

COLLECTION OF RESEARCH PAPERS

of the 6th International Research and Practical Conference

**CHEMICAL TECHNOLOGY:
SCIENCE, ECONOMY AND PRODUCTION**

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

VI Міжнародної науково-практичної конференції

**ХІМІЧНА ТЕХНОЛОГІЯ:
НАУКА, ЕКОНОМІКА ТА ВИРОБНИЦТВО**



МІНІСТЕРСТВО
ОСВІТИ І НАУКИ
УКРАЇНИ



Фармак



ISSN 2786-4898

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Шосткинський інститут Сумського державного університету
Центральний науково-дослідний інститут
озброєння та військової техніки збройних сил України
Публічне акціонерне товариство «Фармак»
Управління освіти Шосткинської міської ради
Виконавчий комітет Шосткинської міської ради

COLLECTION OF RESEARCH PAPERS

of the 6th International Research and Practical Conference

CHEMICAL TECHNOLOGY: SCIENCE, ECONOMY AND PRODUCTION



ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

VI Міжнародної науково-практичної конференції
**ХІМІЧНА ТЕХНОЛОГІЯ:
НАУКА, ЕКОНОМІКА ТА ВИРОБНИЦТВО**

(м. Шостка, 23-25 листопада 2022 року)



Суми

Сумський Державний Університет

2022

УДК 66.01

Редакційна колегія:

Головний редактор Закусило Р.В., доцент кафедри хімічної технології високомолекулярних сполук, к.т.н., доцент.

Заступник головного редактора Павленко О.В., ст. викладач кафедри хімічної технології високомолекулярних сполук, к.т.н.

Відповідальний секретар Скуба Ю.Г. фахівець кафедри економіки та управління Шосткинського інституту Сумського державного університету

Члени редакційної колегії:

Лукашов В.К. – професор кафедри хімічної технології високомолекулярних сполук, д.т.н., професор;

Тур О.М. – завідувач кафедри економіки та управління, к.е.н.;

Худолей Г.М. – завідувач кафедри системотехніки і інформаційних технологій, к.т.н.;

Бондар Н.Ю. – доцент кафедри економіки та управління, к.філ.н.;

Тимофіїв С.В. – ст. викладач кафедри хімічної технології високомолекулярних сполук, к.х.н.

Збірник наукових праць VI Міжнародної науково-практичної конференції «Хімічна технологія: наука, економіка та виробництво», м. Шостка, 23 - 25 листопада 2022 року. – Суми : Сумський державний університет, 2022. – 267 с.

ISSN 2786-4898.

Збірник містить наукові праці учасників VI Міжнародної науково-практичної конференції «Хімічна технологія: наука, економіка та виробництво», що складаються з узагальнених матеріалів науково-дослідних робіт науковців різних галузей виробництв та наукових закладів України.

У збірнику висвітлюються актуальні питання спеціальної хімічної технології і виробництва боєприпасів, утилізації відходів виробництв різних галузей, енергозбереження, моделювання технологічних процесів, соціально-економічні аспекти виробництва та природокористування в умовах війни.

Збірник корисний робітникам хімічної промисловості, науковим співробітникам, аспірантам і студентам спеціальностей хіміко-технологічного та соціально-економічного профілів, фахівцям інформаційних технологій виробництва.

Наукові праці учасників конференції подаються в авторській редакції.

© Шосткинський інститут
Сумського державного університету, 2022
© Сумський державний університет, 2022

**АНАЛІЗ ХІМІЧНИХ ДЖЕРЕЛ СТРУМУ В
В РОСІЙСЬКИХ ЗРАЗКАХ РАКЕТНО-АРТИЛЕРІЙСЬКОГО ОЗБРОЄННЯ
М.С. Мошковський¹, А.О. Гаврилюк¹, О.В. Князьський¹
О.В. Лінючева², М.Ф. Бик²**

¹Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки
Збройних Сил України, Київ, Україна
cndi_ovt@mil.gov.ua,

²Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», Київ, Україна
mail@kpi.ua

Одним із важливих напрямів підвищення ефективності прийняття рішень в загальній системі державного управління у сфері організації активної протидії військовій агресії Російської Федерації на території України є створення інформаційно-аналітичної системи (бази) щодо функціонування російських зразків озброєння, використовуючи системний підхід. В якості приклада, здійснено аналіз фактичного улаштування і конструктивних особливостей хімічних теплових джерел струму, що застосовуються для живлення оперативно – тактичних ракет.

Для більшості сучасних засобів від артилерійських до ракетних систем різного класу потрібні автономні резервні джерела електроенергії для живлення бортових електронних засобів наведення, неконтактних підрильників, рульових машин та інших споживачів, які забезпечують їх технічні та тактичні характеристики. До таких джерел струму пред'являються досить жорсткі вимоги.

Вони повинні витримувати значні механічні дії: ударні, вібраційні, теплові та лінійні навантаження; зберігатися та працювати у різних кліматичних умовах з температурами від мінус 60°C до плюс 60°C; зберігатися протягом тривалого часу (понад 20 років) без втрати електричних характеристик і навіть не вимагати протягом цих термінів будь-яких складних регламентних робіт. Важливою технічною вимогою до джерел струму є їх мініатюризація, обмеження по масово-габаритним характеристикам, тобто вони повинні мати досить високу питому енергію та потужність.

Найбільш повно таким вимогам відповідають теплові батареї на електролітах - розплавах, в яких в незадіяному стані сольовий багатокomпонентний електроліт, перебуваючи в твердій фазі, має практично повну відсутність провідності, що забезпечує тривалі терміни зберігання у будь-яких кліматичних умовах. Іонна провідність, з'являється в результаті **активації**, тобто теплового впливу нагріванням до розплавлення електроліту, що знаходиться в твердому кристалічному стані у контакті з електродами (анодом і катодом) [1-4].

Теплові хімічні джерела струму є високотемпературними резервними джерелами струму одноразової дії працюючими в режимі очікування і призначеними для автоматичного живлення бортової апаратури ракет, приладів і пристроїв (містки накаливання, піроенергодатчики, мікродвигуни, реле, виконавчі механізми і т.д.), що використовуються у військовій техніці, в системах автоматики і об'єктах різного призначення (в тому числі для включення систем відслідковування, сигналізації, оповіщення, блокування і т.п.) [5,6].

Важливим є визначення типу, фактичного улаштування, конструктивних особливостей, використаних матеріалів для теплових джерел струму, що застосовуються в оперативно-тактичних ракетах виробництва російської федерації, якими здійснювався широкомасштабний обстріл території нашої

держави і надання рекомендацій щодо організації можливих санкційних заходів протидії.

Слід зауважити, що для однозначного розуміння і трактування понять в цій царині існує ряд термінологічних нормативних документів щодо стандартизації і уніфікації складових таких джерел струму [7,8]. Історично існує велика кількість електрохімічних систем як хімічних джерел струму [1,4,5].

Всі зазначені реакції супроводжуються виробленням електроенергії. Величина такої енергії залежить від: об'єму і маси використовуваних хімічних речовин, природи матеріалів для виготовлення електродів, типу електролітів, концентрації іонів, конструктивного оформлення.

Серед хімічних джерел струму окремо можна виділити **теплові резервні хімічні джерела струму**, що знайшли широке застосування у військовій і спеціальній техніці. Резервне хімічне джерело струму - це хімічне джерело струму, призначене для зберігання в неактивованому стані, конструкція якого включає пристрій для активації.

В загальному вигляді – **теплове резервне хімічне джерело струму** з іонною провідністю, це пристрій який приводиться в дію нагріванням до розплавлення електроліту, що знаходиться в твердому кристалічному стані у контакті з електродами (анодом і катодом). В режимі очікування батарея живлення може зберігати працездатність **17-20** років.

Як правило, в першому схематичному наближенні, основним елементом блоку живлення є **електробатарея типової побудови**, яка складається із герметичного металевго корпуса з внутрішньою теплоізоляцією, пакета дискових електрохімічних елементів, піротехнічних таблеток – нагрівачів, твердого сольового електроліту і електрозапалювача [2].

В **пакет хімічних елементів** входять електрохімічні елементи між якими розміщені **піронагрівачі** у вигляді кільцевих дисків. У верхній частині встановлено **електрозапалювач**. Корпус закритий кришкою на якій розміщуються виводи електрохімічних елементів і електрозапалювача.

Принцип дії електробатареї засновано на роботі електрохімічної системи, в якій активною речовиною позитивного електрода являється, наприклад, сульфат свинцю, а активною речовиною негативного електрода – металевий кальцій.

Електроліт – твердо сольовий, складається із солей хлористого калія і хлористого літія.

При отриманні команди **ПУСК** імпульс струму подається на електрозапалювач, який утворює промінь полум'я. Цей промінь направляється на піронагрівачі, які спалахують і виділяють тепло екзотермічної реакції, в результаті чого електроліт переходить з твердого в розплавлений стан. З'являється іонна провідність, починається хімічний процес, і електробатарея виходить на режим (через 1,1 с), виробляючи напругу постійного струму 27 В.

Такого типу зразки теплових батарей були вилучені із залишків ракети 9М549 РСЗВ 9К515 «Торнадо-С», а також 9М723 ракетного комплексу 9К720 «Искандер», здійснено їх фрагментацію і детальне вивчення конструктивних особливостей, проведено хіміко - аналітичний аналіз використаних матеріалів в хімічних джерелах струму.

Подібна технічна інформація раніше, до початку військової агресії з боку РФ, носила повністю закритий характер і була малодоступна. В теперішній час кількість залишків зразків ракет і керованих боєприпасів різних типів, знайдених

на нашій території, сягає сотень одиниць. Вони знаходяться в різному технічному вигляді, як після бойового застосування, так і ті, що не спрацювали. Фрагменти хімічних джерел струму наразі стало можливим експериментально дослідити, вивчити і системно класифікувати.

На рис.1 наведено зовнішній вигляд блоку теплових батарей 9Б287 в складі виробу реактивного снаряду «Торнадо –С».

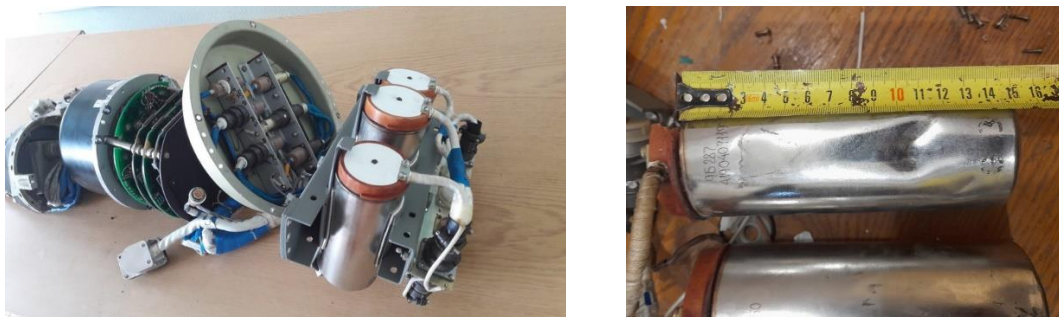


Рис. 1 Зовнішній вигляд блоку теплових батарей 9Б287

Всередині корпусу, після його розкриття, виявлена серцевина циліндричної форми в порошкоподібній речовині зелено блакитного кольору з різким хімічним запахом сірководню (характерним для сульфідних сполук).



Рис. 2 Блок набірних дискових електрохімічних елементів виробу 9Б287

Стовпчик блоку містить по 17 електрохімічних елементів аноду та катоду в двох серединних секціях. Торцева секція містить шари-прокладки з волокнистих (вірогідно азбестових) та шлакоподібних матеріалів. З прорізів текстолітової прокладки з внутрішнього боку виходять кінцівки двох дротів (залишки вольфрамових мостиків- запалювачів).

Серцевина обмотана стрічкою склотканини сріблястого кольору та являє стовпчик блоку набірних дискових електрохімічних елементів жорстко фіксований до торця вздовж вертикальної вісі стяжною металевою стрічкою та електричне з'єднані з відповідними зовнішніми контактами. Стрічки та блок електрохімічних елементів електричне ізолювані слюдяними стрічками (Рис 2).

Аналогічні, але в іншому конструктивному оформленні, були виявлені теплові батареї в фрагментах зразка виробу 9М723 оперативно - тактичного комплексу 9К720 «Искандер», що багаторазово застосовувався країною - агресором російською федерацією по об'єктам інфраструктури і жилим об'єктам на території України.

Теплові батареї 9Б283 в даному виробі застосовуються у вигляді двох самостійних блоків, що конструктивно- об'єднують по 6 теплових батарей традиційної циліндричної форми (рис. 3).



Рис. 3 Блоки теплових батарей 9Б283 у кількості 2 од

Блоки теплових батарей 9Б283 у кількості 2 од. розташовані в апаратурно-хвостовому відсіку виробу 9М723 та призначені для забезпечення електричною енергією бортової апаратури і рульових машин виробу 9М723 оперативно – тактичного ракетного комплексу 9К720 «Искандер» [8].

Розбирання виробу виконувалось методами відрізання кришки від стакану абразивним кругом та подальшою механічною фрагментацією їх вмісту (рис. 4). З корпусу після розкриття висипалась порошкоподібна речовина, відчувався різкий хімічний запах сірководню.



Рис. 4 Батарея 9Б283 після розкриття корпусу

Внутрішня поверхня стакану вимощена шаровим волоконним матеріалом зеленого кольору товщ. 5 мм. Волоконний матеріал легко поділяється на фрагменти. Товщина стінки стакану становить 1,5 мм, кришки – 4 - 8 мм (рис. 5).

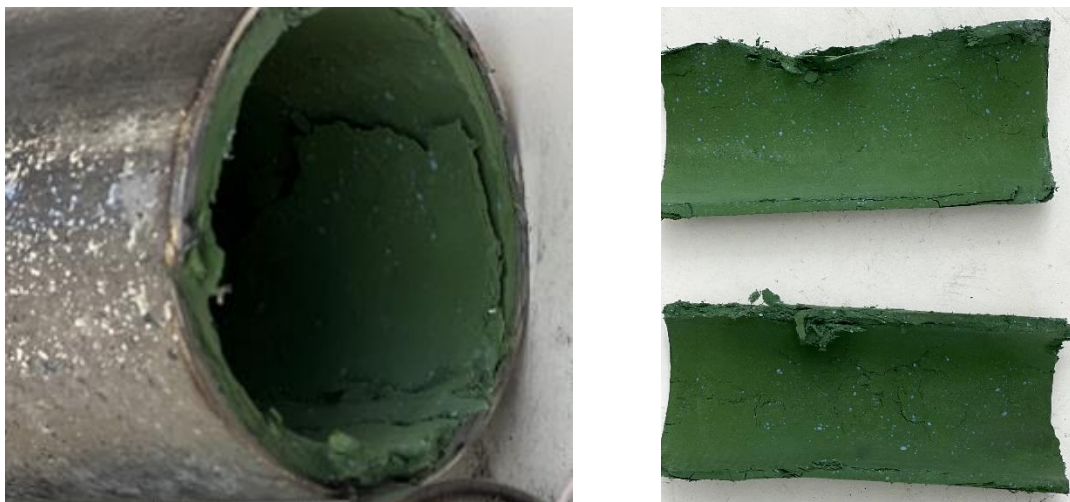


Рис. 5 Внутрішня поверхня стакану та фрагмент теплоізоляційного волоконного матеріалу

Всередині корпусу після розкриття знаходиться серцевина циліндричної форми, що обмотана пергаментом сірого кольору. Під пергаментом – металева смужка на половину довжини серцевини та зелена тканинна оболонка, що стягнута чотирма сірими стрічками. Нижній торець серцевини закритий металевим диском (рис. 6).

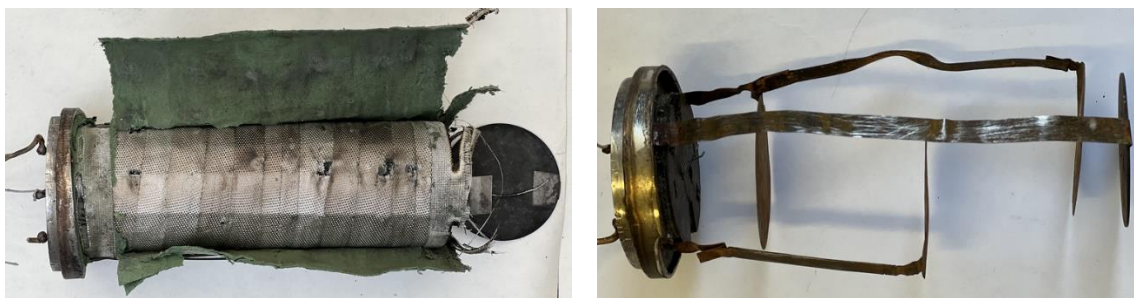


Рис. 6 Серцевина батареї 9B283 після розкриття корпусу

Серцевина під зеленою тканинною оболонкою обмотана стрічкою склотканини сріблястого кольору та являє стовпчик дисків діам. 50 мм з різних матеріалів: волокно, метал, текстоліт, шлакоподібні (рис. 6).

Блок дисків стягнутий до кришки вздовж вісі корпусу двома діаметральними металевими стрічками та диском. Також від кришки вздовж блока дисків з діаметрально протилежних сторін розташовані металеві стрічки з контактними дисками діам. $50 \times 0,2$ мм, що утворюють батарею та електричне з'єднані з зовнішніми контактами 1, 3. Металеві стрічки та диски електричне ізолювані слюдяними стрічками.

Після вилучення вмісту серцевини встановлено, що стовпчик дисків батареї складається з 4-х секцій: контактна довжиною 25 мм (ближча до кришки корпусу), донна довжиною 10 мм та дві центральних довжиною 55 мм кожна.

Центральні дві секції батареї містять по 17 шлакомісних дисків діам. $50 \times 3-4$ мм (рис.7). Контактна секція містить шари текстолітових, шлакоподібних та волокнистих матеріалів. В текстолітовому диску виконана електрична розводка дротів діам. 0,6 мм. Також з двох заглиблених кутових ущелин текстолітового диску виходять кінцівки дротів діам. 0,6 мм, до яких приєднаний фрагмент

металевої смужки $0,1 \times 2,5 \times 7$ мм (рис. 22). Фрагмент електричне з'єднаний з контактом 2.



Рис.7 Шлакомісні електродні маси нанесені на диски електрохімічної системи

Електрична схема з'єднання 6 теплових батарей 9Б283 в один блок живлення напругою здійснена послідовно – паралельно і видає напругу 27 В. Максимальний струм такої батареї становить 85-170 А протягом 45-90 с.

Враховуючи різноманітність і технологічну складність в будові хімічних джерел струму, що використовуються в ракетно-артилерійському озброєнні країни агресора РФ та з метою більш точного визначення матеріалів і застосованих електрохімічних систем зразки теплових батарей були передані до профільних наукових установ для відповідних хіміко-аналітичних досліджень.

Елементний склад внутрішніх частин батарей визначали методом рентгенофлуорисцентного аналізу (РФА) на приладі Expert 3L.

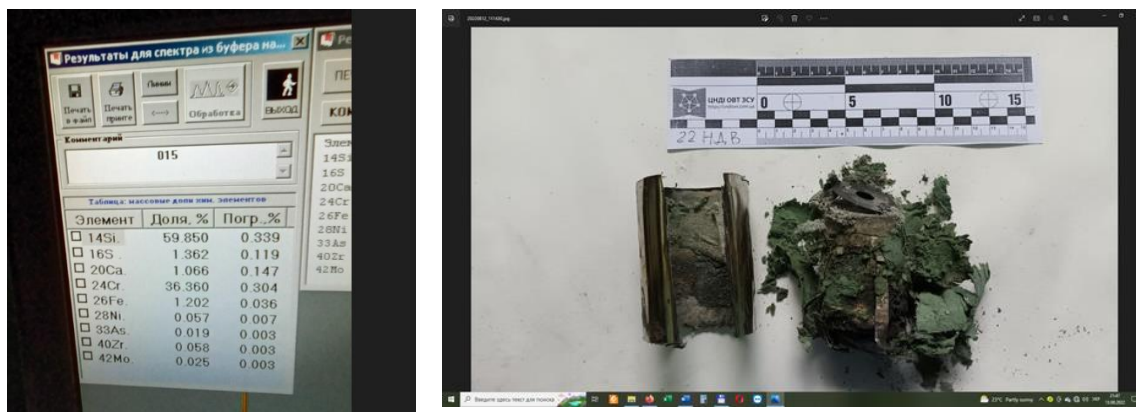


Рис. 8 Елементний склад внутрішньої зеленої обмазки корпусу (високий вміст Cr_2O_3)

Виявлено високий вміст кремнію (59,85 % ваг.) та хрому (36,3 % ваг.), останній обумовлює зелене забарвлення теплоізоляційної обмазки.

Элемент	Доля. %	Погр. %
<input type="checkbox"/> 12Mg	13.479	0.760
<input type="checkbox"/> 14Si	11.517	0.207
<input type="checkbox"/> 17Cl	41.933	0.418
<input type="checkbox"/> 19K	20.842	0.209
<input type="checkbox"/> 22Ti	0.698	0.088
<input type="checkbox"/> 25Mn	0.122	0.019
<input type="checkbox"/> 26Fe	5.609	0.080
<input type="checkbox"/> 28Ni	0.164	0.009
<input type="checkbox"/> 42Mo	5.636	0.057

Рис. 9 Елементний склад електролітної складової теплової батареї 9Б283
 Значний вміст калію (20,8% ваг.) і хлору (41,9% ваг.) свідчить про використання хлоридного розплаву $KCl - LiCl$ у якості електроліту (Рис.9).

Виявлено значний вміст кремнію (36,5% ваг.), що свідчить про вміст кремнію в одній із електродних мас.

Значний вміст сірки (17,9% ваг.) і заліза (45,2% ваг.) в електродній масі свідчить про те, що до складу електродної маси входить сульфід заліза (FeS_2). (Рис.10)

Элемент	Доля. %	Погр. %
<input type="checkbox"/> 14Si	1.216	0.114
<input type="checkbox"/> 16S	17.894	0.373
<input type="checkbox"/> 17Cl	22.823	0.236
<input type="checkbox"/> 19K	7.308	0.064
<input type="checkbox"/> 26Fe	45.222	0.268
<input type="checkbox"/> 42Mo	5.538	0.043

Рис. 10 Елементний склад електродної маси внутрішньої частини.

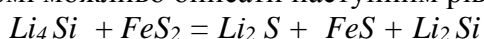
Результати проведених хіміко аналітичних досліджень свідчать про те, що електродні маси батареї вірогідно складаються із сульфиду заліза (FeS_2) та силіциду літію $Li(Si)$, електролітом слугує евтектичний сплав хлоридів калію і літію ($KCl-LiCl$).

Формалізація електрохімічної окисно-відновлювальної реакції за результатами дослідження технологічних рішень побудови батареї 9Б287 та 9Б283, хіміко-аналітичних досліджень проведених в науковій профільній установі, аналізу літератури та ознаками використаних матеріалів свідчить про таке [2,6,11-13].

Для виготовлення анода використовується літійвмісний матеріал, катода - дисульфід заліза - пірит (FeS_2), а в якості електроліту - розплави сумішей солей літію. За таких умов маємо електрохімічну систему: $\text{Li}_4\text{Si} / \text{LiCl}, \text{KCl}, \text{LiF} / \text{FeS}_2$.

В якості анодного матеріалу (негативного) використовується завальцьована в сталевий корпус (диск) пластина інтерметаліда Li_4Si . Вона виготовляється методом термічної взаємодії (спікання) літію з кремнієм під тиском пресу в 100 т. Інтерметалід має температуру плавлення 632°C , що дозволяє створювати електрохімічні елементи, в яких в електродному процесі приймає участь тільки літій, при цьому електрод залишається в твердому стані. Відсутність рідкої фази підвищує стійкість електрохімічного елемента до характерних механічних впливів при польоті ракети.

Хімічну реакцію, що відбувається при розряді такого елемента в спрощеній формі можливо описати наступним рівнянням,



В обох електродних реакціях приймають участь іони літію, які утворюються на аноді і в еквівалентній кількості витрачаються на катоді. **Тому солі літію є обов'язковим компонентом електроліту.**

Профільними підприємствами організаціями-розробниками і виробниками теплових хімічних джерел струму для озброєння і військової техніки в РФ є:

АО «Квант», м. Москва; АО «Енергія», м. Елець; «Научно-исследовательский институт химических источников тока», м. Саратов; АТ НВО «Сплав», м. Тула; АО «Центральний науково-дослідний інститут автоматики і гідравліки», «ЦНДІАГ», м. Москва.

Важливо також розглянути **основні принципи застосування теплових батарей для електричного керування рулями ракетного озброєння.**

Зовнішній вигляд блоку рульових машин з електричним керуванням бортової системи управління виробу 9М549 «Торнадо-С» наведено на рис. 11.

В склад блоку входить 4 рульові машини. Кожна рульова машина складається із малогабаритного електродвигуна, редуктора і потенціометра зворотного зв'язку і керує аеродинамічними рулями, закріпленому на валу редуктора.



а)

б)

Рис. 11(а) Блок приводів регулювання положення рулів (рульові машини) бортової системи управління виробу 9М549 «Торнадо-С».

Рис. 11(б) Малогабаритний електродвигун постійного струму 27 В регулювання положення рулів (рульові машини) бортової системи управління виробу 9М549 «Торнадо-С».

Рулі єть керуючими органами ракети. Виконавчим елементом приводів рулів являються електродвигуни постійного струму (рис. 11 а,б). Мотор має високий крутний момент, з реверсом, на шарикопідшипниках.

Подібні мікродвигуни мають високу якість виготовлення, не бояться конденсату, працюють в жорстких умовах, допускають 50 років зберігання. Застосовуються у військовій техніці, в авіації, в торпедах, артилерійських системах і ракетах різного типу. Застосовуються також у «слідкуючих системах» в якості приводів [8].

При надходженні сигналу з командного блоку якір електродвигуна починає обертатися. Частота і напрямок його обертання залежать від полярності і величини керуючих сигналів. Обертання якоря, через редуктор передається на рулі, змушуючи їх повертатися в потрібному напрямку і з необхідною швидкістю.

Одночасно з поворотом рулів переміщується движок потенціометра ПТ 1-4 зворотного зв'язку, з якого знімається напруга зворотного зв'язку і подається в підсилювач сигналів розузгодження. Це дозволяє рулям ракети відпрацювати всю величину керуючого сигналу і звести його до нуля (Рис.12).



Рис. 12 Потенціометр відслідковування положення рулів рульових машин виробу 9М549 «Торнадо-С».

Резистори ПТ призначені для роботи в ланцюгах постійного струму точних обчислювальних пристроїв і потенціометричних слідкуючих системах в якості датчиків кутового переміщення, поділювачів напруги і функціональних перетворювачів [8].

Принцип роботи пристрою заключається в тому, що оперуя регульованою центральною точкою можна впливати на напругу між нею і одним із виводів. Такі потенціометри використовуються як датчики зворотного зв'язку в системах управління авіаційних, ракетно-космічних, корабельних рульових приводах.

Розробник і виробник – ОАО «НИИ «Гириконд», одне із провідних підприємств в Росії по розробці і виробництву конденсаторів, резисторів і матеріалів до них. (Государственный институт резисторов и конденсаторов «Гириконд»). Входить в корпорацію «Ростех» м. Санкт- Петербург.

На закінчення слід зауважити, що створення **такої бази даних щодо будови, конструктивних особливостей, використаних комплектуючих та застосування** численних зразків шляхом аналізу залишків фрагментів ракетно-

артилерійського озброєння виробництва РФ можливе тільки при застосуванні **системного підходу**.

Класифікацію залишків фрагментів та аналіз основних складових системи функціонування конкретних зразків ракетно-артилерійського озброєння, параметрів та показників необхідно здійснювати використовуючи принцип **декомпозиції** вихідного завдання на послідовність більше простих з наступним агрегуванням результатів рішення окремих завдань у підсумкове рішення. Аналогічно здійснюється синтез (агрегування) отриманих результатів [14,15].

Технологія виробництва хімічних джерел струму складна, потребує ручних операцій, коштовного обладнання та дефіцитних матеріалів і стратегічної сировини, зокрема літію. Уніфікація електрохімічних елементів, використання гіроскопічних та агресивних речовин також призводить до подорожчання виробів.

В теперішній час НПП «Квант» сумісно з корпорацією «Роскосмос» нарощує обсяги НД та ДКР зі створення новітніх хімічних джерел струму. Зокрема вимоги до таких джерел характеризуються:

- використанням нових технологій та матеріалів;
- підвищеними питомими характеристиками не менше ніж на 30%;
- підвищеною стійкістю до механічних навантажень;
- зменшеними масою та габаритами.

Тому санкційні обмеження країн- партнерів доступу російської федерації до критичне важливих матеріалів, в тому числі літію, є суттєвим військово-економічним важелем призупинення розвитку, зменшення виробництва хімічних джерел струму та відповідної комплектації ракетних і авіаційних озброєнь.

Список літературних джерел

1. Кукоз Ф.И. Тепловые химические источники тока /Ф.И.Кукоз, В.В.Труш, В.И.Кондратенков. Ростов на Дону: Издательство Ростов.ун-та, 1989. 216 с.
2. Гришин С.В., Мамонтова Ю.Е., Каверин О.А., Стекольников Ю.А. Конструкция резервного теплового источника тока // Вестник ТГТУ. 2011. Том 17. № 2. С. 575-583.
3. Шембель О.М., Білогуров В.А. Основні характеристики сучасних хімічних джерел струму різних електрохімічних систем //Сучасна спеціальна техніка. Наук. прикл. журнал. 2009. №2 (17). С. 66.
4. Богоцкий В.С., Скундин А.М. Химические источники тока, М., Энергоиздат. 1981. С.304-310.
5. Варыпаев В.Н. Химические источники тока: Учеб. пособие для хим.-техн. спец. Вузов / В.Н. Варыпаев, М.А. Дасоян, В.А. Никольский; под ред.В.Н. Варыпаева. – М.: Высш. шк. 1990,-240 с.
6. Бик М.В., Фроленкова С.В., Букет О.І., Васильєв Г.С. Технічна електрохімія. Частина 2. Хімічні джерела струму; КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018.-321с.
7. Коровин Н.В. Скундин А.М. Химические источники тока. Справочник, М.:МЭИ, 2003, 198 с.
8. Апаратура бортовой системы управления ОТРК «Искандер». Источник: <http://nevskii-bastion.ru/>.
9. ГОСТ 15596-82. Источники тока химические. Термины и определения.

10. ГОСТ Р 58593-2019. Источники тока химические. Термины и определения. Дата введения 2020-05-01.
11. Патент на винахід. Тепловая электрохимическая батарея Y02E60/12 № RU2091918C1.
12. Патент на винахід. Тепловой химический источник тока H01M6/20 (H01M6/36) № RU2408113.
13. Патент на винахід. Расплавляемый электролит для химического источника тока (H01M6/36) № RU2566362.
14. Чепков И.Б., Лапицкий С.В. и др. Система полигонных испытаний вооружения и военной техники: методологические основы. / Основы военно-технических исследований. Теория и приложения: монографія. Т.10/. -К. 2016. 478 с.
15. Згуровський М.З., Панкратова Н.Д. Системний аналіз, проблеми, методологія, застосування, Видавництво «Наукова думка» НАН України,-:Київ. 2011. 750 с.