңтайлы жобалар мен шарттар жасалды. Алюминий, мырыш негізіндегі пиротехникалық композициялардың физикалық-химиялық және политетрафторэтиленді тәжірибелік қажеттілікті анықтау үшін пиротехникалық резервтік ток көзінің (ПРТК) термиялық балансын есептеу үшін зерттелді. Эксперименталды зерттеулер нәтижесінде мырыш пен магнийдің негізіндегі пиротехникалық құрамдарға салыстырулар жүргізілді және мырыш негізіндегі құрам тұрақты және жақсы болатындығы анықталды.*

**Негізгі сөздер:** пиротехникалық қосымша ток көзі, асбест сепараторы, вольт-амперлік көрсеткіш, мырыш, реагент.

### ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РЕЗЕРВНОГО ИСТОЧНИКА ТОКА НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЯ И ЦИНКА

С. БОЛОСХААН<sup>1</sup>, Қ.А. УМБЕТҚАЛИЕВ<sup>2</sup>, З.А. МАНСҰРОВ<sup>2</sup>, М.І. ТУЛЕПОВ<sup>2</sup>, А.Н. АЛИПБАЕВ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Алматынський Технологический Университет, Казахстан, Алматы  
<sup>2</sup>Казахский национальный университет им. Аль-фараби, Алматы)  
E-mail: seryk\_bolyshan@mail.ru

*Альтернативный источник энергии требует создания новых резервных материалов, химических источников тока (ХИТ) и способов для производства и передачи энергии от ее источников к потреблению. Разработаны оптимальные конструкции и условия для получения электрической энергии из резервного источника тока на основе пиротехнических материалов цинка и алюминия, которые могут быть применены в химической и энергетической промышленности. Исследованы физико-химические данные пиротехнических составов на основе алюминия, цинка и политетрафторэтилена для расчета теплового баланса пиротехнического резервного источника тока (ПРИТ) для практических нужд. В результате эксперимента было проведено сравнение пиротехнических составов на основе магния и цинка и было выявлено, что составы на основе цинка работают стабильнее и лучше.*

**Ключевые слова:** пиротехнический резервный источник тока, асбестовый сепаратор, вольт-амперный указатель, цинк, реагент.

### OBAINING AND RESEARCH OF THE PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES THE RESERVE CURRENT SOURCE ON THE BASIS OF ALUMIMUM AND ZINC

С. BOLOSKHAAN<sup>1</sup>, Қ.А. UMBETALKAIYEV<sup>2</sup>, Z.A. MANSUROV<sup>2</sup>, M.I. TULEPOV<sup>2</sup>, A.N. ALIPBAEV<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Almaty Technological University, Almaty  
<sup>2</sup>Al-Farabi Kazakh National University, Almaty  
E-mail: seryk\_bolyshan@mail.ru

*Alternative energy source requires the creation of new reserve materials, chemical current sources (HIT) and methods for the production and transmission of energy from its sources to consumption. Optimal designs and conditions for obtaining electrical energy from a backup current source based on pyrotechnic materials zinc and aluminum, which can be applied in the chemical and energy industries, have been developed. The physicochemical data of pyrotechnic compositions based on aluminum, zinc and polytetrafluorinethylenewere studied to calculate the thermal balance of the pyrotechnic reserve power source (PRPS) for practical needs. As a result of the experiment, a comparison of the pyrotechnic compositions based on magnesium and zinc was made and it was found that the compositions based on zinc work more stable and better.*

**Keywords:** pyrotechnic reserve source of current, asbestos separator, volt-ampere index, zinc, reagent.

### *Kіріспе*

Соңғы жылдарда химиялық резервті ток көздерінің қарқынды дамуы байқалады және олардың кейбір техника салаларының да-муындағы рөлі артуда [1]. Жұмыста мырыш және алюминий негізіндегі резервті ток көздерін жасау және құру мәселелері қарастырылды. Төтенше жағдайлар кезінде электр энергиясымен көлікті және электрондық жүйелерді қамтамасыз ету үшін резервтік ток көзін пайдалану мүмкіндігі туралы сұрақтар зерттелуде[2,3].

Химиялық ток көздері деп - химиялық реагенттердің тотығу-тотықсыздану реакцияларының энергиясы есебінен электр тогын өндіретін құрылғыларды атайды. Ең қарапайым химиялық ток көздерінде болатын тотығу-тотықсыздану реакциясы гетерогенді үрдіс болып табылады[4]. Химиялық ток көздері жұмысының негізгі электролиттік диссоциация көмегімен түсіндіріледі. Теорияға сәйкес суда ерітілген бастапқы реагенттердің молекулалары иондарға диссоциацияланады. Мұндай құбылыс қышқыл, сілті және тұз ерітінділеріндегі электролиттерге тән. Мысалы,  $H_2SO_4$  молекуласының вольт элементінде су ерітіндісінде теріс ион қышқыл қалдығына ( $SO_4$ ) және оң ион сутегіге ( $H^+$ ) ыдырайды. Химиялық ток көздері әртүрлі параметрлермен сипатталады: электр қозғаушы күшпен, ішкі кедергімен, максималды рұқсат етілген заряд токпен және сыйымдылықпен. Химиялық ток көздері ішкі кедергісі, табиғаты, өлшеміне және жұмыс уақытына байланысты болып келеді. Қазіргі таңда автономды электрондық құрылғылар үшін қуат көзі ретінде негізінен никель металлогидрид және литий ионды аккумуляторлар қолданылып жүр[5]. Алайда литий ионды аккумуляторында келесі кемшіліктер бар: төмен температура аймағында разряд кернеуінің және аккумулятор сыйымдылығының күрт төмендеуі байқалады және де ол

қайта зарядталуға сезімтал. Сондықтан, олардың зарядты шектегіштері болуы тиіс. Сондай-ақ, аккумулятордың маңызды кемшілігі оларды зарядтау үшін, электр желісіне қосу қажеттілігі және зарядтау үрдісінің ұзақтығы болып табылады[6].

Бірақ басты мәселе – барлық аккумуляторлар құрылғылардың ұзақ уақыт үздіксіз жұмыс істеу үшін қажетті энергияны қамтамасыз ете алмайды. Мысалы, заманауи ноутбуктердің автономды жұмыс уақыты 4-5 сағатты құрайды. Жұмыс уақыты ұлғайтылуы мүмкін, бірақ ол өнімділікке зиян келтіреді. Бұл дегеніміз электр желісі болмаған жағдайда, мәселен жаяу экспедицияда, литий ионды аккумуляторлы ноутбуктер 1 күннен көп емес уақыт қана жұмыс істей алады деген сөз [7-8]. Демек, бұл жағдайда бірнеше зарядталған литий ионды аккумулятор алып жүруге тура келеді, бұл қосымша материал шығын әкеледі және жүк массасын едәуір арттырады. Осылайша кез-келген жерде тез зарядтап алуға болатын резервтік ток көздерінің қажеттілігі туындайды. Жоғарыда аталған талаптарды ұзақ, үздіксіз жұмыс уақыты бар резервті ток көзі қанағаттандыра алады.

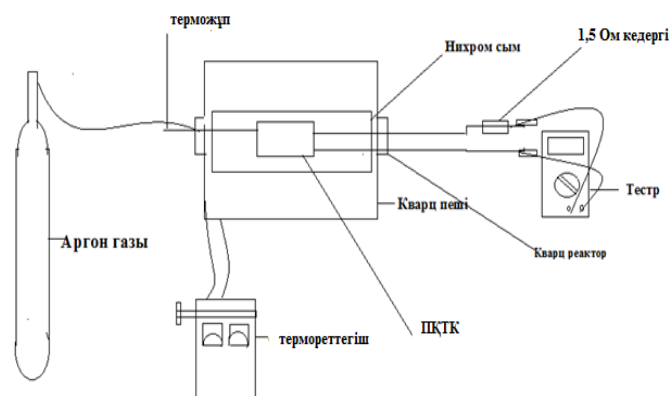
### *Зерттеу нысаны мен әдістері*

Электрохимиялық реакция жүргізу үшін реагенттер ретінде алюминий мен мырышты қолданды. Осы реагенттерді алу себебі, балқыту температурасын алуға болатын инициатор ретінде қолданды. Пиротехникалық материал ретінде алюминий (Al-powder маркалы PA-4, тазалық 99 %, дисперсия 65 мкм) мен мырыш ұнтақтары (тазалық 99%, дисперсия 100 мкм) және түйіршіктері (дисперсия 500 мкм) пайдаланылды.

Зерттеу жұмысын жүргізу үшін қондырғы жасалды (Сурет 1). Цилиндр тәрізді кварц реактор ішінде инертті атмосфераны құру үшін аргон газы қолданылады. Кварцты

реакторға ток шығарғышпен байланысқан катод-анодты ұяшық орнатылады және резеңкелі тығынмен жабылады. Катод-анодты ұяшық токшығарғыштарын сыртқы жүктемелер арқылы пиротехникалық қосымша ток

көзін (ПҚТК) вольтамперлік сипаттау үшін тестермен жалғанады. Белгілі температурада ПҚТК электрохимиялық реакциясы басталады және электр энергиясы бөлінеді. Бөлінген электр энергиясын тестер арқылы өлшейміз.



Сурет 1 - Пиротехникалық қосымша ток көзін алу қондырғысының сызбанұсқасы

Зерттелген пиротехникалық композициялардың вольтампер сипаттамаларының мәнін екі мультиметр арқылы алынды. Ток өлшеу кезінде мультиметр электр тізбегіне қосылды. Уақытқа тәуелді деректер, атап айтқанда, электр тоғының және кернеудің тәуелділігі графикалық тәуелділіктерді сызу үшін Origin бағдарламасының көмегімен өңделді. ПҚТК-нің негізгі элементтері мен жұмыс істегенде, әдетте біздің эксперименталдық тәжірибелеріміздің көпшілігінде тұрақты сыртқы жүктеме кезінде, яғни тұрақты электрлік кедергі кезінде орындалды.

#### **Нәтижелер және оларды талқылау**

Сепаратор қалыңдығының алюминий негізіндегі ПҚТК жұмыс сипаттамаларына әсерінің нәтижелері 1 кестеде көрсетілген. Сепараторлар электролиттерді (балқымаларды) тікелей контактіден кеңістікте бөлу үшін

қызмет ететіні белгілі, бұл зиянды қайталама реакциялардың өтуін болдырмау үшін анодты және катодты реакциялардың бөлек өтуін қамтамасыз етеді.

Барлық электр тізбегінің тұйықталу қажеттілігінің шарты сепаратор арқылы иондардың жекелеген түрлерін өту арқылы токтың өту мүмкіндігі есебінен қамтамасыз етіледі. Осы үдерістердің нәтижесінде сепараторда кернеудің төмендеуі, атап айтқанда, диффузиялық кернеудің түсуі салдарынан туындауы мүмкін. Әдетте бұл тұз көпірін қолдану жолымен және сепаратордың қалыңдығын азайту жолымен және материалды таңдау жолымен және сепаратордың селективті кеуектілігін таңдау жолымен жойылады. 1 кестеден электр тоғының көрсеткіштері аз екені белгілі. Оның себебін сепаратордың қалыңдығының ұлғаюымен байланысты.

Кесте 1 -  $PbF_2/LiF/Al$  құрамы 2 мм сепаратор кезіндегі максималды кернеу мен электртоғының мәндері

Эксперимент нөмірі	I, A	U, B
1	0,03	0,42
2	0,08	0,35
3	0,05	0,48
4	0,03	0,5
5	0,06	0,2

$PbF_2/LiF/Al$  құрамы бар 2-ші кесте бойынша 0,8 мм сепараторы бар максималды кернеу мен электр тоғының мәндері келтірілген. Кестеден көрініп тұрғандай, 0,8 мм қа-

лалыңдығы бар сепаратор 1 кестедегі нәтижелермен салыстырғанда электр тоғының мәні жоғары. Оның себебін сепаратор қалыңдығының төмендігімен анықталады.

Кесте 2 - PbF<sub>2</sub>/LiF/Al құрамы 0,8 мм сепараторы бар максималды кернеу мен электр тогының мәндері

Эксперимент нөмірі	I, A	U, B
1	0,03	0,42
2	0,08	0,52
3	0,05	0,73
4	0,03	0,64
5	0,06	0,59

Мырыш негізіндегі сипаттамаларды зерттеу бойынша эксперименттерде ұнтақты (дисперсиялығы 65 мкм) және түйіршіктелген мырышты (дисперсиялығы 500 мкм жуық) пайдалану арқылы жүргізілді. Бейнеден алынған деректерді өндегеннен кейін алынған ток пен кернеу мәндері 3-ші кестеде көрсетілген. Кесте бойынша ұнтақты мырышты пайдалану кезіндегі жоғары ток пен кернеу мәні түйіршіктелген мырыш негізіндегі ПҚТК-ке қарағанда төмен.

2 және 3-ші суреттерде ұнтақты және түйіршіктелген мырыш үшін уақыт бойынша токтың өзгеру кинетикасы көрсетілген. Осы екі суреттерді салыстыра отырып, екі жағдайда ток мәнінің өсуі шамамен 100 с алады.

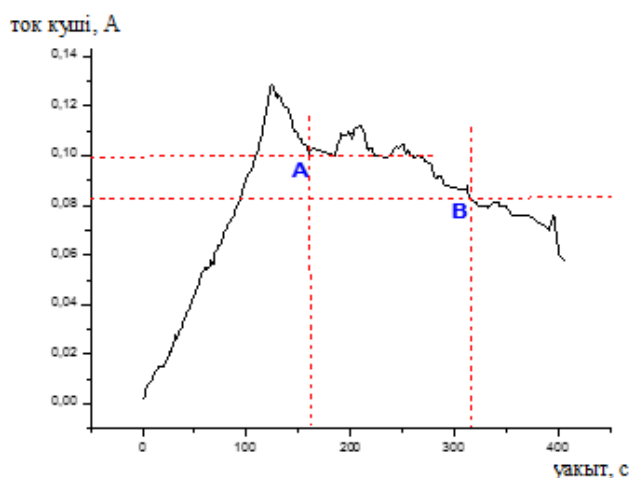
Сонымен қатар, мырыш ұнтағы бар ПҚТК үшін токтың максималды мәні 0,12 А 2-

ші суретте құрайды, ал түйіршіктелген мырыш үшін 0,2 А 3-ші суретте құрайды. Мұндай айырмашылық ұсақталған мырыштың үлкен беттік көлеміне байланысты. Бұл кедергісінің төмен мәніне белгілеуге әкеп соғуы мүмкін және тиісінше электрохимиялық реакция тұрақты болуы мүмкін.

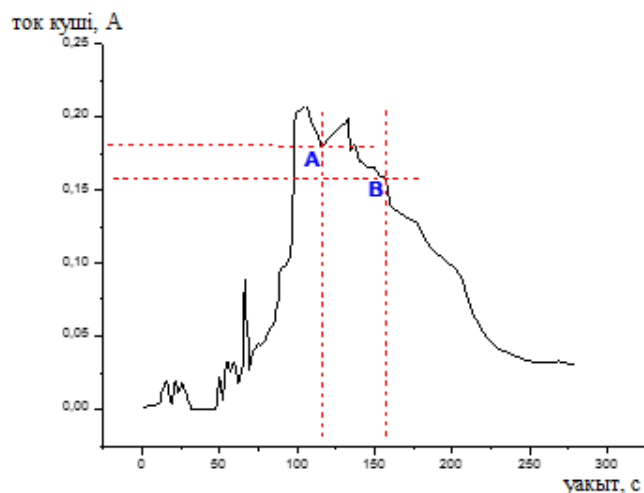
Бұл эксперименттерде түйіршіктер мен мырыш ұнтағы бар токтың мәні 0,179 А және 0,1 А құрады, ал мұндай ток кезінде жұмыс ұзақтығы 40 және 151 секундқа тең. Жұмыста [8] мырыш негізіндегі ток көздерімен эксперименттер өткізді, оның максималды мәні 0,5 В құрады. Алайда, авторлар әрбір 50 граммнан жасалған ұяшықтар пайдаланды, осы жұмыста катод пен анодтың массасы тиісінше 10 граммды құрады.

Кесте 3- Мырыш негізінде ПҚТК кезіндегі кернеу мен электр тогының максималды мәндері

№	Эксперимент	I <sub>max</sub> , A	U <sub>max</sub> , B
1.	Zn (түйіршіктер)	0,188	0,2148
2.	Zn (түйіршіктер)	0,201	0,221
3.	Zn (түйіршіктер)	0,198	0,230
4.	Zn (ұнтақ)	0,12	0,1
5.	Zn (ұнтақ)	0,11	0,12
6.	Zn (ұнтақ)	0,09	0,11



Сурет 2 - Ұнтақты мырыш үшін уақыттың кинетикалық тәуелділігі



Сурет 3 - Түйіршіктелген мырыш үшін уақыттың кинетикалық тәуелділігі

Жұмысты орындау барысында алынған тәжірибелік деректерге сүйене отырып, салыстырмалы анализ жасалды. 2 суретте мырыштың ұнтақты және түйіршіктелген негізінде әр түрлі иілген жүйелерде ток пен кернеудің тәуелділігін салыстыру графиктері көрсетілген.

#### **Қорытынды**

Алюминий және мырыштың пиротехникалық материалдары негізінде екі қабатты құрылым түрінде гальваникалық элементтердің дайындаудың техникалық тәсілдері эксперименттік және сенімді пысықталады.

Мырыштың өлшемінің ПҚТК вольтамперлік сипаттамаларына әсері анықталды. Эксперимент нәтижелері 100 мкм өлшемдегі мырышты пайдалану кезінде мырышты 500-600 мкм өлшемімен салыстырғанда ұзақ және тұрақты жұмыс істейтінін анықталды.

Алюминий және мырыш негізіндегі ПҚТК вольтамперлік параметрлері эксперименталды анықталды. Нәтижесінде, мырыш негізіндегі ПҚТК вольтамперлік сипаттамаларын өлшеу алюминий негізіндегі ПҚТК-қа қарағанда ең жақсы нәтиже көрсетті.

Зерттелетін жүйенің вольтамперлік сипаттамаларына асбест сепараторы қалыңдығының әсері анықталды. Асбест сепараторының қалыңдығының азаюында ПҚТК зертханалық прототип әзірленді.

#### **ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМДЕРІ**

1. Просянюк В.В., Суворов И.С., Сигейкин Г.И., Куликов А.В. Пиротехнические источники тока – новый класс устройств резервной электроэнергетики // Российский химический журнал – 2006. -Т.1.№5.- С. 113-119.

2. Дмитриев Т.П., Даулбаев Ч.Б., Дабынов Б.М., Мансуров З.А. Химический источник тока на основе магния и цинка //Горения и плазмохимия -2017, Т 14. - № 1. - С. 50-59.

3. Демьяненко Д.Б., Дулдырев А.С. Пиротехнические генераторы электрического тока / Всероссийская конференция «Современные проблемы пиротехники» 2003, 27-29 ноября, -С. 87-89.

4. Даулбаев Ч.Б., Дабынов Б.М., Алиев Е.Т., Мансуров З.А. Пиротехнические составы на основе политетрафторэтилена для инициирования резервного источника тока / IX Международный симпозиум «Физика и химия углеродных материалов / Наноинженерия», международная конференция «Наноэнергетические материалы и наноэнергетика» 2018, - С. 152-154.

5. Романов П.С., Бурдикова Т.В., Павловец Г.Я., Мелешко В.Ю., Романова И.П., Тихомирова М.А. Направления модификации компонентов для пиротехнических малогазовых составов// Известия Московского государственного технического университета МАМИ, 2014. –Т.37, № 2. - С.121-124.

6. Просянюк В. В., Суворов И. С., Гильберт С. В., Коробков А. М. Пиротехнические источники тока в современных средствах пировавтоматики // Вестник Казанского технологического университета, 2015. –Т. 527, № 3. - С.252-253.

7. Демьяненко Д.Б., Дулдырев А.С. Источники электрического тока с электродами пиротехническими зарядами для систем пировавтоматики автономных объектов // Известия Российской Академии ракетных и артиллерийских наук. -2005, – № 3 (44). - С.54–64

8. Дудырев, Д.Б. Демьяненко, В.В. Ефанов Комплекс новых пиротехнических средств для обеспечения функционирования малых космических аппаратов // Известия Санкт-Петербургского государственного технического института, 2007. - Т 27 - №1 С.2-14