

**МІНІСТЕРСТВО ОБОРОНИ УКРАЇНИ  
ВІЙСЬКОВА АКАДЕМІЯ (м. ОДЕСА)**

*Заснований у 2018 році*

**НАЦІОНАЛЬНА БЕЗПЕКА  
УКРАЇНИ**

Збірник наукових праць  
курсантів і студентів

**Випуск 3**

Рекомендовано до друку та поширення  
через мережу Інтернет Вченою радою  
Військової академії (м. Одеса) (Протокол від  
25.02.2020 № 7)

Одеса  
2020

УДК 355.001.89(045)(477)

Н 35

**Національна безпека України.** Збірник наукових праць курсантів і студентів. – Одеса: ВА, 2020. – Вип. 3. – 298 с.

У збірнику наукових праць курсантів і студентів друкуються статті, результати досліджень в рамках магістерських робіт, які спрямовані на висвітлення актуальних і дискусійних проблем Національної безпеки України, а також з природничих, технічних і гуманітарних наук, опис раціоналізаторських пропозицій і патентів. Призначений для курсантів і студентів, а також членів наукових гуртків (товариств) вищих навчальних закладів України.

У разі передруку матеріалів посилання на збірник обов'язкове.

*Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації  
Серія КВ №23711–13551Р від 09.11.2018 р.*

**ВИДАЄТЬСЯ з 2018 року**

**Засновник:**

Військова академія (м. Одеса)

**Адреса редакції:**

Україна, 65009, м. Одеса,  
вул. Фонтанська дорога, 10

**Е-mail редколегії:**

zbirnyk\_kursanta.vaodesa@ukr.net

**Офіційний сайт академії:**

<http://www.vaodessa.org.ua>

**Телефони для контактів:**

тел./факс (0482)\*63-76-60

дод. 4-05, 1-15

тел. моб. (093)\*769-80-29

**РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:**

**Голова** – Кравчук О.І., к.т.н., с.н.с.

**Заступник голови** – Набок В.К., к.військ.н., с.н.с.

**Члени колегії:**

Дем'янчук Б.О., д.т.н., доц. (ВА, м. Одеса)

Кнауб Л.В., д.т.н., проф. (ВА, м. Одеса)

Миргород В.Ф., д.т.н., доц. (ВА, м. Одеса)

Ковальчук В.В., д.ф.-м.н., проф. (ОДЕКУ, м. Одеса)

Онищенко О.А., д.т.н., проф. (ОНМА, м. Одеса)

Братченко Г.Д., д.т.н., проф. (ОДАТРЯ, м. Одеса)

Білай С.В., д.держ.упр., проф. (НАНГУ, м. Харків)

Комісаров О.Г., д.ю.н., проф. (НАНГУ, м. Харків)

Кириленко В.А., д.військ.н., проф. (НАДПСУ,  
м. Хмельницький)

Кузнецова І.О., д.е.н., проф. (ОНЕУ, м. Одеса)

Шестаков В.І., к.т.н. (ЖДТУ, м. Житомир)

Талалаєв К.О. к.мед.н., доц. (ОНМедУ, м. Одеса)

Ісмаїлова Н.П. д.т.н. (ВА, м. Одеса)

Пучкова Г.В., к.ю.н., доц (ОНМедУ, м. Одеса)

Головань В.Г., к.т.н., проф. (ВА, м. Одеса)

Оленев В.М., к.військ.н., проф. (ВА, м. Одеса)

Дроздов М.О., к.ф.-м.н., доц. (ВА, м. Одеса)

Єфимчиков О.М., к.т.н., доц. (ВА, м. Одеса)

Клименко В.В., к.т.н., с.н.с. (ВА, м. Одеса)

Паскалова М.І., к.філос.н. (ВА, м. Одеса)

**Відповідальний секретар** – Франчук Ю.В., к.психол.н., с.н.с.  
(ВА, м. Одеса)

Наукові статті, які включені до Збірника наукових праць курсантів і студентів, пройшли рецензування. За достовірність викладених фактів, цитат та інших відомостей відповідальність несе автор. Роботи, які представлені у збірнику репрезентують собою перші наукові кроки курсантів і студентів вишів України, тому потребують лояльного ставлення.

© Військова академія (м. Одеса), 2020

## ЗМІСТ

## ЗАГАЛЬНОНАУКОВІ ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

**Гаркуша П.К.**

АНАЛІЗ ОСНОВ БОЙОВОЇ СИСТЕМИ ВИЖИВАННЯ ВОЇНА ТА ОСОБЛИВОСТЕЙ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ ПСИХОЛОГІЧНОЇ СТІЙКОСТІ У ЕКСТРИМАЛЬНИХ УМОВАХ..... 8

**Глебов А. А.**

ОСОБЛИВОСТІ СУЧАСНОЇ ТАКТИЧНОЇ РОЗВІДКИ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ ..... 12

**Донченко Д.Є.**

ПЕРВИННА КОНЦЕПЦІЯ ВИЯВЛЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ПРОТИВНИКА ДАТЧИКАМИ РІЗНОЇ ФІЗИЧНОЇ ДІЇ..... 17

**Морченко Д.М.**

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ З РОЗМІНУВАННЯ ТЕРИТОРІЙ ВІД ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ПРЕДМЕТІВ ..... 22

**Мужик В.О.**

ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНОЇ СИСТЕМИ ВІЙСЬКОВОГО ЗВ'ЯЗКУ ТА ЗАСОБИ ПРОТИДІЇ РАДІОЕЛЕКТРОННІЙ РОЗВІДКИ ..... 28

**Мішенін І., Кушнарєва Г.О., Рабоча Т.В.**

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛИШКОГО РЕСУРСУ КОНСТРУКЦІЙ ІЗ ДЕРЕВИНИ..... 32

**Телелим М. О.**

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ОПТИКО – ЕЛЕКТРОННИХ ЗАСОБІВ РОЗВІДКИ ТА АНАЛІЗ ЇХ НАПРЯМКІВ РОЗВИТКУ, УДОСКОНАЛЕННЯ І МОДЕРНІЗАЦІЇ ..... 36

**Тимошенко М.І.**

ДОСЛІДЖЕННЯ БОЙОВИХ МОЖЛИВОСТЕЙ СУЧАСНИХ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ СТАНЦІЙ РОЗВІДКИ НАЗЕМНИХ РУХОМИХ ЦІЛЕЙ ТА ПРОТИДІЯ НИМ ..... 40

## РОЗВИТОК І ЗАСТОСУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

**Глуховський Я.М.**

РОЗРОБКА СПОСОБУ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПІДВІСОК ВІЙСЬКОВИХ АВТОМОБІЛІВ..... 44

**Горбань Р.В.**

УДОСКОНАЛЕННЯ ДІАГНОСТИКИ БЕЗСТУПІНЧАСТОЇ ТРАНСМІСІЇ ВІЙСЬКОВИХ АВТОМОБІЛІВ ..... 48

**Капацян В.І.**

ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ В ПОЛЬОВИХ УМОВАХ ..... 53

**Комнатний В. В.**

ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ ВІЙСЬКОВИХ АВТОМОБІЛІВ ЗА РАХУНОК ВПРОВАДЖЕННЯ СУЧАСНИХ ЗАСОБІВ ДІАГНОСТИКИ ..... 58

**Красота Ю. А.**

ВИЗНАЧЕННЯ ЕКСПЛАТАЦІЙНОЇ ШВИДКОСТІ РУХУ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАСПОРТУ У ПРОЦЕСІ ДОСТАВКИ ЗАСОБІВ АВТОТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ..... 64

|  |     |
|--|-----|
| <b>Купринюк О.П., Трифонов М.А., Мальцев О.В.</b>  |     |
| РОЗРОБКА ПРОПОЗИЦІЙ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ПРОХІДНОСТІ ВАНТАЖНОГО АВТОМОБІЛЯ ЩЛЯХОМ АВТОМАТИЗАЦІЇ МІЖКОЛІСНОГО ДИФЕРЕНЦІАЛУ .....   | 69  |
| <b>Маханьков В.А., Бабійчук В.В., Мальцев О.В.</b>   |     |
| ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ПОШКОДЖЕНИХ МАШИН В БОЙОВИХ УМОВАХ .....   | 76  |
| <b>Маханьков В.А., Мальцев О.В., Цибка Е.М.</b>  |     |
| НАПРЯМКИ ПІДТРИМКИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ ВІЙСЬКОВОЇ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ.....  | 85  |
| <b>Михайлюк Д.О.</b>   |     |
| АНАЛІЗ ТА ОЦІНКА МОЖЛИВОСТЕЙ ЗБІЛЬШЕННЯ МАНЕВРНОСТІ СИЛ І ЗАСОБІВ АВТОТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВІЙСЬКОВИХ ЧАСТИНИ В ОСОБЛИВИХ УМОВАХ ЗА РАХУНОК ЗАСТОСУВАННЯ ПОВІТРЯНОГО ТРАНСПОРТУ ..... | 94  |
| <b>Нарусевич О.С., Дідик В.О.</b>  |     |
| РОЗРОБКА ПРОПОЗИЦІЙ ЩОДО УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ АВТОТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БОЙОВИХ ДІЙ ЧАСТИН І ПІДРОЗДІЛІВ ДЕСАНТНО-ШТУРМОВИХ ВІЙСЬК .....  | 99  |
| <b>Угольніков О.П., Косар Ю.М., Кривов В.О., Мальцев О.В.</b>  |     |
| ПРОГНОЗУВАННЯ ЗАЛИШКОВОГО НОРМОВАНОГО РЕСУРСУ ЗРАЗКІВ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ.....   | 104 |
| <b>Усенко В.В.</b>   |     |
| МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МАРШУ .....  | 109 |
| <b>РОЗВИТОК І ЗАСТОСУВАННЯ РАКЕТНО-АРТИЛЕРІЙСЬКОГО ОЗБРОЄННЯ ТА СТРІЛЕЦЬКОЇ ЗБРОЇ</b>  |     |
| <b>Андрела І.І.</b>  |     |
| АНАЛІЗ СВІТОВИХ ТЕНДЕНЦІЙ РОЗВИТКУ МОДУЛЬНИХ МЕТАЛЬНИХ ПОРОХОВИХ ЗАРЯДІВ.....  | 112 |
| <b>Бахірєв І.О.</b>  |     |
| РОЗРОБКА ВИМОГ ДО БРОНЕБІЙНО-ЗАПАЛЮВАЛЬНИХ БОЄПРИПАСІВ ДО СТРІЛЕЦЬКОЇ ЗБРОЇ .....  | 116 |
| <b>Бурлака І.О.</b>  |     |
| РОЗРОБКА ВИМОГ ДО ОПЕРАТИВНО-ТАКТИЧНИХ РАКЕТ.....  | 120 |
| <b>Василенко М.</b>  |     |
| РОЗРОБКА ВИМОГ ДО ПОРОХОВИХ РАКЕТНИХ СНАРЯДІВ.....   | 125 |
| <b>Васько Д.</b>   |     |
| МЕТОДИ АВТОМАТИЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ СТАНУ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ БМ-21 ШЛЯХОМ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ ДАТЧИКІВ СТАНУ ТА КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ОБРОБКИ ЇХ ДАНИХ.....                            | 129 |
| <b>Волченко О.О., Марчішин М.Ю.</b>  |     |
| ПОКРАЩЕННЯ ТАКТИКО-ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК САМОХІДНИХ АРТИЛЕРІЙСЬКИХ УСТАНОВОК СУЧАСНИМИ ЗАСОБАМИ УДОСКОНАЛЕННЯ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ.....   | 132 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Гайвук Г.А.</b><br>АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ЗЕНІТНО–РАКЕТНИХ КОМПЛЕКСІВ ТА ПЕРСПЕКТИВНІ ШЛЯХИ ЇХНЬОГО РОЗВИТКУ .....  | 136 |
| <b>Гарагуля В.В., Булгаков Р.В.</b><br>ШЛЯХИ РОЗВИТКУ ЗАСОБІВ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ АРТИЛЕРІЙСЬКОГО ОЗБРОЄННЯ.....   | 139 |
| <b>Гузенко Д.О.</b><br>АВТОМАТИЗАЦІЯ ПОШУКУ НЕСПРАВНОСТЕЙ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОГО ПРИВОДУ РСЗВ НА ОСНОВІ КОМП'ЮТЕРНИХ МОДЕЛЕЙ.....  | 145 |
| <b>Єгоров М.С.</b><br>ЗМЕНШЕННЯ СТАТИЧНИХ ПОХИБОК ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ НАВЕДЕННЯ ВПРОВАДЖЕННЯМ МЕТОДУ ГАРМОНІЧНОЇ ЛІНЕАРИЗАЦІЇ.....  | 149 |
| <b>Запорожець А.С.</b><br>РОЗРОБКА ВИМОГ ДО БОЄПРИПАСІВ МОРСЬКОЇ АРТИЛЕРІЇ.....  | 153 |
| <b>Змієвський І.Г.</b><br>ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ТА МЕТОДИ ПОКРАЩЕННЯ ТАКТИКО-ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗЕНІТНО-РАКЕТНИХ КОМПЛЕКСІВ. ПОКРАЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ВЕРТИКАЛЬНОГО НАВЕДЕННЯ..... | 157 |
| <b>Знов К.О.</b><br>ОБГРУНТУВАННЯ ТАКТИКО-ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ДО КАСЕТНИХ АРТИЛЕРІЙСЬКИХ БОЄПРИПАСІВ.....  | 161 |
| <b>Ісмаїлова Н.П., Кандибка О.В.</b><br>ДОСЛІДЖЕННЯ АРТИЛЕРІЙСЬКИХ СТВОЛІВ НА ЖИВУЧІСТЬ.<br>НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН АРТИЛЕРІЙСЬКИХ СТВОЛІВ.....  | 165 |
| <b>Карчевський С.В., магістрант</b><br>ОБГРУНТУВАННЯ ТАКТИКО-ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ДО БОЄПРИПАСІВ З ПОВІТРЯНО-РЕАКТИВНИМ ДВИГУНОМ.....   | 169 |
| <b>Кваша А.В.</b><br>СУЧАСНІ ВИМОГИ ДО ПРОЕКТУВАННЯ КРИЛАТИХ РАКЕТ .....   | 176 |
| <b>Клезь Н.Ю.</b><br>ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ АЕРОДИНАМІЧНОЇ СХЕМИ ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ ПРИ РОЗРОБЦІ РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ПРОЕКТУВАННЯ АВІАЦІЙНОЇ КЕРОВАНОЇ РАКЕТИ КЛАСУ «ПОВІТРЯ-ПОВЕРХНЯ» СЕРЕДНЬОЇ ДАЛЬНОСТІ .....   | 181 |
| <b>Клименко М.А.</b><br>ОБГРУНТУВАННЯ АЛГОРИТМІВ ЗВ'ЯЗАНОГО КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДАМИ СИСТЕМ НАВЕДЕННЯ ЗРАЗКІВ РАКЕТНО-АРТИЛЕРІЙСЬКОГО ОЗБРОЄННЯ З УРАХУВАННЯ ЗАКОНУ РУХУ ОБ'ЄКТА СТЕЖЕННЯ.....                 | 189 |
| <b>Коваленко Є.Г.</b><br>РОЗРОБКА НАВЧАЛЬНОГО СТЕНДУ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ ЗРАЗКІВ РАО.....  | 195 |
| <b>Коваль Б.А.</b><br>АНАЛІЗ ЧИННИКІВ, ЯКІ ВПЛИВАЮТЬ НА ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС РЕМОНТУ АРТИЛЕРІЙСЬКИХ БОЄПРИПАСІВ .....  | 198 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Ковальов Р.Я.</b><br>ОБҐРУНТУВАННЯ ВИМОГ ДО ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОРОХІВ, ЯКІ ВИЗНАЧАЮТЬ ЇХ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ТА ТЕРМІН ПРИДАТНОСТІ.....   | 203 |
| <b>Коньков С.І., Іванов Т.С.</b><br>РОЛЬ ТА МІСЦЕ ЗАГАЛЬНОЇ КЛАСИФІКАЦІЇ БОЄПРИПАСІВ В ДОСЛІДЖЕННЯХ ВРАЖАЮЧОЇ ДІЇ БОЄПРИПАСІВ .....  | 208 |
| <b>Кравцов О.Д., Іванов Т.С.</b><br>АНАЛІЗ ВИМОГ ДО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ПАТРОНІВ ДО СТРІЛЕЦЬКОЇ ЗБРОЇ .....  | 213 |
| <b>Крецул Є.М.</b><br>РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ПЕРИМЕТРОВОЇ ОХОРОННОЇ СИСТЕМИ АРСЕНАЛУ, БАЗИ ТА СКЛАДУ.....  | 218 |
| <b>Кройтор Д.В., Бертнік В.В.</b><br>ЗАСТОСУВАННЯ РЕВЕРСИВНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ НАПРУГИ В ЕЛЕКТРОПРИВОДІ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ .....  | 221 |
| <b>Крючка А.В.</b><br>РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ВПРОВАДЖЕННЯ СТАНДАРТІВ КРАЇН НАТО ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЖИВУЧОСТІ АРСЕНАЛІВ, БАЗ ТА СКЛАДІВ ЗБЕРІГАННЯ БОЄПРИПАСІВ.....   | 225 |
| <b>Куліш С.В.</b><br>АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТАЛЬНИХ ЗАРЯДІВ ДО АРТИЛЕРІЙСЬКИХ БОЄПРИПАСІВ В УКРАЇНІ .....   | 232 |
| <b>Лукієнко Д.Ю.</b><br>РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО НАПРЯМКІВ МОДЕРНІЗАЦІЇ ТОРПЕД З НАВЕДЕННЯМ ПО АКУСТИЧНОМУ СИГНАЛУ .....  | 236 |
| <b>Мазур О.В.</b><br>ОБҐРУНТУВАННЯ ВИМОГ ЩОДО РОЗРОБКИ ВІД'ЄМНОЇ БОЙОВОЇ ЧАСТИНИ ТВЕРДОПАЛИВНОЇ БАЛІСТИЧНОЇ РАКЕТИ .....   | 239 |
| <b>Мусікевич О.</b><br>РОЗРОБКА ЗАГАЛЬНИХ ВИМОГ ДО ЗАСОБІВ УРАЖЕННЯ .....  | 246 |
| <b>Руденко С.С., Медведєв В.О.</b><br>ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДИКИ ПРОЕКТУВАННЯ ПІДПОРЯДКОВАНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ СИСТЕМИ НАВЕДЕННЯ ЗРАЗКІВ РАКЕТНО-АРТИЛЕРІЙСЬКОГО ОЗБРОЄННЯ..... | 250 |
| <b>Ситюк В.М.</b><br>РОЗРОБКА МЕТОДИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДО НАВЧАЛЬНОГО СТЕНДУ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ ЗРАЗКІВ РАО .....   | 255 |
| <b>Собакар В.Д.</b><br>ДОСЛІДЖЕННЯ ШЛЯХІВ ЗАХИСТУ ОПТИКО – ЕЛЕКТРОННИХ ЗАСОБІВ ВІД ІНДУКТИВНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ЛАЗЕРНОЇ ЗБРОЇ .....  | 257 |
| <b>Соснов О.О.</b><br>ВИЯВЛЕННЯ БЕСПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ ЗАСОБІВ(БПЛА) ЗАСОБАМИ ЕЛЕКТРОАКУСТИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ .....   | 262 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Тарасенко О.В.</b>   |     |
| ПРОБЛЕМИ СИНТЕЗУ ОПТИМАЛЬНИХ ЗАКОНІВ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДАМИ<br>ЗРАЗКІВ РАКЕТНО-АРТИЛЕРІЙСЬКОГО ОЗБРОЄННЯ.....                               | 266 |
| <b>Тройнер В. І.</b>  |     |
| ПОКРАЩЕННЯ ТАКТИКО-ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК САМОХІДНИХ<br>АРТИЛЕРІЙСЬКИХ УСТАНОВОК СУЧАСНИМИ ЗАСОБАМИ УДОСКОНАЛЕННЯ<br>ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ.....    | 271 |
| <b>Уминський С.М., Янчук М.Є.</b>   |     |
| ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ СТВОЛІВ АРТЕЛЕРІЙСЬКИХ СИСТЕМ<br>ТЕХНОЛОГІЧНИМИ МЕТОДАМИ .....   | 276 |
| <b>Цехмайструк С.П.</b>   |     |
| АНАЛІЗ ПЕРСПЕКТИВ РОЗВИТКУ ПІРОКСИЛІНОВИХ ПОРОХІВ .....   | 279 |
| <b>Черненко Ю.А.</b>  |     |
| РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО НАПРЯМКІВ РОЗРОБКИ СИСТЕМ РАННЬОГО ВИЯВЛЕННЯ В<br>МІСЦЯХ ЗБЕРІГАННЯ РАКЕТ І БОСПРИПАСІВ .....                                 | 284 |
| <b>Яскевич В.В., Накладюк В.М., Лимаренко В.В.</b>  |     |
| ОСНОВНІ ПІДХОДИ ДО ПОКРАЩЕННЯ ТАКТИКО – ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК<br>ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ НАВЕДЕННЯ ПРОТИТАНКОВИХ РАКЕТНИХ<br>КОМПЛЕКСІВ..... | 288 |
| <b>ВИМОГИ ДО СТАТЕЙ</b> .....   | 293 |

## ЗАГАЛЬНОНАУКОВІ ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

УДК 355.316

Гаркуша П.К., курсант

Військова академія (м. Одеса), Україна

### АНАЛІЗ ОСНОВ БОЙОВОЇ СИСТЕМИ ВИЖИВАННЯ ВОЇНА ТА ОСОБЛИВОСТЕЙ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ ПСИХОЛОГІЧНОЇ СТІЙКОСТІ У ЕКСТРИМАЛЬНИХ УМОВАХ

*У роботі проведено дослідження питань та методів, що стосуються основ бойової системи виживання воїна в бойових і різних природних та екстремальних умовах, особливості загальновійськової підготовки під час ведення бойових дій. Статтю укладено з урахуванням досвіду АТО та миротворчих операцій, сучасних тенденцій і закономірності обладнання військових таборів, способів пересування підрозділів на місцевості в пішому порядку та практики дій військовослужбовців в екстремальних умовах мирного і воєнного часу.*

**Ключові слова:** професійна підготовка, практичні навички, бойові завдання, виживання.

**Постановка проблеми.** Одним із засобів професійної підготовки військовослужбовця, виховання його в дусі патріотизму, любові до своєї Батьківщини, непохитній волі до перемоги є вивчення ним основ виживання у ході збройного протистояння з противником, яким може бути як зовнішній ворог, так і незаконні збройні формування всередині країни. Для того щоб творчо мислити, а мислення і практичні навички є невід'ємними якостями військовослужбовця, потрібно розумно застосовувати знання з теорії виживання у разі виникнення проблем під час виконання бойових завдань.

**Мета статті:** полягає у аналізі основ теорії виживання сприятиме розширенню військового кругозору та розвитку в курсантів тактичного мислення, засвоєння ними основ тактичної (військової) розвідки, сучасної загальновійськової тактики ведення ближнього бою або диверсійних дій, виробленню винахідливості й розумної ініціативи, а також умінню робити практичні висновки, необхідні для вдосконалення рівня професійної підготовленості. Мета дослідження досягається теоретичними і експериментальними дослідженнями корисної інформації для миротворчих контингентів, для тих, хто виконує різноманітні бойові завдання в зоні АТО: що необхідно знати й брати із собою в зону бойових дій, як вижити в несприятливих кліматичних умовах, як поводитися в екстремальних ситуаціях тощо.

**Викладення основного матеріалу.** Аналіз ведення бойових дій в сучасних конфліктах, показує, що вони відзначаються як високо інтенсивні, швидко плинні з різкою змінною тактичної обстановки і мають переважно локальний характер. Такі особливості вимагають, як від військовослужбовців підрозділів спеціального призначення, так і від особового складу інших бойових підрозділів збройних сил, вміння виконувати найрізноманітніші завдання в найкоротші терміни та з максимальною ефективністю у найскладніших бойових умовах. Найчастіше мова йде про дії нечисленних груп в різних географічних і кліматичних умовах. В даному випадку, успіх виконання поставлених завдань та досягнення переваги на полі бою, залежить від результатів дій кожного бійця окремо, його всебічного забезпечення, загальної фізичної, тактичної та спеціальної підготовки. Підготовка військовослужбовців до таких дій являє собою єдиний процес їх навчання, виховання та розвитку як фахівців, у ході якого вони мають опанувати знання, навички та вміння, розвинути професійно-важливі якості, що необхідні для виконання бойових завдань. Застосування елементів підготовки, що зведені у бойову систему виживання воїна та максимально наближені до реальних бойових завдань дозволяє усучаснити підготовку військовослужбовців, зробити її привабливішою, особливо, для військовослужбовців служби за контрактом. Успіх підготовки за такою системою багато в чому залежить від офіцера-інструктора, який її проводить, бо вона наповнена елементами екстремальних ситуацій, які супроводжуються підвищеним психологічним навантаженням і емоційним виснаженням тих, хто навчається [1, с. 11-17]. Проведений аналіз свідчить, що у збройних силах передових країн



світу проблемі формування навичок виживання в екстремальних та бойових умовах при підготовці військовослужбовців та підрозділів приділяється значна увага. У відкритому доступі матеріали, що визначають питання виживання військовослужбовців, є по таким країнам як: США – FM 2176 US ARMY SURVIVAL MANUAL (керівництво з виживання), FM-3.05- SURVIVAL (виживання), COMBAT SURVIVAL TRAINING (курс бойового виживання), Military SERE (військове виживання, ухилення, опір, порятунок), SERE Studenthandbook (підручник для студентів з виживання, ухилення, опору, порятунку); Великобританія SAS SURVIVAL HANDBOOK (підручник з виживання спеціальної авіадесантної служби Великобританії), проте в них увага більше надається саме методиці підготовки особового складу до дій в екстремальних умовах фізико-географічного середовища та бою. Особливі умови, в яких може опинитися людина, як правило, викликають у неї психологічну й емоційну напруженість. Вони визначають готовність до усвідомлених, упевнених і розважливих дій у будь-яких критичних моментах. У непідготовлених психологічно, не загартованих бійців з'являється відчуття страху і прагнення втекти з небезпечного місця, в інших психологічний шок, який супроводжується заціпенінням м'язів. У цей момент порушується процес нормального мислення, слабшає або повністю втрачається контроль свідомості над почуттями і волею. Нервові процеси (збудження або гальмування) виявляються по-різному. Наприклад, у деяких розширюються зіниці, як кажуть «у страху очі великі», порушується дихання, починається прискорене серцебиття «серце готове вирватися з грудей», спазми периферичних кровоносних судин «побілів, як крейда», з'являється холодний піт, слабшають м'язи «опустилися руки», «коліна підігнулися», змінюється тембр голосу, а іноді втрачається дар мови. Іноді, страх може супроводжуватись запамороченням, нудотою, блювотою (у 25%); неспроможністю контролювати акти сечовипускання та дефекації (нетримання сечі, пронос) (у 20%).

Шанси на виживання людини, яка перебуває на місцевості будь-якого типу, залежать від таких факторів: – бажання вижити; – вміння на практиці застосовувати набуті знання, суворо виконувати вимоги перебування в тій чи іншій місцевості; – впевненість у знанні місцевості; – розсудливість та ініціативність; – дисциплінованість і вміння діяти за планом; – здатність аналізувати і враховувати свої помилки. Вижити – це означає вирішити три найважливіші завдання: 1. Залежно від місцевості та погодних умов, зуміти сховатися від холоду, спеки та вітру, захистити організм від переохолодження або перегрівання. 2. Знайти джерела води та відразу встановити денну норму витрати води, а недоторканий запас залишити на крайній випадок. 3. Скласти харчовий раціон і переконатися, що є достатня кількість води для приготування та споживання їжі. Загальновідомо, що для виживання людського організму потрібна вода та їжа, особливо в умовах, коли дорогоцінна кожна крапля енергії і терпіння. Без їжі людина здатна прожити більше місяця, без води – декілька днів, що залежить, знов-таки, від індивідуальних особливостей організму й умов, в яких знаходиться людина. Природа тільки тоді може врятувати, коли людина вміє грамотно й ефективно користуватися її ресурсами [2, с. 19-21]. Тому, коли людина опиняється в ізоляції, доцільно дотримуватись таких рекомендацій: – спочатку потрібно шукати воду і їжу, а тільки потім розраховувати відстань і час до місця, куди потрібно прямувати; – харчування доцільно розподілити таким чином: 2/3 запасів харчів на першу, а 1/3 – на другу половину шляху пересування; – потрібно уникати вживання сухої їжі та їжі, що містить багато крохмалю, тому що така їжа викликає спрагу. Вживання їжі, багатой вуглеводами, за винятком фруктів, допускається тільки після кип'ятіння; – роботу бажано звести до мінімуму, менше фізичних навантажень – менше потрібно води і харчування; – харчуватися в міру можливості регулярно. Доцільно резервувати окремих час для готування їжі протягом усього періоду виконання бойового завдання; – для кращого засвоєння організмом і більшої користі, їжу доцільно дуже ретельно розжовувати. Значення індивідуальної психологічної стійкості військовослужбовця в бойовій обстановці або екстремальних умовах Особливі умови, в яких може опинитися людина, як правило, викликають у неї психологічну й емоційну напруженість. Як наслідок, у одних це супроводжується мобілізацією внутрішніх життєвих ресурсів, у інших – зниженням або навіть зривом працездатності, погіршенням здоров'я, фізіологічними та психологічними стресовими явищами. Залежить це від індивідуальних особливостей організму, умов праці та виховання, обізнаності про події і розуміння ступеня небезпеки. У всіх важких ситуаціях вирішальну роль відіграє моральне загартування та психічний стан бійця. Вони визначають готовність до усвідомлених, упевнених і розважливих дій у будь-яких критичних моментах. У непідготовлених

психологічно, не загартованих бійців з'являється відчуття страху і прагнення втекти з небезпечного місця, в інших – психологічний шок, який супроводжується заціпенінням м'язів. У цей момент порушується процес нормального мислення, слабшає або повністю втрачається контроль свідомості над почуттями і волею. Нервові процеси (збудження або гальмування) виявляються по-різному [3, с. 23-27]. Важливо наголосити, що ці фізіологічні зміни дійсно відбуваються автоматично, без можливості їх свідомого контролю з боку людини (окрім виняткових випадків). Більше того, всі ці зміни мають акцентовано адаптаційну цінність у небезпечній ситуації, що передбачає поведінку відповідно до популярної еволюційної формули: «бий або втікай». У випадку зіткнення з небезпекою організм автоматично готується до дій, а непотрібні речі викидає назовні (тіло стає легшим), робота шлунка призупиняється, кров починає пришвидшено циркулювати та накопичується там, де є потреба в енергії – м'язах, що призводить до побліднення шкіри обличчя, зіниці розширюються заради кращого зору, інтенсивнішим стає потовиділення та вставання волосся дибки означає охолодження. Під час підготовки до бою, коли зростає емоційна напруга та посилюється почуття страху, можливо застосувати кілька видів прийомів управління тонусом скелетної мускулатури. Вони прості в оволодінні та виконанні, не вимагають багато часу на виконання процедур (1–3 хв), ефективні (результат виявляється вже в процесі виконання прийомів), не тягнуть негативних побічних явищ (наприклад, сонливості). Для «розрядки» негативних хвилювань (страху, невпевненості в собі, занепокоєння та інших) необхідно виконати вправу за типом «релаксація», яка виконується в три етапи: – на першому етапі, помітивши негативні зміни у своєму стані (тривога, підвищена чутливість до зовнішніх факторів, роздратованість, сухість у роті, скутість, нездатність зосередитися на чому-небудь і т. ін.), потрібно знайти ту групу м'язів, яка в даний момент найбільш напружена; – на другому етапі, необхідно відчутти, як безпосередньо пов'язані між собою погане самопочуття і напруга у м'язах; – на третьому етапі, потрібно вольовим зусиллям розслабити напружені м'язи. Для цього можна уявити, що вони стають тістоподібними і млявими. Як правило, поліпшення психічного стану відбувається практично миттєво. Розрядці негативних емоційних станів і підтриманню бадьорого настрою допоможе вправа «розслаблення за контрастом». Тут релаксація досягається через напругу. Для цього потрібно напружити, наприклад, кисті рук, а потім, максимально їх розслабити. Разом із розслабленням має прийти і відчуття звільнення від напруги, яке потрібно всіляко посилювати. Крім того, знижувати м'язовий тонус можна за допомогою «софрології» – самонавіюванню особливим чином побудованих словесних формул, а також за допомогою самомасажу і впливу на біологічно активні точки. Найбільша концентрація біологічно активних точок знаходиться на шкірі вух, зовнішній і внутрішній поверхнях кистей рук, підощвах ніг, обличчі, шиї та голові. Тому з метою гармонізації діяльності всіх життєво важливих органів і придбання «щита» від стресу рекомендується по декілька разів на день робити легкий масаж даних ділянок (перед цим обов'язково вмиватися холодною водою й помити руки). Складні розумові операції теж допомагають знизити рівень тривоги. Спробуй рахувати: наприклад, по черзі в думці віднімати від 100 до 6, до 7, перемножувати двозначні числа, поррахувати, на яке число припадав другий понеділок минулого місяця. Можна згадувати або складати вірші, придумувати рими тощо. У низці наукових досліджень встановлено, що приблизно 30% воїнів відчувають найбільший страх, наприклад, перед боєм, 35% – в бою і 16% – після бою. Кожна людина має різні реакції і переживання різної інтенсивності, тому, якщо боєць відчуває, що може контролювати себе в бойових умовах, то потрібно продовжувати виконувати бойові завдання. У разі, якщо боєць відчуває, що його переживання мають доволі інтенсивний характер і йому складно контролювати себе та свою поведінку, що, у свою чергу, заважає виконанню бойових завдань, слід скористатися нашими рекомендаціями і тоді можна буде самостійно повернути під контроль свої емоції, переживання, поведінку, виконуючи такі прийоми: 1. Спробувати сформулювати подумки, а потім промовити вголос те, що викликає страх. Якщо є можливість, слід поділитися своїми переживаннями з тими, хто є поряд. «Проговорений» страх стає меншим. 2. У випадку наближення нападу страху слід дихати неглибоко і повільно – вдихати через рот, а видихати через ніс. Можна спробувати таку вправу: зробити глибокий вдих, затримати дихання на 1–2 секунди, видихнути. Повторити вправу двічі. Потім зробити 2 нормальних (неглибоких) повільних вдихи-видихи. Чергувати глибоке і нормальне дихання до тих пір, поки не відчуєш себе краще. 3. Заплющити на мить очі, зробити 8–10 коротких та енергійних вдихів і повільних та тривалих

видихів. Після цього потрібно кілька разів напружити і розслабити м'язи тіла. 4. Повторити подумки 2–3 рази «формулу безстрашності» за типом: – я спокійний і впевнений у собі; – я впевнений у своїх товаришах, вони ніколи не підведуть; – я рішучий і сміливий; – я до всього готовий і все зможу; – я, як сталева пружина – потужна, пружна, незламна; – моє тіло повністю підвладне мені; – я спокійний і впевнений у собі, я вирішував більш складні завдання, вирішу і це; – я до всього готовий і все зможу. Слід пам'ятати, що страх можна подолати, а боягузтво не забудеться ніколи. 11 Паніка (походить від назви грецького бога Пана) – це екстремальний, найсильніший вид страху, при якому людина доходить до повної втрати раціонального мислення та контролю, і який вважається найбільш небезпечним та ризикованим. У стані паніки та повного порушення адекватного способу сприйняття небезпеки автоматично активуються примітивні підсвідомі механізми захисної реакції – сліпого, безглузлого уникнення небезпеки [4, с. 115-119]. До того ж паніка є заразним страхом для інших членів команди, який поширюється зі швидкістю пожежі. Внаслідок акумульованої дії стресових чинників довготривалого перебування на полі бою (виснаження та зниження здатності до раціонального мислення) та через невідомість і нестачу поінформованості про те, що відбувається на полі бою, борець насамперед починає опиратися на те, що сам бачить. Якщо в цій ситуації він бачить іншого військового, який панічно втікає, то може (безпідставно) дійти висновку, що той знає щось більше, ніж він, і може приєднатися до безпричинної втечі. Паніка є небезпечним явищем в усіх підрозділах, діяльність яких безпосередньо пов'язана із бойовими умовами, небезпечними для життя. Паніку у військових можна розпізнати через низку легко помітних змін, які з'являються ще на передпанічному етапі (безпосередньо перед настанням паніки) і які вказують на стан перебільшеної дратівливості та збудження. На цьому етапі з'являються: здригання від кожного звуку та руху, тремтіння, потовиділення, заїкання, слабкість долонь і параліч рук, ніг, напруга/застиглість обличчя, некоординовані рухи, неконтрольований сміх або плач). У стані гострої паніки можна очікувати два види реакції: або панічну втечу, або повне завмирання на місці (що трапляється рідше) [5, с. 27-31]. Гостра паніка має такі ознаки: неконтрольована і непередбачувана поведінка, ігнорування команд, відсутність розуміння небезпеки, переривання соціальних контактів та егоїстичний фокус винятково на собі. Піддатися паніці – все одно що приректи себе на смерть. Захистити себе від впливу паніки: – заспокоїтися і спробувати повільно порахувати від десяти до нуля або вирішити в думці нескладну математичну задачу; – спробувати «підключити» розум і постаратися передбачити ситуацію, за можливістю вибравши більш безпечні шляхи виходу з ситуації; – у випадку паніки у товариша – можна кілька разів вдарити його долонею по щоці.

**Висновок.** Таким чином, у випадку зіткнення з небезпекою організм автоматично готується до дій. Для «розрядки» негативних хвилювань (страху, невпевненості в собі, занепокоєння та інших) необхідно виконати вправу за типом «релаксація», яка виконується в три етапи: на першому етапі, помітивши негативні зміни у своєму стані, потрібно знайти ту групу м'язів, яка в даний момент найбільш напружена; на другому етапі, необхідно відчувати, як безпосередньо пов'язані між собою погане самопочуття і напруга у м'язах; на третьому етапі, потрібно вольовим зусиллям розслабити напружені м'язи. Для цього можна уявити, що вони стають тістоподібними і м'якими. Як правило, поліпшення психічного стану відбувається практично миттєво.

### Список використаних джерел

1. Комар З. Психологічна стійкість воїна: підручник військових психологів/ Комар. – К.: 2017. –184 с.
2. Караяни А. Г. К21 Прикладная военная психология/ А. Г. Караяни, И.В. Сыромятников. – СПб.: Питер, 2006. – 480 с: ил. – (Серия «Учебное пособие»).
3. Малкина-Пых И. Г. Экстремальные ситуации/ И. Г. Малкина-Пых. – М.: Эксмо, 2005. – 960 с.
4. Бойовий статут Сухопутних військ Збройних Сил України, частина III – К.: Варта, 2014. – с. 113–139.
5. О. Ю. Чернявський, В. П. Варакута, Т. О. Кучерява, А. П. Пономаренко./ Вживання у різних природних умовах. / – Х.: ВІТВ НТУ «ХПІ», – 2018. – 164 с.

**Науковий керівник:** Галактіонов М.Є.

**Рецензент:** Маміч В.В., к.т.н., доцент, Військова академія (м. Одеса), Україна.

УДК 355.40

Глебов А. А., старший солдат

*Військова академія (м. Одеса), Україна*

## ОСОБЛИВОСТІ СУЧАСНОЇ ТАКТИЧНОЇ РОЗВІДКИ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

*В роботі проведено дослідження і здійснено аналіз завдань тактичної розвідки Збройних сил України у сучасному бою, розглянуті складові частини військової розвідки, сформульовані основні задачі та особливості проведення розвідки, розроблені вимоги сучасного бою до військової розвідки*

**Ключові слова:** тактична розвідка, координати, срільбова точність, літальні апарати.

**Поставлення проблеми.** У теперішній час значно виріс обсяг завдань, які вирішує розвідка. Разом з тим терміни їх виконання суттєво скоротились. Підвищилися вимоги щодо часу передачі даних і точності визначення координат об'єктів противника. Застосування противником нових далекобійних, високоточних, всепогодних засобів ураження, висока рухомість військ, мобільні й рішучі їх дії під час сучасного бою ставлять до розвідки підвищені вимоги, фактично розширили фазу активної дії розвідки до цілодобової. Якісне виконання завдань розвідки досягається завчасною її організацією, спрямуванням зусиль усіх видів розвідки на виконання найважливіших завдань, визначенням розвідувальних відомостей до встановленого терміну, ретельним вивченням, зіставленням й додатковою перевіркою їх, а за необхідності проведенням до розвідки, постійним, стійким і твердим управлінням підрозділами, які ведуть розвідку, високою навченістю особового складу розвідувальних підрозділів, а також застосуванням найбільш досконалих способів і засобів розвідки. Значна роль у вирішенні цього завдання відводиться силам і засобам розвідки, які забезпечують війська необхідною інформацією. Нині недостатньо тільки виявити противника. На перший план все гостріше висувається фактор часу, тобто крайнє скорочення циклу «виявлення – доповідь». При цьому вимагається така точність визначення місцеположення противника, яка б дозволяла відразу наносити по ньому ураження.

**Мета статті:** полягає в проведенні аналізу розвідувальної діяльності по виявленню сучасного противника, який зазнав змін внаслідок застосування ним різноманітних засобів, як пасивних – приховування своїх дій, так і активних проведення контррозвідувальних заходів. Все це вимагає широкого впровадження у війська нових технічних засобів розвідки. А складність вирішення розвідувальних завдань, необхідність ефективного використання технічних засобів розвідки, у свою чергу, – високопрофесійної майстерності розвідників. Зростання обсягу завдань розвідки, з одного боку, і скорочення часу на їх виконання, з іншого, вимагають постійного удосконалення способів розвідки. Одним із важливіших шляхів удосконалення системи розвідки є підвищення рівня розвідувальної підготовки командирів і штабів, їх вміння грамотно і своєчасно організувати розвідку, безперервно, активно і наполегливо вести її за будь-яких умов обстановки.

**Викладення основного матеріалу.** Воєнна розвідка – це сукупність заходів військового командування всіх ступенів щодо добування і вивчення відомостей про противника. Вона містить діяльність командирів і штабів з організації розвідки, безпосередні дії підрозділів і розвідувальних органів щодо добування необхідних відомостей про противника і роботу зі збору, узагальнення, опрацювання цих відомостей, доповідь командуванню. Воєнна розвідка згідно із масштабом діяльності та характером завдань поділяється на три складові частини: стратегічна; оперативна; тактична. Стратегічна розвідка – розвідувальна діяльність з метою отримання інформації про стратегічний потенціал та стратегічні наміри розвідувальної держави, організації або іншої соціальної спільноти, що впливає на вироблення стратегії. Є вищою формою розвідувальної діяльності, від ефективності якої залежить життєздатність держави або організації, які її здійснюють. Здійснює постановку розвідувальної мети і завдань стратегічного рівня, шукає, видобуває та обробляє отриману інформацію, опускаючи несуттєві та виявляючи найважливіші або стратегічні її компоненти та надає отриманий результат вищому політичному та військовому керівництву держави або організації [1, с. 7-9]. Види стратегічної розвідки: дипломатична розвідка; Національна зовнішня розвідка; військова оперативна та стратегічна розвідка; бізнес-стратегічна розвідка; недержавна стратегічна розвідка. Оперативна

розвідка ведеться з метою добування розвідувальних даних в інтересах підготовки і ведення операцій. Організується командувачами і штабами об'єднань, здійснюється їх розвідувальними органами і підпорядкованими силами і засобами розвідки. Тактична розвідка забезпечує розвідувальними даними про противника і місцевість підрозділи, частини та з'єднання під час підготовки та ведення ними бою. Організується командирами і штабами з'єднань, частин і підрозділів, начальниками родів військ (сил), спеціальних військ і служб з'єднань і частин усіх видів збройних сил. Залежно від залучених сил і засобів, характеру завдань, які виконуються, способів добування розвідувальних даних тактична розвідка відповідно поділяється на військову, повітряну, радіолокаційну, радіоелектронну, артилерійську, інженерну, радіаційну, хімічну, біологічну. Військова розвідка ведеться розвідувальними, аеромобільними, механізованими та танковими підрозділами з метою визначення відомостей про противника, місцевість у районі майбутніх бойових дій і погоду, які необхідні для якісної підготовки і успішного ведення бою. Повітряна розвідка – один із видів військової розвідки. Ведеться частинами розвідувальної авіації, розвідувальними підрозділами авіаційних з'єднань, усіма екіпажами, що виконують бойові завдання, а також безпілотними літальними апаратами (літаки, автоматичні аеростати тощо) з метою одержання даних про противника (об'єктах, силах і засобах, місцевості тощо), необхідних для успішного ведення воєнних дій всіма видами Збройних сил і родами військ. Залежно від сил і засобів повітряна розвідка ведеться візуальним спостереженням, повітряним фотографуванням і за допомогою радіоелектронних засобів. Повітряна розвідка за допомогою радіоелектронних засобів поділяється на радіо-, радіотехнічну, радіолокаційну і телевізійну. Радіолокаційна розвідка ведеться розвідувальними радіолокаційними станціями, які знаходяться на озброєнні артилерійських частин, частин протиповітряної оборони та підрозділів військової розвідки. Вона заснована на використанні принципу відбиття електромагнітних хвиль від об'єкта, що опромінюється передавачем РЛС, і фіксації відбитого сигналу. Радіолокаційна розвідка ведеться за допомогою радіолокаційних станцій наземної артилерійської розвідки, переносних станцій наземної розвідки, артилерійських радіолокаційних станцій виявлення мінометів, за допомогою літакових РЛС, які дозволяють виявляти об'єкти, контрастні в радіолокаційному відношенні, одержувати фотознімки радіолокаційних зображень об'єктів і місцевості, розкривати заходи противника по радіолокаційному маскуванню тощо. Радіолокаційна розвідка добуває дані про наземні, надводні і повітряні цілі, визначає їх характер, склад та місцезнаходження [2, с.3-9]. У радіолокаційній розвідці застосовуються три групи радіолокаційних станцій: розвідки рухомих наземних і надводних цілей – відстань виявлення від декількох сотень метрів до 16...20 км, а надводних – до 30 км; станції розвідки повітряних цілей – відстань від 20 до 200 км; станції виявлення артилерії та реактивних систем залпового вогню – відстань від 10 до 20 км. Радіоелектронна розвідка є найважливішою частиною державної та воєнної розвідки різних країн і являє собою основний, а в багатьох випадках, єдиний спосіб добування розвідувальної інформації. За різними оцінками засобами РЕР добувається 80–90% первинної інформації. Радіоелектронна розвідка добуває розвідувальні дані шляхом виявлення, перехоплення, аналізу радіопередач і радіоелектронного випромінювання та визначення місцезнаходження працюючих радіо- і радіолокаційних станцій противника. Радіоелектронна розвідка порівняно з іншими видами розвідувальної діяльності має низку особливостей: діє без безпосереднього контакту з об'єктами розвідки; охоплює великі відстані та простір, межі яких визначаються особливостями поширення радіохвиль різних частот; може вестись безперервно в різний час року і доби та при будь-якій погоді, забезпечує високу достовірність інформації, оскільки вона виходить безпосередньо від противника, здатна отримувати велику кількість інформації різного характеру та змісту; забезпечує отримання інформації в найкоротші терміни, як правило в реальному масштабі часу; малоуразлива і в багатьох випадках недосяжна для противника; діє приховано; противник, зазвичай, не в змозі встановити факт ведення розвідки. Радіорозвідка ведеться постами радіоперехоплення і радіопеленгування, радіотехнічна розвідка – постами радіотехнічної розвідки. Артилерійська розвідка – вид забезпечення бойової діяльності ракетних військ і артилерії. Основне завдання артилерійської розвідки – добування і обробка даних, необхідних для підготовки ефективного вогню артилерії та ударів тактичних ракет. Є складовою частиною військової розвідки. Артилерійська розвідка ведеться в тісній взаємодії з розвідкою інших родів військ Сухопутних військ, Повітряних Сил, а на приморських напрямках і

Військово-Морських Сил. Завдання артилерійської розвідки: виявлення і визначення координат тактичних засобів зброї масового ураження та високоточної зброї противника, його артилерії, мінометів, танків, протитанкових засобів, пунктів управління, радіоелектронних засобів та інших важливих об'єктів (цілей) на позиціях, в районах зосередження і на марші; визначення місця розташування опорних пунктів, характеру їх оборонних споруд, загороджень і системи вогню; дорозвідка об'єктів (цілей), намічених для ураження ракетами і вогнем артилерії; розвідка місцевості і метеоумов в районах розгортання частин в бойовий порядок і маршрутів їх пересування. На артилерійську розвідку покладається також контроль за результатами ударів тактичних ракет, коректування вогню артилерії, спостереження за діями противника та своїх військ. Головні зусилля артилерійської розвідки зосереджуються на своєчасному виявленні і визначенні координат тактичних засобів зброї масового ураження та високоточної зброї противника та безперервному спостереженні за ними аж до їх знищення. Артилерійська розвідка організовується командирами і штабами РВ і А і ведеться розвідувальними підрозділами артилерії за допомогою оптичних, електронно-оптичних приладів, звукометричних, радіолокаційних та радіотехнічних станцій, а екіпажі розвідувально-корегувальних вертольотів ведуть повітряну розвідку. За сприятливих умов оптичні засоби артилерійських підрозділів дозволяють вести розвідку на глибину 5–7 км, а на відкритій місцевості до 10 км, електронно-оптичні засоби дозволяють вести розвідку вночі на дальність від декількох сотень метрів до 3 км та з мінімальними помилками визначають координати артилерійських систем, що стріляють, на дальності 8–25 км, залежно від їх потужності, а також від метеорологічних умов. Інженерна розвідка – вид розвідувального забезпечення військ, частина військової розвідки, що призначена для об'єднання даних про місцевість і її інженерне обладнання, про стан і можливості інженерних військ противника. Інженерна розвідка встановлює: характер і ступінь готовності інженерного обладнання позицій і районів, займаних противником, систему його загороджень, особливо ядерно-мінних; прохідність місцевості для військової техніки та транспортних засобів, стан доріг і мостів; місця і характер руйнувань, завалів, пожеж, затоплень та інших перешкод, що утворилися внаслідок ядерних вибухів, напрямки їх обходу; характер водних перешкод та умови їх форсування; місцезнаходження і стан джерел води, місцевих матеріалів, засобів та підприємств, які можуть бути використані для інженерного забезпечення; маскуючі і захисні властивості місцевості [3, с.11-15]. Інженерна розвідка організується фахівцями інженерної служби (інженерних військ), командирами і штабами інженерних частин (підрозділів) відповідно до вказівок командира. Ведеться підрозділами інженерних військ, що діють як самостійно, так і в складі розвідувальних органів родів військ. Для виконання завдань інженерної розвідки призначаються: інженерні спостережні пости, інженерні пости фотографування, інженерні розвідувальні дозори, інженерні розвідувальні групи. Інженерна розвідка ведеться спостереженням, пошуком, фотографуванням, засідками, а також шляхом вивчення військово-топографічного опису району бойових дій, опитування місцевих жителів, допиту полонених тощо. При веденні інженерної розвідки використовуються різноманітні технічні засоби: міношукачі, фотоапарати, прилади спостереження і дешифрування знімків тощо. Радіаційна, хімічна і бактеріологічна розвідка – вид розвідувального забезпечення військ, комплекс заходів радіаційного, хімічного і біологічного захисту, який організовується і проводиться для отримання даних про факт, масштаби, характер РХБ зараження. Ці дані використовуються для оцінки фактичної РХБ обстановки і визначення порядку і способів використання індивідуальних і колективних засобів захисту. Завданнями РХБ розвідки є: визначення наявності та меж районів радіоактивного, хімічного і біологічного (бактеріологічного) забруднення навколишнього середовища; визначення потужності доз випромінювання, типу отруйних, токсичних хімічних речовин та наявності біологічних засобів та їх концентрацій; виявлення напрямів (маршрутів, районів) із найменшими потужностями доз випромінювання; проведення відбору проб для специфічної індикації (ідентифікації) в лабораторіях військ РХБ захисту, медичної, ветеринарно-санітарної та інженерної служб. Вони виконуються частинами (підрозділами) наземної та повітряної РХБ розвідки, а також спеціально підготовленими відділеннями (розрахунками, екіпажами) підрозділів усіх родів військ, спеціальних військ і тилу. Підрозділи РХБ розвідки виконують свої завдання дозорами РХБ розвідки або постами РХБ спостереження в призначених районах, на маршрутах пересування військових частин, шляхах підвозу

і евакуації до моменту заняття (проходу) цих районів військами. Для ведення РХБ розвідки на маршрутах руху військ, шляхах підвезення і евакуації, військово-автомобільних дорогах залучаються комендантські пости регулювання руху. Повітряна РХБ розвідка місцевості ведеться авіаційними частинами (підрозділами) РХБ розвідки, а також вертольотами (літаками) з підготовленими для цих цілей льотними екіпажами. Їм призначаються райони і маршрути для ведення розвідки, аеродроми базування і посадочні майданчики РХБ спостереження у пунктах постійної дислокації чи районах тимчасового розміщення з'єднань, військових частин, установ організується і ведеться в рамках функціонування Єдиної системи виявлення та оцінки масштабів і наслідки застосування зброї масового ураження і аварій (руйнувань) на радіаційних, хімічно та біологічно небезпечних об'єктах. Метою РХБ спостереження є встановлення фактів радіаційного, хімічного і біологічного зараження, оповіщення штабів, військових частин і підрозділів про РХБ зараження і прийняття оперативних заходів захисту особового складу від впливу радіоактивних, отруйних, інших токсичних хімічних речовин і біологічних засобів. Для ведення РХБ спостереження обладнується стаціонарний пост радіаційного, хімічного і біологічного спостереження. Основні зусилля всіх видів розвідки зосереджують на головному напрямку для виконання найважливіших завдань та в першу чергу на своєчасному виявленні засобів масового ураження та високоточної зброї противника, його головного угруповання, виявленні бойових (похідних) порядків, артилерії, мінометів, резервів і пунктів управління. Знати замисел противника, розташування його засобів ураження й угруповання, відповідно реагувати – значить досягти успіху в бою. Жоден командир, яким би він не був талановитим, не здатний прийняти правильне рішення або ефективно застосувати вогневі засоби, якщо він не організує безперервну активну і цілеспрямовану розвідку й не отримує достовірні відомості про противника. Можна мати саму сучасну техніку, добре підготовлений особовий склад, мати перевагу над противником у силах і засобах, але якщо їх застосувати по порожньому місцю або другорядних об'єктах, то успіху не досягнеш, ворог залишиться не розгромленим. Щоб перемогти противника, потрібно точно знати: де він знаходиться, що робить, який характер його інженерних споруд і загороджень, які дії він має намір почати. Лише за таких умов можна правильно розрахувати де, чим і як його уражати. Ніколи в готовому вигляді всі ці дані ні командир, ні штаб не одержать: вони накопичуються в результаті кропіткого вивчення усіх, часом самих незначних фактів. Тільки ретельний аналіз даних розвідки в період підготовки до бою й у ході його ведення може забезпечити його успіх. Отже, уміння командирів підрозділів, частин і штабів організувати і вести розвідку буде багато в чому сприяти швидкій і доцільній організації бою й успішному веденню бойових дій [4, с.17-21]. Успішна розвідувальна діяльність військ значною мірою залежить від виконання ряду вимог сучасного бою до розвідки. До основних з них відносяться безперервність, активність, цілеспрямованість, своєчасність, достовірність розвідувальних даних, що добуваються, а також точність визначення координат об'єктів. Вимоги сучасного бою до військової розвідки це: безперервність; активність; цілеспрямованість; своєчасність; достовірність; прихованість; оперативність; точність визначення координат. Безперервність полягає в тому, що розвідка повинна вестися безупинно в будь-який час року і доби, у будь-яку погоду, у будь-яких умовах обстановки й у всіх видах бойової діяльності військ, аж до повного розгрому противника. Досвід локальних війн та збройних конфліктів сучасності, антитерористичної операції на сході України свідчить, що за інших рівних умов успіху в розвідці, як і в загальновійськовому бою, досягає той, хто діє більш активно і рішуче. Тому необхідно наполегливо намагатися всіма способами і засобами добувати розвідувальні відомості. Це однаковою мірою відноситься як до командирів і штабів, що організують розвідку, так і до підрозділів (органів) розвідки, що її ведуть. Активність розвідки досягається умілим використанням різних сил і засобів розвідки, широким проявом ініціативи, рішучими і зухвалими діями підрозділів, висланих у розвідку. Розвідку потрібно організувати і вести не тільки безупинно й активно, але й цілеспрямовано, тобто зусилля сил і засобів розвідки необхідно не розпиляти, а зосереджувати на головному напрямку і на виявленні найважливіших об'єктів. Діяльність розвідувальних органів усіх ступенів повинна бути спрямована на те, щоб вчасно забезпечити командира точними розвідувальними даними, дійсно необхідними для виконання поставленого завдання в той чи інший період бою. Своєчасність і оперативність є одним з найважливіших вимог до розвідки вона полягає у добуванні необхідних розвідувальних відомостей до

встановленого терміну, для того щоб командири мали можливість передбачати характер майбутніх дій противника, вчасно приймати (уточнювати) рішення й ефективно застосовувати вогневі засоби. Самі цінні відомості виявляться марними, якщо командир одержить їх надто пізно. Прихованість розвідки полягає в суворому збереженні у таємниці всіх заходів щодо організації і ведення розвідки. Однак забезпечення прихованості не повинно позначатися на повноті доведення розвідувальних даних до виконавців. Достовірність розвідувальних даних і точність визначення координат об'єктів (цілей). Дуже важливий якісний показник розвідки – достовірність. Лише на достовірних даних, отриманих розвідкою від різних джерел, може бути засноване правильне рішення, що приводить до успіху в бою. Для ефективного використання наявних засобів ураження необхідно мати точні дані про координати об'єктів противника на всю глибину досяжності цих засобів. Без наявності таких даних вогневі удари будуть завдаватися по порожніх місцях [5, с. 25-31].

**Висновок.** Таким чином, поява нових засобів збройної боротьби і зміна характеру ведення бойових дій висувають підвищені вимоги дорозвідки, ускладнюють умови її ведення і викликають необхідність залучати для рішення задач розвідки значну кількість різноманітних видів, сил і засобів розвідки. Правильне визначення і розуміння мети, завдань і об'єктів розвідки закладає успіх всієї розвідувальної діяльності з'єднання. Вони визначаються, виходячи із змісту бойового завдання і умов обстановки. Мета розвідки – це кінцевий результат, якого слід досягнути діями всіх сил і засобів розвідки щодо забезпечення виконання бойового завдання. Вона залежить від мети бою і замислу командира на бій. Мета розвідки при підготовці і веденні бою полягає у тому, щоб добути необхідні розвідувальні дані, які дозволяли б досягнути кінцевого результату. Для досягнення мети розвідки сили і засоби розвідки з'єднання (частини) повинні вирішити ряд складних завдань і добути достовірні дані, які дозволяють досягти перемоги у бою. Як відомо, сутність загальновійськового бою складають вогонь, удар і маневр військ двох сторін – противника і наших військ. По-перше, розвідка повинна виключити раптовість вогню, удару і маневру з боку противника, тобто виключити такі дії противника, до яких війська не підготувались, і які можуть зірвати виконання бойового завдання. Раптовість може виникнути тоді, коли ми не знаємо де противник знаходиться, які має сили, які дії він може здійснити за часом і місцем. Раптовим може бути застосування нових бойових засобів або тактичних прийомів, які не використовувалися у локальних війнах та збройних конфліктах останнього часу. З цього витікає головне завдання розвідки у будь-якому виді бою – встановити склад, положення, стан (боездатність) і, особливо, можливий характер дій угруповання противника: напрямки (райони) зосередження основних зусиль, можливі бойові порядки, час початку, послідовність і способи дій. Друге найважливіше завдання розвідки виходить з того, що у сучасному бою ефективність вогню, удару і маневру військ залежить від безперервності і швидкодії функціонування системи управління військами і зброєю, а також системи розвідки і радіоелектронної боротьби. Тому розвідка повинна здобути дані про наявність, місцеположення і порядок функціонування пунктів управління, вузлів зв'язку, складових системи наведення та навігації Військово-Повітряних Сил, наземних і повітряних елементів системи розвідки і радіоелектронної боротьби.

### Список використаних джерел

1. *Бойовий статут Сухопутних військ Збройних Сил України. Частина II (батальйон, рота).* – К.: Паливода А. В., 2015. – 368 с.
2. *Бойовий статут Сухопутних військ Збройних Сил України. Частина III (взвод, відділення, екіпаж танка).* – К.: Паливода А. В., 2015.
3. *Пічугін М. Ф., Єрмаков В. О., Черняєв С. І. Розвідувальна підготовка. Частина I. Основи військової розвідки. Навч. посібн. – Ж: ЖВІРЕ, 2006. – 120 с.*
4. *Єрмаков В. О., Черняєв С. І., Вінник В. І. Розвідувальна підготовка. Частина II. Основи організації і ведення розвідки підрозділами. Навч. посібн. – Ж: ЖВІ НАУ, 2010. – 116 с.*
5. *Зайцев Д.В., Наконечний А.П., Пахарев С.О., Луценко І.О.; Військова розвідка: Навчальний посібник – К. Видавничо-поліграфічний центр “Київський університет”, 2016. – 335 с*

**Науковий керівник:** Шаршаткін Д. Ю.

**Рецензент:** Маміч В.В., к.т.н., доцент, Військова академія (м. Одеса), Україна.



УДК 621.396.969.32

Донченко Д.Є., курсант  
Військова академія (м. Одеса), Україна

## ПЕРВИННА КОНЦЕПЦІЯ ВИЯВЛЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ПРОТИВНИКА ДАТЧИКАМИ РІЗНОЇ ФІЗИЧНОЇ ДІЇ

У роботі проведений аналіз існуючих систем розвідки з використанням різних фізичних принципів, а також визначаються перспективні світові тенденції створення та розвитку новітніх розвідувально-інформаційних систем (РІС). Пропонується підхід до розвитку РІС у нетрадиційному для даної області напрямку, яке ґрунтується на комплексному використанні розосереджених джерел інформації різної фізичної дії із застосуванням системи штучного інтелекту (СШІ) для ідентифікації об'єктів за аналізом інтегрованої інформації.

**Ключові слова:** пошуковий модуль, оптоелектронні датчики, акустичні датчики, сейсмічні датчики, сейсмоакустична система розвідки, інтегрована розвідувально-інформаційна система.

**Постановка проблеми.** В практиці провідних армій світу спостерігається швидкий розвиток РІС: радіотехнічних, радіолокаційних, оптичних, сейсмічних, акустичних, сейсмоакустичних та оптико-електронних і т.п.. На сьогоднішній день кожна з них в окремоті має свої обмеження та недоліки. Можна очікувати значного прогресу у розвитку РІС за умовою інтегрування в них розосереджених джерел інформації різної фізичної природи із застосуванням СШІ для ідентифікації об'єктів. Таким чином, дана проблема є актуальною.

**Мета статті:** на основі наукових досліджень зробити висновки про найбільш вагомні фізичні фактори (параметри) що впливають на виявлення техніки противника на пересічній місцевості та запропонувати загальну первинну концепцію їх найбільш оптимального використання в задачах технічної військової розвідки.

**Виклад основного матеріалу.** Проведений аналіз різномірних систем розвідки дозволяє виділити сейсмоакустичні системи (САС), як найбільш ефективні для вирішення задач по виявленню та пеленгації позицій стріляючої артилерії та задачі визначення факту порушення периметру зони спостереження з подальшою ідентифікацією виду та приналежності порушника в процесі ведення військової технічної розвідки. Дане твердження базується на тому, що сейсмоакустичні системи відрізняються наступними перевагами:

1. САС забезпечують стійке автоматичне функціонування: в складних метеоумовах і поганій оптичній видимості (дощ, сніг, туман, задимленість, запиленість, ніч тощо); в напрямках на джерела яскравого світла (сонце); в умовах порізаного складного рельєфу місцевості (пагорби, гірські перевали, ущелини, русла річок та інше);

2. САС мають повну скритність, так як не випромінюють сигналів, що виключає їх завчасне виявлення. Найважливішою якістю цих систем є збереження працездатності в умовах сучасного радіоелектронного придушення.

3. САС мають малі габарити, низьке енергоспоживання і у порівнянні з іншими розвідувальними системами (радіолокаційними, оптико-електронними та ін.), відрізняються високим показником «ефективність – вартість».

Таким чином, для вирішення поставлених завдань розвідки, поставлених перед собою авторами, пропонується створити інтегровану пасивну (невипромінюючу) систему контролю зони спостереження з використанням телеметрії від сукупності сейсмо-акустичних та оптико-електронних датчиків, засобів зв'язку, обчислювальних і програмних засобів, засобів управління і індикації, призначених для визначення і ідентифікації об'єктів, накопичення, обробки інформації, та її

відображення у вигляді кінцевого результату ідентифікації. Використання, щонайменше, трьох, різних за фізичною природою, інформаційних потоків значно зменшує похибку при визначенні координат цілі, її властивостей та ідентифікації. Функціонування такої системи дозволить підвищити живучість, а отже, і ефективність застосування своїх військ, військової техніки і озброєння – противнику для виключення можливого впливу на нього буде потрібно нейтралізувати безліч елементів інтегрованої системи розвідки, що практично не піддається реалізації. Навпаки, використання ресурсів інтегрованої системи розвідки дає суттєву основу для розробки нових способів застосування як озброєння, так і підрозділів. Таким чином, розвиток сучасних технологій, засобів обробки інформації дозволяють зробити ще принципово новий крок у вдосконаленні практики застосування систем озброєння, зокрема виробити нові концептуальні підходи щодо створення єдиної інформаційної розвідувальної системи за новітньою і високоефективною технологією.

Сучасні бойові РІС, як правило, мають значний ресурс потужності та широкий спектр застосування, можуть використовувати пошук цілей різного типу пошуковими модулями (ПМ), підвищуючи ефективність виявлення. Такі пошукові модулі можливо приховано розташувати в зоні спостереження через їх встановлення за допомогою БПЛА. Але ще й сьогодні їм властиві певні недоліки, перше всього, через невикористання всіх можливих фізичних сигналів від цілі. Тому основною задачею являється розробка нової РІС, котра могла б ліквідувати такий принциповий недолік. Слід відзначити, що автор даної статті в ході бойових дій безпосередньо випробував недоліки існуючих систем технічної розвідки і приймав особисту участь в поправленні пов'язаної з цим кризової ситуації – саме це дало йому бажання для виконання однойменної зі статтею наукової роботи.

Як відомо з практики пеленгації, виявляти просторові характеристики цілі можливо за допомогою щонайменше двох ПМ що знаходяться на певній відстані один від одного.

Головною причиною виникнення кризових бойових ситуацій є недостатня достовірність ідентифікації об'єктів в умовах застосування засобів електронної боротьби з РІС. Тому концептуальний прототип РІС має бути оснащений датчиками різного фізичного принципу дії (такими ми, через відомий досвід вітчизняної та зарубіжної інформації, вважаємо ПМ на основі певного сполучення сейсмоакустичних та оптоелектронних датчиків.

Для застосування типу датчиків описаного вище необхідна нова платформа управління на базі інтегрованої операційної системи, котра б змогла аналізувати та виявляти різного роду об'єкти противника. Тому є потрібною зміна самого способу виявлення даних об'єктів, який використовується в техніці РІС

За основу розробки концептуального прототипу РІС слід взяти принципи, які були успішно випробувані на зчленованих РІС. Тому пропонується, зі збереженням іншої компоновки РІС, встановити додаткові датчики (сейсмоакустичні, оптоелектронні, актенметричні, балометричні тощо), кожен з яких має двосторонню взаємодію з централізованою системою автоматичного керування (ЦСАК) РІС.

В результаті аналізу досвіду бойового застосування сучасних розвідувально-сигналізаційних приладів (РСП), ми мали можливість розглянути можливі шляхи підвищення ефективності їх роботи.

Головна ідея автора полягає в інтеграції та аналізі даних, що отримуються та ідентифікуються від різних типів РСП, але характеризують і вивчають один об'єкт спостереження, в цілях отримання єдиної комплексної картини про нього. Автор пропонує створити інтегровану РІС (рис.1.) з комплексним застосуванням в ПМ датчиків різних фізичних (фізико-хімічних) параметрів зони спостереження, аргументуючи це тим, що кожен окремий пристрій може страждати недостатньою спроможністю і точністю що до повної ідентифікації предмета або об'єкта спостереження. А от застосування різних фізичних джерел інформації може принципово підвищити ефективність виявлення та ідентифікації об'єктів противника.

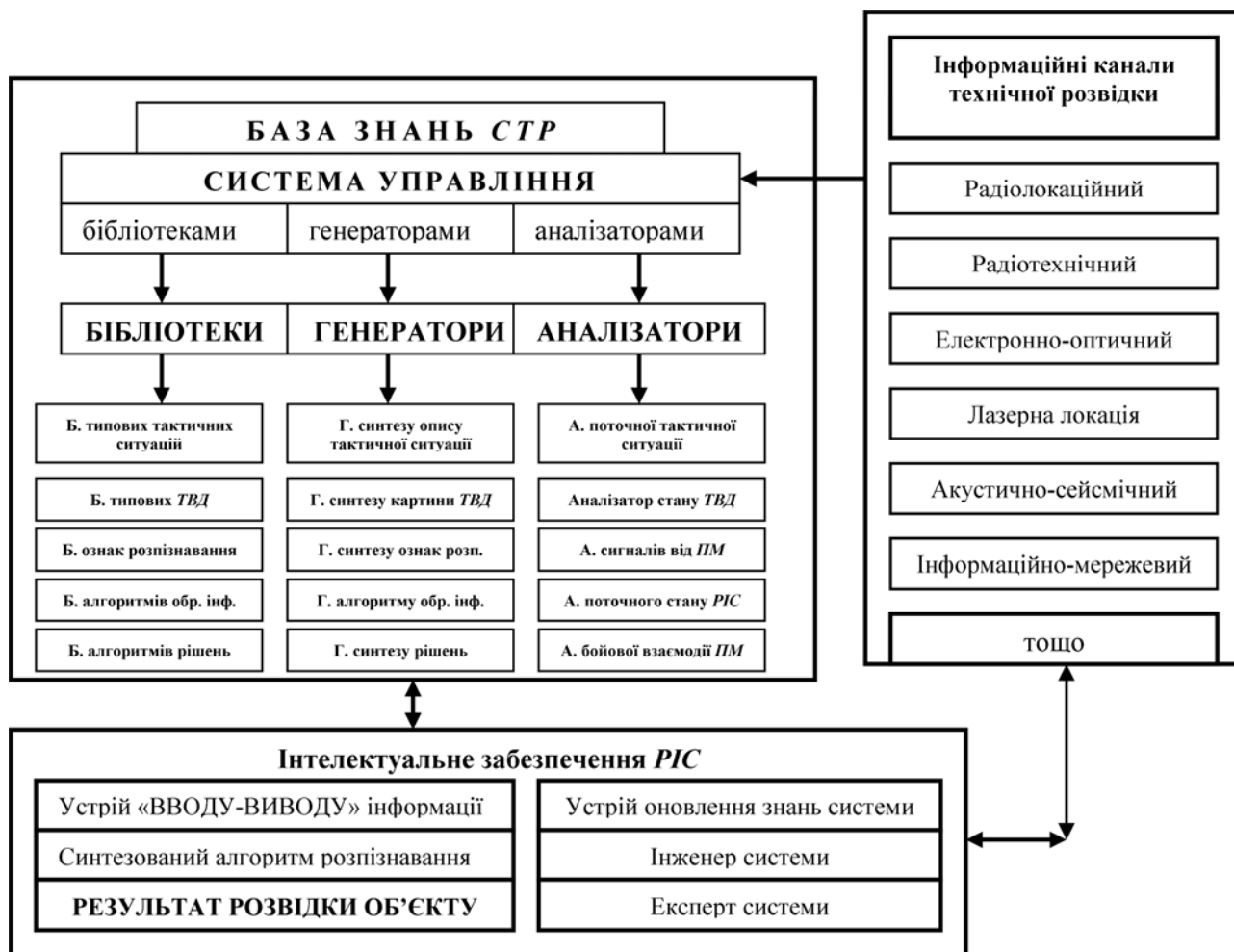


Рис.1. Модель інтегрованої PIC (пунктиром позначені зони спостереження окремих ПМ).

Для наочності, наведемо приклад такої можливої ситуації. Радіолокаційними засобами визначено просторове положення цілі (наприклад, ціль наземна, одиночна, знаходиться на відстані 15 кілометрів, періодично рухається з максимальною швидкістю 30 км/год, азимутальний кут цілі 60°). Непогана інформація, але явно недостатня за вимогами сьогоденних бойових дій. Якщо в PIC діють також ПМ з множиною датчиків різних фізичних впливів від цілі, то можна дістати додаткові данні (ціль уявляє собою танк Т-72 БМ, двигун прогрітий неповністю, паливом виступає суміш дизельного палива марки ДДЛ та бензину А-66, з чого можна зробити висновок, що противник випробує складнощі із забезпеченням паливом, танк супроводжується піхотою в складі роти).

Для реалізації подібного задуму авторами пропонується створення PIC із сукупністю сумісно функціонуючих, просторово розподілених, прихованих ПМ, засобів зв'язку (телекомунікації), обчислювальних та програмних засобів, засобів управління та індикації, що призначені для отримання інформації про різноманітні фізичні (фізико-хімічні) характеристики об'єкту спостереження, її експертний аналіз, генерації кінцевого результату ідентифікації (зокрема виду «свій-чужий») і безперервного накопичення (створення електронного документу про весь період технічної розвідки). Безумовно це має сприяти розв'язанню складних оборонних, охоронних та наступальних тактичних задач. На рис.2 показаний первинний проект системи керування PIC.

Важливу роль в PIC відіграють інформаційні датчики, ТТХ яких визначають можливості її вискоєфективного функціонування. До основних датчиків, що забезпечують отримання інформації про оточуюче середовище та окремо взятих об'єктів, можуть належати: датчики, що сприймають інформацію в різних діапазонах довжин хвиль електромагнітного випромінювання; оптичні датчики, датчики інфрачервоного випромінювання, тензодатчики, радіометричні датчики; магнітометричні датчики; сейсмічні датчики; акустичні і гідроакустичні датчики; газоаналізатори; системи активної та пасивної радіолокації тощо.

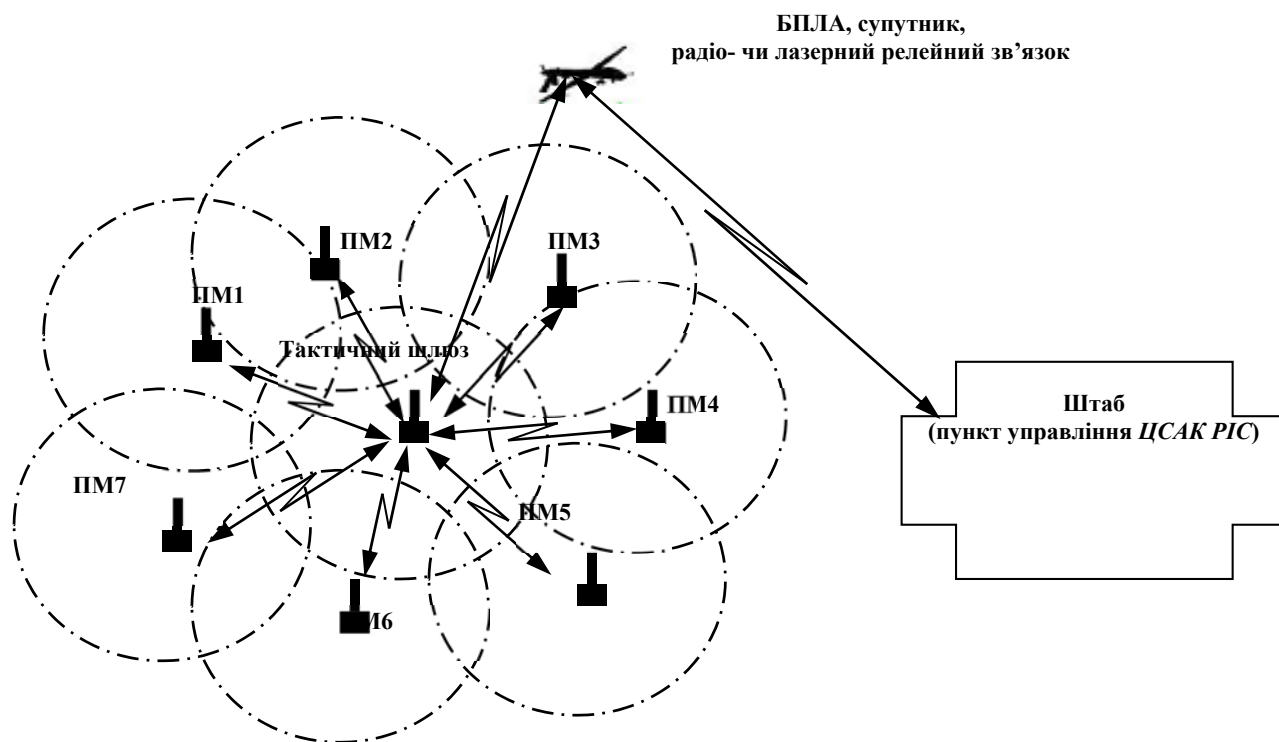


Рис. 2. Первинний проект системи керування РІС

Найбільш широке використання для моніторингу зони спостереження та отримання достовірної інформації про ціль знаходять радіолокаційні та оптоелектронні датчики (ОЕД).

В залежності від діапазону довжини хвиль (ультрафіолетовий, видимий та інфрачервоної області) ОЕД має різні інформаційні можливості при розв'язанні задач моніторингу навколишнього простору [1-3]. При цьому перевагами датчиків НВЧ-діапазону (радіолокаційних датчиків) є можливість застосування при різних погодних умовах та незалежність від освітлення ділянки поверхні, що досліджується, а також значно більша дальність дії радіолокаційних засобів у порівнянні з оптикоелектронними засобами, а тому вони виходять на перше місце [4].

Інша ситуація може складатися з отриманням відомостей про стан об'єктів або процесів на великій території при обмеженій дальності дії ПМ. В цьому випадку доводиться об'єднувати інформацію, що поступає від просторово рознесених ПМ, сукупна зона огляду яких забезпечує покриття усієї площі території, що контролюється [5]. Найбільш складним є поєднання датчиків в системах геопросторової розвідки (*Geospatial Intelligence Systems – GIS*), що представляють важливий інструмент ведення бойових дій [6].

З урахуванням сказаного вище, і розуміючи, що створення навіть прототипу концептуальної РІС потребує значних матеріальних вкладень і виробничих зусиль, автор пропонує звернути увагу науково-дослідницьких інститутів Збройних Сил на розробку інтелектуальної системи обробки даних, що надходять одразу від різних технічних засобів розвідки. Сучасний рівень розвитку інформаційних датчиків різного фізичного принципу дії і існуюче алгоритмічне забезпечення по об'єднанню інформаційних потоків дозволяють створити інтегровану РІС, яка буде володіти найбільшими можливостями для вирішення різноманітних завдань технічної розвідки військового призначення

Таким чином, логічно запропонувати створення принципово нового комплексу РІС що дасть значний відрив від конкурентів сьогодні і в перспективі на десятки років уперед.

Наступні опції дозволять вивести комплекс на принципово новий рівень ефективності:

- значно підвищений рівень захисту від радіоелектронної протидії противника;
- можливість дистанційного встановлення з безпілотних літальних комплексів різних типів;
- можливість розгортання мінімально навченим особовим складом;
- можливість модульної компоновки комплексу з підключенням різних датчиків;
- можливість перепрограмування комплексу.

Дистанційне встановлення комплексу ПМ з БПЛА дасть змогу вести розвідку за вузлами комунікацій, дорогами та віддаленими районами при максимальній безпеці особового складу розвідгруп щодо ризику виявлення та знищення в ході розвідки.

Встановлення ПМ максимально простим (ручним) способом дозволить використовувати подібні засоби навіть в невідготовлених підрозділах і в складних умовах.

Модульна компоновка ПМ дозволить використовувати датчики різних типів для різних задач, що дозволить досягти максимальної ефективності з економною витратою матеріальних ресурсів.

Переграмування дозволить з часом проводити модернізацію наявних засобів з набуттям ними нових властивостей, завдяки зміні програмного забезпечення.

Пошукові модулі, з використанням сучасних радіоелектронних технологій можуть мати зовсім невеликі розміри (за подобою сучасного смартфона) і замасковані під вигляд звичайного каміння, шматка гілки дерева, тощо. При виявленні противником такий модуль може самоліквідуватися і виконати роль звичайної протипіхотної міни.

**Висновок.** На основі інформаційного аналізу виявлені основні фактори, що впливають на роботу та ефективність РІС.

Показано що для збільшення ефективності прототипу концептуальної РІС конструкція ПМ має включати щонайменше декілька типів датчиків, котрі мають взаємодіяти за допомогою інтегрованої системи контролю і одержання інформації.

Встановлено що існуючі зразки засобів розвідувально-сигналізаційної розвідки, котрі стоять на озброєнні ЗСУ, мають непогані показники виявлення, але є непридатними для бойового застосування через свою громіздкість і порушення принципу найбільш щільного компонування даної техніки. Також вони мають недостатній спектр застосування.

Показано, що суттєвого збільшення ефективності та радіусу дії можна досягти через використання принципу просторового розподілення ПМ з використанням різноманітних датчиків різного фізичного принципу дії.

Запропонована первинна концепція на конструювання інтегрованої РІС з принципним підвищенням ефективності та ідентифікації об'єктів противника, до основи якої покладено принцип об'єднання різного типу датчиків, кожний з яких керується централізованою системою автоматичного керування, відповідно поточним задачам тактичної розвідки.

Результатом практичного впровадження первинної концепції може бути суттєве покращення ефективності та виявлення противника не тільки в критичних ситуаціях але і охороні границь нашої держави, що може дати Збройним Силам помітні тактичні і стратегічні переваги над противником.

### Список використаних джерел

1. Кондрат В.В., Костенко О.І., Корнієнко О.В. Аналіз оптико-електронних засобів розвідки та напрямки їх удосконалення з метою підвищення ефективності. Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил, 2018, 2(56)

2. Меньшаков Ю.К. Виды и средства иностранных технических разведок, учебное пособие, -М.: изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана, 2009.-656с.:ил.

3. Максименков А. Современные наземные средства радиотехнической разведки иностранных госу- дарств // ЗВО. 2013. № 6. С. 51–57.

4. Довідник учасника АТО: озброєння і військова тех- ніка збройних сил Російської Федерації / [Алімпієв А. М., Певцов Г. В., Гриб Д. А. та ін.]; за заг. ред. А. М. Алімпієва. Х.: ХКВ «Оригінал», 2015. 732 с.

5. Специальный технологический центр. URL: [www.stc-spb.ru](http://www.stc-spb.ru).

6. АО «Воронежское центральное конструкторское бюро «Полюс». URL: [www.vckb.ru](http://www.vckb.ru).

**Науковий керівник:** Німич А.В.

**Рецензент:** Маміч В.В., к.т.н., доц., Військова академія (м. Одеса), Україна.

УДК 355. 211

Морченко Д.М., курсант  
Військова академія (м. Одеса), Україна

## АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ З РОЗМІНУВАННЯ ТЕРИТОРІЙ ВІД ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ПРЕДМЕТІВ

*В роботі проведено загальний аналіз вибухових речовин, розкриті поняття вибуху та вибухових характеристик, дана класифікація вибухових речовин, їх основні властивості, призначення та характеристики. Розкриті особливості знешкодження сучасних вибухових пристроїв при розмінуванні територій та організація виконання робіт з розмінування місцевості.*

**Ключові слова:** вибухова речовина, основні властивості, розмінування місцевості, саморобний вибуховий пристрій, класифікація вибухів.

**Постановка проблеми.** На сьогодні внаслідок проблеми мінної небезпеки критично зросла загроза життю громадян та провадження господарської діяльності на території держави. Значна частина території Донецької та Луганської областей в районі проведення Операції об'єднаних сил (ООС), у зв'язку зі збройною агресією Російської Федерації проти України, опинилася забрудненою значною кількістю вибухонебезпечних предметів. В результаті чого на Сході України значно почастишали випадки травмування та загибелі як мирного населення, так і військовослужбовців Збройних Сил України та інших військових формувань. За оцінками Офісу ООН з координації гуманітарних питань, оприлюдненими в листопаді 2019 року, тільки уздовж лінії розмежування в зоні ООС «забруднена» мінами територія охоплює площу близько 500 кв. км. Поки що в зоні ООС проводиться несистемне виявлення забрудненої мінно-вибуховими пристроями місцевості і її розмінування, переважно вздовж лінії розмежування і на окремих об'єктах забезпечення життєдіяльності населення.

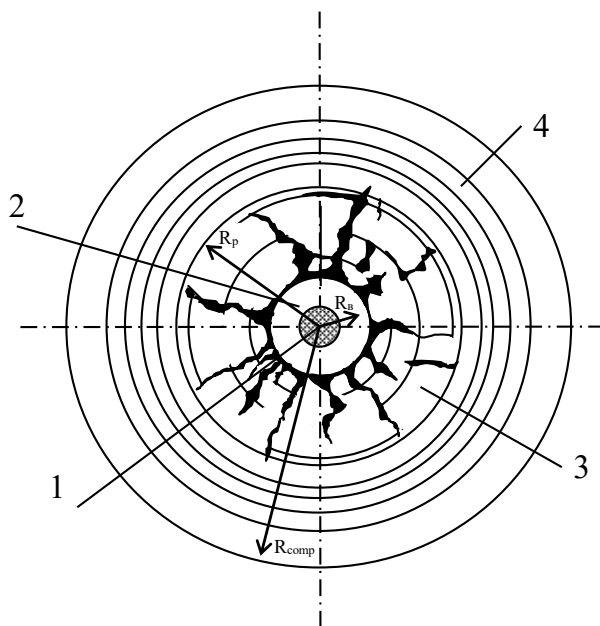
**Мета статті:** надати знання про поняття вибуху, вибухові характеристики, загальні відомості про вибухові речовини, класифікації вибухових речовин, їх основні властивості, призначення та особливості знешкодження сучасних вибухових пристроїв при розмінуванні територій. В сучасних умовах визначальне значення має реалізації бойових можливостей підрозділів Збройних сил України при виконанні ними бойових завдань по розмінуванню місцевості, виникають проблемні питання в подоланні як штатних мінних полів так і знешкодження саморобних вибухових пристроїв.

**Виклад основного матеріалу.** Вибух – процес швидкої хімічної зміни вибухової речовини із твердого (рідкого) стану в газоподібний, що супроводжується перетворенням його потенційної енергії в механічну роботу. При вибуху, як правило, відбувається реакція з'єднання кисню з горючими елементами вибухової речовини (воднем, вуглецем, сіркою й ін.). Фактори, які супроводжують вибух, це практично миттєве перетворення з виділенням великої кількості тепла та утворення великої кількості газоподібних продуктів. При відсутності хоча б одного з приведених факторів вибух не станеться. Вибух може бути викликаний (ініційований) механічним впливом, ударом, наколом, тертям, тепловим (електричним) впливом нагрівом, іскрою, променем полум'я, енергією вибуху іншої вибухової речовини, чутливого до теплового або механічного впливу (вибухом капсуля-детонатора), хімічним впливом (хімічна реакція взаємодії будь якої речовини з ВР). Залежно від хімічного складу вибухових речовин і умов вибуху (сили зовнішнього впливу, тиску й температури, кількості й густини речовини й т.п.) вибухові перетворення можуть відбуватися у двох основних формах, що суттєво різняться по швидкості горіння та вибух (детонація). Горіння – процес перетворення вибухової речовини, що протікає зі швидкістю декількох метрів у секунду, що й супроводжується швидким наростанням тиску газів; у результаті його відбувається метання або розкидання навколишніх тіл.

Прикладом горіння вибухової речовини є горіння пороху при пострілі [1, с. 5-9]. Швидкість горіння пороху прямо пропорційна тиску. На відкритім повітрі швидкість горіння бездимного пороху рівна близько 1 мм/сек, а в каналі ствола при пострілі, внаслідок підвищення тиску, швидкість горіння пороху збільшується й досягає декількох метрів у секунду. Детонація – випадок, коли вибух протікає з максимально можливою в даних умовах швидкістю. Більшість вибухових речовин здатна в певних умовах детонувати. Прикладом детонації вибухової речовини є детонація тротилового заряду й розрив снаряда. Таким чином, як і при горінні, реакція, почавшись на поверхні шашки, пошириться по ній послідовно, доки не прореагує вся вибухова речовина. Основна якісна відмінність вибуху від горіння полягає в тому, що при вибуху розігрів, що викликає реакцію, передається не теплопровідністю, а стиском. Передача енергії стиском, або, як називають цей процес, ударною хвилею, відбувається незрівнянно швидше, ніж теплопровідністю, із швидкістю, що досягає декількох кілометрів в секунду (для тротилу біля 7 км/сек), а чим більше швидкість поширення вибуху, тим сильніше і більш різкий удар, який проводиться газами вибуху, тим дія вибуху, що дробить, більше [2, с. 7 – 11].

Під час вибуху навколишнє середовище насамперед відчуває динамічний тиск – удар, що виникає в результаті утворення великої кількості газів при досить швидкому переході вибухової речовини з одного стану в інший. Цей удар викликає ударну хвилю, що поширюється в усі боки і оказує дроблячу дію на середовище. Слідом за ударною хвилею навколишнє середовище піддається дії тиску газів вибуху, що створює поступальний рух часток середовища, що відокремлюються під дією сколюючих і роздавлюючих напруг.

Під дією ударної хвилі і тиску газів вибуху в оточуючому заряд середовищі виникають великі напруги. Ці напруги зменшуються в міру віддалення від зарядної камери (рис. 1).



1 – заряд; 2 – зона витискання; 3 – зона руйнації; 4 – зона небезпечного струсу.

**Рис. 1 – Схема механічного впливу вибуху у необмеженому середовищі.**

У пластичних породах середовище в зоні найбільших напруг ущільнюється, а в скельних, крім того, здрибнюється. Зона витискання – сферична зона, у межах якої середовище ущільнюється або здрибнюється.

Зона руйнації – сфера яка оточує зону витискання, у межах якої напруги значно менші ніж у зоні витискання, але достатні для руйнації матеріалу середовища: вона розпадається на окремі шматки – розпушується. За межами зони руйнації вибух викликає в середовищі тільки коливання. Зона небезпечного струсу – сферична зона, у межах якої відбувається коливання середовища. Вибухові речовини служать джерелом енергії, необхідної для виконання різних підривних робіт.

Вибухові речовини прийнято характеризувати мінімальною кількістю енергії, яку необхідно затратити для того, щоб збудити процес вибухового перетворення. Енергія (теплота) вибухового перетворення ВР – це кількість тепла, яка виділяється при вибуху 1кг ВР. Енергія вибухового перетворення, звичайно виражається в ккал/кг, розраховується теоретично на основі реакцій вибухового перетворення ВР або визначається дослідним шляхом.

Швидкість детонації – це швидкість поширення детонаційної хвилі по заряду вибухової речовини. Швидкість детонації визначається складом і станом заряду, умовами проведення вибухів. При однакових умовах швидкість детонації постійна і її значення – максимально можливе при цих умовах. Така властивість робить швидкість детонації однією з найважливіших характеристик вибухових речовин.

Таблиця 1

### Класифікація вибухових речовин

| Ініціюючі:                                    | Бризантні:   | Метальні (пороха й піротехнічні состави): |
|---|--|---|
| – гримуча ртуть;<br>– азид свинцю;<br>– ТНРС. | - Підвищеної потужності:<br>1) ТЕН;<br>2) гексоген;<br>3) тетрил;<br>4) ТГА.<br>– Нормальної потужності:<br>1) пікринова кислота;<br>2) тротил;<br>3) пластичні ВР.<br>- Пониженої потужності:<br>1) амоніте;<br>2) денамоне;<br>3) амонале. | – димний та бездимний порох.              |

За міжнародними стандартами протимінну діяльність складають п'ять груп заходів, що взаємно доповнюють одна одну: інформування про мінну небезпеку та небезпеку вибухових залишків війни (ВЗВ); гуманітарне розмінування, тобто, обстеження мін і ВЗВ, укладання мап, маркування і розмінування; допомога постраждалим, включаючи реабілітацію та реінтеграцію; знищення запасів вибухових речовин і боєприпасів; інформаційно-пропагандистська діяльність проти використання протипіхотних мін [3, с. 17 -19].

Міжнародні стандарти протимінної діяльності (МСПМД) публікуються Службою Організації Об'єднаних Націй з питань протимінної діяльності (ЮНМАС) з жовтня 2001 року і не рідше, ніж раз на три роки для відображення змін, які мають місце у нормах і практиці протимінної діяльності, а також для введення цих змін до міжнародних правил і вимог.

На необхідності дотримання вказаних стандартів наголошено у Протоколі про вибухонебезпечні предмети – наслідки війни, ратифікованому Законом України від 22 грудня 2004 року N 2281-IV (далі – Протокол). У зазначеному документі є декілька посилань на вищенаведені МСПМД, які Високі Договірні Сторони мають дотримуватись під час знешкодження, видалення чи знищення вибухонебезпечних предметів; наданні допомоги у вирішенні проблем, заподіяними існуючими вибухонебезпечними предметами – наслідками війни; програмах оповіщень та просвітницької роботи серед цивільного населення з попередження про небезпеку, зумовлювану вибухонебезпечними предметами (див. Відповідно п. 4 статті 3, пункт 2 статті 7, п. «с» статті 2 Технічного додатка до Протоколу про вибухонебезпечні предмети – наслідки війни).

Таким чином, необхідність дотримання вищевказаних міжнародних стандартів з питань протимінної діяльності закріплена у документі, який після його ратифікації вже є частиною українського національного законодавства. Відповідно до вказаних міжнародних стандартів та усталеного досвіду інших країн головна відповідальність щодо протимінної діяльності покладається на Національний орган з питань протимінної діяльності (далі – НОПМД). Саме НОПМД доручається



регулювати, керувати та координувати національні програми з протимінної діяльності. Він має нести повну відповідальність за виконання всіх фаз та положень програми з протимінної діяльності в межах національних кордонів, включаючи розробку національних стандартів протимінної діяльності та інструкцій. Також НОПМД несе відповідальність за розробку та підтримку національних стандартів, правил та процедур щодо управління операціями у сфері протимінної діяльності. Також для здійснення протимінної діяльності в сучасних умовах, як вже вказувалось вище, Україні знадобиться і фінансова допомога міжнародних інституцій і донорів, яка, як свідчить міжнародний досвід, буде виділятися не НОПМД, який фактично є військовим відомством, а НОПМД, який є міжвідомчим органом державної влади підзвітним Кабінету Міністрів України, статус якого буде чітко визначений спеціальним законом [4, с. 4 – 8].

Тому, для дотримання міжнародних стандартів здійснення протимінної діяльності і, зокрема, гуманітарного розмінування, необхідно створення окремого Національного органу з питань протимінної діяльності (НОПМД), на який має покладатись функції щодо координації зусиль різних відомств та неурядових організацій і органів місцевого самоврядування, запровадження єдиних стандартів, методики розмінування, визначення порядку акредитації та сертифікації міжнародних організацій і операторів з розмінування, а також оперативного реагування на виклики щодо мінних загроз на території України.

На виконання завдань із розмінування територій впливають зовнішні та внутрішні фактори.

Першим із основних зовнішніх факторів, що впливає на ефективність заходів з розмінування, є спосіб застосування боєприпасів і мін. Так тактика застосування мін підрозділами незаконних збройних формувань (НЗФ) на Сході України має чіткий системний характер у різних місцях, що свідчить про функціонування єдиного підрозділу, в якому проходять підготовку представники НЗФ з мінування місцевості. Авіаційні, артилерійські й інженерні боєприпаси, що застосовувалися ними в нестандартному виконанні (у вигляді мін-пасток, керованих фугасів, саморобних вибухових пристроїв тощо) не тільки складні при ідентифікації, а також небезпечні при розмінуванні

Другим зовнішнім фактором, що ускладнює процес розмінування, є відсутність заходів щодо позначення і складання документації з фіксації мінних полів під час встановлення їх силами НЗФ. Більш того, при веденні тривалих бойових дій місцевість може неодноразово мінуватись сторонами, що воюють (ефект листкового пирога), що під час розмінування створює додаткові складності. Також невисокою є точність визначення координат точок контуру мінного поля при мінуванні нашими підрозділами через погрішність вимірювальних засобів та незначну кількість сучасних електронних пристроїв, які мають високу точність визначення місця розташування загороджень.

Після ведення активних бойових дій значно змінюється мікрорельєф місцевості через утворення вирв від вибухів, а фортифікаційне облаштування позицій підрозділів робить неможливим застосування механічних засобів розмінування (бойові машини розмінування, танки з ножовими та котковими трапами тощо), ускладнює ведення інженерної розвідки, що можна віднести до третього зовнішнього фактора.

Четвертим фактором є тривалий проміжок часу від закінчення бойових дій до початку розмінування. Це призводить до того, що наявні на місцевості демаскувальні ознаки мінних полів (позначення, укупорка від мін тощо) знищуються. Навіть межі самих мінних полів можуть змінюватись: міни „мігрують» через ерозію ґрунтів, переміщення сипкого родючого ґрунту від вітру, зсуви земляних мас внаслідок потужних дощів. На замінованій місцевості виростає густа трава, дрібнолісся і чагарники, що також значно знижує темпи пошуку та підвищує небезпеку роботи саперів.

П'ятим зовнішнім фактором є те, що при тривалому знаходженні боєприпасів у землі відбувається зміна хімічних властивостей вибухової речовини, якою вони споряджені, руйнування корпусів і механічних частин підричників. Це призводить до підвищення чутливості до різних впливів. Вилучення та перевезення ВВП у цих умовах стає вкрай небезпечним.

Важливою є потреба у виконанні робіт у «сірій» зоні, де може бути застосована зброя попри домовленості між ворогуючими сторонами. Сапери при виконанні розмінування повинні мати з собою особисту зброю, а також індивідуальні засоби захисту, що значно зменшує продуктивність розмінування.

Внутрішнім фактором, який ускладнює розмінування місцевості, є процес знищення ВНП. Обмеження накладаються на способи та засоби, що застосовуються для розмінування в населених пунктах, поблизу історичних та культурних пам'яток (церков, кладовищ тощо) та промислових об'єктів, що мають особливу небезпеку при їх руйнуванні. У таких складних випадках і за неможливості вилучення і нейтралізації ВНП на місці повинен проводитись цілий комплекс заходів щодо зниження можливих наслідків вибуху (обвалування ґрунтом, застосування екранів для затримання уламків тощо).

Другим внутрішнім фактором є те, що у більшості армій світу на озброєнні знаходяться індукційні міношукачі, принцип дії яких ґрунтується на виявленні металу у міні. На противагу цьому вже багато десятків років розробляються і встановлюються міни в неметалевих корпусах. Пошук таких мін та ВНП індукційними міношукачами ще більше ускладнюється через хибні сигнали від осколків снарядів та інших предметів, якими перенасичений ґрунт внаслідок ведення бойових дій. За даними, отриманими під час перевірки гуртової дороги в північно-східному районі Донецької області, на кілометр дороги шириною до 9 м. було зафіксовано близько 4700 хибних сигналів або 80-900 хибних сигналів на одну виявлену міну. Це призводить до зниження темпів розмінування, швидкої стомлюваності саперів і зростання небезпеки пропуску ВНП.

Під час виконання завдань із розмінування місцевості від ВНП застосовуються наступні способи: ручний (розмінування вручну); механічний (механічне тралення); вибуховий (розмінування вибухом); комплексний (комплексне розмінування, яке поєднує в собі два або більше способів).

Аналіз пошуку ВНП показує, що розмінування вручну лежить в основі існуючих у світі технологій з пошуку боєприпасів. Жоден найдосконаліший механізм не в змозі повністю замінити сапера. Механічне тралення і розмінування вибухом стало основою подолання мінно-вибухових загороджень у бойовій обстановці, а в умовах суцільного розмінування вони покликані відігравати тільки допоміжну роль. Для розмінування вручну групи розмінування оснащуються різноманітними засобами, але вони не забезпечують повноцінну роботу підрозділу на сучасному етапі, особливо в умовах застосування саморобних вибухових пристроїв (СВП).

Серед найбільш розповсюджених електричних засобів розвідки місцевості застосовуються індукційні міношукачі ІМП, ІМП-2 та металодетектори Уаііоп УМС-1, Оаггей СТІ2500. Незадовільно зарекомендували себе при розвідці місцевості та пошуку ВНП радіохвильові міношукачі РВМ-2, РВМ-2М. Основними їх недоліками є складність ідентифікації об'єктів у неоднорідному ґрунті, а також через тривалий час навчання військовослужбовців розрізняти характеристики різноманітних за структурою предметів [5, с.25 – 29]

При щоденній перевірці та розмінуванні шляхів руху, які використовуються підрозділами для переміщення різноманітних вантажів, застосовується в основному візуальний спосіб пошуку ВНП за демаскувальними ознаками. При цьому в місцях, де є натяки на мінування, застосовуються міношукачі. Однак диверсійно-розвідувальні групи сепаратистів намагаються мінувати дороги після проходження саперів, що зводить нанівець роботу з розмінування. Тому виникає потреба в застосуванні додаткової групи, яка через певний проміжок часу повторно має перевіряти дорогу та давати висновки про якість виконання робіт. Аналіз бойових дій на Сході України свідчить про необхідність підвищення якісних показників з розмінування. Для цього необхідно вносити негайні зміни до переліку засобів та пристроїв, якими оснащуються групи розмінування.

**Висновок.** Таким чином, з усього вище написаного та проаналізованого, хочу зробити висновок, що наукова робота мала на меті проаналізувати поняття вибуху, вибухові характеристики, загальні відомості про вибухові речовини, класифікації вибухових речовин, їх основні властивості, призначення та особливості знешкодження сучасних вибухових пристроїв при розмінуванні територій. Безперечно, що актуальність наукової роботи обумовлюється бурхливим розвитком сучасних технологій виготовлення та використання мінно-вибухових пристроїв в сфері розвідки та їх активним застосуванням в військах, особливо важливо це на сучасному етапі розвитку подій на сході України де заміновані великі ділянки територій та прикордонні смуги, які треба звільняти від небезпечних вибухових пристроїв.

#### Список використаних джерел

1. Керівництво з застосування інженерних боєприпасів у Міністерстві оборони України та Збройних Силах України. К.: 2010.
2. Керівництво з підривної (вибухової) справи у Міністерстві оборони України та Збройних Силах України. К.: 2013.
3. Бойовий статут Сухопутних військ Збройних сил України, частина III (взвод, відділення, екіпаж танку). – К: КСВ, 2010.
4. Підручник сержанта інженерних військ. – К.: Видавництво 2006.
5. Колос Р.Л., Фтемов Ю.О. Організація робіт з розмінування місцевості від вибухонебезпечних предметів // НАСВ ім. П. Сагайдачного, Військово-технічний збірник №17, 2017р.

**Науковий керівник:** Цаприка Д.С.

**Рецензент:** Маміч В.В., к.т.н., доц., Військова академія (м. Одеса), Україна.

УДК 355.40

**Мужик В.О.**, курсант*Військова академія (м. Одеса), Україна*

## ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНОЇ СИСТЕМИ ВІЙСЬКОВОГО ЗВ'ЯЗКУ ТА ЗАСОБИ ПРОТИДІ РАДІОЕЛЕКТРОННІЙ РОЗВІДКИ

*В роботі проведено дослідження системи військового зв'язку Збройних сил України та створення єдиного інформаційно-телекомунікаційного середовища на основі впровадження сучасних інформаційно-телекомунікаційних технологій, протоколів обміну інформацією, комплексів, систем та засобів зв'язку спеціального призначення, що дасть можливість забезпечити обмін усім видами інформації між органами й пунктами управління з відповідною пропускнуною спроможністю, достовірністю та надійністю.*

**Ключові слова:** системи зв'язку, пункти управління, технології, пропускну спроможність

**Постановка проблеми.** За останні роки частини та підрозділів зв'язку Збройних сил України зазнали певного розвитку, отримали на озброєння новітні цифрові засоби та техніку зв'язку, що дало можливість успішного виконання ними завдань за призначенням. На сьогоднішній день система зв'язку і автоматизації переведена на цифрові засоби зв'язку, що дозволяє забезпечити виконання першочергових завдань з управління військами. У сучасному бою (операції) пред'являються високі вимоги у відношенні своєчасності зв'язку. Це обумовлюється швидкоплинністю і високими темпами розвитку бойових дій військ, а також частими і різкими змінами обстановки, в наслідок застосування ракетно-ядерної зброї. На озброєнні супротивника є засоби радіоелектронної розвідки, пеленгування та прослуховування стільникових телефонів, які дозволяють виявити координати мобільних телефонів з точністю від 50 до 300 м (в залежності від місцезнаходження постів радіоелектронної розвідки супротивника).

**Мета статті:** полягає в дослідженні роботи автоматичної системи управління військами (АСУВ) та аналіз роботи сучасних засобів військового зв'язку, їх ефективність та завадо безпеку. Мета досягається теоретичними дослідженнями завдань сучасного військового зв'язку та експериментальним аналізом бойових задач підрозділів військового зв'язку.

**Виклад основного матеріалу.** Автоматичне управління військами (АУВ) і зброєю в бою без засобів електрозв'язку неможливо, тому що розмах бойових дій може бути таким, що безперервний зв'язок необхідно забезпечувати між пунктами управління, які знаходяться на відстані декількох сотень кілометрів. В цьому випадку велику роль будуть відігравати засоби радіо- і супутникового зв'язку. Вони є найважливішими, а в багатьох випадках єдиними, які можуть забезпечувати стійке управління військами в самій складній ситуації та при знаходженні командирів і штабів на місці та під час руху. В тактичній ланці управління найбільше застосування знаходять ультракоротко-хвильові радіозасоби, транкінгові і супутникові засоби, а в оперативно-тактичних і стратегічних ланках – короткохвильові радіозасоби різної потужності і засоби супутникового зв'язку. Радіорелейні засоби отримали широке використання в усіх ланках управління: в тактичній ланці – малоканалні, в оперативно-тактичній і вище – багатоканальні. Радіорелейні засоби використовуються як для розгортання ліній зв'язку різної протяжності, так і для розгортання польових опорних мереж зв'язку в оперативній та стратегічних ланках управління. Радіорелейні станції широко використовуються також для дистанційного управління радіопередавачами та з іншими цілями [1, с. 21-25]. Засоби тропосферного зв'язку застосовуються для розгортання ліній прямого зв'язку між пунктами управління різних ланок (в оперативній та вище), і розгортання осей і рокад в польовій опорній мережі зв'язку. Проводові (кабельні) засоби широко використовуються в тих випадках, коли робота випромінюючих засобів обмежується або неможлива: в певні періоди оборонних дій, при перегрупуванні військ, у вихідному положенні для наступу і для забезпечення внутрішнього зв'язку на пунктах управління. Значення (роль) і застосування кожного із перерахованих засобів зв'язку визначається оперативно-тактичними факторами, а також тактико-технічними даними, фізико-

географічними умовами та ін. Але у всіх випадках засоби зв'язку повинні застосовуватися комплексно, головним засобом зв'язку є той, що в даній ситуації найбільш повно забезпечує потреби управління військами. В збройній боротьбі особливе місце займає система управління, забезпечення якої покладено на війська зв'язку. Зв'язок і АУВ виконує задачі з обміну інформацією в системах управління військами та зброєю. Зв'язок і АУВ організовується штабами і забезпечується військами зв'язку. Відповідальність за стан зв'язку і АУВ покладається на начальника штабу (НШ). Командири, НШ зобов'язані постійно, за будь-яких умов обстановки, мати зв'язок з вищестоящими і підлеглими командирами, штабами та своїм штабом і використовувати засоби автоматизації для успішного виконання завдань управління військами [2, с.7-9]. Безпосереднє керівництво і відповідальність за підготовку, організацію та забезпечення зв'язку і АУВ покладається на начальника зв'язку і автоматизації управління військами. Задачі зв'язку визначаються призначенням системи управління, задачами які вирішують війська, а також умовами організації та ведення бойових дій. Згідно з оперативно-тактичними умовами ведення бойових дій, призначенням системи управління, задачами і вимогами, які вирішують війська, перед зв'язком стоять наступні основні задачі. 1. Забезпечення обміну інформацією з вищестоящим штабом та своєчасний прийом сигналів бойового управління, отримання розпоряджень, команд вищого штабу і передачу доповідей про їх виконання. Особливе значення має виконання цієї задачі в мирний час, щоб попередити несподіваний напад противника і забезпечити нанесення попереджувачих ударів. Зв'язок повинен забезпечити своєчасну передачу сигналів бойової тривоги, керівництво висуненням військ в райони свого призначення, збір даних про противника, з'ясування бойових задач військами при суворому виконанні правил прихованого управління. Цю задачу інколи називають задачею забезпечення передачі (прийому) сигналів центру бойового управління (ЦБУ) та забезпечення зв'язку з вищим штабом. 2. Забезпечення прийому та передачі інформації під час управління підлеглими частинами (підрозділами) та зброєю в різних умовах обстановки. При управлінні підлеглими військами в бою (операції) командир (командуючий) в будь-який час повинен знати, де знаходяться, що роблять, в чому мають потребу підлеглі йому війська, своєчасно отримувати розвідувальні дані про противника та впливати на хід бойових дій шляхом віддання додаткових розпоряджень та вказівок. Тому зв'язок повинен забезпечувати командирів і штабу, начальників родів військ, спеціальних військ і служб своєчасне надходження даних про обстановку, що склалася, передачу підлеглим військам наказів, розпоряджень і команд, донесень в старший штаб. Цю задачу називають задачею забезпечення зв'язку командування. 3. Забезпечення обміну інформацією між взаємодіючими з'єднаннями, частинами і підрозділами. В сучасному бою важливішою умовою досягнення успіху є чітка взаємодія всіх родів військ та сусідів за метою, місцем та часом. Для того, щоб досягнути мети, війська повинні діяти узгоджено, а це можливо тільки при наявності зв'язку між ними. Цю задачу зв'язку іноді називають задачею забезпечення зв'язку взаємодії. Забезпечення своєчасної передачі сигналів оповіщення та попередження військ про безпосередню загрозу застосування противником зброї ядерного нападу, про повітряну обстановку, радіоактивне, хімічне та біологічне зараження, метеодані, а також сигналів єдиного часу. В сучасних умовах, внаслідок використання в бою (операції) зброї масового ураження, використання цієї задачі зв'язку має особливе значення [153-157]. Зв'язок повинен забезпечити передачу сигналів оповіщення про повітряного противника, насамперед, засобом ППО, а також штабам підлеглих військ і отримання від розвідки даних про радіоактивне, хімічне і біологічне забруднення місцевості чи повітря для того, щоб війська, для яких утворюється загроза ураження, мали можливість своєчасно прийняти міри захисту. З цією метою зв'язок устанавлюється не тільки по спеціально організованих, але і по всіх діючих каналах зв'язку. Сигнали оповіщення передаються негайно тільки тим частинам і підрозділам, яким загрожує небезпека. Це обумовлено тим, що швидкість літаків та ракет великі, час наближення їх малий. Сигнали єдиного часу, метеодані передаються в спеціально устанавлений час для своїх частин і з'єднань (органів управління) військ. Цю задачу зв'язку називають задачею забезпечення зв'язку оповіщення. Забезпечення управління органами бойового, технічного та тилового забезпечення бойових дій з'єднань, частин та підрозділів [4, с. 281-285]. Для ведення сучасного бою і операції потрібні велика витрата різних матеріальних засобів, боєприпасів, пального, техніки і спеціального спорядження,

продуктів харчування та інше. Особливо важливе значення має своєчасна доставка ракет, спеціальних снарядів і ракетного палива на бойові позиції. Для необхідного поповнення військ всіма матеріальними, способами евакуації поранених і хворих, евакуації, ремонту техніки і озброєння та інших цілей зв'язок повинен забезпечувати заступникам командира (командуючого) по тилу і по озброєнню управління своїми підлеглими підрозділами, частинами і установами. 6. Забезпечення стійкої роботи каналів зв'язку в інтересах АСУВ. Для передачі даних в автоматизованих системах управління військами використовуються канали систем зв'язку. Всі перераховані вище загальні задачі зв'язку вирішуються спеціальними військами, які призначені для створення та експлуатації систем військового зв'язку і автоматизації з метою вирішення поставлених завдань щодо забезпечення управління військами (силами), зброєю в мирний час, під час їх приведення у вищі ступені бойової готовності, підготовки та веденні операцій (бойових дій). Основними завданнями військ зв'язку є: створення (розгортання), нарощування та експлуатація систем зв'язку – і автоматизації з виконанням вимог, які ставляться до зв'язку і АУВ та до системи зв'язку і автоматизації; доставка у війська документів та друкованих видань; – участь у заходах оперативного маскування; – забезпечення взаємодії систем зв'язку і автоматизації з – телекомунікаційними мережами і системою поштового зв'язку України та відповідними системами зв'язку (телекомунікаційними мережами) військових формувань інших міністерств і відомств України; всебічне забезпечення системи зв'язку і автоматизації; – участь у заходах міжнародного співробітництва та миротворчих – операціях. У Повітряних силах війська зв'язку, крім того, виконують завдання щодо радіолокаційного і радіосвітлотехнічного забезпечення. Виконання покладених на війська зв'язку завдань обумовлюються: стратегічною (оперативною) побудовою військ (сил) та прийнятою – системою управління ними; можливостями військ зв'язку щодо обладнання, нарощування – (розгортання) систем зв'язку і автоматизації різного призначення; забезпечення обміну інформацією, її обробки, збереження та – засекречування, вирішення інформаційних, розрахункових та інших задач; фізико-географічними умовами та іншими факторами. – До складу військ зв'язку входять з'єднання (військові частини) зв'язку центрального підпорядкування, видів Збройних сил, оперативних командувань, загальновійськових частин та підрозділів. Війська зв'язку включають: вузлові, лінійні, лінійно-вузлові, автоматизації, фельд'єгерськопоштового зв'язку, кібернетичної безпеки, контролю безпеки зв'язку (безпеки – інформації), технічного забезпечення зв'язку і АУВ з'єднання (військові частини, підрозділи) зв'язку; військово-навчальні заклади і навчальні військові частини – (підрозділи) зв'язку та наукові установи. Вузлові з'єднання (військові частини, підрозділи) зв'язку призначені для обладнання, нарощування (розгортання) та експлуатації вузлів зв'язку і автоматизації пунктів управління [5, с. 5-9]. Лінійні військові частини, підрозділи зв'язку призначені для розгортання та експлуатації польових ліній, опорних і допоміжних телекомунікаційних вузлів зв'язку. Лінійно-вузлові військові частини, підрозділи зв'язку призначені для розгортання та експлуатації вузлів зв'язку і автоматизації пунктів управління, польових ліній зв'язку, опорних та допоміжних телекомунікаційних вузлів зв'язку. Військові частини (підрозділи) автоматизації призначені для обладнання, розгортання і експлуатації засобів автоматизації в місцях їх постійної дислокації та польових умовах. Військові частини (підрозділи) фельд'єгерськопоштового зв'язку призначені для приймання, обробки і доставки за призначенням всіх видів секретних і поштових відправлень, періодичної преси, літератури і друкованих видань, а також здійснення постійно діючого поштового зв'язку особового складу Збройних сил з населенням країни. Військові частини (підрозділи) кібернетичної безпеки, контролю безпеки зв'язку (безпеки інформації) призначені для: здійснення контролю (моніторингу) стану кібернетичної безпеки – елементів інформаційно-телекомунікаційних систем, інформаційних ресурсів; виявлення і вжиття заходів з припинення порушень встановлених – режимів роботи засобів зв'язку і автоматизації; контролю за виконанням вимог з радіомаскування, користування – апаратурою засекречування і правилами скритого управління військами; вирішення окремих завдань із забезпечення електромагнітної сумісності та пошуку джерел радіозавад; контролю за забезпеченням безпеки обміну інформацією, її обробки та – збереження. Військові частини (підрозділи, підприємства)

технічного забезпечення зв'язку і АУВ призначені для забезпечення військ зв'язку технікою зв'язку і автоматизації, експлуатаційними матеріалами, іншим майном зв'язку і автоматизації, а також обслуговування, відновлення (ремонту) засобів зв'язку і автоматизації при їх пошкодженнях. Військово-навчальні заклади, навчальні військові частини (підрозділи) призначені для підготовки офіцерів, прапорщиків (мічманів) і молодших фахівців військ зв'язку. Наукові установи призначені для організації та безпосереднього здійснення всіх видів і форм наукової та науково-технічної діяльності з актуальних проблем військового зв'язку і інформатизації. Організаційно війська зв'язку складаються з окремих польових вузлів зв'язку, полків, польових вузлів зв'язку, вузлів, центрів, відділень, взводів, пунктів, груп, станцій, заводів, баз, складів різного призначення, наукових установ і навчальних закладів.

**Висновок.** Отже з метою підвищення завадо безпеки засобів військового зв'язку пропонується виконувати наступні правила користування стільниковим зв'язком: – вимкніть усі телефони, якими користувались на протязі 12 годин і по яких велися перемовини воєнного характеру; – не вимикайте телефон вимикачем, вийміть акумулятор із працюючого у звичайному режимі телефону, при цьому противник не фіксує факт твого виходу із мережі; – використовуйте для ведення службових переговорів телефони випадкових людей; – для ведення особливо важливих переговорів кожний новий дзвінок здійснюйте з нового телефону (нової сім-карти); – використовуйте «засвічені» телефони для створення хибних цілей (зберіть «засвічені» телефони (сім-карти) свого підрозділу і розмістіть на місці, де хочете вказати супротивнику хибний рубіж, район зосередження). Не забувайте підзаряджати такі телефони та імітувати переговори по них. Для виділених для цього військовослужбовців обладнайте надійне укриття. Якщо за умовами обстановки необхідно використовувати мобільні телефони для управління військами та озброєнням ніколи не використовуйте SMS-повідомлення – супротивник може одночасно пеленгувати тисячі телефонів, комп'ютери якого аналізують всі SMS-повідомлення у мережі, а прослуховувати одночасно може кілька десятків телефонів одночасно [6, с. 139-143]. Таким чином найпростіші прийоми маскування переговорів. У супротивника на озброєнні є програми автоматичного смислового аналізу телефонних переговорів, якщо така програма виявляє військові терміни – вона автоматично ставить телефон на контроль і передає усі переговори для аналізу першому вільному оператору. Намагайтеся вести переговори українською мовою. Не використовуйте військові терміни: «командир», «танк», «координати», «атака», тощо. Користуйтеся сленговими термінами, переговорними таблицями, наприклад: «Старший», «велика коробочка», «місце», «движука

#### Список використаних джерел

1. Алтухов П.К. *Основи теорії управління військами* / П.К. Алтухов, І.А. Афонський, Р.Г. Королев, І.В. Риболовський, А.Е. Татарченко / – М., 1984, 221 с.
2. Боговик А.В. *Теорія управління в системах воєнного призначення* / С.С. Загорулько, І.С. Ковальов, І.В. Котенко, А.В. Масановец / МО – М., 2001, 320 с.
3. Бондаренко В.М. *Автоматизація управління войсками* / В.М. Бондаренко, А.Ф. Волков / ВИ – М., 1977, 300 с.
4. ВСТ 01.112.001-2006. *Військовий зв'язок. Терміни та визначення. – розроблено вперше; Введ. 03.05.06. – К.: Вид-во стандартів, 2006. – 25 с.*
5. Шолудько В.Г., Єсаулов М.Ю., Вакуленко О.В., Гурський Т.Г., Фомін М.М. *Організація військового зв'язку. Навчальний посібник. – К.: ВІТІ, 2017 р. – 282 с.*

**Науковий керівник:** Максименко Ю.А., к.т.н.

**Рецензент:** Маміч В.В., к.т.н., доц., Військова академія (м. Одеса), Україна.

УДК 620.179.17

**Мішенін І.**, курсант,**Кушнар'ова Г.О.**, к.т.н., доц.,**Рабоча Т.В.**, к.т.н., доц.

Військова академія (м. Одеса) Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛИШКОГО РЕСУРСУ КОНСТРУКЦІЙ ІЗ ДЕРЕВИНИ

*В статті розглядається метод дослідження залишкового ресурсу конструкцій, який використовує не руйнівні методи та дозволяє вести безперервне спостереження за субмікро – та мікропроцесами, які проходять в структурі матеріалу конструкції. Це метод акустичної емісії, який зв'язаний з розповсюдженням пружних хвиль, визваних динамічною перебудовою його структури. Це дозволяє діагностувати стан конструкцій, оскільки випромінювання звукових коливань можна виявити на тій стадії, коли конструкція в цілому залишається працездатною.*

**Ключові слова:** міцність, деформативність, дерев'яні конструкції, ресурс, акустична емісія, фортифікаційні споруди.

**Постановка проблеми.** В період експлуатації конструкції із деревини в матеріалі проходять зміни, які зв'язані з появою, розвитком та накопиченням ушкоджень структури. Ці ушкодження визиваються субмікро – та мікротріщинами, які є результатом зовнішніх механічних дій на конструкцію, тому перехід у граничний стан є результатом повільного накопичення ушкоджень. Розробивши методику реєстрації ушкоджень, можна отримати інструмент, який дозволяє не тільки контролювати поточний стан конструкції, а й прогнозувати зміни її несучої властивості в часі.

В більшості великих міст є значна кількість дерев'яних споруд, які представляють історичну та архітектурну цінність, щоб зберегти ці споруди на довгий час, необхідно постійно одержувати інформацію про стан їх несучих конструкцій, для прийняття рішень про підсилення, заміну та здійснення капітального ремонту і т.ін.

Наряду з дерев'яними спорудами, необхідно розглянути конструкції, які виготовлені із деревини. Це фортифікаційні споруди, які виготовляють для захисту не тільки особового складу військового підрозділу, а і захисту військової техніки.

Фортифікаційне обладнання позицій, опорних пунктів, районів, рубежів здійснюється з метою ефективного застосування зброї та бойової техніки, стійкості управління військами, а також забезпечення захисту особового складу, озброєння і техніки від усіх засобів ураження противника.

Основу інженерного обладнання складають польові фортифікаційні споруди, які за призначенням розподіляються для:

ведення вогню – окопи, траншеї, ходи сполучення для особового складу, основні і запасні вогневі позиції танків, бойових машин піхоти (бронетранспортерів), гармат і інших вогневих засобів;

управління підрозділами – командно-спостережні (командні) пункти;

захисту особового складу – відкриті та перекриті щілини, бліндажі, сховища, траншеї та ходи сполучення.

Класифікація фортифікаційних споруд по розташуванню відносно поверхні землі і способу зведення фортифікаційні спорудження розподіляються на:

наземні (насіпні) споруди (зводяться без заглиблення в ґрунт);

котловинні споруди (зводяться з відриттям котлованів);

підземні споруди (будуються з використанням спеціальних способів розробки ґрунту, застосуванням засобів проходки та спеціальної техніки);

шахтні споруди.

За конструкцією фортифікаційні споруди розподіляються на:

– споруди відкритого типу (окопи, траншеї і ходи сполучення, відкриті щілини, укриття для техніки і матеріальних засобів – звичайно являються собою котлован або рів із земляним насипом (бруствером). Відкриті споруди у 1,5 – 2 рази зменшують радіус зон виходу з ладу особового складу, зброї, техніки і



матеріальних засобів від вражаючих факторів ядерної зброї у порівнянні з розміщеними на необладнаній місцевості. Вони захищають також від куль і осколків снарядів мін і авіабомб у звичайному спорядженні, знижують втрати від фугасної дії цих боєприпасів);

– споруди закритого типу (перекриті щілини, бліндажі, сховища, які мають перекриття і замкнену конструкцію по всьому контуру, а також захисний вхід. Закриті спорудження забезпечують більш високий захист від ядерних та звичайних засобів ураження, ніж відкриті;

– перекриті щілини, зазвичай, влаштовують місткістю на відділення, обслугу (екіпаж) з входом із траншеї або з поверхні землі. Відкриту щілину відривають довжиною 3-4 м, глибиною 1,5 м, шириною дна – 60 см. При наявності часу і матеріалів над щілиною влаштовують перекриття з колод діаметром 14 см, хмизу, фашин з очерету, а також з різних залізобетонних виробів, металопрокату та місцевих матеріалів, з ґрунтовою обсіпкою товщиною не менше 60 см.

Виникнення хвильових явищ в твердих тілах при їх деформуванні та руйнуванні відомо достатньо давно. А.Ф. Іоффе в 20-ті роки зареєстрував виділення звукових сигналів при руйнуванні кам'яної солі [1]. В 1948 році Мезон досліджував ультразвукові шуми, які виникали при деформуванні олова. Кайзер в Германії [2] на початку 50-х років провів дослідження шумів, які виникали при деформуванні матеріалів. Це привело до одного із неруйнівних методів дослідження матеріалів та конструкцій.

В 1960-1970-х роках метод акустичної емісії бурхливо розвивається у різних напрямках. І.М. Неклюдов та інші [3] за допомогою акустичної емісії діагностували корпуси ядерних реакторів. Бенлі [4] опублікував в огляді у 1984 році про використання методу акустичної емісії на етапі зварювання. За допомогою цього методу можна виявити дефекти зворотного шва. Такі методи оцінки залишкового ресурсу в теперішній час успішно застосовують тільки в авіації та важливих енергетичних підприємствах (теплові, гідравлічні, атомні електростанції).

Поява акустичних сигналів зв'язано з розповсюдженням в матеріалі пружних хвиль, визваних динамічною локальною перебудовою його структури. В об'ємі анізотропного матеріалу в довільному напрямі можуть поширюватися (з різною швидкістю) три пружних хвилі: одна – гранична, а дві поперечні. Динамічно перебудова структури матеріалу проходить на субмікро-, мікро- та макроуровнях.

**Мета статті** полягає в тому, що назріла необхідність дослідити питання ушкоджень в дерев'яних конструкціях при навантаженнях та зв'язані з цим процеси зміни площі поперечного перерізу та несучої здатності ресурсу. Це дає можливість за допомогою акустичної емісії реєструвати залишковий ресурс конструкцій, виготовлених із деревини.

**Виклад основного матеріалу.** В роботі [4] досліджені балки із деревини, які були навантажені силами, кожна із яких прикладувалась на відстані  $\frac{1}{4}$  прольоту від опори. Вимірювали прогини (прогиномірами) та фібрової деформації (тензорезисторами). Сигнали акустичної емісії реєстрували приладом АФ-15 та використовувалась нестандартна апаратура, за допомогою якої реєстрували та обробляли параметри акустичної емісії.

В результаті експериментальних досліджень одержано значення: прогинів балок та відносних деформацій по висоті перерізу прольоту балок та в крайніх волокнах; загальну кількість сигналів акустичної емісії, амплітуду, довжину, місце з'явлення по довжині балки; характер накопичення сигналів акустичної емісії по ступеням навантаження.

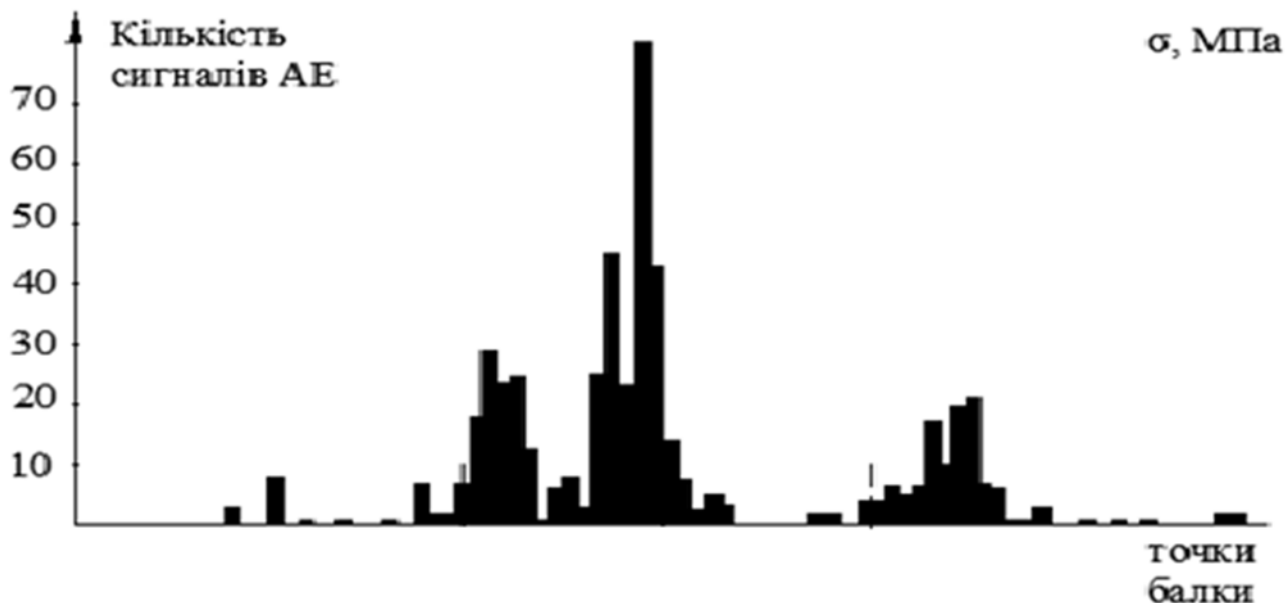


Рис. 1 – Динаміка накопичення сигналів акустичної емісії

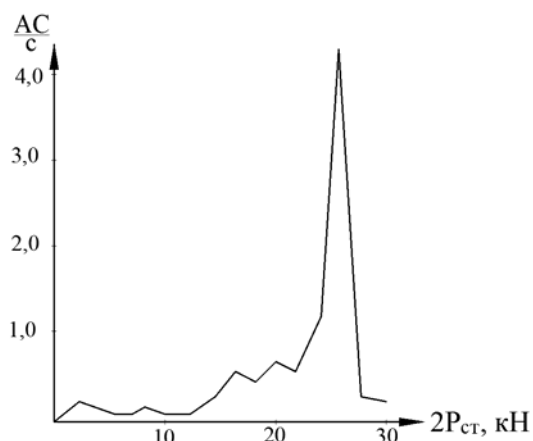


Рис. 2 – Зміна інтенсивності акустичних сигналів

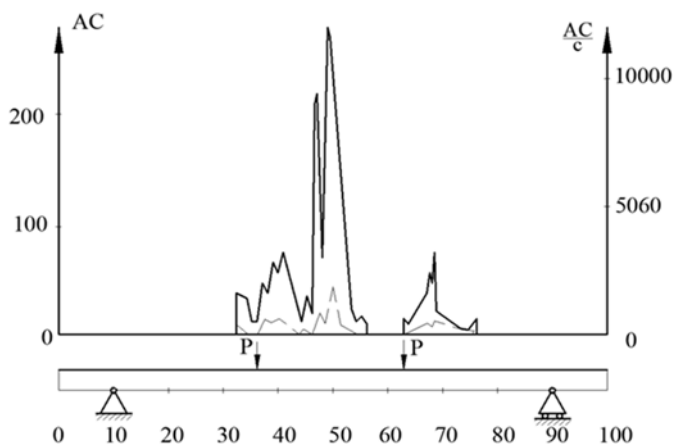


Рис. 3 – Зв'язок між кількістю акустичних сигналів і амплітудою

Наочне уявлення про динаміку розвитку ушкоджень дає рис. 1, на якому показано, як при збільшенні навантаження, росте число акустичних сигналів та накопичення в зоні максимального згинального моменту та в місцях проявлення впливу поперечної сили. В цих зонах виникають найбільші прогини та фіброві деформації.

Одною із характеристик акустичної емісії являється інтенсивність (тобто кількість) сигналів, які зареєстровані за одиницю часу. Пікового значення інтенсивність досягає незадовго до руйнування балки. Цей сигнал попереджає про небезпеку та потребує термінових мір.

В різних точках балки по її довжині при експерименті з'являлися акустичні сигнали з різною амплітудою. На рис. 3 показаний зв'язок між кількістю акустичних сигналів і величиною сумарної амплітуди в окремих точках по довжині балки.

Всі приведені експериментальні дані свідчать про те, що метод акустичної емісії дає можливість спостерігати за процесом порушення структури матеріалу в період роботи його під навантаженням та з'являється наочним та надійним інструментом контролю стану конструкції.

**Висновки:** при нормальних умовах експлуатації конструкції не повинні випромінювати сигнали акустичної емісії, які дають інформацію про стабілізацію властивостей матеріалу. Поява акустичних сигналів є стимулом для перевірки умов експлуатації величини та характеру діючого навантаження та інших причин, які можуть привести до руйнування конструкції.

**Список використаних джерел**

1. Журков С.Н., Куксенко В.С. О прогнозировании разрушения горных пород / Физика Земли // № 6, 1977.
2. Андрейкив А.Е., Лысак Н.В. Метод АЭ в исследовании процесса разрушения. – Київ: Наукова думка. 1989. – 173 с.
3. Застосування методу акустичної емісії для діагностування корпусів ядерних реакторів. Частина 2.1. І.М. Неклюдов, З.Т. Назарчук, В.Р. Скальський, Л.Н. Добровольська. Фіз. – мех. ін.- т ім. Карпенка НАНУ, м. Львів. 2015.
4. Betly P.G. A review of acoustic emission for pressurized water reactor applications // NDT Intern. – 1984 – 14 – p. 329 – 335.
5. Кушнарєв Ю.Н. Оценка ресурса деревянных конструкций с помощью акустической эмиссии. – Изв. Вузов. «Строительство». 1992, с. 9- 10, 1992, с. 108-112.

УДК 355.40

Телелим М. О., молодший сержант  
Військова академія (м. Одеса), Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ОПТИКО – ЕЛЕКТРОННИХ ЗАСОБІВ РОЗВІДКИ ТА АНАЛІЗ ЇХ НАПРЯМКІВ РОЗВИТКУ, УДОСКОНАЛЕННЯ І МОДЕРНІЗАЦІЇ

*В роботі проведено дослідження можливостей та бойового застосування оптико – електронних засобів провідних країн світу. Це дозволяє з'ясувати необхідність впровадження принципово нових концепцій по інтеграції систем розвідки, управління, зв'язку та враження, на сьогоднішній день особлива увага уділяється оптико-електронним засобам спостереження, виявлення і прицілювання.*

**Ключові слова:** *оптика, системи озброєння, новітні технології, спостереження.*

**Поставлення проблеми.** Як свідчить досвід бойових дій останніх років на сьогоднішній день велика увага військових фахівців приділяється розвитку та удосконаленню засобів розвідки різних видів (радіолокаційна, радіотехнічна, оптична, оптико електронна). Це пов'язано з безперервними удосконаленням та розробкою систем озброєння нового покоління, які мають поліпшені ТТХ, скорочується час перебування об'єктів у зоні виявлення та ураження, знижується помітність об'єктів, підвищується їх завадо захист та протидія засобам розвідки, змінюється тактика їх дій. З цих причин використання радіолокаційних та радіотехнічних засобів розвідки не завжди є можливим та ефективним. Актуальність наукової роботи полягає в тому що в ній вказана необхідність впровадження принципово нових концепцій по інтеграції систем розвідки, управління, зв'язку та враження. Як свідчить аналіз останніх досліджень і публікацій на сьогоднішній день особлива увага уділяється оптико-електронним засобам (ОЕЗ) спостереження, виявлення і прицілювання. Основними перевагами яких (з урахуванням новітніх технологій та елементної бази) є: прихованість їх застосування; на відміну від радіолокаційних та радіотехнічних засобів; невелике енергоспоживання; екологічна чистота; вони не потребують додаткових систем заводозахисту; відносна простота конструкції, експлуатації та невеликі габарити; невелике енергоспоживання та екологічна чистота [1, с. 180-181].

**Мета статті.** Визначення напрямків по удосконаленню оптико-електронних засобів спостереження, виявлення і прицілювання з метою підвищення ефективності бойового застосування озброєння і військової техніки провідних країн світу.

**Виклад основного матеріалу.** Сьогодні безліч завдань виявлення, спостереження, наведення і стеження вирішується при безпосередньому використанні оптичних і оптико-електронних засобів, роль яких зростає з року в рік. Особливої актуальності проблема спостереження в умовах низької освітленості придбала в ході Другої світової війни, а згодом і під час проведення ООС на Сході України. Оптико-електронні засоби – це прилади, що сприймають електромагнітні хвилі діапазону оптичного спектра і перетворюють енергію випромінювання спочатку в електричний сигнал, а потім в видиме зображення. Забезпечують вночі і при поганій видимості днем спостереження за полем бою, наводку зброї, фотографування та ін. Поділяються на інфрачервоні прилади, що сприймають інфрачервоне випромінювання, і прилади, що використовують слабке (місячне, зоряне) видиме е випромінювання. У військовій справі застосовуються прилади спостереження і розвідки (нічні окуляри, біноклі і спостережні прилади різного типу, прилади для нічного водіння техніки, активні світлові далекоміри, тепlopеленгатори, теплолокатори і ін.), нічні приціли і засоби управління зброєю (інфрачервоні, лазерні головки самонаведення, неконтактні оптичні підричники) [2, с. 29-30]. До електронно – оптичних засобів відносяться: прилади нічного бачення (ПНБ), що використовують принцип перетворення невидимого для неозброєного ока зображення місцевості і цілей вночі в видиме зображення; прибори нічного бачення

(ПНБ), що використовують лазерне підсвічування цілей для спостереження в обмежених умовах видимості вдень і вночі; ПНБ, засновані на використанні телевізійних передавальних трубок; тепловізори, що використовують принцип перетворення власного теплового випромінювання місцевості і цілей в зображення, спостережуване людським оком, в тому числі в умовах туману, дощу, снігопаду і штучних перешкод – задимлення і застосування маскувальних аерозольних утворень вдень і вночі. За допомогою них можна провести наземну, морську і повітряну розвідку противника і місцевості практично в будь-яких умовах місцевості, погоди і часу доби. Розрахункові оцінки складових стрільби на враження цілі показують, що інформативність про ціль на полі бою (виявлення, прицілювання, супроводження та ціле вказівки), для наведення зброї, мають велику перевагу у порівнянні із складовими бойової потужності зброї (потужність снаряду, скорострільність, інерційність). Інформативні показники значно впливають на ефективність бойового застосування ОВТ (час реакції, точність стрільби, імовірність поразки) [3, с. 85].

В даний час застосовуються ОЕЗ розвідки на основі: телевізійних матриць (ТМ), болометричних приладів (БП), електронних оптичних перетворювачів. Телевізійні матриці перебивають діапазон видимого і ближнього інфрачервоного випромінювання 3...5 мкм. Болометричні прилади працюють у діапазоні теплового випромінювання 0,85...10,0 мкм.

ЕОП працюють у діапазоні інфрачервоного випромінювання 0,85...1,3 мкм. Основні параметри приладів для порівняння в інтересах розвідки: спектральна чутливість, роздільна здатність.

Телевізійні матричні прилади чорно-білого та кольорового зображення мають найширше розповсюдження. ТМ прилади використовуються в день і вночі при освітленості від  $10^{-4}$  –  $10^{-5}$  люкс, використовуючи власне і відбите, видиме і інфрачервоне випромінювання об'єктів, а також власне теплове ІЧ випромінювання об'єкту. Виведення зображення, після електронного перетворення здійснюється на моніторі, за останній час, як правило, з кольоровою LCD матрицею екрана.

Прилади на основі болометрів будуються по телевізійній схемі і працюють у ІЧ тепловому діапазоні. У порівнянні з ТВ ІЧ тепловими матрицями мають менший розділ. На ринку апаратури для забезпечення виявлення об'єктів також значне місце займають тепловізори. Камери відеоспостереження по якісним та ціновим характеристикам досить непогано адаптовані до запитів і можливостей широкого кола споживачів, в тому числі і військових. Тепловізори залишаються, в більшому ступені, виробами досить дорогими (захисне германієве скло, об'єктив, ТПВ матриця з контролером коштують порядку 10...20 тис.у.о.). Практично всім добре відомо, що тепловізори фіксують власне теплове випромінювання об'єкта, що забезпечує можливість візуалізації зображення не тільки у повній темряві, але і при густому тумані, в сніг, дощ та за листям дерев.

Тепловізори фіксують випромінювання інфрачервоної області спектру 8...10 мкм, так зване теплове випромінювання. Джерелом теплового випромінювання можуть бути любі предмети, температура яких відрізняється від абсолютного нуля в реальності починаючи з мінус 25 град.

Всі предмети випромінюють теплове (інфрачервоне) випромінювання з дещо різною довжиною хвилі і зрізною енергією. Це і дозволяє ідентифікувати об'єкти, а потім їх візуалізувати. Тепловізор фіксує об'єкти навіть в абсолютній темряві, ніякого взагалі, навіть мінімального, фонового підсвічування для роботи тепловізора не потребується. Інфрачервоне випромінювання, невидиме людському оку, або теплове випромінювання ділиться на: короткохвильове, середньохвильове, довгохвильове. Видиме випромінювання характеризується довжинами хвиль у діапазоні від 0,38 мкм до 0,76 мкм. Максимум чутливості ока розміщений у «зеленій» зоні 0,55 мкм безперервного спектру сонячного випромінювання. Стандартні розміри чутливої матриці болометрів – 640×480, 320×240 або 160×120, з розміром пікселя 17 мкм, при цьому дозвіл буде однаковим, але, як і у випадку з відеокамерами, велика матриця дозволяє захопити більшу область огляду з найменшими спотвореннями. Технологія створення мікроболометрів закордонном була розроблена Honeywell всередині 1980-х років. Температурно-чутливий елемент, наприклад, на основі модифікацій оксиду ванадію  $V_2O_5$ , та два електроди пов'язують температурно-

чутливий матеріалі схему зчитування на підкладці. Суттєво збільшити коефіцієнт поглинання інфрачервоного випромінювання дозволяють багаточарові так звані сендвічні структури, які побудовані у вигляді оптичних резонаторів, поглинають 80% випромінювання на довжині хвилі 8 мкм. 80% в смузі 8,5–10 мкм [4, с. 218].

Таким чином, під біроптимальної технології створення чутливого елемента мікроболометра продовжується. Зображення, які візуалізуються за допомогою тепловізорів на основі мікроболометрів, мають такий же вигляд, які зображення, які отримуються за допомогою тепловізорів, що основані на напівпровідникових матрицях. До цього ж класу приладів нічного бачення відносяться і прилади на основі електронно-оптичних перетворювачів (ЕОП). На їх основі виготовляють нічні прилади для водіїв та операторів ОБТ, нічні біноклі, приціли, монокулярні та ін. Ці вироби широко розповсюджені у військовій та цивільній промисловості. Вони набагато дешевші тепловізорів і болометрів. Прилади на основі електронно-оптичних перетворювачів (ЕОП) виготовлені на основі фоточутливих елементів, які працюють також на основі фотонного ефекту. На відміну від тепловізорів, електронно-оптичні перетворювачі працюють на основі зовнішнього фотоефекту. Електронно-оптичні перетворювачі (ЕОП) – оптичні прилади з дуже високим коефіцієнтом посилення. ЕОП містить фотокатод, який перетворює слабкі світлові потоки у потоки електронів, підсилювач цих електронних потоків, який бомбардує електронним потоком люмінесцентний екран, на якому відтворюється посилене зображення. Тому зображення, яке отримується за допомогою електронно-оптичних перетворювачів, має зелений колір. Але, на відміну від тепловізорів, для роботи приладів на основі ЕОП необхідне хоча б незначне підсвічування. Іноді достатньо неповного місяця або просто зоряно і ночі. Таким чином, можна вважати, що по співвідношенню ціна-якість тенденція йде на користь нічних приладів на основі мікроболометрів. Ще одним етапом модернізації існуючих і нових систем створення інтегрованих у систему управління алгоритмів і програм роботи з відеозображеннями: автоматичного багато-векторного огляду простору; автоматичного пошуку та виявлення об'єктів; автоматичного супроводження по кутовим координатам і дальності «N» кількості об'єктів; автоматичного розпізнавання та ідентифікації об'єктів; суміщення відео образів об'єктів, що отримані від різних приладів спостереження [5]. Один із шляхів підвищення ефективності і засобів ураження ОБТ полягає у застосуванні для розвідки цілодобових, всепогодних оптико-електронних систем. Підвищення ефективності самих ОЕС забезпечується шляхом комбінування приладів виявлення з метою створення багатоканальності та комплексування відеозображення. Наприклад, комплексування відеозображень від ТВ (світлової) камери і ТПВ (теплової) камери. Стандартним складом ОЕС для задачі прицілювання на дистанціях до 4000 м, вважається наявність наступних приладів: ТВ камера (ближнього діапазону), ТВ камера ІЧ (середнього діапазону), ТВ камера ІЧ (дальнього діапазону). Для розширення можливостей по пошуку цілей ОЕС доповнюють камерами з широким полем зору, наприклад, 4×3 градуси або 9×6 градусів, і в цьому випадку наближається дальня межа виявлення та розпізнавання цілей. Все це приводить до створення складних алгоритмів обробки відео сигналів у відеопотоках, які повинні враховувати спектральну інтенсивність фонів та об'єктів, тобто простір – енергетичні характеристики умов роботи. Для ефективної стрільби ураження цілі необхідно мати координати цілі як кутові (земні) так і дальномірні, які входять у балістичний розрахунок точки прицілювання. Визначення дальності до цілі може бути здійснено геометричним способом, по дальномірним шкалам або за допомогою лазерного дальноміра (радіотехнічний, радіолокаційний і топографічний (спосіб вимірювання нерозглядаємо). Вимірювання дальності лазерним каналом переважно по точності вимірювання і може бути на рівні 0,1...1,0 м (в загальному випадку сьогодні, точність 5...10 м) на дальності до 10 км. Сьогодні використовуються лазери лампового і напівпровідникового діодного накачування. Лазери працюють на довжині хвилі 1,06 або 1,35 мкм, це шкідливі для очей, і 1,54...1,57 мкм – безпечні для очей людини випромінювання [6]. На даний час потрібні компактні лазери здатні вимірювати дальність до цілі на дистанції 0,2...10 км з точністю 0,5 м, і 20–25 км з точністю не гірше 2 м, масою біля 2 кг [7]. Це дозволяє

розміщувати ці пристрої в середині контейнера ОЕС. Для підвищення достовірності у часі положення цілі вимірювання дальності необхідно проводити з частотою не менш 10 Гц. Всі лазери повинні мати алгоритм, який підвищує вірогідність достовірного вимірювання дальності і селекцію цілей, які потрапляють в сектор променя за наступними критеріями: ближня ціль, дальня ціль, вибірка ділянки дистанції по дозволу вимірювання або заборони вимірювання дальності, амплітудно-тимчасова (виключаються частково екрануючі об'єкти – крони дерев, кущі, хмари), вимірювання дальності одночасно по N цілям [8]. Напрямки удосконалення лазерних дальномірів: збільшення дистанції вимірювання і за рахунок збільшення чутливості фото приймальних пристроїв, зниження загальних габаритів і маси пристроїв за рахунок скорочення апертури приймальної оптики, застосування лазерів на основі оптико-волоконних компонентів, застосування «ВКР»-лазерів [9].

**Висновок.** Виходячи з викладеного матеріалу можливо окреслити наступні напрямки розвитку, удосконалення та модернізації оптико-електронних засобів розвідки з метою підвищення їх бойових можливостей та ефективності використання. Напрямки розробок та удосконалення: розробка світлових, інфрачервоних, теплових каналів розвідки об'єктів здатних працювати в складних умовах; розробка алгоритмів і програм комплексування відеосигналів різних джерел розвідки; розробка алгоритмів і програм пошуку, виявлення, розпізнавання, супроводження і видачі цілевказівок на зброю для стрільби; розробка і створення нових видів оптичної та оптико-електронної розвідки, наприклад, в ультрафіолетовому і рентгенівському діапазоні; розробка алгоритмів і програм інтегрування відеоінформації про об'єкти розвідки у системі управління зброєю.

#### Список використаних джерел

1. Каблуков О.А. Особливості застосування засобів маскуваня військ і об'єктів від оптико-електронних засобів повітряної розвідки противника: історичний аспект / О.А. Каблуков // *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. – 2010. – № 1. – С. 180-181
2. Пасько І.В. Артилерійські оптико-електронні засоби розвідки, спостереження та цілевказання / І.В. Пасько // *Перспективи та шляхи розвитку бойового забезпечення ракетних військ і артилерії Сухопутних військ Збройних Сил України*. – Суми: Сум ДУ, 2009. – С. 29-30
3. Експериментальне дослідження оптичної примітності об'єктів АБТТ для охорони периметра об'єкту. Акад. ВВ МВС України; кер. І.Ю. Бірюков. – Х., 2012. – 85 с.
4. Порєв В.А. Телевізійні інформаційно-вимірювальні системи / В.А. Порєв. – К., 2015. – 218
5. Застосування термографії в Україні / С.Ф. Венгер, В.І. Гордієнко, В.І. Дунаєвський,
6. Бучка В.І. Аналіз основних шляхів та перспективи розвитку спостережних приладів нічного бачення
7. Коломійцев О.В. Мобільна комбінована лазерна інформаційно-вимірювальна система.
8. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/term/ru/45891:77001>
9. <http://www.irbis-nbuv.gov.ua>

**Науковий керівник:** Душкін Ю. Г.

**Рецензент:** Маміч В.В., к. т.н., доц., Військова академія (м. Одеса), Україна.

УДК 355.40

Тимошенко М.І., курсант  
Військова академія (м. Одеса), Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ БОЙОВИХ МОЖЛИВОСТЕЙ СУЧАСНИХ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ СТАНЦІЙ РОЗВІДКИ НАЗЕМНИХ РУХОМИХ ЦІЛЕЙ ТА ПРОТИДІЯ НИМ

*В роботі проведено дослідження бойових можливостей сучасних радіолокаційних станцій розвідки наземних рухомих цілей та дані рекомендації по боротьбі з ними. В Україні наявні різні способи протидії РЛС, такі як: спеціальні фарби, які блокують сигнали, різного типу пастки, які створюють або хибні цілі, або заважають сигналу повернутись до станції, різні станції та комплекси, наприклад комплекс наземної розвідки «Джеб». Він може класифікувати та ідентифікувати виявлені джерела сигналів і прив'язати їх до можливих технічних засобів. Також можливий варіант «забивки» частоти. Частоти РЛС одні й ті самі, нам необхідно визначити тільки на якому каналі працює та чи інша РЛС, і забити цей канал, або заглушити його. Тому спектр протидії РЛС противника досить великий, головне розвивати цей напрямок і вивчати противника з метою протидії йому.*

**Ключові слова:** рухомі цілі, частота, протидія, блокування радіосигналу, комплекси розвідки.

**Постановка проблеми.** Одним з найважливіших способів ведення розвідки, що забезпечує отримання достовірних даних про місцевість і противника, є спостереження. В сучасних умовах при відсутності оптичної видимості (вночі, в тумані, при запиленні і задимленні атмосфери) ця задача виконується радіолокаційними станціями розвідки наземних рухомих цілей (РЛС РНРЦ). З їх допомогою здійснюється точне визначення положення сил противника, своєчасне автоматичне виявлення і розпізнавання наземних рухомих об'єктів. При цьому РЛС РНРЦ працюють як в автономному варіанті, так і в автоматизованих системах. Багато країн світу для забезпечення розвідувальних і охоронних заходів застосовують РЛС РНРЦ, які умовно поділяються на три класи: ближній (до 10 км), малої (до 20 км) і середньої (до 40 км) дальності дії. Найбільш поширені зарубіжні станції даних класів: РЛС ближньої дальності RB-12B (Франція), ELM2112v5 (Ізраїль), Blihter202 (Великобританія); малої дальності Lynx (Німеччина), Squire-C (США), BlihterB400 (Великобританія); середньої дальності – Ratac (Франція), MSTAR V6 (США). РЛС РНРЦ середньої дальності дії через їх значної маси найчастіше розміщують на ходових базах.

**Мета статті:** полягає у дослідженні бойових можливостей сучасних радіолокаційних станцій розвідки наземних рухомих цілей провідних країн світу та запропонувати засоби боротьби з ними. Мета досягається теоретичними і експериментальними дослідженнями мобільних високоінформативних комплексів: Dingo 2 (Німеччина), Coyote (Канада), Vingtaqs II (Норвегія). Аналізом сучасної концепції розвитку радіолокаційних технологій, який показує, що комплексне рішення задач, покладених на РЛС РНРЦ, можливо тільки при використанні останніх досягнень радіоелектроніки та інноваційних алгоритмів, що підвищують якість виявлення цілей на тлі пасивних (коливається рослинність, гідрометри і ін.) та активних перешкод.

**Виклад основного матеріалу.** Останнім часом розробниками РЛС РНРЦ як зондуючого сигналу все частіше використовуються складні і безперервні сигнали. Це пояснюється можливістю побудови радіолокатора такої архітектури, при якій можна використовувати твердотільну НВЧ-елементну базу, що має малі габарити і споживання енергії, високу надійність, отримати необхідні характеристики по дальності і точності виявлення цілей і забезпечити скритність роботи від засобів радіоелектронної розвідки. РЛС «Фара-ВР» об'єднує в собі практично всі можливості сучасних радіолокаторів: автоматичну розвідку наземних рухомих цілей в секторі до 180°; автоматичне розпізнавання типів цілей (людина, група людей, низько швидкісна техніка, високошвидкісна техніка) на проході сектора сканування; до розпізнавання по доплерівському сигналу від цілей; забезпечення автоматичного супроводу цілей з відображенням їх траєкторій і формулярів; забезпечення роботи з електронною картою місцевості; комплексування з малогабаритними оптико-електронними приладами, що встановлюються на приймально-передавач, з відображенням радіолокаційної і відеоінформації на єдиному дисплеї пульта управління; забезпечення роботи в автоматизованих системах управління [1 с. 31 – 35].



У порівнянні з базовим виробом «Фара-1» у РЛС «Фара-ВР» (Рис. 1) крім значного підвищення інформативності та функціональності збільшена дальність дії в 2 рази по людині і в 3 рази по техніці, в 1,5 рази поліпшена роздільна здатність, на 30% (з 16,5 до 12 кг) знижена маса носимого комплексу. РЛС «Фара-ВР» (рис.1) також забезпечує сполучення з п'ятьма видами станкової стрілецької зброї і використовується в якості радіолокаційного прицілу, а конструктивне виконання забезпечує її десантування в штатному контейнері ГК-30. Перераховані характеристики були досягнуті завдяки використанню сучасної елементної бази (сигнальних процесорів, швидкодіючої пам'яті, програмованих логічних інтегральних схем, цифрових синтезаторів і т.д.). РЛС «Соболятник-О» (рис.2) – радіолокатор з електронним скануванням, створений на заміну ПСНР-8. Станція забезпечує: автоматичне ведення розвідки в секторі електронного сканування до 90° цілі типу «танк» на відстанях не менше 17 км, одиночного людини – не менше 7 км і розривів снарядів калібру 122 мм – не менше 6,5 км; автоматичне розпізнавання на проході типів мети (людина, група людей, низько швидкісна техніка, високошвидкісна техніка); до розпізнавання на слух по доплерівському сигналу від цілей; забезпечення роботи з електронною картою місцевості та в автоматизованих системах управління. Відсутність електромеханічного сканування, передові технології проектування і виготовлення, застосування твердо тільної НВЧ елементної бази істотно підвищують надійність і ресурс даної РЛС. Застосування складного ширококутового сигналу в якості зондуючого дозволило реалізувати режим виявлення нерухомих цілей.



Рис. 1 - «Фара-ВР»

За своїми тактико-технічними характеристиками РЛС «Соболятник-О» не поступаються сучасним аналогам інших країн (табл.1).

Таблиця 1

Тактико-технічними характеристиками РЛС

| Характеристика                                 | РЛС РНРЦ ближньої дальності |               |              | РЛС РНРЦ малої дальності |                |      |
|--|-----------------------------|---------------|--------------|--------------------------|----------------|------|
|  | «Фара – ВР»                 | Blighter -202 | ELM – 2112v5 | «Соболятник-О»           | Blighter –B400 | Лунх |
| Дальність виявлення, км:                       |                             |               |              |                          |                |      |
| людини   | 4                           | 2             | 5            | 7                        | 7              | 6    |
| техніки  | 8                           | 5             | 10           | 17                       | 15             | 12   |
| розривів                                       | -                           | -             | -            | 6,5                      | -              | -    |
| Середня помилка:                               |                             |               |              |                          |                |      |
| по дальності, м                                | 3                           | 2             | 10           | 10                       | 20             | 10   |
| по азимуту, град.                              | 0,3                         | 3             | 0,5          | 0,1                      | 3              | 0,3  |
| Автоматичне супроводження                      | так                         | так           | так          | так                      | так            | так  |
| Автоматичне розпізнавання                      | так                         | так           | ні           | так                      | так            | ні   |
| Сполучення зі зброєю                           | так                         | ні            | ні           | ні                       | ні             | ні   |
| Маса, кг                                       | 12                          | 15            | 35           | 35                       | 45             | 25   |
| Час безперервної роботи від штатного АКБ, год. | 12                          | 6             | 6            | 7,5                      | 6              | 7    |
| Обслуга, люд.                                  | 1                           | 1             | 1            | 2                        | 1              | 1    |

Представлені результати неможливо було отримати без використання сучасних алгоритмів первинної обробки радіолокаційного сигналу. Виявлення людини яка повільно рухається на тлі наземної підстильної поверхні ускладнюється тим, що спектр сигналу від мети практично зливається зі спектром сигналу від місцевості.



**Рис. 2 - «Соболятник-О»**

Ширина спектра місцевості суттєво змінюється в залежності від її властивостей і погодних умов. Виділити сигнал від людини для його подальшого виявлення на тлі такого багатого спектра можливо тільки після попередньої оптимальної фільтрації. У РЛС РНРЦ «Фара-ВР» і «Соболятник-О» застосований алгоритм адаптивного вибілювання фільтрації. В його основі лежить оцінка амплітуди і ширини спектра перешкоди в каналі дальності. За результатами оцінки вибираються параметри вибілювання фільтра в цьому ж

каналі дальності і після фільтрації проводиться виявлення сигналу від цілі на тлі білого шуму. В даний час перед РЛС РНРЦ ставляться нові завдання – виявлення низько летючих малорозмірних цілей – безпілотних літальних апаратів (БПЛА). На базі РЛС «Соболятник-О» в ВАТ «НВО» Стріла «створений експериментальний зразок РЛС виявлення подібного типу цілей для рухомого комплексу захисту об'єктів від БПЛА, що дозволяє виявляти БПЛА типу «Груша» з ефективною поверхнею розсіювання  $0,01\text{ м}^2$  на відстанях до 4,5 км і на висотах до 250 м. Мала потужність випромінювання і безперервний ширококутовий зондує сигнал забезпечують скритність роботи РЛС. Конструктивне виконання дозволяє вести одночасно розвідку в чотирьох незалежних секторах і автоматичне супровід до 20 цілей. Для вирішення завдань виявлення як наземних, так і високошвидкісних повітряних малорозмірних цілей на висотах до 2000 м ведеться опрацювання РЛС середньої дальності дії на базі модулів активних фазованих антенних решіток (АФАР), що розробляються для станції траєкторних вимірювань «Рампа-М». Дана станція повинна забезпечувати виявлення наземних цілей на відстанях до 60 км, малорозмірних БПЛА – до 10 км і вести розвідку вогневих позицій мінометів по пострілу на відстанях до 8 км. У перспективі розробляється РЛС може бути встановлена на ходові бази як засіб радіолокаційної розвідки замість існуючих станцій третього покоління [2 с. 11 – 17].

Тулське НВО «Стріла» показало свою нову розробку: переносний радіолокаційний комплекс розвідки і контролю стрільби 1Л271 «Аистенок» (рис.3). Ця система призначена для оснащення підрозділів рівня «рота-батальйон» і здатна виконувати завдання, пов'язані з виявленням різних об'єктів, як на землі, так і в повітрі. Основним завданням комплексу 1Л271 є забезпечення роботи артилерійських підрозділів, а саме визначення координат артилерії противника і корегування вогню своїх знарядь. З огляду на передбачуваність методів застосування комплекс «Аистенок» був виконаний у вигляді розбірної конструкції, що складається з набору модулів і придатною для перенесення розрахунком або перевезення на різних транспортних засобах. Загальна вага компонентів системи становить 135 кг. На збірку комплексу та підготовку до роботи потрібно близько 5 хвилин. До складу РЛС 1Л271 входять тринога з опорно-поворотним пристроєм, приймач з антеною, електроагрегат з блоком живлення, блок первинної обробки зібраної інформації, пульт управління і радіостанція. З'єднання елементів комплексу проводиться за допомогою набору кабелів. Основними завданнями РЛС «Аистенок» є спостереження за роботою своєї і ворожої артилерії. Так, комплекс здатний відстежувати в польоті мінометні боеприпаси калібру від 81 до 120 мм. При цьому автоматика розраховує параметри польоту міни і визначає її точку старту або місце падіння. У першому випадку ця інформація може використовуватися для нанесення удару у відповідь по міномету противника, у другому – для коригування стрільби дружніх підрозділів. Також система 1Л271 може використовуватися для контролю стрільби артилерійських знарядь калібру від 122 до 152 мм. У такому режимі радіолокаційна станція засікає розриви впали снарядів і обчислює їх місце розташування, завдяки чому артилерія може скорегувати свій вогонь для успішного ураження цілі. Третьою функцією РЛС 1Л271 є виявлення наземних рухомих цілей типу «танк». Відомості про місцезнаходження техніки супротивника так само можуть передаватися артилерії для нанесення удару. Інформація про режими роботи радіолокаційної станції, мітки і траєкторії виявлених цілей, охоронні зони і інша інформація

виводиться на кольоровому дисплеї пульта управління. Для передачі відомостей про виявлені цілі в складі комплексу є радіостанція. Приймаюче-передавальний пристрій РЛС «Аистенок» працює в сантиметровому діапазоні. Незважаючи на відсутність власних механізмів повороту, антена забезпечує спостереження за сектором шириною 60° по азимуту. Виявлення цілей може проводитися на дальності від 200 м до 20 км. Дальність виявлення певної мети залежить від її типу. Максимальна дальність виявлення в 20 км досягається у випадку з наземними цілями типу «танк» при наявності радіолокаційної видимості. В такому випадку забезпечується виявлення танків, що рухаються зі швидкостями від 2,5 до 60 км / ч, з імовірністю не менше 0,8. На вдвічі менших дистанціях (до 10 км) станція 1Л271 може засікати розриви снарядів калібру від 122 до 152 мм і використовуватися для коригування вогню. В такому випадку артилеристи отримують можливість порівняти координати цілі з координатами розривів снарядів і ввести необхідні поправки. При роботі з мінометами максимальна дальність виявлення скорочується до 5 км. Мінімальна дальність, на якій система 1Л271 може виявити ворожий міномет, дорівнює 750 м. Комплекс розвідки і контролю стрільби 1Л271 «Аистенок» засікає цілі з точністю до декількох десятків метрів. Значення можливих помилок залежать від типу цілі. РЛС «Аистенок» може використовуватися в будь-який час доби і в будь-яких погодних умовах, що затрудняють візуальне спостереження за полем бою. Для енергопостачання комплексу використовується бензиновий електроагрегат. Час безперервної роботи системи від автономного джерела енергії заявлено на рівні 6 г [2 с. 15 – 19].

**Висновок.** На нашу думку, подальший розвиток РЛС РНРЦ малої і середньої дальності провідні країни світу будуть вести за рахунок: застосування технології АФАР; модульного виконання виробів, що дозволяє розширювати можливості його застосування (автономний варіант, шасі, повітряний носій); комплексування алгоритмів автоматичного виявлення і розпізнавання при одночасній роботі РЛС по земної і водної поверхні і у повітряному просторі; активного використання даних геоінформаційних систем при орієнтуванні, побудові карти зон видимості, визначення координат виявлених цілей і їх автосупроводження. Розвиток РЛС РНРЦ ближньої дальності буде відбуватися за рахунок дослідження та впровадження вдосконалених алгоритмів первинної і вторинної обробки інформації для виявлення і визначення параметрів руху цілі в умовах перешкод; алгоритмів автоматичної класифікації цілей. Дана інформація досить цінною так як, на сході нашої країни були випадки застосування РЛС РФ, прикладом застосування може слугувати заяві з телеканалу бойовиків, 15 січня т.з. ДНР та ЛНР допустило на свої позиції спостерігачів ОБСЄ. В ході цього візиту спостерігачам продемонстрували різні системи, в тому числі комплекси «Аистенок», «Фара-ВР» які використовуються терористами для виявлення обстрілів з боку збройних сил України. Таким чином, нинішній конфлікт можна вважати першою війною, в якій використовувалися нові російські радіолокаційні станції. Це свідчить про те, що ми повинні вивчати технічні засоби розвідки противника, і вміти протистояти їм, в Україні наявні різні способи протидії РЛС, такі як: спеціальні фарби, які блокують сигнали, різного типу пастки, які створюють або хибні цілі, або заважають сигналу повернутись до станції, різні станції та комплекси, наприклад комплекс наземної розвідки «Джеб». Він може класифікувати та ідентифікувати виявлені джерела сигналів і прив'язати їх до можливих технічних засобів. Також можливий варіант «забивки» частоти. Частоти РЛС одні й ті самі, нам необхідно визначити тільки на якому каналі працює та чи інша РЛС, і забити цей канал, або заглушити його. Тому спектр протидії РЛС противника досить великий, головне розвивати цей напрямок і вивчати противника з метою протидії йому.

#### Список використаних джерел

1. *Посібник «Технічні засоби розвідки та їх бойове застосування».* Видавництво ГУР МО, 2002р. – с.31-35
2. *Техническое описание и инструкция по эксплуатации переносной станции наземной разведки ПСНР-5К.* – с. 11-17
3. *Програма бойової підготовки розвідувальних підрозділів.* – МОУ, 2005 р. – с. 15-19

**Науковий керівник:** Маміч В.В., к.т.н., доц.

**Рецензент:** Максименко Ю.А., к.т.н. Військова академія (м. Одеса), Україна.

# РОЗВИТОК І ЗАСТОСУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

УДК 614.84

Глуховський Я.М., магістрант

Військова академія (м. Одеса), Україна

## РОЗРОБКА СПОСОБУ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПІДВІСОК ВІЙСЬКОВИХ АВТОМОБІЛІВ

*В роботі розглядається підхід до удосконалення технічних характеристик підвісок військових автомобілів.*

**Ключові слова:** підвіска, характеристики, технічні.

**Постановка проблеми.** Досвід експлуатації військових вантажних автомобілів показує, що на нерівних дорогах середня швидкість руху знижується на 35...40%, витрата палива збільшується на 50...70%, міжремонтний пробіг зменшується на 35...40%. При цьому продуктивність автотранспорту знижується на 32...36%, а вартість перевезень зростає на 50...60%. До цього слід додати втрати, обумовлені перевитратою металу, палива, гуми і додатковими витратами робочої сили. Для зменшення цих втрат можна або покращувати дороги, що дорого, або удосконалювати підвіски автомобіля, що ще дорожче, але в перерахунку на тисячі автомобілів опиняється дешевшим.

**Виклад основного матеріалу.** Вимоги безпеки руху автомобіля (зокрема на повороті) легше дотримуються у разі залежної підвіски завдяки можливості кінематичної або еластокінематичної зміни сходження коліс в напрямі недостатньої поворотності. Відносно невелика невіднесена маса та відсутність взаємовпливу коліс важливі для доброго їх зчеплення з дорогою, особливо на поворотах з хвилястим дорожнім покриттям.

Підвіску на поперечних важелях застосовують як передню і задню на легкових автомобілях, або як передню на легких вантажівках. За напрямні пристрої в такій підвісці правлять розташовані з кожного боку два поперечні важелі – верхній та нижній, що мають поворотні опори з широкою опорною базою на рамі, поперечці чи кузові. Зовнішні кінці важелів – у разі передньої підвіски – з'єднуються кульовими шарнірами з опорою підшипника колеса. Завдяки різним довжинам та певному взаємному розміщенню важелів можна впливати на розміщення центрів поперечного та поздовжнього кренів кузова і кутові переміщення коліс при ходах віддачі і стискання. Приклад такої підвіски з пружним елементом у вигляді пружини схемно. Стабілізатор заднього розміщення виконує також напрямні функції та сприймає гальмівні сили. Щоб звільнити місце для карданної передачі, амортизатор з пружиною спирають на верхній важіль.

Застосування торсіонів в підвісці на поперечних важелях дозволяє оптимізувати використання матеріалу (зменшити масу), звільнити місце для карданної передачі і забезпечити деяку прогресивність характеристики пружності. Задній кінець торсіона в місці спирання на основу кузова має регулювання, що дозволяє виставити кузов горизонтально і на потрібну висоту.

Поперечна ресора двоточкового кріплення може замінити два поперечні важелі і дві пружини. Така ресора має більшу жорсткість при різнойменному ході, ніж при однойменному, тобто вона виконує ще й функцію стабілізатора. Зміна довжини середньої частини ресори при прогині зумовлює необхідність монтування її на еластичних опорах, які створюють небажану податність під дією бокових сил під час руху автомобіля на повороті. Одноточкове (центральне) кріплення поперечної ресори на жорсткій опорі усуває будь-яку податність.

Застосовується також поперечна ресора з двоточковим кріпленням. Вона сприймає тільки вертикальні сили, а отже не виконує напрямних функцій. Особливою компактністю вирізняються гідропневматичні пружні елементи, які до того ж, забезпечують дуже м'яке підресорювання та можливість регулювання рівня кузова[2].

Підвіски на напрямних пружинних і амортизаторних стояках є подальшим розвитком (удосконаленням) підвіски на поперечних важелях, в якій верхній важіль замінений точкою кріплення на крилі кузова, де опирається шток стояка і пружина підвіски. В напрямному пружинному стояку нижня опора пружини розміщена на корпусі амортизатора, а верхня – в зоні кріплення штока. Якщо пружина встановлена на нижньому важелі, або з ним з'єднаний торсіон чи поперечна ресора, то йдеться про напрямний амортизаторний стояк. В підвісці (рис.19.)ведучих коліс автомобіля під стояком передбачене місце для проходу півосі. Підшипник верхньої опори пружини забезпечує рухомість керованого колеса. Шток амортизатора закріплений окремо на крилі і при повороті колеса корпус амортизатора повертається відносно штока (поршня). Завдяки цьому зменшується або зовсім зникає сила тертя в амортизаторі при деформації підвіски.

У разі застосування амортизаторного стояка в передній підвісці зникає потреба використання підшипника в опорі пружини, а пружину можна розмістити в зоні сприятливої деформації. Торсіони як пружні елементи в підвісці на напрямних амортизаторних стояках можуть з'єднуватись з поперечними важелями в місці внутрішньої опори. Така конструкція забезпечує малу монтажну висоту і невелику податність при здійсненні напрямних функцій. Доволі компактною є конструкція підвіски на напрямних амортизаторних стояках з поперечною ресорою двоточкового кріплення.

Підвіска на поздовжніх важелях з широкою опорною базою та пружинами, розміщеними на амортизаторах проста за будовою і часто застосовується як задня на передньопривідних автомобілях. Зміною довжини важелів можна впливати на прогресивність характеристики пружності підвіски. Вісь коливання важелів є центром поздовжнього крену кузова автомобіля.

Надзвичайно компактною є підвіска на поздовжніх важелях з короткими торсіонами. У такий підвісці короткі поперечні торсіони з'єднані в середній частині автомобіля з напрямними трубами. Важче розмістити на автомобілі довгі поперечні торсіони, які б забезпечували м'якість підвіски та великі її ходи. Тільки як задню застосовують підвіску на скісних важелях. Схема спрощеного (дешевого) варіанта такої підвіски. Вісь коливання скісного важеля перетинає карданний шарнір, тому з кожного боку достатньо одного шарніра. Однак такий підвісці властиві високий центр поперечного крену кузова і більша змінність колії коліс.

Досконалішим варіантом підвіски на скісних важелях є підвіска з кутом стрілоподібності  $\alpha=10...25$  град, поряд з яким може існувати невеликий кут  $\beta$  нахилу на вигляді ззаду. Осі таких важелів не перетинають внутрішній карданний шарнір півосі по обидва боки головної передачі, і між колесом та головною передачею виникає лінійне переміщення. У такому разі з кожної боку потрібно вмонтовувати по два карданні шарніри. При заданій довжині важелів відповідним поєднанням кутів  $\alpha$  і  $\beta$  можна досягти бажаної кінематичної характеристики.

Дослідженнями встановлено, що середні експлуатаційні швидкості руху не перевищують 50% тягово-швидкісних можливостей вантажних засобів, і зростання цих швидкостей обмежується в першу чергу дорожніми умовами та якістю підвісок. Одним із шляхів підвищення експлуатаційних властивостей вантажних засобів є розробка й створення конструкцій підвісок, що забезпечують високу плавність ходу, безпеку, прохідність, в тому числі, зміною кліренсу, що особливо доцільно для військових автомобілів. Однак значно підвищити експлуатаційні властивості, використовуючи конструкції підвісок зі звичайними пружними елементами (листові ресори, пружини тощо), практично неможливо. Необхідно створювати й упроваджувати у виробництво вантажних засобів автоматизовані підвіски. Найбільш перспективними з погляду можливості автоматичного регулювання є підвіски із пневматичними пружними елементами [1].

Останнім часом на автотранспортних засобах усе більше знаходять застосування комбіновані підвіски, у яких пневматичний пружний елемент працює паралельно з листовою ресорою, з гумовим елементом і т. п. Майже у всіх випадках уведення пневматичної підвіски супроводжується застосуванням автоматичного регулювання положення кузова, а в багатьох конструкціях

передбачається й можливість примусового регулювання. Пружна характеристика підвіски являє собою залежність вертикального навантаження  $R_z$  на колесо від деформації підвіски  $f$ , вимірної безпосередньо над віссю колеса. Підвіска характеризується статичним прогином  $f_{ст}$ , динамічним прогином  $f_d$  і коефіцієнтом динамічності, який виражається залежністю

$$K_d = R_{z\max} / R_{ст}, \quad (1)$$

де  $K_d$  – коефіцієнтом динамічності;  $R_{z\max}$  – максимальне вертикальне навантаження;  $R_{ст}$  – статичне навантаження на підвіску від підресорних частин при завантаженому автомобілі.

При проектуванні, жорсткість підвіски визначається виходячи з умови забезпечення високої плавності ходу автомобіля:

$$C = R_{ст} \cdot \omega^2 / g, \quad (2)$$

де  $C$  – жорсткість підвіски;  $R_{ст}$  – навантаження підвіски;  $\omega$  – частота вільних коливань кузова автомобіля;  $g$  – прискорення вільного падіння.

У випадку проектування комбінованої підвіски (ресора застосовується як напрямний апарат) необхідну жорсткість визначаємо для обох пружних елементів – ресори та пневматичного пружного елемента. Використовуючи рівняння (2) знайдемо сумарну жорсткість комбінованої підвіски:

$$C = C_n + C_p = R_{ст} \cdot \omega^2 / g, \quad (3)$$

де  $C_n$  – жорсткість пневматичного пружного елемента;  $C_p$  – жорсткість ресори.

Виходячи зі здатності пневматичного пружного елемента зберігати практично постійний ефективний прогин для всіх навантажень при однаковій вихідній висоті, необхідно вибрати початкову деформацію листової ресори (статичний прогин), рівну ефективному прогину пневматичного пружного елемента. Величина динамічного ходу  $f_d$  підвіски визначається при використанні даних, отриманих шляхом аналізу існуючих моделей автомобілів. У цьому випадку величина  $f_d$  визначається за формулою:

$$f_d = K_e \cdot f_{ст}, \quad (4)$$

$K_e = 0,8 \dots 1,1$  – для військових вантажних автомобілів. Менші значення  $K_e$  приймають для передніх, більші – для задніх підвісок.

Величина ходу підвіски до торкання буфера  $f_{сб}$  визначається за формулою:

$$f_{сб} = K_e \cdot f_d \quad (5)$$

Для отримання прогресивної характеристики необхідно, щоб жорсткість підвіски була не постійна, а змінювалась за залежністю:

$$C = dR/df \quad (6)$$

При цьому ефективний прогин  $f_{еф}$  підвіски буде незмінним ( $f_{еф} = \text{const}$ ), а величина навантаження в будь-якій довільній точці  $M$  пружної характеристики буде визначатися за формулою [4]. Після того як була отримана характеристика пневматичного пружного елемента, яку необхідно забезпечити, опираючись на статистичні дані й вивчивши конструкцію ресорно-пневматичних підвісок автобусів малого класу, приймаємо розмір гумово-кордного пневматичного елемента і профіль поршня. Оскільки в більшості випадків застосовується поршень профілю «А», характеристику гумово-кордного пневматичного елемента можна визначити за формулою [4]. За отриманими даними збудована динамічна характеристика пневматичного пружного елемента при різних значеннях надлишкового тиску  $P$  і для подальшого конструювання вибираємо такі геометричні параметри пневматичного елемента, при яких динамічна характеристика буде найбільше наближеною до бажаної. Різницю компенсуватиме робота регулятора рівня підлоги.

Довжина ресори вибирається звичайно з конструктивних міркувань. Орієнтовно можна прийняти, що:

$$L = (0,35 \dots 0,45) L_a \quad (7)$$

де  $L_a$  – база автомобіля. Сумарний момент інерції перетинів листів  $I_c$  може бути визначений за виразом:

$$I_c = (\alpha \cdot c_p \cdot L^3) / (48E) = (n \cdot b \cdot h^3) / 12 \quad (8)$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт форми ресори;  $c_p$  – твердість вільної ресори;  $E$  – модуль пружності першого роду;  $n$  – число листів ресори;  $h$  – ширина листів ресори;  $b$  – товщина листів ресори.

Жорсткість вільної ресори визначаємо з урахуванням конструкції кріплення ресори до осі автомобіля, конструкції кріплення ресори до рами або кузова автомобіля. Товщину  $b$  листів розраховуємо, при прийнятій числі  $n$  листів ресори, та  $h$ , з умови, що при максимальних прогинах напруги в листах ресори не будуть більшими припустимої величини  $[\sigma]$

$$b = (12 I_c) / (h^3 \cdot n) \quad (9)$$

**Висновок.** До основних проблемних питань теорії пневматичного підресорювання слід віднести: одержання оптимальної характеристики підвіски, що сполучить малу жорсткість на середньоексплуатаційному діапазоні коливань із високою енергоємністю при обмежених габаритах як пружних елементів, так і самої підвіски; вибір оптимального співвідношення параметрів автотранспортних засобів як коливальних систем. Унаслідок застосування правильно розрахованої й спроектованої пневматичної підвіски, а також правильно підібраних параметрів самого автотранспортного засобу підвищується плавність ходу при обмежених відносних переміщеннях підресорної й непідресорної мас, безпека при великих швидкостях руху, надійність кузова й підвіски (головним чином її пружних елементів, регуляторів, шарнірів) при малій металоємності підвіски як в абсолютному значенні, так і щодо маси кузова, а також прохідність. Створення вітчизняних оригінальних прогресивних конструкцій пневматичних підвісок повинне базуватися на серйозних теоретичних дослідженнях і результатах випробувань різних варіантів цих конструкцій.

#### Список використаних джерел

1. Акоюн Р.А. Пневматична подресореваніе автотранспортних засобів (питання теорії і практики), ч.1. Львів: вища школа. Изд-во при Львів. ун-те, 1979-218с.
2. Певзнер Я.М. Пневматичні і гідравлічні підвіски. – М.: Машигиз, 1963.- 319 с.
3. Цимбалін В.Б. Шасі автомобіля. Атлас конструкцій. Навчальний посібник для вузів. М.: Машинобудування, 1997.
4. Литвиненко М.П., Говорун Є.Л. Говорун Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. Дніпропетровськ: ПДАБА, № 6-7.- с 59-63.

**Науковий керівник:** Мальцев О.В., д.т.н. проф.

**Рецензент:** Петров Л., к.т.н., доц., Військова академія (м. Одеса), Україна.

УДК 614.84

**Горбань Р.В.**, магістрант*Військова академія (м. Одеса), Україна*

## УДОСКОНАЛЕННЯ ДІАГНОСТИКИ БЕЗСТУПІНЧАСТОЇ ТРАНСМІСІЇ ВІЙСЬКОВИХ АВТОМОБІЛІВ

*В роботі розглядається підхід до дослідження ефективності наявних засобів діагностики безступінчастих трансмісій.*

**Ключові слова:** трансмісія, діагностика, безступінчаста трансмісія, несправності.

**Постановка проблеми.** На сьогоднішній день ЗС України виконують великий спектр завдань за допомогою автомобільної техніки, яка в свою чергу є застарілою – це вимагає віддати пріоритет у вирішенні питань підвищення ефективності безступінчастої трансмісії автомобіля, адже цей вид є на військових автомобілях. Діагностика цієї складової або вдосконалення є проблематичним в ЗС України. Тому що діагностика даного виду трансмісії завдає багато труднощів ремонтним підрозділам у яких немає засобів діагностування та можливостей, що в свою чергу може втратити дорогоцінний час у ході бойових дій. Тому об'єктом дослідження є безступінчаста трансмісія.

**Виклад основного матеріалу.** Ускладнення трансмісії на автомобільному транспорті та прагнення підтримувати її працездатність обумовлюють створення прогресивних методів технічної діагностики для отримання достовірної інформації про технічний стан кожного окремо взятого вузла і агрегату. Сучасні трансмісії автомобілів мають механічні передачі крутного моменту, гідравлічні і електронні системи.

Діагностика представляє собою послідовний процес отримання інформації про взаємозв'язок різних систем трансмісії для встановлення найбільш вірогідну причину несправності або відмови. Послідовність операцій діагностування повинна охоплювати найбільш ймовірні несправності. Вона повинна визначати вид, місце і можливу причину несправності для обґрунтування регулювальних або ремонтних робіт або ж зняття агрегату трансмісії з експлуатації. Діагностика знятого агрегату необхідна для підтвердження попереднього діагнозу та визначення виду часткового або повного розбирання. Якість ремонту можна оцінити за результатами діагностування окремого агрегату (вузла), а якість монтажу на автомобіль – діагностування комплектного автомобіля.

Нові технології діагностування вимагають використання сканерів, аналізаторів, цифрових і аналогових приладів і спеціальних тестерів. Тому сучасний фахівець повинен знати методи і засоби, пристроїв механічних, гідравлічних і електронних систем коробки передач, їх взаємозв'язок з роботою двигуна, застосовувати теоретичні знання для логічного прийняття рішення щодо усунення несправності трансмісії. Знати особливості конструкції всіх різновидів коробок передач неможливо, однак знання загальних принципів їх правильного функціонування, взаємозв'язків, що протікають і досвід дозволяють діагностувати область несправностей, не перетворюючи діагностування в якийсь процес проб і помилок. Нічим неможливо замінити знання, досвід, інтуїцію і свої власні «діагностичні засоби» – очі, вуха, ніс. Теоретичні знання постійно допомагають у прийнятті правильних рішень.

На агрегати і механізми трансмісії (зчеплення, карданна передача, коробка передач, роздавальна коробка, головна передача і бортові редуктори) припадає 10-15% всіх відмов, при цьому матеріальні і труднощі витрати на відновлення їх працездатності складають 40% всіх витрат. Для усунення відмов автоматичної трансмісії (автоматичної, напівавтоматичної і гідромеханічної передач), що є найбільш складним і дорогим агрегатом автомобіля, потрібно до 25% матеріальних і трудових ресурсів.

Несправності безступінчастих трансмісій відрізняються від проблем в електриці, і часто по незвичайним звукам можна зрозуміти, що щось працює не так, як повинно. Трансмісія виконує багато роботи, і з часом, неминуче виникнення деяких проблем. Якщо провести аналіз експлуатації,



діагностики та ремонту безступінчатих трансмісій можна зробити висновки, що самим складним і часто виходячим з ладу елементом даної трансмісії є коробка передач. Ремонт коробки передач може обійтися досить дорого, тому варто звертати увагу на все, що здається підозрілим.

На безступінчастій коробці передач з сталевим гнучким ременем фрикційного зачеплення, і системою електронно-гидравлічного управління, що застосовуються на легкових автомобілях з переднім приводом і поперечно розташованим двигуном невеликої потужності доводиться не більше 12-15% всіх відмов і несправностей. Трудовитрати на їх усунення значно більше (до 30%), що пов'язано з високою трудомісткістю зняття, ремонту та установки даного агрегату.

Несправності механізмів трансмісії вантажних машин типу ЗІЛ, ГАЗ призводить до підвищення витрат палива на 15-20%. Застосування в агрегатах трансмісії масла з більш високою в'язкістю в порівнянні з рекомендованим призводить до підвищення витрат палива до 8%.

Всі безступінчасті коробки передач працюють за одним і тим же принципом. Є певний взаємозв'язок між роботою двигуна і правильною роботою коробки передач. Найбільш розповсюдженими несправностями в експлуатації є:

- сторонній шум і вібрація (28-30%);
- прослизання або пробуксовка (20-23%), здатні ускладнити зворушення автомобіля з місця;
- невідповідність передач режимам роботи двигуна (32-35%);
- заклинювання і постійна робота на одній з передач (8-10%);
- відсутність передачі заднього ходу (2-3%);
- порушення в роботі селектора перемикачів передач (3-4%);
- підтікання масла (4-6%).

Основними причинами несправностей гідравлічних і електронних системами управління є:

- гідравлічна система;
- механічні елементи;
- функціональні елементи;
- гідротрансформатор;
- електронні елементи;
- збої в роботі двигуна;
- неправильна інформація, яка надходить на панель показників;
- неправильне регулювання.

Типові ознаки несправностей можуть бути такими:

- автомобіль зупиняється при включенні передачі;
- помітно збільшений витрата палива;
- автомобіль смикається при русі по магістралі з високою швидкістю;
- автомобіль втрачає потужність на низьких швидкостях, відразу після перемикачів;
- відчувається вібрація відразу після перемикачів передачі на низькій швидкості;
- після прогріву муфта гідротрансформатора залишається постійно на підвищеній передачі;
- автомобіль майже зупиняється і смикається прямо перед зупинкою.

Ознаками несправностей гідромеханічної коробки передач (ГМП) є:

– невключення тієї чи іншої передачі при русі автомобіля через вихід з ладу електромагнітів, заклинювання головного золотника, відмови в роботі гідравлічних клапанів, руйнування ущільнювальних кілець і сальників, розрегулювання системи автоматичного управління переключення передач;

– ривки при перемикачів передач як наслідок розрегулювання перемикача золотників периферійних клапанів або ослаблення кріплення відцентрового регулятора і гальма головного золотника;

– невідповідність моментів перемикачів передач (швидкостей руху, на яких повинні відбуватися перемикачів передач), ступеня відкриття дросельної заслінки двигуна внаслідок порушення регулювання моментів автоматичного перемикачів передач або несправностей в роботі силового і відцентрового регуляторів (погнутість, заїдання тяг і важелів, ослаблення кріплень);

- знижений тиск масла в головній магістралі через зношування деталей масляних насосів або надмірних внутрішніх витоків масла в передачі;
- підвищена температура масла на зливні з гідротрансформатора або в піддоні ГМП внаслідок викривлення або підвищеного зносу дисків фрикціонів.

Типовими діагностичними параметрами працездатності є: сумарні кутові зазори (при перемиканні передач), тиск масла, частота обертання колінчастого вала двигуна (при переключенні передач), моменти перемикання передач за швидкістю при плавному «розгоні» автомобіля на ненавантажених бігових барабанах динамометричного стенду, тестові випробування автомобіля на динамометричному стенді із завданням необхідних швидкісних і навантажувальних режимі розгону, гальмування, усталеного руху на кожній передачі, діагностування за кодами несправностей (для КПП з ЕБУ). Найбільш поширеними несправностями ГМП в експлуатації є сторонній шум і вібрація (28-30%), прослизання або пробуксовка (20-30%). Тому склався певний порядок вибору діагностичного параметра виробів і систем електрообладнання:

- виявляють найбільш часто повторювані відмови і пошкодження поданими підконтрольної експлуатації або за результатами експлуатації;
- аналізують причинно-наслідкові зв'язки непрацездатних або справних елементів виробу і його вихідних параметрів;
- складають функціональну схему структурно-наслідкових зв'язків по ланцюгу: агрегат або складальна одиниця – поєднання чи елемент – структурний параметр – характер несправності – ознака – діагностичний параметр.

Пошкодження по частоті обертання колінчастого вала виділяється, наприклад, таким чином. Якщо частота обертання колінчастого вала, при якій двигун заглох, вище рекомендованої, то КПП прослизає, а якщо нижче – заклинює реактивне колесо гідротрансформатора. Моменти перемикання передач за швидкістю при плавному «розгоні» автомобіля на ненавантажених бігових барабанах динамометричного стенда визначається за коливаннями стрілки спідометра. ГМП діагностують на силовому стенді перевірки тягових якостей автомобіля. На стенді відтворюють необхідні тестові режими діагностування ГМП: розгін, гальмування, накат, усталений рух на кожній передачі, при цьому як на сталих, так і на змінних режимах роботи автомобіля за допомогою спеціального приладу вимірюють поточне значення швидкості руху і фіксують значення швидкостей в моменти автоматичного перемикання передач.

Для визначення швидкості руху використовується фотодатчик, який вимірює частоту обертання бігових барабанів стенду, моменти автоматичного включення тієї або іншої передачі фіксуються за допомогою електронних імпульсів, що надходять по сполучних провідів від виконуючого механізму системи автоматичного управління перемиканням передач.

Тиск масла в головній магістралі вимірюють на режимах холостого ходу, руху і накату за допомогою встановленого в кабіні датчика. Для вимірювання температури масла в ГМП застосовують малоінерційний тепловимірювальний прилад. Крім того, за допомогою спеціального щупа вимірюють зазори між кінцями штовхачів електромагнітів і регулювальними гвинтами механізму управління золотниками периферійних клапанів. За результатами діагностування виявляють потребу в регулюванні по системі автоматичного управління перемиканням передач і визначають потребу в знятті ГМП з автомобіля для ремонту.

Слід зазначити, що ГМП можна використовувати для визначення технічного стану двигуна автомобіля, на який вона встановлена. Якщо, утримуючи автомобіль гальмами, натиснути повністю на педаль управління дроселем, двигун збільшить число оборотів колінчастого вала і буде працювати на режимі максимального використання потужності при певній частоті обертання колінчастого вала. Цю частоту називають частотою «входу». Параметри гідротрансформатора ГМП вибирають такими,

щоб частота «входу» була близька частоті, що відповідає максимальним крутним моментом двигуна і навіть трохи вище неї. При зменшенні потужності двигуна величина його крутного моменту може бути визначена з виразу:

$$M_{Kp} = \lambda j n^2 D^5,$$

де  $\lambda$  – коефіцієнт крутного моменту, що характеризує лопатеву систему насосного колеса;  $j$  – питома вага робочої рідини;  $n$  – число оборотів «входу», яка дорівнює кількості обертів насосного колеса гідротрансформатора;  $D$  – активний діаметр гідротрансформатора. Основними засобами діагностування автоматичних і гідромеханічних коробок передач є типові вимірювачі:

- люфтоміри визначення сумарних кутових зазорів в зубчастих зачепленнях;
- індикаторні головки визначення радіальних і осьових зазорів в підшипникових вузлах кочення і ковзання;
- манометри і гідротестери визначення тиску в гідравлічній магістралі;
- щуп для контролю рівня масла;
- засоби контролю якості масел і рідин;
- амперметри, вольтметри і осцилографи;
- стенди випробувальні автомобілів з біговими барабанами, а також спеціальні;
- тестери і сканери для розпізнавання кодів несправностей;
- індивідуальні дорожні тестові випробування.

При загальному контролі технічного стану коробки передач використовують переносні прилади, що дозволяють визначити частоту обертання колінчастого вала двигуна і веденого вала коробки передач. Для виявлення відмов і несправностей додатково використовуються автотестер, який підключається по черзі до соленоїд гідроклапанів.

Стендове діагностування проводиться за допомогою тестових випробувань автомобіля на динамометричному стенді із завданням необхідних швидкісних і навантажувальних режимів: розгону, гальмування, усталеного руху на кожній передачі. У перспективі планується створення спеціалізованих динамометричних стендів з автоматичною програмою випробування. Алгоритм випробувань. Для перевірки працездатності коробок передач найбільш поширені діагностичні методи: контроль тиску масла, стендові випробування, діагностування за кодами несправностей (для АКП з ЕБУ). В деяких випадках для визначення несправності необхідний демонтаж агрегату з автомобіля.

**Висновок.** Аналізуючи інформацію, яка викладена у статті, можемо зробити висновок, що розвиток в машинобудуванні прогресивно розвивається. Тому нам як спеціалістам автомобільної техніки потрібно йти в одну ногу з цим розвитком, щоб мати повну картину наскільки автомобільна техніка ускладнюється і автоматизується в різних напрямках.

Розглядаючи безпосередньо безступінчасту трансмісію, отримуємо розуміння що це дуже складна система для діагностики якої використовуються надсучасні засоби, які в свою чергу є результатом наукового впливу та довготривалого дослідження проблем виявлених в області діагностування. Взавши за приклад сили та засоби діагностики ремонтних підрозділів Збройних Сил України та порівняти їх із іншими підприємствами, які займаються діагностикою та ремонтом автомобільної техніки, можемо стверджувати, що військові засоби є дуже застарілими та не модернізованими. Виходячи з питання безпосередньо діагностики нам потрібно розуміти, що при розробці системи діагностування для забезпечення взаємодії об'єкта і засобу діагностування мають бути вирішені такі завдання: техніко-економічне обґрунтування вибору виду і призначення системи діагностування; аналіз фізичних процесів, що відбуваються в об'єкті діагностування. Для виявлення механізмів виникнення та ознак прояву пошкоджень і дефектів необхідно здійснити: збирання і вивчення апріорних даних про характерні пошкодження і дефекти аналогічних виробів або їхніх складових

частин; вибір методу діагностування; розробка моделі об'єкта діагностування; розробка алгоритму діагностування; розробка конструктивних вимог до об'єкта діагностування для забезпечення його діагностування і розробка відповідної технічної документації; вибір і розробка засобів діагностування; розробка пристроїв спряження об'єкта і засобів діагностування; розробка експлуатаційної і ремонтної документації для діагностування; випробування системи діагностування. Для кожної галузі застосування системи діагностування визначають достовірність діагнозу і глибину пошуку дефекту з урахуванням надійності виробу та його складових частин, особливо тих, відмова яких пов'язана із небезпекою для людини; контролепридатності і здатності відновлюватись; вартості і трудомісткості діагностування.

#### Список використаних джерел

1. Антонов А.С. *Армейские автомобили конструкция и расчет* / Голяк В.К. – 1970. – №1. – С.239–312.
2. Антонов А.С. *Армейские автомобили конструкция и расчет* / Голяк В.К. – 1970. – №2. – С.45–73.
3. Хазаров А.М. *Диагностирование автомобилей на станциях технического обслуживания* / Кривенко Е.И.-1987. – №1. – С.32-38
4. Центральное автотракторное управление. *Диагностирование автомобильной техники.* – 1978. – №1. – С.125–131.
5. Ткачук П.П., Білоус А.Б., Андрусик Я.Ф. *Армійські автомобілі.* –К. Львівська політехніка. – 2007. – №1. – С.289-301.

**Науковий керівник:** Мальцев О.В., д.т.н. проф.

**Рецензент:** Петров Л., к.т.н., доц., Військова академія (м. Одеса), Україна.

УДК 614.84

**Капацин В.І.**, магістрант

Військова академія (м. Одеса), Україна

## ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ В ПОЛЬОВИХ УМОВАХ

*В роботі проведено дослідження і здійснено контроль обслуговування і ремонту автомобілів на основі інформації про можливості та інтенсивність робіт майстерень. Це дозволяє підвищити якість та швидкість проведення робіт, а також виробничу спроможність технічного обслуговування та ремонту.*

**Ключові слова:** технічне обслуговування; ремонт; майстерня.

**Постановка проблеми.** Тактика дій підрозділів вимагає широке застосування автомобільної та бронетанкової техніки. Тому на даному етапі розвитку Збройних Сил України (ЗСУ) важливим є забезпечення високої надійності автомобільної техніки під час виконання службово-бойових завдань. Але значна кількість автомобільної техніки з строком експлуатації 15 років і більше. Надійна робота автомобільної техніки посередньо пов'язана з своєчасним та якісним проведенням робіт технічного обслуговування. Засоби технічного обслуговування (ТО) які зараз знаходяться у підрозділах технічного забезпечення ЗСУ вже не відповідають сучасним вимогам щодо якості обслуговування.

Майстерні технічного обслуговування (МТО) в основному представлені зразком МТО-АТ-М1, МТО-АТГ, МТО-АТ-40С. Майстерня технічного обслуговування на сучасному етапі має суттєві недоліки, що приводять до зниження виробничої спроможності. До основних недоліків входять такі як, у якості шасі застосовується автомобіль виробництва часів СРСР, бензиновим двигуном вже знятого з виробництва, електропостачання відбувається в більшості випадків від працюючого двигуна внутрішнього згоряння який приводить в дію генератор потужністю 12 кВт, та вагою 182 кг, електричні прилади дрілі, шліфувальні машини та інше обладнання мають робочу напругу різного значення, немає умов для нормального розміщення робочих постів всередині та зовні майстерні, основні прилади мають велику вагу що не дозволяє пересувати одною людиною і так інше.

Вказані недоліки системи ТО і ремонту автомобільної техніки у ЗСУ свідчать про актуальність конкретного аспекту цієї проблеми, тому і зумовили вибір теми дослідження.

**Мета статті:** тенденції розвитку технічного обслуговування і ремонту автомобільної техніки в польових умовах. Завданням ставлю, проаналізувати чинники які впливають на якість проведення технічного обслуговування і ремонту автомобільної техніки в польових умовах, а також вирішити проблему.

**Виклад основного матеріалу.** Пересувна автотранспортна майстерня (ПАРМ) з'явилася декілька років тому завдяки контракту на поставку автомобілів КраЗ для армії Іраку. Разом з транспортними вантажівками і паливозаправниками в рамках контракту передбачалася поставка не менше 250 ремонтних майстерень для обслуговування основного парку армійських машин. У виробничій програмі заводу такого автомобіля не було, його треба було створити в стислі терміни. Базовим вибрали тривісний повнопривідний КраЗ-6322 з універсальної металеві бортовою платформою (рис. 1)



Рис. 1 – Рухома авторемонтна майстерня КраЗ-6322-056 «Майстер»

У цієї машини відмінна прохідність, а в її конструкції спочатку передбачалася евакуаційна лебідка. Залишалось тільки дооснастити вантажівку краном-маніпулятором та іншим необхідним обладнанням. В результаті вийшла проста і функціональна ремонтна майстерня, очікувалося, що їй уготована коротка конвеєрна життя тільки в

рамках іракського контракту, але виявилось, подібна ремонтна летучка затребувана і вітчизняними споживачами з великим парком машин, експлуатованих в умовах бездоріжжя. Перш за все в нафтогазовидобувній галузі, при прокладці трубопроводів, меліоративних роботах і в кар'єрах.



Рис. 2 – Приклад роботи маніпулятором



Рис. 3 – Розгорнутий ПК – ЛБТ – 02



Рис 4 – Контейнеровоз з краном – маніпулятором

об'ємом, двовісного причепа вантажопідйомністю вісім тон з дизель – генераторною установкою потужністю 40 кіловат, покриття тенту, електроустаткування, спеціальних пристосувань і інструменту для військового ремонту бронетранспортерів типу БТР-70, БТР-80, БТР-3 і БТР-4. Кожен модуль польового комплексу обладнаний гідравлічною системою самозавантаження/саморозвантаження з контейнеровоза. Під'їм і опускання здійснюється за допомогою гідроциліндрів як в ручному, так і в механічному режимі.

Тому після виконання контракту машину залишили у виробничій програмі під назвою КрАЗ-6322-056 «Майстер». Основна відмінність народногосподарського «Майстра» від майстерень, поставлених в Іраку, в тому, що на ньому застосований кран-маніпулятор «Інман ІМ-95» меншою вантажопідйомності (2,83 тони замість 4,02 тони) і меншим вильотом стріли (8,1 метра замість 8,6 метра). (див. рис. 2)

В кузові КрАЗ-6322-056 «Майстер» розміщено спеціальне обладнання: дизель-генератор для живлення електроінструменту і компресорна станція, зварювальне обладнання, різний слюсарний інструмент та пристосування (всього до 540 найменувань).

Рухома авторемонтна майстерня КрАЗ-6322-056 «Майстер» призначена для технічного обслуговування та поточного ремонту пошкодженої автомобільної техніки в складних дорожніх умовах. Обладнана маніпулятором та іншими ремонтними засобами.

Обладнаний системою централізованої підкачки шин, що забезпечує високу прохідність по ґрунтах з низькою несучою здатністю, а також лебідкою для самовитягування і витягування різних транспортних засобів із тягою на тросі до 12 тс.

Також для підвищення ефективності ремонту автомобілів в польових умовах існує пересувний польовий комплекс ПК-ЛБТ-02 (див. рис. 3) і виготовлений на універсальній платформі, уніфікованій під міжнародний стандарт ISO 6346: 1995 для двадцяти футових контейнерів. Він складається з контейнеровоза з краном – маніпулятором на базі вантажного автомобіля підвищеної прохідності з колісною формулою 6 на 6 (див. рис. 4), чотирьох модулів контейнерного типу зі змінюваною геометрією і

Контейнеровоз обладнаний краном – маніпулятором вантажопідйомністю 1,2 тонни на вильоті стріли 7,6 метра, платформою для перевезення 20-футових контейнерів з механізмами кріплення фітингу і спеціальною гідравлічною апаратурою управління самонавантажуванням/саморозвантажуванням контейнерів.

Платформа причепа (див. рис. 5) оснащена водостійким тентом з металевим каркасом.

На причепі розміщені дизель – генераторна установка, ЗПП, що возиться, і покриття тенту польового комплексу. З обох сторін шасі закріплені двоє знімних навісних сходів для виконання висотних робіт, а також місткостей для зберігання горючий – мастильних матеріалів.

Польовий модуль МП-А контейнерного типу (див. рис. 6), призначений для виконання мийний – фарбувальних, зварювальних, газорізальних і газозварювальних робіт.

Модуль має бічну висувну секцію, що збільшує робочий простір на 30 відсотків. Природне освітлення внутрішнього простору модуля забезпечується бічними і передніми вікнами. Усі вікна зовні мають ґратчастий захист для відвертання проникнення при зберіганні і транспортуванні.

Вентиляція модуля здійснюється за допомогою припливного вентилятора на борту модуля, нагрів повітря в зимовий час здійснюється за рахунок переносного електричного опалювача.

Польовий модуль МП-В аналогічний по виконанню модулю МП-А. Він призначений для виконання розбірний – складальних, ремонтних робіт на агрегатах бронетранспортерів (мости, редуктора колісні, гідравлічні циліндри, форсунки, свічки, електродвигуни і інше) з їх подальшим випробуванням на стендовому устаткуванні.

Модуль обладнаний спеціальними стендами, підставками, пристосуваннями і ключами для виконання вищеназваних операцій. У їх число входять стенд випробувальний для гідравлічного устаткування бронетранспортерів, стенд розбирання-складання редукторів колісних, стенд випробування колісних редукторів, стенд розбирання-складання мостів, стенд випробування мостів. Так само тут є кран вантажопідйомністю одна тонна для переміщення агрегатів по робочій зоні модуля, стенд для піскоструминного чищення свічок запалення, стенд для перевірки дизельних форсунок, стенд для перевірки електродвигунів і контакторів, цифровий тахометр АТ-6, агрегатні лещата.

Польовий модуль МП-С аналогічний по виконанню модулю МП-А. Він призначений для виконання слюсарний – механічних робіт (слюсарна гнучка, розвальцьовування, різання труб, токарна обробка, фрезерна обробка, свердління, заточування, шліфівка), роботи на пресовому устаткуванні. Модуль укомплектований токарним, фрезерним, свердлувальним, електрозаточним верстатами, пресом, слюсарними лещатами, слюсарним і вимірювальним інструментом.



Рис. 5 – Платформа причепа



Рис. 6 – Польовий модуль МП-А контейнерного типу



Рис. 7 – Польовий модуль МП-Д



Рис. 8 – Автомобіль технічної допомоги на базі вантажівки «IvecoTrakker»



Рис. 9 – Робота автомобіля технічної допомоги



Рис. 10 – Здійснення евакуації автомобіля

Польовий модуль МП-Д (див. рис. 7) в цілому аналогічний по виконанню вище описаним модулям польового комплексу.

Цей модуль призначений для проведення обслуговування озброєння, обліку і організації процесу ремонту бронетранспортерів.

Господарський блок модуля включає холодильник, мікрохвильову піч, електричну піч, умивальника і шафу речову.

Центральна частина робочого простору модуля забезпечує організацію місця їди для восьми чоловік екіпажа, а також спальне відділення.

Також використовуючи досвід інших збройних формувань України, можемо побачити якість технічного обслуговування та ремонту завдяки впровадженню нової техніки.

В Окремій комендатурі охорони і забезпечення Держприкордонслужби, що в Бортничах, прикордонники презентували сучасні мобільні ремонтні майстерні (див. рис. 8), які дозволяють виконувати широкий спектр різноманітних робіт з технічного обслуговування і ремонту транспортних засобів в польових умовах.

Віднині автомобілі технічної допомоги допомагатимуть охоронцям кордону, в тому числі під час операції об'єднаних сил (ООС), ремонтувати техніку просто в полі. (див. рис. 9)

Ремонтні майстерні облаштовані на базі автомобілів, які були отримані Держприкордонслужбою в рамках міжнародно-технічної допомоги.

Автомобіль може здійснювати евакуацію автомобілів, оскільки він обладнаний потужною лебідкою, що може витягувати навіть важку техніку. (див. рис. 10)

Крім того на автомобілі є обладнаний кран-маніпулятор, за допомогою якого можна здійснювати демонтаж важких вузлів та агрегатів на техніці. Обладнання дозволяє розвернути понад 6 спеціалізованих постів, зокрема, пости зварювальника, кузовних робіт, діагностування, автомийку тощо.

Також існує ряд нових майстерень, що не знаходяться на озброєнні ЗС України. Станція ремонтно-зарядні акумуляторна призначена для зарядки (розрядки), ремонту стартерів свинцево-кислотних акумуляторних батарей і проведення їх контрольно-тренувальних циклів в польових умовах. (див. рис. 11)

Майстерня призначена для проведення перевірки характеристик систем наведення, прицілювання і управління вогнем бронетанкової техніки. Дозволяє здійснювати весь комплекс

робіт в польових умовах, далеко від джерел електропостачання. (див. рис. 12)



Танко-ремонтна майстерня призначена для забезпечення демонтажно-монтажних, електрозварювальних, слюсарно-механічних робіт, а також для зарядки акумуляторних батарей при військовому ремонті бронетанкової техніки в польових умовах. (див. рис. 13)

Устаткування майстерні дозволяє виконувати наступні види робіт: вантажопідйомні роботи при заміні агрегатів (вузлів) і інші вантажно-розвантажувальні роботи; експлуатаційна регулювання агрегатів, вузлів, механізмів і приводів їх управління; заміна вузлів і агрегатів БТТ: газозварювальні і газорізальні роботи; електродугове зварювання чорних металів; ручна аргонодугова зварювання алюмінію і його сплавів; слюсарно-механічні роботи; усунення дрібних несправностей в системі електроустаткування і заміна несправних електричних агрегатів і приладів; підзарядка акумуляторних батарей; підфарбовування бронетанкової техніки; мийка та чистка агрегатів і вузлів бронетанкової техніки.

**Висновок.** Таким чином, замінивши деякі зразки військової автомобільної техніки, що є застарілі та на сучасному етапі мають суттєві недоліки які впливають на порядок використання, економію та виробничу спроможність, на більш сучасну та надійнішу техніку яка дасть змогу Збройним Силам України виконувати завдання за призначенням швидше та чіткіше.

Адже на сьогоднішній день промисловість України спроможна забезпечити Збройні Сили України більш новітньою військовою автомобільною технікою та підняти технічний рівень у нашій державі.



Рис. 11 – Станція ремонтно-зарядні акумуляторна



Рис. 12 – Контрольно-перевірочна майстерня



Рис. 13 – Танко-ремонтна майстерня

#### Список використаних джерел

1. Рухомі засоби технічного обслуговування і ремонту військової автомобільної техніки: Навчальний посібник. – За ред. професора П.П. Ткачука. – Львів: АСВ, 2011. – 262 с.
2. <https://banga.ua/pages/avtomobili-kraz/bortovoy-kraz-6322>
3. [https://sinref.ru/avtomobili/Kraz/002\\_avtomobili\\_kraz\\_6322\\_02\\_kraz\\_63221\\_02\\_kraz\\_6446\\_02/000.htm](https://sinref.ru/avtomobili/Kraz/002_avtomobili_kraz_6322_02_kraz_63221_02_kraz_6446_02/000.htm)
4. <https://promplace.ru/gruzovye-avtomobili-staty-i-obzory/kraz-6322-1309.htm>
5. <http://harz110.com/pc-lbt-02/pc-lbt-02.html>
6. <https://www.architektonix.com/maketing/modeli-vojennoj-tehniki/maket-pk-lbt-02-razrez/>
7. <https://novynarnia.com/2016/10/21/20-vartih-uvagi-boyovih-mashin-iz-vistavki-zbroya-i-bezpeka-foto/>
8. <https://www.5.ua/suspilstvo/u-dpsu-pokazaly-mobilni-remontni-maisterni-dlia-remontu-transportnykh-zasobiv-110358.html>
9. <https://www.pinterest.com/pin/322429654568865410/>

**Науковий керівник:** Шелухін С.В., к.т.н. проф., Військова академія, (м. Одеса), Україна.

УДК 614.84

**Комнатний В.В.**, магістрант  
Військова академія (м. Одеса), Україна

## ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ ВІЙСЬКОВИХ АВТОМОБІЛІВ ЗА РАХУНОК ВПРОВАДЖЕННЯ СУЧАСНИХ ЗАСОБІВ ДІАГНОСТИКИ

*В роботі проведено дослідження контролю технічного стану автомобілів на основі інформації про надійність і економічність проведення діагностування. Це дозволяє підвищити точність, зменшити час на проведення діагностування та дає можливість діагностувати нові зразки ОБТ.*

**Ключові слова:** технічний стан, діагностика, контроль.

**Постановка проблеми.** На сьогоднішній день в ремонтних підрозділах ЗСУ з великою інтенсивністю проводиться технічне обслуговування та поточні ремонти автомобільної техніки. Тому саме зараз є найбільш потрібним, внесення свіжих ідей та модернізацій в цьому напрямку. Найпродуктивнішою модернізацією цього процесу є зміна діагностичного обладнання. Це значно підвищить економічність, швидкість, якість та зручність проведення технічних обслуговувань та ремонтів машин.

**Мета статті:** дослідження і порівняння технічних характеристик та діагностичних можливостей між старими зразками діагностичних засобів та їх сучасними аналогами.

**Виклад основного матеріалу.** Збереження працездатності автомобільної техніки забезпечується виконанням планово-попереджувальних робіт по технічному обслуговуванню і ремонту, а також позапланових ремонтів, що проводяться для усунення відмов і несправностей, які виникають в міжпрофілактичні періоди.

При планово-попереджувальній системі ТО і ремонту автомобіль через певний пробіг (час) в примусовому порядку піддається профілактичним діям у встановленому обсязі. При цьому, не дивлячись на коректування режимів ТО і ремонту залежно від ряду чинників, індивідуальний підхід до кожного автомобіля відсутній. Проте необхідність в такому підході є, оскільки навіть при роботі автомобілів в однакових умовах технічний стан кожного з них при одному і тому ж напрацюванні внаслідок цілого ряду причин (індивідуальні особливості автомобіля, професіоналізм водіння, ТО і так далі) може істотно відрізнятись. Далеко не для кожного автомобіля необхідні всі операції, передбачені «жорстким» обсягом того або іншого виду ТО. Виконання цих «непотрібних» операцій веде, з одного боку, до неповної реалізації індивідуальних властивостей автомобіля, підвищення витрат на ТО, з іншого, не завжди сприяє поліпшенню його технічного стану. Навпаки, частіші втручання в роботу з'єднань, вузлів та механізмів сприяють підвищеному зношуванню суміжних поверхонь, появи пошкоджень з'єднань, порушенню їх герметичності. Значні втрати трудових і матеріальних ресурсів пов'язані також з великим обсягом ремонтних робіт, обумовленим невчасним виявленням відмов.

Якнайповніше використання індивідуальних можливостей автомобіля і забезпечення на цій основі високої ефективності рухомого складу в процесі експлуатації може бути здійснене за рахунок широкого впровадження в технологічний процес ТО і ремонту діагностування технічного стану автомобілів.

I. Щоб визначити, в якому стані автомобіль або його елемент, необхідно знати їхні параметри технічного стану (структурні параметри), задані нормативно-технічною документацією заводу-виробника. Параметрами технічного стану (структурними параметрами) називаються фізичні величини (міліметр, градус і ін.), які визначають зв'язок і взаємодію елементів автомобіля і його функціонування в цілому. Наприклад, параметрами технічного стану сполучення поршень – циліндр двигуна можуть бути розміри сполучення деталей поршнів і циліндрів, які визначають між ними зазор, овальність і т.п.

У процесі експлуатації параметри технічного стану змінюються від номінального до граничного значення під впливом різних конструктивно-технологічних і експлуатаційних факторів. Граничні значення структурних параметрів обумовлені ймовірністю відмов і несправностей автомобіля і є в основному значеннями техніко-економічного характеру.

При діагностуванні параметри технічного стану автомобіля і його елементи вимірюють на підставі вихідних (робочих) і супровідних процесів, які породжуються функціонуючим механізмом. Ці процеси функціонально пов'язані з технічним станом механізму, містять інформацію, потрібну для діагностики і називаються діагностичними ознаками.

Найбільш частіше для діагностування автомобілів застосовують такі діагностичні ознаки: ефективність механізму, коливальні процеси, тепловий стан, герметичність, склад мастила й ін. Діагностичні ознаки можна кількісно оцінити за допомогою відповідних діагностичних параметрів.

Основними завданнями діагностування є:

1. Контроль технічного стану, а саме перевірка справності і працездатності автомобіля в цілому і його складових частин зі встановленою вірогідністю достовірності діагностування;
2. Пошук дефектів, які порушують справність і працездатність автомобіля;
3. Збір початкових даних для прогнозування залишкового ресурсу або вірогідності безвідмовної роботи автомобіля в міжпрофілактичний період.

II. Найбільш поширена діагностика це діагностика двигуна. До неї вдаються при зниженні потужності двигуна, його частих перегрівів, збільшенні паливної витрати, виникненні сторонніх звуків в період роботи двигуна, появи запаху бензину в салоні автомобіля.

Найчастіше такі «симптоми» свідчать про несправності інжектора – порушення процесу впорскування всередину двигуна палива. Така несправність згубно позначається не тільки на двигуні, а й на інших вузлах і агрегатах машини. Діагностика в такому випадку передбачає перевірку:

- стану кілець;
- цілісності вкладишів;
- стану усіх форсунок;
- свічок запалювання;
- масла;
- тиску масляного насосу;
- повітряного і масляного фільтрів;
- компресію в блоці циліндрів;
- а також оцінку загального рівня зносу двигуна.

Наявність проблем хоч в одному з комплектуючих призведе до виходу двигуна з ладу, при чому трапляється це може в самий невідповідний момент. Точно визначити причину несправності і усунути її може тільки фахівець, адже він володіє не тільки комплексним набором знань і практичних навичок, в його розпорядженні також знаходиться високоточна апаратура, яка діагностує несправності, які візуально виявити неможливо.

На сучасних автомобілях встановлені точні і чуйні електронні системи, які постійно контролюють роботу кожного вузла, збирають інформацію на бортовому комп'ютері. За вузли



Рис. 1 – Комп'ютерна діагностика двигуна автомобіля.

машини відповідають окремі електронні блоки управління. Кожен з них працює автоматично за встановленою програмою. Під час комп'ютерної діагностики механік підключається до електронної системи за допомогою спеціальних пристроїв і зчитує закодовану інформацію (Рис. 1.).



**Рис. 2 – Випробувальний стенд EPS 625 для перевірки ПНВТ.**



**Рис. 3 – Загальний вид стенду для діагностики амортизаторів автомобіля.**



**Рис. 4 – Ультразвуковий датчик для діагностування амортизаторів автомобіля.**

Розшифровує її і розуміє, де шукати проблему. Після цього йде перевірка фізичних параметрів двигуна на основі отриманих даних. Одна виявлена несправність часто має кілька причин. Після закінчення процедур оцінюється обсяг роботи і термін усунення несправностей.

За допомогою універсального випробувального стенду для компонентів EPS 625 (Рис. 2.) можна перевіряти високопродуктивні традиційні рядні і розподільні ПНВТ.

Спеціалізований випробувальний стенд служить для перевірки традиційних рядних паливних насосів високого тиску (ПНВТ) та перевірки традиційних розподільних ПНВТ з механічними і електронними регуляторами.

Цей стенд є сумісний з наявними комплектами дооснащення EPS 815, оснащений інтегрованим водяним охолодженням і електронним регулюванням частоти обертання приводного двигуна.

III. Як правило, більша увага приділяється передній підвісці авто, так як саме попереду зосереджені основні деталі, вузли і механізми підвіски, що відповідають за управління. Діагностика підвіски автомобіля повинна проводитися водієм систематично.

Перевірка стану елементів підвіски з використанням засобів комп'ютерного діагностування доцільна при виконанні робіт з ТО та ПР легкових та вантажних автомобілів на станціях технічного обслуговування.

- Комп'ютерною діагностикою можна перевірити:
- амортизатори;
  - ресори та пружини;
  - люфти та зазори у елементах ходової частини;
  - розвал-сходження передніх коліс.

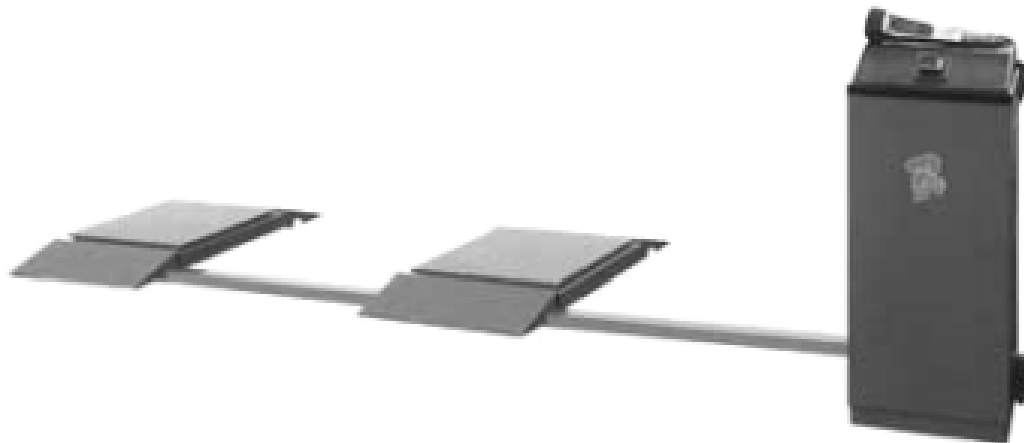
Основний метод комп'ютерної діагностики підвіски, так званий шок-тест підвіски, проводиться на стенді, що складається з невеликого пневматичного підйомника і пристрої з пружними важелями, що відслідковує вертикальні переміщення кузова (Рис. 3.).

Тестування здійснюється послідовно на передній і задній осі. За результатами тесту комп'ютер стенду обчислює коефіцієнт загасання коливань для кожного амортизатора випробуваної осі. Цей метод оцінює роботу підвіски тільки при малих швидкостях руху штока амортизатора і дозволяє визначити тільки два граничних стану амортизатора: або амортизатор повністю вийшов з ладу, або амортизатор підклинило або його заклинило повністю. Визначити ступінь зносу амортизатора в цьому випадку неможливо.

Окремим випадком шок-тесту підвіски є метод розгойдування кузова. При діагностиці цим методом використовують спеціальний прилад, що складається з блоку, в якому розміщені ультразвуковий датчик, обчислювальний пристрій, керуючі клавіші і дисплей, а також джерела ультразвуку (Рис. 4.).

Прилад реєструє коливання і обчислює коефіцієнт їх загасання. Метод не отримав широкого розповсюдження через достатньо низьку точність вимірювань.

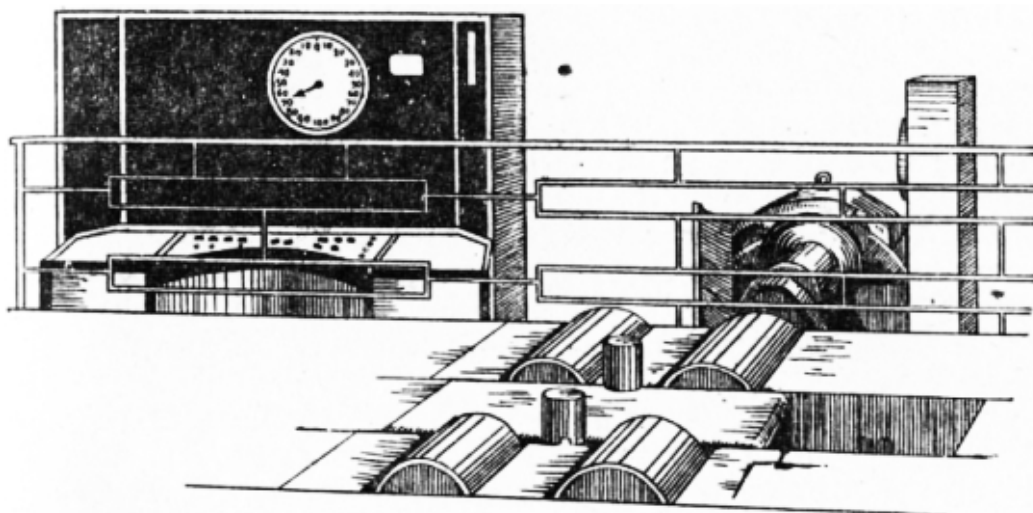
Для діагностування пружних елементів (ресор і пружин) використовуються барабанні стенди (Рис. 5.).



**Рис. 5 – Барабанний стенд для діагностики ресор та пружин автомобіля.**

З метою імітації умов руху коліс, за пропозицією Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, на барабанах закріплюють нерівності заданої висоти (20-30 мм). При обертанні барабанів зі встановленою швидкістю перекочування коліс через нерівності виникають коливання, які передаються на підвіску.

Для виявлення дефектів і зазорів у сайлент-блоках, шарнірних з'єднаннях, кріпленні амортизаторів ходової частини легкових і вантажних автомобілів, а також виявлення місця виникнення різних сторонніх стукотів і скрипів використовують стенд (детектор) (Рис. 6.).



**Рис. 6 – Стенд (детектор) для діагностування зазорів ходової частини автомобіля.**

Стенд представляє собою одну або дві стаціонарно встановлених платформи, що складаються з нерухомих плит з антифрикційним покриттям і рухливих майданчиків, що переміщуються навколо кутових осей штоків циліндра.

Контроль з'єднань здійснюється візуально за допомогою підсвічування, вмонтованого у переносний пульт керування. Стенди можуть бути змонтовані на оглядовій ямі, естакаді, підйомнику (у двох виконаннях – із заглибленням або встановленням на поверхні).

IV. 5. В процесі експлуатації порушуються заводські регулювання установки коліс автомобіля. Це відбувається в результаті зносу вузлів підвіски, шарнірних з'єднань поворотних цапф і рульової трапеції, підшипників коліс, деформації балки переднього моста і поворотних важелів. У результаті змінюються



Рис. 7 – Стенд перевірки кутів установки коліс автомобіля з використанням 3D технології.

просторі. Система постійно відстежує відстань до кожної з міток, одночасно визначаючи зміну геометричних параметрів їх відображення, порівнюючи з еталонною моделлю (що перебуває в пам'яті системи). На основі отриманих даних проводиться побудова віртуальної моделі з позиціонуванням її в просторі щодо датчиків стану.

Тепер при переміщенні мішеней (автомобіля) в межах видимості камер, система буде розраховувати і видавати дані, в режимі реального часу, ґрунтуючись на побудованій моделі.

V. Електрообладнання сучасного автомобіля включає в себе цілий комплекс електричних вузлів: від простих запобіжників до бортових комп'ютерів, і є мозковим центром автомобіля, який координує роботу вузлів і механізмів, від яких залежить не тільки комфортна їзда, але й безпека. Виявити несправність складних електронних вузлів автомобіля може тільки висококваліфікований майстер, що застосовує сучасне дилерську обладнання для проведення діагностики електрообладнання автомобіля. При комп'ютерній діагностиці, вимірювані показники порівнюються із заводськими параметрами. (Рис. 8).

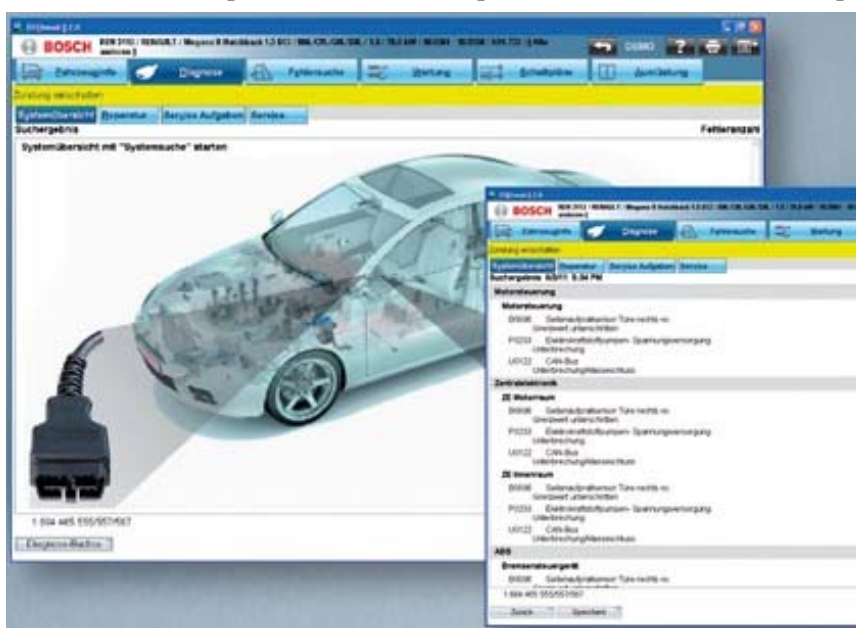


Рис. 8 – Комп'ютерна діагностика електричного обладнання автомобіля.

первинні розміри і збільшуються люфти в з'єднаннях. Від того, наскільки об'єктивно і достовірно буде виявлено несправність, залежить якість і ефективність роботи.

Стенд перевірки кутів установки коліс з використанням 3D технології (Рис. 7.) включає в себе:

- стенд комп'ютерного 3D розвал-сходження;
- спеціально обладнану платформу, підйомник або оглядову яму;
- контрастні «мішені», що закріплюються на колесах автомобіля;
- цифрові камери високої роздільної здатності, що стежать за положенням мішеней в просторі;
- комп'ютер для аналізу отриманих даних і виведення інформації про величину, відповідно кутів установки коліс для даної марки автомобіля;
- інструкції по регулюванню.

Принцип роботи устаткування простий і полягає в аналізі переміщення «мішеней» в

Всі системи автомобіля, конструктивно призначені для комп'ютерної діагностики, можуть бути протестовані.

**Висновок.** Отже, взявши до уваги всі технічні характеристики діагностичного обладнання, яким на даний час укомплектовані підрозділи автотехнічного забезпечення ЗСУ, можна зробити висновок, що всі ці зразки є дуже застарілими, і сильно поступаються сучасним аналогам. Вони потребують навіть не модернізації, а заміни на більш продуктивні, якісніші, швидші та точніші засоби діагностування.

Таким чином, заміна застарілого обладнання діагностування дасть змогу суттєво підвищити економічність процесу діагностування, значно зменшивши час на проведення діагностування, затрат на «непотрібне» ТО та ремонт що може бути помилково проведене через похибки в діагностуванні.

Заміна діагностичного обладнання необхідна, і приведе до покращення всього процесу діагностування, і виведе процес діагностування в ЗСУ на рівень сучасних вимог до діагностування автомобільної техніки.

### Список використаних джерел

1. Коробкін В.Ф. Конспект лекцій з навчальної дисципліни «Основи технічної діагностики автомобілів». Макіївка 2010.
2. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: підруч. /Лудченко О.А. – К.: Знання, 2004. – 478с.
3. Канарчук В.Є., Лудченко О.А., Чигиринець А.Д. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів: Підручник. – К.: Вища шк., 1994. – (у 3-х кн.): Кн. 1: Теоретичні основи. Технологія. – 342 с; Кн. 2: Організація, планування і управління. – 383 с; Кн. 3: Ремонт автотранспортних засобів. – 599 с.
4. Засоби транспортні дорожні. Експлуатаційні вимоги безпеки до технічного стану та методи контролю: ДСТУ 3649-97 / К.: Держстандарт України, -1998.- 20 с.- (Національні стандарти України).
5. П.П. Ткачук, В.М. Зіркевич, А.О. Левченко, П.О. Русіло, О.М. Калінін, Ю.О. Вяткін, В.В. Костюк, М.П. Козлинський Рухомі засоби технічного обслуговування і ремонту військової автомобільної техніки. Львів 2011.

**Науковий керівник:** Шелухін С. В., к.т.н.

**Рецензент:** Козлов М., к.т.н. доц., Військова академія (м. Одеса), Україна.

УДК 355.69

**Красота Ю. А.***Військова академія (м. Одеса)*

## ВИЗНАЧЕННЯ ЕКСПЛАТАЦІЙНОЇ ШВИДКОСТІ РУХУ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ У ПРОЦЕСІ ДОСТАВКИ ЗАСОБІВ АВТОТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

*У статті наводиться підхід до оцінки факторів які впливають на експлуатаційну швидкість руху під час бойових дій*

**Ключові слова:** засоби автотехнічного забезпечення, доставка, марш..

**Постановка проблеми.** Швидкості доставки засобів не завжди визначаються однозначно у відповідності з наведеними в експлуатаційній документації на кожний тип транспортного засобу, так як вони в кожному конкретному випадку залежать від характеристик театру військових дій, особливості маршрутів доставки засобів автотехнічного забезпечення, часу, доби і т. д. Коректне визначення середніх швидкостей доставки засобів пов'язано з певними труднощами, так як їх розрахунок повинен враховувати велику кількість різних факторів, з одного боку, і з іншого, цей розрахунок вельми важливий для правильного вибору маршрутів доставки.

**Мета статті** полягає у розробленні пропозицій для збільшення факторів, які впливають на експлуатаційну швидкість автомобільної техніки руху під час бойових дій.

**Виклад основного матеріалу.** Існуюча система доставки засобів АТЗ розташована тільки штатним автомобільним транспортом (спеціальних і загального призначення). Головними і визначальними характеристиками системи доставки засобів автотехнічного забезпечення є: кількість транспортних засобів; можливості кожного транспортного засобу з підйому відповідної кількості засобів АТЗ; час маршру, обумовлений можливими швидкостями транспортування з урахуванням тактико-технічних характеристик транспортних засобів. Кількість транспортних засобів в кожній ланці системи доставки засобів автотехнічного забезпечення визначається оргштатною структурою з'єднань, частин і підрозділів, а можливості з підйому характеризуються тактико-технічними характеристиками відповідних типів транспортних засобів:

$$t_g(N_{\text{ТР}}) = K_p(t_z + t_m + t_p) + (K_p - 1)t'_m, \quad (1)$$

де  $t_z$  - час завантаження транспорту вантажем;  
 $t_m$  - час маршу;  
 $t_p$  - час розвантаження вантажу;  
 $t'_m$  - час повернення колони;  
 $K_p$  - кількість рейсів, потрібно для перевезення вантажу.

Значення  $t_z$ ,  $t_m$ ,  $t_p$ , і  $K_p$  визначається залежність:

$$t_z = \frac{N_{\text{ТР}}}{K_{\text{СП}}} t^{(1)}_z, \quad (2)$$

де  $K_{\text{СП}}$  - кількість засобів завантаження;  
 $t^{(1)}_z$  - час завантаження одного предмета;

$$t_m = \frac{X_s}{\bar{V}_s}, \quad (3)$$

де  $X_s$  - довготривалість маршруту доставки;  
 $\bar{V}_s$  - середня швидкість руху транспорту;



$$t_p = \frac{N_{\text{ТР}}}{K_{\text{СР}}} t_p^{(1)}, \quad (4)$$

де  $K_{\text{СР}}$  – кількість засобів для розвантаження;  
 $t_p^{(1)}$  – час розвантаження одного предмета;

$$K_p = \frac{N_{\text{ТР}}}{N_{\text{Т}} K_{\text{ТС}}}, \quad (5)$$

де  $N_{\text{Т}}$  – кількість транспортних засобів;  
 $K_{\text{ТС}}$  – кількість предметів, перевезених одним транспортним засобом;

Значення  $K_p$  округлюється до цілого числа в більшу сторону. Із сукупності складових часів, що визначають значення  $t_g(N_{\text{ТР}})$ , найбільшу вагу має час маршу  $t_m$ . Тому необхідно проаналізувати швидкості доставки засобів АТЗ.

Швидкості доставки засобів не завжди визначаються однозначно у відповідності з наведеними в експлуатаційній документації на кожний тип транспортного засобу, так як вони в кожному конкретному випадку залежать від характеристик театру військових дій, особливості маршрутів доставки засобів автотехнічного забезпечення, часу, доби і т. д. Коректне визначення середніх швидкостей доставки засобів пов'язано з певними труднощами, так як їх розрахунок повинен враховувати велику кількість різних факторів, з одного боку, і з іншого, цей розрахунок вельми важливий для правильного вибору маршрутів доставки. Для більш повного обліку факторів, що впливають, доцільно при визначенні часу маршу замість середньої швидкості руху використовувати експлуатаційну швидкість. Із рис. 1 видно, який асортимент різних факторів необхідно враховувати для визначення експлуатаційної швидкості руху транспортного засобів.

$$V_g = \left( \sum_{\beta=1}^m \frac{P_{\beta}}{\bar{V}_{\beta} \prod_{E=1}^n f_E} \right)^{-1}, \quad (6)$$

де  $P_{\beta}$  – відносна довжина маршруту по дорозі ;  
 $m$  – кількість категорій доріг, по яким відбувається марш;  
 $\bar{V}_{\beta}$  – максимальна швидкість руху, яка визначається тяговими можливостями базових машин;  
 $f_E$  – функції, що впливають на рухливість транспортів ( $E=1, n$ ).

Демо коротку характеристику функції  $f_E$ .

$f_1$  – функція виявлення якості системи підресорювання базових машин.

$$f_1 = \frac{V_{\beta\beta}}{\bar{V}_{\beta}}, \quad (7)$$

де  $V_{\beta\beta}$  – максимально доступна швидкість руху.  
 $f_2$  – функція виявлення умов відомості:

$$f_2 = 1 - \frac{\Delta V_{\beta\beta}}{\bar{V}_{\beta}}, \quad (8)$$

де  $\Delta V_{\beta\beta}$  – втрати швидкості руху за рахунок недостатнього кваліфікації водіїв.  
 $f_3$  – функція виявлення кваліфікації водіїв:

$$f_3 = 1 - \frac{\Delta V_k}{\bar{V}_m}, \quad (9)$$

де  $\Delta V_k$  – втрати швидкості руху за рахунок недостатньої кваліфікації водіїв;  
 $\bar{V}_m$  – швидкість руху транспортних засобів з інструкторами водіння;  
 $f_4$  – функція виявлення організації управління руху колони.

$$f_4 = 1 - \frac{V_k}{V_0}, \quad (10)$$

де  $V_k$  і  $V_0$  – швидкість руху колони та однієї машини відносно;  
 $f_5$  – функція виявлення запасу ходу по пальному:

$$f_5 = \left(1 + \frac{\tau_3}{\tau_g}\right)^{-1}, \quad (11)$$

де  $\tau_3$  – час, затрачений на дозаправку базових машин в ході маршу;  
 $\tau_g$  – час маршу без обліку дозаправки базових машин.

Слід мати на увазі, що плечі подачі засобів АТЗ дозволить здійснювати доставки, як правило, без дозаправки базових машин в русі маршу у зв'язку з чим впливає функція  $f_5$  на  $V_3$  суттєво знижується.

$f_6$  – функція виявлення затрат часу на виконання технічного обслуговування

$$f_6 = \prod_{\rho=1}^{\bar{m}} f_{\rho}, \quad (12)$$

де  $\bar{m}$  – кількість видів технічного обслуговування, виконаних в русі маршу.

$f_{\rho}$  – функція виявлення витрат часу на виконання технічного обслуговування  $\rho$ -го виду в русі маршу:

$$f_{\rho} = \left(1 + \frac{n_{\rho} K_{\rho} \tau_g V_c}{X_s}\right)^{-1}, \quad (13)$$

де  $n_{\rho}$  – кількість технічного обслуговування;

$K_{\rho}$  – коефіцієнт, характеризує рівень організації технічного обслуговування;

$\tau_g$  – трудомісткість технічного обслуговування;

$V_c$  – швидкість руху транспорту;

$f_7$  – функція виявлення прохідності транспортних засобів:

$$f_7 = \left(1 + \frac{S_1 + \tau_n V_c}{X_s}\right)^{-1}, \quad (14)$$

де  $S_1$  – загальний шлях, пройдений транспортом;

$\tau_n$  – загальний час простою транспорту;

$V_c$  – швидкість руху транспорту з урахуванням  $f_1 - f_6$ .

Цілком очевидно, що наведений перелік впливаючих факторів, оцінювальних функцій  $f_3$  ( $\exists=1,7$ ), не є вичерпним. Однак, навіть облік розглянутих дозволяє значно більш коректно оцінити час маршу транспорту з засобів АТЗ.

Визначивши реальну експлуатаційну швидкість для даного маршруту руху кожного транспорту, час маршу встановлюється по залежності:

$$t_m = \frac{X_s}{V_3}, \quad (15)$$

Наведений математичний опис процесу доставки засобів АТЗ в змозі охопити не тільки основні, характерні його особливості, залишаючи осторонь несуттєві другорядні фактори. В результаті аналізу було встановлено, що процес доставки засобів АТЗ у війська залежить від безлічі випадкових чинників, які є функціями часу. Тому в основу розробки моделі функціонування системи доставки засобів АТЗ покладено метод статистичних випробувань. Для оцінки процесів забезпечення військ засобів АТЗ використовувалася інформація, отримана при багаторазовому відтворенні випадкових реалізацій. Кількісні характеристики, складові змісту такої інформації піддавалися статистичній обробці, з метою отримання результату моделювання процесів, в системі доставки було визначено залежності ймовірності своєчасної доставки засобів АТЗ від планованого часу.

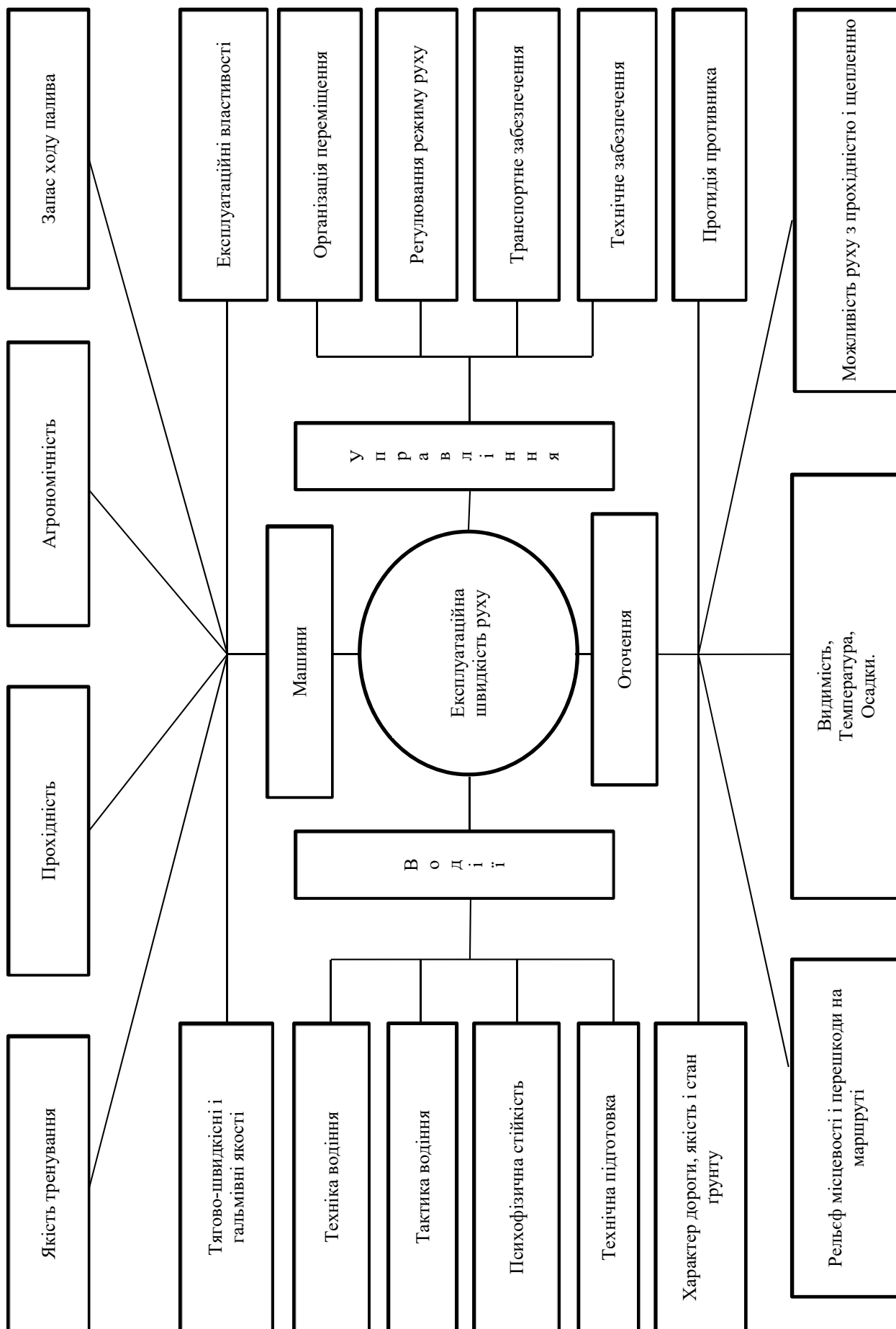


Рис.1 Фактори що впливають на експлуатаційну швидкість руху

**Висновок.** Коректне визначення середніх швидкостей доставки засобів пов'язано з певними труднощами, так як їх розрахунок повинен враховувати велику кількість різних факторів, з одного боку, і з іншого, цей розрахунок вельми важливий для правильного вибору маршрутів доставки. Для більш повного обліку факторів, що впливають, доцільно при визначенні часу маршруту замість середньої швидкості руху використовувати експлуатаційну швидкість.

#### Список використаних джерел

1. Серватюк В.М. Аналіз розвитку способів парашутного десантування озброєння та військової техніки за допомогою новітніх засобів десантування / Серватюк В.М., Котляр С.П. // Труды університету: зб. Наук. Праць / Національний університет оборони України імені Івана Черняховського. – №4(118). – К.: 2013. – С.130 – 136.
2. Булгаков В.В. Вооруженный конфликт: формы и способы действий / Булгаков В.В. – К.: «Военная мысль» -2002. – №1. – С.39 – 43.
3. Воробьев И.Н. Контртеррористическая операция: анализ, уроки и выводы / Воробьев И.Н., Киселев В.А. // «Оперативная информация» – 2004. – 82 с.
4. FM63-2-1 Division Support Command Light, Airborne and Air Assault Divisions 16 November 1992. – 321p.
5. Щуєнкін В.О., Ішутін І.С., Трегубенко С.С. Метод визначення оптимального варіанта використання різних видів транспорту під час забезпечення військ (сил) матеріально-технічними засобами. //зб. Наук. Пр.. ЦНДІ ЗС України. – К., 2014. – №2(68). – С.44-53.
6. Особливості автотехнічного забезпечення військових частин в гірській, степовій та лісистой місцевості / С.М. Хаба, В.М Оленев // Національна безпека України: актуальні проблеми та шляхи їх вирішення. Збірник тез доповідей Третьої Всеукраїнської курсантсько-студентської науково-практичної конференції. 24.11.2017р., Одеса, 2017. – С.99-100.

**Науковий керівник:** Оленев М.В., к.т.н., доц.

**Рецензент:** Шлапак В.О., к.ф.-м.н., доц., Військова академія (м. Одеса), Україна.

УДК 629.113

**Купринюк О.П.,**  
**Тріфонов М.А.,**  
**Мальцев О.В.,** д.т.н., професор  
*Військова академія, (м. Одеса), Україна*

## **РОЗРОБКА ПРОПОЗИЦІЙ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ПРОХІДНОСТІ ВАНТАЖНОГО АВТОМОБІЛЯ ШЛЯХОМ АВТОМАТИЗАЦІЇ МІЖКОЛІСНОГО ДИФЕРЕНЦІАЛУ**

*Автомобіль КраЗ–6322 є повнопривідним автомобілем та за своїм призначенням здатний долати бездоріжжя та дорожні покриття у складних умовах. На автомобілі встановлена система блокування міжколісного диференціалу, яка надає можливість колесам автомобіля обертатися з однаковою швидкістю, що суттєво підвищує його прохідність. Система блокування диференціалу є системою не досконалою, Аналіз експлуатації повнопривідних автомобілів КраЗ-6322 показав що при русі з заблокованими диференціалами на поворотах та при підвищенні швидкості автомобіля, трансмісія піддається великим навантаженням, які, в свою чергу, значно зменшують ресурс її експлуатації або, взагалі призводять до передчасного виходу трансмісії зі строю. Наявність даної проблеми обумовило вибір теми дослідження шляхів модернізації міжколісних та міжосьового диференціалів.*

**Ключові слова:** міжколісний диференціал, автоматизація,

**Постановка проблеми.** Система блокування диференціалу автомобіля КраЗ-6322 є не цілком придатною для використання у Збройних Силах України. Вона не відповідає вимогам щодо ведення сучасних бойових дій. Робота системи блокування диференціалу влаштована так, що для блокування диференціалу потрібно зупинити автомобіль і за допомогою пневмо приводу заблокувати диференціали. Подолати складний відрізок місцевості (лід, болото і т.д.) на швидкості до 15 км/год., не виконуючи великих поворотів, (бо в іншому випадку під дією динамічних зусиль піввісь автомобіля буде скручена) знову зупинити автомобіль, розблокувати диференціали. І тільки після цього автомобіль може впевнено продовжувати рух. Динаміка сучасних бойових дій є не передбачуваною, кожна хвилина на рахунку, стоячий автомобіль стане легкою ціллю для ураження противником. Що призведе до знищення зразка військової техніки, вантажу що перевозиться або особового складу.

Інше питання полягає не в системі блокування диференціалу, ні. А в тому чи має водій досвід управління автомобілем в складних умовах? Чи знає він вимоги до користування системою блокування диференціалу автомобіля КраЗ-6322? Чи є він особистістю яка зможе впоратися зі стресом? Чи зможе він правильно виконати блокування диференціалу? Такі моменти передбачити не можливо, бо людина має властивість помилятися, тим паче в морально складних умовах.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** На деяких цивільних автомобілях встановлюють самоблокуючі диференціали черв'ячного, гвинтового та дискового типу. Велику популярність набрали само блоки Torsen T1 Torsen T2, вони гарно справляються з задачею блокування між колісного диференціалу. Від вільного диференціала конструкція відрізняється дуже сильно. Роль звичних сателітів виконує унікальна черв'ячна передача, яка розміщується поверх напівосьових шестерень. Завдяки особливості своєї роботи вона здатна блокувати диференціал. Справа в тому, що черв'ячна передача незворотна: перенесення моменту можливо тільки від провідної ланки (черв'як) до веденої (шестерні напіввісі). Тобто при пробуксовці колеса, його шестерні напіввісі не зможуть повернути черв'як через велику силу тертя. У корпусі закріплено три пари поперечних черв'яків (сателітів), які з'єднані між собою окремими прямозубими шестернями,

розташованими по краях їх осей. Одночасно кожен парний черв'як знаходиться в зачепленні зі своєю напівосьовою шестернею. При русі автомобіля весь цей механізм працює подібно сателітам вільного диференціала, забезпечуючи необхідну різницю частот обертання коліс. Але як тільки момент на одному з коліс змінюється через втрату зчеплення з дорогою, черв'ячна передача блокується. Причому справа навіть не доходить до фізичної пробуксовки колеса, яке має менше зчеплення з поверхнею дороги. Конструкція Torsen настільки чутлива до зміни моменту на осях, що миттєво блокує диференціал, дозволяючи реалізувати крутний момент на колесі з кращим зчепленням. Самоблокуючий диференціал Torsen має ряд недоліків:

- висока вартість через складність виготовлення і збирання механізму;
- збільшення витрати палива через втрати на тертя елементів механічного пристрою;
- порівняно низький ККД;
- схильність до заклинювання;
- високий знос навантажених елементів;
- механізм вимагає особливих мастильних матеріалів через значне тепловиділення при роботі; прискорений знос деталей при використанні коліс однієї осі з різними характеристиками (наприклад, під час встановлення запасного колеса, протектор якого по ступені зносу буде відрізнятися від інших коліс).

Проаналізувавши недоліки таких самоблокуючих диференціалів можемо зробити висновок що диференціал є непридатний для використання на військовій автомобільній техніці великої прохідності, через схильність до заклинювання та високий знос навантажених елементів.

**Постановка завдання.** Усвідомивши проблему автоматизації міжколісного диференціалу автомобіля підвищеної прохідності КрАЗ-6322, та проаналізувавши систему автоматичного блокування диференціалів цивільних автомобілів приходимо до висновку, що для автомобіля КрАЗ-6322 потрібно розробити систему автоматичного блокування диференціалів, яка буде відносно дешевшою, простішою за будовою (що призведе до простоти у ремонті і обслуговуванні) та надійнішою.

Вона буде складатися з датчиків частоти обертів коліс, вдосконаленого диференціалу та блоку управління. Принцип такої системи полягає у розрахунку блоком управління отриманої інформації з датчиків частоти обертів коліс, для визначення їх буксування. При цьому блок управління синхронізований стосовно показників спідометра та запам'ятовує швидкість при якій було заблоковано міжколісні диференціали. Така система не дає навантажувати трансмісію більш ніж на допустимі зусилля та відповідно буде забезпечувати економію ресурсу трансмісії, паливну економічність, та дозволить не досвідченим водіям долати складні ділянки місцевості без підгіршення ресурсу трансмісії.

**Виклад основного матеріалу.** Усвідомивши проблему автоматизації міжколісного диференціалу автомобіля підвищеної прохідності КрАЗ-6322, та проаналізувавши систему автоматичного блокування диференціалів цивільних автомобілів робимо висновок, що для автомобіля КрАЗ-6322 потрібно розробити систему автоматичного блокування диференціалів, яка буде відносно дешевшою, простішою за будовою (що призведе до простоти у ремонті) та надійнішою.

Така система буде модернізацією системи блокування диференціалу вантажного автомобіля КрАЗ-6322 і надасть можливість усунути її недоліки. Система автоматичного блокування диференціалу буде доповнена наступними складовими:

- датчиків;
- блоку управління;
- модернізованої муфти;
- модернізованої чашки диференціалу.

Датчики. В автомобіль пропонується встановити датчики обертів коліс, які призначенні для визначення швидкості обертання коліс автомобіля. В систему автоматичного блокування автомобіля пропонується встановити 6 датчиків (тобто в кожне колесо) вимірювання кількості обертів колеса за хвилину.

Модернізована муфта блокування диференціалу та чашка диференціалу. Дана модернізація буде нагадувати синхронізатор (муфту та блокуюче кільце синхронізатора). Це допоможе привести швидкість обертання чашки диференціалу і муфти в відповідність. Блокуюче кільце має властивість обертатися разом із чашкою диференціалу та спокійно переміщуватись по осі. При блокуванні диференціалу муфта прижмається до блокуючого кільця, в наслідок високої швидкості тертя, між блокуючим кільцем і муфтою швидкість стане ідентичною до швидкості обертання чашки диференціалу. Після чого муфта ефективно і плавно з'єднується з чашкою диференціалу.

Синхронізація спідометра і блоку управління автоматичної системи блокування. Потрібна для вимкнення блокування диференціалу. Блоку управління фіксує швидкість при якій було заблоковано диференціал і при перевищенні цієї швидкості на 5 км/год, диференціал розблокується.

Блок управління це «мізки» автоматичної системи блокування міжколісного диференціалу. Які будуть виконувати порівняльні та математичні операції, вирішення яких визначить в якому стані знаходяться колеса автомобіля – буксують вони чи автомобіль просто повертає. Блок управління налагоджує взаємодію усіх приладів системи автоматичного блокування автомобіля, оброблює отриманні данні та здійснює керування.

Розглянемо алгоритм роботи системи автоматичного диференціалу (рис. 2):

1. Після початку руху автомобіля. Датчики кількості обертів коліс ( $W_{1п}; W_{1л}; W_{2п}; W_{1л}; W_{3п}; W_{3л}$ ) передають данні до блоку управління за поточну хвилину.
2. Блок управління вираховує різницю кількості обертів коліс на одній осі. Тобто:

$$|Z_1| = W_{1л} - W_{1п} \quad (2.1)$$

$$|Z_2| = W_{2л} - W_{2п} \quad (2.2)$$

$$|Z_3| = W_{3л} - W_{3п} \quad (2.3)$$

де:  $Z$  – різниця обертів правого і лівого колеса;

$W$  – кількість обертів колеса за хвилину;

3. Вирахувавши різницю обертів коліс на кожній осі, блок управління порівнює її з допустимою різницею.

$$Z_1(\leq, \geq) Z_d \quad (2.4)$$

$$Z_2(\leq, \geq) Z_d \quad (2.5)$$

$$Z_3(\leq, \geq) Z_d \quad (2.6)$$

де:  $Z_d$  – допустима різниця обертів правого та лівого колеса;

4. Якщо на двох осях умова  $Z_d \geq Z_i$  виконується диференціал блокується. Якщо ні 2,3 пункт повторюється. Показник  $Z_d$  порогове значення, перевищення якого свідчить що колеса автомобіля починають буксувати. Щоб обчислити допустиму різницю правого і лівого колеса ми розраховуємо різницю обертів коліс при максимальному радіусі повороту ( $R_1 = 13,5$  м – це радіус кута до дальнього колеса) та максимальній швидкості на якій автомобіль КрАЗ-6322 зможе увійти в такий різкий поворот, яка становить  $V = 40$  км/год. Знаючи  $R_1$  ми можемо розрахувати  $R_2$  – радіус повороту до ближнього колеса. Колія передніх коліс КрАЗ-6322 дорівнює 2,16 метра. Розрахуємо  $R_2$ :

$$R_2 = R_1 - 2,16 = 13,5 - 2,16 = 11,34 \text{ (м)} \quad (2.7)$$

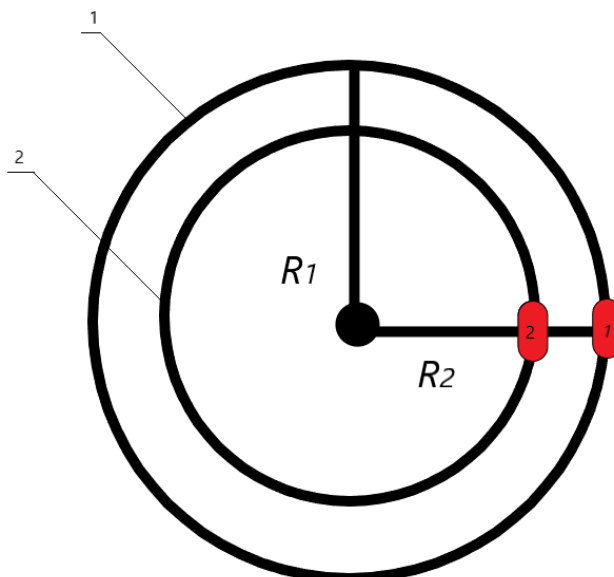
Визначимо довжину колії правого та лівого колеса:

$$L_1 = 2\pi R_1 = 2 \times 3,14 \times 13,5 = 84,78 \text{ (м)} \quad (2.8)$$

$$L_2 = 2\pi R_2 = 2 \times 3,14 \times 11,34 = 71,21 \text{ (м)} \quad (2.9)$$

Визначимо відстань одного обороту колеса автомобіля через його радіус колеса. Маркування штатної шини автомобіля вантажного КрАЗ-6322: 550/75 R21, з якого розрахунковий радіус колеса дорівнює:

$$R_k = (550 \times 75\%) + \frac{21 \times 25,4}{2} = 412,5 + 266,7 = 679,2 \text{ (мм)} \quad (2.10)$$



1. колія лівого колеса; 2 – колія правого колеса;

**Рис. 1** Радіус повороту  $R_1$  та  $R_2$

Знаючи радіус колеса, знаходимо довжину зовнішнього периметру колеса, що в нашому випадку буде дорівнювати одному оберт:

$$L_k = 2\pi R_k = 2 \times 3,14 \times 679,2 = 4264,12 \text{ мм} = 4,26 \text{ (м)} \quad (2.11)$$

Розрахуємо кількість обертів на відстані  $L_1$  та  $L_2$ :

$$W_1 = \frac{L_1}{L_k} = \frac{84,78}{4,26} = 19,9 \text{ (обертів)} \quad (2.12)$$

$$W_2 = \frac{L_2}{L_k} = \frac{71,21}{4,26} = 16,7 \text{ (обертів)} \quad (2.13)$$

Для визначення обертів за хвилину кожного з коліс потрібно усвідомити що час подолання колії правого та лівого колеса буде однаковий ( $T_1 = T_2$ ). А швидкість правого та лівого колеса різна. Швидкість лівого колеса  $V_1 = 40 \frac{\text{км}}{\text{год}} = 11,1 \text{ м/с}$  і лівому колесу потрібно пройти  $L_1 = 84,78 \text{ (м)}$ , швидкість правого колеса  $V_2$  – невідома, шлях що пройде колесо  $L_2 = 71,21 \text{ (м)}$ . Співвідношення швидкості кожного з коліс та шляху який вони проходять має наступну залежність:

$$\frac{V_1}{L_1} = \frac{V_2}{L_2} \rightarrow \quad (2.14)$$

Знаючи це можливо знайти швидкість правого колеса  $V_2$  – а саме вирішити рівняння з однією невідомою:

$$V_2 = \frac{V_1 L_2}{L_1} = \frac{11,1 \times 71,21}{84,78} = 9,32 \text{ (м/с)} \quad (2.15)$$



Визначимо час подолання шляхів  $L_1$  та  $L_2$ :

$$T_1 = \frac{L_1}{V_1} = \frac{84,78}{11,1} = 7,64 \text{ (с)} = 0,127 \text{ (хв)} \quad (2.16)$$

$$T_2 = \frac{L_2}{V_2} = \frac{71,21}{9,32} = 7,64 \text{ (с)} = 0,127 \text{ (хв)} \quad (2.17)$$

тобто:

$$W_1 = 19,9 \text{ (обертів)}, \text{ за } T_1 = 7,64 \text{ (с) при } V_1 = 11,1 \text{ (м/с)}$$

$$W_2 = 16,7 \text{ (обертів)}, \text{ за } T_2 = 7,64 \text{ (с) при } V_2 = 9,32 \text{ (м/с)}$$

$$W_{1\text{хв}} = \frac{W_1}{T_1} = \frac{19,9}{0,127} = 156,7 \text{ обертів/хв.} \quad (2.18)$$

$$W_1 = 19,9 \text{ (обертів)}, \text{ за } T_1 = 7,64 \text{ (с) при } V_1 = 11,1 \text{ (м/с)}$$

$$W_2 = 16,7 \text{ (обертів)}, \text{ за } T_2 = 7,64 \text{ (с) при } V_2 = 9,32 \text{ (м/с)}$$

$$W_{1\text{хв}} = \frac{W_1}{T_1} = \frac{19,9}{0,127} = 156,7 \text{ обертів/хв.} \quad (2.18)$$

$$W_{2\text{хв}} = \frac{W_2}{T_2} = \frac{16,7}{0,127} = 131,5 \text{ обертів/хв.} \quad (2.19)$$

Визначена допустима різниця обертів правого та лівого колеса становить:

$$|Z_d| = W_{1\text{хв}} - W_{2\text{хв}} = 156,7 - 131,5 = 25,2 \text{ оберти/хв.} \quad (2.20)$$

5. Автомобіль рухається на заблокованому диференціалі, блок управління фіксує швидкість при якій було заблоковано диференціал, і після підвищення її на 5 км/год диференціал автоматично розблокується.

Визначена допустима різниця обертів правого та лівого колеса становить:

$$|Z_d| = W_{1\text{хв}} - W_{2\text{хв}} = 156,7 - 131,5 = 25,2 \text{ оберти/хв.} \quad (2.20)$$

6. Автомобіль рухається на заблокованому диференціалі, блок управління фіксує швидкість при якій було заблоковано диференціал, і після підвищення її на 5 км/год диференціал автоматично розблокується.

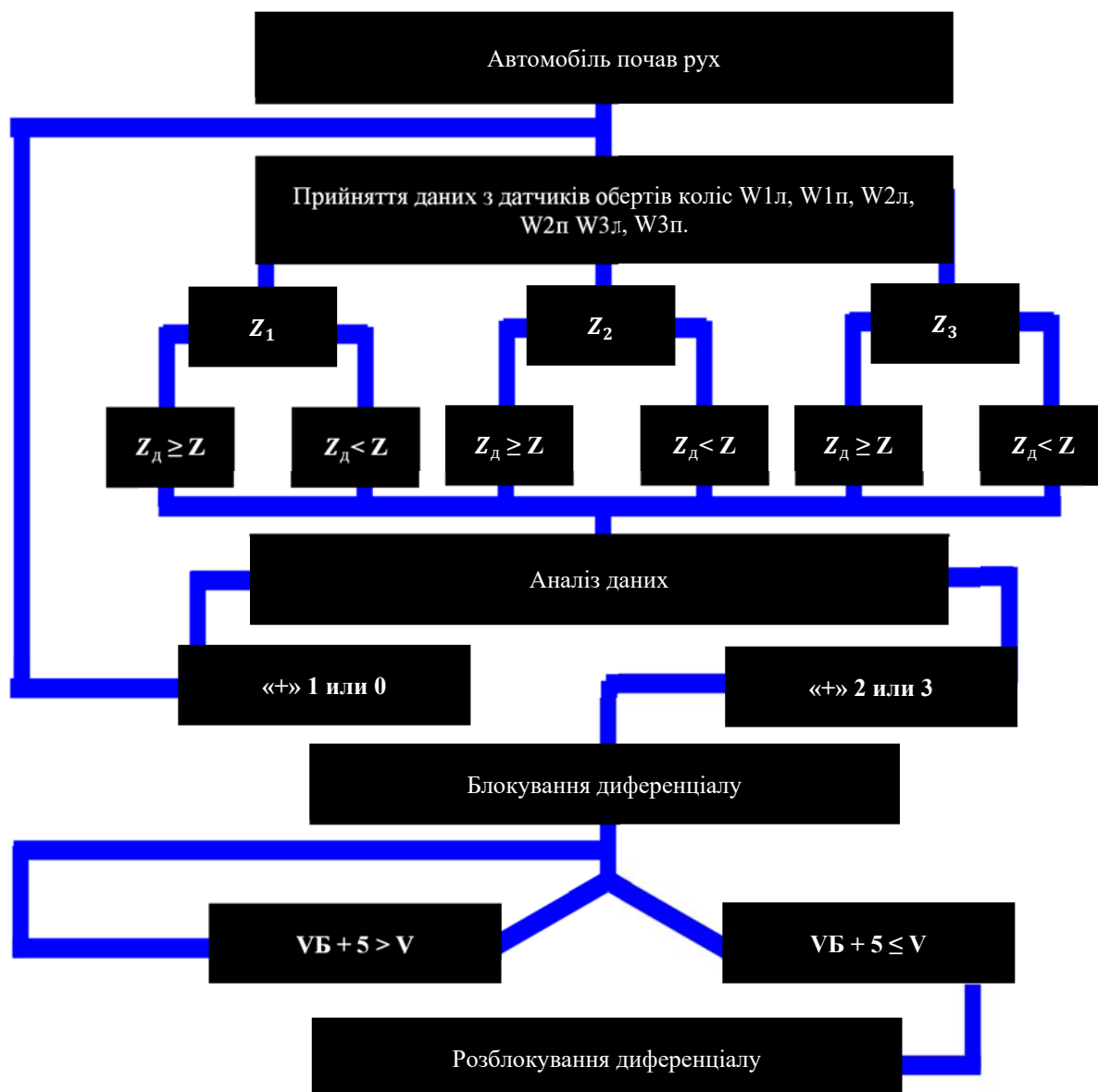


Рис. 2. Алгоритм роботи автоматичної системи блокування диференціалу.

**Висновки.** Автомобілі високої прохідності необхідні для виконання специфічних завдань в самих різних структурах таких як: прикордонні війська, правоохоронних органах, спецпідрозділах, оперативно-рятувальних службах та найголовніше в Збройних Силах України. Коли парк військових автомобілів які знаходяться на озброєнні не забезпечують виконання бойових завдань в умовах «сучасного бою». Тому я вважаю, що військову техніку нашої держави потрібно вдосконалювати постійно.

Представлена система автоматичного блокування диференціалу – це крок до повної автоматизації автомобільної техніки, яка у скорому майбутньому стане реальністю. Прогрес у ХХІ столітті рухається настільки швидко що бездіяльність щодо впровадження нових технологій в існуючі призведе до абсолютного розриву між рівнями бойової могутності держави.

Автоматична система блокування диференціалу є простою за конструкцією та дешевою у виготовленні. Глобальних змін в технологічному процесі виготовлення автомобілів не потребує. Щодо надійності такої системи, це вже покаже «життя». Без практичного втілення складно передбачити недоліки.

Практичне втілення такої системи надасть водіям впевненості, щодо подолання складних ділянок місцевості автомобілем КрАЗ-6322, та облегшить керування автомобілем.

**Список використаних джерел**

1. *Основи технічного забезпечення. Дії служби озброєння – Одеса: ВА, 2014. – 240 с.*
2. *Основи технічного забезпечення. Дії служби озброєння – Одеса: ВА, 2014. – 240 с.*
3. *Застосування військових ремонтних органів у бойових умовах. – Одеса: ОІСВ, 2001.*
4. *Методичні рекомендації №111 ГШ ЗСУ щодо захисту військ і військових об'єктів в районах виконання завдань за призначенням 2014 року.*
5. *Василенко О.В. Погляди на обґрунтування вимог до технічних показників перспективних зразків озброєння/ О.В. Василенко, В.В. Зубарев // Наука і оборона. – 2007. – №4. – С. 33-34.*
6. *Машковський В.С. – Метод удосконалення плану оновлення парку автомобілів за результатами прогнозування змін коефіцієнта їх технічної готовності// Національна безпека України. Збірник наукових праць курсантів і студентів. – 2018. – С. 1-9.*

УДК 629.113

**Маханьков В.А.,****Бабійчук В.В.,****Мальцев О.В.,** д.т.н., професор

Військова академія, (м. Одеса) Україна

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ПОШКОДЖЕНИХ МАШИН В БОЙОВИХ УМОВАХ

*Для ефективності функціонування системи відновлення військової автомобільної техніки (ВАТ) під час бойових дій запропонована методика скорочення часу на пошук пошкоджених машин в підрозділах і військовій частині з застосуванням оптимальних маршрутів руху груп технічної розвідки. В якості вхідних показників методики системи відновлення використовувались: можливості підрозділів технічної розвідки в ході виконання завдань; укомплектованість підрозділів ремонтними засобами, застосування сучасних новітніх технологій ведення розвідки. Вихідними показниками методики організації технічної розвідки є: визначені показники оптимальних маршрутів руху пошуку пошкоджених машин в ході бойових дій, які, у свою чергу, є вхідними даними для розробки методики оцінки ефективності функціонування системи відновлення ВАТ.*

**Ключові слова:** система відновлення; технічна розвідка; пункти технічного спостереження; групи технічної розвідки.

**Постановка проблеми.** Сьогоднішній етап реформування Збройних Сил України вимагає перегляду застарілих або недостатньо обґрунтованих підходів до формування системи технічного забезпечення та однієї з її підсистем – це системи відновлення озброєння та військової техніки (ОВТ) під час бойових дій. Але перш ніж удосконалити систему відновлення ОВТ в бойових умовах необхідно розробити модель функціонування даної системи, вибрати показники ефективності та критерії її оцінки і удосконалити методику оцінки її функціонування, і на їх основі оцінити функціонування існуючої системи відновлення з метою встановлення її відповідності умовам сучасної збройної боротьби.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Ймовірність виникнення несправностей і відмов машин, особливо від бойових пошкоджень, об'єктивно вимагає проведення певних заходів з підтримання та організації відновлення справності (працездатності) машин, забезпечення їх готовності до бойового використання або використання за призначенням.

Відновлення пошкоджених або несправних машин було і залишається основним джерелом поповнення втрат автомобільної техніки (АТ) під час ведення бойових дій у сучасному загальновійськовому бою та локальних конфліктах, виконання миротворчих завдань та операцій.

Прийнята система відновлення озброєння і військової техніки (ОВТ), складовими частинами якої є технічна розвідка, евакуація та ремонт, передбачає виконання комплексу організаційно-технічних робіт та науково-методичних заходів, які направлені на приведення несправної АТ у справний (працездатний) стан і повернення її до строю.

В сучасних умовах вимоги щодо ефективності організації відновлення АТ значно зросли. Застосування нових високоефективних засобів ураження, в тому числі високоточної зброї, суттєво змінює кількісно-якісну характеристику втрат ОВТ під час ведення бойових дій у сучасному загальновійськовому бою та локальних конфліктах, виконання миротворчих завдань та операцій.

Важливе місце в підтриманні високої боєздатності військових частин і підрозділів займають рухомі засоби ремонту, технічної розвідки та евакуації військової ланки, основним призначенням яких є проведення пошуку застряглої та пошкодженої АТ, її витягування, приведення в транспортабельний стан, евакуації до місць ремонту, проведення поточного (середнього) ремонту, кількість якого складає більше 70% від загального виходу з ладу АТ під час ведення бойових дій.

Особливість призначення та застосування військових ремонтних підрозділів та рухомих засобів у складних умовах бойових дій вимагають від них:

- постійної готовності до роботи;
- високої рухомості, маневреності та ешелонування, що дає змогу автономно проводити евакуацію та ремонт машин у місцях їх виходу з ладу;
- універсальності, тобто здатності проведення ремонту машин різних марок і типів, у тому числі комплексний ремонт спеціальних машин;
- живучості в умовах використання сучасних засобів ураження.

Але, аналіз ведення Операції об'єднаних сил на сході країни показує, що наявні у військових частинах рухомі засоби ремонту знаходяться в експлуатації більше 30 років, некомплектні, обладнання застаріле та не відповідає вказаним вимогам.

Тому, враховуючи вищезазначене, в статті пропонується методика скорочення часу на пошук пошкоджених машин в підрозділах і військовій частині з застосуванням оптимальних маршрутів руху груп технічної розвідки [5, с.52–56].

**Постановка завдання.** Характерною рисою теперішнього часу є постійний ріст бойових можливостей усіх видів Збройних Сил за рахунок оснащення їх новими зразками озброєння і військової техніки. Це в повній мірі поширюється на Сухопутні війська. Насиченість військ новими зразками, які мають більш високі бойові та експлуатаційні властивості, дозволяє по новому ставити та вирішувати тактичні та оперативно-тактичні завдання.

Поряд з ростом бойової могутності підрозділів, частин та з'єднань Сухопутних військ за рахунок оснащення їх новими зразками ОВТ, відбувається не менш бурхливий розвиток і засобів боротьби з ними. У сучасних умовах, у зв'язку з розвитком високоточної зброї, різкого підвищення бойової ефективності звичайних протитанкових засобів, а також зростаючих можливостей ракетних військ та авіації у значному ступені збільшується імовірність втрат ОВТ, що негативно впливає на бойовий потенціал військ.

Тому, в сучасних умовах, організація ефективного відновлення ОВТ під час бойових дій перетворюється у важливий причинний фактор загальної ефективності військ і є тим процесом, у результаті якого бойовий потенціал підрозділів, військових частин підтримується на високому рівні.

**Виклад основного матеріалу.** Відновлення озброєння і військової техніки – це комплекс організаційно-технічних заходів, спрямованих на приведення зразків озброєння і військової техніки, що вийшли з ладу в готовність до застосування з поверненням їх до строю. Воно було і залишається основним джерелом поповнення втрат автомобільної техніки (АТ) під час ведення бойових дій у сучасному загальновійськовому бою та локальних конфліктах, виконання миротворчих завдань та операцій.

Відновлення озброєння і військової техніки включає:

- технічну розвідку;
- евакуацію;
- ремонт (відновлення працездатності) зразків озброєння і військової техніки, доведення їх до справного або працездатного стану;
- передача пошкоджених (несправних) зразків озброєння і військової техніки, що не відновлюються силами і засобами ремонтного органу військової частини, засобам вищого органу військового управління;
- повернення машин у підрозділи.

Основу підсистеми відновлення ОВТ складають ремонтні підрозділи військової частини, які мають в своєму складі засоби технічної розвідки, евакуації, ремонту і технічного обслуговування. Успішне вирішення завдань з відновлення ОВТ досягається:

- постійним володінням бойовою обстановкою і знанням завдань, які виконуються підрозділами і військовою частиною;

- створенням угруповання сил і засобів мобільних тимчасових груп ТхЗ, що відповідають замислу (рішенню) і характеру бойових дій;
- зосередженням основних зусиль ремонтно-евакуаційних сил і засобів на напрямку головного удару підрозділів військової частини;
- своєчасним збиранням (добуванням) даних про кількість, місця знаходження і стан ОБТ, що вийшло з ладу;
- здійсненням маневру ремонтно-евакуаційними силами і засобами шляхом швидкого їх висування у район (місця) найбільшого виходу ОБТ з ладу;
- прийняттям необхідних заходів щодо виводу ОБТ, яке підлягає відновленню, з району, якому загрожує захоплення противником, або району, що зазнав удару високоточної зброї та інших видів звичайної зброї противника; всебічною підготовкою ремонтних органів підрозділів і військової частини, тобто взводу технічного забезпечення (ремонтного взводу) батальйону, та ефективним використанням їх можливостей з відновлення, насамперед, найважливіших зразків ОБТ, а також проведенням чергового ТО;
- своєчасним передаванням ОБТ, що не охоплені відновлювальними роботами в підрозділах і в військовій частині, засобам вищого органу військового управління;
- своєчасним забезпеченням ремонтних органів військової частини ВТМ та іншими видами МТЗ, які необхідні для проведення ремонтних робіт;
- надійним захистом, охороною, обороною та маскуванням ремонтних органів підрозділів і військової частини, а також своєчасним відновленням їх працездатності у разі ураження противником;
- рішучим і безперервним управлінням ремонтними органами підрозділів і військової частини.

Підсистема відновлення ОБТ є сукупністю органів управління, ремонтних підрозділів, ремонтно-відновлювальних органів військових частин, заводів промисловості і капітального ремонту та закладів, діяльність яких ґрунтується на єдиних принципах і методах функціонування.

Мета підсистеми відновлення – підтримання боєздатності підрозділів і військової частини за рахунок своєчасного відновлення пошкоджених (несправних) зразків ОБТ безпосередньо під час бойових дій (операції).

Завдання, що вирішуються підсистемою відновлення, можна поділити на основні, додаткові і такі, що забезпечують. Вирішення цих завдань здійснюється функціями відповідних підсистем нижчих рівнів. Основною функцією на першому рівні є комплексний і спеціалізований ремонт ОБТ, додатковими – технічна розвідка, евакуація, повернення ОБТ до ладу і функція забезпечення.

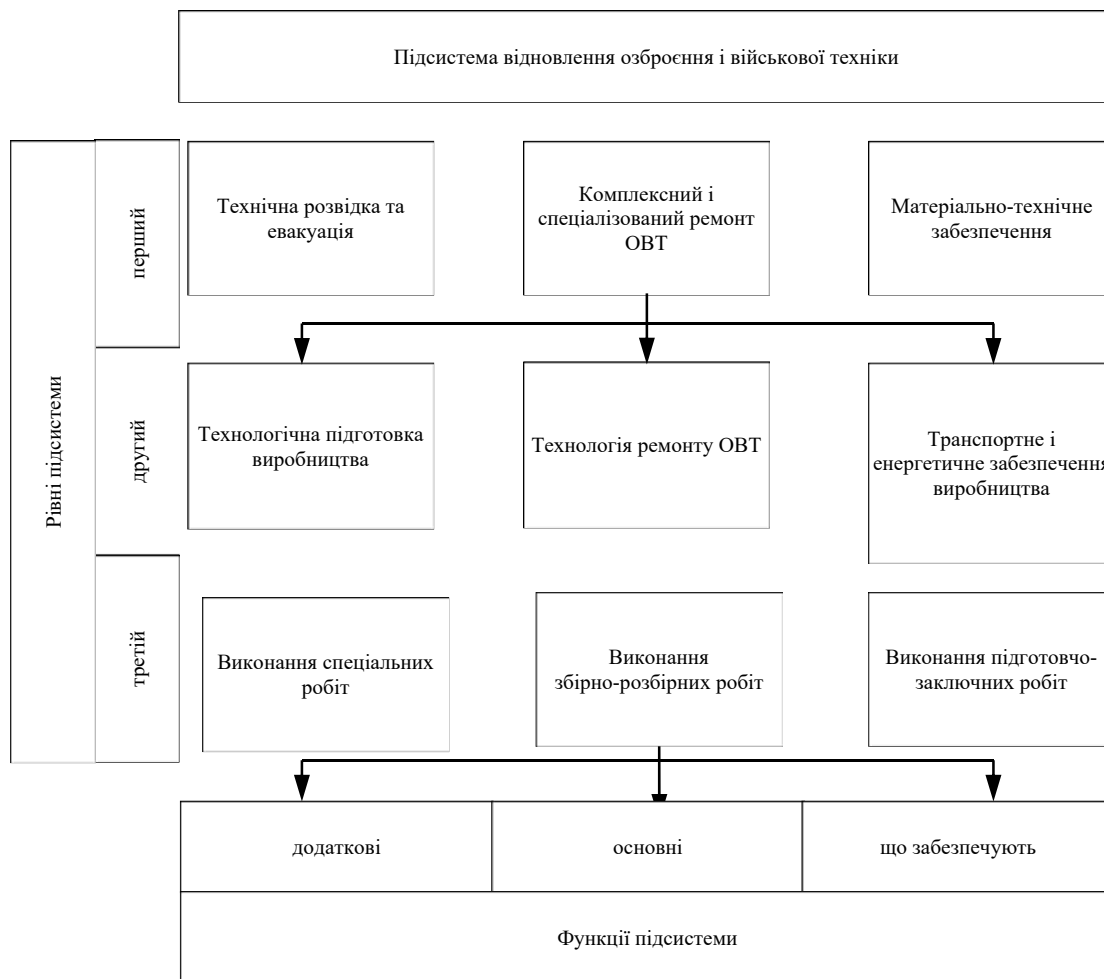
Для підвищення оперативності відновлення озброєння і військової техніки рішенням заступника командира військової частини з озброєння за рахунок штатних та доданих сил і засобів в підрозділах військової частини тимчасово створюються позаштатні модульні групи технічного забезпечення:

- група технічної розвідки;
- ремонтно-евакуаційні група;
- ремонтна група;
- евакуаційна групи;
- рятувально-евакуаційний група;
- евакуаційна команда.

Не виключається створення в роті РЕГ (РемГ) з наявних в ремонтному органі військової частини за рахунок доданих евакуаційних і ремонтних сил і засобів вищого органу військового управління.

Під час бойових дій техніка виходить з ладу як з експлуатаційних причин так і з бойових пошкоджень. Але, у випадку бойових пошкоджень не завжди вдається визначити місце виходу військової автомобільної техніки з ладу. Тому підрозділи технічної розвідки постійно ведуть пошук

зразків техніки що вийшли з ладу, одже своєчасне виявлення і оцінка стану зразка військової автомобільної техніки дозволяє надати інформацію яка потрібна для найшвидшого його ремонту і поставлення у стрій.



**Схема 1 – Структура системи відновлення озброєння і військової техніки**

З цієї мети, начальник автомобільної служби проводить оцінку ефективності технічної розвідки організованої під час бойових дій. Тобто, визначається кількість пошкоджених зразків які будуть розвідані органом технічної розвідки з урахуванням часових показників, які залежать від часу на виконання завдань з переміщенням до пошкодженого зразка ОВТ, часу визначення його технічного стану та часу прийняття рішення на його відновлення.

Кількість пошкоджених зразків озброєння і військової техніки  $N_{ТхР_{ст}}$ , які будуть розвідані органом технічної розвідки, визначають за формулою.

$$N_{ТхР_{ст}} = \frac{t_{ТхР}}{T_{ТхР_{ст}}}, \tag{1}$$

де  $t_{ТхР}$  – час ведення технічної розвідки, год;

$T_{ТхР_{ст}}$  – час який потрібний органу технічної розвідки для виконання заходів з технічної розвідки по одному пошкодженному зразку ВАТ. год. визначається за формулою:

$$T_{ТхР_{ст}} = t_{рух} + t_{оц} + t_{п.р} \tag{2}$$

де  $t_{рух}$  – це середній час перерування від місця розташування органу технічної розвідки до пошкодженого зразка ВАТ, год;

$t_{оц}$  – час оцінювання зразка стан екіпажу та технічного стану пошкодженого зразка ВАТ, год;

$t_{п.р}$  – час, який потрібно для прийняття рішень та доповіді пропозицій щодо відновлення пошкодженого зразка ОВТ, год.

Значення  $t_{рух}$  залежить від наявності у складі органу технічної розвідки високомобільного засобу пересування та відстані від органу технічної розвідки до пошкодженого зразка ВАТ (рис. 1).

У загальному виді  $t_{рух}$  визначають за формулою

$$t_{рух} = \frac{0,5(l_{max} + l_{min})}{V_{пер}}, \quad (3)$$

де  $l_{max}$  - максимальна відстань органу технічної розвідки від позицій підрозділів, км;

$l_{min}$  - максимальна відстань органу технічної розвідки від позицій підрозділів, км;

$V_{пер}$  - швидкість пересування органу технічної розвідки під час виконання завдань з технічної розвідки, км/год..

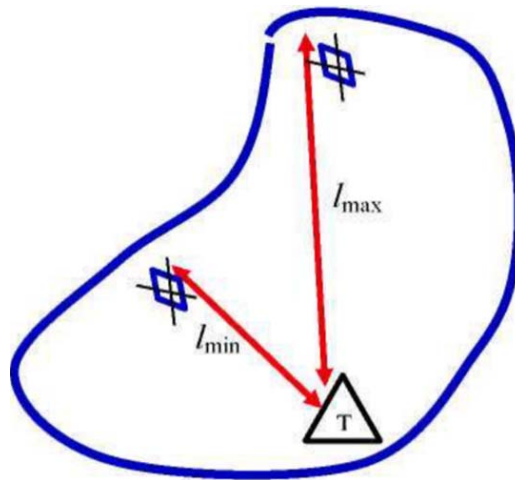


Рис. 1 – Схема ведення технічної розвідки пунктом технічного спостереження батальйону

Сумарний час на оцінку і прийняття рішень з деякими припущеннями вважати рівним часу на проведення контрольного огляду ВАТ і може становити близько 15 хвилин.

**Оцінка ефективності груп технічної розвідки.** Групи технічної розвідки визначаються під час наступального бою. Через швидкоплинний характер сучасних бойових дій і широкий спектр зброї техніка виходить з ладу впродовж всіх наступальних дій. Враховуючи це, необхідно оцінити можливості дій групи технічної розвідки.

Можливості визначаються на підставі відношення загального часу роботи органу технічної розвідки до часу на визначення характеру пошкодження та прийняття рішення по одному пошкодженому зразку ВАТ.

Кількість пошкоджених зразків ВАТ  $N_{ТХР_p}$ , які може розвідати рухома група технічної розвідки військової частини, розраховують за формулою:

$$N_{ТХР_p} = \frac{t_{ТХР}}{T_{ТХР_p}}, \quad (4)$$

де  $t_{ТХР}$  – час ведення технічної розвідки без урахування часу на переміщення, год;

$T_{ТХР_p}$  - час, який потрібний рухомій групі технічної розвідки для виконання заходів по одному пошкодженому зразку ВАТ, год., визначають залежністю

$$T_{ТХР_p} = t_{оц} + t_{п.р}, \quad (5)$$

Час ведення технічної розвідки без урахування часу на переміщення визначають за виразом

$$t_{ТХР} = T_{вз} - t_{рух}, \quad (6)$$

де  $T_{вз}$  - час перебування (виконання завдань) рухомої групи технічної розвідки у визначеній смузі, год.



Значення часу перебування(виконання завдань) рухомих груп технічної розвідки у визначеній смузі розраховують з урахуванням того, що рухома група технічної розвідки прибуває на рубіж безпосередньо за підрозділами, в інтересах яких вони діють. Значення  $T_{вз}$  визначають за формулою

$$T_{вз} = \frac{l}{V_{наст}}, \quad (7)$$

де  $l$  - глибина смуги дій групи технічної розвідки, км;

$V_{наст}$  - темп наступу *омбр*, км/год.

Темп ведення наступу *омбр* становить:

- для прориву головної смуги оборони – 1...1,5 км/год;
- для подолання міжпозиційного простору – 4...4 км/год;
- для ведення зустрічного бою – 6..8 км/год.

Час який витрачає група технічної розвідки на переміщення у визначеній смузі, розраховуються за виразом

$$t_{рух} = \frac{L}{V_{пер}}, \quad (8)$$

де  $L$  – довжина маршруту руху групи технічної розвідки у визначеній смузі, км;

$V_{пер}$  - швидкість переміщення групи технічної розвідки під час виконання завдань з технічної розвідки, км/год.

Довжина маршруту руху групи технічної розвідки (рис. 2) розраховуються за залежністю

$$L = \left[ \frac{l}{D} \sqrt{D^2 + (\text{Ш} - 2D)^2} \right] K, \quad (9)$$

де  $D$  - дальність спостереження на місцевості, км;

$\text{Ш}$  – ширина смуги дій групи технічної розвідки, км;

$K$  - коефіцієнт маневру.

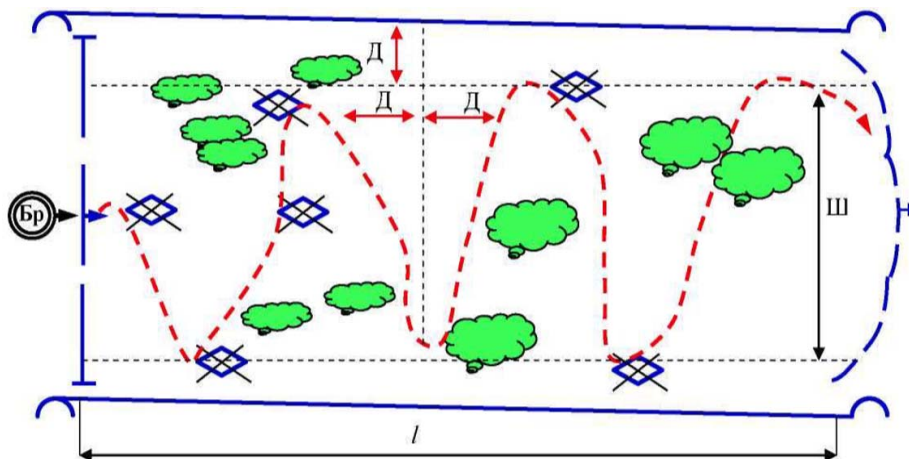


Рис. 2 – Схема руху групи технічної розвідки

Значення коефіцієнту маневру військ:

- в наступі на підготовлену оборону противника – 1,6.....1,8;
- при зустрічному бої – 1,5.....1,8;
- при переслідуванні – 1,3.....1,5.

Значення швидкості пересування групи технічної розвідки  $V_{пер}$  залежить від типу засобу пересування, який входить до складу групи технічної розвідки, умов місцевості, впливу їх на перміщення групи технічної розвідки та темпу просування військових частин під час ведення наступального бою.

Аналіз показників темпу наступу механізованого підрозділу у розглянутих видах бойових дій та досвіду виконання завдань щодо технічної розвідки дає змогу визначення  $V_{\text{пер}}$  у межах 15...20 км/год.

Оптимальні маршрути руху групи технічної розвідки слід планувати так, щоб при значній дальності спостереження в скорочений час була оглянута вся місцевість у смузі дії тактичного угруповання військ.

### Висновки.

1. На основі вищевикладеного найбільш перспективним напрямом розвитку засобів відновлення зразків ВАТ можна вважати розробку універсальних для груп технічної розвідки тактичного рівня рухомих засобів розвідки на уніфікованій базі (відповідно до озброєння підрозділів) з високими характеристиками живучості та рухомості.

Для оперативного рівня доцільним є розроблення рухомих засобів технічної розвідки на уніфікованій автомобільній базі (вітчизняного виробництва) підвищеної мобільності.

2. Рухомі засоби відновлення за місцем їх використання можуть поділятися на групи переднього краю, тактичної та оперативної зон дії:

– до першої групи належать засоби, які функціонують за умов безпосереднього зіткнення з противником, і частина рухомих засобів відновлення тактичної та оперативної зон, що призначені для технічної розвідки та евакуації пошкоджених і застряглих зразків;

– до другої групи – засоби, що діють на збірних пунктах пошкоджених машин, і засоби відновлення підрозділів, які не призначені для дії на передньому краї;

– до третьої групи – рухомі засоби відновлення оперативного рівня.

3. Від скорочення часу на пошук пошкоджених машин за рахунок оптимальних маршрутів руху підрозділів технічної розвідки залежить ефективність організації відновлення ОБТ під час бойових дій як основного джерела поповнення втрат у сучасному загальновійськовому бою, локальних конфліктах, виконання миротворчих завдань та операцій.



Рис. 3 – Броньований автомобіль RG-33L MRRMV

налагодити виробництво броньованих автомобілів, що за своїми характеристиками відповідають або наближені до автомобілів типу RG-33L MRRMV (рис.3)

Використання броньованих автомобілей дозволить не тільки проводити технічну розвідку, а також бути захищеними вразі вогневого впливу противника. Змонтоване на машині підйомо транспортне обладнання і засоби ремонту дозволять в окремих випадках відновити техніку яка потребує мінімального ремонту або провести евакуацію в разі загрози захоплення техніки противником не очікуючи евакуаційних груп.

### Перспективи подальших досліджень.

Динаміка бойових дій і розвиток новітніх систем спостереження зобов'язує переглянути ефективність використання підрозділів технічної розвідки. Відсутність чіткої лінії фронту і ведення мобільної оборони зумовлює відмовлятися від пунктів технічного спостереження батальйонів, а все більше використовувати рухомі групи технічної розвідки. Оскільки ведення бойових дій зараз безпосередньо пов'язано з рейдовими і диверсійними діями то склад групи технічної розвідки повинен пересуватись на броньованих машинах високої прохідності. Перспективно

Одним з перспективних напрямів доцільне застосування безпілотних літальних апаратів. Використання БПЛА дозволить не тільки зменшити можливість вогневого впливу противника на органи технічної розвідки, а також значно прискорити технічну розвідку в різних погодних умовах і без залежності від рельєфу місцевості.

Наявність вмонтованих камер дозволяє вести не тільки телевізійну зйомку в режиму реального часу але і інфрачервону та мультиспекторну, що збільшить ефективність ведення технічної розвідки в погодних умовах з обмеженою видимістю і в нічний час доби.

Використання контейнерного виду запуску дозволить використовувати інформацію БПЛА безпосередньо під час руху пересування військ або темпу наступу. Наприклад БПЛА «Coyote» (рис. 4) від американської компанії «BAE Systems» дозволяє вести розвідку в колі радіусом до 35 км з швидкістю 120 км/год часом до 2 годин роботи.

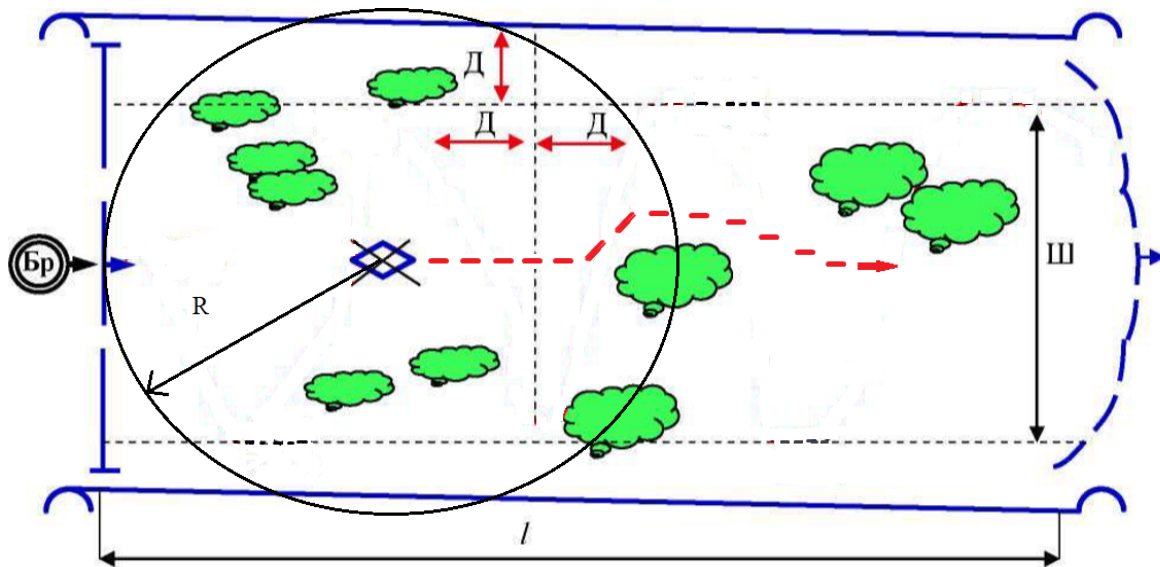


Рис. 4 – Безпілотний літальний апарат БПЛА «Coyote»

Високі показники швидкості БПЛА дозволяють своєчасно виявляти пошкожені зразки техніки, що дозволить підвищити швидкість руху технічної розвідки, а також визначати її оптимальний маршрут пересування. Час ведення технічної розвідки буде затрачений тільки на рух безпосередньо до пошкоджених зразків та визначати можливість їх евакуації (ремонт), а не на пошук цих зразків в значній смузі дії оперативного угруповання військ. При цьому, ефективність організації відновлення пошкоджених машин під час бойових дій підвищиться в рази.

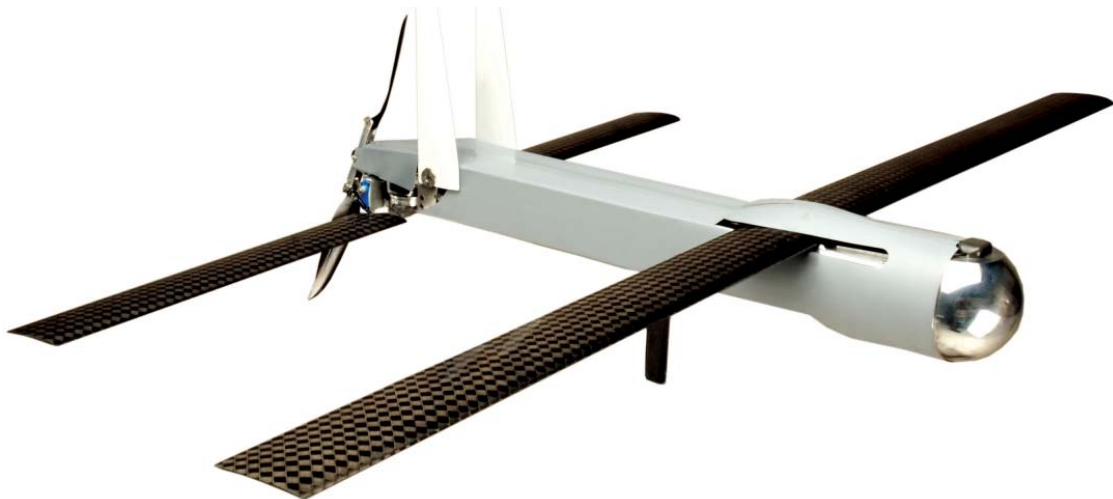


Рис. 5 – Схема дій підрозділу технічної розвідки з застосуванням БПЛА.

На основі аналізу викладеного матеріалу можна визначити перспективні шляхи вдосконалення складових системи відновлення автомобільної техніки а саме, технічну розвідку пошкоджених машин в ході бойових дій. Впровадження нових броньованих рухомих засобів сприяє захищеності особового складу і розширення спектру виконання завдань підрозділами технічної розвідки, а застосування новітніх зразків в сфері робототехніки таких як БПЛА, дозволить значно збільшити їх можливості. Ефективність виконання завдань технічної розвідки пошуку та визначення технічного стану пошкоджених машин сприяє швидкої її евакуації, ремонту і повернення до своїх підрозділів для виконання завдань за призначенням.

#### Список використаних джерел

1. Дем'янчук Б.О. *Основи автотехнічного забезпечення. Моделювання процесів: навчальний посібник* / Б.О. Дем'янчук, С.М. Вернівський, В.М. Меленчук. – Одеса: Військова академія. – 2015. – 330 с.
2. Дем'янчук Б.О. *Основи військової логістики. Прогнозні моделі забезпечення: навчальний посібник* / О.В. Гуляк, Б.О. Дем'янчук, О.М. Маслій, Д.В. Лісовенко, В.А. Маханьков., В.Ф. Обертас – Одеса: Військова академія. – 2019. – 262 с.
3. Дем'янчук Б.О. *Узагальнена модель системи технічного забезпечення бойових дій* / Б.О. Дем'янчук, О.В. Малишкін – Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних сил – Харків: вип. № 2(39) – 2014. – 8с.
4. Гуляк О.В. *Модель для оцінки варіантів адаптивного відновлення працездатності складної системи забезпечення* / О.В. Гуляк, Б.О. Дем'янчук, В.М. Косарев – Дніпро: Колективна монографія. Економічна кібернетика 2015. – 269с.
5. Дачковський В.О. *Оперативні розрахунки завдань технічного забезпечення (методика та приклади)* / В.О. Дачковський, І.В. Овчаренко, Н.К. Богдасарян – Київ: Національний університет оборони України імені Івана Черняховського – 2018.-118с.

УДК 623.437.4:629.113

**Маханьков В.А.,**  
**Мальцев О.В.,** д.т.н., професор,  
**Цибка Е.М.**

*Військова академія (м. Одеса) Україна*

## **НАПРЯМКИ ПІДТРИМКИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ ВІЙСЬКОВОЇ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ**

*Готовність військової автомобільної техніки (ВАТ) до використання за призначенням характеризується нормативними значеннями показників експлуатаційної надійності, яка забезпечується чинною системою технічного обслуговування. Але, багаторічний досвід використання планово-попереджувальної системи технічного обслуговування і ремонту ВАТ показав, що вона далека від досконалості тому що, не достатньо відображає виконання операцій обслуговування з урахуванням реального технічного стану та режимом використання зразків техніки. Тому, в статті наведені пропозиції для забезпечення експлуатаційної надійності автомобілів за рахунок їх раціонального діагностування.*

**Ключові слова:** *система відновлення; технічна діагностика; коефіцієнт готовності; військова автомобільна техніка*

**Постановка проблеми.** Дослідження, що пов'язані з удосконаленням технічного обслуговування (ТО), діагностики і відновлення військової автомобільної техніки (ВАТ), визначення факторів та чинників, що впливають на цей процес, набувають все більшої актуальності. Це пов'язано з наявністю у ЗС України досить великої кількості застарілих зразків машин з терміну їх експлуатації понад 30 років і більше. Зв'язку з таким становищем, цілеспрямована технічна політика направлена на розроблення нових методів і засобів технічного обслуговування з метою росту економічної ефективності роботи автомобільного транспорту в цілому. Дійсним інструментом введення режиму економії є зниження затрат на технічне обслуговування (ТО) і ремонт автомобілів за рахунок широкого використання засобів діагностування, тобто визначення технічного стану автомобілів і їх агрегатів без розбирання з метою прогнозування можливостей їх подальшої безвідмовної роботи чи застосування ощадних технологій ТО і ремонту.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Стратегії, способи і методи контролю технічного стану автомобілів в цілому чи їх окремих систем(агрегатів, вузлів) постійно розвиваються і удосконалюються. Питання обґрунтування періодичності технічного обслуговування автомобілів розглядаються в багатьох наукових роботах [1, 2]. Але разом з цим можна констатувати той факт, що на сьогоднішній день не існує єдиної науково обґрунтованої думки (чи розробленої системи), яка б задовольняла сучасні вимоги щодо періодичності та змісту профілактичних робіт і діагностування автомобілів, а також оперативної підтримки їх в технічно справному (працездатному) стані.

Існуюча дотепер система технічного обслуговування й ремонту рухомого складу автомобільного транспорту, що базується на помилкових концепціях середньостатистичних оцінок і гаданої відсутності протиріч у ній, досягла бар'єра ефективності, стала економічно не вигідною й не відповідає вимогам сьогоднішнього дня. Причиною даного становища є відсутність науково обґрунтованих методів індивідуального управління працездатністю рухомого складу, що базуються на теорії живучості складних систем. Необхідна кардинальна зміна філософії забезпечення працездатності: не як «вилікувати», а як домогтися того, щоб рухомий склад був постійно «здоровим».

**Постановка завдання.** Одним з ключових аспектів національної безпеки є підтримання необхідного рівня бойової готовності Збройних Сил України. Це стосується як бойової підготовки, так і стану озброєння та військової техніки. Автомобільний транспорт є високо маневреним та основним видом транспорту

Збройних Сил України. Готовність військових автомобілів до використання характеризується нормативними значеннями показників експлуатаційної надійності, яка забезпечується чинною системою технічного обслуговування і ремонту військової автомобільної техніки. (ВАТ) завдяки якій можливо чітко планувати роботу, забезпечувати рівномірне завантаження ремонтних підрозділів, завчасно готувати матеріальне забезпечення.

Багаторічний досвід використання планово-попереджувальної системи технічного обслуговування ВАТ, незважаючи на її ефективність з погляду на чіткість планування та організацію проведення, показав, що вона далека від досконалості, особливо під час ведення бойових дій.

Таким чином, з урахуванням досвіду проведення ООС, потрібно визначити основні недоліки і проблемні питання у галузі діагностики й обґрунтувати шляхи удосконалення цього процесу.

**Виклад основного матеріалу.** Діагностика автомобілів – це швидкий розвиток проблеми надійності, що базується на достатньо розробленому логічному, фундаменті, на тонких математичних і фізичних методах, які дають змогу досягти оптимальних результатів.

Діагностування – технологічний елемент профілактики і ремонту, основний метод виконання контрольних робіт. Специфічною властивістю, якою діагностика відрізняється від звичайного визначення технічного стану, є передусім виявлення несправностей без розбирання.

Завдання діагностування:

перевірка справності і працездатності автомобіля в цілому і його складових частин із установленою ймовірністю правильності діагностування;

пошук дефектів, які порушили справність і працездатності автомобіля;

збирання вихідних даних для прогнозування залишкового ресурсу або ймовірності безвідмовної роботи машини у між контрольний період.

Працездатність – це здатність автомобіля виконувати потрібні функції, а також стан експлуатаційних властивостей у допустимих межах. Оскільки автомобіль є відновлюваною системою, визначення тактики і стратегії відновлення його працездатність має велике значення. У зв'язку з цим доцільно розглянути процес працездатності об'єкта експлуатації. Таким об'єктом можуть бути спряження, агрегат, вузол або автомобіль у цілому.

Загальна схема втрати працездатності об'єкта експлуатації [ 5 ] показана на рис. 1, де  $x$  – один із параметрів, що характеризують його працездатність. Таких параметрів може бути кілька. Параметр  $x$  може мати будь-який фізичний зміст. На кожен параметр установлюються допустимі границі, відповідно мінімальні  $x_{\min}$  і максимальні  $x_{\max}$  значення параметра. Якщо параметр лежить в інтервалі  $x_{\min} \dots x_{\max}$ , об'єкт вважають працездатним. У тому разі, коли хоча б один із параметрів виходить за границі допусків, об'єкт втрачає працездатність.

Припустимо, що в процесі експлуатації об'єкта значення параметра  $x$  поступово зменшується. Тоді зміна параметра  $x$  від початкового значення до  $x_{\min}$  є процесом зміни технічного стану об'єкта, постійною втратою ним працездатності.

Як приклад розглянемо втрату працездатність двигуна. Потужність двигуна позначимо через  $x$ . При конструюванні і виготовленні двигуна різні його вузли і механізми мають геометричну неточність внаслідок конструктивних особливостей і ступеня недосконалості виготовлення, що в експлуатації призводить до розкиду значень  $x$  у двигунів серії, яку випускає завод. Найчастіше розкид значень  $x$  підлягає нормальному закону. Позначимо розсіювання літерою  $\Delta_1$ ; (рис. 1).

У двигуна, що працює, внаслідок дії швидких фізичних процесів настане дальше збільшення відхилення, яке визначиться полем розсіювання  $\Delta_2$ . Використовуючи імовірнісний метод додавання дисперсій окремих процесів, дістаємо сумарне поле розсіювання:

$$\Delta_c = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2} \quad (1)$$

Центр групування початкових значень параметра позначимо через  $x_0$ . Тоді запас параметра

$$a_3 = x_0 - a_1 - x_{min} \tag{2}$$

де  $a_1 = 1/2\Delta_c$  – початкова неточність значення параметра.

У процесі експлуатації двигуна його деталі поступово спрацьовуються. Ця обставина враховується в моделі тим, що передбачається наявність середньої швидкості  $v$  зменшення центра групування значень параметрів.

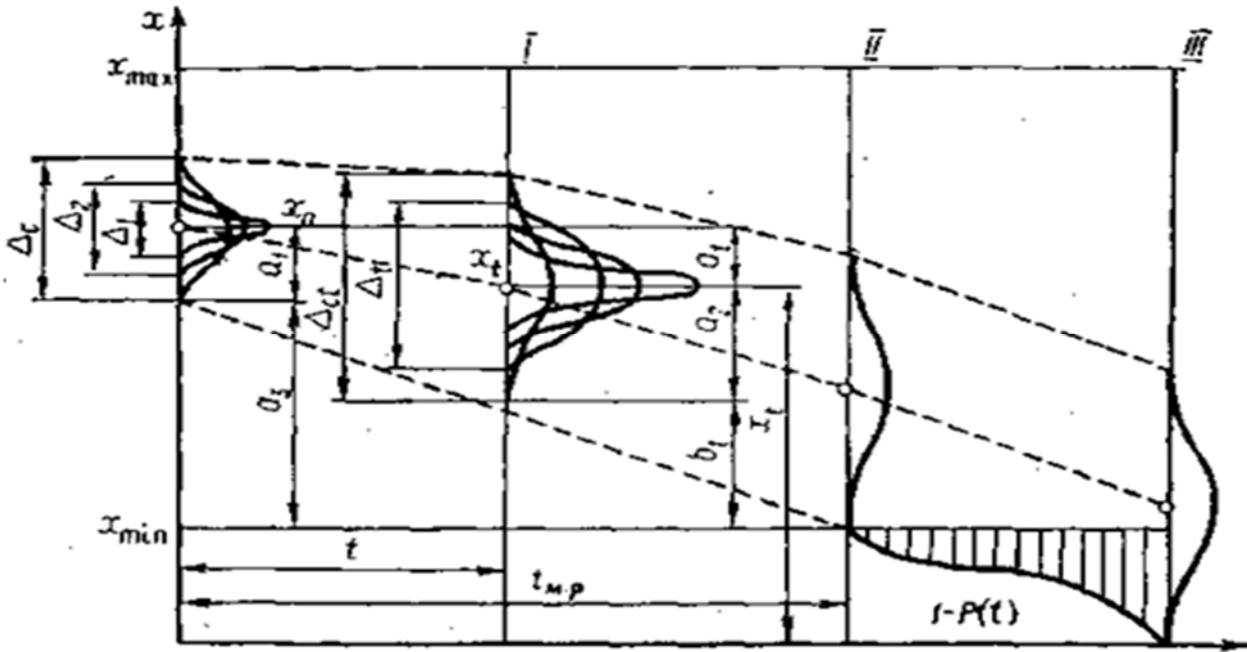


Рис. 1 – Схема втрати працездатності об’єкта експлуатації

За час  $t$  початкове значення  $x_0$  зміститься на  $a_t = v t$

Оскільки процес спрацьовування відбувається не детерміновано, а випадково, тут також буде поле розсіювання, яке позначимо через  $\Delta_t$ . До моменту  $t$  після початку експлуатації сумарне розсіювання значень параметра має вигляд

$$\Delta_{ct} = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_t^2} \tag{3}$$

а середнє відхилення значень параметра

$$a_2 = 1/2\Delta_{ct} \tag{4}$$

У момент  $t$  центр групування значень параметра  $x_t = x_0 - a_t$ , а решту резерву  $b_t$  доводять до мінімально допустимого рівня:

$$b_t = x_t - a_2 - x_{min} = x_0 - a_t - a_2 - x_{min}$$

Розглядуваному моменту на рис. 1 відповідає стан I.

Надалі при експлуатації двигуна зростає можливість виходу параметра  $x$  за мінімально допустимий рівень. Кількісно це можна оцінити ймовірністю безвідказної роботи  $P(t)$  за час  $t$ .

При нормальному законі розсіювання параметрів імовірність безвідказної роботи  $P(t)$  можна визначити з виразу

$$P(t) = 0.5 + \Phi\left(\frac{x_t - x_{min}}{1/6\Delta_{ct}}\right) \tag{5}$$

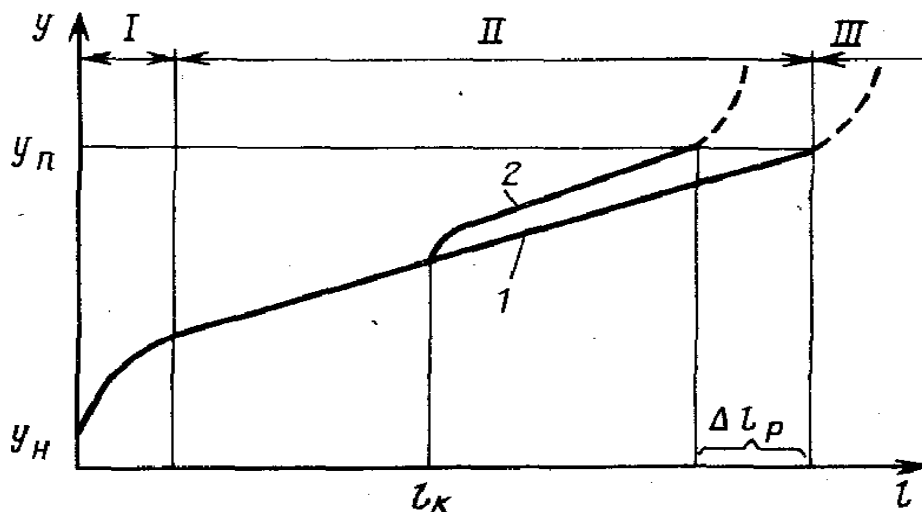
де  $0 \leq \Phi \leq 0,6$  – нормована функція Лапласа.

Імовірність безвідказної роботи  $P(t)$  практично дорівнюватиме одиниці доти, поки є резерв допустимих змін параметра (тобто  $b_t > 0$ ). Небезпеку становитимуть лише раптові відкази внаслідок зовнішніх дій, не пов’язаних із технічним станом двигуна. При тривалій експлуатації двигуна інтенсивніше спрацьовуються

деталі. В результаті погіршується його технічний стан і в якийсь момент часу резерв вичерпується (рис. 1, стан II). Імовірність відказу  $1 - P(t)$  швидко наростатиме. Таким чином, момент вичерпання ресурсу має визначати міжремонтний ресурс виробу  $t_{м.р.}$

Експлуатація двигунів після моменту часу  $t_{м.р.}$  збільшує зону розсіювання параметрів і змінює їхній технічний стан. Це призводить до значного зменшення  $P(t)$  (рис. 1, стан III).

Як вже наголошувалося раніше, для оцінки технічного стану об'єкту необхідно визначити поточне значення структурного параметра і порівняти це значення з нормативним. Проте структурні параметри в більшості випадків не піддаються вимірюванню без розбирання вузла або агрегату. Звичайно, тільки ради отримання інформації про рівень технічного стану ніхто не розбиратиме справний агрегат або вузол, оскільки це зв'язано, по-перше, із значними трудовими витратами, і, по-друге, що головне, кожне розбирання і порушення взаємного положення деталей, що прироблені, приводять до скорочення залишкового ресурсу на 30–40% (див. рис. 2).



1 – без розбирання; 2 – після розбирання; I – зона прироблення; II – зона нормальної роботи; III – зона інтенсивного зношування;  $\Delta l_p$  – зниження ресурсу через розбирання;

**Рис. 2 – Крива зміни інтенсивності зношування двох зв'язаних деталей.**

Тому, для визначення справжнього технічного стану автомобіля в ході експлуатації, застосовують технічну діагностику його складових яка охоплює теорію, методи та організацію процесів діагностування.

Діагностична інформація дає змогу оптимізувати технологічний процес технічного обслуговування конкретного автомобіля на основі знання справжнього його технічного стану.

В ЗС України застосовується планово-попереджувальна система технічного обслуговування, яка передбачає обов'язкове виконання із заданою періодичністю встановленого комплексу робіт в період їх використання, зберігання та транспортування.

Своєчасне та якісне технічне обслуговування є важливим елементом експлуатації машин та повинно забезпечувати:

постійну готовність машини до використання;

усунення причин, що викликають передчасне зношення, старіння, руйнування, несправності та поломки складових частин і механізмів;

надійну роботу машин протягом встановлених міжремонтних ресурсів та термінів їх служби до ремонту і списання.

Але, нажаль системою технічного обслуговування (ТО) не визначено які складові автомобіля та з якою періодичністю потрібно проводити діагностування машин інтенсивної експлуатації, особливо під час бойових дій, в зонах проведення Операцій об'єднаних сил (ООС).



Відомо, що регламентним нормативним показником в оцінці експлуатаційної надійності автомобільної техніки, є коефіцієнт готовності  $K_g$  кожного зразка машин.

Для забезпечення високого рівня безвідмовності ВАТ, в т.ч. коефіцієнта  $K_g$ , як показує багаторічна практика їх експлуатації у військах, недостатньо виконання лише профілактичних ТО через відповідні пробіги з одночасним їх діагностуванням. З метою пошуку скритих дефектів, які в подальшому порушують справність і (або) роботоздатність автомобіля, діагностування технічного стану потрібно виконувати і між періодичними ТО з одночасним усуненням дрібних несправностей та проведення відповідних регулювань. Періодичність цього діагностування повинна бути раціональною.

Під раціональною періодичністю діагностування  $L_D$  розуміється така, яка забезпечує відповідну безвідмовність та коефіцієнт готовності зразка ВАТ. Цю раціональну періодичність можна визначити за формулою, яка пов'язана з коефіцієнтом готовності  $K_g$ , рівнем забезпечення безвідмовності роботи у наступному періоді  $P(l)$  після діагностування машин та поточним значенням інтенсивності їх відмов  $\lambda_e$

$$L_D = \frac{K_g - P(l)}{K_g \lambda_e} \quad (6)$$

Інтенсивність відмов  $\lambda_e$  роботі визначалась до математичного сподівання пробігів АТ на відмови  $\lambda_e = 1/L_0$ , км<sup>-1</sup>. Коефіцієнт готовності ВАТ  $K_g$  визначався із співвідношення:

$$K_g = \frac{L_0}{L_0 + L_B}, \quad (7)$$

де  $L_0$  – пробіг машини на відмови, км;

$L_B$  – можливий пробіг автомобіля (км), протягом якого усуваються відмови, фактичною тривалістю  $T_e$  (год.).

У даному разі  $L_B$  можливо розраховувати через втрату пробігу машини з причин усунення відмов за виразом

$$L_B = \frac{T_B \times L_{сер}}{T_{зм}}, \quad (8)$$

де  $L_{сер}$  – середнє значення пробігів АТ за добу (робочу зміну), км/доб.,

$T_{зм}$  – тривалість робочої зміни АТ, год.

З урахуванням (1), (2) та  $\lambda_e = 1/L_0$  можна записати

$$L_D = L_0 [1 - P(l)] - P(l) L_B. \quad (9)$$

Зважаючи на те, що  $[1 - P(l)]$  є не що інше, як імовірність відмов В АТ у наступному (після їх діагностування) періоді  $P_e$ , то (4) набуває остаточного вигляду:

$$L_D = L_0 P_e - P(l) L_B. \quad (10)$$

Авторами в роботах [7] за результатами моделювання різних значень імовірності гарантування безвідмовної роботи  $P(l)$  та середньодобових пробігів  $L_{сер} = 20$  км/доб., характерних для мирного часу експлуатації ВАТ у військах, визначались коефіцієнти готовності  $K_g$  та раціональні періодичності діагностування  $L_D$ . Наприклад, для імовірності гарантування безвідмовної роботи  $P(l) = 0,7$  за інтенсивності експлуатації ВАТ  $L_{сер} = 20$  км/доб. отримано залежність коефіцієнта готовності  $K_g$  від пробігів на відмови  $L_0$  та тривалості їх усунення  $T_e$  (рис. 3, а) – просторове зображення, б) – ізолінії у декартових координатах).

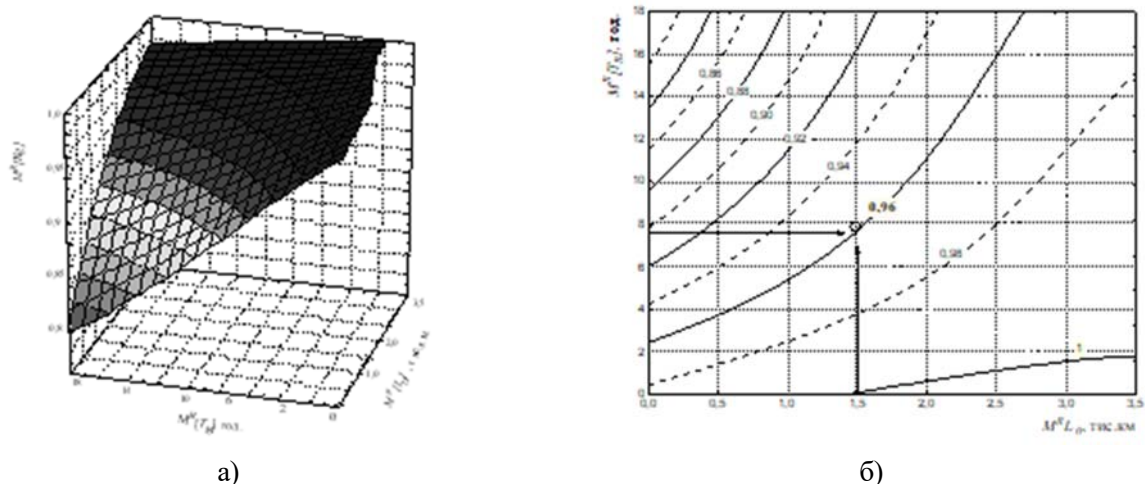
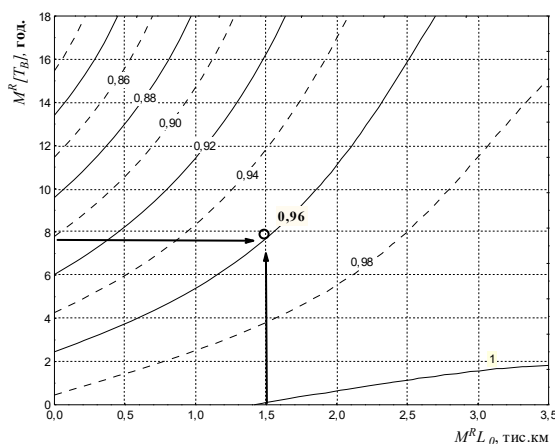
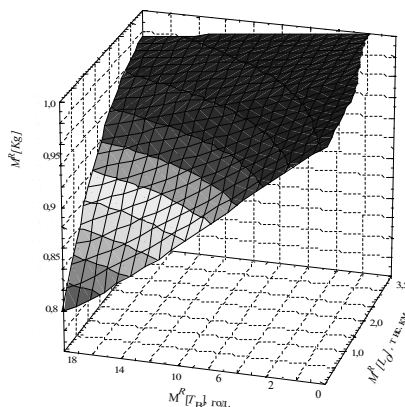


Рис. 3. – Розподіл коефіцієнта готовності залежно від пробігів ВАТ на відмови та тривалості їх усунення



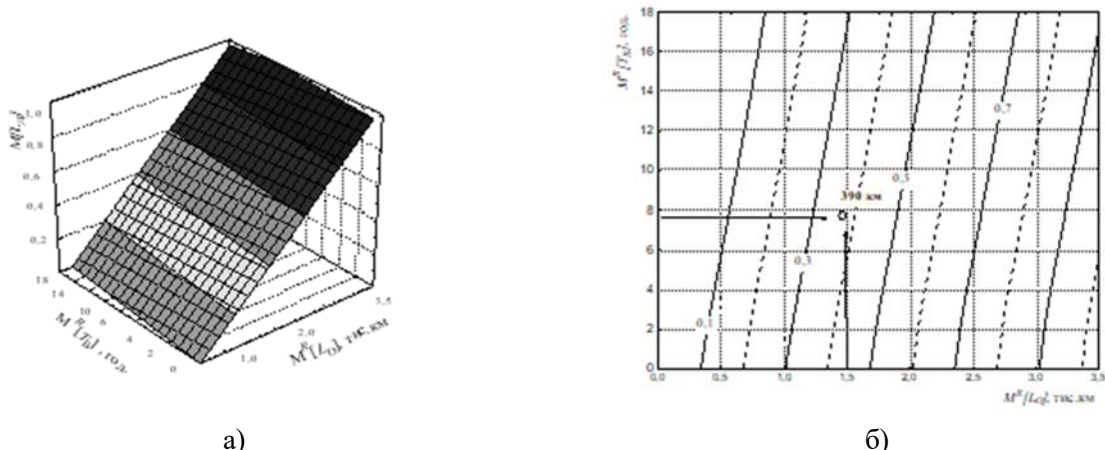
З отриманого видно, що із зростанням пробігів на відмови для менших значень тривалості відновлення працездатності ВАТ зростають значення  $K_g$ , що не заперечує фізичного змісту цього процесу. Наприклад, для  $L_0=1,5$  тис. км і  $T_e=7,6$  год. можна забезпечувати  $K_g=0,96$  з гарантуванням імовірності безвідмовної роботи ВАТ у наступному після діагностування періоді на рівні  $P(l)=0,7$  (рис. 3, б). Якщо ж  $L_0=2,0$  тис. км за тих же  $T_e$  і  $P(l)$ , то  $K_g=0,97$ .



Залежності  $T_e$  від  $L_0$ , які на рис. 3, б показані ізолініями, описуються відповідними формулами. Наприклад, для ізолінії з  $K_g=0,96$ , емпірична залежність має вигляд:

$$T_e = 2,6807 \cdot e^{0,7207L_0} \tag{11}$$

Імітаційним моделюванням, для цих же умов, отримано залежність періодичності діагностування  $L_D$  ВАТ від пробігів на відмови  $L_0$  та тривалості їх усунення  $T_e$  (рис. 4, а, б).



**Рис. 4. – Розподіл періодичності діагностування залежно від пробігів ВАТ на відмови та тривалості їх усунення**

Тут простежується аналогічна з результатами рис. 4 тенденція взаємозв'язків – з ростом пробігів ВАТ на відмови збільшуються періодичності їх діагностування.

На основі цих залежностей можна визначити, з якою періодичністю діагностувань  $L_D$  (і виконання за потребою відповідних контрольно-регулювальних та замінних операцій) можна забезпечити нормативні  $K_g$  та  $P(l)$ . Наприклад, якщо ВАТ використовуються у військах із середніми пробігами на відмови  $\bar{L}_0=1,5$  тис. км, які усуваються протягом  $T_v=7,6$  год., то, щоб забезпечити коефіцієнт готовності  $K_g=0,96$  і гарантувати імовірність безвідмовної роботи їх у наступному після діагностування періоді  $P(l)=0,7$  (рис. 4.б), потрібно проводити діагностування і відповідні контрольно-регулювальні та замінні операції через кожні  $L_D=390$  км (рис. 2, б).

За наведеною методикою визначено періодичності діагностувань ВАТ з інтервалами  $P(l)$  у межах 0,5–0,9 для різних значень пробігів їх на відмови  $L_0$  при середній тривалості їх усунення  $\bar{T}_v=2,64$  люд.-год. (табл. 1). Отримані значення раціональних періодичності діагностування забезпечують коефіцієнт готовності ВАТ на рівні 0,95–0,98.

Таблиця 1

Зведені результати визначення раціональної періодичності діагностування ВАТ за критерієм безвідмовності

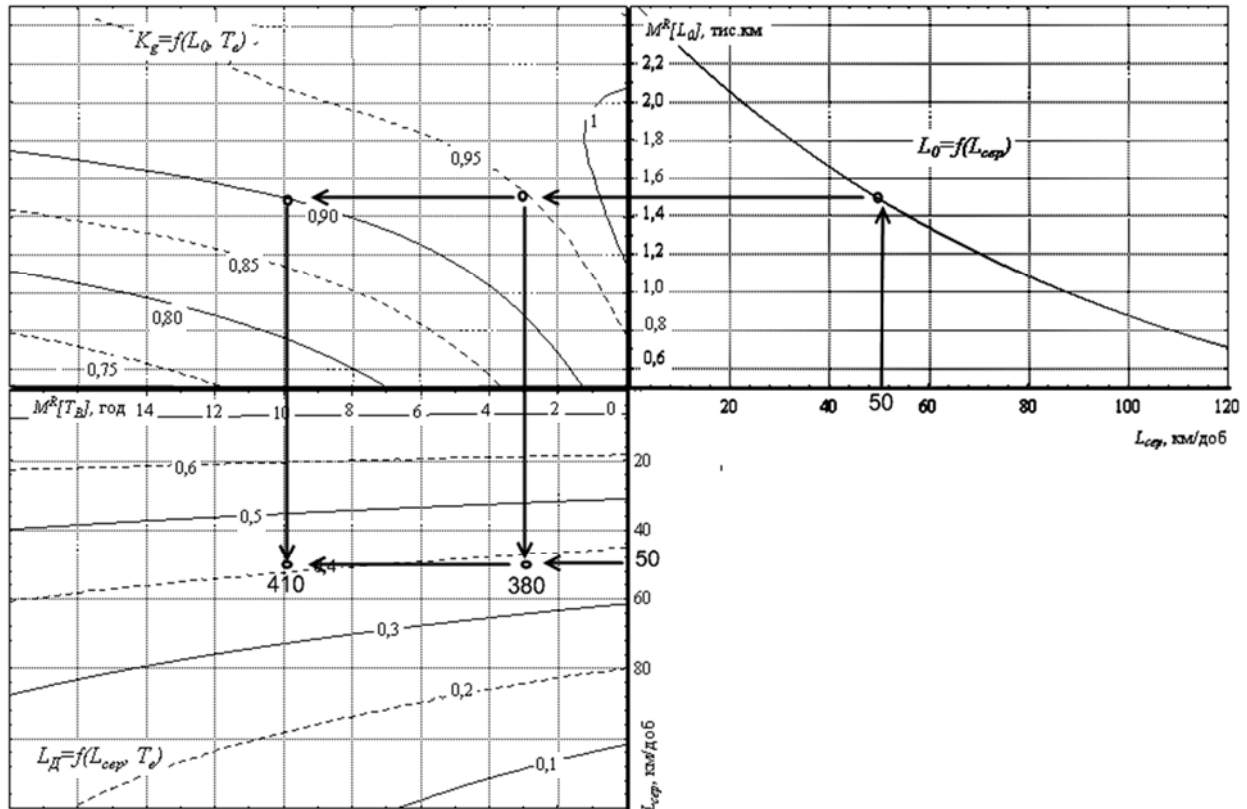
| Показники                          | Значення періодичності діагностування ВАТ для різних $\bar{L}_0$ , км |     |     |      |      |      |
|------------------------------------|---|-----|-----|------|------|------|
|                                    | 1,0   | 1,5 | 2,0 | 2,5  | 3,0  | 3,5  |
| Середній пробіг $\bar{L}_0$ тис.км | 1,0   | 1,5 | 2,0 | 2,5  | 3,0  | 3,5  |
| $M(L_D)^{P(l)=0,5}$                | 490   | 740 | 990 | 1240 | 1490 | 1740 |
| $M(L_D)^{P(l)=0,6}$                | 390   | 590 | 790 | 990  | 1190 | 1390 |
| $M(L_D)^{P(l)=0,7}$                | 280   | 430 | 580 | 730  | 880  | 930  |
| $M(L_D)^{P(l)=0,8}$                | 180   | 280 | 380 | 480  | 580  | 680  |
| $M(L_D)^{P(l)=0,9}$                | 70  | 135 | 170 | 235  | 270  | 335  |

Відомо, що з ростом інтенсивності використання автомобілів знижуються показники їх експлуатаційної надійності, зокрема зменшуються пробіги їх на відмови. В роботах [5,7] на прикладі експлуатації автомобілів «Урал-4320» у військових частинах, отримана експонентна залежність між цими величинами:

$$L_0=2,5387 \cdot e^{-0,0106L_{сер}}$$

1  
2)

З використанням цієї залежності виконувалось додаткове моделювання за результатами якого, аналогічно до попередньої програми, отримані раціональні періодичності діагностування в інтервалі  $L_{сер} = 10\text{--}100$  км/доб. Опрацювання результатів моделювання дало змогу розробити номограми для визначення раціональної періодичності з урахуванням залежності зміни пробігів ВАТ від інтенсивності їх використання. Наприклад, для автомобілів з  $L_{сер} = 50$  км/доб., за умови гарантування безвідмовності  $P(l) = 0,7$  та з метою забезпечення коефіцієнта готовності  $K_g = 0,90$  (0,95) потрібно виконувати діагностування через кожні 410 (380) км. (рис. 5).



**Рис. 5** – Номограма для визначення раціональних періодичностей діагностування ВАТ з урахуванням залежності зміни пробігів на відмови від інтенсивності їх використання

Аналіз отриманих результатів обох моделювань для існуючого парку ВАТ у ЗС України вказує на те, що для того, щоб забезпечити нормативні рівні готовності ( $K_g \geq 0,90$ ) на період мирного часу ( $L_{сер} \leq 50$  км/доб.), при середніх значеннях пробігів на відмови з 2,0 до 3,5 тис. км, доцільно виконувати в інтервалі ТО-1 одне додаткове діагностування. Якщо ж середні значення пробігів на відмови ВАТ становлять більше 3,5 тис. км, додаткових діагностувань виконувати не потрібно; якщо середні значення пробігів на відмови менші 2,0 тис. км, фахівцям автомобільної служби військової частини потрібно докладно проаналізувати роботу постів ТО на предмет виявлення неякісного виконання відповідних обслуговувань чи їх окремих операцій.

**Висновки.** За результатами теоретичних досліджень у галузі технічної експлуатації автомобілів та вимог керівних документів щодо розвитку існуючого парку ВАТ ЗС України встановлено, що забезпечення належної готовності автомобільної техніки та продовження її ресурсу можливе за рахунок вдосконалення їх системи ТО на основі діагностування, а саме через запровадження додаткових діагностувань у циклах ТО з раціональними періодичностями.

Аналізом наукової джерельної бази з питань ТО і ремонту автомобільного транспорту національної економіки та ЗС України встановлено, що спосіб вдосконалення системи ТО ВАТ повинен бути не складним та невисоковартісним, доступним для широкого застосування у військах. Він повинен

базуватися, перш за все, на забезпеченні нормативних значень коефіцієнтів готовності ВАТ. Власне ці значення повинні прийматися як основні критерії у визначенні раціональних періодичностей діагностування технічного стану машин у циклах пробігів до чергових ТО.

**Перспективи подальших досліджень.** На сучасному етапі, враховуючи результати наведеного дослідження, пропонується як найбільш оптимальний варіант вдосконалення чинної системи ТО і Р за рахунок запровадження у існуючої періодичності ТО ВАТ додаткових діагностувань. Періодичності цих діагностувань, перш за все, повинні ґрунтуватись на фактичних рівнях надійності ВАТ, тобто не бути жорстко детермінованими, а порядок діагностування потрібно виконувати відповідно до фактичної потреби як для окремого автомобіля, так і для окремих парків.

Тому для визначення періодичності додаткових діагностувань для ВАТ, потрібно провести подальші теоретичні та експериментальні дослідження з метою розроблення простої, зручної та доступної для запровадження у військах методики визначення шуканої періодичності діагностування ВАТ під час бойових дій в зонах ООС. Таку систему ТО з додатковим діагностуванням доцільно розглядати як перехідну до початку оснащення військ перспективними зразками автомобільної техніки з конструктивно вмонтованою електронною системою діагностування.

#### Список використаних джерел

1. Дем'янчук Б.О. *Основи автотехнічного забезпечення. Моделювання процесів: навчальний посібник* / Б.О. Дем'янчук, С.М. Вертівський, В.М. Меленчук. – Одеса: Військова академія. – 2015. – 330 с.
2. Дем'янчук Б.О. *Основи військової логістики. Прогнозні моделі забезпечення: навчальний посібник* / О.В. Гуляк, Б.О. Дем'янчук, О.М. Маслій, Д.В. Лісовенко, В.А. Маханьков., В.Ф. Обертас – Одеса: Військова академія. – 2019. – 262 с.
3. Дем'янчук Б.О. *Узагальнена модель системи технічного забезпечення бойових дій* / Б.О. Дем'янчук, О.В. Малишкін – *Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних сил* – Харків: вип. № 2(39) – 2014. – 8с.
4. Гуляк О.В. *Модель для оцінки варіантів адаптивного відновлення працездатності складної системи забезпечення* / О.В. Гуляк, Б.О. Дем'янчук, В.М. Косарев – Дніпро: *Коллективна монографія. Економічна кібернетика 2015.* – 269с.
5. Дачковський В.О. *Оперативні розрахунки завдань технічного забезпечення (методика та приклади)* / В.О. Дачковський, І.В. Овчаренко, Н.К. Богдасарян – Київ: *Національний університет оборони України імені Івана Черняховського* – 2018.-118с.
6. Біліченко В.В. *Основи технічної діагностики колісних транспортних засобів: навчальний посібник* / В.В. Біліченко – Вінниця: *ВНТУ, 2012-118с.*
7. Будяну Р.Г. *Вдосконалення системи технічного обслуговування військових автомобілів на основі їх діагностування: автореферат* / Р.Г. Будяну – Київ, 2010-20с.

УДК 355.69

**Михайлюк Д.О.***Військова академія, (м. Одеса), Україна*

## **АНАЛІЗ ТА ОЦІНКА МОЖЛИВОСТЕЙ ЗБІЛЬШЕННЯ МАНЕВРНОСТІ СИЛ І ЗАСОБІВ АВТОТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВІЙСЬКОВИХ ЧАСТИНИ В ОСОБЛИВИХ УМОВАХ ЗА РАХУНОК ЗАСТОСУВАННЯ ПОВІТРЯНОГО ТРАНСПОРТУ**

*У статті наводяться пропозиції щодо розробленні методів для збільшення маневрності сил та засобів автотехнічного забезпечення військових частин в особливих умовах за рахунок застосування повітряного транспорту.*

**Ключові слова:** *повітряні перевозки автотехнічного забезпечення, доставка, контроль.*

**Постановка проблеми.** В даний час аеризація, як масове впровадження і різностороннє використання літальних апаратів, технічне і організаційне пристосування військ і вантажів до пересування повітрям, не знайшла ще широкого використання через недостатню кількість транспортних літаків. До стримуючих чинників належать також висока вартість перевезень, залежність від погодних умов, наявність аеродромів. Поява недорогих і мобільних переносних зенітно-ракетних комплексів створюють труднощі при польотах на висотах менше 7 км, у зв'язку з небезпекою втрати повітряного засобу. Підтвердженням цього може служити доставка особового складу, авто технічного майна та вантажів військам, які знаходились у оточенні на сході України, під час проведення антитерористичної операції та ураження літаків ІЛ-76МД, Ан-30Б, Ан-26, які були збиті ракетою переносного зенітно-ракетного комплексу моделі 9К333 «Верба» російського виробництва. Однак, в сучасних операціях, які відрізняються маневреністю, динамічністю, масовим застосуванням високоточної зброї, потреби перевезення повітрям значно збільшуються. Питанням застосування транспортної авіації в інтересах автотехнічного забезпечення військових частин присвячується другий розділ роботи.

**Мета статті** полягає у розробленні методів для збільшення маневрності сил та засобів автотехнічного забезпечення військових частин в особливих умовах за рахунок застосування повітряного транспорту.

**Виклад основного матеріалу.** Існуюча система доставки засобів автотехнічного забезпечення, розташована тільки штатним автомобільним транспортом (спеціальних і загального призначення).

Головними і визначальними характеристиками системи доставки засобів автотехнічного забезпечення є:

- кількість транспортних засобу;
- можливості кожного транспортного засобу з підйому відповідної кількості засобів АТЗ;
- час маршруту, обумовлений можливими швидкостями транспортування з урахуванням тактико-технічних характеристик транспортних засобів.

Швидкості доставки засобів не завжди визначаються однозначно у відповідності з наведеними в експлуатаційній документації на кожний тип транспортного засобу, так як вони в кожному конкретному випадку залежать від характеристик театру військових дій, особливості маршрутів доставки засобів автотехнічного забезпечення, часу, доби і т. д. Коректне визначення середніх швидкостей доставки засобів пов'язано з певними труднощами, так як їх розрахунок повинен враховувати велику кількість різних факторів, з одного боку, і з іншого, цей розрахунок вельми важливий для правильного вибору маршрутів доставки.

Можливості існуючої системи АТЗ не завжди відповідають потребам військ, що діють в особливих умовах (гори, степ, ліси тощо). В першу чергу це пояснюється особливостями бойового застосування військ. Бойові дії окремих угруповань військ на роз'єднаних напрямках вносять додаткові складнощі у вирішення завдань АТЗ. Особливе перевантаження буде відчувати система доставки засобів автотехнічного забезпечення. Так, проведені розрахунки показали, що фізико-географічні особливості гірничо-лісної смуги в порівнянні з рівнинами зменшує ефективність функціонування системи доставки засобів АТЗ на 35...48%.

В гірських, лісових і степових районах збільшуються часи доставки запасів, а труднопрохідна місцевість значно знижує швидкість і вантажопідйомність автотранспорту. Крім того, дослідження показали, що можливості транспортної техніки з подоланням перешкод значно нижче, ніж у бойовій техніці сухопутних військ. Практично всі автомобільні дороги гірничої системи мають малі радіуси поворотів (8-15 метрів). На підставі цього можна стверджувати, що для подачі засобів, навіть при нормальній роботі автодоріг (без руйнувань), потрібно використовувати повітряний транспорт. По транспорту на маршрутах доставки можливі удари тактичної і армійської авіації та вплив диверсійно-розвідувальних груп противника. У можливості впливу на транспорт армійської авіації свідчить досвід локальних війн в Індокитаї і на Близькому Сході. Слід очікувати застосування патрулів дальньої розвідки, які закидаються на вертольотах в тил строком на 3-8 діб для збору та передачі даних про пересування шляхами комунікацій, що ведуть до лінії фронту.

У контакті з патрулями дальньої розвідки будуть діяти «група негайного реагування» вертольотами вогневої підтримки, які залучаються для нанесення раптового удару по важливим цілям противника.

Доставка по повітрю зменшує вплив плечей підвозу, виключає залежність від стану доріг та їх завантаженості, а в наслідок цього забезпечує своєчасну доставку автотехнічних засобів.

$$S_{кр} = \frac{V_B V_a}{V_B - V_a} (t_B - t_a), \quad (1)$$

де  $S_{кр}$  – величина плеча підвозу, при якому години подачі засобів вертольотами і автотранспортним будуть рівні;

$V_B V_a$  – швидкість транспортування засобів вертольотами та автотранспортом;

$t_B - t_a$  – час підготовки засобів до транспортування і подачі їх адресату.

Не в меншій мірі ефективність бойового застосування військ, залежить від своєчасного і якісного проведення таких заходів АТЗ, як організація та проведення технічного обслуговування та ремонту несправної автомобільної техніки. Таким чином, виникає необхідність вирішення таких важливих питань:

- визначення раціонального обсягу та черговості відновлення пошкодженої техніки;
- встановлення напрямків та шляхів удосконалення ремонтно-відновлювальних робіт.

При цьому слід враховувати, що кінцевою метою проведення ремонтно-відновлювальних робіт є підвищення на задану величину ефективності бойових дій військових частин з урахуванням наявності обмежень по часу. Черговість відновлення техніки повинна визначатися пріоритетним рядом, збудованим з пошкоджених зразків. Згідно методики ознакою побудови пріоритетного ряду є величина

$$\eta_j = \frac{\Delta \Xi_j}{(\Delta t_{ji})_{cp}}, \quad (2)$$

де  $\Delta \Xi_j$  – приріст ефективності  $j$ -го зразка техніки;

$(\Delta t_{ji})_{cp}$  – середній час відновлення одного примірника  $j$ -го зразка техніки.

Разом з тим, кожен ремонтний орган розташований на видаленні від пошкодженого зразка озброєння (техніки). Тому, до тривалості безпосереднього відновлення  $\Delta t_j$  додається ще організаційний час  $(\Delta t_{jik})_{cp}$  і час евакуації пошкодженого зразка (доставки ремонтних бригад до ушкодженої зразків)  $(\Delta t_{jik})_{\Xi}$ . Тоді загальні витрати часу на відновлення можна визначити виразом

$$t_{jik} = \Delta t_{ji} + (\Delta t_{jik})_{cp} + (\Delta t_{jik})_{\Xi}. \quad (3)$$

Пріоритетний ряд, за яким приймається рішення про те, в якому ремонтному органі необхідно відновлювати даний зразок техніки, буде визначатися за величиною

$$\eta_{jk} = \frac{\Delta \Xi_{ji}}{(\Delta t_{jik})_{cp}}, \quad (4)$$

Очевидно, що  $\eta_{jk} < \eta_j$

При організації ремонту необхідно прагнути до того, щоб в кінцевому результаті прийти до досягнення рівності. Одним з таких шляхів є зменшення часу евакуації пошкодженого зразка (доставки ремонтних бригад до ушкоджених зразків) за рахунок використання вертольотів при доставці ремонтних бригад до ушкодженого зразка (евакуації пошкодженого зразка). Іншим варіантом використання вертольотів типу Мі-6, Мі-8, Мі-26 є розміщення у вантажних кабінах апаратури ПАРМ-3М та інших видів ремонтно-перевірочної техніки. В перспективі слід очікувати створення універсальних контрольно-перевірочних машин (КПМ) з використанням бортової ЕВМ.

Показовим у цьому плані є досвід, накопичений військами ППО у минулі роки. Була розроблена система доставки ЗІП і необхідних блоків, вузлів і агрегатів на бойовому чергуванні з допомогою спеціально виділеного вертольота, який знаходиться у двох годинної готовності на аеродромі поблизу групових складів служби РАО. Це дозволяє в значній мірі скоротити час простою несправної техніки. Досвід навчань, проведених в цей час, показує, що відновлення однієї *збр* потребує поточного ремонту, при відсутності в *збр* дефіцитного ЗІП становить 4...4,5 доби, а використання вертольотів для доставки необхідних для ремонту агрегатів і ЗІП скорочує час відновлення до доби. Використовуючи переваги агрегатного методу ремонту і більше враховуючи організаційні втрати часу при ремонті озброєння та техніки ремонтними органами в ході операції, доцільно створювати мобільні (на вертольотах) спеціалізовані ремонтні групи. Ці групи, що складаються з досвідчених висококваліфікованих спеціалістів-ремонтників, маючи необхідний запас ЗІП у вигляді блоків (великих вузлів) і постійний зв'язок зі своїм ремонтним органом, здатні проводити ремонт озброєння та техніки в місцях його виходу з ладу, при цьому в короткий термін може відновлюватися зразок, який має слабкі і середні ушкодження. Особливо важливо застосування таких ремонтних груп, для відновлення радіолокаційного озброєння. У цьому випадку вертольоти можуть використовуватися в якості кранів при заміні антенних пристроїв, які є найбільш уразливими від вогневого впливу противника. Посилення ремонтних органів частин такими мобільними групами дозволить значно збільшити їх можливості щодо відновлення озброєння та техніки в ході операції.

В системі відновлення озброєння і техніки найважливіша роль буде належити технічній розвідці, так, як лише вона може забезпечити своєчасний збір даних, необхідних для прийняття обґрунтованого рішення на виробництво ремонтно-евакуаційних та інших відновлювальних робіт в інтересах як найшвидшого поповнення втрат підрозділів і частин в техніці. В даний час в тактичній ланці відсутні штатні підрозділи технічної розвідки. Технічна розвідка ведеться особовим складом, що входить до складу замикання похідних колон при висуванні військ, а також пунктів технічного спостереження, ремонтно-евакуаційних груп, екіпажами тягачів, рекогносцировочними групами, які виділяються зі складу ремонтних підрозділів. Дослідження показали [1-3,5], що органи технічної розвідки військової ланки, повинні своєчасно охоплювати не менш 85% виведеної з ладу техніки. Для того, щоб розв'язати



цю проблему виникла об'єктивна необхідність мати штатні органи технічної розвідки, укомплектовані особовим складом відповідних спеціальностей і оснащені спеціально створеними для цих цілей засобами. При цьому, для ведення технічної розвідки, крім наземних засобів, в обов'язковому порядку повинні використовуватися вертольоти з комплектом спеціального обладнання.

Таким чином, до основних заходів АТЗ військових частин для виконання яких необхідно використовувати повітряний транспорт, відносяться:

створення у військових частинах і підрозділах встановлених засобів АТЗ (автомобільної техніки і автомобільного майна);

своєчасне заповнення їх витрат та втрат;

маневр запасами засобів АТЗ в ході бойових дій;

своєчасне забезпечення автомобільної техніки необхідними ЗП і маневрами ремонтних сил і засобів;

організація технічної розвідки за всіма видами озброєння і техніки.

Особливо необхідним є застосування повітряного транспорту для вирішення розглянутих заходів АТЗ військових частин і підрозділів, що діє у відриві від основних баз постачання, в умовах постійного вогневого впливу противника.

Доставка засобів АТЗ по повітрю може здійснюватися посадковим і парашутним способами. Посадковий спосіб доставки матеріальних засобів одержав саме широке застосування у практиці повітряних перевезень. Він є найбільш доцільним та економічно вигідним. При посадочному способі доставки матеріальні засоби розміщуються у кабінах літаків і вертольотів в заводській упаковці, а якщо дозволяє характер вантажу, то і без упаковки. Отже, застосування цього способу доставки дозволяє максимально використовувати корисну вантажопідйомність і вантажомісткість авіатransпортних засобів. Посадковий спосіб доставки вимагає мінімальних витрат часу та робочої сили на підготовку, відправку і прийом вантажів, що виключає втрати і псування вантажів, можливі при скиданні, а також дозволяє використовувати зворотні рейси літаків і вертольотів для евакуаційних перевезень. Практично посадковим способом можуть доставлятися всі типи автомобільної техніки, які за своїми габаритами і вагою можуть бути розміщені у вантажній кабіні.

Поряд з економічною доцільністю доставки засобів АТЗ посадковим способом цей спосіб володіє і деякими недоліками. Основним з них, особливо при доставці вантажів військам, які є на території противника, є необхідність мати в районі доставки аеродроми або посадочні майданчики. Аеродроми або посадочні майданчики не завжди можуть бути створені за умовами місцевості і бойової обстановки в районі доставки вантажів і вимагають для підготовки великих витрат, робочої сили та часу. Наприклад, війська, що діють в гірських, лісових та степових районах і інших місцях зі складними топографічними умовами, не завжди мають можливість вибрати такий район, який задовольняв би вимогам, висунутих до місць посадки літаків. В окремих випадках, навіть при наявності таких районів, при обмежених термінах підготовки до повітряних перекидів, війська бувають не в змозі створити аеродроми.

Другим основним недоліком посадкового способу доставки є велика уразливість літаків і вертольотів на аеродромах та посадкових майданчиках. Тому, на аеродромах та посадкових майданчиках потрібне ретельне маскування і організація надійної системи протиповітряної та інших видів оборони з використанням як наземних, так і прикриття районів посадки з повітря. Таким чином, при використанні літаків і вертольотів посадковий спосіб найбільш прийнятний для доставки всіх типів автомобільної техніки та майна з центральних баз постачання і безпосередньо у військові частини і підрозділи.

**Висновок.** Справжня робота спрямована на вирішення однієї з практичних задач – удосконалення системи автотехнічного забезпечення військових частин за рахунок використання повітряного транспорту.

Методологічною основою проведених досліджень є системний підхід. Використання даного підходу дозволить провести кількісну оцінку впливу параметрів автотехнічного забезпечення на ефективність бойових дій військових частин і виробити практичні рекомендації щодо удосконалення системи автотехнічного забезпечення за рахунок використання повітряного транспорту.

У відповідності із загальною логікою дослідження в роботі виділено та вирішено наступні основні завдання:

1. Проведено системний аналіз функціонування системи автотехнічного забезпечення при діях військ в особливих умовах (гори, степи, ліса), визначено місце і роль заходів автотехнічного забезпечення, а також вироблені вимоги, що дозволяє досить коректно сформулювати задачу дослідження системи автотехнічного забезпечення військових частин.

2. Проведено аналіз та оцінку можливостей існуючої транспортної авіації з доставки засобів автотехнічного забезпечення.

За результатами проведених досліджень можна зробити наступні висновки:

1. Аналіз відповідності існуючої системи автотехнічного забезпечення потреб військових частин діючих в особливих умовах (гори, степи, ліса і т. і.) показали, що система не задовольняє потреби на своєчасну доставку засобів автотехнічного забезпечення. Фізико-географічні особливості гірничо-лісовій місцевості порівняно з рівнинними знижують ефективність системи автотехнічного забезпечення з доставки автомобільного майна на 35...48%. В цих умовах без використання повітряного транспорту в інтересах військ для виконання заходів автотехнічного забезпечення неможливо вирішити задачу забезпечення військ автотехнічним майном.

2. Аналіз часових витрат на підготовку засобів АТЗ до транспортування повітряним транспортом показав, що необхідно покращити навички особового складу баз і складів. При організації подачі парашутним способом затарювання автомобільного майна необхідно робити наперед і утримувати на складах в резервах.

### Список використаних джерел

1. Серватюк В.М. Аналіз розвитку способів парашутного десантування озброєння та військової техніки за допомогою новітніх засобів десантування / Серватюк В.М., Котляр С.П. // Труды університету: зб. Наук. Праць / Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського. – №4(118). – К.: 2013. – С.130 – 136.

2. Булгаков В.В. Вооруженный конфликт: формы и способы действий / Булгаков В.В. – К.: «Военная мысль» -2002. – №1. – С.39 – 43.

3. Воробьев И.Н. Контртеррористическая операция: анализ, уроки и выводы / Воробьев И.Н., Киселев В.А. // «Оперативная информация» – 2004. – 82 с.

4. FM63-2-1 Division Support Command Light, Airborne and Air Assault Divisions 16 November 1992. – 321р.

5. Шуєнкін В.О., Ішутін І.С., Трегубенко С.С. Метод визначення оптимального варіанта використання різних видів транспорту під час забезпечення військ (сил) матеріально-технічними засобами. //зб. Наук. Пр.. ЦНДІ ЗС України. – К., 2014. – №2(68). – С.44-53.

6. Особливості автотехнічного забезпечення військових частин в гірській, степовій та лісовій місцевості / С.М. Хаба, В.М Оленев // Національна безпека України: актуальні проблеми та шляхи їх вирішення. Збірник тез доповідей Третьої Всеукраїнської курсантсько-студентської науково-практичної конференції. 24.11.2017р., Одеса, 2017. – С.99-100.

**Науковий керівник:** Оленев В.М. к.військ.н., проф.

**Рецензент:** Шлапак В.О., к.ф.-м.н., доц., Військова академія (м. Одеса), Україна.

УДК 614.84

Нарусевич О.С. магістрант,

Дідик В.О.

Військова академія (м. Одеса), Україна

## РОЗРОБКА ПРОПОЗИЦІЙ ЩОДО УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ АВТОТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БОЙОВИХ ДІЙ ЧАСТИН І ПІДРОЗДІЛІВ ДЕСАНТНО-ШТУРМОВИХ ВІЙСЬК

*В роботі розглядається підхід до дослідження ефективності системи автотехнічного забезпечення військових частин.*

**Ключові слова:** системи, десантно-штурмові війська, забезпечення, частин.

**Поставлення проблеми.** Війна в зоні Перської затоці підтвердила погляд військового керівництва в керівних країнах світу на роль і місце сил швидкого розгортання в тому числі і Десантно-штурмових військ (ДШВ) в сучасній війні. Вміле використання високого бойового потенціалу цих частин і підрозділів, в більшості випадків залежить від наявності у них повітряних засобів доставки особового складу, озброєння, військової техніки та вантажів, що дає реальні передумови для досягнення успіху у протиборстві з противником на будь-яких театрах воєнних дій.

**Мета статті:** полягає в розробці пропозицій щодо удосконалення системи автотехнічного забезпечення під час бойових дій частин і підрозділів Десантно-штурмових військ.

**Виклад основного матеріалу.** Проведений аналіз існуючої системи АТЗ, можливостей з впровадження в систему доставки засобів АТЗ повітряним транспортом дозволить перейти до виконання наступних задач даного дослідження – розробки методики оцінки можливостей повітряного транспорту з доставки засобів автотехнічного забезпечення, та визначення черговості доставки засобів АТЗ авіатранспортом, що дозволяє, в свою чергу, виробити рекомендації щодо удосконалення системи АТЗ за рахунок використання повітряного транспорту[1].

Основними показниками оцінки можливостей підрозділів авіації з доставки засобів автотехнічного забезпечення є:

- загальна вантажопідйомність підрозділів;
- відстань перевезення;
- час, витрачений на організацію і виконання перевезення.

В основу методики визначення можливостей підрозділів авіації загальної вантажопідйомності покладена оцінка допустимого навантаження на літак (вертоліт), виходячи з заданої відстані перевезення, розмірів вантажних кабін і люків, ваги та габаритів перевезеного вантажу[2]. Ці співвідношення у випадку можливості перевезення вантажу одним рейсом можуть бути подані у вигляді:

$$L_{xГ} < L_{xГЛ}; L_{yГ} < L_{yГЛ}; L_{нГ} < L_{нГЛ}; \quad (1)$$

$$L_{xГ} < L_{xс}; L_{yГ} < L_{yс}; L_{нГ} < L_{нс}; \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^k G_{iГ} \leq \sum_{i=1}^{N_{\tau}} G_{iс}. \quad (3)$$

де  $L_{xГ}$ ,  $L_{yГ}$ ,  $L_{нГ}$  – габарити окремих складових елементів перевезеного вантажу (довжина, ширина, висота);

$L_{xГЛ}$ ,  $L_{yГЛ}$ ,  $L_{нГЛ}$  – розміри вантажних люків літаків (вертольотів);

$L_{xс}$ ,  $L_{yс}$ ,  $L_{нс}$  – розмір вантажних кабін літаків (вертольотів);

$G_{iГ}$  – маса окремих складених елементів перевезеного вантажу;

$G_i$  – вантажопідйомність літака;

$K$  – число складових елементів перевезеного вантажу;

$N_\tau$  – число літаків та вертольотів.

Вантажопідйомність гелікоптера залежить від способу доставки вантажу до місця призначення (в кабіні гелікоптера або на зовнішній підвісці). Маса можливого навантаження на вертоліт як основний показник його вантажопідйомності визначається за формулою:

$$G_{ГР} = G_{ВЗЛ} - G_H - G_\tau, \quad (4)$$

де  $G_{ГР}$  – маса можливого навантаження на вертоліт, включаючи масу перевезеного вантажу і обладнання для кріплення;

$G_{ВЗЛ}$  – підйомна вага гелікоптера;

$G_H$  – незмінна вага гелікоптера;

$G_\tau$  – вага палива, витраченого під час польоту.

Можливості підрозділів армійської авіації з вантажопідйомності залежать від бойового складу підрозділу, коефіцієнта бойової готовності і вантажопідйомності одного гелікоптера. Ця залежність визначається за формулою:

$$G_{ВОЗМ} = K_{БГ} \cdot G_{ГР} \cdot N_\tau, \quad (5)$$

де  $G_{ВОЗМ}$  – можлива вантажопідйомність підрозділу;

$K_{БГ}$  – коефіцієнт бойової готовності;

$N_\tau$  – кількість вертольотів в підрозділі.

Можливість транспортної авіації за дальністю виконання перевезень залежить від ваги перевезеного вантажу, заправленої кількості палива, висоти, швидкості польоту, а у гелікоптера, і від виду транспортування вантажу. Розрахунок дальності перевезення засобів автотехнічного забезпечення вертольотом виконується в наступній послідовності.

Можлива заправка паливом, допустима для даної злітної маси гелікоптера в залежності від необхідного завантаження, визначається за формулою:

$$G_\tau = G_{ВЗЛ} - G_H - G_{ГР}, \quad (6)$$

Можливості літаків (вертольотів) за часом виконання транспортних задач оцінюються часом, що витрачається з моменту отримання задачі на перевезення до моменту доставки вантажу в визначене місце. Для оцінки можливостей повітряного транспорту з моменту виконання перевезення, розглянемо логічну послідовність подій, пов'язаних з виконанням окремого рейсу. Виконання окремого рейсу складається з таких елементів як: час підготовки до проведення перевезення з моменту отримання бойового завдання  $t_{под}$ ; час перельоту з аеродрому основного базування на аеродром завантаження  $t_{пер1}$ ; час завантаження матеріальних засобів  $t_{пог}$ ; час перельоту з аеродрому завантаження до аеродрому розвантаження  $t_{пер2}$ , час розвантаження  $t_{роз}$  і час  $t_{пер3}$  повернення з аеродрому розвантаження на аеродром завантаження. Приведена послідовність подій може бути подана у вигляді рівняння балансу часу, який витрачений на виконання окремого рейсу  $t_p$ :

$$t_p = t_{под} + t_{пер1} + t_{пог} + t_{пер2} + t_{роз} + t_{пер3}. \quad (7)$$

Час підготовки до проведення перевезення  $t_{под}$  і час перельоту з аеродрому основного базування на аеродром завантаження  $t_{пер1}$  характеризує не тільки тривалість першого рейсу, але і входить також до загальної тривалості перевезення, які виконані кілька разів. Час перельоту з аеродрому основного базування на аеродром завантаження  $t_{пер1}$ , визначається віддаленістю аеродромів і швидкістю польоту. Час проведення завантаження і розвантаження є обов'язковим основним елементом часу виконання кожного рейсу і може бути прийнятим як пасивний час, який не залежний ні від швидкості,

ні від дальності польоту. Пасивний час залежить від кількості і ваги вантажу, що завантажений в кожний літак (вертоліт), ступеню механізації завантажувально-розвантажувальних робіт, які пов'язані з обслуговуванням літаків (вертольотів), тренуваності екіпажу і команд щодо завантаження і розвантаження.5

З обліку пасивного часу тривалості проведення перевезень матеріальних засобів одним рейсом  $t_{p1}$  або часу виконання першого рейсу при проведенні перевезень кількома рейсами можна записати таким чином:

$$t_{p1} = t_{\text{под}} + t_{\text{пер1}} + 2t_{\text{пер2}} + t_{\text{пасс}} \tag{8}$$

Тривалість другого і наступного рейсу може бути визначена з виразу:

$$t_{p1+i-\text{го}} = 2t_{\text{пер2}} + t_{\text{пасс}} \tag{9}$$

Загальний час проведення перевезення кількома рейсами може бути визначений з виразу:

$$T_{\text{общ}} = n_p t_{p1+i-\text{го}} + t_{\text{под}} + t_{\text{пер1}}, \tag{10}$$

де  $n_p$  – загальне число рейсів, потрібних для виконання перевезень.

Блок – схема оцінки можливостей повітряного транспорту з доставки засобів автотехнічного забезпечення приведена на рис.1.

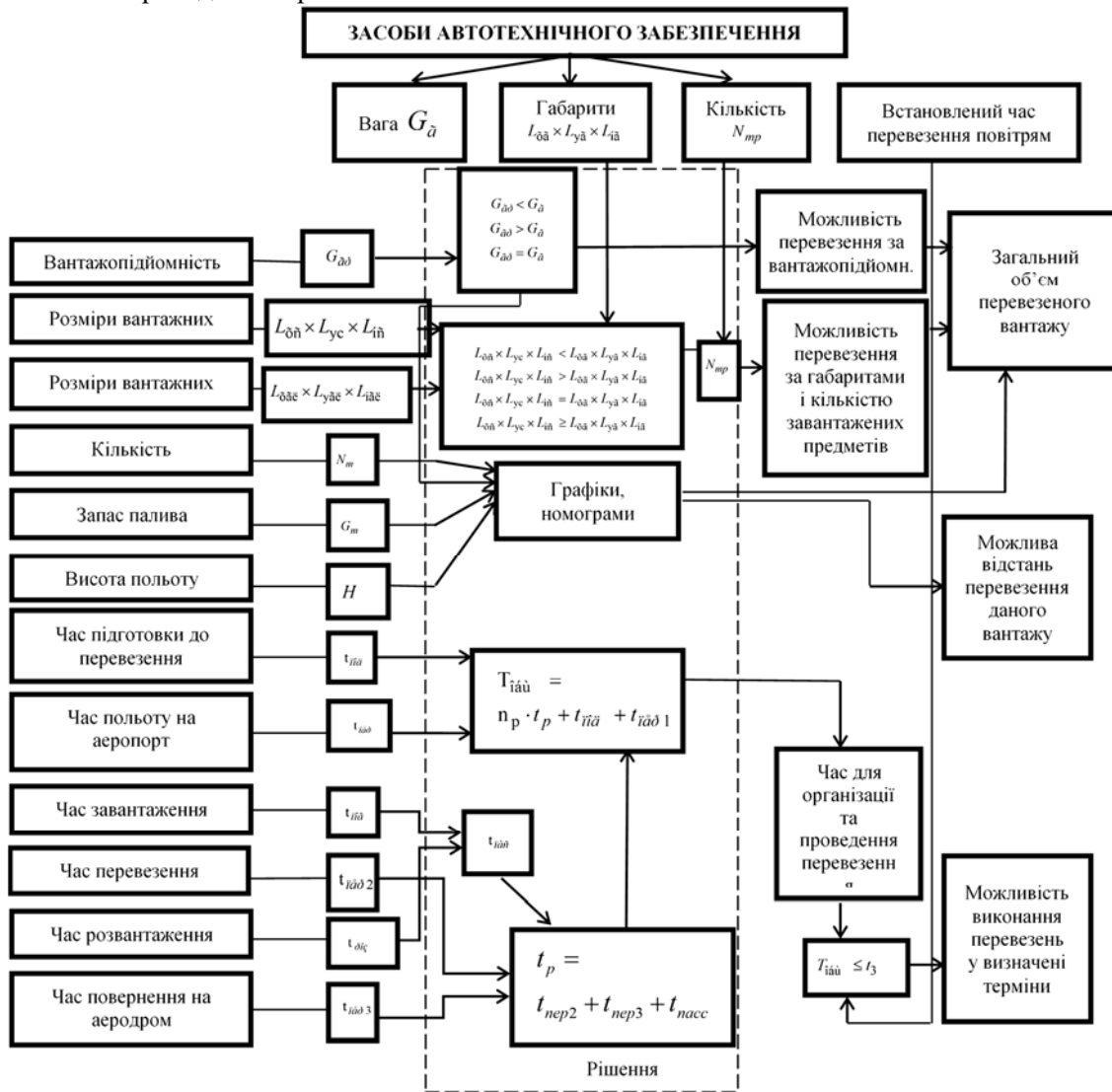


Рис. 1– Блок-схема оцінки можливості повітряного транспорту з доставки засобів автотехнічного забезпечення.

В практиці вирішення задач автотехнічного забезпечення військових частин із застосуванням повітряного транспорту можуть виникати наступні завдання:

- визначити час доставки за відомою кількістю засобів автотехнічного забезпечення, дальністю перевезень та наявною кількістю авіатранспорту;
- визначити потрібну кількість авіатранспорту за відомою кількістю засобів автотехнічного забезпечення, дальністю перевезень та заданим часом доставки;
- визначити кількість доставлених засобів автотехнічного забезпечення за відомою кількістю наявних транспортних засобів, дальністю перевезень за заданим часом.

Для вирішення цих завдань доцільно використовувати наступну методику.

Спочатку визначаємо кількість рейсів  $n_p$ , які зможе зробити вертоліт за визначений для перевезення час.

$$n_p = \frac{t_{пл}}{t_p}, \quad (11)$$

де  $t_{пл}$  – визначений час перевезення. Величина  $t_p$  заокруглюється в меншу сторону.

Тривалість одного рейсу може бути визначена за формулою:

$$t_p = \frac{2D}{V} + t_{пас}, \quad (12)$$

де  $D$  – дальність перевезення;

$V$  – середня швидкість польоту;

$t_{пас}$  – пасивний час (середній час завантаження, розвантаження, технічного обслуговування і т.п. на один рейс).

Потім визначаємо кількість засобів автотехнічного забезпечення, яка доставляється підрозділом армійської авіації за один рейс.

$$N_{(1)} = N_\tau N_1 K_{БГ} (1 - K_{БП}), \quad (13)$$

де  $N_\tau$  – кількість вертольотів у підрозділі;

$N_1$  – кількість засобів, які перевозяться одним вертольотом;

$K_{БГ}$  – коефіцієнт боєготовності;

$K_{БП}$  – коефіцієнт бойових втрат.

Для більш точного визначення можливостей армійської авіації необхідно враховувати втрати вертольотів від засобів нападу противника під час кожного вильоту. Так, за два вильоти кількість доставлених засобів підрозділом армійської авіації складає:

$$N_{(1,2)} = N_\tau N_1 K_{БГ} (1 - K_{БП}) + N_\tau N_1 K_{БГ} (1 - K_{БП})^2, \quad (14)$$

за  $n$  вильотів:

$$N_{(1,2,\dots,n)} = N_\tau N_1 K_{БГ} (1 - K_{БП}) + N_\tau N_1 K_{БГ} (1 - K_{БП})^2 + \dots + N_\tau N_1 K_{БГ} (1 - K_{БП})^n, \quad (15)$$

Цей вираз можна записати в загальному вигляді:

$$N_{(1,2,\dots,n)} = N_\tau N_1 K_{БГ} (1 - K_{БП}) \sum_{j=1}^n (1 - K_{БП})^{j-1}, \quad (16)$$

де  $j = 1, 2, \dots, n$  – кількість вильотів авіації за період бойових дій.

Вираз  $\sum_{j=1}^n (1 - K_{БП})^{j-1}$  це степеневий ряд виду  $a^0 + a^1 + a^2 + \dots + a^{m-1} + a^m$ , який є геометричною прогресією зі знаменником:

$$q_m = \frac{a^m}{a^{m-1}} = a. \quad (17)$$

Сума перших членів такої прогресії (знаменник якої не дорівнює 1) визначається за формулою:

$$S_c = \frac{a_1 - a_c q_m}{1 - q_m}, \quad (18)$$

де  $a_1$  – перший член прогресії.

Вираз  $\sum_{j=1}^n (1 - K_{\text{БП}})^{j-1}$  можна записати як:

$$\sum_{j=1}^n (1 - K_{\text{БП}})^{j-1} = \frac{1 - (1 - K_{\text{БП}})^n}{K_{\text{БП}}}. \quad (19)$$

Для більш точного визначення кількості засобів доставлених підрозділом армійської авіації за  $n_p$  рейсів і час  $t_{\text{пл}}$  буде мати вигляд:

$$N_{(\text{ТР})} = N_{\tau} N_1 K_{\text{БГ}} (1 - K_{\text{БП}})^{\frac{1 - (1 - K_{\text{БП}})^{n_p}}{K_{\text{БП}}}}. \quad (20)$$

Розрахунок можливостей авіації за запропованою методикою є доволі трудомістким. Тому для зручності використання були проведені розрахунки на ПЕОМ, на основі яких побудовані номограми, таблиці, які визначають можливості армійської авіації з доставки різних типів вантажу.

**Висновок.** Отже, запропонована методика дозволить провести дослідження і розробити пропозиції щодо удосконалення системи автотехнічного забезпечення бойових дій військових частин у разі використання повітряного транспорту. Крім того, розроблена методика можливостей повітряного транспорту з доставки засобів автотехнічного забезпечення дозволить оперативно вирішувати задачі з організації автотехнічного забезпечення з використанням авіатранспорту.

Запропонована методика оцінки можливостей повітряного транспорту з доставки засобів автотехнічного забезпечення дозволяє вирішувати наступні завдання:

- визначити час доставки за відомою кількістю засобів автотехнічного забезпечення, дальністю перевезень та наявною кількістю авіатранспорту;
- визначити потрібну кількість авіатранспорту за відомою кількістю засобів автотехнічного забезпечення, дальністю перевезень та заданим часом доставки;
- визначити кількість доставлених засобів автотехнічного забезпечення за відомою кількістю наявних транспортних засобів, дальністю перевезень та заданим часом.

#### Список використаних джерел

1. Оленів В.М., Бовкун О.П. Методика оцінки можливостей повітряного транспорту з доставки засобів автотехнічного забезпечення. // зб. Наук. Пр.. Військова Академія (м.Одеса). – Одеса., 2015. – №3.-С.24-31.
2. Шуєнкін В.О., Ішутін І.С., Трегубенко С.С. Метод визначення оптимального варіанта використання різних видів транспорту під час забезпечення військ (сил) матеріально-технічними засобами. //зб. Наук. Пр.. ЦНДІ ЗС України. – К., 2014. – №2(68). – С.44-53.
3. Керівництво з повітрянодесантної служби (КПДС-2003). –К.: 2003. -288 с.
4. Настанова з повітрянодесантної служби (НПДС-2006). –К.: 2006. -249 с.

**Рецензент:** Шлапак В.Д., к.ф-н.н., доц., Військова академія (м. Одеса), Україна.

УДК 629.113

**Угольніков О.П.**, к. ф.-м. н., доцент,**Косар Ю.М.**,**Кримов В.О.**,**Мальцев О.В.**, д.т.н., професор

Військова академія, (м. Одеса), Україна

## ПРОГНОЗУВАННЯ ЗАЛИШКОВОГО НОРМОВАНОГО РЕСУРСУ ЗРАЗКІВ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

*Об'єктивне прогнозування динаміки зміни рівня показника залишкового нормованого ресурсу зразка (за пробігом) до капітального ремонту або списання військової автомобільної техніки за наслідками спостереження фактичної зміни цього параметра інтервалу часу є важливим для забезпечення готовності до виконання завдання за призначенням. Метою є побудова адекватної моделі зменшення ресурсу до капітального ремонту військової автомобільної техніки протягом її експлуатації, прогнозування показника залишкового нормованого ресурсу за пробігом коефіцієнта готовності кожного зразка автомобілів парку. Підвищення надійності автомобільної техніки є одним з пріоритетних напрямків розвитку техніки на найближче десятиріччя. Найважливіша якість, яка характеризує надійність автомобільної техніки – довговічність – визначається терміном служби і ресурсом.*

**Ключові слова:** залишковий нормований ресурс; прогнозування коефіцієнт готовності; довговічність.

**Постановка проблеми.** У наш час в Україні у зв'язку з станом війни та обмеженістю матеріальних і фінансових ресурсів гостро стоїть проблема збільшення ресурсу роботи, зниження трудомісткості і покращення рівня технічного обслуговування автомобілів. Ці вимоги цілком стосуються і парку військових автомобілів. Одним із найголовніших завдань військової автомобільної техніки є своєчасне постачання підрозділів, боєприпасів та матеріально технічних засобів до району ведення бойових дій. Тому будь-яка затримка на шляху проходження або відмова будь-якої системи військового автомобіля під час виконання бойового завдання може призвести до фатальних наслідків. Мова йде про необхідність і актуальність науково-обґрунтованого вирішення на практиці науково-технічного завдання аналізу і прогнозування технічного стану зразків указаних машин, шляхом розробки методів або методик, що дозволяють суттєво удосконалити існуючі на практиці методи суб'єктивного відбору машин з більш надійним технічним станом і методи поточної підготовки цих машин до маршу.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Аналіз результатів експлуатації різних зразків військових автомобілів протягом останніх десятиліть показує систематичне зниження рівня показника технічного стану автомобільних засобів у будь-якій частині через відсутність умов для нормальної та ефективної експлуатації, і, перш за все, через відсутність системи планового оновлення автомобільної техніки у військових частинах.

Досвід бойового застосування озброєння і військової автомобільної техніки як базових шасі вогневої підтримки частин і бойових підрозділів збройних сил, зростання динаміки бойового протистояння свідчать про необхідність підвищення вимог до технічного стану цих засобів, що, потребує своєчасних заходів для систематичного аналізу технічного стану цих автомобілів, їх зберігання на потрібному рівні та об'єктивного прогнозування динаміки зменшення їх залишкового нормованого ресурсу і своєчасного оновлення парку на основі результатів об'єктивного прогнозу.

**Постановка завдання.** Характерною рисою теперішнього часу є постійний ріст бойових можливостей усіх видів Збройних Сил за рахунок оснащення їх новими зразками озброєння і військової техніки.



Саме тому необхідно:

запропонувати адекватну модель динаміки зменшення залишкового ресурсу зразків ВАТ за часом під впливом протидіючих факторів, один з яких сприяє зберіганню, а інший сприяє витраті ресурсу зразків ВАТ;

визначити метод прогнозування показника залишкового нормованого ресурсу зразків ВАТ на перспективному інтервалі часу за результатами спостереження показника на ретроспективному інтервалі часу їх експлуатації;

розробити метод визначення оптимальних оцінок (тобто з найменшими помилками оцінок) параметрів прогнозного тренду (нелінійного типу) змін залишкового ресурсу за часом; справа в тому, що застосування ефективного в даному випадку метода максимальної правдоподібності для оцінок параметрів нелінійного тренду завжди відрізняється суттєвою математичною складністю;

обґрунтувати вибір і доцільність застосування критерію для прийняття рішення начальником автомобільної служби щодо поновлення парку спеціалізованих ВАТ шляхом капітального ремонту або списання зразків, з урахуванням деякого критичного значення залишкового нормованого їх ресурсу, наприклад, у випадку, коли він досягне рівня, який дорівнює 0,1.

**Виклад основного матеріалу.** Метод статистичного прогнозування динаміки зменшення з часом експлуатації зразка рівня коефіцієнта готовності зразків озброєнь або військової техніки заснований, по-перше, на побудові імовірнісної моделі, що є адекватною реальній ситуації, коли діють узагальнені чинники, деякі з яких сприяють, а деякі перешкоджають успішному збереженню показника коефіцієнта готовності зразка.

В роботі [1] показано, що функція залежності залишкового нормованого ресурсу зразка автомобільної техніки  $B$  від часу  $t$  в цій моделі є розв'язком диференціального рівняння

$$\frac{dB(t)}{dt} = \gamma \cdot B(t) \cdot [1 - B(t)]. \quad (1)$$

де  $\gamma$  – коефіцієнт протидії чинників, які сприяють або перешкоджають збереженню залишкового нормованого ресурсу. Інтегрування цього рівняння за умови  $B(\tau_{0.5}) = 1/2$  дає розв'язок у вигляді

$$B(t) = 1/\{1 + \exp[\gamma(t - \tau_{0.5})]\}. \quad (2)$$

Ця функція містить лише два параметра, що визначають його форму і положення в площі координат  $(B; t)$ , а саме: параметр  $\gamma$  визначає крутизну кривої  $B(t)$ , параметр  $\tau_{0.5}$  визначає положення цієї кривої на площині  $(B; t)$ .

Далі завдання полягає в знаходженні оптимальних оцінок параметрів  $\gamma$  й  $\tau_{0.5}$  і похибок цих оцінок по обмеженій сукупності  $m$  значень функції (2), які розташовані на початковому інтервалі значень часу  $t$  експлуатації автомобіля, тобто за дискретними експериментальними даними.

Маючи у своєму розпорядженні одержані експериментально дискретні значення  $B(t_k)$  для значень часу  $t = t_k$  ( $k = 1, 2, \dots, m$ ), оцінки максимальної правдоподібності параметрів  $\gamma$  й  $\tau_{0.5}$  отримаємо методом найменших квадратів. Для цього необхідно привести функцію (2) до вигляду, де залежність від часу  $t$  буде лінійною. Після деяких перетворень одержимо

$$\ln\left(\frac{1}{B} - 1\right) = \gamma t - \gamma \tau_{0.5} \text{ або } y = at + b, \text{ де } y = \ln\left(\frac{1}{B} - 1\right), \quad a = \gamma, \quad b = -\gamma \tau_{0.5}. \quad (3)$$

Оптимальні значення параметрів  $a$  і  $b$  лінійної функції знаходяться методом найменших квадратів і дорівнюють:

$$a = \frac{m \cdot \sum_{k=1}^m t_k y_k - \sum_{k=1}^m t_k \cdot \sum_{k=1}^m y_k}{m \cdot \sum_{k=1}^m t_k^2 - (\sum_{k=1}^m t_k)^2}, \quad \gamma = a; \quad b = \frac{\sum_{k=1}^m t_k^2 \cdot \sum_{k=1}^m y_k - \sum_{k=1}^m t_k \cdot \sum_{k=1}^m t_k y_k}{m \cdot \sum_{k=1}^m t_k^2 - (\sum_{k=1}^m t_k)^2}, \quad \tau_{0.5} = -\frac{b}{\gamma}.$$

Для уточнення оцінок параметрів  $\tau_{0.5}$  та  $\gamma$  методом максимальної правдоподібності з урахуванням їх опорних значень та всіх значень  $B(t)$  на проміжку  $t \in [t_1; t_m]$ , які визначені з похибками  $\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_m$ , і які неважко обчислити, враховуючи відхилення кожного значення від опорної кривої

тренду, позначимо початкові оцінки параметрів  $\tau_{0.5}$  та  $\gamma$ , обчислені за формулами (3), через  $(\tau_{0.5})_0$  та  $\gamma_0$ , а їх оцінки, уточнені за методом максимальної правдоподібності – через  $\tau_{0.5}$  та  $\gamma$ . Тоді похибки значень цих параметрів дорівнюють:

$$\Delta\tau_{0.5} = \tau_{0.5} - (\tau_{0.5})_0, \quad \Delta\gamma = \gamma - \gamma_0. \tag{4}$$

Нові оцінки параметрів прогнозного тренду  $\tau_{0.5}$  та  $\gamma$ , отримані в результаті корекції, а саме, тренду зменшення величини коефіцієнта готовності зразка військової автомобільної техніки, повністю залежного від цих двох параметрів, отримаємо у вигляді:

$$\begin{cases} \tau_{0.5} = (\tau_{0.5})_0 + \frac{\sum_{k=1}^m w_k B_\gamma^2(t_k) \cdot \sum_{k=1}^m w_k B_\tau(t_k) y_k - \sum_{k=1}^m w_k B_\tau(t_k) B_\gamma(t_k) \cdot \sum_{k=1}^m w_k B_\gamma(t_k) y_k}{\sum_{k=1}^m w_k B_\tau^2(t_k) \sum_{k=1}^m w_k B_\gamma^2(t_k) - (\sum_{k=1}^m w_k B_\tau(t_k) B_\gamma(t_k))^2}, \\ \gamma = \gamma_0 + \frac{\sum_{k=1}^m w_k B_\tau^2(t_k) \cdot \sum_{k=1}^m w_k B_\gamma(t_k) y_k - \sum_{k=1}^m w_k B_\tau(t_k) B_\gamma(t_k) \cdot \sum_{k=1}^m w_k B_\tau(t_k) y_k}{\sum_{k=1}^m w_k B_\tau^2(t_k) \sum_{k=1}^m w_k B_\gamma^2(t_k) - (\sum_{k=1}^m w_k B_\tau(t_k) B_\gamma(t_k))^2}. \end{cases} \tag{5}$$

де використане позначення  $\sigma_k = y(t_k) - y_k$ ,  $w_k = \sigma_k^{-2}$ . Для дисперсії  $\sigma_\tau^2$  та  $\sigma_\gamma^2$  оцінок шуканих прогнозних параметрів тренду (2) метод найбільшої правдоподібності дає вирази:

$$D = \sum_{k=1}^m w_k B_\tau^2(t_k) \sum_{k=1}^m w_k B_\gamma^2(t_k) - \left( \sum_{k=1}^m w_k B_\tau(t_k) B_\gamma(t_k) \right)^2,$$

$$\sigma_\tau^2 = \sum_{k=1}^m w_k B_\gamma^2(t_k) / D, \quad \sigma_\gamma^2 = \sum_{k=1}^m w_k B_\tau^2(t_k) / D.$$

Точність оцінок параметрів тренду зростає при збільшенні числа дискретних даних етапу спостережень технічного стану зразка озброєння, а також вона зростає при збільшенні точності значень  $B(t_k)$  та їх відхилень від опорного тренду.

Підставляючи оцінки прогнозних параметрів у вираз (2) тренду, отримуємо шукану функцію зміни показника технічного стану конкретного зразка, тобто динаміку зменшення залишкового нормованого ресурсу зразка, яка очікується за часом його експлуатації.

Формули (6) дозволяють знайти довірчі інтервали змін за часом тренду нормованого залишкового ресурсу зразка озброєння за допомогою оцінок параметрів верхньої і нижньої межі прогнозного тренду цього ресурсу. Параметри для побудови центрального прогнозного тренду, верхньої та нижньої меж прогнозного тренду відповідно необхідно обрати у виді оцінок у вигляді

$$(\tau_{0.5})_c = \tau_{0.5}, \quad \gamma_c = \gamma; \quad (\tau_{0.5})_B = \tau_{0.5} - 3\sigma_\tau, \quad \gamma_B = \gamma + 3\sigma_\gamma; \quad (\tau_{0.5})_H = \tau_{0.5} + 3\sigma_\tau, \quad \gamma_H = \gamma - 3\sigma_\gamma.$$

Використовуючи ці значення параметрів рівняння (2), можна побудувати три криві залежності залишкового нормованого ресурсу зразка озброєння від часу. Як відомо з теорії, ймовірність того, що при нормальному розподілі похибок знайдені оцінки значень параметрів рівняння не відхиляються від фактичних на величину більшу ніж  $3\sigma$ , становить 0,99, тобто  $\epsilon$ , по суті, достовірною подією. Знайшовши абсциси точок перетину побудованих кривих з горизонтальною прямою  $B(t) = B_M$ , де  $B_M$  – межове прийнятне значення залишкового нормованого ресурсу (наприклад,  $B_M = 0.1$ ), одержимо відповідні оцінки значення часу, при якому залишковий нормований ресурс зразка озброєння досягне критичного значення, і буде необхідно приймати рішення щодо списання зразка або відправки його на капітальний ремонт.

Розглянемо конкретний числовий приклад. Нехай нормативний ресурс пробігу деякого зразка збройної техніки дорівнює  $L = 150000$  км. Згідно документів, отримані наступні величини щорічного пробігу  $l_k$  за останні шість років (табл.1):

Таблиця 1

| № з/п | Рік  | Пробіг за рік $l_k$ , км | Сумарний пробіг $S$ , км | ЗНР $B$ |
|-------|------|--------------------------|--------------------------|---------|
| 1     | 2013 | 6100                     | 6100                     | 0,9593  |
| 2     | 2014 | 6400                     | 12500                    | 0,9167  |
| 3     | 2015 | 6800                     | 19300                    | 0,8713  |
| 4     | 2016 | 7400                     | 26700                    | 0,8220  |
| 5     | 2017 | 8100                     | 34800                    | 0,7680  |
| 6     | 2018 | 8900                     | 43700                    | 0,7087  |

За формулами (3), знаходимо початкові оцінки параметрів рівняння (2):  $(\tau_{0.5})_0 = 7,7149$ ,  $\gamma_0 = 0,4384$ . На рис. 1 наведені значення величини  $y_k = \ln\left(\frac{1}{B_k} - 1\right)$ , знайдені по величинах щорічного пробігу, та значення  $y(t_k)$ , розраховані по формулі (3) з цими параметрами

Обчислення дають наступні оцінки часу досягнення критичного значення залишкового нормованого ресурсу для центральної, нижньої та верхньої кривої, відповідно:

$$t_c = 13.24, \quad t_H = 11.87, \quad t_B = 15.03.$$

Побудувавши три криві на одному графіку, знаходимо абсиси точок перетину нижньої  $B_H(t)$ , середньої  $B_C(t)$  та верхньої  $B_B(t)$  кривих тренду з горизонтальною прямою  $B_M = 0.1$  (рис. 2):

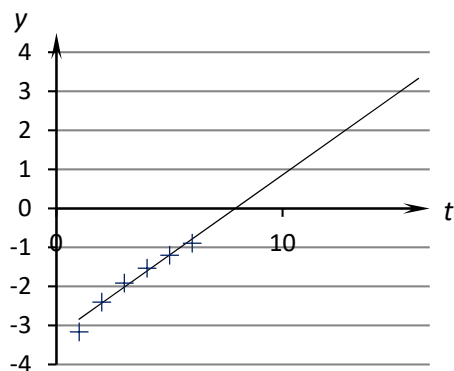


Рис. 1 – Залежність величини

$$y = \ln\left(\frac{1}{B} - 1\right) = \gamma t - \gamma \tau_{0.5} \text{ від часу } t.$$

+ експериментальні дані; — розрахунок.

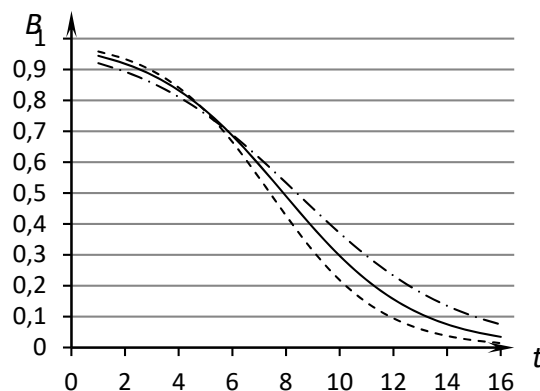


Рис. 2 – Криві тренду залишкового нормованого ресурсу

—  $B_C(t)$ ; ---  $B_H(t)$ ; - · - ·  $B_B(t)$

Застосування метода статистичного прогнозування процесів і метода максимальної правдоподібності під час визначення оптимальних оцінок параметрів прогнозного нелінійного тренду процесу зміни показника залишкового нормованого ресурсу зразків озброєнь дозволяє (в умовах невизначеності випадкового характеру) отримувати достовірні прогнозні оцінки показника, а також визначати доцільні напрями і шляхи удосконалення стану готовності озброєння військової частини.

**Висновки.** На правильність прогнозу надійності військового автомобіля вирішальний вплив здійснює: достовірність інформації про закономірності зміни технічного стану в процесі експлуатації;

можливість визначення технічного стану систем військового автомобіля забезпечує підтримку заданого рівня надійності завдяки запобіганню відмов шляхом визначення залишкового ресурсу безвідмовної роботи систем автомобіля, оптимальної періодичності додаткових робіт;

розроблення методики визначення технічного стану військового автомобіля дасть змогу зменшити кількість поточних ремонтів і експлуатаційні витрати.

Закономірності розподілу відмов та умови експлуатації вказують, що ретельний аналіз основних видів відмов, причин їх усунення та оптимізація процесу їх технічного обслуговування, попередження цим самим ймовірності виходу з ладу – шлях до підвищення та максимального забезпечення надійності зразків військових автомобілів.

Розглядаючи сучасний стан цієї проблеми, розуміємо, що необхідно продовжувати роботу у цьому напрямку:

розробити моделі поступових і раптових відмов;

дослідити надійність складних систем ВАТ;

провести розрахунок схемної і параметричної надійності складних систем і, як кінцевий результат, – прогнозування надійності.

Отримані дані потребують подальшого удосконалення з використанням результатів експериментальних досліджень, що сприятиме підвищенню надійності ВАТ.

#### Список використаних джерел

1. Дем'янчук Б.О. *Основи автотехнічного забезпечення. Моделювання процесів: навчальний посібник* / Б.О. Дем'янчук, С.М. Верпівський, В.М. Меленчук. – Одеса: Військова академія. – 2015. – 330 с.
2. Дем'янчук Б.О. *Основи військової логістики. Прогнозні моделі забезпечення: навчальний посібник* / О.В. Гуляк, Б.О. Дем'янчук, О.М. Маслій, Д.В. Лісовенко, В.А. Маханьков., В.Ф. Обертас – Одеса: Військова академія. – 2019. – 262 с.
3. Дем'янчук Б.О. *Узагальнена модель системи технічного забезпечення бойових дій* / Б.О. Дем'янчук, О.В. Малишкін – Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних сил – Харків: вип. № 2(39) – 2014. – 8с.
4. Гуляк О.В. *Модель для оцінки варіантів адаптивного відновлення працездатності складної системи забезпечення* / О.В. Гуляк, Б.О. Дем'янчук, В.М. Косарев – Дніпро: Колективна монографія. Економічна кібернетика 2015. – 269с.
5. Дачковський В.О. *Оперативні розрахунки завдань технічного забезпечення (методика та приклади)* / В.О. Дачковський, І.В. Овчаренко, Н.К. Богдасарян – Київ: Національний університет оборони України імені Івана Черняховського – 2018.-118с.

УДК 629.113

**Усенко В.В.***Військова академія (м. Одеса) Україна*

## МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МАРШУ

**Вступ.** Методи і методики підготовки автотехнічного забезпечення маршу, методи прогнозування кількісної оцінки показника ефективності автотехнічного забезпечення маршу мають потребу в подальшому розвитку. Якісне автотехнічного забезпечення (АТЗ) маршу військової частини потребує ретельної підготовки до нього техніки, ремонтного обладнання, водіїв і технічних спеціалістів ремонтних підрозділів. Важливішим є вирішення завдання об'єктивного визначення факторів, що впливають на кінцевий результат забезпечення маршу.

**Постановка проблеми.** Всебічне та своєчасне забезпечення підготовки і здійснення маршу автомобільного транспорту спеціального призначення традиційно потребує ретельного аналізу і концентрації матеріально-технічних ресурсів на основі семи принципів військової логістики.

В умовах традиційного дефіциту матеріальних засобів для забезпечення, актуальним є визначення і порівняння потрібних і наявних виробничих можливостей і досвіду оперативного маневрування ними, перш за все, для керівників технічної служби, водіїв і технічних спеціалістів під час забезпечення маршу. Всі ці вимоги потребують зараз розробки і обґрунтування адекватного плану технічного забезпечення маршу на значні відстані за допомогою моделей та сучасного програмного забезпечення. Саме тому тема кількісного аналізу якості забезпечення підготовки і здійснення маршу на основі відомих моделей для аналізу процесів є актуальною для навчального процесу, для теорії та практики з урахуванням вимог державних стандартів забезпечення функціонування військових технічних об'єктів

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Під час проведення тактичних розрахунків основним показником ефективності є досягнення визначеної тривалості здійснення маршу, виходячи з того, що передчасне прибуття в призначений район або прибуття з запізненням порушує плани перегрупування військ та вводу їх у бій, зменшує оперативні резерви часу, тривалість обслуговування та відпочинку особового складу. Зазначені розрахунки не повною мірою відтворюють істинне положення військових формувань на марші.

В літературі розглядаються методики визначення технічного стану зразків ОВТ та вплив заходів технічного обслуговування на досягнення мети маршу. Але підходи, що використовуються для цього, здебільшого побудовані на використанні тільки показників безвідмовності та величини напрацювання зразків ОВТ, яке очікується під час застосування, без врахування всієї динаміки зміни та пошкоджень противником і поламок засобів транспорту особовим складом, впливу технічного стану автомобілів під час здійснення маршу.

**Виклад основного матеріалу.** Складна система забезпечення маршу характеризується безліччю важливих показників ефективності її функціонування. Ці показники нескладно визначити, наприклад, на підставі початкових даних, що отримані з урахуванням попередніх результатів дослідного забезпечення маршу, або за допомогою експертного опитування досвідчених фахівців, що мають практичний досвід організації функціонування подібних систем.

Оцінки прогнозних значень показників ефективності цих систем можливі також і на підставі аналізу публікацій і, отже, на основі конкретних реальних *початкових* даних для розрахунків ефективності конкретної системи технічного забезпечення. Але, перш за все, необхідно кількісно визначити ймовірності перебування системи технічного забезпечення маршу в різних технічних станах.

Розрахунок ймовірностей перебування системи технічного забезпечення в різних станах її готовності під час підготовки і протягом маршу, сприяє одержанню кількісних оцінок показників ефективності її функціонування.

Методику визначення показників ефективності функціонування системи технічного забезпечення маршру, що пропонується, доцільно побудувати за результатами відповідних розрахунків та порівняння негативних змін за часом окремих, часткових та узагальнених параметрів функціонування автомобільних засобів на маршру з параметрами відновлення цих функцій системи за допомогою ремонтних можливостей технічних підрозділів системи забезпечення.

Нехай середнє напрацювання зразків (за часом) на відмову із-за складних фізико-географічних умов їх пересування і функціонування на маршру дорівнює однієї доби,  $L = 24$  годинам, тоді ймовірність випадкової події, що полягає в тому, що за інтервал часу, рівний, наприклад,  $t = 6$  годинам, типовий зразок не буде виведений з ладу з експлуатаційних причин, згідно до залежності, що дорівнює

$$P_1 = e^{-\alpha t} = e^{-\frac{t}{L}} = \exp(-6/24) = 0,78. \quad (1)$$

Вважатимемо, згідно до досвіду, що середньодобова відносна кількість зразків, що отримали бойові пошкодження різної міри складності, складає (5,7)%, а доля пошкоджень зразків через помилки особового складу – (2,4)%. Тоді кожна ймовірність працездатного стану зразків з урахуванням їх живучості і відсутності пошкоджень через помилки особового складу, після аналогічного розрахунку, складає відповідно:

$$\begin{aligned} P_2 &= 1 - k_2, P_3 = 1 - k_3 \\ P_2 &= 1 - 0,06 = 0,94; P_3 = 1 - 0,03 = 0,97. \end{aligned} \quad (2)$$

Ймовірність спільної події цих трьох факторів дорівнює

$$P_{ct} = \prod_{i=1}^3 P_i = 0,78 \cdot 0,94 \cdot 0,97 = 0,71. \quad (3)$$

Вважаємо, що в підсистемі управління технічним забезпеченням маршру застосовані надійні та завадостійкі засоби управління і зв'язку.

Тоді ймовірність успішного управління підготовкою, застосуванням і відновленням зразків транспорту на маршру складає (в типових умовах) величину  $P_y = 0,95$ .

Ймовірність успішної підготовки зразків до застосування з урахуванням різних чинників, що заважають виконанню цього завдання, може бути прийнята рівною  $P_4 = 0,9$ .

Ймовірність успішного технічного обслуговування зразків транспорту до початку або протягом маршру, в умовах дії противника, заважають, тому, мабуть, має бути дещо меншою. Вважаємо її рівною  $P_5 = 0,8$ .

Вважаємо, що кількість зразків транспорту в колоні дорівнює  $N = 150$ , а середня тривалість маршру складає  $d = 1$  добу.

Тому загальна кількість зразків, які потрібно відремонтувати за заданий час, згідно до (3) дорівнює

$$M = M = Nd[1 - P_1 P_2 P_3] = 150 \cdot 1 \cdot [1 - 0,78 \cdot 0,94 \cdot 0,97] = 43 \text{ (од.)} \quad (4)$$

Добові виробничі можливості  $W$  (для підрозділів технічного забезпечення) визначимо, за конкретних типових умов, що маємо, а саме:

$m = 3$  – кількість ремонтних ділянок (підрозділів), що здійснюють на маршру ремонт зразків, які пошкоджені у слабкій і в середній степені плюс ділянка ремонтного підприємства для ремонту сильно пошкоджених зразків;

$n_j = 18$  – кількість ремонтників на  $j$ -й ремонтній ділянці;

$t_p \cong 33$  – людино · години – добовий фонд робочого часу;

$t_\pi = 3$  людино · години – втрати часу на згортання, евакуацію, спеціальну обробку і розгортання пошкоджених зразків транспорту;

$n_{tj} = 27$  люд. · год. – трудомісткість робіт на  $j$ -й ремонтній ділянці;

$k_\alpha = 0,2$  – відносне число використання фахівців з інших ділянок;

$k_\beta = 0,15$  – коефіцієнт ускладнення умов ремонтних робіт (вночі – 0,15; у засобах захисту – 0,23; в умовах відбиття нападів противника – 0,15; при поєднанні вказаних умов – числа складаються).

Тому кількість зразків, що можуть бути відновлені системою технічного забезпечення маршруту за  $d = 1$  добу, з урахуванням ймовірності  $P_{po} = 0,05$  – відмови ремонтного обладнання (відносного середньодобового виходу з ладу ремонтного устаткування), згідно до введених позначень, дорівнює

$$\bar{M} = \sum_{j=1}^m \frac{d \cdot n_j (t_p - t_\pi) \cdot (1 - P_{po})}{n_{tj}(1+k_\alpha) \cdot (1+k_\beta)} = 3 \cdot \frac{1 \cdot 18 \cdot 30 \cdot 0,95}{27 \cdot 1,2 \cdot 1,15} = 41 \quad (5)$$

Тоді шукана ймовірність  $P_7$  успішного відновлення автомобілів, що пошкоджені в різній степені, з урахуванням попередніх позначень, дорівнює

$$P_7 = \bar{M}/M = \sum_{j=1}^m \left\{ \frac{d \cdot n_j (t_p - t_\pi) \cdot (1 - P_{po})}{n_{tj}(1+k_\alpha) \cdot (1+k_\beta)} \right\} / \{Nd[1 - P_1 P_2 P_3]\} = 41/43 = 0,95. \quad (6)$$

Визначимо потреби в рівні поповнення зразків, тобто у кількості резервних зразків транспорту, з урахуванням їх бойових втрат при наступних конкретних умовах, а саме: при рівно ймовірному розподілі рівнів степені пошкодження зразків, тобто за умов:  $P_\pi = P_c = P_{cp} = P_{cl} = 0,25$ , при допустимому часі на відновлення, –  $t_d = 4$  (години), а також при середніх витратах часу відповідно:  $T_c = 100$  годин,  $T_{cp} = 70$  годин,  $T_{cl} = 4$  (години) на відновлення працездатності зразків, що отримали бойові пошкодження.

Тоді необхідна кількість резервних зразків  $N_p$  для успішного забезпечення маршруту, яку повинна отримати досліджувана підсистема відновлення зразків, згідно до (4) та умов відновлення і поповнення автомобілів через безповоротні втрати, дорівнює

$$N_p = M \cdot \left[ P_\pi + P_c \cdot e^{-\left(\frac{t_d}{T_c}\right)} + P_{cp} \cdot e^{-\left(\frac{t_d}{T_{cp}}\right)} + P_{cl} \cdot e^{-\left(\frac{t_d}{T_{cl}}\right)} \right] = 43 \cdot 0,25 \cdot 3,17 \cong 34. \quad (7)$$

Кількість збережених в працездатному стані зразків транспорту з урахуванням функціонування системи відновлення і поповнень озброєння з резерву при ймовірності такого поповнення втрат зразків, що дорівнює  $P_p = N_p/N = 34/150 = 0,23$  і безвідмовності зразків, що дорівнює  $P_t = 0,95$ , згідно до (18), дорівнює

$$\bar{N} = N(1 - P_p) \left\{ \prod_{i=1}^3 P_i + P_7 \left[ 1 - \prod_{i=1}^3 P_i \right] \right\} + N P_p P_t = 150 \cdot 0,77 \cdot \{0,71 + 0,9[0,29]\} + 150 \cdot 0,23 \cdot 0,95 = 145. \quad (8)$$

Отже, ймовірність події успішного автотехнічного забезпечення маршруту зразків автомобілів за призначенням, згідно до (8), дорівнює

$$P_6 = [\bar{N}/N] = K_y \{ \prod_{i=1}^3 P_i + P_7 [1 - \prod_{i=1}^3 P_i] \} + P_p P_t = 0,77 \cdot \{0,71 + 0,9[0,29]\} + 0,23 \cdot 0,95 = 0,97. \quad (9)$$

### Висновки.

1. Використання методики визначення показників ефективності функціонування системи забезпечення маршруту на конкретному типовому прикладі показує, що за умов застосування змінних вузлів, блоків, приладів, здійснення евакуації та швидкого ремонту і обслуговування зразків автомобільного транспорту, які отримали пошкодження, результати функціонування системи автотехнічного забезпечення маршруту суттєво покращуються.

2. Розрахунки показують також, що принциповою умовою для збільшення ефективності функціонування системи забезпечення транспортних засобів в колоні протягом маршруту, є зменшення середнього часу відновлення зразків транспорту, у разі його пошкоджень будь-якої природи, суттєве зменшення часу підготовки нових зразків до застосування протягом маршруту, після безповоротної втрати деяких попередніх зразків, та нарешті потрібне суттєве зменшення часу обслуговування зразків транспорту в польових умовах.

3. Отримані результати аналізу за допомогою методики, що пропонується, показують також, що збільшення ефективності функціонування системи забезпечення маршруту зразків транспорту в колоні принципово неможливо: в умовах незадовільного рівня: підготовки водіїв, а також виробничих навичок і можливостей підрозділів для ремонту і швидкого повернення зразків у стрій протягом маршруту.

**Науковий керівник:** Дем'янчук Б., д.т.н., доц. Військова академія (м. Одеса), Україна.

## РОЗВИТОК І ЗАСТОСУВАННЯ РАКЕТНО-АРТИЛЕРІЙСЬКОГО ОЗБРОЄННЯ ТА СТРІЛЕЦЬКОЇ ЗБРОЇ

УДК 623.452

Андрела І.І. магістрант

Військова академія (м. Одеса), Україна

### АНАЛІЗ СВІТОВИХ ТЕНДЕНЦІЙ РОЗВИТКУ МОДУЛЬНИХ МЕТАЛЬНИХ ПОРОХОВИХ ЗАРЯДІВ

В статті проведено аналіз новітніх розробок країн НАТО по вдосконаленню артилерійських модульних металевих порохових зарядів (далі-ММПЗ), які вже використовуються для стрільби з артилерійських систем. Розглянуто доцільність використання ММПЗ як в економічному сенсі так і в простоті використання. Запропоновано напрямки розробки та впровадження ММПЗ для використання в Збройних Силах України.

**Ключові слова:** модульний металевий пороховий заряд, артилерійська гармата, вибухова речовина, бойовий заряд.

**Постановка проблеми.** Аналіз ведення бойових дій з використанням артилерії вказує, що після виконання вогневих задач, частка підготовлених бойових зарядів залишається не використана. У випадках коли не використані бойові заряди загерметизовані не належним чином вони виходять з ладу (набирають вологу) та стають не придатними до бойового використання. Це може в подальшому призвести до зриву виконання бойових завдань підрозділами (силами), тому виникає проблема герметизації бойових зарядів.

Одним із значних досягнень в області технологій розробки артилерійських бойових зарядів в останні роки є виготовлення ММПЗ. Їх застосування стало новим етапом у розвитку роздільного заряджання.

**Мета статті** полягає в аналізі ММПЗ країн НАТО їх переваги та недоліки, а також впровадження їх застосування в Збройних Силах України.

**Викладення основного матеріалу.** Американські модульні металеві заряди М231 і М232 (рис.2). У теперішній час для більшості артилерійських гарматних систем в сухопутних військах США, включаючи і найбільш поширену 155-мм самохідну гаубицю (СГ) М109 різних модифікацій, характерно картузного заряджання порохового заряду, тобто порох знаходиться не в гільзі, а в мішках-картузах які згорають, кожен з яких має свій номер. Кілька картузів, пов'язаних разом, утворюють металевий заряд (МЗ). В основному використовуються чотири типи МОЗ. Перший – М3А1 («зелена сумка») (рис.1) – складається з п'яти порохових зарядів-картузів, що містять в цілому 2,55 кг одноканального пороху. «Зелена сумка» забезпечує можливість стрільби на дальність до 9 800 м Другий заряд – М4А2 («біла сумка») (рис.1), складається також з п'яти порохових зарядів-картузів, що містять 6 кг багатоканального пороху, і дозволяє стріляти на дальність до 14 700 м для стрільби на великі дальності використовуються унітарні одиниці металеві заряди М119А2 («червона сумка», дальність до 18 км) і М203А1 місткістю 12,7 кг пороху (дальність до 30 км1).



Рис. 1 – Металеві заряди М3А1 (1 зелена сумка) та М4А2 (2 біла сумка)





Рис. 2 – Модульні металеві заряди М231 (1 зелений) і М232 (2 бежевий)

При картузному заряджанні при стрільбі з гаубиць на зменшені дальності, заряд, що знаходиться в мішках, доводиться зменшувати вручну, а невикористаний порох спалювати. Перехід на модульні порохові заряди дозволяє повністю автоматизувати процес заряджання і домогтися більшої скорострільності, Змінювати в автоматичному режимі кількість порохових зарядів при стрільбі на різні дальності і забезпечити застосування спеціальних прийомів стрільби, таких як вогневий наліт. Крім того, ММЗ забезпечують безвідходне використання порошу.

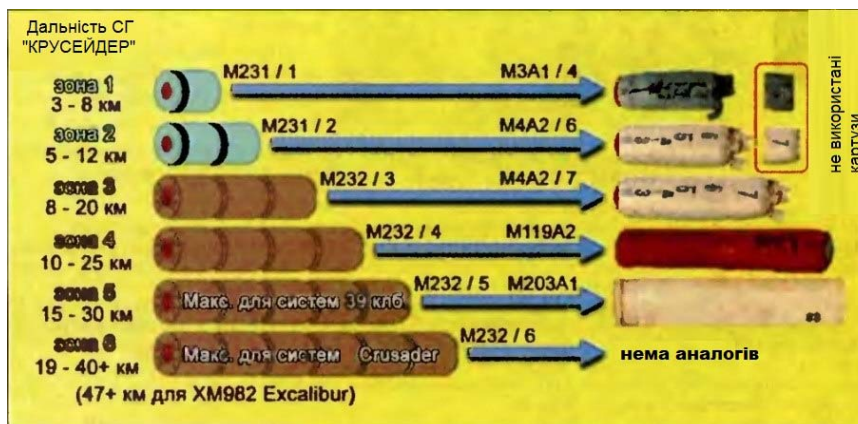


Рис. 3 – Схема порівняння модульних металевих зарядів зі штатними картузними

У США розробка ММЗ (Modular Artillery Charge System) почалася в 1997 році, і вже більше 10 років тому з'явилися перші дослідні партії металевих зарядів XM231 і XM232, які використовувалися при стрільбі з дослідного зразка гаубиці «Крусейдер» 2. В осени 1999 року індекс заряду XM231 був змінений на M231. Для стрільби застосовуються два типи зарядів: M231 і M232 (рис. 4). Повномасштабні польові випробування першого почалися в червні 2003 року, а другого – в березні 2004-го. Було вироблено понад 3 000 пострілів з використанням модульних зарядів, які довели їх ефективність, надійність і безпеку. Заряди і гільзи згоряють повністю, не залишаючи незгорілих залишків, які можуть зменшити темп стрільби. ММЗ сумісні з усіма існуючими та розробляються 155-мм гарматами.[6]



Рис. 4 – контейнер для ММЗ М231(зліва) та М232 (справа)

Конструктивно модульний заряд являє собою палаючу гільзу на нітроцелюлозній основі, закривається кришкою. У гільзу вставляється трубка з бічними отворами, виконана з того ж матеріалу який згорає. Внутрішня порожнина гільзи заповнюється пороховими елементами.

Запальник, в якості якого, наприклад, може використовуватися димний рушничний порох, розміщується всередині трубки і в бічних поглибленнях з торців гільзи. Центральна частина торців закрита майларовим (штучна еластична плівка) диском. Розташування запальника з двох торців гільзи дозволяє запалювати заряд з будь-якого кінця. Велика площа торцевих запальників ММЗ забезпечує надійне запалення усіма сучасними запальник і перспективної лазерною системою займання.

Заряди М231 призначені для стрільби на малі дальності – зони 1 і 2, а М232 на великі дальності – зони 3,4,5 і 6. Для стрільби в кожну зону потрібно відповідне їй номеру кількість модульних зарядів. Використання одного або двох модульних зарядів М231 дозволяє стріляти на дальності від 3 до 12 км. При стрільбі трьома, чотирма або п'ятьма набоями М232 вона може варіюватися від 8 до 30 км в залежності від типу снаряда, його маси і конструкції. Для гаубиць з довжиною ствола 39 клб максимальну кількість зарядів може становити п'ять. Використовувати шість зарядів передбачалося на СГ «Крусейдер».[2]

Оскільки стрілянина в зоні 1 і 2 не вимагає великої кількості пороху і утворюючий тиск і температурні навантаження на ствол при пострілі відносно низькі, то заряди М231 не містять будь-яких добавок для зниження зносу стола, полум'ягасника пострілу або розміднення. Основний заряд пороху складається з багатоканальних порохових елементів розміром з кавове зерно. При цьому щільність порохового заряду М231 приблизно на 15% менше, ніж М232. При низькому тиску це забезпечує більш стабільні процеси горіння пороху. Заряд М232 навпаки, містить добавки для зниження зносу ствола, полум'ягасник і розміднювач. Існують дві його модифікації: заряд М232 оптимізований для систем з довжиною ствола 52 калібру, а М232А1 – для систем з довжиною ствола 39 калібру. [1]

Так як два типи зарядів не призначені для використання один з одним, вони мають важливі конструктивні відмінності. Заряд М231 зеленого кольору з темними смужками по краях для кольорового контрасту, в той час як М232 може бути різного кольору, наприклад бежевого. Діаметр першого 154,9 мм, довжина 153,7 мм, маса 1,93 кг, другого відповідно 152,4 мм, 156 мм і близько 2,65 кг. У М231 торці прямі і гладкі, а у М232 з чотирма виступами на обох кінцях, так що вони можуть бути ідентифіковані солдатом на дотик і помітні навіть в умовах повної темряви. Крім того, наявність виступів не дозволяє зарядів щільно прилягати одне до одного, що забезпечує краще їх займання. Для довгострокового зберігання заряди упаковуються в пластикові циліндричні контейнери, що дозволяють легко їх витягувати і поміщати назад.

Останнім часом для артилерійських систем, в тому числі гаубиці NLOS-C, розроблені нові ММЗ, що відрізняються підвищеною надійністю і стійкістю до дії вологи. У них використовується новий порох з більш високими енергетичними характеристиками HYBRID Gun Propellant, що дозволяє зменшити масу заряду, підвищити дульну швидкість або стріляти більш важкими снарядами при тих же дульних швидкостях, збільшити живучість стовбура і знизити полум'я пострілу. Порох HYBRID може проводитися в залежності від призначення з різними характеристиками – від температури горіння 2000 К і імпульсу 0,8 МДж/кг та 3500 К і 1,15 МДж / кг.

Залежно від калібру системи і умов застосування використовуються порохові елементи з 1-ним, 7-ма або 19-ма каналами. Внутрішня поверхня каналів і зовнішня поверхня порохового елемента покриті шаром, що уповільнює процес горіння, що забезпечує більш повільне наростання тиску і зниження максимальних його значень.

Змінюючи товщину уповільнюючого шару можна знизити величину максимального тиску в стволі і забезпечити найкращі умови для здійснення роботи порохових газів. Додатковими перевагами нового пороху є поліпшені характеристики «нечутливих боєприпасів» (Insensitive Munitions – ІМ) до зовнішніх впливів.

Крім того, проводилися всебічні випробування, які підтвердили поліпшені характеристики нового пороху і можливість його застосування як на існуючих, так і тих, що розробляються артилерійських систем.

У країнах НАТО також розроблені і застосовуються 155-мм модульні порохові заряди, причому деякі були розроблені раніше, ніж в США.

Системи ММЗ, розроблені і прийняті на озброєння в багатьох країнах: США, Німеччини, Франції, ПАР, Великобританії, мають близькі параметри. Як приклад представлена система ММЗ MACS (США). [7]

Переваги використання ММПЗ:

зниження ваги заряду;

збільшення максимальної дальності стрільби до 40 км;

збільшення швидкості стрільби за рахунок автоматизації зарядження;

відсутність залишків пороху при складанні різних зарядів.

До недоліків можна віднести те, що в артилерії яка використовуються в ЗСУ клинове запирання каналу ствола, а для ММПЗ доцільно використовувати поршневий затвор.

**Висновок.** Виходячи з вище сказаним ММПЗ будуть вирішувати наступні задачі розвитку озброєння:

системи модульних металевих зарядів дозволять автоматизувати процес зарядження артилерійських систем;

сприятимуть підвищенню скорострільності;

виключать наявність невикористаних пучків при формуванні зменшених зарядів;

оптимізують виробництво і матеріально-технічне забезпечення військ;

мають економічну доцільність виготовлення ММПЗ.

#### Список використаних джерел

1. *Взрывчатые вещества и пороха. М., Воениздат, 1976. 120 с.*
2. *Артиллерийские пороха и заряды. Берлин.: 1944. – 195с.*
3. *Експертне дослідження щодо зниження (часткової втрати) оборонного потенціалу України (протягом 2004-2014 р.р.) – К. НУОУ – 2015р.*
4. *Основы конструкции средств поражения и боеприпасов: тексты лекций / В.А. Чубасов; Балт. гос. техн. ун-т – СПб., 2011. -176 с.*
5. *Правила техники безопасности при хранении, сборке и ремонте боеприпасов на арсеналах, базах и складах: 1975. – 103 с.*
6. *Интернет джерело – ([http://factmil.com/publ/vpk/artillerijsko\\_strelkovaja\\_promyshlennost/zarubezhnye\\_modulnye\\_metatelnnye\\_zarjady\\_2011/19-1-0-250](http://factmil.com/publ/vpk/artillerijsko_strelkovaja_promyshlennost/zarubezhnye_modulnye_metatelnnye_zarjady_2011/19-1-0-250))*
7. *Интернет джерело – (<https://bulletpicker.com/index.html>).*

**Науковий керівник:** Бордіян П.П.

**Рецензент:** Сергеев В., к.т.н., доц., Військова академія (м. Одеса), Україна

УДК 623.455.4

**Бахірєв І.О.** магістрант*Військова академія (м. Одеса), Україна*

## РОЗРОБКА ВИМОГ ДО БРОНЕБІЙНО-ЗАПАЛЮВАЛЬНИХ БОЄПРИПАСІВ ДО СТРІЛЕЦЬКОЇ ЗБРОЇ

*Для забезпечення ефективного виконання ЗСУ визначених завдань вони повинні мати відповідні оборонні можливості. В сучасних умовах значення стрілецької зброї в загальновійськовому бою та операції важко переоцінити. Успіх у відбитті ударів противника та збереженні боєздатності військ, став одним із визначних факторів ходу бойових дій. В статті розглядаються вимоги до бронейно-запалювальних боєприпасів до стрілецької зброї.*

**Ключові слова:** боєприпас, стрілецька зброя, бронейно-запалювальна дія.

**Постановка проблеми.** На сьогоднішній день, з урахуванням досвіду проведення АТО (ООС), наявні зразки патронів до стрілецької зброї з бронейно-запалювальною кулею не можуть забезпечувати необхідну ефективність виконання поставлених перед Збройними Силами завдань. Проблема полягає в тому, що більшість зразків патронів до стрілецької зброї є застарілими, адже на даний момент в Україні не налагоджений виробничий процес виготовлення боєприпасів до стрілецької зброї. Окрім цього, за роки незалежності України не було створено жодного новітнього зразка бронейно-запалювального патрону, в той час як на світовій арені зростає рівень ефективності і досконалості засобів бронезахисту, що зводить до нуля ефективність більшості наявних зразків бронейно-запалювальних патронів. Виходячи з цього, можна стверджувати що дана тема є актуальною на сьогоднішній день.

**Мета статті** полягає в аналізі сучасних іноземних зразків патронів до стрілецької зброї з бронейно-запалювальною кулею, і впровадження їх проектування і застосування у Збройних Силах України.

**Викладення основного матеріалу.** Боєприпаси до стрілецької зброї являють собою збірні одиниці, що складаються з гільзи, металевого заряду – порохи, запалювальна речовина; метаючого тіла – кулі, капсуля – запальника (рис. 1).

Гільза – частина патрона, призначена для розміщення та запобігання металевої заряду, складання елементів і базування патрона в патроннику.

Метальний заряд – пороховий заряд, при згорянні якого виділяється енергія і утворюється робоче тіло, яке здійснює роботу для доставки металу тіла до мети.

Запалювальна речовина – фосфор, терміт, хімічний запальний елемент.

Куля – частина патрона, призначена для ураження живої сили і техніки противника або інших цілей.

Капсуль-запальник – елемент патрона, запалюючий метальний заряд.

Система стрілецького комплексу базується:

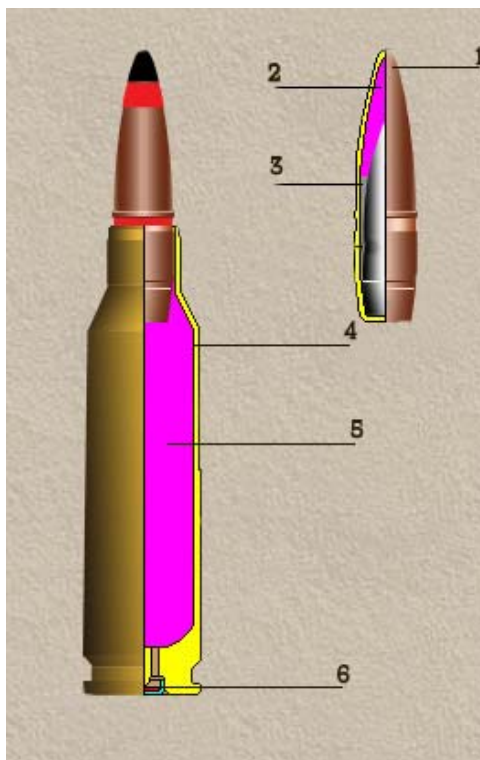
- на 5,45 мм малоімпульсному патроні;
- на 7,62 мм кулеметному і снайперському патроні;
- на 9,0 мм пістолетному патроні;
- на 12,7 і 14,5 мм великокаліберних патронах.

Система стрілецького комплексу НАТО базується:

- на 5,56 мм малоімпульсному патроні;
- на 7,62 мм кулеметному і снайперському патроні;
- на 12,7 мм крупнокаліберному патроні.

За виконанням бойових завдань патрони поділяють:

- на патрони загального призначення (патрони зі звичайною кулею);
- на патрони зі спеціальними кулями (з трасуючою, бронейною, із запальною кулями).



1 – куля; 2 – запальний елемент; 3 – металевий заряд; 4 – гільза; 5 – пороховий заряд; 6 – капсуль-запальник.

**Рис. 1 – Броньбійно-запальовальний патрон до стрілецької зброї.**

У більшості випадків спеціальні патрони мають кулі комбінованої дії: броньбійно-запальні, броньбійно-запально-трасуючі. У бойовому застосуванні патрони зі спеціальними кулями використовують за основною дією. Так, наприклад, у броньбійно-трасуючих куль основне призначення – коригування вогню, броньбійна дію цих куль значно нижча за звичайні броньбійні кулі.

Основною характеристикою патрона є ефективність дії по цілі. Дальність ефективної дії по цілі – це відстань, на яку із заданою ймовірністю забезпечується ураження її однією чергою або одним пострілом. Ефективність – комплексне поняття, що об'єднує ряд параметрів, таких як кінетична енергія системи, кучність стрільби, скорострільність, спеціальні дії, і ще ряд параметрів, які залежать від комплексу стрілецької зброї (наприклад, навченість стрілка).

Кінетична енергія – основний параметр потужності патрона:

$$E = \frac{mV^2}{2}, \text{ Дж,}$$

де  $m$  – маса кулі, кг;  $V$  – швидкість кулі, м/с.

Задана ймовірність попадання в ціль залежить від купчастості стрільби, влучності зброї і навченості стрілка. Спеціальні дії залежать в основному від конструкції патрона.

До спеціальних дій слід віднести: пробивну, запальну, трасуючі та інші дії, що сприяють виконанню поставленого завдання. Дуже важливою характеристикою є безпека в службовому поводженні: патрон не повинен спрацьовувати при падінні, утиканні в деталі зброї, зберіганні, досиланні, при нагріванні ствола. Патрони, споряджені ВВ, не повинні спрацьовувати масою в заводській упаковці при попаданні в ящик кулі.

Одна з важливих експлуатаційних характеристик – це здатність зберігати бойові характеристики в будь-яких метеорологічних умовах і при тривалому зберіганні в межах гарантійного терміну. При плануванні модернізації існуючого або створення нового патрона розробляються тактико-технічне завдання (ТТЗ), тактико-технічні вимоги (ТТВ) в залежності від виду патрона, де враховуються не тільки існуючі характеристики цілей, а й передбачається їх зміна в майбутньому. Такий підхід до проектування

забезпечує тривалість затребування прийнятого на озброєння патрона. Для забезпечення надійності дії патронів необхідно знати їх внутрішню і зовнішню балістику. Експлуатація патрона починається з пострілу. Під дією зовнішнього імпульсу бойка запалює склад капсуля-запальника, і загоряється пороховий заряд. Спочатку, до досягнення тиску форсування (початок руху кулі), порох горить в постійному об'ємі, потім в змінному, повідомляючи рух кулі з певним прискоренням. Процес пострілу завжди супроводжується дією на зброю сили віддачі при вильоті кулі з каналу ствола.

Одночасно з початком руху кулі в стволі зброя починає рухатися в протилежну сторону. Такий рух і називають віддачею (відкотом) зброї.

Кількість руху визначається формулою Піюбера

$$QV_1 = \left(m + \frac{\omega}{2}\right) \cdot V, \quad (1)$$

де:  $Q$  – маса зброї, кг;

$V_1$  – швидкість віддачі зброї, м/с;

$m$  – маса кулі, кг;

$\omega$  – маса заряду, кг;

$V$  – швидкість кулі, м/с.

При обчисленні віддачі зброї за вказаною формулою вона виявляється нижче дійсної. Це пояснюється тим, що формула не враховує наслідки дії газів. Формула (1) з урахуванням наслідки дії газів записується так:

$$QV_1 = \left(m + \beta \cdot \frac{\omega}{2}\right) \cdot V,$$

де  $\beta$  – коефіцієнт, що враховує дію газів в період «наслідки».

На підставі численних дослідів була запропонована формула визначення коефіцієнта  $\beta$ :

$$\beta = \frac{V_2}{V},$$

де  $V_2$  – швидкість вильоту газів із стовбура,  $V_2 = 1270 \cdot 1433$  м/с. За даними балістів провідних країн,

$$\beta = \frac{1275}{V} \text{ (Росія)}, \beta = \frac{1300}{V} \text{ (Франція)}, \beta = \frac{1433}{V} \text{ (США)}$$

Є ряд інших формул обліку впливу на віддачу періоду наслідку. Значення коефіцієнта, обчисленого за різними формулами, має розбіжність не більше 6%.

Енергія відкату (віддачі)

$$E = \frac{QV^2}{2}, \text{ Дж}$$

Швидкість віддачі уздовж осі ствола:

$$V = \frac{(m + \beta + \omega) \cdot V_0}{2}, \text{ м/с,}$$

де  $V_0$  – дульна швидкість, м/с.

Дульна енергія:

$$E_0 = \frac{mV_0^2}{2}, \text{ Дж}$$

Дульна енергія відрізняється від величини повної роботи тиску порохових газів на величину неминучих втрат. Неминучі втрати враховуються коефіцієнтом фіктивної маси кулі  $f$ :  $f = 1,11 \cdot 1,12$  – для кулі з м'якою оболонкою;  $f = 1,12 \cdot 1,2$  – для кулі зі сталеву оболонкою. Тоді

$$E_0 = \frac{f \cdot mV_0^2}{2}, \text{ Дж}$$

Реально в процесі пострілу під дією віддачі зброя здійснює рух назад в горизонтальній площині і вгору – в вертикальній площині. У вертикальній площині зброя здійснює обертальний рух навколо точки опори під дією пари сил (рис. 2). Отже, нам необхідно визначити місце розташування ствола в момент вильоту кулі з каналу ствола за часом:

$$t_0 \cdot F \cdot dt = J \cdot v,$$

де  $t_0$  – початковий момент часу;

$F$  – зусилля вздовж осі ствола;

$J = Q \cdot R$  – момент інерції зброї щодо осі обертання в даний момент;

$R$  – плече від центру маси зброї до точки опори;

$v$  – кутова швидкість,  $v = \frac{d\varphi}{dt}$

$\varphi$  – кут підскоку стовбура у вертикальній площині.

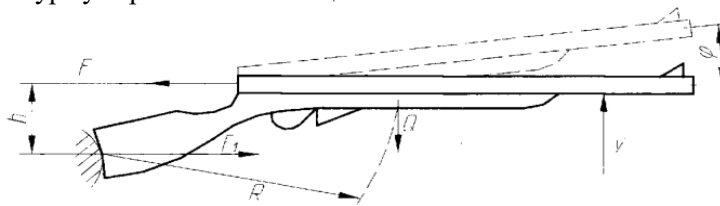


Рис. 2 – Відкат зброї при пострілі:  $F_1$  – реакція опори

Інтегруючи рівняння  $\int_0^t F \cdot dt = mV_0$ , отримуємо  $m \cdot h \cdot V_0 = J \cdot v$ , де  $h$  – плече між силою віддачі і реакцією плеча. Інтегруючи це рівняння, отримаємо  $m \cdot h \cdot \int V \cdot dt = J \cdot \varphi$ . Звідси

$$\varphi = \frac{m \cdot h}{J} \cdot \int_0^t V dt = \frac{m \cdot h}{J} \cdot L,$$

де  $L$  – довжина нарізної частини ствола.

У наведеному розрахунку енергії віддачі прийнятий ряд припущень. Поступальний рух і так званий підкид зброї викликані силами, які залежать від багатьох непостійних чинників: стану зброї, способу її утримання, балістичних властивостей боєприпасів. Крім того, втрати енергії залежать також від багатьох зовнішніх чинників. Тут також не враховуються втрати на роботу автоматики. Незважаючи на це, зазначена методика розрахунку відкату зброї полегшує вибір кращого варіанту проєктованих патронів і зброї на стадії ескізного проєкту.

До внутрішньої балістики відноситься частина процесу пострілу до вильоту кулі з каналу ствола і замір початкової швидкості. Політ кулі за траєкторією розглядається зовнішньою балістикою.

**Висновки.** Створення та модернізація бронебійно запалювальних куль, патронів стрілецької зброї, які використовують в бойовій та допоміжній військовій техніки, – актуальна і складна проблема, обумовлена малими обсягами для розміщення піротехнічного складу в кулях. Без знань динамічних та балістичних характеристик запалювальних куль неможливо створити піротехнічний склад, запалювальне сучасне паливо. Для ефективної дії куль потрібне знання спеціальних характеристик складів та вміння їх визначати. Забезпечення ЗС України новими боєприпасами дуже важливе завдання.

#### Список використаних джерел

1. Хогг Я. Боєприпасы: патроны, гранаты, артиллерийские снаряды, миномётные мины – М.: Эксмо-Пресс, 2001.
2. Абдуллин И.А. Бронебойно-зажигательные боеприпасы к стрелковому оружию: учебное пособие / И.А. Абдуллин и др.; М-во образ. и науки РФ, Казан. нац. исслед. технолог. ун-т. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2013. – 200 с.
3. Жук А.Б. Энциклопедия стрелкового оружия. М., 1998.
4. Смит Г. Энциклопедия боевого стрелкового оружия. М., 1998.

**Науковий керівник:** к.т.н. Головань А.В. Військова Академія (м. Одеса), Україна.

УДК 623.462.1/14

**Бурлака І.О.**, магістрант  
Військова Академія (м. Одеса), Україна

## РОЗРОБКА ВИМОГ ДО ОПЕРАТИВНО-ТАКТИЧНИХ РАКЕТ

*В статті розглянуто сучасні технічні потреби до проектування оперативно-тактичних ракет та їх методи вдосконалення, а також розглянуті переваги та недоліки різних типів оперативно-тактичних ракет, які використовуються в різних провідних країнах. Запропоновано напрямки розробки та впровадження оперативно-тактичних ракет для використання в Збройних Силах України.*

**Ключові слова:** оперативно-тактична ракета, «земля-земля», система управління.

**Постановка проблеми.** Аналіз технічного рівня озброєння і військової техніки (ОВТ) Збройних Сил України (ЗСУ) демонструє, що він не відповідає запитам військового часу. Причиною цього стала багаторічна хронічна нестача бюджетних коштів для модернізації існуючих і розробки нових видів озброєння. У найближчі роки у багатьох із них закінчиться технічний ресурс експлуатації, що може привести до подальшого зниження боєздатності армії. В цих умовах одним із пріоритетних видів ОВТ, здатних потенційно підвищити обороноздатність держави є ракетно-реактивне озброєння (РРО). Наявність високоточних ракетних комплексів уже одним фактом свого існування здатне утримати агресора від нападу, оскільки вони створюють реальну загрозу економічному і військовому потенціалу противника. проглядається тенденція нанесення першого удару ракетами, а авіації відводиться другорядна роль.

**Мета статті:** Незважаючи на наявність розробок, проблема підвищення ефективності розробок оперативно-тактичних ракет є завжди актуальною на кожному відрізку часу, через те, що кожного разу проходять значні зміни які полегшують роботу з цими ракетами або покращують тактико- технічні характеристики до них.

**Виклад основного матеріалу.**

**Класифікація ракет.**

Керованою балістичною ракетою називається безпілотний літальний апарат, обладнаний ракетним двигуном та СУ і призначений для доставки БЧ до цілі по траєкторії, яка, за винятком польоту з працюючим двигуном, являє собою траєкторію польоту вільно кинутого тіла.

Розвиток ракетного озброєння призвело до того, що в даний час є велика кількість різних видів керованих балістичних ракет, які в цілях встановлення певної термінології, значно полегшує роботу зі створення, проведенню випробувань і їхній бойовій експлуатації, класифікують за низкою ознак.

Пуск балістичних ракет зазвичай проводиться з поверхні землі або з борта корабля, а при дослідженні штатних пускових споруд і підводних човнів – з-під землі або з-під води. Цілями при пуску керованих балістичних ракет є об'єкти, розташовані на поверхні землі, тому їх можна віднести до ракет класу «земля-земля».

Крім того, керовані балістичні ракети бувають тактичні, оперативно-тактичні і стратегічні. До класу тактичних ракет відносяться вироби з дальністю пуску до 400 км. В операціях вони використовуються в інтересах загальновійськових з'єднань. Оперативно-тактичні ракети мають дальність пуску до декількох сотень кілометрів. Ці ракети застосовують в інтересах великих військових з'єднань.

**Керовані балістичні ракети можна класифікувати і по ряду інших ознак. Зокрема, за типом застосовуваного двигуна ракети можна розділити на такі групи:**

- ракети з РРД, що працюють на рідкому паливі;
- ракети з РДТП;
- ракети з комбінованими ракетними двигунами, які використовують при роботі рідкі і тверді палива.



За типом застосовуваної СУ ракети підрозділяються на ракети з автономною і комбінованою СУ.

Автономна СУ заснована на застосуванні інерційної системи. Ця система повністю автономна і складається тільки з апаратури, встановленої на борту ракети.

Комбінована СУ, поряд з автономною СУ, має радіоуправління. Система управляє польотом за допомогою команд, що надходять з наземного пункту радіоуправління на прилади, що знаходяться на борту ракети. Система радіоуправління, як правило, працює протягом невеликого періоду часу перед вимиканням двигунів, але істотно підвищує точність стрільби. У разі відмови пункту радіоуправління політ забезпечує Автономна система, але точність стрільби при цьому дещо зменшується.

За кількістю ступенів ракети бувають одноступінчасті і складені або багатоступінчасті, що складаються з декількох ступенів.

#### **Вимоги, що пред'являються до ракет.**

Вимоги, що пред'являються до керованих балістичних ракет, не можна розглядати у відриві від вимог, що пред'являються до ракетного комплексу в цілому. Тому необхідно визначити поняття ракетного комплексу.

В магістерській роботі під ракетним комплексом розуміється сукупність ракет, пускових установок, наземної апаратури управління, випробувального і підйомно-транспортного устаткування.

#### **Всі вимоги до ракети і ракетного комплексу в цілому можна розділити на наступні:**

- загальні;
- експлуатаційні;
- виробничо-економічні.

#### **Загальні вимоги:**

Загальні вимоги, що пред'являються до ракети, визначають її основні характеристики: дальність пуску, могутність дії у цілі і надійність.

Дальність пуску. Виходячи із завдань, виконуваних оперативними тактичними ракетами, діапазон їхньої дальності пусків, має бути від десятків до сотень кілометрів. Пуск однієї ракети у великому діапазоні дальності з економічної точки зору не вигідний, оскільки це призводить до ускладнення експлуатації ракети, зменшує її ефективність і маневреність. Тому ракети прийнято розділяти по дальності їх дії, передбачаючи для кожного типу ракет максимальну і мінімальну дальності пуску. Причому мінімальна дальність пуску ракет одного типу не повинна перевищувати максимальну дальність пуску ракет іншого типу. Крім того, необхідно мати на увазі, що в загальному випадку одна і та ж ракета, залежно від маси застосовуваної БЧ, може мати різну дальність пуску і ставитися до різних типів.

Могутність дії лише крок. Ракети призначені для доставки в район цілі БЧ, що мають різні бойові заряди. Що вражає фактором таких БЧ є ударна хвиля, світлове випромінювання, радіоактивне випромінювання продуктів вибуху і проникаюча радіація. Питома вага кожного вражаючої фактора може істотно змінюватися при зміні тротилового еквіваленту заряду.

Оптимальні заряди БЧ ракет визначаються з умов найбільш ефективного виконання бойових завдань. Збиток, який ракета завдає противнику, є найважливішою мірою її ефективності. При оцінці загальних збиток, якого заподіюють кількома ракетами необхідно визначити ймовірність ураження, тобто ймовірність ефективного руйнування даної мети при попаданні в неї однієї ракетою.

Ймовірність ураження цілі багато в чому залежить від точності пуску ракети, тому при оцінці влучення в ціль слід звернути велику увагу на характеристики розсіювання, які багато в чому залежать від ряду факторів (досконалості методу управління польотом ракети, від точності апаратури СУ і ін.). Зменшити розсіювання можна за рахунок застосування комбінованої СУ. Розсіювання ракет характеризується значеннями середньо ймовірних відхилень по дальності і по боковому напрямку при максимальній дальності пуску.

Абсолютно очевидно, що при відсутності розсіювання і помилок пусків будь-яку складну ціль можна знищити однією ракетою з самонавідними бойовими елементами. Однак наявні в даний час ракети мають досить велике розсіювання, у зв'язку, з чим запитану ймовірність ураження цілі може бути забезпечена за рахунок збільшення кількості бойових елементів.

Таким чином, оцінюючи ефективність дії ракети біля цілі, необхідно розглядати спільно точність самонавідних бойових елементів, характеристики розсіювання ракет і запитана при цих даних кількість ракет для ураження заданої цілі.

Надійність ракет і ракетного комплексу. Одним з показників, що характеризують бойову ефективність ракетного комплексу, є надійність виконання бойового завдання. Висока надійність досягається за рахунок створення агрегатів і систем, які володіють високим безвідмовністю і забезпечення відповідних умов експлуатації, що забезпечують підтримання цієї надійності на необхідному рівні.

Надійність комплексу проявляється при експлуатації ракети та технологічного обладнання ракетного комплексу. При цьому під експлуатацією ракети і обладнання розуміють сукупність таких етапів: зберігання, транспортування, технічне обслуговування, ремонт, підготовка до використання і використання за призначенням. Під безвідмовністю розуміють здатність безперервно зберігати працездатність в певних умовах експлуатації.

Не можна забувати про те, що висока надійність ракетного комплексу в великій мірі залежить і від якості підготовки особового складу, його професіоналізму. Надійність комплексу, насамперед, забезпечується контролем виготовлення агрегатів і систем на заводі, проведенням заводських випробувань агрегатів, систем і ракети в цілому, а також проведенням випробувань ракети безпосередньо перед пуском. Для зменшення часу підготовки ракети і пуску бажано відмовитися від передстартових випробувань, Однак у цьому випадку повинні бути пред'явлені більш жорсткі вимоги до заводським випробувань.

Збереження бойового заряду в польоті, і безвідмовне спрацьовування детонаторів гарантує його надійне дію біля цілі. Для цього БЧ мають зовнішню і внутрішню захист від аеродинамічного нагріву, а також інші пристрої, необхідні для ефективного підриву бойового заряду. На сучасному етапі розвитку ракетобудування до надійності ракет висувуються досить високі вимоги. Практично надійність агрегатів становить не менше 80,90%, а окремих приладів – не нижче 99%.

#### **Експлуатаційні вимоги:**

Під експлуатаційними розуміють вимоги, які забезпечують збереженість ракети при транспортуванні, зберіганні, а також дозволяють здійснити надійний пуск ракети у заданому режимі часу.

#### **Час на підготовку до пуску:**

Вимогу мінімального часу на підготовку до пуску важко недооцінювати. Виконання цієї вимоги забезпечує постійну бойову готовність.

#### **Уніфікація ракет і наземного устаткування:**

Бажано, щоб конструкція ракет дозволяла робити пуск з установок будь-якого типу. Виконання цієї вимоги має забезпечити надійний пуск ракети.

#### **Умови транспортування:**

Транспортабельність ракет і ракетного комплексу в цілому має бути високою. Вона залежить від розмірів ракети, її маси і міцності, чутливості елементів ракети до тряски при перевезенні та перенавантаженні, а також від того, в якому вигляді перевозиться ракета (зібраному, окремими ступенями, з паливом або без палива).

Основними засобами транспортування ракет є спеціальні колісні, або гусеничні машини та ґрунтові візки. Крім того, ракети можна перевозити залізничним, повітряним, водним транспортом.

Характеристики міцності ракети в основному вибираються з умови забезпечення міцності ракети при пуску і в польоті. Збільшення міцності ракети з урахуванням перевезення недоцільно, адже воно пов'язано зі збільшенням конструкційної маси ракети, а, Отже – зменшенням дальності пуску. Тому міцність ракет при перевезенні забезпечується вибором раціональної конструкції транспортних і підвісні перевантажувальних коштів (наприклад, збільшенням числа опор і ін.), а також обмеженням швидкості пересування при транспортуванні.

Стійкість при зберіганні. Ця вимога має важливе економічне значення, адже воно характеризує потрібну періодичність ремонту ракет. Підвищення стійкості при зберіганні передбачається цілим комплексом заходів при створенні конструкції ракети, а саме – позначенням відповідних металевих і неметалевих матеріалів, застосуванням антикорозійних покриттів, застосуванням герметичної закупування ракет і пр. Крім того, стійкість ракет залежить і від умов зберігання.

Висока ремонтпридатність і зручність проведення технічного обслуговування також має не мале значення. Під ремонтпридатністю конструкції розуміють її пристосовність до відновлення справності і підтримання її технічного ресурсу шляхом запобігання, виявлення і усунення несправностей і відмов. Ремонтпридатність характеризується витратами праці, часу і коштів на такі роботи. Конструкція ракети має бути зручною для проведення технічного обслуговування та всіх видів робіт в процесі зберігання, транспортування та при перевірках. Конструкція агрегатів і ракети в цілому повинна дозволяти механізувати і автоматизувати робочі місця і допоміжні процеси.

#### **Метеорологічні умови застосування:**

Ракетний комплекс повинен функціонувати за будь-яких реально можливих метеорологічних умовах.

#### **Фізико-географічні умови застосування:**

Ракетний комплекс повинен мати високу маневреність і прохідність в лісових, болотистих, піщаних та засніжених місцевостях. Крім того, комплекс повинен не втрачати свого працездатного стану при його застосуванні в гірській місцевості (як правило – на висоті до 3000 км).

#### **Виробничо-економічні вимоги:**

- простота і технологічність конструкції;
- уніфікація окремих вузлів та агрегатів ракет;
- застосування природних матеріалів.

#### **Вибір та обґрунтування схеми ракети**

Вибір схеми ракети передбачає вирішення таких завдань:

- вибір типу двигуна;
- вибір типу старту;
- вибір конструктивно компоувальною схеми;
- вибір конструкторських матеріалів;
- вибір програми польоту;
- вибір проектних параметрів.

Тип двигуна суттєво впливає на конструкцію ракети в цілому. Найбільш широке застосування тактичних і оперативно-тактичних ракет знаходять наразі ракетні двигуни твердого палива. Цей тип двигуна порівняно з рідинними двигунами володіє наступними переваги: простота конструкції; надійність і безвідмовність; постійна готовність до дії; простота експлуатації.

Виходячи з цього у роботі перевагу віддано твердопаливного ракетному двигуну.

Тип старту багато в чому зумовлює конструкцію пускової установки, а так ж впливає на конструкцію і характеристики ракети. Для некерованих балістичних ракет може застосовуватися тільки курсивний старт, для керованих – як курсивний, так і вертикальний. Вплив типу старту на конструкцію ракети проявляється через схему її навантаження при старті, через пристрій вузлів

взаємодії ракети з напрямних. Крім того, тип старту в значній мірі зумовлює значення початкового тягоозброєння. При похилому старті тягоозброєнність двигуна повинна бути більше, ніж при вертикальному старті.

Для проекрованої ракети доцільно вибрати курсивний старт, т.к. дальність пуску становить 310 км, звідки напрошується висновок про те, що маса ракети що проектується буде незначною.

#### **Висновок.**

Таким чином вимоги до оперативно-тактичних ракет ґрунтуються на аналізі їх бойового застосування і повинні враховувати накопичений досвід створення аналогічних ракет, а також технічні можливості. Кінцевою метою розробки ракети є досягнення максимальної ефективності її дії як бойового засобу, зручності експлуатації і технологічності виготовлення. Крім того, усі вимоги, що пред'являються, повинні забезпечити безвідмовний пуск ракети з будь-якої місцевості в заданий час, її політ повинен проходити за задалегідь розрахованою програмою з високою точністю попадання в ціль.

#### **Список використаних джерел**

1. *Правила стрільби і управління вогнем наземної артилерії (дивізіон, батарея, взвод, гармата). Київ, 2017, затверджено наказом Генерального штабу Збройних Сил України 05.01.2018 № 6.*
2. *Бойовий статут артилерії Збройних Сил України, частина II (дивізіон, батарея, взвод, гармата), наказ Генерального штабу Збройних Сил України 23.01.2017 № 18.*
3. *Горбильов В.Ю. Про напрямки розвитку ракетних військ і артилерії ЗС України. Режим вільного доступу в Інтернет: <http://trident-ua.info/novyny/vijna-na-shodi/pro-napryamki-rozvitku-raketnix-vijsk-i-artileri>*
4. *Можливі напрямки розвитку РВіА на підставі аналізу бойового застосування РВіА за досвідом збройних конфліктів. Матеріали науково-практичного семінару. Київ, НУОУ. 3 грудня 2015 року.*
5. *Збірники інформаційних та інформаційно-аналітичних матеріалів. Періодичні видання 2014-2018 р.р.*
6. *Високі технології для армії – виставка рішень 17.06.15. Режим вільного доступу в Інтернет: <https://hi-tech.ua/article/vyisokie-tehnologii-dlya-armii-vyistavka-resheniy/>*
7. *Інтернет джерело: <https://ussi.org.ua/analytics/ukrayina-potrebuye-raket-serednoyi-i-maloyi-dalnosti/>*

**Науковий керівник:** Петрушенко М. д.т.н., професор, заслужений діяч науки і техніки України.

**Рецензент:** Гончарук А. к.т.н., с.н.с., Військова академія (м. Одеса)

УДК 623.4.08:662.3

**Василенко М.**, магістрант  
Військова академія, (м. Одеса), Україна

## РОЗРОБКА ВИМОГ ДО ПОРОХОВИХ РАКЕТНИХ СНАРЯДІВ

*В сучасних умовах значення високоточної зброї в загальновійськовому бою та операції важко переоцінити. В статті розглядаються рекомендації щодо розробки вимог до порохових ракетних снарядів для забезпечення ефективного виконання ЗСУ визначених завдань*

**Ключові слова:** проектування, порох, ракетні двигуни, колоїдний порох, ракетні снаряди.

**Постановка і актуальність проблеми.** Важливим завданням будь-якої держави є забезпечення їй військової безпеки. Рішення даній проблеми залежить від науково-технічного рівня і якості озброєння, рівня підготовки фахівців, зайнятих дослідженнями, розробкою і експлуатацією озброєнь. Світова практика локальних війн і збройних конфліктів сучасності, серед яких і збройний конфлікт, що триває на Сході нашої країни доводить, що ефективність застосування військових частин та підрозділів СВ ЗСУ безпосередньо залежить від оснащення їх новими, сучасними зразками озброєння, які побудовані на основі останніх досягнень науково-технічного прогресу. Одним з засобів підвищення бойових можливостей сухопутних військ військові фахівці рахують розвиток і оснащення їх сучасними реактивними системами залпового вогню (РСЗВ). Одним із напрямків підвищення бойових можливостей РСЗВ існує розробка вимог до порохових ракетних снарядів. Роботи в зазначених напрямках ведуться як по лінії створення нових порохів, так і модифікації палив і порохів, прийнятих на озброєння. Вони ще, мабуть, далекі від завершення, так як в літературі не з'являлося повідомлень, з яких можна зробити будь-які остаточні висновки і рекомендувати робочі рецептури. У зв'язку з цим, постає задача необхідності за умови зниження фінансових витрат, розробку нових порохових ракетних снарядів, які дозволять реалізувати спосіб афективного ураження цілей противника.

**Мета і завдання.** Метою та завданням роботи є проведення аналізу призначення і характеристик існуючих порохових ракетних снарядів і розробка шляхів підвищення їх бойової (вогневий) ефективності.

**Виклад основного матеріалу.** Двигуни твердого палива порівняно прості за конструкцією, мобільні, зручні в експлуатації і в той же час досить надійні і ефективні. На думку зарубіжних фахівців, успіхи хімії твердого палива і рішення проблеми створення двигунів великих розмірів дозволяють вважати рухові установки цього класу найбільш перспективними. Тому останнім часом за кордоном питань проектування ракет з двигунами, що працюють на твердому паливі, приділяється особлива увага.

В основу вимог, що пред'являються до порохових ракетних снарядів, визначають її основні характеристики: дальність пуску, могутність дії біля цілі і надійність.

В даний час найбільшого поширення в якості твердого палива для ракетних двигунів отримали так звані бездимні, або колоїдні пороха. Колоїдний порох є твердий розчин горючої основи і окислювача з присадками спеціальних добавок.

Горючою основою бездимних порохів є нітроклітковина (нітроцеллюлоза) типу піроксиліну, здатна желатинізуватися в деяких речовинах, що містять високий відсоток активного кисню, з утворенням колоїдного розчину. При охолодженні такого розчину виходить пластична порохова маса, легко піддається пресуванню в шашки, використовувані надалі в якості елементів порохового заряду двигуна. У промисловому виробництві нітроклітковини виходить як продукт обробки концентрованою азотною кислотою целюлози, що міститься в деревині (50-60%), бавовні (90-93%), льоні, соломі і деяких інших видах сировини. Для виготовлення ракетних порохів найбільш важливими є нітроклітковини з вмістом азоту[3].

Крім основних компонентів, до складу порохової маси вводяться деякі добавки, що дозволяють отримати паливо з бажаними фізико-хімічними властивостями і балістичними параметрами.

Для забезпечення хімічної стійкості пороху в його склад вводяться стабілізатори – речовини, загальмовують швидкість хімічних реакцій розкладання, що протікають в пороховій масі при зберіганні шашок, і запобігають старінню пороху. Найбільш поширеними стабілізаторами є дифеніламін, етілеретан, різні централіти і деякі інші складні.

Хімічна стійкість порохів має істотне значення для оцінки їх службової придатності. Запас хімічної стійкості прийнято визначати по так званим лакмусовим пробам, пробі на бурі пари і за результатами деяких інших лабораторних випробувань.

Крім хімічної стійкості, першорядне значення для оцінки термінів службової придатності порохових зарядів має властивість фізичної стабільності шашок. Фізична стабільність, як показує досвід, залежить від розмірів шашки, складу пороху і технології виготовлення порохової маси і шашки. Основним дефектом шашок з точки зору фізичної стабільності вважається розтріскування шашок при зберіганні. Передбачається, що розтріскування шашок є наслідком не тільки фізичних процесів, але і деяких хімічних реакцій, що протікають в пороховій масі при зберіганні зарядів. Встановлено, що введення до складу пороху деяких спеціальних присадок благотворно позначається на фізичному стабільності зарядів.

Властивості порохової маси з точки зору технології виготовлення зарядів значно поліпшуються, якщо до складу пороху ввести вазелін, віск, крейда, сажу і деякі інші так звані технологічні добавки.

Нарешті, як правило, порох містить велику кількість спеціальних для кожної рецептури присадок, що знижують швидкість горіння пороху (флегматизатори), що збільшують стійкість горіння, зменшують температуру горіння пороху, що знижують чутливість горіння пороху до змін початкової температури заряду і параметрів внутрішньої балістики двигуна і т. Д

Таким чином, бездимний ракетний порох являє собою багатокомпонентний твердий розчин колоїдного типу, основою якого є нітроклітковини і розчинник. Для виготовлення ракетних зарядів використовуються головним чином пороху на важколітучому розчиннику.

З інших напрямків перспективних досліджень, яким за кордоном надають першочергового значення, слід зазначити роботи над паливами з підвищеною калорійністю, з малою швидкістю горіння, зі зниженою чутливістю швидкості до змін початкової температури заряду і вібрацій тиску в двигуні, над порохом з розширеним діапазоном стійкого горіння і над порохом з низькою температурою горіння. Роботи в зазначених напрямках ведуться як по лінії створення нових порохів, так і модифікації палив і порохів, прийнятих на озброєння. Вони ще, мабуть, далекі від завершення, так як в літературі не з'являлося повідомлень, з яких можна зробити будь-які остаточні висновки і рекомендувати робочі рецептури[4,6].

#### **Завдання та напрямки щодо розробки вимог до порохових ракетних снарядів.**

Одним з напрямків перспективних розробок є підвищення енергетичних характеристик палив. З цією метою в якості компонентів твердих ракетних палив намагаються використовувати літій, фтор, містять бор і деякі інші речовини.

В даний час широко експериментують складні із застосуванням нітрату і пірхлората літію. Перхлорат літію має вельми високий кисневий потенціал і може бути використаний для отримання палив дуже високого одиничного імпульсу.

Велика увага приділяється бор-вмісткому паливі. Бор має високу теплотворну здатність (14 400 Ккал/Кг) і здатний, з'єднуючись з воднем, утворювати речовини – бор гідридом – з ще більшою калорійністю. Загальним недоліком бор гідрантів як горючих для ракетних двигунів є їх токсичність, термічна нестабільність і деякі інші властивості, що утрудняють експлуатацію двигунів на бор-містких паливах. Дослідження з метою поліпшення фізико-хімічних властивостей бор гідридом привели до створення бор-водень-вуглеців які мають задовільні параметри стабільності і токсичності, але декілька знижену теплотворну здатність.

Багато процесів, що протікають в пороховому ракетному двигуні, і деякі параметри внутрішньої балістики істотно залежать від складу і властивостей продуктів згоряння палива, тому визначення складу продуктів згоряння є вельми важливим завданням.

До складу пороху входить, як правило, велика кількість різних компонентів, що утворюють між собою складні фізичні і хімічні зв'язки, тому горіння його представляє собою складний багатоступінчастий процес.

Уже ранні експерименти і перші теоретичні узагальнення результатів спостережень дозволили встановити, що порох, як правило, горить паралельними шарами, основні реакції процесу горіння відбуваються в газовій фазі і горінню пороху передують термічний розклад поверхневого шару пороховий шашки. Оскільки основа ракетного пороху – нітроклітковини – нелеткі, пояснити механізм формування газової фази не вдалося, поки в 1942 р була висловлена гіпотеза про газифікацію продуктів термічного розкладання поверхневого шару пороху і не були теоретично отримані результати.

Під газифікацією розуміють процес первинного розкладання твердого палива, що йде з руйнуванням деяких хімічних зв'язків і приводить до утворення газоподібних продуктів і твердих частинок, зважених в газовій фазі. Ці продукти вступають в остаточні хімічні реакції горіння вже в межах газової фази[7].

На думку багатьох фахівців і дослідників, руйнування твердої фази є стадією горіння, визначальною швидкістю всього процесу, яка в загальному випадку не дорівнює швидкості утворення первинних газоподібних продуктів.

Найбільш повною картину процесів, послідовно протікають в поросі при його горінні в камері ракетного двигуна, можна представити в наступному вигляді.

При нагріванні зовнішнього шару пороховий шашки до температури 100-120°C в ньому відбувається деполімеризація молекулярних ланцюгів нітроклітковини і руйнуються солеві – гідрати комплекси молекул.

При подальшому підвищенні температури руйнуються більш міцні хімічні і фізичні зв'язки,  $t = 200 / 220^\circ\text{C}$  на поверхні пороховий шашки утворюється рідко-в'язкий шар оплавленого пороху.

Детальне вивчення реакцій, що протікають в зоні горіння, показало, що вони йдуть послідовно в дві стадії. Наприкінці першої стадії в продуктах згоряння переважають продукти неповного окислення і містяться оксиди не поновлення азоту. При цьому виділяється близько половини теплоотримуючого пороху. На другій стадії відбувається повне відновлення азоту з його оксидів і подальше окислення інших речовин. Реакції цієї фази вивільняють інші 50% енергії згоряння пороху.

Встановлено, що коли горіння закінчується із завершенням реакцій тільки першої стадії, в двигуні спостерігаються низькочастотні вібрації тиску, горіння носить нестійкий характер і схильне до аномального загасання. З іншого боку, реакції другої стадії можуть мати місце тільки за певних умов в двигуні, зокрема, при тиску не нижче деякої певної для даного складу пороху величини робочого тиску[1].

Таким чином, характер завершальних фаз механізму горіння пороху залежить від параметрів внутрішньої балістики двигуна і його конструкції; для вивільнення в камері згоряння більшої кількості енергії і стійкого горіння потрібні умови, що гарантують протікання хімічних реакцій другій стадії горіння.

Слід зазначити, що розібрана послідовність процесів, що мають місце при горінні ракетних порохів, не є абсолютно вірною. Однак вона може бути прийнята в якості робочої схеми горіння, оскільки дає результати.

Однією з основних особливостей порохового ракетного двигуна є той факт, що швидкість горіння пороху в ньому істотно залежить від величини тиску в камері згоряння. Залежність від тиску лінійної швидкості горіння пороху прийнято називати законом горіння пороху, при цьому під лінійною (механічною) швидкістю горіння порохових шашок розуміють швидкість переміщення палаючої поверхні заряду в напрямку внутрішньої нормалі.

Як вже було сказано, горіння порошу передують процеси фізико-хімічного розкладання його компонентів, що йдуть в твердій фазі і, як правило, з поглинанням тепла. Інтенсивність протікання цих процесів залежить від інтенсивності підведення тепла до поверхні шашки. Таким чином, залежність швидкості горіння від початкової температури заряду зберігається протягом усього тягара горіння і тому є другою основною характеристикою горіння порохів.

**Висновок.** Отже, порохіві ракетні двигуни зарекомендували себе як надійні і ефективні силові установки. Оцінюючи ефективність порохових ракетних снарядів, необхідно розглядати що сучасні димні, або чорні пороху виробляються за суворими нормативами і точними технологіями.

Таким чином, ефективність горіння порошу багато в чому пов'язана з тонкістю здрібнювання компонентів, повнотою змішання й формою зерен у готовому вигляді. Однією з основних особливостей порохового ракетного двигуна є той факт, що швидкість горіння порошу в ньому істотно залежить від величини тиску в камері згорання. Залежність від тиску лінійної швидкості горіння порошу прийнято називати законом горіння порошу, при цьому під лінійною (механічною) швидкістю горіння порохових шашок розуміють швидкість переміщення палаючої поверхні заряду в напрямку внутрішньої нормалі.

Багато процесів, що протікають в пороховому ракетному двигуні, і деякі параметри внутрішньої балістики істотно залежать від складу і властивостей продуктів згорання палива, тому визначення складу продуктів згорання є вельми важливим завданням.

Одним з показників, що характеризують ефективність порохових ракетних снарядів, є надійність виконання бойового завдання. Висока надійність досягається за рахунок створення агрегатів і систем, що володіють високою безвідмовністю і забезпечення відповідних умов експлуатації, які забезпечують підтримку цієї надійності на необхідному рівні[1].

#### Список використаних джерел

1. Алемасов В.Е., Дрегалін А.Ф., Тишин А.П. *Теория ракетных двигателей* / Под ред. В.Е. Алемасова. – М.: Машиностроение, 1989. – 464 с.
2. Локк А., *Основы проектирования управляемых снарядов. Управление реактивными снарядами*, ИЛ, 1958.
3. Куров В.Д., Должанский Ю.М., *Основы проектирования пороховых ракетных снарядов* Изд. редактор М. Ф. Богомолова, Техн. редактор Л. А. Гарнухина, Г-74763 Подписано в печать 31/VIII 1961 г.
4. Третьяков Г.М. *Боюприпасы артиллерии*, Воениздат, 1940г.
5. Саттон Д., *Ракетные двигатели*, ИЛ., 1952г.
6. Ефимов М.Г. *Курс артиллерийских снарядов*, Оборонгиз., 1989г.,
7. Абрамович Г.Н. *Прикладная газовая динамика* ГИТТЛ., 1953г.

**Науковий керівник:** Головань А., к.т.н. доц.

**Рецензент:** Сергеев О., к.т.н. доц., Військова академія, (м. Одеса), Україна



УДК 623.419

Васько Д., магістрант,  
Військова академія (м. Одеса), Україна

## МЕТОДИ АВТОМАТИЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ СТАНУ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ БМ-21 ШЛЯХОМ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ ДАТЧИКІВ СТАНУ ТА КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ОБРОБКИ ЇХ ДАНИХ

*Пропонується та обґрунтовується пропозиції методів автоматичного діагностування стану електрообладнання БМ-21 шляхом впровадження системи датчиків стану та комп'ютерних технологій обробки їх даних.*

**Ключові слова:** *Діагностика, системні методи, норма, компарато, датчик, опорна напруга, технічний стан, цифровий сигнал.*

**Постановка проблеми.** У збройних силах України є достатня кількість комплексів, що добре зарекомендували себе. Протягом їх експлуатації виникає необхідність проведення діагностичних заходів з усунення неполадок та встановлення технічного стану комплексу.

**Аналіз останніх досягнень і публікацій.** Під діагностикою і пошуком несправностей розуміється процес виявлення елемента, несправність якого може призвести або призвела до відмови виробу в цілому. Під діагностикою і пошуком несправностей розуміється процес виявлення елемента, несправність якого може призвести або призвела до відмови виробу в цілому. У зв'язку з тим, що виникнення раптових непрогнозованих відмов залишається неминучим, навіть не дивлячись на проведення досить ефективної профілактики, вельми важливе значення для забезпечення необхідної безпеки озброєння набуває завдання швидкого виявлення несправного елемента виробу.

Найбільший ефект, безумовно дає систематизований пошук, що представляє собою певну логічну послідовність дій, що дозволяють поступово звужувати порівняно широку область виникнення несправності до тих пір, поки не буде визначено мінімальну ділянку.

Найважливішим елементом діагностичного процесу є глибоке осмислення кожної ознаки відмови окремо і їх взаємозв'язки, а також постійний облік інформації, що характеризує нормальну роботу виробу. Очевидно, що без всебічного аналізу та максимального використання інформації, що міститься в ознаках відмов і нормальної роботи, що дозволяє встановити взаємозв'язок між ознаками, що в свою чергу сприяє більш швидкому безпомилкового встановлення діагнозу.

**Постановка завдання та його розв'язання.** Ця робота присвячена розробці універсального датчика стану елемента електричного ланцюга на прикладі електрообладнання БМ-21.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, яким присвячується стаття. Залежно від завдання, поставленого перед системою це може бути датчик «норма, не норма». Його функціональна схема приведена на мал.1 Якщо від датчика потрібно інформація «норма, вище – нижче за норму, аварія», то його функціональна схема ускладнюється – рис.2.

На основі цих міркувань була розроблена принципова схема датчиків на принципі порівняння напруги в електричному ланцюзі, або в її точках, із заданим рівнем напруги. Принципова схема приведена на рис.3 для першого типу датчика, і на мал.4 для другого типу датчика.

Схеми виконані на компараторах типу УД608, рівні напруги задаються високоточними багатооборотними резисторами підлаштування. Вихідні цифрові сигнали відображаються світлодіодами, або подаються в шину даних для автоматизованого аналізу стану системи. В якості прикладу аналізується стан генератора 27в БМ – 21. Були (згідно ТУ генератора – Г-6.5 С) задані наступні рівні напруги:

|               |        |
|---------------|--------|
| Аварія        | 29.5 в |
| Вище за норму | 29.0 в |

Нижній рівень норми 27.0 в  
 Нижче за норму 26.5 в  
 Аварія 26.0 в

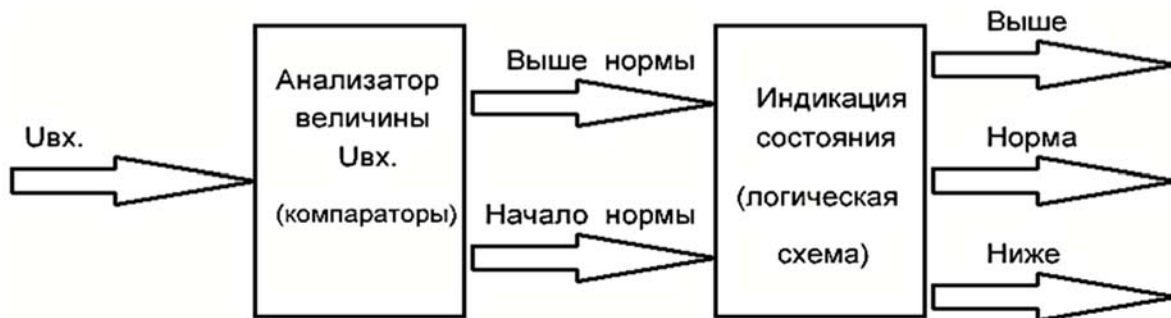


Рис. 1. Функціональна схема діагностичного обладнання

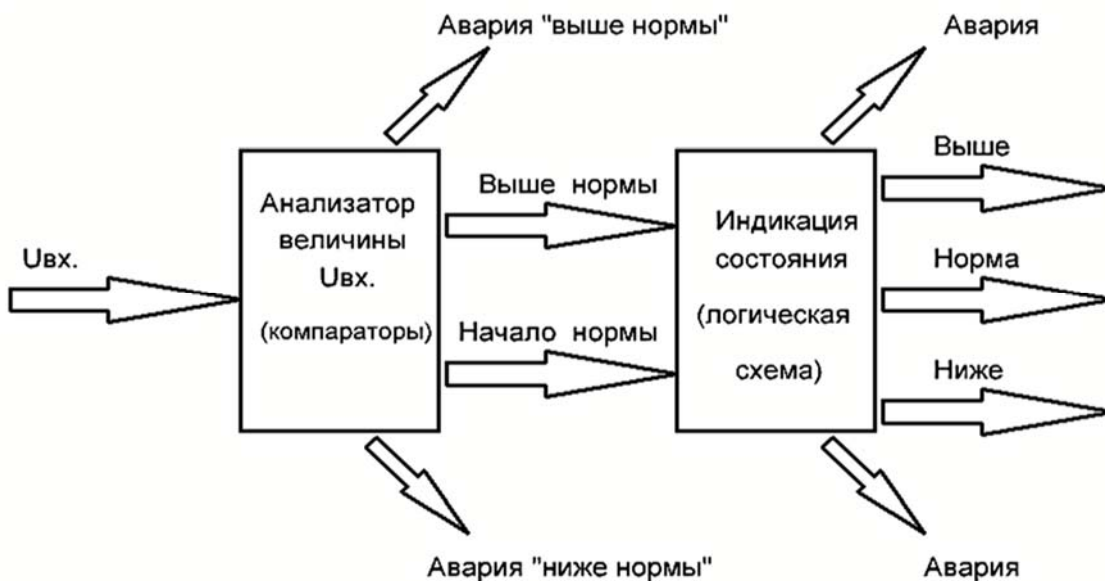


Рис.2. Функціональна схема діагностичного обладнання

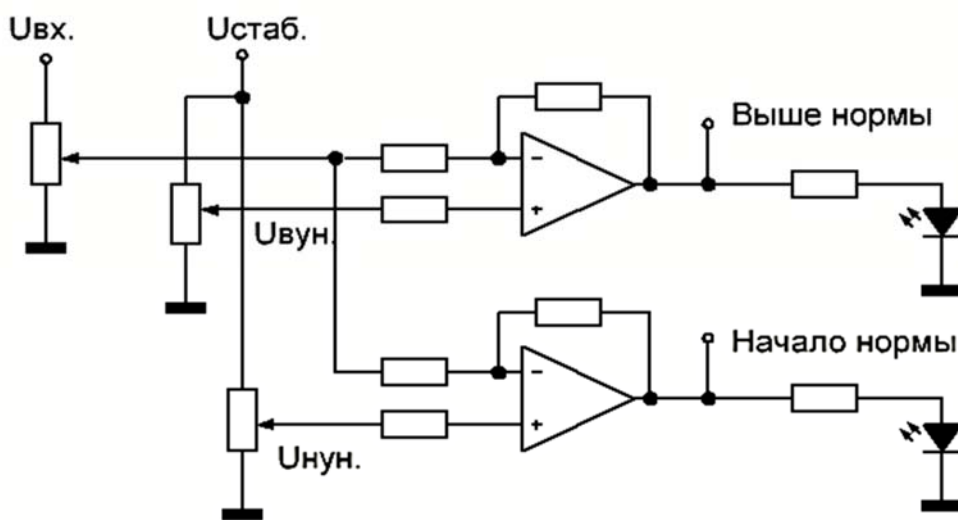


Рис.3

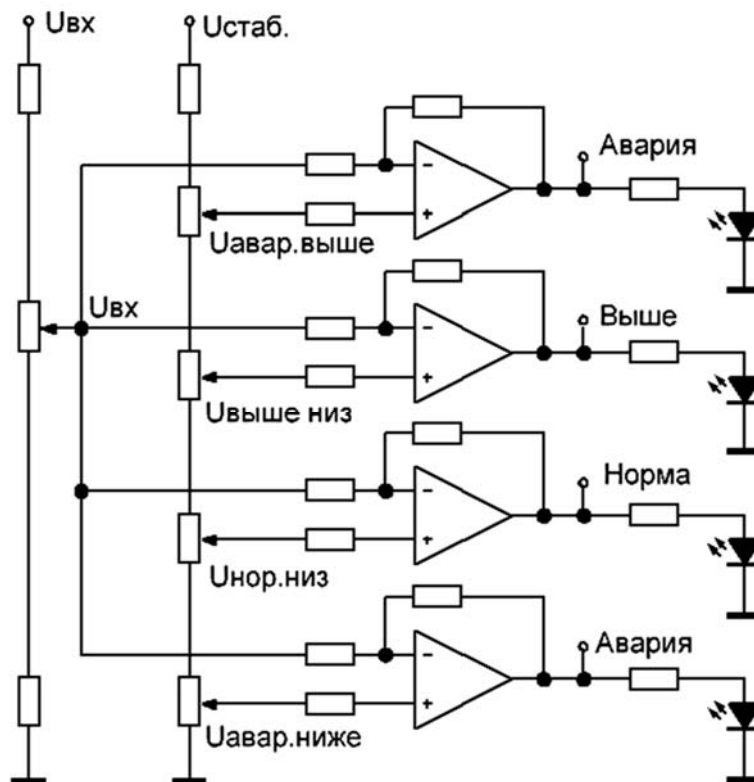


Рис.4

Для живлення пристрою використана бортова мережа + 13.2в БМ-21, через стабілізатор на мікросхемі КР142ЕН8 (11в), опорну напругу (9в) отримуємо від параметричного стабілізатора на стабілітроні КС 9.1.

**Висновок.** Основні результати роботи показують можливість застосування універсальних датчиків для діагностування технічного стану та пошуку несправностей електрообладнання БМ-21.

**Перспективи подальших досліджень.** Перспективи подальших досліджень становить обґрунтування засобів автоматизованого діагностування технічного стану та пошуку несправностей електрообладнання комплексу БМ-21.

#### Список використаних джерел

1. *Интегральные микросхемы: справочник* / Б.В. Тарабрин, Л.Ф. Лунин, Ю.Н. Смирнов. – М. Радио и связь. 1984 – 528 с.
2. *Применение цифровых и аналоговых микросхем. МРБ.* – М.: Радио и связь – 2004.
3. *Применение микросхемы КР1006ВИ – 1.* Алексеев Е.С. М.: Радио и связь. 1995 – 127с.
4. *Т48 Надежность технических систем и техногенный риск: учебное пособие* / Н.И. Ткаченко, С.Е. Башняк. – пос. Персиановский: Донской ГАУ, 2015. – 60 с.
5. Дорф Р., *Современные системы управления* / Р. Дорф, Р. Бишон // – М. – Лаборатория Базовых Знаний– 2004. – 832 С.
6. Макаров И.М. *Линейные автоматические системы* / И.М. Макаров, И.М. Менский // М.: Машиностроение, 1982. – 504 с.
7. Коньков К., Крамской К. *Електроніка та мікросхемотехніка, Одеса.*

**Науковий керівник:** Коньков К.Д.

**Рецензент:** Головань В.Г., к.т.н., проф., Військова академія (м. Одеса), Україна.

УДК 623.419: 623.437.09

**Волченко О.О.**, магістрант,  
**Марчішин М.Ю.**, магістрант  
*Військова академія (м. Одеса)*

### **ПОКРАЩЕННЯ ТАКТИКО-ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК САМОХІДНИХ АРТИЛЕРІЙСЬКИХ УСТАНОВОК СУЧАСНИМИ ЗАСОБАМИ УДОСКОНАЛЕННЯ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ**

*В роботі проведено аналіз конструкції і принципів побудови існуючих систем електрообладнання самохідних артилерійських установок (САУ). Визначені можливі напрямки модернізації електромеханічних систем САУ, напрямки оптимізації режимів роботи її електроприводів. Запропоновано комплексну модернізацію електрообладнання САУ на основі використання високовольтної напруги живлення всієї системи електропостачання САУ.*

**Ключові слова:** *електропривод, оптимізація, математична модель, система управління.*

**Постановка проблеми.** Як відомо, самохідна артилерійська установка (САУ) це гармата з самохідним лафетом і, у порівнянні із причіпною гарматою, САУ має підвищену бойову ефективність. Підвищення бойової ефективності САУ досягається за рахунок збільшеної рухомості, маневреності та живучості на полі бою, а також за рахунок їх постійної готовності до відкриття вогню. Крім того, більшість конструкцій САУ дозволяють вести бойові дії на зараженій місцевості, у складних умовах, а деякі зразки САУ можуть самостійно долати водні перешкоди. Застосування САУ зменшує чисельність і уразливість особового складу (розрахунку) від вогню противника. Один з ефективних способів покращення тактико-технічних характеристик САУ – удосконалення основного і допоміжного електрообладнання установки, її окремих електромеханічних систем і систем автоматики.

Саме тому удосконалення окремих елементів САУ є актуальним завданням, яке зараз виконується в умовах суттєвих фінансових і часових обмежень.

**Метою роботи** є визначення напрямків удосконалення окремих електромеханічних елементів САУ типу 2С3М [1-3]

Наведемо скорочений аналіз існуючого електрообладнання і електромеханічних систем САУ (гаубиці) типу 2С3М.

Основне електрообладнання САУ 2С3М – комплекс електротехнічних пристроїв, які призначені для керування виконавчими механізмами гаубиці, електричного блокування механізмів і сигналізації. Вузли електрообладнання, що встановлені на гаубиці, живляться на основі системи електропостачання постійним струмом 24 В (+4,5 В/-2 В) при роботі з генератором потужністю 6,5 кВт та з паралельно підключеними акумуляторними батареями [1, 2].

Таку схему електрообладнання умовно можна розділити на три основних ланцюги: а) ланцюг управління виконавчими механізмами і блокуваннями; б) ланцюг живлення виконавчих механізмів; в) ланцюг стрільби. Керування роботою електрообладнання здійснюється з окремого пульта і передбачена робота електрообладнання у автоматичному режимі. САУ має системи 2Э24 – комплекс двох аналогічних електромашинних приводів. Ці системи (2Э24) призначені для наведення у вертикальній та горизонтальній площинах стволу гаубиці при стрільбі з місця. Відповідно до цього розрізняють привід вертикального наведення (привід ВН) і привід горизонтального наведення (привід ГН).

Структурна схема автоматизованого електроприводу ВН та ГН у загальному випадку містить три основні елементи: а) механічну частину (МЧ) приводу, що включає передатний пристрій (ПП), призначений для передач механічної енергії від електрорушійних пристроїв електропривода до поворотної (хитної) частини зміни напрямку і швидкості обертального руху; б) електродвигунний пристрій, призначений для перетворення електричної енергії у механічну.

Система керування живиться від бортової мережі базової машини (СЖ). Перетворювач П призначений для живлення електродвигуна і створення керуючого впливу на нього. Керуючий пристрій КП керує перетворювачем, одержує командні сигнали від задавального пристрою ЗП, а інформацію про поточний стан електропривода отримує – від давачів зворотних зв'язків. За допомогою цих давачів, механічні параметри (швидкість, момент, зусилля і положення об'єкта керування) перетворюються у пропорційні ним електричні сигнали, які і подаються у керуючий пристрій КП. У ньому поточний стан електропривода порівнюється із заданим і, при наявності неузгодженості, вироблюється керуючий сигнал, який впливає через перетворювач П на електропривод з необхідною точністю і швидкодією. Крім того, ці давачі формують сигнали про досягнення об'єктом керування ОК граничних кутів наведення. У цьому випадку керуючий пристрій вироблює сигнал, що забезпечує припинення руху ОК. Стабілізація роботи привода здійснюється шляхом подачі напруги негативного зворотного зв'язку (пропорційної швидкості обертання виконавчого двигуна) у підсилювальний пристрій.

Напруга негативного зворотного зв'язку знімається з потенціометра між точками кола: якір електромашинного підсилювача – якір виконавчого двигуна. Для стабілізації використовується, також, гнучкий негативний зворотний зв'язок за напругою електромашинного підсилювача, який виконано за допомогою допоміжної обмотки ОКЗ електромашинного підсилювача і допоміжної обмотки ОР2 поляризованого реле. Спрощена електрична схема привода має наступні елементи: задавальний пристрій (потенціометричний міст R1, R2); релейний підсилювач на поляризованому реле РП-5 (попереднє підсилення); електромашинний підсилювач ЕМП (основне підсилення); виконавчий електродвигун ВД [1-3].

У зв'язку з тим, що САУ функціонують у складних умовах, то на її робочі механізми здійснюється істотне навантаження, що призводить до підвищення струмів і нагрівання обладнання. Наприклад, при тривалому нагріванні обмотки відбувається її оплавлення (після перевищення критичної температури), що призводить до непрацездатності електроприводу і необхідності в ремонті. Доводиться робити ремонт електродвигуна і САУ деякий час не в змозі виконувати свої функції. Саме це приводить до необхідності у оптимізації процесів управління її електромеханічними системами [4, 5].

Як відомо, оптимальне управління електроприводом, це таке управління, методи якого дозволяють досягти бажаного результату найкращим (у певному сенсі) чином, відповідно до прийнятого критерію оптимізації. Наприклад, реалізувати мету управління електроприводом за найменший можливий час або з максимальним ККД, з обмеженням нагріву, тощо.

Але, для вирішення завдання оптимального управління електроприводом, окрім визначення критерії оптимізації, потрібно побудувати математичну модель керованого об'єкта (або процесу), який адекватно реальному стану описує зміни параметрів протягом часу під впливом керуючої дії. Побудова математичної моделі для задачі оптимального управління електроприводами САУ є окремою, досить складною, задачею, яка включає у себе: постановку мети управління, виражену через критерії якості управління; визначення математичних рівнянь, що описують способи переміщення об'єкта управління у просторі; установку обмежень на використовувані ресурси у вигляді рівнянь або нерівностей та інші.

Для опису детермінованого керованого об'єкта або процесу, зазвичай, використовуються рівняння у диференціальній формі, а для опису об'єктів високої складності використовують диференціальні рівняння з приватними або дробовими похідними. Для опису керованого об'єкта стохастичного типу використовують стохастичні диференціальні рівняння. Якщо рішення поставленого завдання оптимального управління безперервно залежать від вихідних даних (некоректна завдання), то таке завдання вирішується спеціальними чисельними методами. Існує клас інтелектуальних систем оптимального управління. Такі системи здатні накопичувати досвід експлуатації і на основі цього суттєво покращувати свою роботу. Ці системи використовують принципи штучного інтелекту. Однак, у більшості практичних випадків, для електромеханічних слідкуючих і позиційних пристроїв, до яких

відносяться основні системи САУ, застосовують перехід від диференціальних рівнянь до передаточних функцій. Такий підхід суттєво спрощує аналіз і синтез високоефективних систем управління електроприводами наведення, подачі боєприпасів, тощо.

Потрібно враховувати, що реальна поведінка кожного окремого об'єкта або всієї системи САУ у цілому, завжди відрізняється від програмної моделі. Це обумовлено неточністю у початкових умовах, неточністю реалізації програмного управління, неповною інформацією про зовнішні збурення, що діють на об'єкт, тощо. Тому, зазвичай, використовують замкнуті системи автоматичного регулювання – для того щоб мінімізувати відхилення у поведінці реального об'єкта від оптимальної моделі. Це завдання також вирішується різними засобами, наприклад, використанням у контурі управління еталонних моделей.

Таким чином, необхідно вважати, що оптимізація роботи електромеханічних систем САУ здійснюється різними способами, кожен з яких вимагає додаткового і ретельного техніко-економічного обґрунтування.

Виходячи із аналізу елементів існуючої електромеханічної частини САУ можна визначити наступні недоліки.

1. Живлення постійним струмом низької напруги приводить до необхідності використання системи електропостачання електроприводів провідниками (шинами, дротами) великого перетину (площі). Це не тільки коштовно (мідь – кольоровий метал), але й незручно при монтажу і обслуговуванні.

2. У системі керування використовуються щіткові електродвигуни і щіткові електромашинні підсилювачі (ЕМП). Щіткові переходи дуже складні у експлуатації і ненадійні, потребують постійного догляду і обслуговування, частой заміни.

3. Низький ККД електромеханічної частини. Цей недолік пояснюється використанням у кожному з електроприводів ГН і ВН по три електричних машини: гонного двигуна, електромашинного підсилювача і виконавчого двигуна. Наприклад, якщо виконавчий двигун має потужність близько 2 кВт при ККД = 0,8, то потужність ЕМУ повинна бути, щонайменш, більшою на  $2 \text{ Вт} / 0,8 = 2,5 \text{ кВт}$ . Якщо ККД ЕМУ теж близький до 0,8, тому потужність гонного двигуна повинна бути, щонайменш, близькою до  $2,5 \text{ кВт} / 0,8 = 3,2 \text{ кВт}$ . Крім цього, використання у кожному електроприводі трьох електричних машин приводить до підвищення масогабаритних показників і додаткового шуму. З'єднання гонного двигуна і ЕМУ здійснюється спеціальною муфтою і потребує точної і жорсткої фіксації всіх обертових елементів, жорсткого приєднання електричних машин до корпусу.

4. Система керування містить вібропідсилювач (релейний підсилювач) на поляризаційному реле. Це реле функціонує з великою частотою і механічно замикає/розмикає контакти. Це вкрай важкий і напружений режим роботи, який приводить до швидкого зносу і обгоряння контактів реле і потребує постійного обслуговування і контролю стану контактної групи.

Визначені недоліки дозволили сформулювати наступну концепцію модернізації всієї електромеханічної системи САУ, включаючи всі інші електромеханічні її системи, у тому числі транспортера електроприводу подачі боєприпасів. Пропонується наступне.

1. Перевести усю систему електропостачання електроприводів САУ на більш високу напругу живлення. Попередньо визначено, що така напруга повинна бути близькою до 300 В. Це дозволить суттєво зменшити перетин (площу) провідників (шин, дротів), спростити монтаж, зменшити фінансові витрати, підвищити ергономічність і зручність обслуговування і ремонту.

2. Використати безщіткові електричні двигуни і електронну систему керування ними. Таке рішення дозволить суттєво підвищити ККД, зменшити шум, масогабаритні показники, підвищити надійність і швидкодію електроприводів.

3. Використання електричних безщіткових двигунів вентильного чи асинхронного типу дозволяє створити умови для використання сучасної мікроконтролерної керуючої техніки, підвищити швидкодію і точність наведення, суттєво спростити технічне обслуговування і ремонт.

4. Переведення на більш високу напругу системи електропостачання пропонується використанням сучасних електронних інверторів DC/DC підвищувачого типу. Попередній підрахунок показує, що підвищення напруги з 24 В до 300 В з ККД перетворення близько 0,9 можливо здійснити у дві чи, максимум, у три ступені, що цілком здійснено сучасними електронними схемами інверторів напруги [4-6].

Таким чином, можна зробити наступний висновок: запропоновано концепцію комплексної модернізації електромеханічної системи САУ, яка є перспективною і потребує подальших науково-обґрунтованих досліджень і рішень.

#### Список використаних джерел

1. Будова та експлуатація 152-мм самохідної гаубиці 2С3М: Навчальний посібник / О. М. Дробан, Б. С. Федор, П. М. Євдокімов та інші. – Львів: АСВ, 2012.
2. Чучмай, В. І. 152-мм самохідна гаубиця 2С3М. Будова і основи експлуатації артилерійської частини. Навчальний посібник / В. І. Чучмай, М. В. Рой. – Суми: ВІА, 2003.
3. Дерев'янчук, А. Й. Основи будови артилерійських гармат. Прилади наведення артилерійських гармат: Навчальний посібник / А. Й. Дерев'янчук. – Суми: ВІА, 2001.
4. Волянська, Я. Б., Обнявко, Т. С., Волянський, С. А., Онищенко, О. А. Методика підтримки прийняття «компромісних рішень» при синтезі складних систем різного призначення // Управління проектами та розвиток виробництва: Зб. наук. пр. – 2018. – № 3(67). – С. 5-15.
5. Волянський, С. М., Волянська, Я. Б. Моделювання електромеханічних систем: навчальний посібник / За ред. проф. О. А. Онищенка. – 2018. – 236 с. – Миколаїв: Іліон. ISBN 978-617-534-483-5
6. Yana Volyanskaya, Sergey Volyanskiy, Oleg Onishchenko, Stanislav Nykul. Analysis of possibilities for improving energy indicators of induction electric motors for propulsion complexes // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies (Scopus). 2018. Том 2. – № 8 (92). – С. 25-32.  
<https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.126144>

**Науковий керівник:** Онищенко О.А., д.т.н., проф., Військова академія (м. Одеса), Україна.

УДК 623.419

Гайвук Г.А., курсант  
Військова академія (м. Одеса), Україна

## АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ЗЕНІТНО–РАКЕТНИХ КОМПЛЕКСІВ ТА ПЕРСПЕКТИВНІ ШЛЯХИ ЇХНЬОГО РОЗВИТКУ

*Пропонується проведення аналізу сучасного стану зенітно–ракетних комплексів та перспективні шляхи їхнього розвитку.*

**Ключові слова:** зенітно–ракетний комплекс, пускова установка, електропривод.

**Постановка проблеми.** Розширення номенклатури засобів повітряного нападу (ЗПН), постійно зростаючі можливості, кількісний склад та розвиток способів їх застосування зумовлюють швидке зростання вимог до засобів протиповітряної оборони. Досвід локальних війн і збройних конфліктів останніх десятиліть свідчить про те, що зенітні ракетні комплекси (ЗРК) є основними засобами протиповітряної оборони, які значною мірою визначають результат бойових дій з прикриття важливих державних об'єктів та військ.

Тактико-технічні характеристики (ТТХ) існуючого ЗРО не у повній мірі задовольняють сучасним вимогам щодо дальності ураження повітряних цілей, маневреності та надійності. Найбільш гострою проблемою є фізичне та моральне старіння парку ЗРО, що ставить під загрозу здатність Збройних Сил України забезпечити надійну протиповітряну оборону.

**Мета статті:** Метою цієї роботи є аналіз сучасного стану зенітного ракетного озброєння Збройних Сил України, формулювання пропозицій щодо забезпечення потрібного рівня боєготовного стану ЗРО у середньостроковій перспективі та основних напрямків його розвитку у довгостроковій перспективі.

Об'єктом досліджень є процес сучасного стану застосування та проблем удосконалення зенітно-ракетних комплексів.

Предметом досліджень є удосконалення пускової установки зенітно-ракетних комплексів.

Важливим прикладним завданням, на вирішення якого спрямована робота, є поліпшення тактико-технічних можливостей систем наведення зенітного ракетного комплексу.

Важливим науковим завданням, на вирішення якого спрямована робота, є обґрунтування шляхів удосконалення апаратних та програмно-алгоритмічних засобів керування пусковою установкою зенітного ракетного комплексу

**Виклад основного матеріалу.** На теперішній час Збройних Сил України експлуатується ЗРО наступних типів: зенітні ракетні системи (ЗРС) С-300ПТ, С-300ПС та ЗРК «Бук-М1», ЗРК 9К35 «Стріла-10», ЗРК 9К330 «Тор», зенітний гармато-ракетний комплекс 2К22 «Тунгуска», ЗРК С-125. Всі ці зразки ЗРО експлуатуються в планово попереджувальній системі експлуатації. Календарна тривалість експлуатації зразків складає від 25 до 31 років. На теперішній час середнім ремонтом відремонтовані близько 65% ЗРК С-300П, 20% ЗРК «Бук-М1» та окремі вироби зі складу цих ЗРК. Проблемним питанням є забезпечення експлуатації та ремонту ЗРО необхідною кількістю запасних частин, особливо таких, що не вироблялися підприємствами України.

Розробка та виробництво гостродефіцитних комплектуючих виробів в якості запасних частин для забезпечення експлуатації ЗРК підприємствами України знаходиться на початковій стадії.

На цей час для підтримання у боєздатному стані бойових засобів ЗРК С300ПС (ПТ) проведені роботи щодо заміни ряду надвисокочастотних приладів, елементної бази запам'ятовуючих пристроїв та інших комплектуючих виробів ЗРК.

При цьому слід врахувати те, що цикл розробки та постановки на серійне виробництво потрібної продуктивності для окремих комплектуючих виробів може скласти 2-3 роки. Це призводить до того, що значна частина ЗРК знаходяться у обмежено боєздатному стані через відсутність необхідних запасних частин в комплектах ЗП-1,2 для забезпечення експлуатації, зокрема поточного ремонту, а також ЗП-Р для забезпечення заводських ремонтів.



Виходячи із зазначеного, у найближчій перспективі ремонт та подальша експлуатація ЗРК можливі тільки у разі своєчасного виконання робіт з розробки та постановки на виробництво комплектуючих виробів вітчизняного виробництва.

Таким чином, для підтримання ЗРО у боєздатному стані у першу чергу необхідна розробка та постановка на виробництво підприємствами промисловості України гостродефіцитних запасних частин та комплектуючих виробів. Для забезпечення подальшої експлуатації відремонтованих ЗРК з мінімальними затратами доцільне переведення наземних бойових засобів ЗРК на експлуатацію за технічним станом (ЕТС) з впровадженням сервісного методу технічного обслуговування і ремонту (ТОіР).

Це дозволить експлуатувати ЗРК до досягнення ним граничного терміну служби без проведення заводських ремонтів у разі відповідного забезпечення такої експлуатації необхідним ЗІП.

Найбільш раціональними варіантами вирішення завдання відновлення та підтримання боєздатного стану парку ЗРК є проведення заводського середнього ремонту з продуктивністю ремонтного виробництва 3 і більше ЗРК на рік з наступним переведенням їх на ЕТС та освоєнням сервісних методів ТОіР;

Реалізація наданих рекомендацій дозволить забезпечити потрібний рівень боєздатного стану основних зразків ЗРК (ЗРС) парку ЗРО Збройних Сил України у середньостроковій перспективі.

Зміна геополітичної обстановки у світі, посилення реальних і потенційних погроз національній безпеці вимагає рішучих кроків державних структур щодо створення умов для розробки і виробництва в Україні власних зразків ЗРО, здатних вести боротьбу з перспективними ЗПН у всьому діапазоні висот і швидкостей їх бойового застосування в умовах інтенсивної радіоелектронно–вогневої протидії противника.

Прогнозна оцінка зміни кількісного складу ЗРО ЗС України (навіть з урахуванням проведення ремонтів) свідчить, що у довгостроковій перспективі через досягнення граничного терміну служби більшою частиною ЗРК кількість їх у бойовому складі буде скорочуватися, починаючи з 2025 року.

Для оновлення ЗРО у довгостроковій перспективі необхідне доукомплектування парку ЗРК сучасними зразками вітчизняної розробки та виробництва або закупівля сучасних зарубіжних ЗРК. Слід зазначити, що закупівля певної кількості ЗРО за кордоном не дозволить кардинально вирішити проблему переозброєння Збройних Сил України, оскільки закордонні ЗРК мають високу вартість, а ринок ЗРО є надто фрагментований за політичною ознакою.

Тому основним шляхом переозброєння Збройних Сил України сучасним ЗРО на тривалу перспективу слід вважати розробку і виробництво перспективних ЗРК (ЗРС) підприємствами «Укроборонпрома» із залученням, за необхідністю, закордонних партнерів України.

Розвиток ОВТ ЗРВ забезпечується шляхом системного і поетапного вирішення наступних основних завдань:

- визначення ролі і місця існуючих і перспективних зенітних ракетних комплексів (систем) в вирішенні завдань протиповітряної оборони в прогнозованих умовах ведення бойових дій;
- оцінка внеску конкретного комплексу (системи) ОВТ зенітних ракетних військ або окремої групи комплексів (систем) в ефективність загальної системи ОВТ зенітних ракетних військ;
- обґрунтування вигляду і оперативної–тактичних вимог (ОТВ) до перспективної системи ЗРО Збройних Сил України, її вогневої, інформаційно–розвідувальної та командно–управляючої підсистем;
- створення науково–технічного заділу, заснованого на останніх досягненнях науково–технічного прогресу та спрямованого на модернізацію існуючих і розробку перспективних зразків (комплексів, систем) ЗРО.

Для забезпечення подальшого розвитку ОВТ зенітних ракетних військ на період до 2025 року у програмі розвитку ОВТ зенітних ракетних військ пропонується передбачити виконання таких робіт:

- уточнення концепції розвитку системи ЗРО Збройних Сил України на основі досвіду гібридних війн сучасності і тенденцій розвитку ЗПН у передових країнах світу;
- виконання НДР за напрямками:

а) обґрунтування вимог і розробка пропозиції щодо закупівлі, приймання на озброєння і бойового застосування в існуючій системі управління і технічної експлуатації ЗРК іноземного виробництва;

б) обґрунтування раціональних способів боротьби з малорозмірними безпілотними повітряними цілями;

– виконання ДКР за напрямами:

а) розробка мобільної багатофункціональної РЛС виявлення і супроводження цілей і ракет на базі активної фазованої антенної решітки (ФАР);

б) розробка ЗРК малої дальності для ураження крилатих ракет, безпілотних літальних апаратів, засобів високоточної зброї, літаків тактичної авіації і вертольотів на дальностях до 20 км і на висотах до 10 км;

– приймання на озброєння, постачання у війська і введення в експлуатацію сучасних багатоканальних мобільних ЗРК середньої (великої) дальності з поступовим виводом з бойового складу Сил України ЗРК С–300ПТ і «Бук–М1», що досягли граничних термінів служби.

Для реалізації цих заходів необхідно:

– у терміновому порядку створити спеціалізовані конструкторські бюро з розробки ЗРК малої, середньої і великої дальності, ЗКР до них, командно–управляючих засобів, спеціалізованих багатофункціональних РЛС на базі пасивних і активних ФАР та інших складових частин і елементів, розгорнути роботи із створення необхідних технологій, дослідних виробництв і випробувальної бази;

– відновити або розгорнути необхідні виробничі потужності в сфері високотехнологічної електроніки, приладів надвисокої частоти, нових порохів, ракетних палив і вибухових речовин, спеціальних матеріалів для ракет і пускових установок;

– забезпечити ефективне використання і нарощування науково–технічного заділу в області «проривних» технологій з метою прискорення розробки перспективних зразків ЗРО, що дозволяють створити нову матеріальну базу для подальшого переозброєння Повітряних Сил Збройних Сил України;

– забезпечити створення випробувального полігонного комплексу, оснащеного сучасними засобами вимірювань та випробувань; – забезпечити подальший розвиток системи військового ремонту, експлуатації і відновлення ЗРО з залученням підприємств промисловості;

– забезпечити прозорість розподілу і витрачання матеріальних і фінансових ресурсів по роках планованого періоду на підтримку в боєздатному стані і модернізацію існуючого ЗРО, розробку і виробництво перспективних зразків ЗРО та їх складових частин.

**Висновок.** Проведений аналіз джерел інформації про сучасні ЗРК свідчить про актуальність напрямків подальшого удосконалення пускової установки цих комплексів. Особлива увага дослідження приділена часу реакції ЗРК, значення якого у сучасних зразках ЗРК не перевищує декілька секунд. Цього часу повинно бути достатньо для переносу вогню на раптово виникаючі цілі та їх обстрілу. Теж саме стосується цілей, що діють під прикриттям організованих радіоперешкод, або здійснюють напад на понад малих висотах, чи виконують складний маневр із раптовим заходом до зони ураження ЗРК.

### Список використаних джерел

1. Карпенко Д.В. Основні проблеми і напрямки розвитку зенітного ракетного озброєння в Україні на довгострокову перспективу // Новітні технології для захисту повітряного простору: XIII наукова конференція ХУПС, 08-09 квітня 2015 рік: тези доповідей. – Х., 2015.–С.108.

2. Гриб Д.А. Концептуальні підходи до розвитку та підтриманню у бойовому стані зенітного ракетного озброєння ПС ЗСУ на період до 2025 року // Збірник наукових праць ХУПС. – Х.: ХУПС, 2010. – №15.–С. 20-36.

**Науковий керівник:** Трушков Г.В., к.т.н., Військова академія (м. Одеса), Україна.

УДК 623.451

Гарагуля В.В.,

Булгаков Р.В.

*Військова академія (м. Одеса), Україна*

## ШЛЯХИ РОЗВИТКУ ЗАСОБІВ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ АРТИЛЕРІЙСЬКОГО ОЗБРОЄННЯ

*У статті наведено аналіз основних тенденцій розвитку артилерійського озброєння з точки зору підвищення ефективності використання артилерійських боєприпасів шляхом впровадження новітніх технологічних рішень у засоби корекції траєкторії. Одним з перспективних шляхів підвищення точності влучення при стрільбі на значну дальність є корекція траєкторії снаряда. Такий маневр може відбуватися або за допомогою першого пристрілочного снаряду, який є джерелом інформації про відхилення від еталонної траєкторії або за допомогою корекції кожного снаряду у польоті, безпосередньо на траєкторії. Другий шлях диференціює розгалуження на більш бюджетний варіант застосування інтелектуальних підричників, за допомогою яких відбувається корекція траєкторії польоту снаряда за дальністю, а також більш технологічний та, відповідно, більш затратний варіант корекції за дальністю і за напрямком. Наведено сильні та слабкі сторони перелічених варіантів високоточних артилерійських боєприпасів.*

**Ключові слова:** артилерія, снаряди, GPS, радіонавігаційні системи.

**Постановка проблеми.** Завдання, які поставлені перед військами у ході сучасного збройного конфлікту вимагають застосування високоточних засобів сучасної збройної боротьби для проведення операцій, які вимагають в певному сенсі «хірургічної» точності, а саме: знищення командних та опорних пунктів, руйнування мостів та переправ, знищення вузлів зв'язку, колон, що рухаються, і навіть поодиноких бліндажів та укриттів [1]. Ситуація ускладнюється тим, що НЗФ мають високі мобілізаційні можливості, маневреність, чітку систему управління у зоні бойових дій, також, у більшості випадків, у ході сучасних бойових дій основні зіткнення відбуваються в обмежених умовах, тобто в населених пунктах, урбанізованій місцевості, що виключають можливість потужного вогневого ураження наявними артилерійськими засобами, адже є висока імовірність ураження небажаних цілей, тобто цивільного населення, будівель та споруд, об'єктів інфраструктури.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Досвід проведення бойових дій в зоні проведення ООС (АТО), сучасних військових конфліктів (Ірак, Сирія) засвідчує актуальність [2,7] застосування високоточної зброї, а саме високоточних артилерійських боєприпасів, для точкового впливу на противника. Велика витрата некерованих снарядів у цьому випадку веде до великих економічних витрат, що значно перевищують витрати при використанні керованих артилерійських снарядів [3,5]. Зважаючи на це, в умовах ведення сучасних бойових дій, є доцільним розвивати напрямок високоточного артилерійського озброєння.

**Метою статті** є розробка системи поглядів на шляхи підвищення ефективності застосування артилерійського озброєння із застосуванням сучасних науково-технічних досягнень в галузі корекції артилерійських боєприпасів, що буде корисним при розробленні тактико-технічних вимог до перспективних високоточних артилерійських боєприпасів. Актуальність даного питання для Збройних Сил України, в умовах тривалого збройного конфлікту, без перебільшення значна.

**Виклад основного матеріалу.** Одним з перспективних напрямів підвищення точності влучення звичайних осколково-фугасних боєприпасів при стрільбі на значну дальність у арміях провідних країн світу вважають корекцію траєкторії снаряда [8]. Концепція створення боєприпасів даного типу включає два шляхи:

- застосування пристрілювального снаряду;
- застосування пристроїв корекції снаряда на траєкторії по дальності та по напрямку.

У всіх випадках команди управління зміною траєкторії польоту снаряда формуються при використанні сигналів від космічної радіонавігаційної системи (КРНС). Дана система забезпечує визначення реальних координат снаряда, які порівнюються з обчисленими перед пострілом параметрами траєкторії.

**Перший шлях.** Оборонно-промисловий комплекс (ОПК) Ізраїлю розробляє компактну систему корекції вогню, що використовує спеціальний пристрілювальний снаряд, оснащений приймачем системи GPS і каналом зв'язку для визначення координат снаряда на траєкторії і передачі їх на наземну станцію. Наземна станція визначає траєкторію польоту пристрілювального снаряда, порівнює її з розрахунковою траєкторією польоту до цілі і розраховує поправки вертикального і горизонтального кутів прицілювання, які необхідно ввести для стрільби бойовими снарядами.

Недоліками цього напрямку є:

- виключення раптовості артилерійського обстрілу;
- виключення можливості швидкого перенесення вогню на іншу ціль, яка знаходиться у віддаленому районі без попередньої пристрілки.

**Другий шлях.** Корекція траєкторії передбачає оснащення звичайних артилерійських снарядів, стабілізованих обертанням, «інтелектуальними» підриивниками. Даний пристрій об'єднує в собі функції не тільки ініціювання підрииву бойової частини, але і корекцію траєкторії польоту снаряда або тільки за дальністю або і за дальністю й за напрямком [1].

На озброєння армії США на початку 2000-х років було прийнято комплект точного наведення снаряду «XM1156 PGK» (PROJECTILE GUIDANCE KIT) (рис.1), який являє собою багатофункціональний підриивник, що застосовується на стандартних 105, 155 мм осколково-фугасних снарядах. Цей підриивник містить GPS-приймач та невеликі закритки, функція яких – точне наведення на ціль. Перші версії PGK забезпечували точність влучання в межах 50 м від точки прицілювання. Усі необхідні дані (координати артилерійської системи та цілі, інформація про траєкторію польоту тощо) вводяться в PGK через кожух за допомогою індуктивного встановлювача підриивника EPIAFS.

Під час руху траєкторією система PGK отримує сигнал GPS, обробляє, виробляє командні сигнали на органи керування та проводиться наведення. Політ снаряду коригується за рахунок уповільнення обертання управляючих рульових поверхонь. За сигналами управління з блоку наведення носові рулі обертаються таким чином, щоб орієнтувати вектор підйомної сили та прискорити або уповільнити падіння снаряду.

У разі відхилення більше ніж 150 м від точки прицілювання, система XM1156 автоматично вимикається і снаряд не детонує, що в подальшому, враховуючи досвід проведення ООС (АТО), значно зменшує втрати цивільного населення та руйнування об'єктів інфраструктури під час ведення стрільби в населеному пункті.

Перша версія PGK була модернізована та станом на 2012 рік забезпечувала точність в 32 м. Найбільш сучасна версія має точність на рівні 12 м. Надійність PGK складає 94%. Крім того, вартість підриивника у



Рис. 1 – Комплект точного наведення снаряду XM1156 PGK (США)

порівнянні з сучасним високоточним снарядом – в декілька разів нижча [2].

Великобританія розробила комплект наведення «SILVER BULLET» для 155-мм боєприпасів. Він, як і PGK, встановлюється у снаряді на місце підриивника (рис.1).

Після проведення пострілу діє блок наведення комплекту «SILVER BULLET», головна частина стабілізується і активується GPS навігація, за допомогою якої здійснюється коригування траєкторії польоту снаряду до цілі. Заявлене розробником кругове ймовірнісне відхилення (КЙВ) комплекту наведення «SILVER BULLET» менше 20 м.

Російська Федерація встановила на озброєння нову систему наведення для артилерійських боєприпасів, що використовує сигнали супутникової навігаційних систем ГЛОНАСС та GPS – виріб БНА-1Д (рис. 2). Він призначений для вирішення в реальному масштабі часу кінематичних параметрів траєкторії: місцеположення, складових вектора швидкості, поточного часу на борту артилерійських снарядів, снарядів РСЗВ, артилерійських мін, ракет різного призначення за сигналами КРНС ГЛОНАСС та GPS. Перевагою виробу БНА-1Д є забезпечення визначення поточних навігаційних параметрів як стабілізованих, так і обертових по крену боєприпасів.

Таким чином, у провідних, з воєнної точки зору, країн чітко проглядається тенденція корекції боєприпасів за допомогою сигналів супутникової навігаційної системи, на відміну від раніше відомих боєприпасів з лазерними напівактивними системами наведення типу «Краснополь», «Грань», «Китолов», «Сантиметр» і «Смельчак» [3].



**Рис. 2 – Комплект наведення «SILVER BULLET» (Великобританія)**



**Рис. 3 – Виріб БНА-1Д (Російська Федерація)**

Найбільш загальний випадок – корекція тільки по дальності, так як при стрільбі на великі дальності саме промах по дальності – найбільша компонента загального промаху. Зазначена ціль досягається зміною лобового опору за рахунок оснащення підривника зі змінною геометрією аеродинамічними гальмами, що розкриваються в польоті. Це призводить до ускладнення пристрою і, відповідно, підвищення вартості підривника, але кінцевим результатом цього рішення є зростання ефективності ураження цілі, зменшення витрати боєприпасів і скорочення супутніх руйнувань.

Прикладами можуть бути розробки ОПК Франції – «інтелектуальний» детонатор «SAMPRASS» до 155-мм касетних снарядів OGRE. У них підривники оснащені бортовим приймачем GPS, визначають точні координати снаряда і передають в потрібний момент часу на борт команду на розкриття аеродинамічного гальма для компенсації промаху по дальності. Крім того, фірмою «GIAT» розроблено детонатор «SPACIDO» (рис. 4), що приймає сигнали на розкриття балістичного гальма не від GPS, а від наземної станції [1].



**Рис. 4. Підривник з системою корекції траєкторії «SPACIDO» (Франція)**



**Рис. 5. 120-мм міна «Fireball» LGMV (Ізраїль)**

Принцип дії снаряда з системою корекції траєкторії польоту «SPACIDO» складається в порівнянні реальної траєкторії із запланованою. Система сумісна з усіма 155-мм боеприпасами, як вже перебувають на озброєнні, так і знаходяться на стадії розробки. Очікуване збільшення точності дозволить підвищити коефіцієнт ефективності стрільби на великі дальності в чотири рази.

Знову ж таки Ізраїль представив своє рішення щодо підвищення точності влучання боеприпасів – «TOPGUN». Це підричник із функціями навігації й корегування, який можна встановлювати в усі звичайні 155-мм снаряди. Як повідомляється, снаряди із системою «TOPGUN» мають максимальне КІВ усього 20 метрів на дальності до 40 км. Крім того, Ізраїль поставляє GM81 – це 81-мм керований за GPS сигналом мінометний снаряд для сухопутних військ із КІВ менш 10 метрів.

Також, розроблено керовану 120-мм міну «FIREBALL» LGMB з дальністю стрільби до 15 км (рис. 5). Вона оснащена лазерною головкою самонаведення і GPS приймачем. Бойова частина багатофункціональна, з різною установкою підричника: на осколкову дію по найбільш вразливих цілях; ударне – по броньованим і проникаюче – по бункерах і цілям всередині будівель. КІВ, згідно з даними розробників, становить 1 м і менше при стрільбі по стаціонарним і рухомих цілях.

Зважаючи на наведене вище, враховуючи всі сучасні загрози, назріла нагальна необхідність впровадження в вітчизняні артилерійські комплекси високоточної зброї останніх досягнень мікроелектронної техніки та ІТ – технологій з подальшим створення в Україні «інтелектуальних» високоточних боеприпасів останніх поколінь, що реалізують принцип «вистрілив-забув-вразив» із застосуванням супутникової навігації.

В даній статті розглянемо РГК – технологію, що застосовується для зменшення величини КІВ від точки прицілювання у звичайних ОФ боеприпасах, оскільки розробка і впровадження її, враховуючи відношення «ефективність/вартість», виглядає най більш доцільною.

Виходячи з аналізу вимог до точності, що повинні забезпечувати вищевказані системи, повинна виконуватись вимога:

$$E_{KIB} = \frac{1,1774 * R}{\sqrt{-2 * \ln(1 - P_1)}} \leq 10 \dots 30 \text{ м}, \quad [1]$$

де  $P_1$  – ймовірність влучення в ціль при одному пострілі:

$$P_1 = 1 - (1 + p^2 * r^2) * e^{-p^2 r^2},$$

$$r = \sqrt{\frac{2}{\pi p^2} * \frac{S_\mu * \tau(l_x, l_z)}{E_d * E_n}},$$

$$S_\mu = 2l_x * 2l_z,$$

$$R = \sqrt{\frac{S_\mu}{\pi}},$$

де  $\tau(l_x, l_z)$  – функція, яка залежить від зведених розмірів цілі;

$S_\mu$  – приведена площа цілі;

$l_x, l_z$  – приведені напіврозміри цілі у напрямку координатних осей;

$E_d, E_n$  – серединні відхилення за дальністю та напрямом;

$p = 0,477$  – коефіцієнт пропорційності серединної та середньоквадратичної помилок.

РГК – технологія заснована на корекції траєкторії руху боеприпаса із застосуванням сигналу GPS; в роботі застосовують дані загальної системи управління вогнем артилерії AFATDS (США) (сучасна тактична система польової артилерії). Щодо елементної бази – реалізація функції системи шляхом інтегрування мікроелектромеханічних систем (МЕМС).

На рисунку 6 зображено послідовність роботи даного типу підричника.

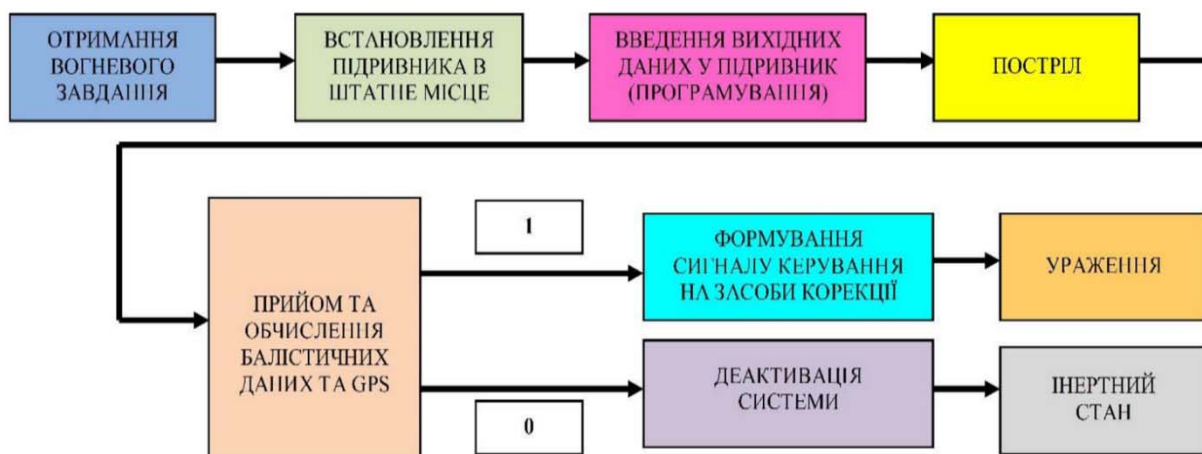


Рис. 6 – Послідовність роботи багатофункціонального підричника з GPS-корекцією

Приблизно після 30% польотного часу підричник переходить у активний стан, визначає координати снаряду, а також розраховує кінцеву точку прильоту. Якщо вона відрізняється від запрограмованої, включаються управляючі рульові поверхні і снаряд корегує свою траєкторію.

Програмування даного типу підричника перед пострілом проводиться за допомогою індуктивного встановлювача-програмактора підричників Enhanced Portable Inductive Artillery Fuze Setter (EPIAFS) [7], що зображено на рисунку 7.



Рис. 7 – Обладнання для налаштування установок підричника та синхронізації з системою управління вогнем

Орієнтовна вартість комплексу підричника даного типу разом з обладнанням налаштування складає близько 8 тисяч доларів США, що в порівнянні з вартістю 155 мм «XM982 EXCALIBUR» майже у 8 разів менше [7].

Як видно з вищесказаного, засоби корегування із застосуванням сигналу GPS мають відносно невелику вартість у порівнянні зі сучасними артилерійськими зразками високоточної зброї, при цьому характеристики КІВ можуть задовольнити вимоги до точності ураження цілі. На відміну від снарядів з лазерною напівактивною системою наведення зазначені підричники не потребують лазерного підсвічування цілі, що розширює діапазон умов їх застосування.

Керовані боеприпаси з напівактивною головкою самонаведення можливо застосовувати лише по об'єктах, що можна спостерігати в умовах задовільного бачення (хмарність – не нижче 300 м, швидкість вітру – не більше 15 м/с, відсутність конвекційних потоків повітря в регіонах з жарким кліматом, відсутність пилових і димових завад і туману).

**Висновки.** Завдання артилерійських підрозділів у сучасних військових конфліктах мають широкий спектр: цілі – різноманітні за розмірами, ступенем захищеності, дальністю та «вартістю», тобто співвідношенням вартості боєприпасів до оперативної важливості цілі, а також за необхідними ступенем їх ураження, як то – придушення, ураження, знищення. Для забезпечення виконання цих задач з урахуванням обмеженого ресурсу та потреби у економії боєприпасів, необхідне забезпечення дієвим, багатофункціональним інструментарієм у вигляді високоточних боєприпасів або звичайних боєприпасів із засобами підвищення точності. Перевага, з економічної точки зору, звісно ж, на боці більш «гнучких» засобів, що дозволяють за рахунок додаткового пристосування значно підвищувати точність наявних звичайних артилерійських боєприпасів.

Таким чином, дослідження можливостей реалізації напрямку підвищення точності стрільби артилерії вітчизняними артилерійськими боєприпасами шляхом розробки та виробництва багатофункціонального підричника, зважаючи на наведені тенденції, є актуальними.

### Список використаних джерел

1. Запорожец В. И., Руссков В. Ф., Ладный С. Д., Иванов В. И. Высокоточные боеприпасы. Основы устройства и проектирования. Институт систем вооружения, СанктПетербург, 2008г.
2. <http://www.strategypage.com/htm/htart/articles/20140730.aspx/Artillery>: Accuracy And Reliability Beat Price
3. Управляемые снаряды с системой навигации ГЛОНАСС. URL: <http://nevskii Bastion.ru/us-glonass/BTC> «Невский Бастион» А.В.Карпенко;
4. Чубасов В. А., Стрюков Е. И., Алексеев И. А., Волков А.И. Использование боеприпасов. Высокоточные боеприпасы. Санкт-Петербург, 2008, С.65.
5. Мерзляков В. Артиллерийские боеприпасы следующего поколения 26.12.2012 р. // [info@army-guide.com](mailto:info@army-guide.com);
6. XM1156 Precision Guidance Kit (PGK) Overview for 2010 Fuze Conference 12-13 May 2010 // Peter J. Burke, Deputy Product Manager, Mortar Systems; Anthony Pergolizzi, Army Fuze Management Office;
7. <http://www.defense.gov/News/Contracts/Contract-View/Article/855424>.
8. М. В. Дорофеев, В. М. Семенов. Анализ методов та систем наведения сучасних артилерійських боєприпасів // Збірник наукових праць Центру військово-стратегічних досліджень НУОУ імені І. Черняхівського. К. – №1(65) 2019. С. 98-103.



УДК 623.419

Гузенко Д.О., магістрант  
Військова академія (м. Одеса), Україна

## АВТОМАТИЗАЦІЯ ПОШУКУ НЕСПРАВНОСТЕЙ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОГО ПРИВОДУ РСЗВ НА ОСНОВІ КОМП'ЮТЕРНИХ МОДЕЛЕЙ

*Пропонується та обґрунтовується підхід до удосконалення процесів локалізації несправних елементів електромеханічних систем на прикладі реактивної системи залпового вогню. Підхід ґрунтується на створенні комп'ютерної моделі електромеханічного приводу. В процесі створення моделі передбачається можливість критичної зміни параметрів її елементів, тобто імітування несправностей та дослідження їх зовнішніх проявів. Аналіз зовнішніх ознак введених в електронну модель несправностей може служити базою для створення карти відмов та сприяти більш ефективному процесу відновлення працездатності електромеханічного приводу.*

**Ключові слова:** математична модель, діагностика, електромеханічні системи, реактивна система залпового вогню

**Постановка проблеми.** Реактивні системи залпового вогню (РСЗВ) оснащені електромеханічними приводами (ЕМП) вертикального та горизонтального наведення пакету направляючих до складу яких входять органи керування, підсилення та виконавчий пристрій, в якості якого застосовується двигун постійного струму. Найбільш важливим і складним етапом процесу ремонту таких систем є етап виявлення несправностей та локалізація несправних елементів.

Система виявлення несправностей повинна бути мобільною, ефективною багатофункціональною та забезпечувати можливість оперативного втручання з метою відновлення працездатності електромеханічного приводу.

**Актуальність проблеми.** Розробка алгоритмічного та програмно-апаратного забезпечення засобів контролю та оцінки стану електромеханічних систем відповідального призначення є важливим науково-прикладним завданням, яке дозволить покращити технічне обслуговування та зменшити час на ремонт РСЗВ, тому тема статті є актуальною.

**Мета статті.** Електромеханічні системи РСЗВ за своїм типом належать до систем автоматичного керування. методам дослідження яких присвячено широке коло праць [1,2,5]. Експлуатація таких систем [1] за технічним станом в поточний час здійснюється на основі стратегії управління їх життєвим циклом [3,5], та передбачає створення ефективної системи відновлення. Складовою частиною такої системи є система аналізу та пошуку несправностей.

Метою роботи є створення системи діагностування електрообладнання (РСЗВ) на основі комп'ютерного моделювання аварійних режимів роботи. Запропонований в роботі програмний комплекс дозволяє оперативно дослідити вплив відмов різноманітних елементів приводу наведення пакету направляючих на характер змін основних вихідних параметрів роботи приводу та оперативно виявити їх відхилення від нормативних значень.

Об'єктом дослідження є процеси, які відбуваються в електромеханічному приводі реактивної системи залпового вогню та їх математичні моделі.

**Виклад основного матеріалу.** Електромеханічний привод РСЗВ БМ-21 являє собою динамічну систему, яка керує переміщенням об'єкта регулювання – пакету направляючих. У загальному випадку електромеханічний привід БМ-21 має в своєму складі наступні елементи: задавальний пристрій (ЗП), підсилюючий пристрій в складі вібраційного та електромашинного підсилювача ЭМУ-12ПМ, виконавчий двигун (ВД) МИ-22М, механічна передача (редуктор) (МП), об'єкт регулювання (ОР), елементи зворотного зв'язку (ЕЗЗ), джерело енергії (ДЕ).

Дана система електропривода дозволяє здійснювати регулювання швидкості наведення з кратністю регулювання, приблизно рівної 200 (Рис.1).

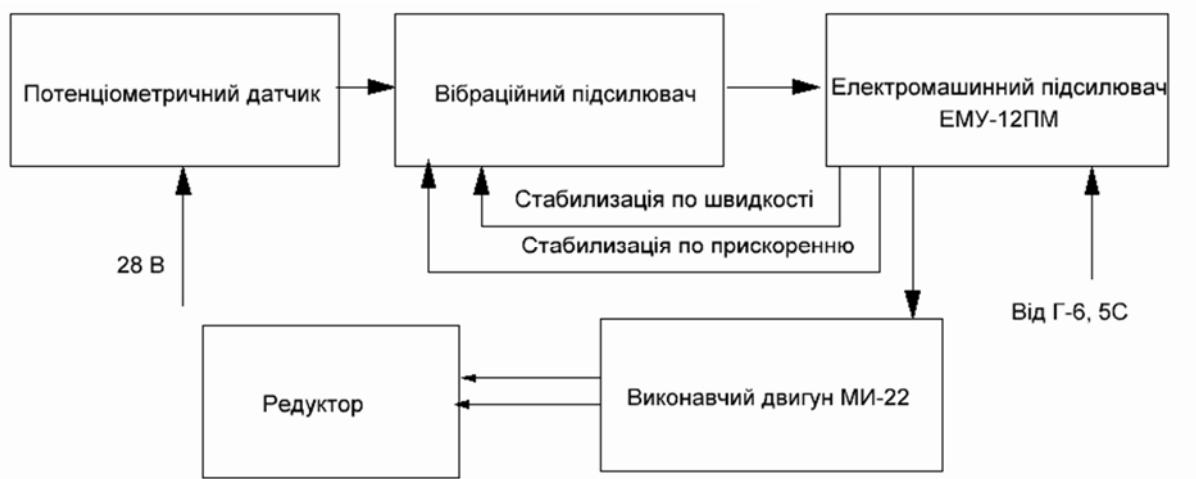


Рис. 1 – Структурна схема електромеханічного приводу РСЗВ.

При створенні системи діагностування несправностей слід враховувати основні концепції, а саме: система діагностування не повинна наносити шкоди досліджуваному пристрою; система повинна приводити до прогнозованого результату; висунення гіпотези про справність або несправність блоку, елементу і ін.;

підтвердження або спростування висунутої гіпотези і, як наслідок, локалізації несправності.

В основу системи діагностування пропонується покласти SPS модель електромеханічного приводу (Рис. 2).

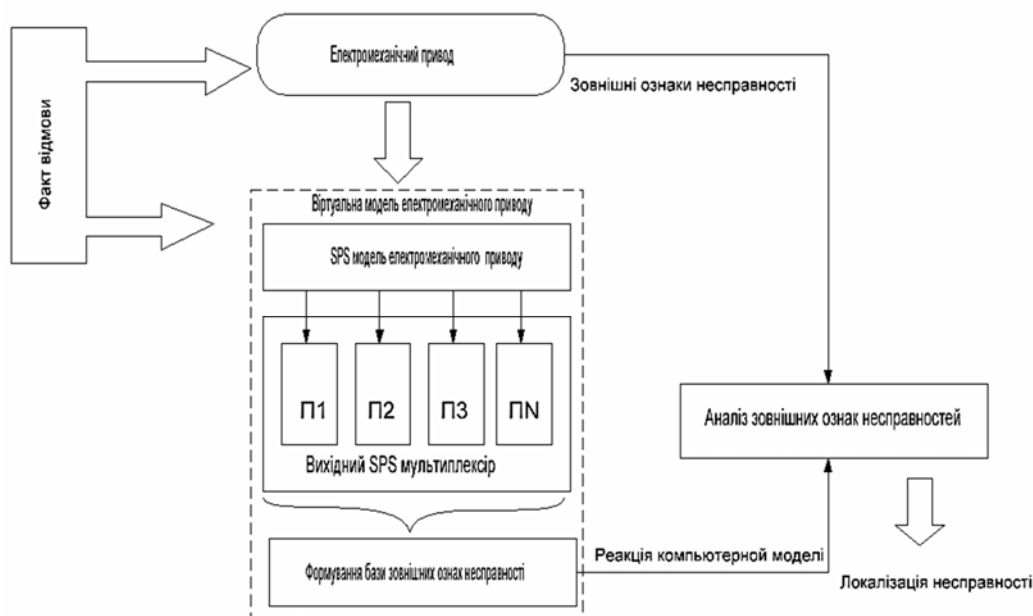


Рис. 2 – Система діагностування електромеханічного приводу РСЗВ.

Несправності електромеханічного приводу моделюються шляхом введення відповідних параметрів в SPS моделі її складових елементів.

Моделювання роботи приводу проведено в інтерактивному середовищі MATLAB. Проведене моделювання дозволяє оцінити роботу системи електроприводу не лише у штатному режимі, але і в аварійних режимах та на підставі отриманої інформації, своєчасно виявити можливість відмови, зробити обґрунтовані рішення щодо її запобігання.

Основою побудови інформаційної технології моделювання несправностей є структурно-орієнтований підхід [2,7] до застосування відповідних математичних моделей окремих складових електрообладнання, що адекватно відображають зміну їх стану. В структурі схеми моделювання їм відповідають окремі програмні блоки з різних бібліотек інтерактивного середовища моделювання.

В роботі проведено моделювання роботи приводу, для чого в середовищі MATLAB створена SPS модель, системи управління (Рис. 3) та виконавчої частини (Рис 4) електромеханічного приводу. Електронна модель приводу, складається з наступних основних частин: блок введення керуючої напруги), вібраційний підсилювач, електромашинний, електричний двигун (DC Machine), редуктор (integrator).

SPS система управління приводом виконана в середовище Матлаб, в якій пристрій, що задає, представлений сукупністю Simulink блоків Sum, Relay, emu2, emu1 на рис 1. Блок Relay призначений для імітації вібраційного підсилювача, дві аперіодичних ланки (блоки emu1, Emu2) імітують роботу електромашинного підсилювача МІ-12 ПМ [6].

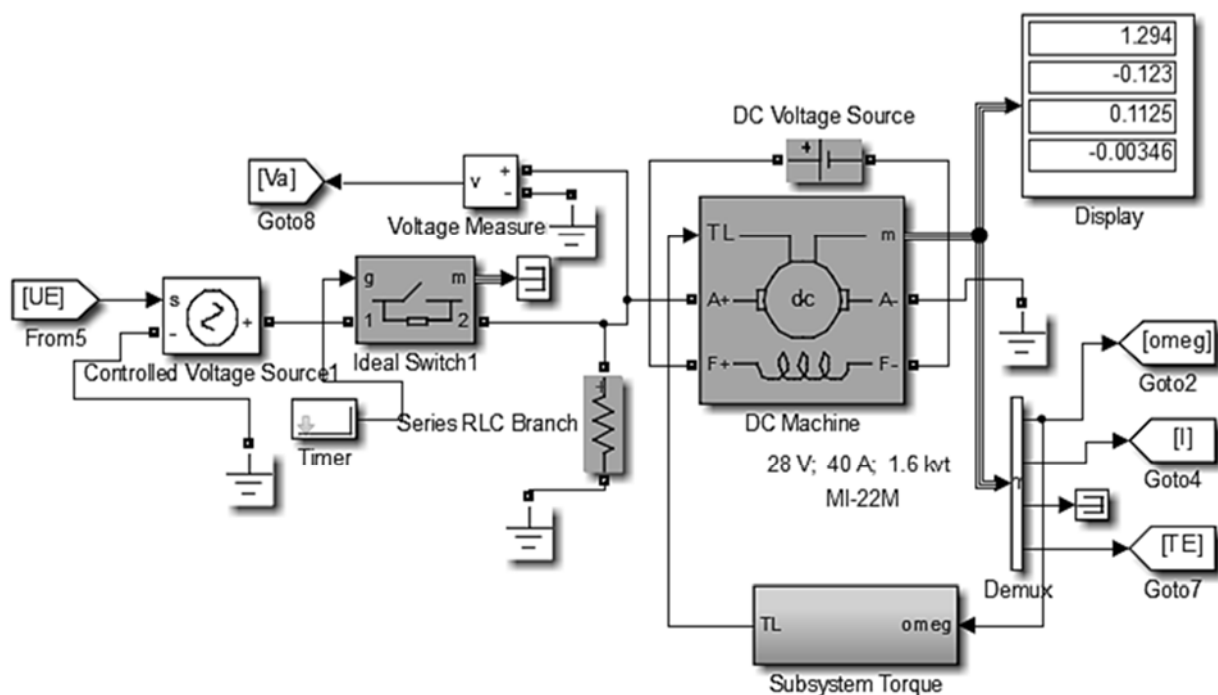


Рис. 3 – SPS модель системи управління приводом.

Вихідна напруга UE подається на обмотку управління електронної моделі двигуна постійного струму МІ-22М.

При виконанні роботи була досягнута основна мета – розроблена комп'ютерна модель яка дозволяє визначити вплив відмов окремих елементів електромеханічного приводу на його якісні характеристики. Таким чином, запропоновані в роботі рішення дозволяють оперативно досліджувати основні параметри системи управління приводом РСЗВ, прогнозувати відмови за їх зовнішніми проявами та змінами їх якісних характеристик, завдяки чому ми маємо змогу створювати картку відмов з метою більш оперативного відновлення працездатності

Результати проведених досліджень можуть бути також впроваджені у процес проектування нових зразків озброєння та модернізації існуючого а також можуть бути використані в навчальному процесі.

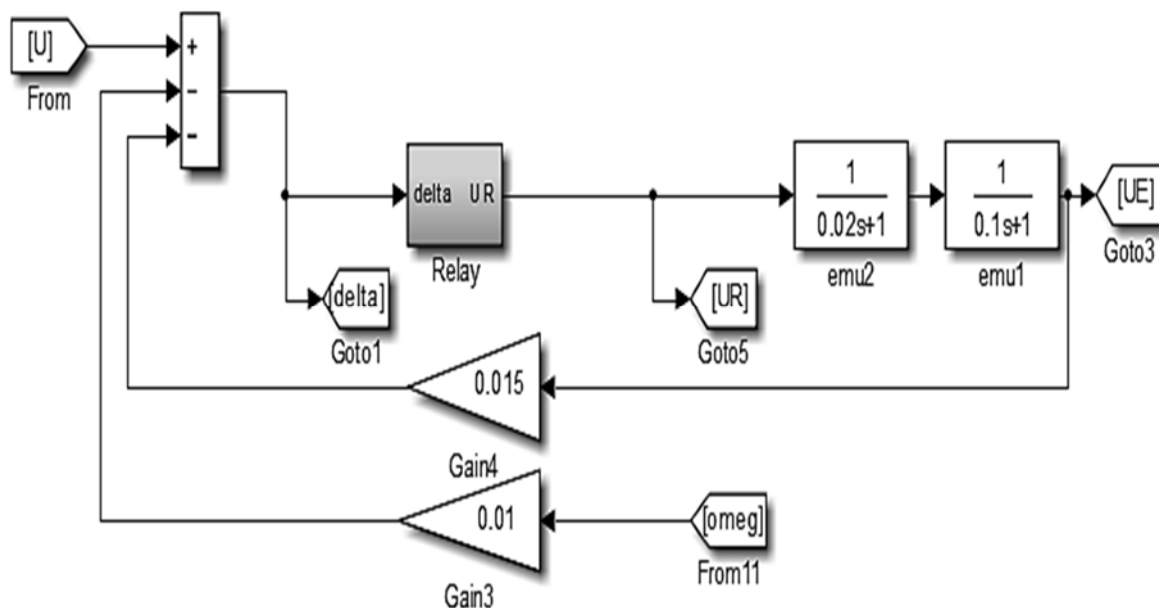


Рис. 4 – SPS модель виконавчої частини приводу.

**Висновки.** Основні результати роботи полягають в обґрунтуванні підходу до удосконалення процесів ремонту електрообладнання реактивної системи залпового вогню на основі створення багатофункціональної комп'ютерної моделі електромеханічного приводу. Запропонований підхід забезпечує скорочення часу та підвищує вірогідності виявлення несправностей ЕП РСЗВ.

Розроблені програмні засоби для комп'ютерної реалізації запропонованого підходу. На їх основі обґрунтовані схемотехнічні рішення удосконалення ремонту електрообладнання РСЗВ.

Перспективи подальших досліджень становить побудова дерева рішень для локалізації несправностей та програмно-алгоритмічна реалізація методу їх пошуку.

#### Список використаних джерел

1. *Проектування систем що стежать / Під ред. Л.В. Рабиновича /.: Машинобудування, 1979. – 500 с.*
2. *Приводи що стежать / Під ред. Б.К. Чемоданова // Енергія, 1976. – 384 с.*
3. *Краснопрошина А.А. Современный анализ систем управления с применением MATLAB, Simulink, Control Sistem: / А.А. Краснопрошина, Н.Б. Репникова, А.А. Ильченко // Учебное пособие. – К. – Корнійчук – 2000. – 144 с.*
4. *Дорф Р., Современные системы управления / Р. Дорф, Р. Бишоп // – М. – Лаборатория Базовых Знаний– 2004. – 832 С.*
5. *Макаров И.М. Линейные автоматические системы / И.М. Макаров, И.М. Менский // М.: Машиностроение, 1982. – 504 с.*
6. *Каргин Д. Удосконалення методів діагностування несправностей Електрообладнання РСЗВ// Збірник наукових праць курсантів Одеса: ВА, 2018.-Вип.1.-180с.*

**Науковий керівник:** Сергєєв О.Ю., к.т.н. доц.

**Рецензент:** Скачков В.В., д.т.н., проф., Військова академія (м. Одеса), Україна.

УДК 614.84

Єгоров М.С., магістрант

Військова академія (м. Одеса), Україна

## ЗМЕНШЕННЯ СТАТИЧНИХ ПОХИБОК ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ НАВЕДЕННЯ ВПРОВАДЖЕННЯМ МЕТОДУ ГАРМОНІЧНОЇ ЛІНЕАРИЗАЦІЇ

*Пропонується та обґрунтовується пропозиції по зменшенню статичних похибок електромеханічних систем наведення впровадженням методу гармонійної лінеаризації.*

**Ключові слова:** *Метод гармонійної лінеаризації, параметри автоколивачів в нелінійних системах, широтно-імпульсна модуляція, редуктори приводів наведення, складна широтно-імпульсна модуляція.*

**Постановка проблеми.** У збройних силах України є достатня кількість комплексів, що добре зарекомендували себе. Проте їх експлуатаційна надійність, точність і керованість дозволяють бажати кращого (елементарна база і комплектуючі 60-х років). Особливо слід звернути увагу на досить великі механічні люфти редукторів приводів наведення. Кінець кінцем успіх застосування комплексу визначається умінням і точністю роботи розрахунку, його (комплексу) надійністю і мінімальними статичними помилками наведення.

**Мета статті:** Ця робота спрямована:

1. Підвищення надійності електроприводів.
2. Можливості коригування динамічних характеристик.
3. Зменшення статичних помилок (усунення механічних люфтів приводів) електронними методами.

**Виклад основного матеріалу.** Механічні люфти редукторів приводів вертикального і горизонтального наведення БМ-21 обумовлені:

- необхідністю обліку теплового розширення елементів редуктора.
- великими габаритами елементів редуктора, обумовлених значними механічними навантаженнями.
- точністю виробництва (виготовлення).
- механічним зносом елементів редукторів.

Для зменшення статичних помилок наведення рекомендують робити наведення завжди по одному алгоритму, наприклад: завжди встановлювати ті, що направляють справа на ліво від низу до верху. Але можливе зменшення статичних помилок і електронними методами.

Знання параметрів автоколивачів дозволяє представити картину можливих процесів в системі і, зокрема, визначити умови стійкості. Припустимо, наприклад, що в результаті дослідження автоколивачів в деякій нелінійній системі ми отримали залежність амплітуди цих автоколивачів  $A$  від коефіцієнта передачі  $k$  лінійної частини системи, показано на рис.1, і знаємо, що автоколивачі стійкі.

З графіку виходить, що при великому значенні коефіцієнта передачі  $k$ , коли  $k > k_{кр}$ , в системі існують автоколивачі. Їх амплітуда зменшується, при зменшенні коефіцієнта передачі  $k$  до  $k_{кр}$ . На рис.1 стрілками умовно показаний характер перехідних процесів при різних значеннях  $k$ : при  $k < k_{кр}$  перехідний процес, викликаний початковим відхиленням, стягується до автоколивачів. З малюнка видно, що при  $k > k_{кр}$ , система виявляється стійкою. Таким чином,  $k_{кр}$  – це критичне по умові стійкості значення коефіцієнта передачі. Його перевищення призводить до того, що початковий режим системи стає стійким і в ній зменшуються автоколивачі. Отже, знання умов існування автоколивачів в системі дозволяє визначити і умови стійкості. Будь-яка механічна система має свою резонансну частоту, позначимо її  $F_0$ . Її вчислити досить складно, але можна. Частоту обчислюють розрахунковим шляхом, або емпіричним методом. Оскільки однозначно, що двох абсолютно однакових механічних бути не може, перевага віддається досвідченим випробуванням. Тобто грубо підраховували теоретично, а потім реальна  $F_0$ . Залежно від амплітуди дії на механічну систему було визначено:

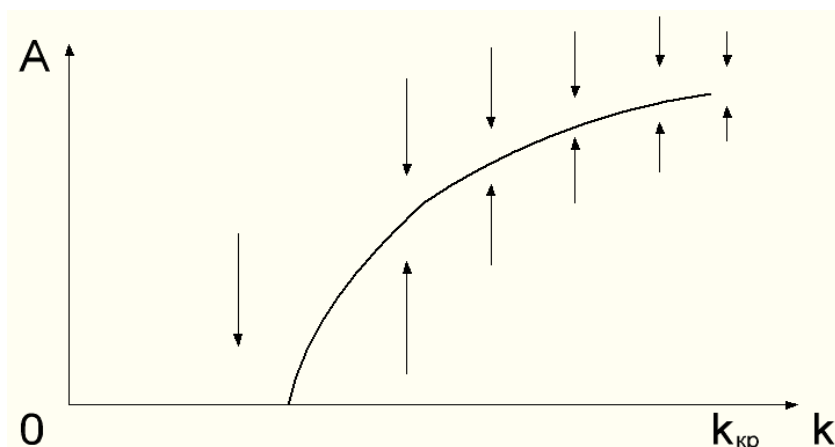


Рис.1 – Залежність амплітуди автоколивань від коефіцієнта передачі системи.

При малій амплітуді дії на систему (є зважаючи на механічну систему) амплітуда автоколивань максимальна (велика), при збільшенні амплітуди дії на систему амплітуда автоколивань зменшується (Рис.1) Але, виявляється дуже характерна залежність амплітуди автоколивань не лише від величини, але і від частоти дії зовнішнього зусилля (рис.2).

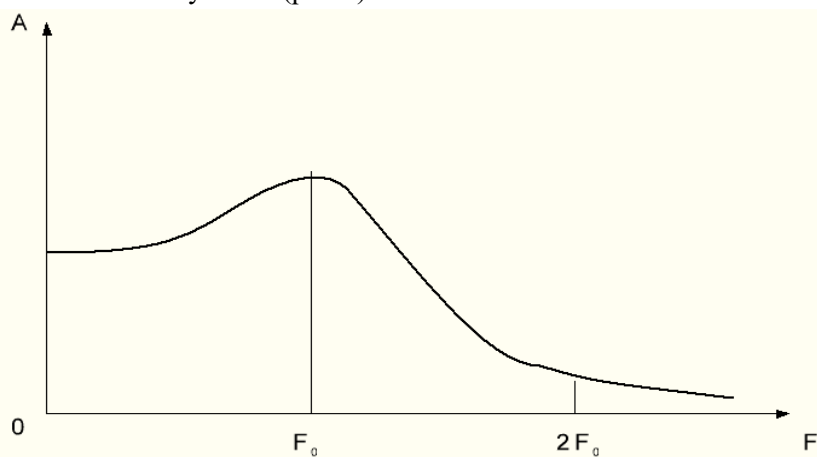


Рис. 2. – До ідеї гармонійної лінеаризації

Знаючи цю частоту ми можемо піти різними шляхами:

- Якщо нам необхідно змусити вібрувати систему, то треба подати на цю систему зовнішню дію з близькою або резонансною частотою.
- Якщо нам необхідно заспокоїти систему (зменшити автоколивання), то треба подати на цю систему зовнішню дію з частотою вище за резонансну.

Але можна використовувати ці властивості і по іншому, в статичному стані системи (редуктор) зробити її навантаженою, тобто змусити коливатися з частотою вище резонансної і малою амплітудою. Корінна шестерня (остання) стоятиме на місці, а редуктор завдяки коливанням механічні люфти. Таким чином ми можемо зменшити статичні помилки приводу. Звичайно цей метод буде вимагати досить точного підбору частоти і амплітуди коливань приводного двигуна.

Для реалізації цього методу була розроблена модель, функціональна схема яка представлена на рис.3. Вона є схемою ШІМ управління двигуном постійного струму з додатковим лічильником-дільником (для підбору частоти коливань) і пристроєм узгодження (для підбору амплітуди коливань). Цей пристрій можна назвати як «схема ШІМ управління двигуном постійного струму, з додатковою (складною) модуляцією». Діаграми сигналів представлені на рис.4, принципова схема на рис.5, схема мостового підсилювача на рис.6.

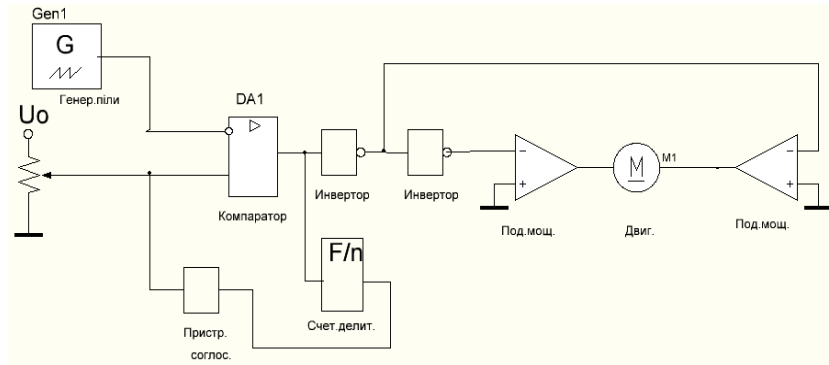


Рис.3 – Функціональна схема складної ШІМ.

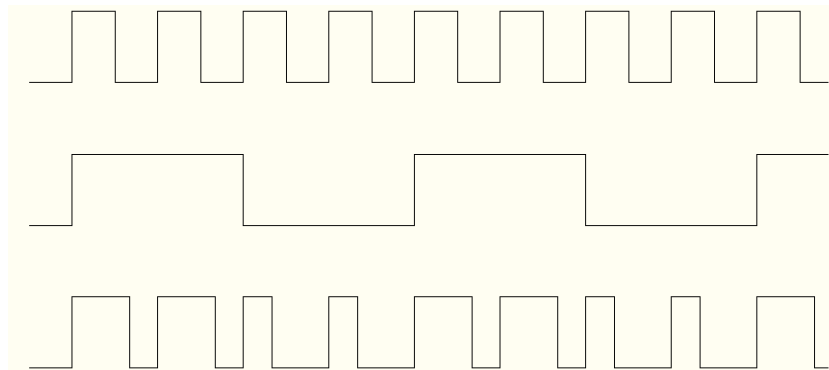


Рис.4 – Діаграми сигналів складної ШІМ.

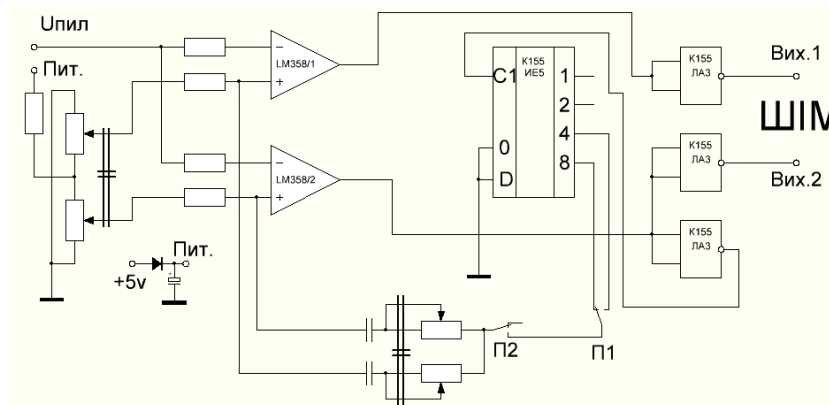


Рис.5 – Принципова схема пристрою.

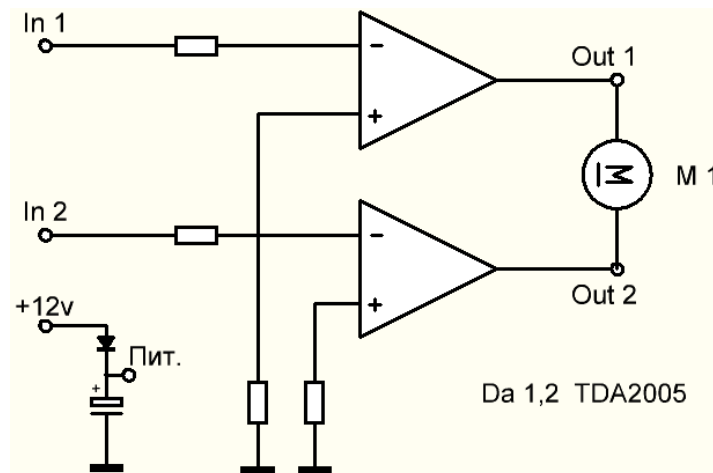


Рис.6 – Мостовий підсилювач на ОП.

Модель реалізована на універсальних компараторах LM 358 в схемі ШІМ модулятора, і на мікросхемах K155IE2, K155IE7 в схемі дільника частоти та генератора пили. Елементи «НЕ» виконані на мікросхемі K155ЛА3 (2И-НЕ). У схемі мостового підсилювача використані компланарні пари транзисторів серії KT816 і KT817, чи на ОП TDA 2005.

Таке включення двигуна дозволяє:

1. Виключити дуже ненадійну контактну систему управління двигуном (поляризовані реле).
2. Зміною частоти широтно-імпульсної модуляції підвищити плавність і динаміку системи наведення.
3. Істотно спростити і автоматизувати коригування зворотних зв'язків.
4. Введенням додаткової модуляції (складною широтно-імпульсній модуляції) підвищити статичну точність наведення (усунення механічних люфтів за рахунок гойдання редукторів системи приводів наведення).
5. Перейти до програмного управління приводами наведення.

Введення в схему додаткової (складної) модуляції дозволяє здійснити в редукторі коливальний процес, підбором параметрів якого усуваються механічні люфти.

**Висновок.** Основні результати роботи показують можливість управління приводами наведення БМ-21 методами складної широтно-імпульсній модуляції, підвищення їх надійності і поліпшення статичних характеристик. Перспективи подальших досліджень становить обґрунтування засобів зменшення похибок наведення і аналіз динамічних характеристик при зміні параметрів ШІМ і складною ШІМ.

#### Список використаних джерел

1. *Интегральные микросхемы: справочник* / Б.В.Тарабрин., Л.Ф.Лушин, Ю.Н.Смирнов. – М.: Радио и связь. 1984 – 528 с.
2. *Применение цифровых и аналоговых микросхем. МРБ*, М.: Радио и связь. – 2004.
3. *Применение микросхемы КР1006ВИ-1*. Алексеев Е.С. – М.: Радио и связь. 1995 – 127 с.
4. *Боевая машина БМ-21. Техническое описание. 1982 г.* – Воениздат. – 242 с.
5. Дорф Р., *Современные системы управления* / Р. Дорф, Р. Бишоп // – М. – Лаборатория Базовых Знаний– 2004. – 832 С.
6. Макаров И.М. *Линейные автоматические системы* / И.М. Макаров, И.М. Менский // М.: Машиностроение, 1982. – 504 с.
7. Бесекерский В.А., Попов Е.П. *Теория систем автоматического регулирования* / В.А. Бесекерский, Е.П. Попов // М.: Наука, 1975. – 768 с.
8. Коньков К., Крамской К. *Електроніка та мікросхемотехніка. ВА м. Одеса – 2019.*

**Науковий керівник:** Коньков К. Д.

**Рецензент:** Головань В.Г., к.т.н., проф., Військова академія (м. Одеса), Україна.



УДК 623.451

**Запорожець А.С.**, магістрант*Військова академія (м. Одеса) Україна*

## РОЗРОБКА ВИМОГ ДО БОЄПРИПАСІВ МОРСЬКОЇ АРТИЛЕРІЇ

*В статті розглянуто питання щодо впровадження оновлених вимог до боєприпасів морської артилерії.*

**Ключові слова:** *снаряди, основні вимоги до артилерійських боєприпасів, тактико-технічні вимоги, потужність снаряда, далькострієність, кучність стрільби, безпека при пострілі, стійкість при зберіганні, виробничо-економічні вимоги, пропозиції щодо оновлених вимог до боєприпасів морської артилерії.*

**Постановка проблеми.** На даний момент в Україні використовуються боєприпаси ще часів «холодної війни», які були розроблені для кораблів спроектованих ще в 70-80-х. Як самі кораблі, так і технології суттєво змінилися з того часу й будуть активно змінюватися. Основні зміни стосуються прогресу в електроніці та хімії металевих зарядів. Як наслідок – це збільшення дальності пострілу та ефективності ураження цілей.

**Мета статті.** На підставі спостережень розвитку іншими країнами військово-морських сил, артилерійського озброєння та боєприпасів до них, а також стратегію розвитку ВМС України, обґрунтувати рекомендації щодо оновлення вимог до боєприпасів морської артилерії в ЗС України.

**Основна частина.** Перед розглядом формування вимог, розглянемо основні поняття, які допоможуть нам краще розуміти суть деяких питань у майбутньому.

Снаряд є елементом артилерійського пострілу і служить для руйнування оборонних споруд, знищення кораблів, танків, літаків та інших видів озброєння, а також для придушення і знищення живої сили противника.[5]

Для систематизації вивчення і правильної оцінки тактико-технічних властивостей різних снарядів, що знаходяться на озброєнні артилерії, вони розбиваються на групи по тим або іншими ознаками, що характеризує їх особливості.

Відповідно до прийнятого методу класифікації – за бойовим призначенням снаряди діляться на три групи:

- 1) основного призначення;
- 2) спеціального призначення;
- 3) допоміжного призначення.

*Снаряди основного призначення призначені для безпосереднього ураження і руйнування цілі. З таких снарядів і складаються бойові комплекти артилерійських знарядь.*

До цих снарядів відносяться: броньбійні, фугасні, уламково-фугасні, уламкові, кумулятивні, хімічні, уламково-хімічні і запальні, а також дистанційні гранати. До групи основного призначення відносяться також всі снаряди комбінованої дії: уламково-трасуючі, уламково-запально-трасуючі, броньбійно-трасуючі і броньбійно-запально-трасуючі.[4]

*Снаряди спеціального призначення безпосередньо для ураження цілей не призначені, а служать для виконання деяких допоміжних завдань, наприклад, освітлення цілі, осліплення противника, полегшення пристрілки, розповсюдження агітаційної літератури в розташуванні противника і т.д.*

До цієї групи належать снаряди: димові, освітлювальні, трасуючі, агітаційні...

*Снаряди допоміжного призначення призначаються для навчально-бойової підготовки особового складу кораблів, а також для різного роду полігонних випробувань. До таких снарядів відносяться: практичні, навчальні, плитопробні та інші.*

Вимоги, що пред'являються до артилерійських снарядів, виходять із загальних завдань, що стоять перед сучасною морською артилерією, і зводяться в основному до двох груп:

- 1) тактико-технічні, які включають питання дії снаряда у цілі, далькості, кучності бою, безпеки при пострілі і в службовому поводженні, стійкості снарядів при зберіганні;
- 2) виробничо-економічні, які включають питання конструкції і виробництва снарядів, уніфікації снарядів різного призначення і їх оболонок, дешевизни і не дефіцитності вихідних матеріалів, що йдуть на виробництво артилерійських снарядів.[4]

#### **Основні вимоги до артилерійських боєприпасів.**

**Тактико-технічні вимоги. Потужність снаряда.** Артилерійський снаряд повинен завдати максимальну руйнівну дію по цілі, тобто викликати безпосереднє руйнування або завдати ураження цілі.

У морському артилерійському бою снаряди мають своєю кінцевою метою виведення корабля противника з ладу шляхом його підриву, вибуху льохів, потоплення, порушення плавучості або стійкості, або ураження особового складу і механізмів осколками і газами. Виконання хоча б одного із зазначених дій снаряда залежить від роду і типу снаряда і від умов попадання.

Руйнівна дія снарядів основного призначення характеризується пробивним або ударною дією, фугасною дією тобто дією розривного заряду вибухової речовини, і осколковою дією.

*Далькості.* Значення далькості в артилерійському, особливо в морському бою, надзвичайно велике. Далькості, сучасної артилерії за останні час набагато, збільшилася. Далькості артилерії може бути підвищена шляхом, поліпшення балістичних якостей зброя, застосування нових видів металевих зарядів, вибору найвигіднішої ваги снаряда, що забезпечують найбільшу дальність стрільби, а також шляхом розгляду нових перспективних напрямків розвитку.

Так 155-мм активно-реактивний снаряд з донним газогенератором фірми «RheinmetallDenelMunition» M2005 VelocityEnhancedArtilleryProjectile (V-LAP), називають сьогодні самим далькості серед усіх серійно випущених снарядів на планеті. Навіть при використанні з буксируємої гаубиці G5 з не найбільшим стволом довжиною 39 калібрів, дальність стрільби снаряда дуже суттєва – 53 917 метрів. А новий боєприпас M9703 V-LAP, що представляє подальший розвиток попереднього снаряда Assegaï M2005 і побудований за такою ж схемою, при стрільбі з установки G6-52 з об'ємом камори 25 літрів і максимально можливим порохом зарядом продемонстрував абсолютний рекорд дальності стрільби – 76280 метрів. Чи перспективний 155-мм снаряд компанії Nammo з прямоочним повітряно-реактивним двигуном Норвезькі фахівці оцінюють перспективну дальність стрільби подібними снарядами з установок з довжиною ствола 52-62 калібру приблизно на рівні 100-150 кілометрів.[2]

Такі відстані для артилерії минулого століття просо не досяжні, навіть фантастичні.

*Кучність стрільби.* Одним з найважливіших факторів, що визначають силу і дійсність артилерійського вогню, є ймовірність попадання, тобто процентне відношення числа влучань в цілі снарядів до кількості всіх випущених

На влучність же в свою чергу має великий вплив кучність стрільби, під якою треба розуміти індивідуальні властивості цієї зброї розсіювати снаряди навколо середньої траєкторії при певних умовах стрільби (вага і форма снаряда, вага заряду і його тип, кут кидання). Також влучність можна покращити в разі за допомогою застосування високоточних боєприпасів

Excalibur N5 є відомим представником цього класу, його калібр становить 127 мм й передбачений для застосування артилерійською установкою Mark 45, він цікавий ще й тим, що він зроблений на основі снаряду M982 Excalibur, сухопутна версія снаряда калібру 155 мм. Дальність пострілу та відхилення від цілі при влучанні поки достеменно не відома, але можна майже з 100% впевненістю сказати, що ці показники не гірші за його попередника. Імовірно це буде становить по дальності не менше 40 км а відхилення при влучанні не більше 10м на максимальній відстані [1]

*Безпека при пострілі.* Безпека снарядів при пострілі має дуже важливе значення, а особливо коли під час війни починають масове виробництво з використанням, або матеріалів не зовсім відповідних, або невелика зміна виробництва їх для налагодженні більш зручного масового виробництва в результаті чого знижується якість контролю за виробництвом боєприпасів, в зв'язку з чим зростає ймовірність передчасних розривів.

Основними причинами передчасних розривів снарядів в каналі ствола можуть бути:

а) недостатня міцність корпусу або дна снаряда внаслідок застосування недоброякісного металу або металу, що має вади;

б) незадовільна обтюрація порохових газів при пострілі в снарядах з вгвинтним дном або донними детонаторами;

в) недостатня стійкість вибухових речовин до струсу при пострілі (утворення в снаряді пікратів);

г) різні дефекти снарядних детонаторів і трубок.

Крім перерахованих причин конструктивного і виробничого характеру, передчасні розриви снарядів можуть бути від недотримання правил поводження з боєприпасами на кораблях.[5]

*Стійкість при зберіганні.* Залежить в першу чергу від роду вибухових речовин, способу спорядження і герметичності корпусу снаряда.

Деякі вибухові речовини, як, наприклад, пікринової кислота (мелініт), здатні давати з'єднання з металом корпусу снаряда і утворювати пікрати, дуже чутливі до струсу. Розривний заряд вибухових речовин повинен бути ізольований від зіткнення з корпусом покриттям останнього спеціальним лаком або приміщенням розривного заряду в футляр.

Оболонки снаряда для їх запобігання від корозії в мирний час фарбуються, а у воєнний час зазвичай осаліваються запобіжними мастилами.[5]

#### **Виробничо-економічні вимоги.**

Одним з основних виробничо-економічних вимог, що пред'являються до артилерійських снарядів, є можливість забезпечення їх масового виробництва.

До числа виробничо-економічних вимог, що мають велике значення, відносяться:

1) простота конструкції снаряда і дешевизна виробництва;

2) уніфікація снарядів різного призначення і їх оболонок;

3) дешевизна і не дефіцитність вихідних матеріалів.

Ці вимоги обумовлені величезною потребою армії і флоту в боєприпасах під час війни і величезними витратами, які повинна нести країна для задоволення цієї потреби.

Важливе значення для спрощення виробництва і особливо, постачання армії і флоту боєприпасами має уніфікація артилерійських боєприпасів, що дозволяє об'єднати в одному типі снаряда функції снарядів різного призначення.

Велике значення мають питання взаємозамінних матеріалів.

Висновок та вироблення пропозицій [4]

#### **Пропозиції щодо оновлених вимог до боєприпасів морської артилерії.**

Враховуючи з досвіду останніх конфліктів та операцій, з застосуванням флоту у світі, артилерійське озброєння є важливим компонентом вогневих засобів надводних кораблів, здатним забезпечувати рішення як наступальних, так і оборонних завдань в різних тактичних ситуаціях, від операцій з підтримання миру, де зброя використовується для стрільби з попередженням, до правоохоронних місій проти піратів, контрабандистів і терористів. В умовах повномасштабної війни артилерія буде відігравати важливу роль в самообороні корабля проти кораблів, штурмовиків і проти корабельних ракет, а також для підтримки морського десанту, завдання ураження прибережній (портової) інфраструктурі.

Необхідно замінити морально застарілі зразки на більш ефективні і універсальні за видами дії (наприклад як FUZE 3P Ammunition). Одночасно боєкомплект повинні бути доповнені новими типами боєприпасів (наприклад як Excalibur N5), які розширюють функції і можливості морської артилерії при підготовці і веденні бойових дій.

Розвиток зазначених напрямків багато в чому пов'язано і базується на нових досягненнях в науці і техніці як, наприклад: мікроелектроніка, інформатика, нанотехнології, а також на досягненнях в традиційних галузях знань.

Для таких складових частин пострілу, як підричники (детонатори) і підривні пристрої, прорив в області мікроелектроніки є принциповим. Надання їм властивостей адаптивності до цілей («інтелекту») і багатофункціональності дозволяє різко підвищити ефективність вражаючої дії боєприпасів по розширеній номенклатурі цілей.

Застосування ж такої технології, як введення інформації за допомогою індукційного установника, поєднаного з цифровою системою керування вогнем, дозволяє реалізувати з будь-якої потрібної точністю всілякі установки під підричники (детонатори) або підривні пристрої

Для корекції траєкторії польоту снаряда з'явилася можливість використання інформації від супутникової навігаційної системи GPS безпосередньо на борту снаряда, з подальшою виробленням керуючих сигналів на виконавчі пристрої корекції.

Далеко не вичерпані традиційні шляхи вдосконалення артилерійських боєприпасів, наприклад, в частині застосування малочутливих вибухових речовин, оптимізації схем ініціювання розривних зарядів, застосування готових вражаючих елементів, в т.ч. з важких сплавів, створення оболонок (корпусів) з заданим дробленням і т.д.

Внутрішньовидова та міжвидова уніфікація – це ще одне з найважливіших напрямків розвитку боєприпасів. Економічні і технічні переваги реалізації цього напрямку очевидні.

У планах розробки нових боєприпасів коштує і завдання створення вибухо-пожежобезпека, ергономічними і довговічною упаковки з композиційних матеріалів та пластмас, призначеної для заміни штатної дерев'яної упаковки.

**Висновки.** Виходячи з стратегію розвитку ВМС України, можна встановити, що наша держава в першу чергу буде ставити на озброєння катери та кораблі малої водотоннажності (великі ракетні катери та корвети) Артилерійське озброєння яких скоріш за все буде, так званого малого калібру (від 20 до 76мм). В цих калібрах нині у нашому флоті знаходиться 99% артилерійського озброєння кораблів та катерів. Отже слід розглянути, що в цих калібрах зроблено або проектується у світі. Передовими країнами у створенні так званої «універсальної артилерії» є такі країни: Італія, Швеція, Сполучені Штати Америки, Франція, Велика Британія та Російська Федерація. Найпередовішими країнами в цьому напрямку є: Італія, Швеція, Сполучені Штати Америки, а в калібрах, що нам підходять з вище зазначеного – це Італія, Швеція

#### Список використаних джерел

1. <https://www.gadgetstyle.com.ua/22085-excalibur-n5-tested-successfully/>
2. <https://www.defense-aerospace.com/articles-view/release/3/207837/rheinmetall-demos-tube-artillery-ranges-to-76-km.html>
3. Сычев В.А. «Корабельноеоружие».Издательство ДОСААФ СССР Москва-1984.
4. Эмильянов И.П. «Основы устройства боеприпасов морской артилерии», Военное издательство министерство обороны союза ССР Москва- 1955.
5. Артиллерийское оружие ВМФ: Учеб. пособие. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2003. 43 с.

**Науковий керівник:** Бордіян В.П.

**Рецензент:** Петрушенко М.М., д.т.н., проф., заслужений діяч науки і техніки України, Військова академія (м. Одеса).

УДК 355.40

Змієвський І.Г., молодший сержант  
Військова академія (м. Одеса), Україна

## ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ТА МЕТОДИ ПОКРАЩЕННЯ ТАКТИКО-ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗЕНІТНО-РАКЕТНИХ КОМПЛЕКСІВ. ПОКРАЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ВЕРТИКАЛЬНОГО НАВЕДЕННЯ

*З розвитком нових маневрених літаків та безпілотних літаючих апаратів, використання зенітно-ракетних комплексів стає майже недоцільним, але з підвищенням тактико-технічних характеристик за рахунок покращення експлуатаційних характеристик електроприводу вертикального наведення змінить становище зенітно-ракетних комплексів ближньої дії.*

**Ключові слова:** зенітно-ракетний комплекс, пускова установка, привід, вертикальне наведення

**Постановка проблеми.** За думкою багатьох військових експертів, для захисту важливих об'єктів від ударів з повітря є система ППО, так як засоби повітряного нападу (ЗПН), оснащені високоточною зброєю (ВТЗ), деякі з них також мають надзвукову швидкість, що ускладнює їх поразку. Важливу роль у боротьбі з ЗПН є ЗРК ближньої дії (дальність стрільби до 20 км).

Основними вимогами до ЗРК ближньої дії є захист військ на об'єктів від ЗПН, які літають на малих висотах. Їх засоби виявлення мають багато схожих конструктивних особливостей, обґрунтованих такими факторами як невеликі кутові швидкості переміщення цілі відносно РЛС, особливо вертикальні. Ефективна дальність дії інформаційних засобів обрана в розрахунку на можливе виявлення цілі в низько висотній зоні огляду до 3-5 км. Крім того необхідно, щоб зенітні керуючі ракети (ЗКР) комплексів дальнього типу мала готовність до пуску 3-4 с, а її двигуна установка повинна забезпечити максимальну швидкість польоту ракети протягом 3-5 с, при цьому ЗКР повинна вражати різні типи цілей з перенавантаженням не менш 10 g.

У зв'язку з появою більш швидкісних та більш маневрених літаючих апаратів виникає необхідність використання більш мобільних та точних ЗРК. Наприклад 9К22 «Тунгуска», 9К35 «СТРЕЛА-10».

### **Зенітний гарматно-ракетний комплекс 2К22М «Тунгуска-М».**

Комплекс призначений для протиповітряної оборони підрозділів мотострілкових (танкових) частин і підрозділів від ударів тактичної і армійської авіації, вертольотів вогневої підтримки, дистанційних безпілотних літальних апаратів, а також для ураження наземних легкоброньованих цілей і живої сили. Він здатний виконувати бойові завдання в будь-яких кліматичних умовах.

Виріб 2С6 має баштову установку з двома двоствольної 30-мм автоматичними гарматами 2А38М і вісьмома транспортно-пусковими контейнерами з ракетами ЗУР 9М311. Наведення озброєння на ціль здійснюється за допомогою гідравлічних силових приводів в кругової горизонтальної і від -10 до + 87 градусів – у вертикальній площинах. Вони підтримують високоточне і швидке наведення озброєння при стрільбі з місця і в русі.

Зенітна керована ракета 9М311 – твердопаливна бікаліберна двоступенева з виділенням двигуном. Виконана за схемою «качка». Бойова частина ракети – осколково-стрижнева. Вона має контактний і неконтактний детонатори, що забезпечує поразку мети як при прямому влученні, так і при прольоті на відстані до 5 м.

Ракета має високу маневреність, що дозволяє вражати швидкісні і маневрені цілі. Наведення ракет на ціль – радіокомандне.

Також в баштовій установці розміщуються інформаційні радіолокаційні та оптико-електронні засоби, пульти управління членів бойового розрахунку, цифрова обчислювальна система, засоби зв'язку.

**Зенітний ракетний комплекс «СТРЕЛА-10».**

Зенітний ракетний комплекс «Стрела-10» (індекс 9К35) призначений для прикриття бойових порядків підрозділів мотострілецького(танкового) полку в рухомих формах бою і на марші від низько цілей повітряного противника.

Бойова машина являє собою багатоцільовий тягач, легкій, броньований (МТ-ЛБ), на якому розміщені: пускова установка з чотирма направляючими; електричний привід; апаратури запуску 9В385М; прицілюванні засоби, допоміжне обладнання та ЗІП

Зенітна керована ракета 9М37 призначена для ураження літаків з реактивними, газотурбінними і поршневыми двигунами, літаків-снарядів і вертольотів на висотах від 25 до 3500 м при швидкості польоту до 417 м / с (1500 км / ч) на зустрічних курсах і до 306 м / с (1100 км / ч) на наздожене курсах і маневрують з переваженнями 3-5 одиниць в будь-який час року.

Пускова установка призначена для наведення ракети на ціль, стеження за метою і пуску ракет. Вона змонтована в кормовій частині тягача на кульовому гонитві і складається з вежі з підвіскою, верстата і люльки Для наведення на ціль ПУ обладнана механізмами наведення з силовими стежать приводами. Пускова установка має наступні кути наведення: по горизонту -без обмеження, за кутом місця від -5 до +80 °.

**Для покращення тактико-технічних характеристик зенітно-ракетних комплексів пропонуємо пряме цифрове управління тиристорним електроприводом.**

Так як електрогідравлічний привод вертикального наведення, що стежить, 2Е29ВН призначений для автоматичного наведення і стабілізації хитної частини башти по сигналах ЦПСС, а також для напівавтоматичного наведення по сигналах з датчика команд, розташованого в пульта навідника. До складу 2Е29ВН входять: блок керування ВН (БУВН); розподільна коробка; приймаючий прилад ВН (ППВН); обмежник кутів; гідронасос; приводний двигун П80Т2; механізм керування (МУ); датчик кута (ДУ); гідромотор; датчики тиску ДД1, ДД2.

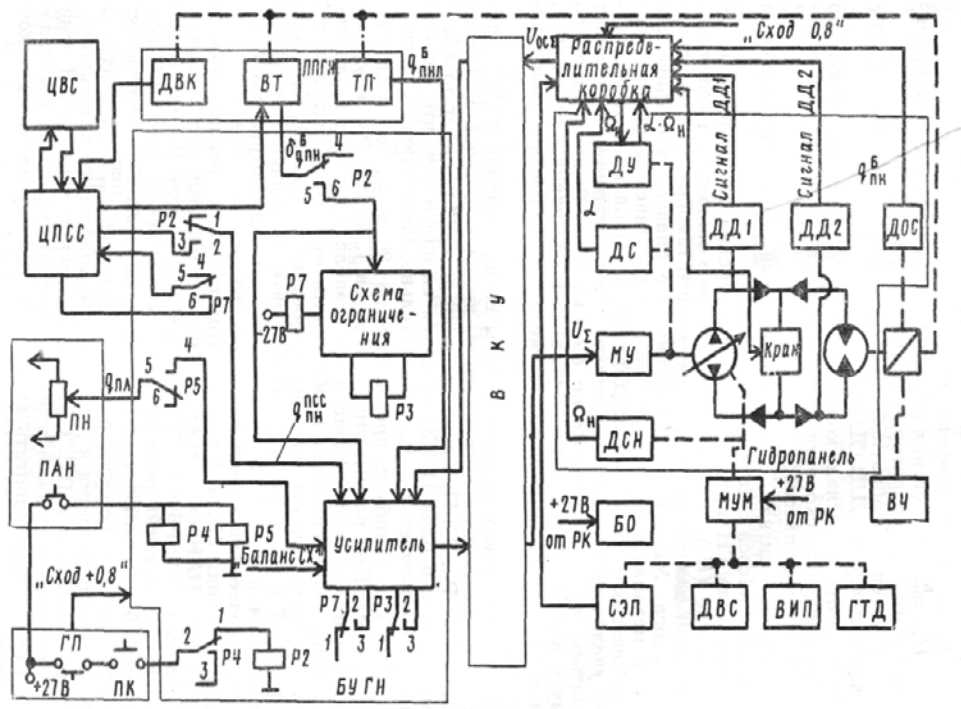


Рис. 1 – Функціональна схема 2Е29ГН

На представленій схемі включення 2Е29ВН виробляється натисканням кнопки ГН на ПК. При цьому напруга +27 В через розподільну коробку подається на приводний двигун П80Т2, що приводить в обертання вал гідронасоса і є джерелом потужності привода ВН. Якщо на вході МУ керуючий сигнал відсутній і кошик гідронасоса знаходиться в середнім положенні, то обидві гідромагістралі заповнюються гідравлічною рідиною під однаковим тиском. Вал гідромотора не обертається.

При включенні 2Е29ВН в автоматичний режим у блоці керування ВН напруга +27 В подається на Р1, що замикає контакти 3, 2; 6, 5. Якщо між що дає ВТ у ЦПСС і приймає ВТ у ППВН мається кут неузгодженості, то його величина вимірюється і перетворюється в електричний сигнал що надходить на суматор блоку керування ВН.

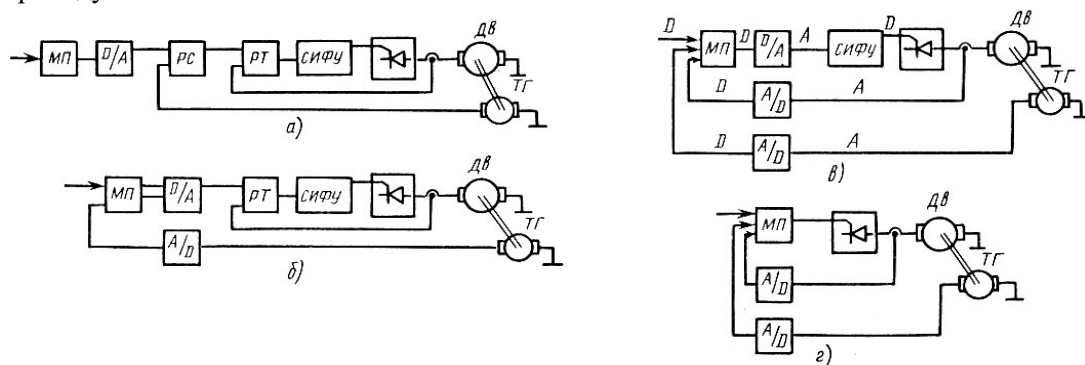
Сумарний сигнал надходить на підсилювач, де підсилюється до потужності, необхідної для керування електромагнітом у механізмі керування. Механізм керування перетворить електричний сигнал у механічне керуюче вплив, регулюючи витрату робочої рідини гідронасоса. Це приводить до збільшення тиску робочої рідини гідронасоса. Це приводить до збільшення тиску робочої рідини в одній з гідромагістралей і, отже, до обертання вала гідромотора. Обертання вала передається через силовий редуктор на хитну частину башти, що буде переміщатися у бік зменшення неузгодженості доти, поки що дає і приймає ВТ не прийдуть у погоджене положення.

Для зниження похибок відтворення інформації, переданої УЧПУ, були розроблені цифрові системи управління в електроприводі, в яких аналогові сигнали замінюються дискретними. Це різко підвищує стійкість, чутливість, точність і стабільність електроприводу.

Засобами реалізації цифрового управління програмним способом з'явилися мікропроцесори. Заміна апаратної реалізації програмної підвищує надійність електроприводу, так як зменшується кількість з'єднань.

Якщо електромеханічна система приводу піддається ремонту, морально застаріває і замінюється, мікропроцесор управління приводом може бути перепрограмований і використаний в інших цілях. Мікропроцесори дозволяють створити адаптивні, які самостійно і оптимальні системи керування електроприводом, які самостійно знаходять найкращий (в певному сенсі) алгоритм. Звичайно, мікропроцесорні системи мають і недоліки. Швидкодія мікропроцесора іноді виявляється недостатнім і доводиться вживати спеціальних заходів для його збільшення.

Мікропроцесорне управління може застосовуватися в різних видах приводів: тиристорному або транзисторному, постійного або змінного струму. Найбільш просто управління тиристорним електроприводом постійного струму. Структура такого приводу може бути різною в залежності від функцій, які виконуються мікропроцесором. Мікропроцесор, який використовується в якості пристрою, що задає, формує закон зміни швидкості (рис. а). Цифровий сигнал, що виробляється мікропроцесором МП через цифроаналоговий перетворювач D / A, подається на електропривод, який виконаний за традиційною схемою. Датчики зворотного зв'язку в такій структурі аналогові. В даному випадку мікропроцесор є зовнішнім пристроєм і не робить істотного впливу на характеристики електроприводу.



**Структура тиристорного електроприводу з застосуванням мікропроцесора:**

- а – використання мікропроцесора для формування задає сигналу,*
- б – цифрова зворотний зв'язок по швидкості із застосуванням тахогенератора,*
- в – цифрова зворотний зв'язок по швидкості і струму,*
- г – цифрове управління тиристорним перетворювачем*

**Висновки.** Основні результати роботи становлять обґрунтування методи покращення експлуатаційних характеристик електроприводу вертикального наведення, на основі застосуванні моделювання електроприводу вертикального наведення ЗРК. Пропонований підхід забезпечує підвищення точності регулювання та скорочення часу виконання. Розроблені програмні засоби для комп'ютерної реалізації пропонованого підходу. На їх основі обґрунтовані схемо-технічні рішення покращення тактико-технічних характеристик ЗРК.

**Список використаних джерел**

- 1. Загорюкін В.М., Зулій Г.В. Основи побудови зенітних ракетних і зенітних артилерійських комплексів, Х., ХВУ – 1996*
- 2. Загорюкін В.М., Наконечний А.А., Ставицький О.М., Толокнєв Е.А. Принципи побудови зенітних комплексів ближньої дії ППО СВ, Х., ХВУ – 2002*
- 3. Зенітний ракетний комплекс ближньої дії „Стрела-10». М., Воениздат, 1990*
- 4. Зенітний гарматно-ракетний комплекс „Тунгуска». М., Воениздат, 1984*
- 5. Клишевич М.Я., Принципи побудови зенітних комплексів, К., ВА ППО – 1987*

**Науковий керівник:** Синявський А.В.

**Рецензент:** Маміч В.В., к.т.н., доцент, Військова академія (м. Одеса), Україна.



УДК 623.452

Знов К.О., магістрант

Військова академія (м. Одеса), Україна

## ОБГРУНТУВАННЯ ТАКТИКО-ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ДО КАСЕТНИХ АРТИЛЕРІЙСЬКИХ БОЄПРИПАСІВ

*В статті проведено обґрунтування тактико-технічних вимог до касетних артилерійських боєприпасів у Збройних Силах України.*

**Ключові слова:** артилерійська гармата, касетні боєприпаси, бойовий заряд.

**Постановка проблеми.** В умовах складної сучасної міжнародній обстановці, особливо з огляду на ту обстановку в якій опинилася Україна необхідно відзначити що кожна з держав з різними суспільними устроями докладає титанічних зусиль, щоб запобігти ядерній війні, зберегти і зміцнити мир. Займаючись мирним будівництвом необхідно берегти обороноздатність Української держави, де ослаблення ми не маємо права допустити ні на секунду.

Перспектива на рішення таких задач в деякій мірі лягає на ракетні комплекси, так як саме вони є високоточною зброєю. Для виконання цих завдань ракетними комплексами необхідно мати сучасну елементну базу. Особливо важливе виконання такого завдання, як заміна вже застарілих зразків озброєння, на нові, де використані останні досягнення науково-технічних робіт, нові підходи в проектуванні.

Касетні боєприпаси отримали в даний час широке поширення у використанні. Але в даний момент, після подій які трапилися у ЗСУ, а саме вибухи арсеналів, баз та складів, а також ведення бойових дій на сході України, касетні боєприпаси стали дефіцитом.

**Мета статті** полягає обґрунтуванні тактико-технічних вимог до касетних артилерійських боєприпасів

**Викладення основного матеріалу.** Артилерійські боєприпаси класичної схеми в багатьох випадках мають надлишкову потужність в точці підриву, якого явно недостатньо для ураження групових і великої площі через зменшення щільності поразки від центру. Тому при обстрілі таких цілей важливий факт поразки якомога більшого числа окремих об'єктів при одиничному підриві боєприпасу. Цього можна досягти або підвищенням точносних характеристик шляхом створення «розумних» боєприпасів, або переходом до нових схемним рішенням, яким є касетний тип спорядження бойової частини (БЧ).

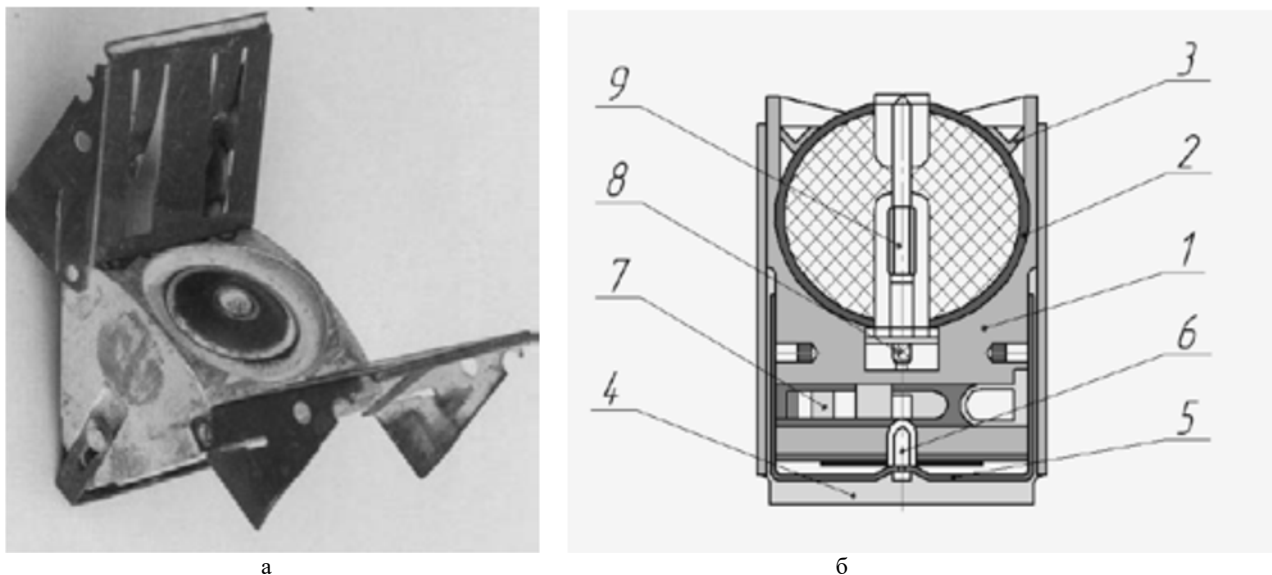
В артилерії схема спорядження корпусу боєприпасу корисним навантаженням з подальшим її викиданням над ціллю застосовується давно. Це, перш за все, шрапнелі з різними формами забійних елементів (кульки, кулі, стрижні), які були широко представлені ще в артилерії царської армії. Вивільнення спорядження з корпусу здійснювалося за допомогою вишибного заряду з димного пороху вперед у напрямку польоту для збільшення швидкості вражаючих елементів.

До Другої світової війни для боротьби з повітряними цілями робилися спроби розробити шрапнелі з забійними елементами у вигляді окремих снарядів, споряджених ВР, які після викиду з корпусу повинні були розриватися і створювати осколкові поля. Однак через малу кількість забійних елементів, відсутність стабілізації польоту після викиду, невирішеність проблем з детонатором ці роботи були припинені.

**Касетні артилерійські снаряди з ВБЕ.** Як зазначалося вище, перші касетні боєприпаси для артилерійських систем з'явилися в США в калібрі 105 мм з 18 осколковими БЕ М39 – М444 (М444Е1 з М36). В снарядах більшого калібру в якості спорядження використовуються ВБЕ М43. В обох випадках стабілізація БЕ після викиду з контейнера КАС проводиться за допомогою двох розкриваються жорстких пелюсток. Бойові елементи вистрибує типу при ударі об землю не вибухають, а підкидають вгору елемент у формі «baseball» («бейсбольний м'яч») за допомогою спеціального

порохового заряду. На висоті 1,2 - 1,8 м «baseball» -Елемент вибухає, утворюючи сферичне осколкове поле поразки. Через малу масу (80 г) дані бойові елементи найбільш ефективні тільки при застосуванні проти відкрито розташованої живої сили.

На рис.1 наведено ВБЕ М43А1 до 155-мм КАС М449.



а – загальний вигляд БЕ; б – розріз БЕ: 1 – корпус ВБЕ; 2 – сферичний елемент; 3 – кришка; 4 – пелюстка стабілізатора; 5 – мембрана; 6 – ударник; 7 – двигок; 8 – вишибний заряд; 9 – тимчасовий детонатор

**Рис.1. Осколковий бойовий елемент М43А1 (США):**

Касетні засоби ураження (КЗУ) – це боєприпас або контейнер, з якого на траєкторії на заданій висоті виконується викид касетних бойових елементів (БЕ) різного функціонального призначення. БЕ розсіюються на місцевості і створюють значно більшу зону ураження по порівняні з моноблоковими боєприпасами. КЗУ можуть застосовуватися як для ураження цілі в момент обстрілу, так і для дистанційного мінування (див. Таблицю 1).

#### Класифікація касетних засобів ураження і боєприпасів

| Характерні ознаки                    | Способи реалізації   |
|--------------------------------------|--|
| Наявність систем управління          | Некеровані – вільного розсіювання з БЕ різного функціонального призначення та дії (ОБЕ, Кобе, ППМ, ПТМ, запальні, бетонобійні і т.д.) Керовані (в основному для ураження бронецілей): – СНБЕ з БЧ кумулятивної дії; – СПБЕ з принципом дії «ударне ядро»   |
| По способу відкриття контейнера      | Зріз торця (дна) контейнера (корпусу) за допомогою порохового вишибного заряду (газодинамічний) Руйнування оболонки контейнера (корпусу) детонується подовженими зарядами  |
| За місцем викидання БЕ із контейнера | Через срізаємий торець:<br>– у напрямку польоту;<br>– в зворотному напрямку<br>У радіальному напрямку:<br>– руйнування (відкриття) оболонки контейнера детонуючими подовженими зарядами з подальшим викидом БЕ за допомогою порохового акумулятора тиску (ПАТ) для надуву розкидаючого БЕ оболонки або центрального розривного заряду (ЦРЗ);<br>– за допомогою односторонніх скосів на лобовій по-поверхні БЕ, асиметричних стабілізаторів, ексцентриситету маси БЕ і т.д;<br>– послідовний викид БЕ з контейнера (корпуса) уздовж траєкторії за допомогою автономних вишибних зарядів |

| Характерні ознаки                     | Способи реалізації  |
|---------------------------------------|---|
| За способом розсіювання БЕ            | Одноетапний – розсіювання БЕ за рахунок відцентрових сил після відкриття контейнера<br>Двоетапний або комбінований:<br>– викид блоку касет з БЕ з контейнера газодинамічним способом з подальшим їх<br>– відстріл контейнера з БЕ з корпусу газодинамічним способом в напрямку стрільби з подальшим радіальним розсіюванням БЕ за рахунок забезпечення обертання блоку касет при викиді в заданій точці траєкторії;<br>– відстріл блоку касет з БЕ з контейнера газодинамічним способом, радіальне розсіювання блоків касет під дією відцентрових сил з подальшим розкриттям касет на траєкторії і розсіюванням БЕ на місцевості і т.д. |
| За способу орієнтування в польоті     | З гіроскопічною стабілізацією – за рахунок надання БЕ обертання<br>З аеродинамічною стабілізацією:<br>– розкриваються пір'яні стабілізатори;<br>– гнучкі стрічки;<br>– петльові і лопатеві стабілізатори;<br>– купольні парашути і т.д.   |
| За формою БЕ                          | Симетричні:<br>– сферичні і овальні тіла;<br>– високі і низькі циліндри<br>Асиметричні:<br>– секторної форми;<br>– «пелюстки» і т.д.  |
| За місцем розриву БЕ                  | Наземний при ударі об землю (з контактним детонатором) Повітряний з підкиданням після удару об землю (з ударним запальником заряду поділу і сповільнювачем) Повітряний з траєкторним розривом (з неконтактним детонатором)  |
| За законом розподілу БЕ на місцевості | Рівномірний<br>Нормальне<br>Реальне<br>Із забезпеченням заданого розподілу в зоні ураження (регульоване)  |
| За способом доставки до цілі          | Артилерією, РСЗО, ракетами (наземного, морського і повітряного базування), авіабомбами і контейнерами на повітряних носіях  |

Касетний боєприпас – це звичайний боєприпас, призначений для розкидання або вивільнення розривних суббоєприпасів, кожен з яких важить менше 20 кг, і включає в себе ці розривні суббоєприпаси.

Розривний суббоєприпас – це звичайний боєприпас, який для виконання свого завдання викидається або вивільняється касетним боєприпасом і призначений спрацювати в результаті ініціювання розривного заряду до, в момент, або після удару.

Касетні боєприпаси з бойовими елементами вільного розсіювання в даний час є простим, дешевим і тому найбільш перспективним засобом боротьби зі скупченням броньованих цілей і живої сили на великих відстанях, що не вимагає, з одного боку, використання складних електронних систем управління, а з іншого – не схильним до інформаційних і вогневій протидії супротивника.

#### Список використаних джерел

1. *Взрывчатые вещества и пороха. М., Воениздат, 1976. 120 с.*
2. *Артиллерийские пороха и заряды. Берлин.: 1944.- 195с.*
3. *Експертне дослідження щодо зниження (часткової втрати) оборонного потенціалу України (протягом 2004-2014 р.р.) – К. НУОУ – 2015р.*

4. *Основы конструкции средств поражения и боеприпасов: тексты лекций / В.А. Чубасов; Балт. гос. техн. ун-т – СПб., 2011. -176 с.*
5. *Правила техники безопасности при хранении, сборке и ремонте боеприпасов на арсеналах, базах и складах: 1975. – 103 с.*
6. *Интернет джерело –*  
([http://factmil.com/publ/vpk/artillerijsko\\_strelkovaja\\_promyshlennost/zarubezhnye\\_modulnye\\_metatelnye\\_zarjad\\_y\\_2011/19-1-0-250](http://factmil.com/publ/vpk/artillerijsko_strelkovaja_promyshlennost/zarubezhnye_modulnye_metatelnye_zarjad_y_2011/19-1-0-250))
7. *Интернет джерело –* (<https://bulletpicker.com/index.html>).

**Науковий керівник:** Дехтяренко К.

**Рецензент:** Сергеев В., к.т.н., доц., Військова академія (м. Одеса), Україна.

УДК 623.423

Ісмаїлова Н.П., д.т.н, доц.

Кандибка О.В.

Військова академія (м. Одеса) Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ АРТИЛЕРІЙСЬКИХ СТВОЛІВ НА ЖИВУЧІСТЬ. НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН АРТИЛЕРІЙСЬКИХ СТВОЛІВ

Стаття присвячена створенню науково-технічного доробку в області теоретичного дослідження перспективних методів полігонних випробувань артилерійських стволів на живучість. Розглядається питання оцінки напружено-деформованого стану артилерійського ствола і прогнозування зносу ствола з урахуванням його настрілу.

**Ключові слова:** живучість артилерійських стволів, напружено-деформований стан, артилерійський ствол, міцність, рух, навантаження.

**Актуальність проблеми.** Конкурентоспроможність української військової техніки загальновідома. Однак для її підтримки на високому рівні необхідно постійно оновлювати науково-технічні напрацювання. У сучасних умовах конкуренція в розробці і виробництві нової техніки вимагає організації максимально швидкого її проектування, випробувань і постановки на виробництво. Але як і раніше залишається актуальною проблема підвищення живучості артилерійських стволів. Це змушує розробників переходити до скорочення обсягу натурного експерименту і випробувань, замінюючи його обчислювальним. Актуальність такої стратегії обумовлена тим, що основні концепції нової техніки добре відомі конкуруючим сторонам.

**Мета и завдання.** Метою підвищення технічних характеристик артилерійських стволів необхідно вдаватися до більш досконалих технологічних процесів, і досліджувати поведінку більш складних фізико-механічних процесів при їх експлуатації. Необхідно вдосконалювати розрахункові моделі та підходи до математичного і чисельного дослідження складних механічних процесів і станів. В даний час гостро постала проблема розробки ствольної артилерійської зброї. Артилерійські системи мають величезне значення в забезпеченні бойових можливостей збройних сил, де величезну увагу до їх технології виготовлення і режимів бойового застосування.

**Виклад основного матеріалу:** При розрахунку стволів артилерійської зброї на міцність традиційними методами вирішують задачу зі статичним навантаженням ствола максимальним тиском порохових газів, тоді як вплив інших силових факторів враховується вибором коефіцієнтів запасу міцності і коригується за результатами експериментів. Однак більш інформативним підходом до розрахунку ствола на міцність є метод чисельного моделювання процесу динамічної взаємодії снаряда і внутрішньою поверхнею ствола, заснований на надання снаряду певного значення початкового прискорення. Досліджувалося питання про вплив напружено-деформований стан контактуючих елементів.

Можна перерахувати ряд основних впливів, що впливають на напружено – деформований стан ствола артилерійської зброї в процесі пострілу, а саме:

- вплив сил тиску порохових газів, що викликають напругу і деформації в стінках ствола;
- вплив сил тертя снаряда об поверхню каналу ствола і сил тиску провідного елементу;
- вплив сил інерції, що виникають внаслідок опору повороту снаряда в процесі обертання.

З огляду на динамічний характер впливів, результати розрахунків напружено-деформованого стану, що використовуються для щільного аналізу і проектування стволів [2]. Допущення, які приймаються при міцності розрахунках і зводять задачу до розрахунку ізотропної циліндричної труби, схильною до внутрішнього статичному тиску, а саме:

- допущення про те, що сила тертя об поверхню ствола викликає нехтує малі осьові напруги в стінках ствола;

- тиск ведучого пристрою викликає малі напруги крутіння;
- навантаження, які відчуються стволом при пострілі, носять статичний характер і неприйнятні при аналізі впливу напружено-деформованого стану на процеси зношування.

З огляду на вищесказане, характеристики полів напружень стволів артилерійської зброї повинні визначатися з урахуванням динамічних ефектів, що відбуваються в умовах високих швидкостей ковзання, і враховувати зміну коефіцієнта тертя, як функції швидкості ковзання. Виходячи з фундаментальності фізичних законів, покладених в основу кінетичної теорії руйнування [6], логічно припустити, що процеси накопичення пошкоджень, що відбуваються при механічному впливі снаряда, що рухається з натягом в каналі ствола, будуть підпорядковуватися основним закономірностям даної теорії. Такий підхід робить можливим дослідження в явному вигляді спільного впливу на руйнування напруженого стану і температурних ефектів, які є переважаючими факторами.

Ще однією важливою особливістю, яку формули, що використовуються для розрахунку живучості, є емпіричними, тобто підсумовують експериментальні результати випробувань минулих років і більш ранніх зразків озброєння. Це змушує випробування нових зразків (стволів або снарядів) проводити в більш широкому масштабі, що вимагає великих матеріальних і тимчасових витрат. Тому в даний час гостро постала проблема розробки теоретичних основ тих методів, які раніше базувалися на емпіричних залежностях. Прогрес сучасної обчислювальної техніки дозволяє вирішувати поставлені завдання, проте для цього потрібен певний науково-технічний заділ в області теорії процесів, пов'язаних із зносом артилерійських стволів, що визначають процеси накопичення пошкоджень в умовах високих швидкостей ковзання і динамічних навантажень.

Для сучасної артилерійської зброї ознакою досягнення стволом в межах живучості, як правило, служить систематичне зрізання провідних поясків снарядів і обумовлене цим різке погіршення кучності бою зброї по місцевості, а також неправильний політ снаряда, що приводить до появи тракторних розривів і відмовою дії снарядів у мети. Це зумовило прогресивні технологічні прийоми при виготовленні, вибір матеріалу для виготовлення артилерійських стволів, їх обробку, конструктивні варіанти виробу. В даний час з'являються певні питання в зв'язку з інтенсифікацією режимів бойового застосування артилерійських систем.

Як відомо, при пострілі ствол стрілецької зброї на різних ділянках у міру просування кулі по каналу відчуває різні види навантажень, основними з яких є [2]:

- поздовжнє розтягання силами тертя оболонки кулі по поверхні контакту з каналом ствола і опору деформації оболонки при вході на профільні направляючі ділянки ствола (ділянка входу);
- змінюється в часі тиск порохових газів;
- крутний момент, який повідомляє снаряду обертальний рух;
- тиск на контактних поверхнях оболонки снаряда і каналу ствола (бойових граней і полігональних доріжок);
- поперечні навантаження, викликані вібрацією ствола.

Зокрема, щодо дослідження систем управління артилерійськими гарматами відкритим залишається питання вдосконалення математичної моделі динамічного об'єкта оскільки першим важливим питанням є:

1) частину загальної системи в момент здійснення пострілу є некерованою, а що виникає за короткий період обурення можуть бути значним впливом на точність стрільби;

2) уточнення динамічно напружено-деформованого стану ствола під дією короточасного впливу переміщується слідом за виштовхнутим снарядом навантаження від тиску порохових газів на його внутрішню поверхню.

Це завдання набуває дедалі більшого значення із зростанням вимог до дальності і точності стрільби.

Ось каналу ствола визначає пов'язану з ним систему координат  $O_{xyz}$ . Ось  $x$ - уздовж каналу ствола, вісь  $z$ - перпендикулярно до неї і розташована у вертикальній площині. Під дією горіння порохових газів утворюється від моменту початку  $t = 0$  тиск  $\rho(t)$  снаряд масою  $m$  рухається, прискорюючись в каналі ствола. Його поточний стан  $\xi(t)$  і швидкість  $V(t)$  визначається створюваним тиском  $g(t)$ .

Задані  $\rho(t)$ ,  $\xi(t)$ ,  $V(t)$ , маса снаряда, калібр  $d$  і  $\Sigma$ . Відповідно, задається область  $\rho(t)$  – навантажується частина внутрішньої поверхні каналу ствола.

Розглянемо циліндричну систему координат  $O_{xrp}$  ( $x = x, r \mid \varphi = 0 \equiv z$ ) для області  $\Sigma$  (компоненти вектора переміщень  $u = \{ur, u\varphi, u_x\}$ ), отримуємо систему рівнянь

$$\left\{ \begin{array}{l} \varepsilon_r = \frac{du}{dr}; \varepsilon_\varphi = \frac{du_\varphi}{dy} + \frac{ur}{r}; \varepsilon_x = \frac{du_x}{dx} \\ \varepsilon_{rx} = \frac{1}{2} * \left( \frac{du_r}{dx} + \frac{dy_x}{dr} \right); \varepsilon_{r\varphi} = \frac{1}{2} \left( \frac{1}{r} * \frac{du}{du} + \frac{du_\varphi}{dr} - \frac{u_\varphi}{r} \right) \\ \varepsilon_{\varphi x} = \frac{1}{2} \left( \frac{1}{r} * \frac{du}{d\varphi} + \frac{du}{dx} \right); \\ \frac{\partial \sigma}{dr} + \frac{1}{r} * \frac{d\sigma_{r\varphi}}{d\varphi} + \frac{d\sigma_{rx}}{dx} + \frac{\sigma_r - \sigma_\varphi}{r} + F_r = 0; (1) \\ \frac{d\sigma_{r\varphi}}{dr} + \frac{1}{r} * \frac{d\sigma_\varphi}{d\sigma} + \frac{d\sigma_{\varphi z}}{dz} + \frac{2\sigma_{r\varphi}}{r} + F_\varphi = 0; \\ \frac{d\sigma_{rx}}{dr} + \frac{1}{r} * \frac{d\sigma_{\varphi x}}{d\varphi} + \frac{d\sigma_x}{dx} + \frac{\sigma_{rx}}{r} + F_x = 0, \end{array} \right.$$

де  $\varepsilon, \sigma$  – компоненти тензора деформацій і напружень, пов'язані узагальненим законом Гука [3]

$$\sigma_{ij} = E_{ijke} \cdot \varepsilon_{ke} \quad (2)$$

де  $E$  – компоненти тензора, що визначаються для ізотропного тіла через Ляме  $\lambda, \mu$  матеріалу наступним чином [3]:

$$E_{ijke} = \lambda \delta_{ij} \delta_{ke} + 2\mu \delta_{ik} \delta_{je} \quad (3)$$

де  $\delta_{ij}$  символ Кронекера.

Рівняння (1) доповнюється граничними умовами:

$$u|_{\rho_0} = 0, \sigma_{kr}(t) = \rho(t) \quad (4)$$

де  $u = \{ur, u\varphi, u_x\}$  Т – вектори переміщень точок  $\Sigma$ .

Рівняння (1) – (4) в силу своєї залежності  $\rho = \rho(t)$  є функцією часу. Компоненти об'ємних сил  $F = \{F_r, F_\varphi, F_x\}$  Т доповнюється інерційним складовою

$$F = \rho g - \rho \frac{d^2 u}{dt^2} \quad (5)$$

де  $\rho$  – щільність матеріалу,  $g$  – вектор гідії і величина гравітаційної компоненти прискорення вільного падіння.

Область  $\Sigma$  характеризується початковими швидкостями:

$$\left. \frac{du}{dt} \right|_{\Sigma=0} \text{ при } t = 0 \quad (6)$$

Рівняння (1) – (6) задає деяку початково-крайову задачу, визначаємо динамічний напружено-деформований стан області  $\Sigma$ .

Характер розподілу деформацій показує, що максимальні пластичні деформації в каналі ствола виникають в період врізання снаряду внаслідок істотних дотичних напружень, що виникають за рахунок опору повороту снаряда в процесі врізання і під час виходу снаряда з каналу ствола, внаслідок великих швидкостей поступального і обертального руху. При виході снаряда з каналу ствола відцентрові сили викликають суттєві тангенціальні напруження в оболонці.

Для роздільної оцінки ступеня впливу кожного з факторів на ПДВ ствола в даній моделі розглядалося напружено-деформований стан, який виникає при русі снаряда по каналу ствола під дією тиску порохових газів, без урахування тиску порохових газів на стінки ствола. Аналіз різних

характеристик поля напружень  $\sigma(x, y, z, \mu, t)$  дозволяє оцінити ступінь впливу їх на процеси накопичення пошкоджень, виявити характеристики або їх комбінації, які корретірують найбільш істотним чином з процесами руйнування, і побудувати адекватну модель накопичення пошкоджень і зносу.

Стан гладких стволів, як відомо, прийнято характеризувати ступенем подовження ЗКО, що з'являється через зношування каналу ствола. Це відбувається внаслідок високих температур і високого тиску, що розвиваються при стрільбі, а також з-за прориву порохових газів між стінками каналу ствола і снарядом.

#### **Висновки:**

на підставі проведеного аналізу намічені шляхи для оцінки зносу артилерійських стволів, показана необхідність враховувати особливості динамічного характеру напружено-деформованого стану в умовах високошвидкісного тертя;

якщо  $\Sigma$  прийняти як тіло обертання і відволікання від особливості просторової геометрії то рівняння (1) – (6) можна спростити, втративши залежно від кутової координати  $\varphi$ ;

наданий в роботі розрахунок напружено-деформованого стану стволів артилерійського озброєння дає можливість якісного визначення складової похибки при виконанні пострілів.

при розгоні снаряда порохом газом з постійним тиском, вхід ствола практично не встигає зробити істотного впливу на процес її прискореного руху.

#### **Список використаних джерел**

1. Широкоград А.Б. *Энциклопедия отечественной артиллерии*. – Харвест, 2000, – 1188с.
2. Александрова И.Е., Александрова Т.Е. *К вопросу синтеза робастного стабилизатора танковой пушки с использованием аппарата функций чувствительности // Механіка та машинобудування*. – Харьков: НГУ «ХПИ», 2012.- №1.-с71-80.
3. Работнов Ю.Н. *Механика деформируемого твердого тела*. – Наука, 1988. – 712с. [с. 45-60].
4. Болотин В.В. *Динамическая устойчивость упругих систем*. – Гос. издательство технико-теоретической литературы, 1956- 600с. [с. 125-141].
5. *Теория колебаний*. – М.:Гос. издательство технико-теоретической литературы, 1958-628с.
6. Montgomery R.S. *Friction and Wear at High Sliding Speeds // Wear*. – 1976. – Т. 36. -Р. 275-298.
7. Lim J. *Cambridge University Internal Report / Michael F. Ashby // CUED, C.-mat. -1986. – Т. 123.*
8. *Оценка влияния профиля канала ствола на прочность стрелкового оружия / Ю. Г. Розов [и др.] // Артиллерийское и стрелковое вооружение*. – 2012. – № 1. – С. 35–39.
9. *Бабак Ф. К. Основы стрелкового оружия/ Ф. К. Бабак*. – СПб: Полигон, 2003. – 252 с.
10. *Рудаков К. М. Чисельні методи аналізу в динаміці та міцності конструкцій: Навч. посібник/ К. М. Рудаков*. – К.: НТУУ «КПІ», 2007. – 379 с.: іл.

**Рецензент:** Кушнарєва Г.О., к.т.н., доц., Військова академія (Одеса), Україна.



УДК 629.7.036

**Карчевський С.В.**, магістрант

Військова академія (м. Одеса), Україна

## ОБҐРУНТУВАННЯ ТАКТИКО-ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ДО БОЄПРИПАСІВ З ПОВІТРЯНО-РЕАКТИВНИМ ДВИГУНОМ

В статті розглядаються огляд і аналіз розробок РДТП та ППРД, які використовуються в ракетах різноманітного призначення, дана їх класифікація і області застосування, показані переваги ГППРД при довготривалих польотах ракет на великі відстані в земній атмосфері.

**Ключові слова:** ракетний двигун твердого палива (РДТП); тверде ракетне паливо (ТРП); прямоточний повітряно-реактивний двигун (ППРД); дозвуківий прямоточний повітряно-реактивний двигун (ДППРД); надзвуківий прямоточний повітряно-реактивний двигун (НППРД); гіперзвуківий прямоточний повітряно-реактивний двигун (ГППРД); коефіцієнт окислення твердого ракетного палива ( $a$ ); стехіометричний коефіцієнт  $B_0$ , число Маха ( $M$ ).

**Постановка проблеми.** Ситуація, яка склалась при проведенні антитерористичної операції (АТО) а потім операції Об'єднаних сил (ООС) у Донецькій та Луганській областях України з квітня 2014 року, вимагала застосування не тільки стрілецького озброєння, що є на озброєнні підрозділів Збройних Сил України (ЗСУ) та інших силових відомств, а й більш потужного, а саме ракетно-артилерійського озброєння, проти незаконних збройних формувань (НЗФ) і військ РФ, що мають високі мобілізаційні можливості, маневреність, чітку систему управління та ротації членів НЗФ у зоні бойових дій. Вона ускладнювалась і тим, що банд формування мали підтримку у вигляді озброєння, яке за своїми характеристиками та можливостями в деяких випадках перевищувало ефективність застосування у порівнянні зі штатними зразками озброєння та військової техніки (ОВТ), що є на озброєнні об'єднаних силових структур держави, зокрема Збройних Сил України.

Досвід проведення бойових дій в зоні ООС, сучасних військових конфліктів (Об'єднана військова коаліція проти терористичної організації ІДІЛ, громадянська війна в Сирії) засвідчує актуальність застосування високоточної зброї, боєприпасів та ракет з повітряно-реактивними двигунами, оскільки основні бойові зіткнення відбуваються у населених пунктах і потребують ні майданного, а об'єктного ураження цілей на великій відстані.

**Мета статті.** Мета статті є обґрунтування тактико-технічних вимог до боєприпасів та ракет з повітряно-реактивними двигунами із застосуванням сучасних розробок в області науки та відповідного технічного рівня, що буде корисним при розробленні тактико-технічних вимог до сучасних та перспективних систем озброєння, що застосовуються. Актуальність даного питання для Збройних Сил України останнім часом значно зросла, враховуючи ведення бойових дій на відстані в сучасних умовах.

**Основна частина.** До прямоточних повітряно-реактивних двигунів на твердому палеві належать повітряно-реактивні двигуни, в яких основними компонентами робочого тіла є тверде паливо і повітря, що забирається з навколишнього середовища. Використовуючи в якості окислювача навколишнє повітря, ППРД забезпечують істотно зростає економія палива, ніж РДТП, так як на борту ЛА необхідно мати тільки пальне. У той же час можливість здійснення робочого процесу з використанням навколишнього повітря обмежує область використання ППРД.

Існує два основні класи реактивних двигунів:

- повітряно-реактивні двигуни – теплові двигуни, які використовують енергію окислення пального киснем повітря, що забирається з атмосфери. Робоче тіло цих двигунів є сумішшю продуктів горіння з іншими компонентами забраного повітря.
- ракетний двигун – містять всі компоненти робочого тіла на борту і здатні працювати в будь-якому середовищі, в тому числі і в безповітряному просторі.

Будь-який повітряно-реактивний двигун має вхідний патрубок або дифузор для забору атмосферного повітря і вихідний або реактивне сопло для випуску розігрітих газів, сила реакції яких створює реактивну тягу. Сила тяги дорівнює різниці щосекундних кількостей вихідних газів і входить маси повітря.

До основних типів ПРД відносяться:

- прямоточний ПРД (ППРД);
- пульсуючий ПРД (ПуПРД);
- турбореактивний ПРД (ТРД).

Розрізняються дані типи в першу чергу, технічним способом, яким досягається необхідне підвищення тиску, і який зумовлює пристрій двигуна даного типу.

ПРД – тепловий двигун. Термодинаміка процесу перетворення тепла в роботу для прямоточних ПРД і турбореактивних РД описується циклом Брайтона, а для пульсуючих ПРД – циклом Хамфрі. В обох випадках корисна робота, за рахунок якої формується реактивна струміль, виконується в ході адиабатичного розширення палива в соплі до зрівнювання його статичного тиску із зовнішнім, атмосферним. Таким чином, для повітряно-реактивних двигунів обов'язкова умова: тиск робочого тіла перед початком розширення повинен перевищувати атмосферний, і чим більше – тим більше корисна робота термодинамічної циклу, і вище коефіцієнт корисної дії двигуна. Але в навколишньому середовищі, з якої забирається робоче тіло, воно знаходиться при атмосферному тиску. Отже, щоб ПРД міг працювати, необхідно тим чи іншим способом підвищити тиск робочого тіла в двигуні по відношенню до атмосферного.

ПРД – двигун, що розвиває тягу за рахунок реактивного струменя робочого тіла, що минає з сопла двигуна. З цієї точки зору ПРД подібний ракетному двигуну (РД), але відрізняється від останнього тим, що більшу частину робочого тіла він забирає з атмосфери, в тому числі і кисень, який використовується в ПРД як окислювач. Завдяки цьому ПРД має перевагу в порівнянні з ракетним двигуном при польотах в земній атмосфері. Якщо літальний апарат, обладнаний ракетним двигуном повинен нести на борту як пальне, так і окислювач, маса якого більша за масу пального від 2 до 8 разів (і більше), в залежності від типу пального, то апарат, оснащений ПРД повинен мати на борту тільки запас пального, і при одній і тій же масі палива апарат з ПРД має енергетичним ресурсом у багато разів більшим, ніж ракета з РД.

Робоче тіло ПРД на виході з сопла являє собою суміш продуктів згорання пального з рештою після вигорання кисню складовими повітря. Якщо для повного окислення 1 кг гасу потрібно близько 3,4 кг чистого кисню, то, з огляду на, що атмосферне повітря містить лише близько 23% кисню за масою, для повного окислення цього пального потрібно 15 кг повітря, і, отже, робоче тіло, як мінімум, на 94% своєї маси складається з атмосферного повітря. На практиці в ПРД має місце надлишок витрати повітря (іноді – в кілька разів, в порівнянні з мінімально необхідним для повного згорання пального), наприклад, в турбореактивних двигунах витрата пального становить 1% – 2% від витрати повітря. Це дозволяє при аналізі роботи ПРД без великого збитку для точності, вважати запас робочого тіла ПРД, як на виході, так і на вході, одним і тим же речовиною – повітрям з атмосфери, а витрата робочого тіла через будь-який перетин проточної частини двигуна – рівним.

Динаміку ПРД можна представити таким чином: робоче тіло, надходить у двигун зі швидкістю польоту літального апарату, а виходить його зі швидкістю виділення реактивного струменя з сопла. Виходить просте вираження для реактивної тяги ВРД:

$$P = C \cdot (c - V) \quad (1)$$

де  $P$  – сила тяги,  $V$  – швидкість польоту,  $c$  – швидкість виділення реактивного струменя (щодо двигуна),  $O$  – секундна витрата маси робочого тіла через сопло. Очевидно, ВРД ефективний тільки в випадках, коли швидкість витікання робочого тіла з сопла двигуна перевищує швидкість польоту:  $c > V$ .

Швидкість газу з сопла теплового реактивного двигуна залежить від хімічного складу робочого тіла, його температури на вході в сопло, і від ступеня розширення робочого тіла в соплі (відносини  $P$  на вході в сопло до  $P$  на його зрізі).

Хімічний склад робочого тіла для всіх ПРД можна вважати ідентичним, що ж стосується температури, і ступеня розширення, які досягаються робочим тілом в процесі роботи двигуна – мають місце великі відмінності для різних типів ПРД і різних зразків ПРД одного виду.

Ефективність ПРД як рушія визначає польотний або тяговий коефіцієнт корисної дії – відносна частка механічної енергії виробленої двигуном, витрачена на приведення апарату в стан руху, виражається формулою:

$$L_p = \frac{c}{v} \quad (2)$$

Порівнюючи першу і другу формули можна прийти до висновку, що чим більша різниця між швидкістю витікання газів з сопла і швидкістю польоту, тим більше тяга двигуна і тим менше польотний ККД. При однакових швидкостях польоту і вильоту газів із сопла польотний ККД буде дорівнює 1.0, тобто 100%, але тяга двигуна буде дорівнює 0. З цієї причини розробка ПРД є компромісом між створюваною ним тягою і його польотним ККД. Пошуки прийняттого компромісу привели до розробки двоконтурних турбореактивних, турбовентиляторних і турбогвинтових двигунів.

#### Основні типи ПРД

Як було сказано вище до основних типів повітряно-реактивних двигунів відносяться:

- прямоточний ПРД (ППРД);
- пульсуючий ПРД (ПуПРД);
- турбореактивний ПРД (ТРД).

Прямоточний повітряно-реактивний двигун – реактивний двигун, є найпростішим в класі повітряно-реактивних двигунів (ПРД) за схемою. Відноситься до типу ПРД прямої реакції, в яких реактивна тяга створюється тільки за рахунок реактивного струменя, що минає з сопла. Потрібне для роботи двигуна підвищення тиску досягається за рахунок загальмування зустрічного потоку повітря. ППРД марний при низьких швидкостях польоту, тим більше – при нульовій швидкості, для виведення його на робочу потужність необхідний той чи інший прискорювач.

Схематично ППРД має гранично простий пристрій (рисунок 1). Прямоточний повітряно-реактивний двигун складається з камери згорання, в яку з дифузора надходить повітря, а з паливних форсунок – пальне. Закінчується камера згорання входом в який звужується – розширюється сопло.

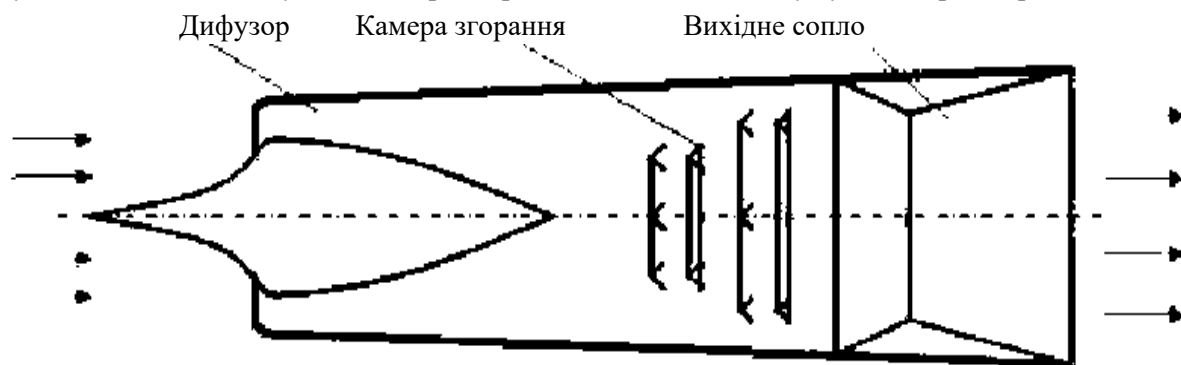


Рис. 1 – Схема ППРД

З розвитком технології сумішевого твердого палива, воно стало застосовуватися в прямоточних ПРД. У камері згорання розміщується паливна шашка з поздовжнім центральним каналом. Робоче тіло, яке проходить по каналу, поступово окисляє паливо з його поверхні, і нагрівається саме. Використання твердого палива спрощує конструкцію ППРД: в зв'язку з цим, непотрібною стає паливна система. Склад сумішевого палива для ППРД відрізняється від палива, використовуваного в РДТТ. Якщо для ракетного двигуна більшу частину палива складає окислювач, то для ППРД він додається лише в невеликій кількості

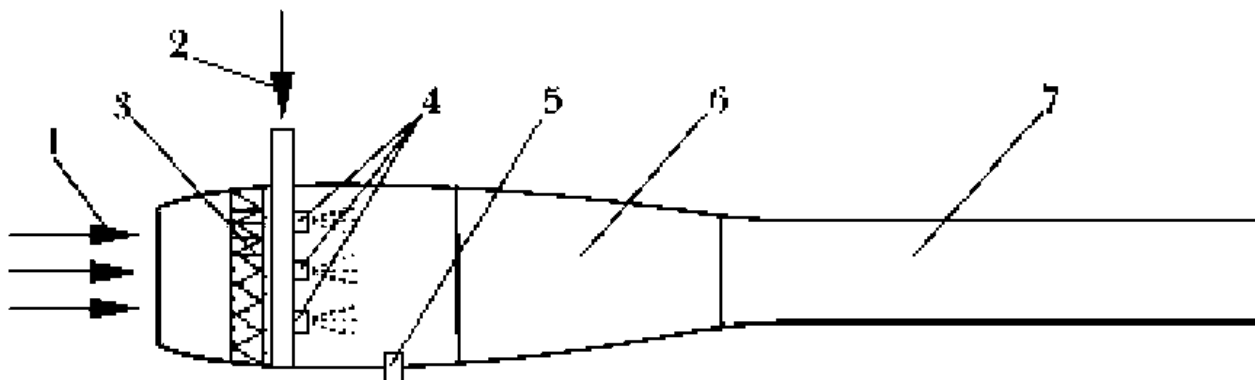
для активізації процесу окислення. Більшу частину складу сумішевого палива ППРД становить дрібнодисперсний порошок алюмінію, магнію або берилію, теплота окислення, яких значно перевершує теплоту згоряння вуглеводневих горючих.

Принцип роботи прямооточного повітряно-реактивного двигуна полягає в прокачуванні під напором пального через нагрівальний пристрій, випаровуванні, подачі в ежектор, ежектування повітря з навколишнього середовища струменем пара пального, стисненні і нагнітанні в суміші пара пального і атмосферного повітря в камеру згоряння і згорянні в останній, створюючи енергію для реактивної сили тяги і нагріву пального. Подальше нагнітання тиску за рахунок використання енергії вихлопних газів. Стиснення пального до критичного або надкритичного стану речовини відбувається в холодному рідкому стані. Додатково здійснюється перегрів пара до газоподібного стану і температури самозаймання  $340.1390^{\circ}\text{C}$  в зустрічному потоці гарячого газу, який потім відводиться в сопло вторинного контуру ежекції. Для окислення в камеру згоряння нагнітають збагачену суміш парів пального і атмосферного повітря. Спалювання палива виробляється у вторинному контурі ежекторного підсилювача сили тяги. Прямоточний повітряно-реактивний двигун має нагнітач палива, повітрязбірний пристрій з ежектором на виході, що складається з камери для змішування і форсунки для розпилення газоподібного палива, ежекуючого надходить через повітрязбірник повітря з навколишнього середовища, камеру згоряння з вихлопним соплом і нагрівальним пристроєм для нагріву палива. Двигун виготовлений з прямооточним ежекторним генератором, з вхідним до нього камерою згоряння. Повітрязбірний пристрій виконано регульованим. Форсунки для розпилення газоподібного палива виготовлені надзвуковими. Двигун також забезпечений одним або більше пароперегрівом з газовим рефлектором і обтічником рефлектора, кожухом зворотного потоку продуктів згоряння навколо пароперегрівача, пристроєм перепуску газу, що проходить уздовж пароперегрівача в сопла вторинного контуру ежекторного підсилювача тяги, електропароперегрівачем для включення двигуна. За камерою згоряння розташований геометрично розширюється надзвукове сопло, яке використовується в якості форсунки ежекторного підсилювача сили тяги.

Відомий спосіб роботи прямооточного повітряно-реактивного двигуна, коли пальне прокачується під тиском через нагрівальний пристрій, випаровується і в якості ежекуючого робочого тіла подається в прямотруменевий ежектор. У ежекторі ежекуюче паливо у вигляді струменя пара пального зтягує атмосферне повітря з навколишнього середовища і стискає його, нагнітаючи в камеру згоряння. Суміш пара пального і повітря окислюється в камері згоряння. Отримана енергія в камері згоряння, використовується для прогріву наступних порцій пального і прискорення продуктів згоряння, для отримання сили тяги.

Пульсуючий повітряно-реактивний двигун – вид повітряно-реактивного двигуна. У ПуПРД використовуються камера згоряння з вхідними клапанами і довге циліндричне вихідне сопло. Пальне і повітря подаються по часово. За способом робочого процесу ПуПРД можна розділити на дві основні групи: хвильового типу не використовує автоматичні клапани або з клапанами на вході (ПуПРД) і з примусовим наповненням і продувкою (ПуПРД). У ПуПРД підвищений тиск в процесі окислення палива в камері призводить в рух масу газу і атмосферного повітря, що заповнюють камеру і довге реактивне сопло, і сприяє перерозподілу тиску по тракту двигуна, внаслідок чого камера згоряння і частина реактивного сопла заповнюються наступними порціями атмосферного повітря, і тиск в камері підвищується перед згорянням паливно-повітряної суміші в новому циклі. У ПуПРД, що мають коротке сопло, автоколивання не грають важливу роль, а привід клапанів, продування камери і наповнення відбувається примусово. За конструктивними особливостями розрізняються ПуПРД безклапанні, з одноклапанною камерою згоряння і з двохклапанною камерою згоряння. Ідеальний цикл ПуПРД – цикл з окисленням при постійному об'ємі ( $V = \text{СОП81}$ ) – забезпечує потенційні термодинамічні переваги пульсуючого ПРД перед прямооточним повітряно-реактивним двигуном, що

працює по циклу з згорянням при постійному в часі тиску ( $p = \text{СОП81}$ ). Дійсний цикл ПуПРД залежить від типу двигуна і втрат в ділянках двигуна, розрізняючи в безклапанних, одно – і двохклапанних ПуПРД. У найбільш поширеному типі ПуПРД – максимальний тиск в циклі в 2,5-3,0 рази менше, ніж в циклі з окисленням при  $V = \text{СОП81}$ . На відміну від прямооточного повітряно-реактивного двигуна ПуПРД розвиває реактивну тягу в стартових умовах (при нульовій швидкості польоту літального апарату), проте вже при польоті з Маха числом  $M (\text{та}) > 0,40-0,50$  ПуПРД поступається по лобовій тязі (з – за істотно меншої витрати повітря) і питомою масою (рисунок 2).



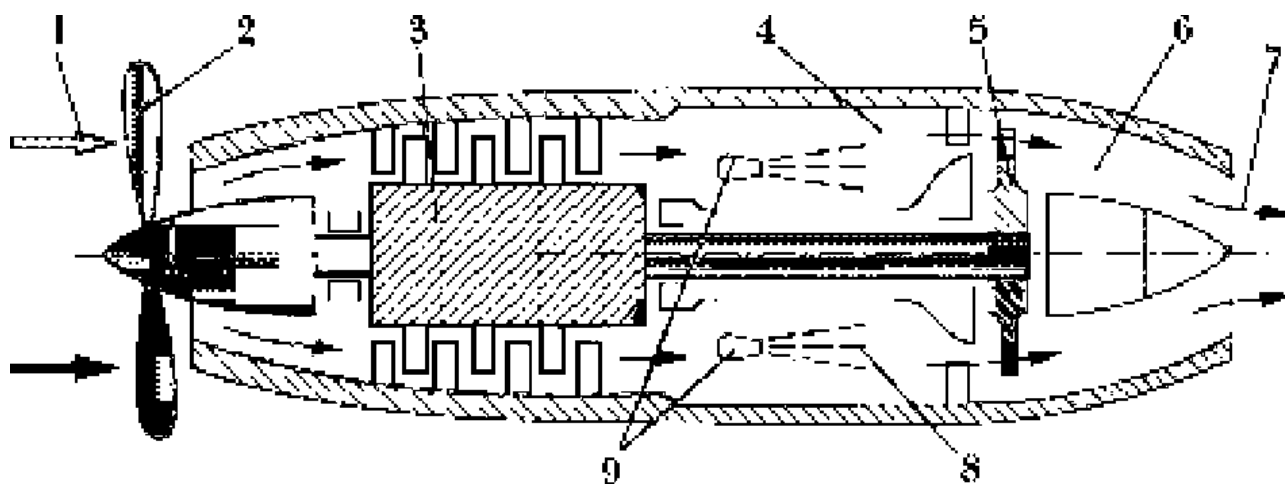
1 – повітря; 2 – пальне; 3 – клапанна решітка; 4 – форсунки; 5 – свічка запалювання; 6 – камера згоряння; 7 – сопло.

Рис. 2 – Схема ПуПРД

У камеру згоряння подається пальне. Електричний запал – свічка запалює отриману суміш. Від згоряння проводиться в частково замкнутому просторі, так як потік газів в довгому вихідному соплі внаслідок своєї інерції заважає прискореному розширенню продуктів згоряння; тому тиск в камері збільшується, входні клапани закриваються, і гази зі збільшеною швидкістю виштовхуються з сопла, впливаючи на двигун з деякою силою реакції. Внаслідок інерції потоку газів, що рухаються по вихідній сопла двигуна, тиск в камері зменшується до рівня нижче атмосферного і в камеру через клапани, які автоматично відкриваються, входить свіжий атмосферне повітря. Потім весь цикл повторюється.

У ті відрізки часу, коли клапани закриті, двигун володіє великим аеродинамічним опором, особливо значним при до – і навіколосвукових швидкостях польоту. Через це ПуПРД придатні тільки на літальних апаратах, швидкість руху яких менше швидкості звуку.

Турбореактивний двигун (ТРД) – повітряно-реактивний двигун (ПРД). Стиснення палива на вході в камеру згоряння і велике значення витрати повітря через двигун стає можливим за рахунок взаємодії зустрічного потоку атмосферного повітря і компресора, розміщеного в тракті ТРД відразу після вхідного пристрою, перед камерою згоряння. Компресор приводиться в рух турбіною, змонтованої на одному валу з ним і працює на тому ж робочому тілі, нагрітому в камері згоряння, з якого утворюється реактивна струмінь (рисунок 3). У вхідному пристрої здійснюється зростання статичного тиску атмосферного повітря за рахунок загальмування повітряного потоку. У компресорі здійснюється підвищення повного тиску повітря за рахунок проробляється компресором механічної роботи. У камері згоряння здійснюється подача теплоти. Частина енергії робочого тіла забирається турбіною. У реактивному соплі утворюється реактивний струмінь.



1 повітря; 2 – компресор; 3 – газова турбіна; 4 – сопло; 5 – гарячі газы; 6 – камера згорання; 7 – рідке паливо; 8 – форсунки

Рис. 3 – Схема ТРД

Компресор стискає атмосферне повітря до необхідної величини, після чого повітря подається в камеру згорання, де розігрівається до потрібної температури за рахунок окислення палива і далі вже вийшов газ надходить на турбіну, де віддає частину енергії, обертаючи її (а вона, в свою чергу компресор), а інша частина при подальшому розгоні газу в реактивному соплі перетворюється в імпульс сили тяги, яка і штовхає літальний апарат вперед. Компресори бувають трьох видів. Змішані, осьові і відцентрові. Відцентрові зазвичай представляють собою колесо, на поверхні якого проведені канали, що закручуються від центру до периферії, інакше звана крильчатка. При її обертанні атмосферне повітря розноситься по каналах відцентровою силою від центру до периферії, стискаючись сильно розганяється і далі потрапляючи в розширюються канали (дифузор) загальмовується, і вся його енергія розгону теж перетворюється в тиск.

В основному зараз використовуються осьові компресори. У них на одній обертається осі (ротор) зміцнені металеві диски (робоче колесо), по вінцях яких розміщені «робочі лопатки». Між вінцями обертових робочих лопаток розміщені вінці нерухомих лопаток, це так званий направляючий апарат (статор). Всі ці лопатки мають певний профіль і кілька закручені, робота їх схожа на роботу крила або лопати вертольота, але тільки в зворотному напрямку. Тепер вже не повітря діє на лопатку, а лопатка на нього. Іншими словами компресор здійснює механічну роботу.

Робочі лопатки «забирають» атмосферне повітря, відкидають його всередину двигуна, там лопатки направляючого апарату певним чином спрямовують його на наступний ряд робочих лопаток і так далі. Ряд робочих лопаток разом з рядом наступних за ними лопаток направляючого апарату утворюють щабель. На кожному ступені відбувається стиснення на певну величину. Осьові компресори бувають з різною кількістю ступенів. Відповідно і ступінь стиснення може бути різна.

Камера згорання. Вона опоясує ротор двигуна після компресора суцільним кільцем, або у вигляді окремих труб (вони називаються жарові труби). Для організації процесу горіння в комплексі з повітряним охолодженням вона вся «дірчаста». Отворів багато, вони різного діаметру і форми. У жарові труби подається через спеціальні форсунки паливо (авіаційний гас), де і згорає, потрапляючи в область високих температур. Після чого гарячий газ потрапляє на турбіну. Вона схожа на компресор, але працює, так би мовити, в протилежному напрямку. Нерухомі лопатки в ній знаходяться не за обертовими робочими, а перед ними і називаються сопловим апаратом. Ступенів у турбіни трохи, зазвичай від однієї до трьох-чотирьох. Більше й не треба, адже для приводу компресора вистачить, а інша енергія газу витратиться в соплі на розгін і отримання тяги. Турбіна самий навантажений вузол в двигуні. ТРД має дуже велику частоту обертання (до 30000 об / хв).

Після турбіни – реактивне сопло. У ньому, власне, і виникає тяга турбореактивного двигуна. Сопла бувають просто звужуються, а бувають та що звужуються або розширюються. Крім того бувають некеровані, а бувають керовані, коли їх діаметр змінюється в залежності від режиму роботи.

**Висновки.** При проведенні огляду і аналізу розробок РДТТ і ППРД, використовуваних в ракет різного призначення отримані наступні результати.

Визначено області застосування дозвукових, надзвукових і гіперзвукових ППРД в різних діапазонах польотних чисел Маха і їх коефіцієнти корисної дії.

Показано переваги ГППРД по тривалості польоту ракет на великих висотах в земній атмосфері.

Виявлено необхідність застосування розгінного РДТТ для виведення ракет на задану висоту і задіяння маршового ГППРД.

Проведено проектування газогенератора до дослідження процесів горіння зразків ТРТ для ГППРД.

#### Список використаних джерел

1. *Иноземцев Н.В. Основы теории реактивных двигателей / Н.В. Иноземцев. – М.: Издательство ДОСААФ, 1952. – 200с.*
2. *Орлов Б.В. Термодинамичні та балістичні основи проектування ракетних двигунів на твердому паливі / Б.В. Орлов, Г.Ю.Мазинг. -М.: Машинобудування, 1979. – 342 с.*
3. *Абугув Д.И. Теория і розрахунок ракетних двигунів твердого палива / Д.И. Абугув, В.М. Бобылев. - М.: Машинобудування, 1987. – 272 с.*
4. *Райзберг Б.А. Основы теории рабочих процессов в ракетных системах на твердом топливе / Б.А. Райзберг, Б.Т. Ерохин, К.П. Самсонов. – М.: Машинобудування, 1972. – 384 с.*
5. *Алемасов В.Е. Теория ракетных двигателей / В.Е. Алемасов, А.Ф. Дрегалін, А.П. Тишин. -М.: Машинобудування, 1989. – 464 с.*
6. *Шшиков А. А. Рабочі процеси в ракетних двигунах на твердому паливі / А.А. Шшиков, С.Д. Панин, Б.В. Румянцев. -М.: Машинобудування, 1989. – 240с.*
7. *Калинин В.В. Нестационарні процеси і методи проектування вузлів РДТТ / В.В. Калинин, Ю.Н. Ковалев, А.М. Липанов. -М.: Машинобудування, 1989. – 216с.*
8. *Ерохин Б.Т. Теория внутрішньо-камерних процесів і проектування РДТП / Б. Т. Ерохин – М.: Машинобудування, 1991. 560 с.*
9. *Боднарюк М.М. Прямоточні повітряно-реактивні двигуни / М.М. Боднарюк, С.М. Ільяшенко. – М.: Оборонгиз, 1958. – 394 с.*
10. *Интегральні прямоточні повітряно-реактивні двигуни на твердих паливах. Основи теорії і розрахунку / В.Н. Александров [и др.]; под ред. Л.С. Яновского. -М.: Академкнига, 2016. – 343 с.*

**Науковий керівник:** Скорохватов О.М.

**Рецензент:** Сергєєв В., к.т.н., доц., Військова академія (м. Одеса), Україна.

УДК 623.426

**Кваша А.В.**, магістрант*Військова академія (м. Одеса), Україна*

## СУЧАСНІ ВИМОГИ ДО ПРОЕКТУВАННЯ КРИЛАТИХ РАКЕТ

*В статті розглянуто сучасні технічні потреби до проектування крилатих ракет та їх методи вдосконалення, а також розглянуті переваги та недоліки різних типів керованих ракет, які використовуються в різних провідних країнах. Запропоновано напрямки розробки та впровадження крилатих ракет для використання в Збройних Силах України.*

**Ключові слова:** крилата ракета, технічні характеристики, система керування.

**Постановка проблеми.** Аналіз технічного рівня озброєння і військової техніки (ОВТ) Збройних Сил України (ЗСУ) демонструє, що він не відповідає запитам військового часу. Причиною цього стала багаторічна хронічна нестача бюджетних коштів для модернізації існуючих і розробки нових видів озброєння. У найближчі роки у багатьох із них закінчиться технічний ресурс експлуатації, що може привести до подальшого зниження боєздатності армії. В цих умовах одним із пріоритетних видів ОВТ, здатних потенційно підвищити обороноздатність держави є ракетно-реактивне озброєння (РРО). Наявність високоточних ракетних комплексів уже одним фактом свого існування здатне утримати агресора від нападу, оскільки вони створюють реальну загрозу економічному і військовому потенціалу противника. проглядається тенденція нанесення першого удару ракетами, а авіації відводиться другорядна роль.

**Мета статті** полягає в аналізі технічних характеристик ракетного озброєння існуючих ракетних комплексів, їх переваги та недоліки, а також впровадження їх в Збройних Силах України.

**Виклад основного матеріалу.** Висока ефективність сучасних систем ППО міняє вимоги до КР. Вірніше, щоб бути ефективною зброєю, КР повинні мати тільки хороші аеродинамічні характеристики, мінімальну стартову вагу, невелику питому витрату палива. Проте оборонні системи ставлять ряд нових вимог. Нині мала ефективна поверхня розсіювання має таке ж значення, як високі льотні характеристики. Проектування складної нової техніки, який являється КР – процес багатозначний і дуже невизначений: це шлях переходу від досягнутих знань, з чого розпочинається проектування до створення ще не існуючого об'єкту на основі завдання на проектування і нових технічних рішень. Можна з упевненістю стверджувати, що такий процес жорстко запрограмувати і дуже конкретно описати неможливо. Проте можливий методологічний опис проектування, тобто виклад концепції, основних принципів і особливостей процесу.

При формуванні загальних підходів до проектування природним бажанням конструктора є прагнення, можливо повно врахувати усі чинники, що визначають вигляд майбутньої техніки. Цій вимозі повноти можна задовольнити лише у рамках ієрархи чесанням структури принципів, верхній рівень якої містить невелике число найбільш загальних засадничих принципів, що мають відношення до найрізноманітніших видів технічних систем. На мій погляд таких принципів три.

Перший принцип відбиває головне джерело нової якості техніки, засіб і основний напрям досягнення мети. Традиційний підхід порівняно слабо пов'язаний з впровадженням нововведень. Він тяжіє до проектування по прототипу, тобто «від досягнутого» шляхом оновлення техніки на основі послідовного незначного поліпшення конструкції, але сучасним переконанням, корінне підвищення якості технічних систем можна отримати лише на основі впровадження результатів науково-технічного прогресу, тобто при використанні нових ідей і високопродуктивних технологій, що реалізують критерій «максимум результату при мінімумі витрат».

Історія розвитку техніки показує, що перший зразок принципово нового пристрою зазвичай створюється в умовах неповної вивченості його властивостей. Тому параметри такого об'єкту, як правило не оптимальні і є значні резерви для поліпшення. З початку експлуатації об'єкту



розпочинається процес усунення його недоліків, поліпшення показників якості. Вдосконалення здійснюється за рахунок оптимізації конструктивних параметрів, зміни конструктивних і технологічних рішень окремих частин об'єкту. Поліпшенню показників якості сприяють зростання загального науково-технічного потенціалу промисловості і розвиток технології виробництва. Вдосконалення об'єкту триває до тих пір, поки не будуть отримані глобально оптимальні значення параметрів для цієї структури об'єкту, коли подальше поліпшення показників якості стає неможливим.

Історія розвитку техніки показує, що технічний об'єкт відмирає в період свого найвищого розвитку, тобто коли в максимальному ступені реалізовані його показники якості. Так, застосування реактивних двигунів в авіації почалося тоді, коли вони ще поступалися поршневим двигунам. При збільшенні швидкості польоту більше 700-800 км/год поршневий двигун вичерпав себе, але до цього часу вже були досить відпрацьовані реактивні двигуни, що дозволяють продовжити розвиток авіації у напрямі збільшення швидкості польоту.

Головне джерело нової якості техніки – це науково-технічний потенціал суспільства. При створенні нових технічних об'єктів необхідно визначити, на якому рівні конструктивної еволюції знаходиться прототип і які перспективи його розвитку, які зміни в науці і техніці сталися з початку створення перших зразків даного класу виробів, які досягнення НТП не знайшли свого відображення при створенні існуючих об'єктів, що можна використати з останній досягнення науки і техніка розробка новий принцип дія, конструктивний і технологічний рішення для створення новий технічний пристрій з метою задоволення безперервно зростаючий потреба.

Другий принцип – системний підхід до проектування нової техніки. Головною особливістю і позитивною стороною практичної реалізації системного підходу є те, що рішення частих завдань вибирається в інтересах загальніших завдань: відповідно до цим його суть полягає у виявленні усіх основних взаємозв'язків між змінними чинниками і у встановленні їх впливу на поведінку усієї системи як єдине ціле системний підхід припускає властивість досліджуваній об'єкт, який не властивий його окремих елемент або їх сукупність без системний об'єднання.

Структура об'єкту проектування визначає властивості, які з досить високою надійністю забезпечують конкретну область функціонування об'єкту «функціональну нішу» і можуть бути надані йому в ході виробничого процесу. Зазвичай структура об'єкту розглядається як основна характеристика його вигляду і у ряді випадків навіть як синонім вигляду. Різні структури технічних систем відрізняються один від одного числом компонентів і самими компонентами. Очевидно, що чим більше одноманітності в цих компонентах тим технологічне і дешевше система. Зворотною стороною протилежністю одноманітності є багатоміноменклатурність. З точки зору виробництва і експлуатації багатоміноменклатурність – саму негативну якість, яка спричиняє за собою негативні наслідки на Усіх етапах життєвого циклу системи, починаючи від зародження і кінчаючи експлуатацією і навіть утилізацією.

В той же час багатоміноменклатурність – цей засіб надання гнучкості системі: практично лише за рахунок багатоміноменклатурність забезпечується адаптивність системи до цільових завдань, що змінюються. Те і інше робить позитивний вплив на функціональну ефективність системи. Одноманітність і багатоміноменклатурність – дві протилежні тенденції розвитку структур сучасних технічних систем, що дозволяються шляхом компромісу. Зрештою такий компроміс полягає в зведенні різноманітних компонентів (підсистем) до невеликого числа обраних типів, що утворюють параметричний ряд (чи типоряд) компонентів. Уніфікація – це спосіб усунення різноманіття в типорозмірах техніки, приведення до одноманітності систем, їх підсистем і елементів, що надає їм універсальні властивості з точки зору призначення, виробництва і експлуатації. Найбільш поширеною формою уніфікації є введення одноманітності по конструктивно-технічних рішеннях. Для виробів параметричного ряду окрім конструктивної уніфікації, як правило, передбачається ще впорядкування по сферах застосування.

За сучасними уявленнями, уніфікація технічних засобів якнайкраще досягається на основі блочно-модульної побудови техніки. Блочно-модульний принцип означає перехід від індивідуального конструювання окремих типів і модифікацій виробів до системного проектування сімейств виробів. При цьому широко використовуються раніше сконструйовані, освоєні у виробництві і частково вже виготовлені (в окремих випадках) уніфіковані модульні складові частини.

Як правило, модуль є технологічно закінченим об'єктом, що має цілком певне функціональне призначення. Він може бути спеціалізованим, тобто галузевого призначення, але може бути придатний і для загальномашинобудівного застосування.

Блочно-модульний принцип проектування забезпечує можливість швидкого створення нових, модифікованих, а у ряді випадків стандартних виробів з відпрацьованих у виготовленні і експлуатації (значить, надійних) уніфікованих складених частин-модулів з додаванням необхідних нових елементів.

Важливою перевагою блочно-модульного принципу формування нової техніки є підвищення серійності виробництва і спрощення технології складання. Третій принцип – автоматизація проектування. Автоматизоване проектування – це якісно новий рівень проектування, що базується на сучасних інформаційних технологіях і обчислювальній техніці.

Автоматизація проектування у наш час є одним з найважливіших принципів проектно – конструкторської діяльності. Автоматизоване проектування ГОСТ визначає як процес складання опису ще не існуючого об'єкту, при якому окремі перетворення описів об'єкту і (чи) алгоритму його функціонування або алгоритму процесу, а також представлення описів на різних мовах здійснюються взаємодією людини і ЕОМ. Існує три напрями: Перший напрям – осмислення і неформальне представлення проблеми.

Об'єктивний і усебічний опис проблеми визначає вимоги до нової техніки, постановку завдання, проектування шляху реалізації проекту і зрештою якість задоволення потреб. Науково-методичною основою етапу осмислення проблеми є системне мислення з використанням усього арсеналу системного підходу, включаючи аналіз і синтез, індукцію і дедукцію, абстракцію і конкретизацію. Щоб осмислення проблеми було краще пристосоване для вирішення практичних завдань, у багатьох випадках, прагнучи структуровано «обійняти неосяжне», перевагу слід віддати дедуктивним композиційним підходам.

Підсумком етапу осмислення проблеми є впорядкована (зазвичай ієрархічна) структура чинників, що визначають функціональні і вартісні властивості новостворюваної системи (об'єкту). У числі чинників обов'язково мають бути чітко сформульовані цільові завдання, взаємодіючі сторони зі своїми інтересами, характеристики ефекту і збитку, можливі наслідки від застосування системи і так далі. Інформація має бути достатньою для критичного аналізу технічного завдання замовника і формування переліку математичних моделей.

Другий напрям – математичне моделювання проектного завдання. Зазвичай при проектуванні використовують два типи моделей: оцінні (спрощені) і перевірочні (точніші). Оцінні моделі, орієнтовані переважно на лінійні залежності, застосовують на початковій стадії проектування при формуванні опорних варіантів.

Перевірочні моделі з використанням чисельних методів реалізації дозволяють найточніше описувати завдання. Результати, що отримуються за допомогою перевірочних моделей, мають цінність, порівнянну з експериментальними даними. При описі проектних завдань, що вимагають обліку невизначених і випадкових чинників, класичні методи виявляються малоприйнятними. Більше відповідним виявляється імітаційне моделювання. Під імітацією розуміють чисельний метод проведення на цифрових обчислювальних машинах експериментів з математичними моделями, що описують поведінку складних систем впродовж тривалих періодів часу. Імітаційна модель – це комп'ютерний аналог складного реального явища. Воно дозволяє замінити експеримент з реальним процесом експериментів з математичною моделлю цього процесу.

Третій напрям – призначений для користувача інтерфейс. Комп'ютерна технологія, інакше – призначений для користувача інтерфейс, є сукупністю методологій аналізу, розробки і супроводу складних застосовних програм, підтриманою комплексом засобів автоматизації. Вимоги пред'являються до КР:

забезпечення мінімальної маси конструкції. Найбільш ефективною конструкцією, що комплексно задовольняє вимогам міцності, жорсткості і мінімальної маси, є тонкостінна оболонка, що є обшивкою, підкріпленою силовим набором. У такій оболонці матеріал розташований по периферії, що, як відомо, забезпечує найбільшу міцність і жорсткість конструкції. Ефективність використання достоїнств тонкостінної оболонки залежить від того, наскільки вдало включена обшивка в загальну силову схему. Щоб обшивка якнайкраще виконувала силову функцію, треба виключити втрату її стійкості при експлуатаційних навантаженнях. Основна особливість тонкостінних оболонок – мала місцева жорсткість. З цієї причини до тонкостінних елементів не можна безпосередньо прикладати великі зосереджені сили і моменти. При дії таких навантажень застосовують спеціальні елементи, завданням яких є перетворення зосереджених навантажень в розподілені і навпаки;

забезпечення високої технологічності конструкції.

Вимога високої технологічності, як правило, призводить до того, що об'єкту і у ряді випадків – до ускладнення конструкції. Підвищенню технологічності сприяють:

розчленовування конструкції на агрегати, відсіки і панелі;

мінімальне число деталей;

прості конфігурації деталей, що допускають застосування високопродуктивних процесів;

правильний вибір конструкційних матеріалів з урахуванням їх технологічних властивостей;

мінімальна витрата матеріалів.

Спрощення конструкції досягається за рахунок цілого ряду чинників: важливе значення мають прості конфігурації деталей, використання стандартних і нормалізованих деталей, застосування мінімального числа типорозмірів і номенклатури матеріалів і напівфабрикатів. Великі можливості спрощення конструкції відкриває також використання раніше освоєних у виробництві і випробуваних в експлуатації вузлів і деталей.

Механічні і фізичні властивості матеріалу повинні забезпечувати мінімальну масу конструкції, допускати застосування високопродуктивних технологічних процесів. Матеріали мають бути корозійностійкими, недорогими і виготовленими з недифіцитного сировини. З точки зору технології виробництва і експлуатації дуже важливо, щоб конструкційний матеріал не мав схильності до утворення тріщин і добре оброблявся. Ці якості матеріалу тим краще, чим вище його пластичність, яка свідчить про здатність матеріалу поглинати енергію при деформації і тому є найважливішою характеристикою працездатності, а отже, і ресурсу конструкції. – Забезпечення експлуатаційної досконалості. Під експлуатаційною досконалістю розуміють сукупність властивостей Л А, що характеризують його пристосованість до процесу експлуатації на всіх стадіях.

Сучасні вимоги до експлуатаційних властивостей КР досить жорсткі і полягають в наступному. Після складання і усебічної перевірки працездатності на заводі ракета впродовж регламентного терміну зберігання (10 років) не повинна вимагати яких-небудь відновних робіт. Цього домагаються ретельним відробітком усіх систем ракети в процесі усебічних випробувань, що відповідають реальним екстремальним умовам експлуатації (по навантаженнях, температурному режимі, вологості і запиленій повітря і ін. Дуже важливо, щоб устаткування було скомпоновано за блоковим принципом, а конструкції вузлів кріплення блоків були легкознімними. Це забезпечує заміну блоків устаткування з мінімальними витратами праці і часу.

Після закінчення регламентного терміну експлуатації ракети піддаються ретельному контролю з проведенням контрольних пусків. За наявності відмов ракети спрямовуються для доопрацювань на заводи – виготівники. За результатами перевірок і пусків приймається рішення про продовження терміну експлуатації і рівня надійності ракет впродовж цього терміну з орієнтацією на те, щоб загальний термін служби ракет складав приблизно 20 років.

Завершальна стадія експлуатації – утилізація ракет. Нині ця стадія дуже невизначена і дуже трудомістка, що є наслідком недоробок при створенні існуючого парку ракет. За сучасними вимогами розробка технології утилізації має бути невід'ємною частиною проектних досліджень і відбиватися в проектній документації. Із самого початку повинно передбачатися, яка частина елементів ракети використовуватиметься як запасний фонд, яка частина планується для використання в подальших модифікаціях ракети, – особливо ретельно повинні опрацьовуватися технології знищення палив і вибухових речовин.

#### ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ:

- габарити виробу повинні забезпечувати можливість пуску з контейнера.
- системи управління-наведення повинні забезпечувати точне попадання в ціль.
- БЧ повинна забезпечувати безвідмовну роботу і безвідмовне зберігання.

#### ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВИМОГИ:

- КР має бути зручною в експлуатації, зберіганні і транспортуванні; безвідмовною і надійною.
- Розміщення апаратури повинне забезпечувати зручний підхід до блоків і агрегатів для їх огляду, регулювання і ремонту.
- Час підготовки ракети до пуску має бути мінімальним.

#### ТАКТИЧНІ ВИМОГИ:

- Клас «повітря – повітря»
- Мета: надводні об'єкти
- Запуск з контейнера
- Максимальна дальність польоту: 500 км
- Маршева швидкість: 280 мс
- Бойова частина: фугасно-кумулятивна
- Вага БЧ: 410 кг

**Висновок.** Таким чином вимоги до крилатих ракет ґрунтуються на аналізі їх бойового застосування і повинні враховувати накопичений досвід створення аналогічних ракет, а також технічні можливості. Кінцевою метою розробки ракети є досягнення максимальної ефективності її дії як бойового засобу, зручності експлуатації і технологічності виготовлення. Крім того, усі вимоги, що пред'являються, повинні забезпечити безвідмовний пуск ракети з будь-якої місцевості в заданий час, її політ повинен проходити за заздалегідь розрахованою програмою з високою точністю попадання в ціль.

#### Список використаних джерел

1. Горбильов В.Ю. Про напрямки розвитку ракетних військ і артилерії ЗС України. Режим вільного доступу в Інтернет: <http://trident-ua.info/novyny/vijna-na-shodi/pro-napryamki-rozvitku-raketnix-vijsk-i-artileri>
2. Можливі напрямки розвитку РВіА на підставі аналізу бойового застосування РВіА за досвідом збройних конфліктів. Матеріали науково-практичного семінару. Київ, НУОУ. 3 грудня 2015 року.
3. Збірники інформаційних та інформаційно-аналітичних матеріалів. Періодичні видання 2014-2018 р.р.
4. Високі технології для армії – виставка рішень 17.06.15. Режим вільного доступу в Інтернет: <https://hi-tech.ua/article/vyisokie-tehnologii-dlya-armii-vyistavka-resheniy/>
5. Інтернет джерело: <https://ussi.org.ua/analytics/ukrayina-potrebuye-raket-serednoyi-i-maloyi-dalnosti/>
6. Інтернет мережа: <https://www.bbc.com/ukrainian/features-43007775>

**Науковий керівник:** Петрушенко М. д.т.н., проф., заслужений діяч науки і техніки України.

**Рецензент:** Гончарук А. к.т.н., с.н.с., Військова академія (м. Одеса), Україна..

УДК 623.462:533.665

Клезь Н.Ю., магістрант

Військова академія (м. Одеса), Україна

## ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ АЕРОДИНАМІЧНОЇ СХЕМИ ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ ПРИ РОЗРОБЦІ РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ПРОЕКТУВАННЯ АВІАЦІЙНОЇ КЕРОВАНОЇ РАКЕТИ КЛАСУ «ПОВІТРЯ-ПОВЕРХНЯ» СЕРЕДНЬОЇ ДАЛЬНОСТІ

*Для забезпечення ефективного виконання збройними силами визначених завдань вони повинні мати відповідні оборонні можливості. В сучасних умовах значення авіаційної зброї в загальновійськовому бою та операції важко переоцінити. Успіх у відбитті ударів противника та збереженні боєздатності військ, став одним із визначних факторів ходу бойових дій. В статті розглядаються рекомендації щодо проектування авіаційної керованої ракети класу «повітря-поверхня» середньої дальності.*

**Ключові слова:** авіаційна керована ракета, аеродинамічна схема, літальний апарат, схема, літак-носій, повітря-поверхня.

**Постановка проблеми.** Авіаційні керовані ракети (АКР) класу «повітря-поверхня» є одним з видів озброєння, який найбільш динамічно розвивається.

В умовах складної сучасної міжнародної обстановки, особливо з огляду на ту ситуацію в якій опинилася Україна необхідно відзначити що кожна з держав з різними суспільними устроями докладає значних зусиль, щоб запобігти ядерній війні та зберегти мир. Займаючись мирним будівництвом необхідно підтримувати обороноздатність України.

Перспектива на рішення таких задач в деякій мірі лягає на авіацію, тому що саме вони є високоточною зброєю. Для виконання цих завдань ракетними комплексами необхідно мати сучасну елементну базу. Особливо важливе виконання такого завдання, як заміна вже застарілих зразків озброєння, на нові, де використані останні досягнення науково-технічних робіт, нові підходи в проектуванні та вдосконалення вже існуючих зразків ракет.

Різноманітність областей застосування і виконання завдань сприяють розробці широкого кола конструкцій, що відрізняються габаритними, масовими, тяговими, тимчасовими та іншими характеристиками.

**Постановка завдання.** При підході до такої роботи необхідно брати за увагу особливості даного типу ракет, проводити аналіз вимог, висунутих до ракет з точки зору стандартних, експлуатаційних і виробничо-економічних вимог. Крім того, проводити вибір і обґрунтування схеми ракети.

При аналізі вимог, що пред'являються до авіаційних керованих ракет класу «повітря-поверхня», необхідно розглянути їх принципові схеми, на основі чого зроблено вибір схеми для перспективної ракети і розрахунок конструкції механізмів.

**Основна частина.** Під поняттям літального апарату розуміється сукупність геометричних і функціональних характеристик, що відбивають його схему, загальний вигляд, структуру, принципи пристрою і функціонування.

Вибір вигляду опорного варіанту є складним завданням який в собі містить багато критеріїв. У вигляді проєктованого літальний апарат (ЛА) необхідно дотриматися усіх вимог технічного завдання (ТЗ), при цьому реалізувати максимально оптимальне компонування з точки зору маси, вартості, ефективності і інших параметрів якості.

Сучасні ракети середньої дальності класу «повітря-поверхня» у свою чергу мають ряд особливостей, які слід враховувати при проектуванні. До них відносяться:

- базування на літаку-носії;
- високі маневрені перевантаження;
- тривалий термін служби.

Базування на літаку-носії припускає проектування максимально компактного і легкого літального апарату (ЛА), для зменшення навантаження на літак-носії і збільшення його тактико-технічних характеристик. Також слід враховувати, що старт з літака-носія припускає наявність пускового пристрою, що у свою чергу накладає обмеження на конструкцію вузлів кріплення проектного літального апарату (ЛА).

Високі маневрені перевантаження – для ефективного перехоплення цілі у будь-яких польотних умовах, або при наведенні ракети на ціль необхідно забезпечити максимально можливі подовжні і маневрені перевантаження, що розташовуються. Ця особливість, припускає проектування міцної конструкції, з використанням найбільш технологічних конструкційних матеріалів. Також необхідно взяти до уваги той факт, що забезпечення необхідних потрібних перевантажень покладатиметься на рушійна установка (РУ) і органи управління, які також необхідно реалізувати найбільш оптимальним чином.

Тривалий термін служби – ця особливість відноситься в першу чергу до матеріалів, що використовуються як паливо для всіляких установок і пристроїв, розташованих на борту літального апарату (ЛА). Також тут передбачається застосування максимально надійних деталей і елементів, використовуваних при створенні літального апарату (ЛА).

Розглянувши можливі особливості і обмеження, викладені вище, можна зробити висновок, що вибір опорного варіанту літального апарату (ЛА) є основним і комплексним завданням, що припускає наявність серій компромісів, спрямованих на згладжування протиріч, що виникають при оцінці характеристик літального апарату (ЛА) за допомогою критеріїв якості. Слід зазначити той факт, що помилка у виборі вигляду літального апарату (ЛА) не може бути виправлена на подальших етапах проектування, що робить це завдання найбільш відповідальним з усіх, вирішуваних завдань для створення сучасного перспективного літального апарату (ЛА).

#### **Вибір аеродинамічної схеми літального апарату (ЛА).**

Центральним завданням синтезу вигляду є вибір схеми літального апарату (ЛА) – найважливішої комплексної характеристики вигляду, яка визначає спосіб створення керуючих сил і моментів, що забезпечують керований політ. Залежно від специфіки застосування літального апарату (ЛА) схеми розрізняються способами створення керуючих сил і моментів, існують:

Аеродинамічна схема

Газодинамічна схема

Комбінована (аерогазодинамічна) схема

Широке застосування в розробці ракет класу «повітря-поверхня» отримали аеродинамічні схеми, зважаючи на вимоги найкращого заповнення, надійності і простоти експлуатації, зручності зберігання і простоти виготовлення.

Аеродинамічні схеми літального апарату (ЛА) як правило класифікуються за єдиною ознакою – розташуванням несучих поверхонь і органів управління та стабілізації. На сьогодні основними аеродинамічними схемами літального апарату (ЛА), вживаними для авіаційних керованих ракет (АКР) являються:

Нормальна схема

Схема «качка»

Схема «безхвоста»

Схема з поворотним крилом

Нижче слідує короткий опис характеру цих схем.

#### **Нормальна схема.**

Характерною рисою цієї схеми є розташування несучих поверхонь поблизу центру мас літального апарату (ЛА), а органів управління і стабілізації на значній відстані ззаду. Зображення цієї схеми представлено на рисунку 1.

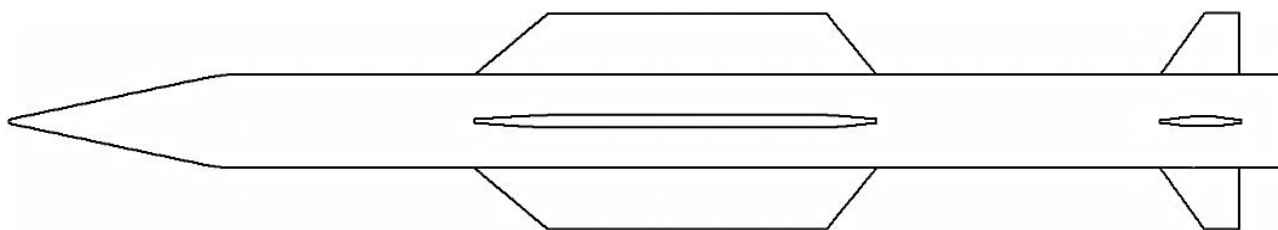


Рис. 1 – Нормальна схема

**Схема «качка»**

Особливістю схеми є розташування керма перед несучими поверхнями і центром мас. На рисунку 2 приведено зображення схеми.

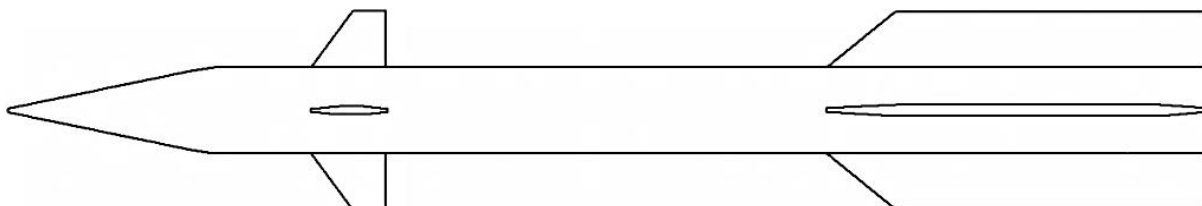


Рис. 2 – Схема «качка»

**Схема «безхвоста»**

Схема характеризується застосуванням трикутних крил малого подовження з великим звуженням і дозвуковою передньою кромкою для зниження індуктивного опору. Крила мають велику бортову хорду, яка дозволяє залучати значну частину корпусу до створення підйомної сили за рахунок інтерференції з крилами. Органи управління організовані у згоді з крилами, у вигляді елеронів. Зображення цієї схеми представлено на рисунку 3.

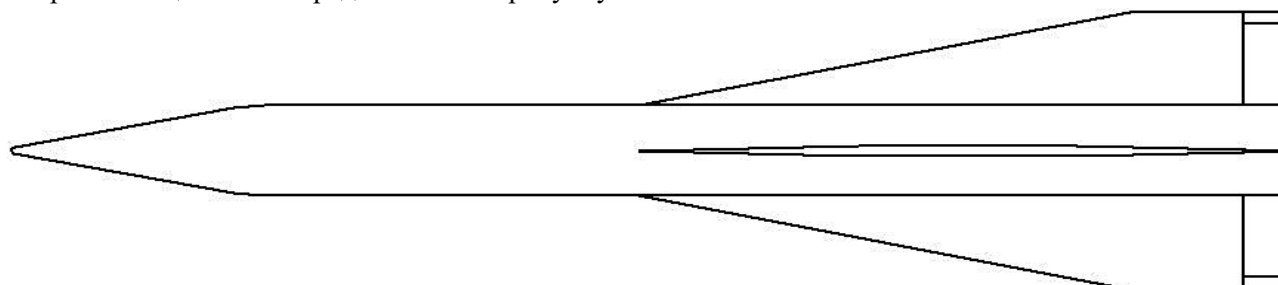


Рис. 3 – Схема «безхвоста»

**Схема з поворотним крилом**

Несучі поверхні цієї схеми розташовані попереду від центру мас, вони ж є органами управління, ззаду розташовуються стабілізатори. На рисунку 4 зображена схема з поворотними крилами.

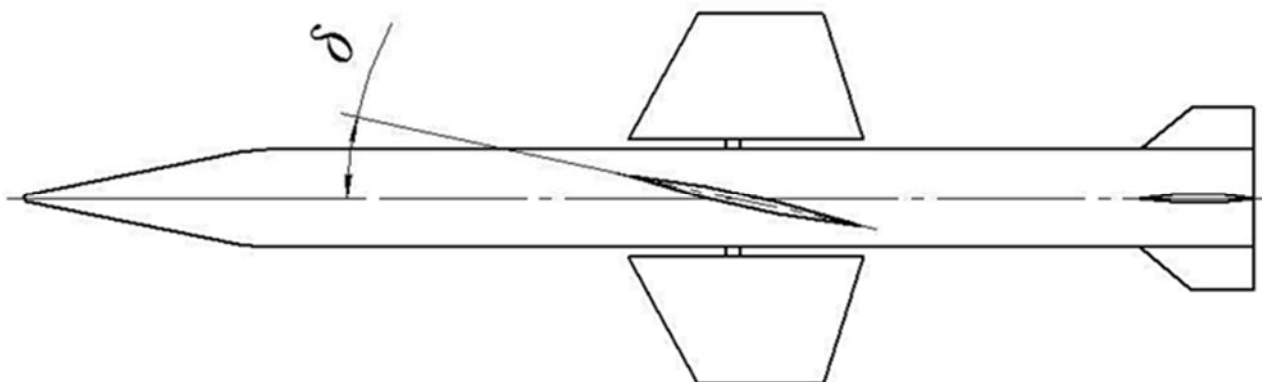


Рис. 4 – Схема з поворотним крилом

Ці аеродинамічні схеми мають свої переваги і недоліки, які слід враховувати при проектуванні ЛА. Далі слідує короткий аналіз основних характеристик і виведення.

Порівняння основних характеристик аеродинамічних схем

Оцінка несучої здатності

Несуча здатність літального апарату (ЛА) – це максимальна підйомна сила, що створюється збалансованим літальним апаратом (ЛА). Математично ця характеристика представляється виразом:

$$Y_{\max}^{\text{бал}} = C_{y\max}^{\alpha} \cdot (1 + k_p) \cdot q \cdot S,$$

де  $k_p = \frac{C_y^{\delta}}{C_{y\text{бал}}^{\delta}} = \frac{(x_{\text{ц.м.}} - x_{F\alpha})}{(x_{F\delta} - x_{F\alpha})}$  – коефіцієнт втрат на балансування, що характеризує відносну долю і знак підйомної сили, що створюється органами управління.

Аналіз різних схем показує, що найбільше значення максимальної підйомної сили в режимі балансування має схема «безхвоста». Це здійснюється за рахунок збільшеної довжини бортової хорди крила, яка дозволяє залучати значну частину корпусу до створення підйомної сили. Нормальна схема і схема «качка» мають приблизно однакові показники несучої здатності. Гірше значення підйомної сили спостерігається у схем з поворотними крилами.

Оцінка аеродинамічної якості

Аеродинамічною якістю літального апарату (ЛА) називається відношення коефіцієнта підйомної сили до коефіцієнта лобового опору

$$K = \frac{C_y}{C_x}$$

Значення аеродинамічної якості літального апарату (ЛА) визначає енергетичні витрати при польоті, льотні характеристики (максимальну дальність), а також маневрені властивості. Порівняння схем по цьому параметру доцільно проводити при постійному коефіцієнті підйомної сили ( $C_y = \text{const}$ ). Очевидно, що максимальне значення аеродинамічної якості спостерігатиметься у схемі з мінімальним коефіцієнтом лобового опору. З цієї точки зору вигірною є нормальна схема, оскільки кут атаки на кермі віднімається із загального кута атаки, що зводить індуктивний опір до мінімуму, відносно інших схем. Зворотна картина спостерігається для схеми «качка». Проте гірше значення аеродинамічної якості має схема з поворотними крилами.

Оцінка подовжньої статичної стійкості

Літальний апарат (ЛА) називають статично стійким, якщо момент аеродинамічних сил, що виникає при кутовому відхиленні від положення рівноваги, спрямований у бік положення рівноваги. Для оцінки подовжньої статичної стійкості різних схем скористаємося поняттям міри подовжньої статичної стійкості. Міра подовжньої статичної стійкості визначається відстанню між центром тяжіння літального апарату (ЛА) і фокусом, вираженим в долях САХ, або в долях довжини фюзеляжу.

$$m_z^{C_y} = \bar{x}_{\text{ц.м.}} - \bar{x}_{F\alpha}$$

Нижче приведені статистичні значення міри статичної стійкості для кожної з схем:

- Нормальна схема

$$m_z^{C_y} = - (0,02 \pm 0,06)$$

- Схема «качка»

$$m_z^{C_y} = - (0,03 \pm 0,12)$$

- Схема з поворотним крилом

$$m_z^{C_y} = - (0,12 \pm 0,2)$$



- Схема «безхвоста»

$$m_z^{c_y} = - (0,0340,08)$$

Оцінка величини шарнірних моментів

Величина шарнірних моментів робить прямий вплив на масу рульових приводів і джерел живлення для них. Якщо припустити, що залежність між величиною шарнірного моменту  $M_{III}$  і кутами  $\alpha$  і  $\delta$  лінійна, то відповідне вираження матиме вигляд:

$$M_{III} = (m_{III}^{\alpha} \alpha + m_{III}^{\delta} \delta) \cdot q \cdot S_p \cdot b_{Ap} M_{III} = (m_{III}^{\alpha} \alpha + m_{III}^{\delta} \delta) \cdot q \cdot S_p \cdot b_{Ap}$$

Аналіз цього наближеного вираження показує, що мінімальне значення шарнірних моментів спостерігається в нормальній схемі, оскільки габарити органів управління малі, а знаки кутів  $\alpha$  і  $\delta$  протилежні.

Найбільших значень, шарнірні моменти досягають в схемі з поворотними крилами через очевидне перевищення габаритів керма в інших схемах.

Оцінка подовжнього демпфування

Як відомо демпфуючі моменти виникають при коливаннях літального апарату (ЛА) відносно осі OZ, їх оцінку раціонально проводити з точки зору величини обертальних похідних  $M_z^{\omega_z}$  і  $M_z^{\alpha}$ .

Найменші значення цих похідних спостерігаються в нормальній схемі, оскільки крила розташовані поблизу центру мас, а кермо має малу площу.

Найбільші значення обертальних похідних мають місце в схемі з поворотними крилами.

Моменти крену від косоного обдування

Виникають при несиметричному обтіканні крил і корпусу, при одночасному управлінні по двох подовжніх каналах і маневрі ракети.

Найбільші значення таких моментів виникають в схемах «качка» та з поворотними крилами, а найменші відповідно в нормальній схемі і схемі «безхвоста».

**Порівняння динамічних характеристик різних схем**

Для оцінки і порівняння динамічних властивостей ЛА різних аеродинамічних схем проведемо аналіз властивостей передатних коефіцієнтів і перехідних процесів.

**Передатні коефіцієнти по куту атаки і нормальному перевантаженню**

Ці параметри відіграють важливу роль при проектуванні системи управління (СУ).

Вони характеризують керованість літального апарату (ЛА). Передатний коефіцієнт по куту атаки дорівнює відношенню балансування:

$$K_{\alpha} = \left( \frac{\alpha}{\delta_p} \right)_{\text{бал}}$$

Передатний коефіцієнт по нормальному перевантаженню – відношення керуючої сили балансування до ваги літального апарату (ЛА) і куту відхилення керма:

$$K_n = \frac{n_y}{\delta_p}$$

З позиції системи управління (СУ), необхідно, щоб діапазон зміни  $K_n$  в процесі польоту був якомога менше. Відомо, що інтенсивність зміни передатного коефіцієнта істотно залежить від міри статичної стійкості літального апарату (ЛА). Звідси можна зробити висновок, що схема з поворотним крилом, що має найбільшу міру подовжньої статичної стійкості, може забезпечити найменший діапазон зміни передатного коефіцієнта по нормальному перевантаженню.

Слід зазначити, що для передатного коефіцієнта по куту атаки простежується схожа залежність від міри подовжньої статичної стійкості.

### **Оцінка якості перехідних процесів**

Для оцінки цієї динамічної характеристики розглянемо перехід з одного режиму польоту, що встановився, в інший при ступінчастому відхиленні органів управління. Перехідний процес – це проміжна ділянка польоту літального апарату (ЛА), після закінчення якого встановлюється новий режим польоту. Для оцінки і опису якості перехідних процесів користуються наступними характеристиками:

- швидкість реакції літального апарату (ЛА) на відхилення органів управління;
- динамічна занедбаність перевантаження;
- швидкість загасання перехідних процесів.

#### **Швидкість реакції літального апарату (ЛА) на відхилення органів управління**

Цей показник визначається двома чинниками:

- величиною  $\alpha \approx \frac{n_y^\delta \cdot \delta}{n_{убал}}$
- періодом власних коливань технічних систем (ТС)

Чим швидше літальний апарат (ЛА) реагує на відхилення керма, тим більше величини  $\alpha$ . З цієї точки зору вигідною є схема з поворотними крилами. Значно гірше за цим показником схема «качка» і ще гірше нормальна схема і схема «безхвоста».

За статистикою найбільше перевантаження  $n_{уmax}$  досягається через половину періоду після початку перехідного процесу. Таким чином меншому значенню періоду вільних коливань, відповідає більше значення інтенсивності наростання перевантаження.

Тут також схема з поворотними крилами переважає за цим показником над іншими. Гіршими також являються нормальна схема і схема безхвоста.

#### **Динамічна занедбаність перевантаження**

Відносно занедбаності перевантаження, або перерегулюванням по перевантаженню називають величину:

$$\sigma_n = \frac{n_{уmax} - n_{ууст}}{n_{ууст}}$$

З приведенного вираження легко виражається максимальне перевантаження в перехідному процесі  $n_{уmax}$ . З цього виходить, що чим менше величини  $\sigma_n$ , тим відповідно менше  $n_{уmax}$ . Таким чином, зменшуючи  $\sigma_n$ , з'являється можливість полегшити конструкцію планера.

У схемі з поворотними крилами занедбаність перевантаження менша, ніж в інших схемах, через великі значення  $\alpha$ . Гіршими знову ж таки являються «безхвоста» і нормальна схема.

#### **Швидкість загасання перехідного процесу**

Оскільки найбільші демпфуючі моменти виникають у апаратів з поворотними крилами, то і перехідні процеси при цій схемі затухають найшвидше. Найменший коефіцієнт загасання має місце у апаратів нормальної схеми, а схеми «качка» і «безхвоста» за цією ознакою займають проміжне положення.

#### **Висновок про оцінку якості перехідних процесів**

Узагальнюючи все вище написане, можна зробити висновок про те, що схема з поворотними крилами забезпечує найкращу якість перехідних процесів. Схема «качка», хоча і поступається за якістю перехідних процесів схемі з поворотними крилами, але все ж таки має деякі переваги перед звичайною схемою.

На рисунку 5 зображені види перехідних процесів для кожної з даних схем. 1 – нормальна схема, 2 – «безхвоста», 3 – «качка», 4 – схема з поворотним крилом.

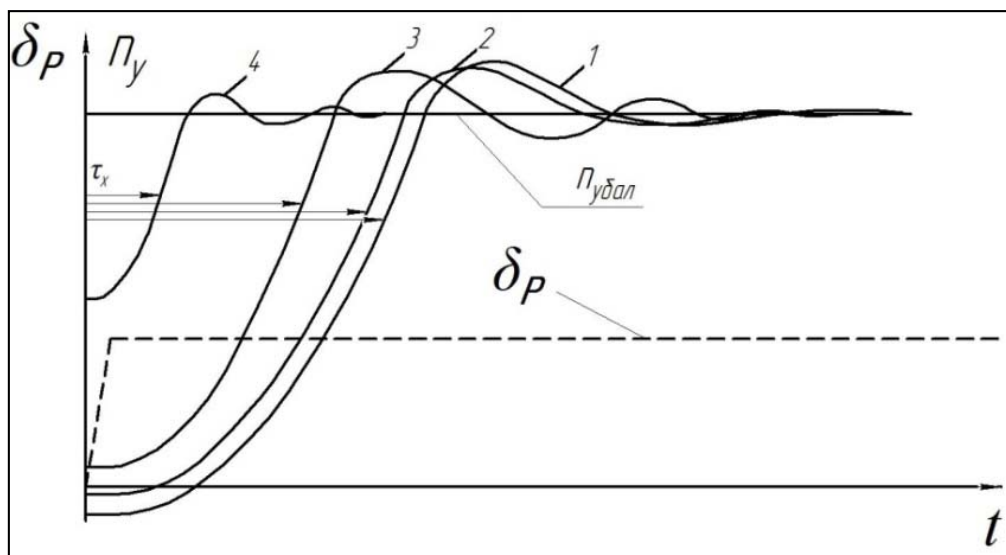


Рис. 5 – Види перехідних процесів

**Нормальна схема****Переваги:**

- висока аеродинамічна якість;
- малі шарнірні моменти керма;
- просте управління по крену.

**Недоліки:**

- кермо знаходиться в скошеному крилом потоці;
- труднощі з розміщенням рульових приводів;
- динаміка встановлення перевантаження гірша, ніж в інших схемах.

**Схема «качка»****Переваги:**

- кермо в не обуреному потоці;
- зручність компонування.

**Недоліки:**

- низька аеродинамічна якість;
- трудність в стабілізації по крену.

**Схема «безхвоста»****Переваги:**

- висока несуча здатність;
- хороші умови підвіски;
- просте управління по крену.

**Недоліки:**

- зайва статична стійкість;
- дещо велика маса в порівнянні з «звичайною схемою»;
- існує втрата підйомної сили на балансування.

**Схема з поворотним крилом****Переваги:**

- хороші умови для застосування ПВРД;
- швидкість утворення підйомної сили;
- схема має високу маневреність.

Недоліки:

- низька несуча здатність;
- великий шарнірний момент;
- гірша аеродинамічна якість.

**Висновок.** В результаті аналізу аеродинамічних схем і специфіки застосування проектного ЛА, зважаючи на завдання ракети класу «повітря-поверхня» і те що ракета повинна забезпечувати точне попадання в ціль, а також зручне компонування, то в якості опорного варіанту аеродинамічної схеми була вибрана – аеродинамічна схема «качка».

Ця схема, в порівнянні з іншими має прийнятні аеродинамічні якості для вирішення завдання ураження наземних цілей, тобто застосування цієї схеми сприяє збільшенню точності ураження цілі за інших рівних умов.

### Список використаних джерел

1. *Авиационное вооружение / Под ред. О.А. Ильина, – М.: Воениздат, 1977.*
2. *Александров Б.П., Афанасьев Ю.А. Авиационное вооружение. – М.: ВВИА им. проф. Н. Е. Жуковского, 1972.*
3. *Гладков Д.И., Балдуев В.М., Григорьев В.Г. Комплексы авиационного вооружения. – М.: Воениздат, 1978.*
4. *Гладков Д.И., Балдуев В.М., Григорьев В.Г. Авиационное вооружение. – М.: Воениздат, 1987.*
5. *Глуценко Ю.А., Ильин О.А. Авиационное вооружение и его эксплуатация. – М.: ВВИА им. проф. Н. Е. Жуковского, 1975.*
6. *Кравчук И.С. Авиационные управляемые ракеты. – Даугавпілс: Даугавпилское ВВАИУ, 1989.*
7. *Кравчук І.С., Постніков О.О. Авіаційні керовані засоби ураження. Ч. II. Васильків, 2001.– 236 с.*
8. *Новиков Ю.Н., Спєваков Г.А. Авиационные управляемые ракеты. – К.: КВВАИУ, 1986.*
9. *Механика Военно-воздушных сил. «Ракетное вооружение»: Учебник. – М.: Воениздат, 1975.*
10. *Бабич В. Результативность воздушных боев // Зарубежное военное обозрение. – 1998. – № 8. – С. 31 – 35.*
11. *Фомин А. Сверхманевренные и малозаметные // Независимое военное обозрение. – 1997. – № 4. – С. 1 – 5.*
12. *Бабич В. Ближний маневренный воздушный бой // Зарубежное военное обозрение. – 1996. – № 7. – С. 27 – 31.*
13. *Хотченков А. Тактическая авиация объединенных ВВС НАТО // Зарубежное военное обозрение. – 1997. – № 1. – С. 27 – 31.*
14. *Краснов А. Тактика авиации и высокоточное оружие // Зарубежное военное обозрение. – 1999. – № 7. – С. 27 – 31.*
15. *Установки авиационного вооружения/ Под ред. В.Ю.Рафикова. – М.: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 1986.*
16. *Гришин В.И., Попов И.С. Боевое применение и боевая эффективность комплексов авиационного вооружения. – М.: ВВИА им. проф. Н. Е. Жуковского, 1977.*
17. *Ткаля.Б.Н. Вероятностные методы оценки эффективности стрельбы, бомбометания и ракетных пусков. – К.: КВВАИУ, 1981.*

УДК 623.419

Клименко М.А., курсант

Військова академія (м. Одеса), Україна

## ОБҐРУНТУВАННЯ АЛГОРИТМІВ ЗВ'ЯЗАНОГО КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДАМИ СИСТЕМ НАВЕДЕННЯ ЗРАЗКІВ РАКЕТНО- АРТИЛЕРІЙСЬКОГО ОЗБРОЄННЯ З УРАХУВАННЯ ЗАКОНУ РУХУ ОБ'ЄКТА СТЕЖЕННЯ

*Пропонується та обґрунтовується підхід до удосконалення систем наведення зенітно-ракетного комплексу. Підхід ґрунтується на аналізі процесів стеження за рухомим об'єктом при виконанні ним протизенітного маневру, аналізі процесів в електроприводах зенітно-ракетних комплексів при змінних навантаженнях, теоретичній розробці актуального питання удосконалення алгоритмів зв'язаного керування електроприводів систем наведення, математичному та комп'ютерному моделюванні вказаних процесів. Розроблена програма та методика моделювання процесу наведення зенітно-ракетного комплексу при виконанні рухомим об'єктом протизенітного маневру.*

*Ключові слова: система наведення, зенітно-ракетний комплекс, методика проектування, закон руху цілі, зв'язане керування, електропривод.*

**Постановка проблеми.** Сучасний досвід широкого застосування зенітно-ракетних комплексів (ЗРК) вказує на необхідність удосконалення методів та алгоритмів, що реалізуються в системах наведення в напрямку урахування складної динаміки руху цілі у просторі, зокрема при застосуванні протизенітного маневру.

Слідкуючі системи автоматичного керування є необхідною складовою технічних засобів супроводу рухомих об'єктів різноманітного та спеціального призначення [1-8]. Точність відпрацювання кута наведення на рухому ціль, що маневрує у просторі, визначає ефективність застосування озброєння, і тим самим, вірогідність ураження цілі. Системи наведення комплексів спеціального призначення працюють в умовах значних динамічних навантажень [9,10]. Має місце протиріччя між вимогами зменшення похибок наведення за двома координатами в умовах значних навантажень на електропривод, яке може бути вирішене удосконаленням алгоритмів керування та схемо-технічних рішень. Тому розробка удосконалених слідкуючих систем наведення ЗРК [4,5,8]. є важливим та актуальним науково-прикладним завданням.

**Мета статті.** Важливим практичним завданням, на вирішення якого спрямована робота, є розширення тактико-технічних можливостей систем наведення зенітного ракетного комплексу та зменшення похибок наведення за об'єктом, що рухається по складній траєкторії.

Важливим науковим завданням інноваційного характеру, на вирішення якого спрямована робота, є обґрунтування шляхів удосконалення систем наведення на основі аналізу закону руху об'єкта наведення та застосування методів зв'язаного керування.

Методологічною основою роботи є аналіз процесів стеження за рухомим об'єктом, теоретична розробка актуального питання удосконалення систем наведення, математичне та комп'ютерне моделювання, дослідженням вказаних процесів при різних складних законах руху об'єкта стеження.

Метою роботи є вирішення науково-прикладної задачі обґрунтування підходу до удосконалення систем наведення зразків зенітних ракетних комплексів з урахуванням складного закону руху об'єкта стеження у вигляді протизенітного маневру, на основі застосування методів зв'язаного керування та створення комп'ютерних моделей систем наведення у горизонтальній та вертикальній площинах.

Об'єктом досліджень є динамічні процеси в електроприводах систем наведення зенітних ракетних комплексів при змінних навантаженнях.

Предметом досліджень є математичні моделі руху цілі, методи зв'язаного двокоординатного керування, методики комп'ютерного моделювання, програмно-алгоритмічні засоби дослідження процесів в системах наведення зенітних ракетних комплексів.

**Виклад основного матеріалу.** Для вирішення поставленого завдання в роботі виконано аналіз змінних навантажень на електроприводи горизонтального та вертикального наведення з урахуванням складного руху цілі при виконанні протизенітного маневру (рис. 1), функціонально-структурний аналіз електроприводів наведення у двох площинах (рис. 2, рис. 3), побудована комп'ютерна модель (рис. 4) та виконано моделювання двокоординатного електропривода при відпрацюванні кута маневруючої цілі (рис. 5,6).

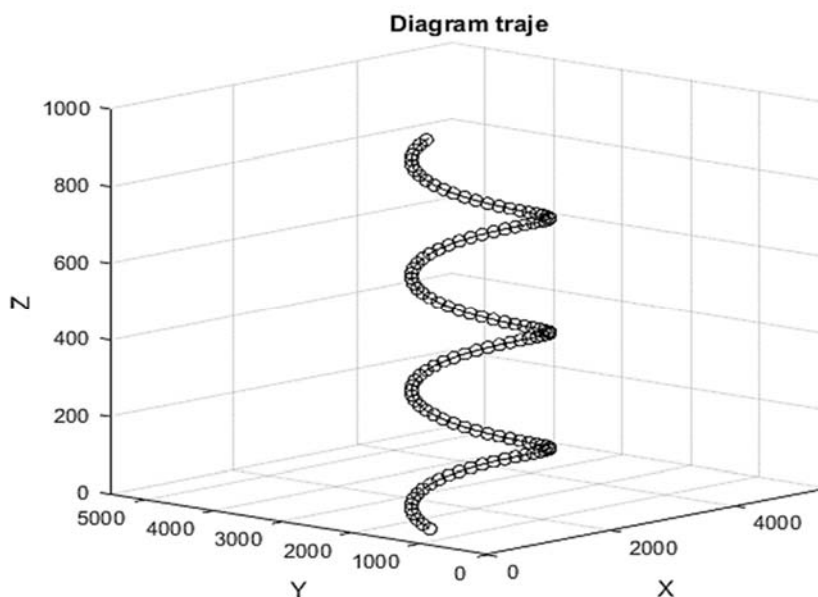


Рис.1 – Траєкторія протизенітного маневру цілі

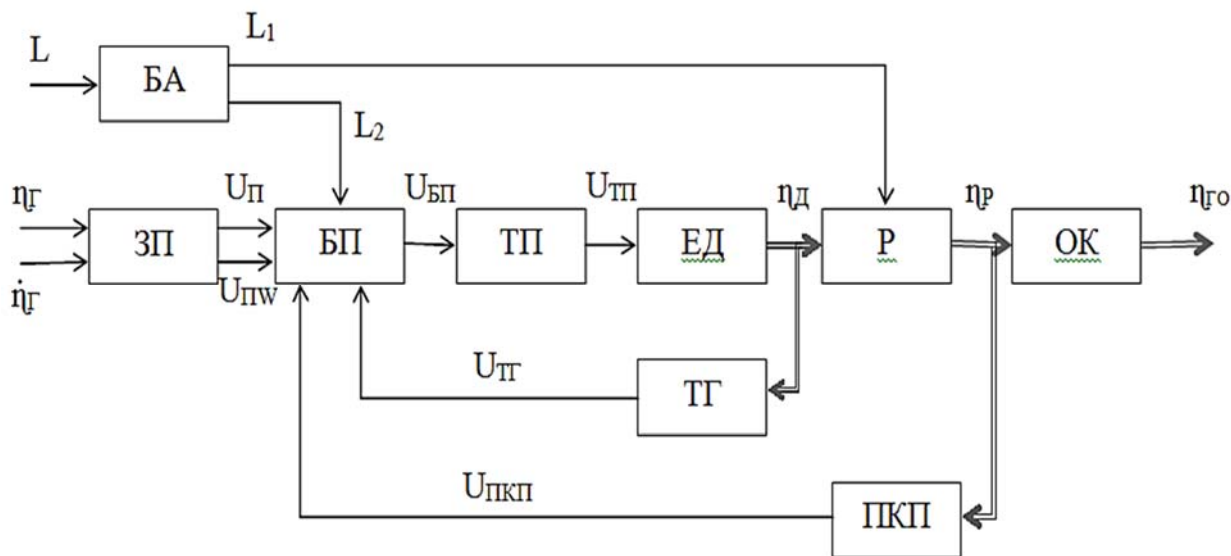
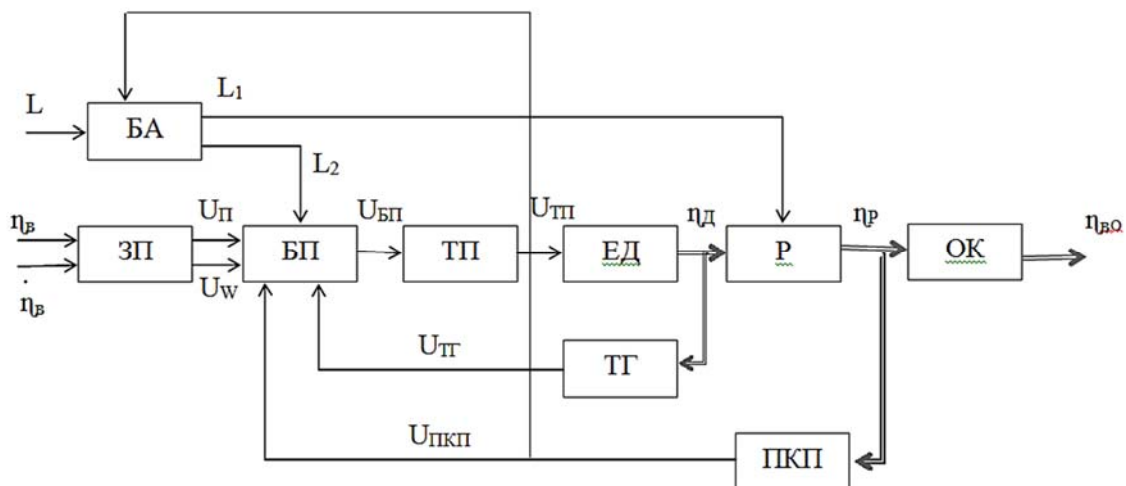


Рис. 2 – Функціональна схема електроприводу вертикального наведення ЗРК



**Рис. 3 – Функціональна схема електроприводу горизонтального наведення ЗРК**

На Рис. 2 та Рис. 3 зображені наступні блоки: БА – блок автоматики; ЗП – задаючий пристрій; БП – блок підсилювачів; ТП – тиристорний перетворювач; ЕД – електричний двигун; Р – редуктор; ТГ – тахогенератор; ПКП – потенціометр кутового положення; ОК – об’єкт керування (ПУ).

На рис. 2 та рис. 3 зображені наступні сигнали:  $L$  – команди;  $\eta_{\Gamma}$  – кут цілі в горизонтальній площині;  $\eta_{\Gamma}$  – швидкість зміни пеленгу цілі в горизонтальній площині;  $U_{\Pi}$ ,  $U_{\Pi W}$  – відповідні масштабовані напруги;  $L_1$  – сигнал «Запуск»;  $L_2$  – сигнал зміни режимів;  $U_{БП}$  – сигнал виходу БП;  $U_{ТП}$  – сигнал виходу ТП;  $\eta_{д}$  – кут повороту ЕД;  $\eta_{\Gamma O}$  – кут повороту ПУ в горизонтальній площині;  $U_{ТГ}$  – сигнал ТГ;  $U_{ПКП}$  – сигнал ПКП;  $\eta_{р}$  – кут повороту вихідного валу;  $\eta_{в}$  – пеленг цілі в вертикальній площині;  $\eta_{во}$  – кут повороту ПУ в вертикальній площині.

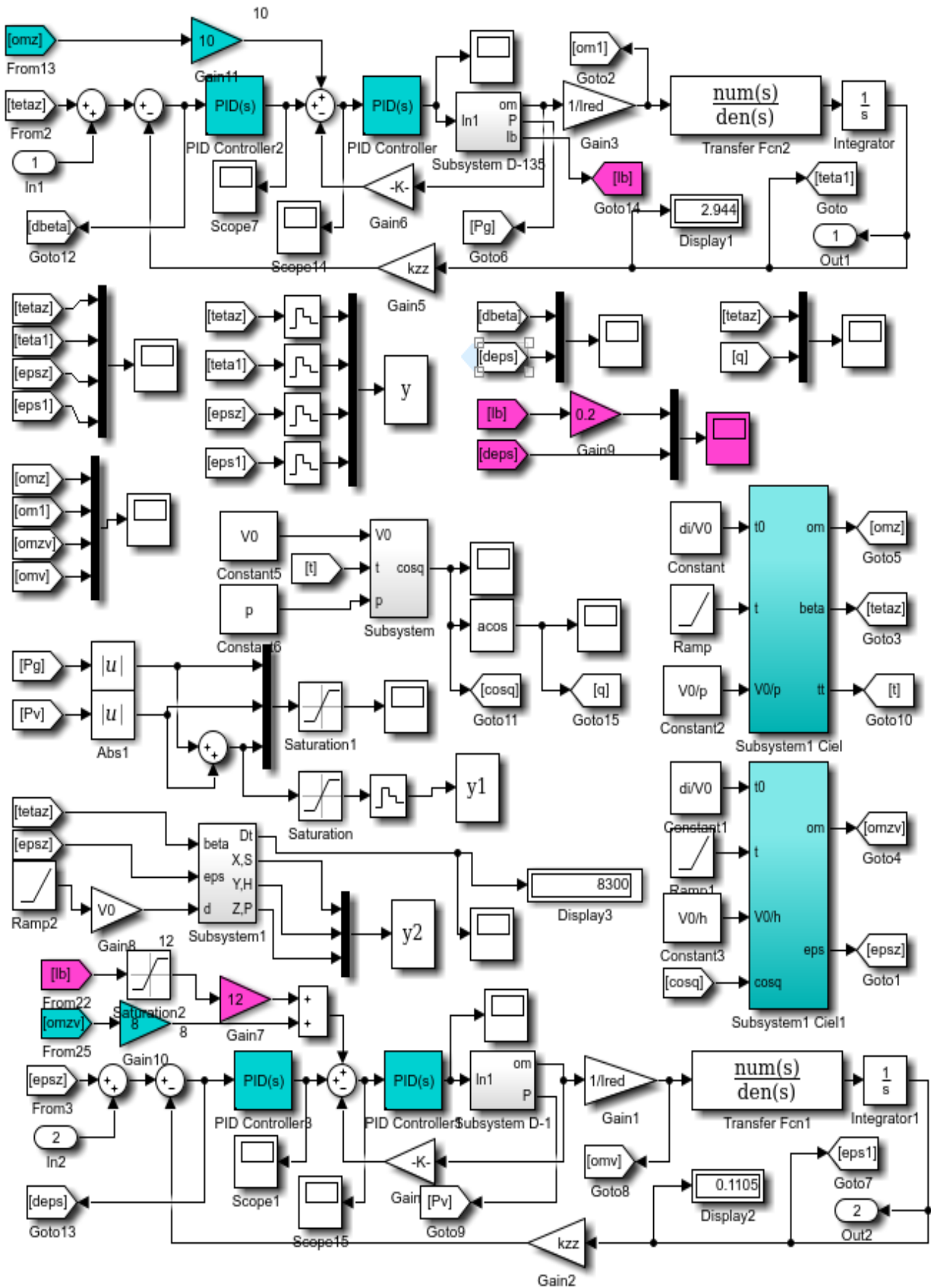


Рис. 4 – Комп'ютерна модель САК ЕП



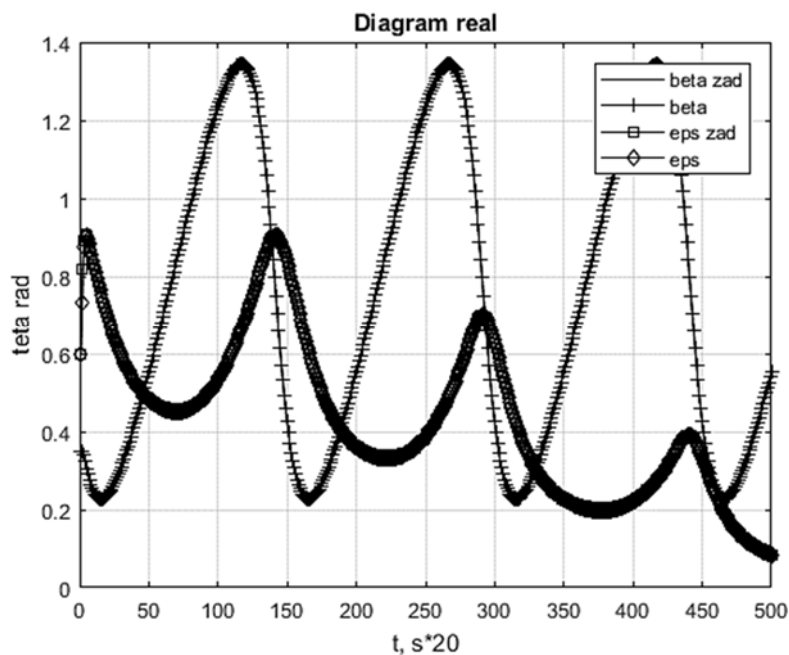


Рис. 5 – Зміна кутів наведення при протизенітному маневрі цілі

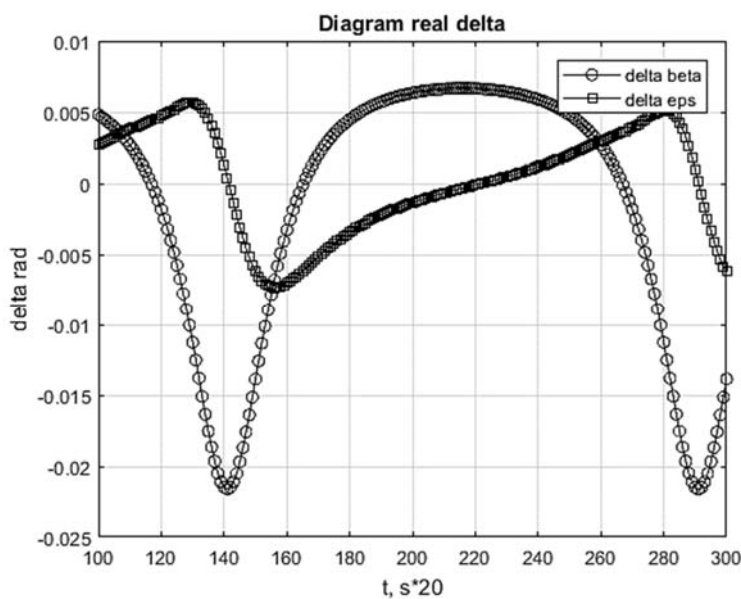


Рис. 6 – Зміна похибок кутів наведення пускової установки при протизенітному маневрі цілі

Комп'ютерна модель двокоординатного електропривода містить швидкісні та позиційні контури із засобами корекції динаміки руху, а також комп'ютерні моделі руху цілі при виконанні протизенітного маневру. Зменшення похибок супроводу рухомого об'єкта досягається:

- застосуванням сучасних ПД-регуляторів в контурах підпорядкованого керування;
- уведенням корекції за швидкістю зміни кутових координат;
- уведенням коригуючого впливу з контуру відпрацювання кута у горизонтальній площині в контур відпрацювання кута у вертикальній площині.

**Висновок.** Проведено дослідження та здійснено моделювання слідкуючих електроприводів систем наведення ЗРК за динамічною та швидкісною похибками при виконанні ціллю протизенітного маневру. Встановлено та підтверджено математичним моделюванням, що зменшення похибок наведення за кутовими координатами досягається уведенням коригуючого впливу з контуру відпрацювання кута у горизонтальній площині в контур відпрацювання кута у вертикальній площині.

Розроблені програмні засоби для комп'ютерної реалізації запропонованого підходу. Перспективи подальших досліджень становить застосування спостерігачів стану для отримання кутових швидкостей та прискорень при маневруванні цілі.

#### Список використаних джерел

1. Поповіч М.Г. *Теорія автоматичного керування*. / М.Г. Поповіч, О.В. Ковальчук // *Навчальний посібник*. – К. – Либідь, 1997. – 544 с.
2. Поповіч М.Г. та ін. *Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи: Навч. посібник* – К.: Либідь, 2005. – 680 с.
3. Жукова Н.В. та ін. *Сучасна теорія керування динамічних систем* // *Навч. посібник*. – Донецьк, – ДонНТУ. 2013 – 292 с.
4. Лозинський А.О., Мороз В.І., Паранчук Я.С. *Розв'язання задач електромеханіки в середовищах MathCAD і MATLAB* / *Навчальний посібник*. – Львів: Вид-во ДУ «Львівська політехніка», 2000. – 166 с.
5. R.C. Dorf, R.H. Bishop., *Modern Control Systems* // Prentice Hall – 2004. – 832 с.
6. Колб Ант. А., Колб А.А. *Теорія електроприводу: Навч. посібник*. -Дніпропетровськ: НГУ, 2006. – 511 с.
7. Дубовой В. М. *Ідентифікація та моделювання технологічних об'єктів і систем керування: навчальний посібник* / В. М. Дубовой. – Вінниця: ВНТУ, 2012. – 308 с.
8. Миргород В.Ф. *Розробка методики проектування та моделювання систем наведення з урахування динаміки об'єкта стеження* / В.Ф. Миргород, П.О. Акінін, Є.О. Щербенко // *Оптимальне управління та експлуатація електроприводів спеціальних установок. Збірник праць наукового семінару*. – Одеса: Наука і техніка, 2015. – С. 11-16.
9. Потерейко Ю.Б. *Динаміка систем керування електроприводів пускових установок зенітно-ракетних комплексів військової ППО* / Потерейко Ю.Б., Миргород В.Ф. // *Національна безпека України: актуальні проблеми та шляхи їх вирішення, Матеріали Четвертої Всеукраїнської курсантсько-студентської науково-практичної конференції, 23 листопада 2018 року*, – Одеса: Видавництво Військової академії (м. Одеса) МОУ – С. 114.
10. Свіргун В.О. *Дослідження динамічних характеристик системи наведення зенітного ракетного комплексу* / Свіргун В.О., Миргород В.Ф. // *Національна безпека України: актуальні проблеми та шляхи їх вирішення, Матеріали Четвертої Всеукраїнської курсантсько-студентської науково-практичної конференції, 23 листопада 2018 року* – Одеса: Видавництво Військової академії (м. Одеса) МОУ – С. 129.

**Науковий керівник:** Гвоздева І.М., д.т.н., проф., Військова академія (м. Одеса)

**Рецензент:** Пічугін Є.Д., к.т.н., проф., Одеський національний політехнічний університет, (м. Одеса), Україна.

УДК 621.311:37.091.64

**Коваленко Є.Г.**, магістрант,  
*Військова академія (м. Одеса), Україна*

## РОЗРОБКА НАВЧАЛЬНОГО СТЕНДУ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ ЗРАЗКІВ РАО

*Метою даної роботи є висвітлення основних питань щодо розробки навчального стенду електроприводів зразків РАО. Одним з провідних принципів дидактики є принцип єдності теорії і практики. Однією з форм організації навчальної роботи у вищих навчальних закладах України є лабораторна робота.*

**Ключові слова:** навчальний стенд, електропривід, лабораторна робота.

**Вступ.** Сучасний рівень освіти значною мірою залежить від результативності впровадження технологій навчання, які ґрунтуються на нових методологічних засадах, сучасних дидактичних принципах та психолого-педагогічних теоріях, що розвивають діяльнісний підхід до навчання. Важливу роль в цьому питанні відіграє лабораторний практикум, який базується на використанні сучасної лабораторної бази та є невід'ємною частиною навчання.

Головним питанням кафедри «Електротехніки та систем РАО» Військової Академії м.Одеса є вирішення завдання покращення лабораторної бази шляхом створення сучасних стендів власними силами.

При створенні лабораторних стендів власними силами є можливість збереження і використання складної, коштовної, працездатної і корисної механічної частини (електроприводи різних складних механізмів озброєння та військової техніки і іншого устаткування із складною механікою і електромеханікою), відродження їх із заміною застарілої елементної бази систем керування на сучасні електронні пристрої і програмне забезпечення, зокрема, на базі програмованих контролерів.

Найближча мета – на базі аналізу існуючих створити сучасні стенди, що будуть поєднувати в собі як класичні складові так і новітні прилади вимірювань, відображення та управління на базі мікроконтролерів, LED, TFT індикаторів, інтегральних регуляторів та стабілізаторів.

Важливо, щоб стенд відповідав сучасним тенденціям, був універсальним- охоплював широкий спектр навчальних питань дисциплін що викладаються на кафедрі, мав достатню технічну і технологічну базу як для проведення лабораторних практикумів так і для проведення науково-дослідницьких експериментів, мав можливості доповнення та нарощування можливостей при необхідності в тому числі новою новою елементною базою.

Створенням та модернізацією стендів з дослідження електропривода займаються провідні ВНЗ України, але недостатньо приділено уваги стендам для дослідження електроприводів саме з використанням релейно-контакторних схем, що є невід'ємною складовою вивчення курсу теорії електропривода.

Лабораторне заняття – це вид навчального заняття, під час якого курсанти (слухачі, студенти) під керівництвом науково-педагогічного (педагогічного) працівника особисто проводять імітаційні експерименти чи досліди з метою практичного підтвердження окремих теоретичних положень конкретної навчальної дисципліни, набувають практичних навичок у роботі з лабораторним обладнанням, електронно-обчислювальною технікою, вимірювальними пристроями, оволодівають методикою експериментальних досліджень у конкретній галузі знань.

Лабораторні заняття проводяться шляхом самостійного виконання курсантами (слухачами, студентами) відповідних завдань у навчальних лабораторіях з використанням обладнання, пристосованого до умов навчального процесу (лабораторних макетів, установок, стендів). Лабораторні заняття проводяться на озброєнні та військовій техніці, у спеціалізованих класах, навчальних лабораторіях, майстернях, наукових лабораторіях.

За результатами виконання завдання на лабораторному занятті курсанти (слухачі, студенти) оформлюють індивідуальні звіти та захищають їх перед викладачем. Курсант (слухач, студент), який отримав незадовільну оцінку, повинен повторно захистити звіт [1].

**Метою дослідження** є розробка структури та алгоритмів функціонування лабораторного стенду для досліджень різних режимів роботи асинхронного електропривода з використанням сучасного мікропроцесорного реле.

Стенд повинен базуватись на основі лабораторного обладнання для дослідження різних режимів роботи асинхронного електропривода, зокрема, реостатного пуску асинхронного двигуна (АД) з фазним ротором, динамічного гальмування, режиму противімкнення тощо.

Лабораторне обладнання складається зі стенду, на якому розташована релейно-контакторна апаратура, мікропроцесорне реле та вимірювальні прилади (вольтметри, амперметри та цифровий осцилограф), і підключеного до стенду АД з фазним ротором типу АК51/6.

Запропоноване рішення дозволить водночас досліджувати роботу системи керування електропривода реалізовану на класичній релейно-контакторній базі керування, та систему, реалізовану на сучасному мікропроцесорному обладнанні, а також проводити необхідні налаштування складових стенда та досліджувати перехідний процес струму АД.

Обладнання повинно дозволити налагодити і випробувати наступні режими: реостатний пуск АД в функції часу, динамічне гальмування, гальмування проти ввімкненням, реверс за допомогою класичної релейно-контакторної схеми, та режим реостатного пуску і динамічного гальмування з використанням сучасного мікропроцесорного реле.

Перший етап лабораторних робіт полягає в розрахунку часу перемикання ступенів опорів і побудові електромеханічних характеристик АД з фазним ротором та моделювання його роботи використовуючи бібліотеку SimPowerSystems пакета MATLAB Simulink. Другий етап створення алгоритму програми і її реалізація у вигляді програмованого середовища EASYSOFT. Третій етап включає перевірку правильності написання програми і налаштування параметрів усіх елементів програми (особлива увага приділяється реле часу і лічильникам) та подальше завантаження з персонального комп'ютера (ПК) на мікропроцесорне реле EASY500. Четвертий етап зняття реального струму в фазі ротора (за допомогою цифрового осцилографа) та порівняння його результатами моделювання.

Лабораторний стенд використовується для порівняльного аналізу ручних і автоматичних засобів керування на базі контролерів серії EASY. Під час занять студенти отримують основи програмування в середовищі EASYSOFT, необхідні для самостійного написання програм керування, навички розрахунків основних елементів електропривода та моделювання. Крім того, є можливість навчання способам програмування за допомогою панелі керування контролера або на комп'ютері.

На кафедрі «Електротехніки» вивчається така дисципліна як «Теорія автоматичного електроприводу» в шостому та сьомому семестрі, загальна кількість дисципліни 120 годин з них 8 та 12 годин відведено на лабораторні роботи.

Під час проведення лабораторного заняття навчальна група поділяється на підгрупи. Таким чином нам знадобляться 8 лабораторних стендів для успішного проведення заняття.

Для ознайомлення з ціновою політикою навколо лабораторних стендів з схожою тематикою було проведено збір, узагальнення та попередній аналіз цінових пропозицій декількох організацій що спеціалізуються на реалізації навчально-лабораторного обладнання.

Станом на лютий місяць 2020 року ситуація має наступний вигляд:

| Товар   | Ціна з ПДВ, грн. |
|---|------------------|
| Стенд лабораторний «Електротехніка та основи електроніки» НТЦ-01.01                             | 150 000          |
| Стенд лабораторний «Електротехніка та основи електроніки» НТЦ-01.01.Б                           | 207 000          |
| Стенд лабораторний «Електротехніка та основи електроніки» НТЦ-01.01.3                           | 160 500          |
| Стенд лабораторний «Теоретичні основи електротехніки» НТЦ-01.06                                 | 109 000          |
| Стенд лабораторний «Теоретичні основи електротехніки» НТЦ-01.06.1                               | 136 000          |
| Стенд лабораторний «Теоретичні основи електротехніки (для технікумів)» НТЦ-01.07                | 88 000           |
| Стенд лабораторний «Електроніка» НТЦ-02.05  | 84 000           |
| Стенд лабораторний «Електроніка з МПСО» НТЦ-02.05.1   | 123 000          |
| Стенд лабораторний «Основи цифрової електротехніки і мікропроцесорної техніки з МПСО» НТЦ-02.58 | 102 000          |

Більш детальне ознайомлення дало змогу встановити що кожний з навчальних стендів має змогу відпрацювати близько 20 навчальних питань. До комплектів стендів входять методичні рекомендації, але відсутня документація з ремонту, що може викликати певні труднощі в ході використання. Вищезазначені стенди вироблені в республіці Білорусь.

#### **Висновок.**

1. Розробка та виготовлення лабораторних стендів власними силами в рамках написання магістерських робіт, дає змогу покращити рівень знань магістрантів в сфері проектування та виробництва електротехнічної продукції.

2. Економія державних коштів що може бути отримана в результаті забезпечення лабораторних практикумів за рахунок проектування та виготовлення стендів власними силами може скласти значні величин, що важливо в винішній економічній ситуації.

#### **Список використаних джерел**

1. *Наказ МО України N 346 від 20.07.2015 «Про затвердження Положення про особливості організації освітнього процесу у вищих військових навчальних закладах Міністерства оборони України та військових навчальних підрозділах вищих навчальних закладів України»* .

2. <http://standlab.com.ua/product-category/elektropryvod-i-peretvoryvalna-tehnika/>

**Науковий керівник:** Гордішевський Л.Г. Військова академія (м. Одеса), Україна.

УДК 623.452

**Коваль Б.А.** магістрант*Військова академія (м. Одеса), Україна*

## АНАЛІЗ ЧИННИКІВ, ЯКІ ВПЛИВАЮТЬ НА ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС РЕМОНТУ АРТИЛЕРІЙСЬКИХ БОЄПРИПАСІВ

*В статті проведено аналіз чинників, які впливають на технологічний процес ремонту артилерійських боєприпасів на артилерійській базі. Розглянуто забезпечення якісного та своєчасного проведення ремонту артилерійських боєприпасів на артилерійських базах. Запропоновано напрями розробки та впровадження сучасних систем технологічного процесу ремонту артилерійських боєприпасів.*

**Ключові слова:** артилерійські боєприпаси, арсенал, артилерійська база, технологія ремонту боєприпасів.

**Постановка проблеми.** Досвід проведення антитерористичної операції (АТО) потім операції об'єднаних сил (ООС) на Сході України, а також досвід локальних війн та збройних конфліктів останніх десятиріч свідчить, що успіх в збройній боротьбі значною мірою залежить від всебічного забезпечення військ. Особлива роль тут належить технічному забезпеченню та його складовим, а саме артилерійсько-технічному забезпеченню, яке формує основу боєдатності військ за рахунок відповідних заходів, спрямованих на своєчасне забезпечення військ необхідними артилерійськими боєприпасами.

Проведений аналіз подій за останні кілька років, дає підставу свідчити про те, що дослідження організації забезпечення військових частин Збройних Сил України артилерійськими боєприпасами залишається актуальною, як при повсякденній діяльності військових частин, так і у ході ведення бойових дій в сучасних умовах[1].

Якісне проведення ремонту артилерійських боєприпасів та своєчасне забезпечення ними військових частин та підрозділів Збройних сил України (ЗСУ) є однією з важливих умов успішного виконання ними бойових завдань, а також дозволяє якісно проводити підготовку особового складу[2].

Аналіз технічного стану артилерійських боєприпасів, які утримуються на арсеналах, базах і складах свідчить, що близько 40% їх запасів мають термін зберігання понад 20 років і потребують ремонту[3]. Отже питання щодо своєчасного та якісного ремонту цих боєприпасів на сьогоднішній день є актуальним для нашої держави, особливо в умовах проведення антитерористичної операції, насамперед для забезпечення потреби в них військ, враховуючи відсутність виробництва артилерійських боєприпасів в Україні.

**Мета статті** полягає в аналізі чинників, які впливають на технологічний процес ремонту артилерійських боєприпасів на артилерійській базі та визначення можливих шляхів щодо його вдосконалення в сучасних умовах.

**Викладення основного матеріалу.** На сьогоднішній день деякі військові експерти стверджують, що «Боєприпасів української армії для війни на Сході вистачить, а от щодо їх якості є питання – майже всі вони ще радянського виробництва. Після майже п'яти років проведення АТО (ООС) з повномасштабним використанням артилерії все частіше звучать сумніви, чи вистачить Україні боєприпасів взагалі»[4].

Артилерійські боєприпаси мають три категорії.

Перша – боєприпаси та їх комплектуючі елементи, придатні для бойового застосування і тривалого зберігання (у тому числі ті, що мають обмеження на бойове застосування), не мають дефектів або з дефектами, що не перешкоджають бойовому застосуванню;

Друга – боєприпаси, що вимагають цехового ремонту (на арсеналах, базах і складах), заміни окремих елементів, усунення дефектів, що з'явилися в процесі експлуатації, розсортування;

Третя – боєприпаси, непридатні для бойового застосування, що підлягають ремонту (переробці, пере спорядженню, реставрації) на заводах промисловості, заборонені за результатами лабораторних та полігонних випробувань, а також небезпечні для бойового застосування, що знаходились під впливом вибухів, пожеж, а також авто-, авіа- і залізничних катастроф[6].

«Останні поставки нових боєприпасів датуються 1989-1990 роками, а поповнення і оновлення майже не здійснювалися» – йдеться в звіті центру Разумкова майже десятирічної давності. У 2000-х роках в Україні проблеми зі снарядами не було, а ось з утилізацією – так. Старі запаси мало не середини минулого сторіччя вибухали біля Новобогданівки, Артемівська та Лозової. В Україні боєприпаси майже не виробляли, адже арсенали і без того були «забиті під зав'язку». Згодом планувалось переходити на нові зразки озброєння, а для старого озброєння запасів не робити»[4].

Саме тому, проведення ремонту артилерійських боєприпасів є актуальним, а з іншої сторони ще і економічно доцільним, що також є важливим фактором сьогодення.

Ремонт боєприпасів, є складним процесом, який потребує значних затрат, сил та засобів та полягає в проведенні комплексу технологічних і контрольних операцій, в результаті яких постріли або їх елементи, що мають ті чи інші дефекти, приводяться у стан, що забезпечує їх тривале збереження та постійну готовність до бойового застосування. Ремонтне виробництво має свої особливості: значне колювання складу операцій і їх трудомісткість; підвищені вимоги до техніки безпеки і необхідність виконання. У зв'язку з цим виникає; велика кількість допоміжних ручних операцій, механізація яких вимагає складних робочих машин; у воєнний час ремонтні цехи (окрім гільзових) використовують для складання й комплектації пострілів, і це необхідно враховувати при проектуванні нових і реконструкції існуючих ремонтних потоків; універсальність ремонтних цехів, яка викликана великою різноманітністю збережених пострілів; тривалість процесу сушіння пострілів, пофарбованих олійними фарбами.

Ремонт боєприпасів та їх елементів проводиться у спеціалізованих цехах, дільницях або на пунктах робіт бази (арсеналу). У теплу пору року допускається малий ремонт боєприпасів проводити на тимчасових пунктах робіт (рис.1), розташованих на відстані не менше 40 м від об'єктів з боєприпасами. Роботи з ремонту боєприпасів на тимчасових пунктах проводяться відповідно до Інструкції з технічного огляду боєприпасів, Керівництва по експлуатації ракетно-артилерійського озброєння та Керівництва по ремонту боєприпасів[7, 8, 9].

Подача пострілів з відділів зберігання, а також тари до цеху ремонту здійснюється залізничним або автомобільним транспортом. Для подачі пострілів і тари з майданчиків в цех, з цеху на майданчики застосовуються пластинчасті, стрічкові або підвісні контейнери[10, 11].

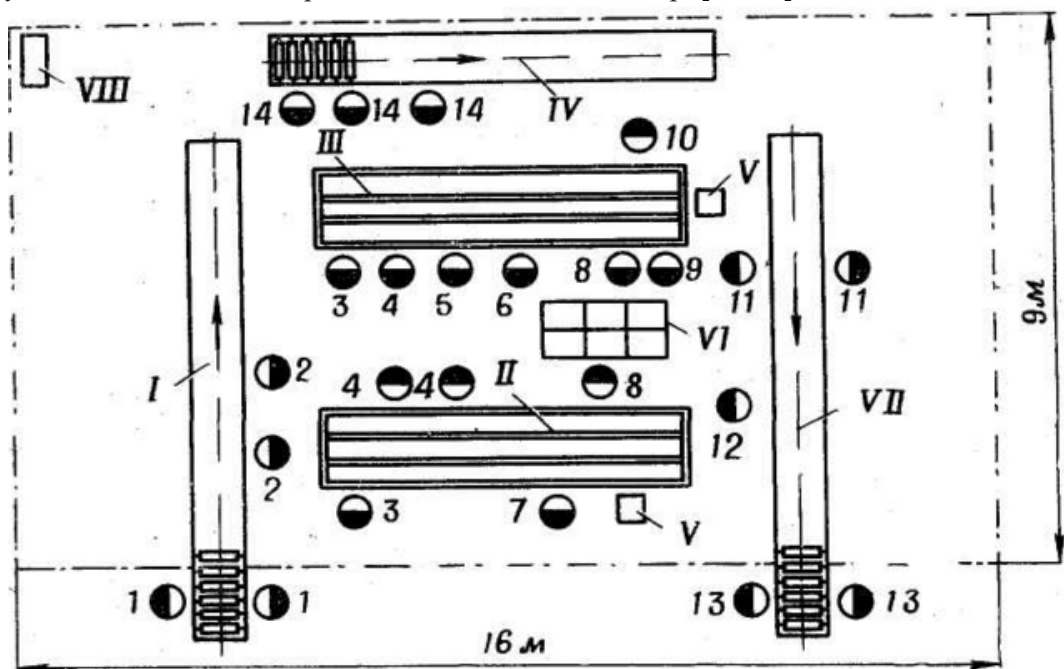


Рис.1 – Схема тимчасового пункту ремонту боєприпасів.

На рис. 1 позначено: I – рольганг (ТР-6) для подачі боєприпасів на ремонт; II – стіл для ремонту пострілів (зарядів в гільзах); III – стіл для ремонту пострілів (снарядів); IV – рольганг (ТР-6) для підготовки і дрібного ремонту закупорювання; V – термос для змащення; VI – стелаж (рами) для укладання та сушіння підфарбованих боєприпасів; VII – рольганг (ТР-6) для видачі відремонтованих боєприпасів з пункту; VIII – шафа для зберігання інструменту; 1-14 – гуртки з цифрами позначають робочі місця (операції ремонту боєприпасів).

Універсальність цехів значною мірою ускладнює завдання механізації ремонтних робіт. В них (крім цеху ремонту гільз) застосовуються в основному порівняно нескладні універсальні верстати, пристосування і невелика кількість напівавтоматичних верстатів. Як правило, в одному цеху проводяться роботи по ремонту широкого діапазону артилерійських пострілів, що зберігаються на базі, тому технологічною схемою передбачається організація універсальних ремонтних потоків, на яких проводиться ремонт пострілів, як з розбиранням так і без розбирання на елементи.

В цілях підвищення продуктивності праці, поліпшення якості продукції і підвищення безпеки всі пов'язані з ремонтом пострілів роботи виконуються, як правило, поточковим методом при максимальному використанні наявних штатних засобів механізації. Поточковий метод, для якого характерна диференціація операцій, дозволяє залучити до робіт робітників нижчої кваліфікації і забезпечити при цьому високу продуктивність праці. Розташування і планування виробничих і допоміжних приміщень цеху повинні забезпечувати безперервне, якісне і безпечне проведення ремонту боєприпасів і взаємний зв'язок технологічних потоків. За видом і обсягом виконуваних робіт ремонт боєприпасів поділяється на: малий ремонт (технічне обслуговування); середній ремонт; капітальний ремонт; ремонт елементів боєприпасів.

Малому ремонту (технічному обслуговуванню) підлягають боєприпаси і їх елементи, які вимагають: підчистки зовнішніх поверхонь, що мають точкову або малу корозію; підфарбовування або покриття мастилом місць здрів і місць підчистки захисного покриття; виправлення, часткового відновлення знаків маркування; виправлення, відновлення герметизації окремих елементів і вузлів боєприпасів; перекупорюванню.

Середньому ремонту підлягають боєприпаси і їх елементи які вимагають: підчистки поверхонь, що мають корозію не більше 25% для боєприпасів з лако-фарбним покриттям (ЛФП) і не більше 15% – для боєприпасів з хімічним покриттям; усунення дефектів зрізу розривного заряду і усунення зростання розривного заряду (розсвердлення); усунення хитання і перекосу снаряда в дульце гільзи; зачищення забоїн, задирок, чищення та виправлення дефектів різьби; заміни головних детонаторів, КВ; вимірювального контролю; відновлення більш 50% знаків маркування; закріплення елементів боєприпасів, відгвинчуюючихся від зусилля руки (запальних склянок, стабілізаторів, втулок тощо); виправлення герметизації металевих зарядів у гільзах (далі по тексту – зарядів в гільзах).

Капітальному ремонту підлягають боєприпаси, що вимагають: повної заміни дефектного захисного покриття; розбирання для заміни дефектних і заборонених елементів боєприпасів або ремонту елементів боєприпасів; заміни фіксуючих пристроїв зарядів в гільзах; виправлення маси металевих зарядів.

В результаті ремонту боєприпаси повинні відповідати наступним вимогам: відремонтовані боєприпаси повинні бути:

- відсортовані за збірними партіями;
- боєприпаси повинні бути інструментально перевірені;
- боєприпаси не повинні мати забоїн і задирок на корпусі, дефектів різьби очка під детонатор;
- боєприпаси з допустимими дефектами розривного заряду піддаються свердленню;
- хитання або прокручування снарядів в дульце гільзи має бути усунуто;



- поверхня снарядів повинна бути очищена від продуктів корозії або непридатного антикорозійного покриття;
- лакофарбове покриття повинне бути частково або повністю відновлено;
- на відремонтованих боєприпасах повинно бути відновлене маркування;
- відремонтовані боєприпаси повинні бути покладені в штатну, справну тару згідно зі схемою укладання, закриті, замки застопорені;
- на внутрішню сторону кришки тари наклеюється заповнений ярлик; на тару наноситься маркування.

Проаналізував чинники, які впливають на технологічний процес ремонту артилерійських боєприпасів, а саме: наявність навченого персоналу, виробничо-технічну базу, кількість артилерійських боєприпасів, які зберігаються на арсеналах, базах і складах ЗСУ, їх термін зберігання, технічний стан, можна виділити основні проблемні питання:

- відсутність навчальних закладів по підготовці фахівців з ремонту та обслуговуванню артилерійських боєприпасів;
- застаріле обладнання (яке було виготовлено за часів СРСР) для проведення робіт з ремонту артилерійських боєприпасів;
- відсутність підприємств по виробленню та ремонту устаткування для проведення ремонту з артилерійськими боєприпасами;
- відсутність підприємств по виробленню елементів, спеціалізованих мастил і т. і. для ремонту артилерійських боєприпасів;
- керівні документи з ремонту артилерійських боєприпасів, що розраховані на роботу в мирний час;
- великий термін зберігання артилерійських боєприпасів на арсеналах, базах і складах ЗСУ, впливає на збільшення кількості артилерійських боєприпасів які необхідно ремонтувати;
- необхідність заміни великої кількості тари для зберігання і переміщення артилерійських боєприпасів;
- відсутність спеціалізованої тари, по видах артилерійських боєприпасів, для її заміни.

Крім того, треба зазначити, що на сьогоднішній день з західними партнерами триває робота щодо налагодження сучасного виробництва боєприпасів, а саме Державним концерном «Укроборонпром» проводяться перемовини зі світовими компаніями (Thales Group і Airbus (Франція), BAE Systems (Великобританія), Textron і Bell Helicopters (США), KiaMilitary (Південна Корея)).

**Висновок.** Забезпечення якісного та своєчасного проведення ремонту артилерійських боєприпасів являє собою складну комплексну, але необхідну задачу, вирішення якої забезпечить військові частини та підрозділи ЗСУ артилерійськими боєприпасами необхідними для вирішення бойових завдань в подальшому.

Напрямом подальших досліджень може бути визначення науково обґрунтованих методів якісного проведення ремонту артилерійських боєприпасів на артилерійській базі в сучасних умовах, які б відображали специфіку технологічного процесу.

### Список використаних джерел

1. *Аналіз технічного забезпечення дій підрозділів (частин) під час антитерористичної операції.* – К.: Озброєння ЗС України, 2014. – 108 с.
2. *Наставление по обеспечению боевых действий Сухопутных войск. ч. VIII. Техническое обеспечение (соединение, часть, подразделение).* – 1985. – 175 с.
3. *Експертне дослідження щодо зниження (часткової втрати) оборонного потенціалу України (протягом 2004-2014 р.р.)* – К. НУОУ – 2015р.

4. Інтернет джерело – [www.bbc.com/ukrainian/ukraine\\_in\\_russia/2015/03/150305\\_ru\\_s\\_artillery\\_ammunition\\_supply](http://www.bbc.com/ukrainian/ukraine_in_russia/2015/03/150305_ru_s_artillery_ammunition_supply))
5. Алексєєнко О.В. Аналіз проблемних питань технічного забезпечення антитерористичної операції та визначення напрямків її вирішення / Алексєєнко О.В., Челобітченко О.О., Овчаренко І.В., Багдасарян Н.К. // Збірник наукових праць «Труди університету». – К.: НУОУ. 2014. №4 (125). – С. 85 – 91.
6. Інструкція про порядок категорювання ракетно-артилерійського озброєння. Затверджена Наказом МО України від 11.01.2013 року №19.
7. Инструкция по техническому осмотру боеприпасов на арсеналах, базах и окружных складах; 1978.
8. Руководство по эксплуатации ракетно-артилерійського вооружения. – М.: Воениздат, 1989. – 137 с.
9. Руководство по ремонту боеприпасов.: 1986. -224 с.
10. Руководство для арсеналов, баз и складов ракет и боеприпасов, ч.1., 1973. – 152 с.
11. Правила техники безопасности при хранении, сборке и ремонте боеприпасов на арсеналах, базах и складах: 1975. – 103 с.

**Науковий керівник:** Бордіян П.П.

**Рецензент:** Скачков В.В., д.т.н. проф., Військова академія (м. Одеса), Україна

УДК 623.52:662.1/4

**Ковальов Р.Я.**, магістрант*Військова академія (м. Одеса), Україна*

## **ОБҐРУНТУВАННЯ ВИМОГ ДО ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОРОХІВ, ЯКІ ВИЗНАЧАЮТЬ ЇХ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ТА ТЕРМІН ПРИДАТНОСТІ**

*В статті розглянуто питання щодо властивостей порохів, визначає їх працездатність і термін служби*

**Ключові слова:** пороху, вибухові речовини, хімічна стійкість, тривале зберігання, розкладання пороху, балістична стабільність, гігроскопічність, фізико-хімічна стійкість.

**Постановка проблеми.** Властивості порохів, визначає їх працездатність і термін служби, хімічна стійкість порохів До складу сучасних порохів входять хімічно малостійкі вибухові речовини. Тому пороху в порівнянні з використанням для спорядження боєприпасов вибуховими речовинами, мають меншу хімічну стійкість.[1]

При тривалому зберіганні відбувається розкладання пороху. Процес розкладання пороху протікає з утворенням хімічно активних продуктів (оксидів азоту) і виділенням тепла. Утворені при розкладанні пороху оксиди азоту відіграють роль каталізатора, що прискорює процес розкладання. У певних умовах розкладання нестійкого пороху може протікати настільки швидко, що відбувається його займання. Присутність вологи в невеликих кількостях прискорює процес гідролітичного розпаду, ще більш згубного, ніж термічний розклад.

Існують речовини, здатні сповільнювати процес розкладання. Ці речовини називаються стабілізаторами хімічної стійкості. В процесі виготовлення порохів невеликі кількості цих речовин вводяться в їх склад. Час з моменту виготовлення пороху до початку його прискореного розкладання і визначає термін його безпечного зберігання. Термін безпечного зберігання пороху зі стабілізатором хімічної стійкості понад 20 років, без стабілізатора – близько 10 років.

У 1897 р в якості стабілізатора хімічної стійкості піроксилінових порохів запропонований дифеніламін. Для нітроглицеринового порохів були розроблені стабілізатори названі централітами. Як стабілізатор хімічної стійкості піроксилінових порохів застосовували аміловий спирт, вазелін, касторове масло, анілін, сечовину.

**Основна частина. Балістична стабільність порохів.** Для бойового застосування порохів дуже важливо, щоб їх балістичні характеристики з плином часу не змінювалися. Здатність порохів зберігати при тривалому зберіганні сталість балістичних характеристик називають балістичною стабільністю. Балістична стабільність тісно пов'язана з хімічною і фізичною стійкістю пороху. Пороху з малої хімічної або фізичної стійкістю володіють і малою балістичною стабільністю. При правильній організації зберігання порохів і зарядів з них балістичні характеристики залишаються незмінними протягом 10-12 і більше років. Балістична стабільність часто грає вирішальну роль при встановленні терміну служби порохів.

При тривалому зберіганні при підвищених температурах в порохах на важколетучемо розчиннику зменшується вміст розчинника, що супроводжується зниженням енергетичних і балістичних характеристик порохів.

**Загальна характеристика порохів і вимоги, що пред'являються до них.** Порохи прийнято називати багатокомпонентні тверді речовини, які містять в своєму складі пальне і окислювач і мають здатність горіти за певним законом з виділенням тепла і газоподібних продуктів.

Існує велика група речовин, що підходять під це визначення. Перш за все до них відносяться речовини, що застосовуються як хімічне джерело енергії для металних цілей в стрілецьку зброю, ствольної і реактивної артилерії. Саме цій групі речовин пороху зобов'язані своїм історично сформованим назвою.

Кілька років тому з'явилася нова група речовин, що володіє всіма ознаками порохів і в той же час деякими, тільки їм притаманними властивостями. Це тверді палива для ракетних і прямоочних повітряних реактивних двигунів.

Необхідно також вказати на специфічну групу речовин, яка за своїми властивостями підходить під визначення порохів, але призначається головним чином для створення спеціальних піротехнічних ефектів за допомогою реакції горіння. Ця група речовин отримала назву піротехнічних складов.

Зі сказаного випливає, що існував до останнього часу розподіл порохів на димні і бездимні не відображає всього різноманіття порохів. В даний час від такої класифікації порохів відмовилися. Всю групу речовин, які об'єднують під назвою «пороху», можна розділити по їхній фізикохімічній природі на нітроцелюлозні пороху і пороху – механічні суміші.[2]

До нітроцелюлозним порохам можна адресувати пороху, основним компонентом яких є високомолекулярні вибухові речовини – нітрати целюлози.

Для виготовлення високоякісної нітроцелюлози, застосовується у виробництві порохів, використовують чисту целюлозу, що отримується з бавовни або деревини спеціальної хімічної обробкою.

Другим обов'язковим компонентом нітроцелюлозних порохів є розчинник-пластифікатор нітратів целюлози.

Нітрогліцириновий порох при низьких температурах стає крихким. Це призводить до розтріскування або дроблення порохових елементів при пострілі і, як наслідок, до різкого підвищення тиску порохових газів, що викликає в окремих випадках розрив ствола зброї або камери реактивного двигуна.

Коливання температури при зберіганні нітрогліциринового пороху сприяють виділенню нітрогліцирину на поверхні порохових трубок, стрічок, пластинок.

Нітрогліцирин надзвичайно чутливий до тертя, тому що утворюються на поверхні порохових елементів краплі його становлять велику небезпеку.

В процесі зберігання реактивних зарядів з великою товщиною палаючого зводу іноді в результаті виникнення внутрішніх напружень і розтріскування пороху порушується суцільність пороховий шашки. Такі зміни призводять до суттєвого порушення нормального режиму горіння пороху в реактивному двигуні.

Балістична стабільність піроксилінових порохів обмежена через можливість випаровування залишкового летючого розчинника і вологи. Зміна вмісту вологи супроводжується істотною зміною його балістичних властивостей. При зміні змісту летючих речовин в поросі на 1% швидкість горіння пороху змінюється приблизно на 12%, тиск порохових газів в каналі ствола гармати – на 15%, а початкова швидкість снаряда – на 4%.

Володіючи помітною гігроскопічністю, піроксилінові пороху можуть не тільки віддавати вологу, але і поглинати її при підвищеній вологості повітря. Збільшення вологості пороху супроводжується зниженням енергетичних і балістичних характеристик пороху.

Щоб зменшити вологість і запобігти пов'язані з нею зміни балістичних властивостей піроксилінових порохів, прагнуть знизити їх гігроскопічність шляхом введення спеціальних добавок. Пороху зберігають в герметичній металевій упаковці.[3]

У виробництві порохів застосовуються інертні і вибухові розчинники-пластифікатори.

Інертні розчинники використовуються головним чином як технологічний компонент і в процесі виробництва залишаються в поросі в мінімально можливій кількості.[4]

Вибухові розчинники-пластифікатори не тільки забезпечують пластифікацію нітратів целюлози, але і сприяють підвищенню енергетичних характеристик порохів.

Залежно від природи розчинника-пластифікатора, його стану і змісту нітроцелюлозні порохи поділяються на **чотири групи**:

- 1) Пороху на інертному, що видаляється в процесі виробництва летучого розчиннику;
- 2) Пороху на вибуховому, що не видаляється в процесі виробництва важко летучому розчиннику;
- 3) Пороху на суміші двох розчинників (видаляється і не видаляється);
- 4) Пороху без розчинника.

До порохів без розчинників відносяться так звані віскозне порохи, які були розроблені і склалися на виробництві в роки Великої Вітчизняної війни. Виробництво віскозних порохів велося по зворотній схемі: спочатку з віскози формувалися зерна з одним каналом або без каналу, потім віскоза регенерувалася до целюлози і піддавалася нітруванню з подальшою стабілізацією.

**Пороха – механічні суміші.** До цього виду порохів належать вибухові системи, що представляють собою механічну суміш трьох основних компонентів: **окислювача, пального і сполучної речовини**. У готовому поросі частки компонентів хімічно не пов'язані один з одним, а рівномірно розподілені по масі пороху і знаходяться в тісному контакті.

З урахуванням природи компонентів, призначення складів і специфіки їх виробництва порохи – механічні суміші можна розділити на чотири групи: димні порохи; сумішеві тверді ракетні палива; тверді палива для прямоочних повітряних реактивних двигунів; піротехнічні склади.

Пороха – механічні суміші містять у своєму складі окислювачі та металеві горючі у вигляді дрібно подрібнених порошків. Для скріплення порошкоподібних компонентів до складу сумішей вводять різні сполучні (цементують) добавки.

Виробництво таких порохів полягає в попередньому подрібненні порошкоподібних речовин і ретельному змішуванні всіх компонентів. Отримана суміш компонентів підлягає ущільненню і формуванню. [5]

Залежно від призначення порохів в їх склад вводяться різні добавки. Для зниження температури горіння в цілях зменшення разгарної дії пороху в його склад вводять так звані охолоджуючі добавки, в якості яких використовують динітротолуол, дибутилфталат і деякі інші речовини. Динітротолуол і дибутилфталат є до того ж додатковими пластифікаторами коллоксилина. Їх зміст в готовому поросі може бути від 4 до 11%.

Доскладу порохів може вводитися так звана технологічна добавка, яка полегшує процес виготовлення пороховий маси. Широке застосування в якості технологічної добавки отримав вазелін, зміст його в поросі до 2%.

Для виключення явищ переривчастого і нестабільного горіння в реактивних двигунах до складу порохів вводять каталітичні і стабілізуючі добавки. Їх зміст в порохи невелика: від 0,2 до 2-3%. В якості каталізаторів горіння застосовують сполуки свинцю, а в якості стабілізуючих добавок використовують крейду, окис магнію і інші тугоплавкі речовини.

Порохи балістичного типу застосовуються для стрільби з гармат, мінометів і реактивних установок.

**Гарматні порохи** виготовляються переважно у вигляді трубок різної довжини і з різною товщиною палаючого зводу.

**Мінометні порохи** готуються у формі пластинок, стрічок, спіралей і кілець.

**Реактивні порохи** виготовляються у вигляді толстосводних одноканальних шашок циліндричних і більш складних геометричних форм.

Як димні порохи свого часу не змогли задовольнити зрості вимоги, що пред'являються до вогнепальної зброї, і на їх зміну прийшли нітроцелюлозні порохи, так у міру розвитку ракетної техніки балістичного порохи виявилися не в змозі повністю задовольнити вищі тактико-технічні вимоги. У балістичних порохів порівняно невисокий одиничний імпульс  $P_1$  (180-230 кгс • с / кг), для

забезпечення їх нормального горіння необхідно тиск 40-60 кгс / см<sup>2</sup>, вони мають вузьким інтервалом швидкостей горіння, значною залежністю швидкості горіння від тисків і початкової температури заряду. Крім того, технологія виробництва балістичного пороху обмежує можливості створення великогабаритних зарядів, а самі заряди відрізняються недостатньо високою фізичною стабільністю. У зв'язку з цими недоліками балістичного пороху було приділено велику увагу розробці та створенню для реактивних двигунів змішаних палив.

Цікаво відзначити, що сумішеві палива розроблялися німцями ще під час Другої світової війни.

Розробка їх в той час була викликана головним чином гострою нестачею сировини для нітроцелюлозних порохів. У США розробкою сумішевих палив почали займатися ще раніше, в 1933 р., проте прийнятні склади були створені тільки в п'ятдесяті роки.

В сучасних сумішевих паливах функції пального і сполучного, як правило, виконує одна речовина, зване паливно-сполучною речовиною. Від природи паливно-сполучного речовини залежать фізична структура, механічна міцність і технологічні якості палив. Як паливно-зв'язуючих речовин застосовуються полімерні матеріали: асфальтоуглеводородні смоли, формальдегідні смола, каучуки та ін. Їх зміст в готовому продукті може бути від 15 до 25%.

В якості окислювача найбільш широке застосування отримав перхлорат амонію. Його вміст коливається від 60 до 80%. Застосовуються також перхлорат калію, нітрат амонію. Перераховані речовини порівняно дешеві і доступні і в той же час мають високу щільність і задовільні енергетичні характеристики.

З метою збільшення енергетичних характеристик сумішевих палив в їх склад часто вводять металеве пальне, головним чином алюміній, у вигляді дрібнодисперсного порошку. Кількість алюмінію в сумішевому паливі може становити 5-20%.

Для регулювання швидкості і процесу горіння сумішевих палив в їх склад вводять спеціальні добавки в кількості 0,5-5%.

Для поліпшення технологічних властивостей можуть вводитися технологічні добавки.

Важливою особливістю сумішевих палив, що має велике практичне значення, є те, що заряди з них можуть бути отримані методом відливання, причому склад може заливатися безпосередньо в камеру двигуна. Це дозволяє виготовляти з сумішевого палива шашки практично будь-яких розмірів.

Сумішеві палива позбавлені багатьох недоліків, властивих балістичним порохам, проте їм притаманні свої недоліки: велика залежність параметрів горіння від розмірів частинок речовин, що входять до їх складу, гігроскопічність, вибухонебезпечність, висока вартість. Тому в сучасній ракетній техніці в залежності від призначення і типу ракетної зброї застосовують як сумішеві палива, так і балістичного пороху.[6]

Тверді палива для прямоочних повітряних реактивних двигунів мають запас власного кисню та інших окисних елементів, достатній лише для попереднього горіння.

Повне окислення продуктів попереднього горіння здійснюється за рахунок кисню повітря, що подається в камеру ракетного двигуна за допомогою спеціальних пристроїв.

Піротехнічні склади являють собою механічні суміші різних компонентів, здатні до закономірного горіння як за рахунок власного кисню, так і за рахунок кисню повітря. Вони призначені для отримання спеціального піротехнічного ефекту: світлового, звукового, димового, колірною і т. п.

Піротехнічні склади широко використовуються у військовій справі, в народному господарстві, при проведенні урочистостей (феєрверки, салюти). Основними компонентами піротехнічних складів є пальне, окислювач і цементатора. При виборі компонентів і їх кількісного змісту керуються необхідністю отримання необхідного піротехнічного ефекту.

**Висновок.** Сучасні боєприпаси повинні володіти високими початковими швидкостями, необхідними для досягнення певної дальності стрільби і бронепробиваємості.

Зміна фізико-хімічних властивостей в процесі тривалого зберігання неминує тягнути за собою зміну балістичних параметрів, що в свою чергу негативно впливає на ефективність стрільби і в ряді випадків може привести до ненормального дії зброї та боєприпасів. Цього не станеться при високій фізичній і хімічній стабільності пороху, що забезпечує можливість їх тривалого зберігання на базах, складах і в військах в різних кліматичних умовах.

Закономірність горіння пороху може бути порушена, якщо внаслідок недостатньої механічної міцності відбудеться руйнування порохових елементів при зберіганні, транспортуванні або бойове застосування. Тому що застосовуються порохи повинні мати достатню механічну міцність.

Потреба в поросі під час війни величезна. Задовольнити її можна тільки при наявності широкої вітчизняної сировинної бази, достатніх виробничих потужностей, простий і безпечної технології виготовлення порохів.

#### Список використаних джерел

1. Витер В.Н. Тротильовий еквівалент. *Хімія і хіміки*, – М.:Просвещение, №4, 2010.
2. Дроздов В.О., Дроздов М.О., Горліченко М.Г., Ковальчук О.В., Шевченко С.В. *Хімія. Вибухові речовини.* – Одеса: Одеський інститут сухопутних військ, 2002.
3. Станюкевич К.П., Баум Ф.А., Шехтер Б.И. *Фізика взрива. «Книги по требованию»* – М.:Изд.физико-математической литературы, 2013.
4. Баранов М.И. *Анталогія выдающихся достижений в науке и технике. Часть 4:Изобретение химических взрывчатых веществ // Електротехніка і електромеханіка.* -№5.-Харків, 2011.
5. Березан О.В. *Органічна хімія.* – К.: Абрис, 2000.
6. Яхонтов А.Д. *Курс взрывчатых веществ: учебное пособие.* – М.: НКПТ, 1993.

**Науковий керівник:** Галкін А.О., Військова академія (м. Одеса), Україна.

УДК 623.56: 623.451

**Коньков С.І.****Іванов Т.С.***Військова академія (м. Одеса), Україна*

## РОЛЬ ТА МІСЦЕ ЗАГАЛЬНОЇ КЛАСИФІКАЦІЇ БОЄПРИПАСІВ В ДОСЛІДЖЕННЯХ ВРАЖАЮЧОЇ ДІЇ БОЄПРИПАСІВ

*У статті наведено класифікацію по типам та підкласам всіх наявних засобів ураження (боєприпасів), а також проведено аналіз взаємозв'язку наведеної класифікації на вражаючу дію боєприпасів при дослідженнях шляхом математичних моделювань. Відомо, що артилерійські боєприпаси належать до найпоширенішого виду виробів військової техніки. Враховуючи своє специфічне функціональне призначення, боєприпаси є високонебезпечними щодо вибуху та пожежі об'єктами, застосування яких вимагає необхідної кваліфікації та достатніх знань їх будови та уражаючої дії. Безперечним фактом є те, що тільки при бойовому застосуванні боєприпасів або при їх підірванні в умовах спеціально підготовленого полігону можна отримати реальне уявлення про їх бойові властивості. Проте, з точки зору підготовки фахівців боєприпасного напрямку, такий підхід має свої обмеження і, передусім, фінансові та ресурсні. Швидкість пострілу, вибухового перетворення, дефрагментації снаряда, осколкового, фугасного та інших комплексних видів ураження без попередніх глибоких теоретичних знань про процеси, які в них протікають (їх кількість та взаємозв'язки) може призвести до необґрунтованого спрощеного розуміння явищ, що супроводжують постріл та ураження цілі.*

**Ключові слова:** артилерійські боєприпаси, засоби ураження, класифікація боєприпасів, вражаюча дія боєприпасів.

**Постановка проблеми.** Артилерійські боєприпаси та їх місце у загальній класифікації засобів ураження мають великий вплив при математичному моделюванні та встановленні ролі обчислювального експерименту як способів дослідження вражаючої дії артилерійських боєприпасів. Боєприпаси є складовими частинами військової техніки, та додатково займають істотне місце серед сучасних класів засобів ураження. З метою якісного дослідження вражаючої дії боєприпасів необхідно провести аналіз існуючих артилерійських боєприпасів за їхньою номенклатурою та розглянути життєві цикли засобів ураження та особливості зміни технічного стану боєприпасів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Сучасні методи математичного моделювання та системи обчислювальної математики дозволяють з використанням раніше отриманих експериментальних даних здійснювати вивчення вибухових явищ та ефектів ураження без шкоди для себе та оточуючих. Ця мета досягається за допомогою спеціально розроблених моделей, алгоритмів, програмного забезпечення та комп'ютера. Накопичений значний об'єм експериментальних даних дозволяє ускладнювати моделі, порівнювати їх, тобто проявляти творчий підхід у вивченні вибраної спеціальності, що і є основною метою подальшого вивчення процесів моделювання вражаючої дії артилерійських боєприпасів.

**Формулювання цілей.** Аналіз класифікації боєприпасів та визначення їх підкласів з метою дослідження вражаючої дії боєприпасів наштовхне наші розробки на підхід, що передбачає трансформацію теорії в стислу математичну модель, її перетворення в алгоритм з подальшим розробленням комп'ютерних програм. Особливу увагу також необхідно приділити термохімічним перетворенням як основам фугасної та осколкової дії артилерійських боєприпасів.

**Виклад основного матеріалу.** Будь-яку зброю як поняття можна умовно поділити на дві частини: постійну невитратну та витратну частину. Тоді з цієї точки зору боєприпасами (бойовими припасами) будемо називати витратну частину зброї, яка являє собою металевий снаряд, що вистрілюють (випускають, викидають) за допомогою акумульованої в якій-небудь формі енергії, яка потім вивільнюється в процесі пострілу.



Всі звичайні засоби ураження (боєприпаси) є широкою міжвидовою номенклатурою зразків військової техніки, їх уражаюча дія формується за рахунок переходу потенційної енергії енергетичного матеріалу (вибухової речовини) в механічну енергію. На першому етапі за допомогою артилерійської установки та порохового металевго заряду артилерійський снаряд доставляється в місце розташування цілі, де за рахунок комплексного впливу на неї (кінетичного, фугасного, осколкового, кумулятивного та ін.) призводить до її знищення або неможливості виконання нею своїх функцій.

Аналіз боєприпасів проведемо з формування ієрархічного дерева класів звичайних засобів ураження. Результат поділу усієї сукупності боєзапасів на 10 класів наведено на рис. 1.



Рис. 1 – Ієрархічна структура класів боєприпасів

Поняття «клас» містить у собі:

вид зброї;

спосіб метання (викидання з каналу ствола);

можливість керування об'єктом на траєкторії; – тип носія та тип уражуючого ефекту.

Артилерійський боєприпас як клас об'єднав у собі сукупність некерованих боєприпасів з активним способом метання снаряда з використанням ствола. Сучасні керовані артилерійські боєприпаси в процентному відношенні становлять незначну частину від усієї сукупності некерованих засобів.

Артилерійські снаряди для збільшення дальності польоту або створення складних траєкторій польоту можуть мати у своєму складі маршовий реактивний двигун (активнореактивний снаряд, постріл протитанкового гранатомета).

Уніфікація за калібром є не лише всередині підкласу, але й між ними, наприклад, боєприпаси 30 мм гармати 2А42 уніфіковані з 30 мм автоматом 2А38 зенітного гарматно-ракетного комплексу «Тунгуска». Всередині калібру боєприпаси поділяються за типами пострілів. Поняття типу визначається сукупністю особливостей снаряда, металевго заряду та комплектацією пострілу:

- снаряд
- основна уражаюча дія (бронебійна, кумулятивна, осколково-фугасна);
- супутна уражаюча дія (осколкова, запальна);
- співвідношення калібру гармати та калібру снаряда (каліберні, підкаліберні та ін.);
- принцип стабілізації в польоті до цілі;
- використання засобів
- підвищення дальності польоту (досяжності);
- (аеродинамічна форма, газогенератор, реактивний двигун);

- тип порохового заряду (далекобійний, повний, зменшений, пороховий заряд унітарного патрона);
- потужність уражаючої дії снаряда (маса вибухової речовини, коефіцієнт наповнення, вид вибухової речовини);
- спосіб заряджання;
- тип автоматики підривання боєприпасів на траєкторії (зривник);
- особливості комплектації снаряда та креслення (сталь корпусу снаряда, матеріал ведучого поясок, готовий наріз); – металевий заряд
- потужність заряду (далекобійний, повний, зменшений);
- тип порохового металевих заряду (простий, комбінований);
- тип елементів порохового металевих заряду;
- сорт пороху;
- тип засобу займання, запальник;
- наявність допоміжних елементів (полум'ягасник, розміднювач);
- тип матеріалів, що використовуються (матеріали гільз – сталь, латунь, полотно, що згорає, пластмаса, тощо).
- особливості комплектації гільзи та креслення (ребра жорсткості на гільзах).

Ознайомлення з артилерійськими боєприпасами проведемо шляхом аналізу їх номенклатури.

Для досягнення визначених цілей проведемо ознайомлення з артилерійськими боєприпасами, які обмежимо сукупністю 15 типів артилерійських систем наземного, морського та авіаційного базування, а кількість підкласів скоротимо до оберемо 5. Вибрані артилерійські системи репрезентують усю специфіку артилерії Збройних Сил України як за структурними компонентами «земля», «повітря», «вода», так і за особливостями бойового застосування: гаубична, танкова, протитанкова, зенітна, авіаційна, універсальна.

Розгляд та аналіз зазначених типів та підкласів артилерійських систем в подальшому дасть змогу створити математичну модель, яку необхідно розглядати як математичне представлення реальності, а з іншої точки зору математичне моделювання є процесом побудови та вивчення математичних моделей. Усі військові науки, які використовують математичний апарат, по суті, займаються математичним моделюванням, оскільки вони замінюють реальний об'єкт його математичною моделлю, а потім вивчають її.

Визначимо поняття моделі та процесу моделювання. Моделювання – це практичне або теоретичне дослідження об'єкта, при якому безпосередньо вивчається не сам об'єкт, що досліджується, а його штучно створений математичний опис – тобто модель. Модель повинна знаходитися в деякій об'єктивній відповідності до об'єкта, що вивчається. Вона має бути здатною замінити об'єкт та дати про нього інформацію.

У нашому випадку об'єктом дослідження виступає уражаюча дія артилерійських боєприпасів. Під уражаючою дією розуміємо здатність боєприпасів до детермінованих або стохастичних ефектів руйнування (порушення функціонування) об'єктів, проти яких артилерійські боєприпаси застосовуються.

Уражаюча дія проявляється за допомогою таких типів дії:

- ударної (кінетичної);
- фугасної;
- осколкової;
- кумулятивної; – запалюючої; – ініціюючої.

Фізичною основою вищевказаних видів ураження є

- функція снаряда як ударника;
- явища, що супроводжують вибух бризантної вибухової речовини;
- кумулятивний ефект;

- займання та горіння як фізичне явище;
- явище ініціювання бризантної вибухової речовини.

Математична модель уражаючої дії боєприпасу є його наближеним описом. Цей опис виконується з використанням математичної символіки, зокрема у вигляді формули або набору інструкцій. Математична модель у такому вигляді є інструментом пізнання особливостей уражаючої дії, а також дає можливість оцінювати її керуваність та прогнозувати її наслідки.

Процес математичного моделювання уражаючої дії боєприпасів можна поділити на чотири етапи.

*Перший етап* – формулювання законів, що пов'язують основні об'єкти моделі (масу бризантної вибухової речовини, тротилловий коефіцієнт, швидкість детонації тощо). Цей етап вимагає широкого знання фактів, які характеризують ураження як фізичний процес, та глибокого проникнення в їх взаємозв'язок. Ця стадія завершується записом у математичній формі сформульованих понять та якостей зв'язків між об'єктами моделі.

*Другий етап* – дослідження математичних завдань, що витікають із розробленої математичної моделі. Основним питанням цього етапу є розв'язання прямої задачі, тобто отримання в результаті аналізу моделі вихідних даних (теоретичних результатів) для подальшого їх порівняння з результатами спостережень за досліджуваними явищами (наприклад, кількість осколків, їх масу, швидкість). На цьому етапі стає важливим математичний апарат, який потрібний для аналізу. Обчислювальна техніка (комп'ютер) у цьому процесі є потужним засобом для отримання кількісної інформації.

*Третій етап* – з'ясування того, чи задовольняє розроблена (гіпотетична) модель критерію практики. Тобто, необхідно з'ясувати питання про те, чи узгоджуються результати спостережень з теоретичними результатами моделі в межах точності цих спостережень.

Якщо математична модель така, що при певному виборі вхідних даних результат неповною мірою відповідає практичним даним, то в цю модель мають бути внесені обмеження (наприклад, у використання маси вибухової речовини або швидкість її детонації тощо).

Застосування критерію практики до оцінки математичної моделі дозволяє зробити висновок про правильність положень, що лежать в основі (гіпотетичної) моделі. Перевірка на практиці є єдиним способом вивчення недоступних нам швидкоплинних явищ вибухотехніки.

*Четвертий етап* – подальший аналіз моделі у зв'язку з накопиченням даних про явища, що вивчаються, і модернізація моделі. У процесі вивчення вибуху як фізичного явища дані про нього все більше й більше уточнюються, і настає момент, коли дані, що отримуються на підставі існуючої математичної моделі, не відповідають нашим знанням про явище. Таким чином, виникає необхідність побудови нової, більш досконалої моделі.

Як було сказано вище, існує два основні класи завдань, що пов'язані з математичними моделями, – прямі та зворотні. У першому випадку (прямі задачі) усі параметри моделі вважаються відомими, і нам залишається тільки досліджувати її поведінку. У другому (зворотне завдання) якісь параметри моделі не відомі (наприклад, вони не можуть бути виміряні практично), й потрібно їх знайти, порівнюючи поведінку реальної вибухової системи з її моделлю. Ще одне зворотне завдання: підібрати параметри моделі так, щоб вона задовольняла якимсь заданим умовам – такі завдання вирішуються при проектуванні боєприпасу.

Від математичної моделі до обчислювального експерименту необхідно пройти через етапи створення алгоритму та програми.

Алгоритм є набором інструкцій, що описують порядок дій виконавця для досягнення результату – розв'язання задачі. Алгоритм (обчислювальний алгоритм) реалізації моделі уражаючої дії боєприпасу за своєю суттю не повинен спотворювати основні властивості моделі, а має бути пристосований до комп'ютерної реалізації. Алгоритм може бути представлений у словесній (вербальній) формі або у вигляді блока схем.

Завершальним етапом є створення комп'ютерної програми, яка являє собою послідовність інструкцій, призначених для виконання обчислювальною машиною (комп'ютером). Програма – це один з компонентів програмного забезпечення.

За допомогою обчислювальних систем Mathcad, Excel та Matlab та розроблених програм є можливість здійснювати різноманітні обчислювальні експерименти, вивчаючи уражуючу дію артилерійських боєприпасів.

*Mathcad* – система комп'ютерної алгебри з класу систем автоматизованого проектування. Вона орієнтована на підготовку інтерактивних документів з обчисленнями й візуальним супроводом. Mathcad відрізняється легкістю використання та застосування для колективної роботи. Система розрахунків була задумана й написана А. Раздовом з Масачусетського технологічного інституту (США).

Mathcad має простий та інтуїтивний для використання інтерфейс користувача. Для введення формул та даних можна використати як клавіатуру, так і спеціальні панелі інструментів.

*Microsoft Excel* (іноді *Microsoft Office Excel*) – комп'ютерна програма для роботи з електронними таблицями, що була створена корпорацією Microsoft для Microsoft Windows. Вона надає можливості проведення технічних розрахунків і графічного відображення отриманих результатів. Microsoft Excel входить до складу Microsoft Office та є сьогодні одним із найбільш популярних комп'ютерних програмних продуктів у світі.

*Matlab* (скорочення від англ. «matrix laboratory») – пакет програм для вирішення завдань технічних обчислень та мова програмування, що використовується в цьому пакеті. Matlab на сьогодні застосовують більше 1.000.000 інженерних та наукових працівників, він працює на більшості сучасних операційних систем. Matlab як мова програмування була розроблена К. Моулером (С. Moler) у кінці 1970-х років ХХ століття, в університеті Нью-Мексика (США).

**Висновки.** Роз'яснення того, що характеристики боєприпасів залежать не тільки від їх конструкції, раціональність якої обґрунтовується при проектуванні, але й від їхнього технічного стану, який у процесі тривалого зберігання має тенденцію погіршуватися є основою при аналізі вражаючої дії боєприпасів. Таким чином, початкові характеристики засобів ураження, які досягаються на етапах проектування та серійного виробництва, під впливом кліматичного фактора з часом повільно видозмінюються. Це явище необхідно враховувати при оцінюванні якості боєприпасів, реалізації програм подовження терміну їх експлуатації, плануванні створення їх запасів. В статті широко проаналізовані питання математичного моделювання вражаючої дії засобів ураження.

#### Список використаних джерел

1. Запорожец В. И., Афанасенко Ф. П. *Теоретические основы испытаний и контроля качества боеприпасов.* – СПб: БГТУ «Военмех», 2008.
2. Одинцов В.А. *Действие средств поражения и боеприпасов.* – М: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005.
3. Савельев Ю.П., Генкин Ю.В. *Теоретические основы действия боеприпасов:*
4. *учебное пособие. Ч. 1* – СПб: БГТУ «Военмех», 1997.
5. Прохоров Б.А. *Боеприпасы артиллерии.* –М: Машиностроение, 1973.
6. *Физика взрыва. Под ред. Л.П. Орленко.* – Изд. 3-е, испр. – В 2-х т. Т. 2. –М: Физматлит, 2004.
7. Анипко О.Б., Бусяк Ю.М. *Внутренняя баллистика ствольных систем при применении боеприпасов длительных сроков хранения.* – Харьков: Академия внутр. войск МВД Украины, 2010.
8. Козырев А. В., Соловьев В. С. *Эффекты неидеальности иницирования и распространения детонации в снаряжении боеприпасов как фактор снижения стабильности характеристик их поражающего действия./ Наука и образование. №11, ноябрь 2011. Электронный интернет ресурс - <http://www.technomag.edu.ru/doc/291153.html>.*
9. Zecevic B., Terzic J., Catovic A., Serdarevic-Kadic S. *Characterization of distribution parameters of fragment mass and number for conventional projectiles./ New Trends in Research of Energetic Materials, Czech Republic, 2011. Электронный интернет ресурс – [www.dtd.ba/portal/index2.php](http://www.dtd.ba/portal/index2.php).*

УДК 623.455: 623.457

**Кравцов О.Д.,****Іванов Т.С.***Військова академія (м. Одеса), Україна*

## **АНАЛІЗ ВИМОГ ДО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ПАТРОНІВ ДО СТРІЛЕЦЬКОЇ ЗБРОЇ**

*У статті розглянуто проблематику виготовлення патронів до стрілецької зброї Збройних Сил України, зокрема відсутність чітких вимог до технологічного процесу виготовлення патронів. Дане питання досить актуальне для України на даному етапі розвитку, особливо в умовах війни з російським агресором та в умовах постійного удосконалення стрілецької зброї та патронів до них в багатьох державах. Звичайно на даний час в умовах Операції Об'єднаних Сил (а в попередні роки в умовах Антитерористичної операції) використовуються патрони радянського виробництва, запаси яких досить об'ємні, але сучасні вимоги до ведення бойових дій та інтенсивність їх проведення обумовлює удосконалення як стрілецької зброї так і безпосередньо патронів до неї. Навіть аналіз виробництва патронів до стрілецької зброї країн-членів НАТО та інших країн, які не є учасниками НАТО, приводить до висновку, що технологічному процесу виготовлення приділяється багато уваги і забезпечення патронами до стрілецької зброї армії більшості країн вирішується на найвищому державному рівні.*

**Ключові слова:** *стрілецька зброя, куля, патрон, гільза, характеристики.*

**Постановка проблеми.** Питання власного виробництва патронів для України сьогодні є дуже актуальним, адже країна перебуває у стані хоч і не оголошеної, але все ж війни. Не є таємницею, що військовослужбовцям ЗСУ щодня доводиться використовувати різного роду стрілецьку зброю, яка не є забороненою Мінськими угодами та іншими міжнародними нормативно-правовими актами. Інтенсивне використання патронів до стрілецької зброї поступово призводить до спустошення запасів, які дістались у спадок ще від СРСР на складах зберігання боєприпасів. Звичайно, процес виготовлення ракет і боєприпасів до різних систем та комплексів в нашій державі існує, адже такими установами як Державне підприємство «Державне Київське Конструкторське бюро «ЛУЧ», Державне підприємство науково-виробничий комплекс «ПРОГРЕС», Державна акціонерна холдингова компанія «АРТЕМ» та деякими іншими постійно тривають роботи в удосконаленні існуючих та розробці новітніх зразків ракет і боєприпасів, але наявність зазначених підприємств не надає відповіді на питання – якими керівними документами користуватися під час виготовлення тих чи інших снарядів, ракет чи патронів, який в цілому технологічний процес, які станки та обладнання потрібно для їх виготовлення, випробування та подальшої модернізації [5, 6, 7]? Питання виникають, а відповідей немає. Звичайно розвиток патронів в пострадянському просторі відбувався з розвитком стрілецької зброї, сьогодні збройні конфлікти також створюють умови для паралельного удосконалення і зброї і боєприпасів. А сучасні методи проектування і розробки стрілецьких комплексів повинні базуватися на знанні процесів, які відбуваються при пострілі та взаємодії всіх елементів комплексу із застосуванням положень системного аналізу і сучасних досягнень обчислювальної техніки. Необхідність такого підходу визначається ускладненням зброї, її багатофункціональністю, застосуванням новітніх матеріалів, використанням прогресивних методів обробки в технологічних процесах виготовлення стрілецької зброї та патронів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Відомим є факт, що чи не єдиним джерелом постачання патронів до стрілецької зброї для Збройних Сил України був Луганський патронний завод, який очевидно використовував для проектування та виробництва патронів технічну документацію та іншого роду допоміжну літературу ще часів радянського союзу. З інтернет-джерел відомо, що в так званій «ЛНР» таки

запустили частину потужностей окупованого Луганського патронного заводу та вже випустили 10 млн патронів для власних потреб, які зараз активно використовують проти українських військових на Донбасі. Також слід зазначити, що патронний завод у Луганську сепаратисти «самооборони ЛНР», відкривши вогонь з автоматів, «взяли під охорону» на світанку 31 травня 2014 року, коли почали захоплювати адміністративні будівлі і підприємства Луганщини. Ці ж інтернет-джерела повідомляють, що з травня 2015 року завод відновлений і на ньому виробляються патрони [8].

**Формулювання цілей.** Метою статті є проведення аналізу вимог до технологічного процесу виготовлення патронів, яких дотримувались при виготовленні патронів до стрілецької зброї на теренах пострадянського простору, а також частковий аналіз рекомендацій та вимог до технологічного виготовлення патронів до стрілецької зброї, які застосовуються в інших розвинених країнах світу. В подальшому необхідно також розглядати сучасні розробки в усіх областях технічних наук, що буде корисним при розробці тактико-технічних вимог до сучасних та перспективних зразків озброєння та зокрема боєприпасів, що застосовуються в арміях всього світу.

**Виклад основного матеріалу.** В багатьох випадках нові патрони рідко розробляються та приймаються на озброєння, не лише у зв'язку з відсутністю потреби в їх модифікації, а у зв'язку з відсутністю умов для їх виготовлення. При розробці патронів недоцільно і безглуздо змінювати розмір та форму патрона, так як це призведе до неможливості використання його для вже існуючих зразків озброєння. Такі зміни призведуть до потреби в розробці нового озброєння. Тому патрон є усталеним елементом в системі озброєння. Якщо озброєння може постійно удосконалюватися змінюючи конструкцію, то з патронами це неможливо. Дозволенні тільки такі зміни, які не змінюють зовнішній розмір та форму патрону [4].

Сьогодні ми все ще використовуємо базову радянську систему, що визначає номенклатуру патронів стрілецької зброї. Вона включає:

- 7,62-мм гвинтівочний патрон;
- 5,45-мм та 7,62-мм автоматні патрони;
- 9,0-мм пістолетний патрон;
- 12,7- та 14,5-мм великокаліберні патрони.

Балістичні можливості, ефективна дія по цілям, надійність, габарити і вага – це все є найважливішими якостями та характеристиками патрона, які визначають ємність постачання патронів в автоматичній зброї і розміри бойових комплектів. Основне завдання при створенні нового патрону є оптимальне поєднання високих балістичних і бойових якостей патрону з його мінімальними розмірами і вагою. Широкоформатне вирішення цієї задачі дозволить знайти оптимальні параметри патрона за калібром, вагою і формою кулі, її початковою швидкістю, що забезпечить високу ефективність дії і надійність функціонування окремих елементів і патрону в цілому.

Все зазначене є досить актуальним для оборонно-промислового комплексу нашої країни, адже керівництво Збройних Сил України, як і держави в цілому безупинно прямує в НАТО, а тому перехід на калібри стандартів НАТО взагалі, і зокрема патронів до стрілецької зброї, а отже і виробництво зазначених патронів, а відповідно і процес проектування патронів та технологічний процес їх виготовлення мають надзвичайно велике значення для створення вимог до них.

Патрони до стрілецької зброї призначені для ураження живої сили і техніки противника і до них пред'являються наступні вимоги:

- хороші балістичні характеристики;
- незначна вага і габарити;
- безвідмовність дії в будь-яких умовах;
- можливість тривалого зберігання (без втрати балістичних якостей);
- відсутність взаємодії порохових зарядів з металевими елементами;

- забезпечення збереження міцності кулі під час руху її в каналі ствола, в польоті і при зустрічі з перешкодою;
- безпечність при зберіганні на складах, арсеналах і під час використання;
- простота будови та дешевизна виробництва;
- використання недефіцитних матеріалів.

Виконання всіх вимог при реалізації концепції розвитку всіх видів стрілецьких комплексів, яка передбачає постійне їх удосконалення та аналіз зазначених вимог формує основні напрямки удосконалення характеристик бойової зброї:

- збільшення дальності ефективної стрільби;
- підвищення пробивної та вражаючої дії куль;
- збільшення щільності вогню;
- підвищення кучності бою патронів;
- зменшення габаритних розмірів, як зброї, так і боєприпасів.

В цілому до незалежності України технологічний процес виготовлення патронів включав такі основні технологічні етапи:

- а) виготовлення металевих елементів патронів;
- б) монтаж елементів і спорядження патронів;

Найважливіший процес охоплює перший етап, тобто виробництво металевих елементів та патронів, який включає наступні операції:

- 1) отримання, зберігання і видача матеріалів, металів і напівфабрикатів;
- 2) підготовка засобів виробництва, такі як: проектування і виготовлення робочого, вимірювального, допоміжного інструменту, пристроїв для завантаження верстатів і пресів спеціальних верстатів, ремонтного обладнання;
- 3) виготовлення заготовок для металевих елементів патронів;
- 4) виготовлення металевих елементів патронів;
- 5) виготовлення піротехнічних складів для куль спеціальної дії;
- 6) виготовлення тари для патронів;
- 7) монтаж куль, спорядження патронів і їх закупорювання;
- 8) контроль матеріалів, напівфабрикатів, готових виробів і випробування бойових якостей патронів.

На перших двох етапах виробничого процесу матеріали не змінюються. Виробничий процес, що змінює матеріали з моменту надходження на обробку до отримання готової продукції, називається технологічним процесом і включає третій, четвертий, п'ятий, шостий і сьомий етапи виробничого процесу. Восьмий етап виробничого процесу не пов'язаний зі зміною стану продукту виробництва але за своїм технічним змістом цілком відноситься до компетенції технологічних органів заводу. Розробка методів і засобів контролю у всіх стадіях обробки повинна проводитися в тісному погодженні з технологічним процесом.

Технологічні етапи виробничого процесу визначають профіль виробничих цехів заводу (заготівельні цехи, цехи виготовлення металевих елементів, піротехнічні, монтажні, споряджувальні, тарні.), що є самостійними в організаційному відношенні ділянками виробничої діяльності підприємства.

Кожен з етапів технологічного процесу з урахуванням методів і засобів контролю фіксується в певних формах технологічної документації. Третій і четвертий етапи виробничого процесу є найбільш трудомісткими і вимагають великих виробничих витрат.

Сучасні війни вимагають астрономічної кількості патронів для стрілецької зброї. Масовий тип виробництва є єдиною рентабельною формою організації виробництва патронів. Масове виробництво, при якому витрати розподіляються на велику кількість виробів, дозволяє застосовувати найбільш прогресивні форми організації технологічного процесу і високопродуктивні методи обробки.

Для виробництва патронів характерна організація технологічного процесу за методом безперервного потоку з застосуванням механізованих транспортних пристроїв, автоматизація завантаження верстатів і ряд інших заходів. Останні роботи ряду заводів США дають право стверджувати, що знайдено рішення побудови для ряду технологічних процесів автоматичних ліній і навіть цехів (спорядження патронів).

Широко застосовуються у виробництві патронів спеціальні верстати, побудовані за принципом послідовної і паралельної концентрації операцій, що дозволяє значно скоротити штучний час. Поряд із застосуванням спеціальних верстатів для обробки, (монтажу та спорядження широкий розвиток отримали автоматичні верстати контролю.

У патронному виробництві в наслідок широкого застосування високопродуктивних передових методів обробки без зняття стружки і великих масштабів виробництва, при яких великі цехи випускають лише одну або дві деталі, необхідне ретельне вивчення технологічних процесів. В патронному виробництві тимчасове (протягом декількох днів) зниження стійкості одного з видів інструментів веде до самих неприємних наслідків – аж до зупинки заводу.

Випробувати кожний готовий виріб в патронному виробництві не може бути можливим, тому що в результаті випробування (стрільби) даний виріб (патрон) знищується. Таким чином про якість виробів, що здаються замовнику або знаходяться в процесі виготовлення, доводиться давати висновок за результатами випробування інших виробів даного типу.

Не менш серйозне значення має і незворотність випробування. Неможливість відновити і вивчити патрон, що дав при пострілі той чи інший дефект. Такий невідповідний і незворотний характер випробувань значно ускладнює спостереження за ходом технологічного процесу і виявлення причин дефектів, що в значній мірі ускладнює виробництво патронів.

Відпрацювання і аналіз технічного завдання і тактико-технічних вимог дозволяє визначити головні завдання, які повинні виконувати патрон і стрілецький комплекс в цілому, виходячи із концепції застосування бойової зброї. При визначенні виду кулі і орієнтовних конструктивних параметрів необхідно виходити з того, що куля – це балістичний снаряд, що нерідко має складну конструкцію, що наповнена великою кількістю елементів.

В подальшому при проектуванні патронів до стрілецької зброї необхідно виконати та розрахувати наступні характеристики:

- визначити динамічні характеристики куль;
- забезпечити стабілізацію в польоті куль з оперінням;
- оцінити можливості поперечного розриву оболонки кулі в каналі ствола;
- розрахувати кулі на зрив з нарізів каналу ствола;
- розрахувати кулі на демонтаж по вильоту з каналу ствола;

Безпечне поводження зі зброєю і патронами до нього передбачає суворе виконання нормативних вимог:

- неможливість випадкового пострілу при трикратному перезаряджанні у випадку уткання патрону в комір ствола;
- неможливість самовільного спрацювання патронів при падінні з висоти 1,5 м на бетонну підлогу при збереженні їх функціональної придатності;
- безпечне і надійне функціонування патронів після 1,5 годин зрушування на стандартному спеціальному приладі;
- безпечне і надійне функціонування патронів після 180-кратного спорядження магазинів чи стрічок з наступним приєднанням до зброї і розрядженням магазинів чи стрічок при подачі патронів в патронник рухомими частинами зброї;



– збереження герметичності при перевезенні в упаковці на дальність не менше 2000 км чи після 3 годин зтрушування на стандартному спеціальному приладі, після 24 годин витримки у воді або в рідкій рідині для змащування.

Патрони повинні виготовлятися з недефіцитних вітчизняних матеріалів, що гарантують функціональну стабільність при зберіганні в складських умовах в заводській упаковці на протязі 25 років. Елементи патрона повинні бути хімічно інертними, зберігати стабільні фізичні якості. Конструкція патронів повинна бути технологічною, придатною до виготовлення в умовах масового виробництва на наявному обладнанні патронних, порохових і капсульних заводів (підприємств) або при мінімальній зміні їх основного оснащення.

Балістичні характеристики патронів встановлюють за результатами випробувань стрільбою із трьох скорострільних та трьох крешерних видів балістичної зброї на протязі трьох днів. При стрільбі із крешерної зброї визначається максимальний тиск порохових газів та швидкість кулі.

Вражаючим елементом патрона є куля, яка розганяється в каналі ствола за рахунок роботи порохових газів, отримує велику початкову швидкість, покидає канал ствола і далі рухається по зовнішній траєкторії до цілі. Як відомо балістика це наука про рух снарядів, зокрема закономірності руху кулі всередині каналу ствола вивчає внутрішня балістика, а рух кулі по траєкторії у взаємодії із зовнішніми силами – зовнішня.

**Висновки.** Застосування стрілецької зброї потребує великих витрат патронів до неї, що в свою чергу веде до великих економічних затрат, оскільки закупка їх в інших країнах обходиться дорожче ніж це було б під час власного виготовлення. Таким чином, стаття містить аналіз основних вимог, які можуть бути пред'явлені до проектування та подальшого технологічного процесу виготовлення патронів до стрілецької зброї для подальших потреб Збройних Сил України, підрозділів Національної гвардії України, Національної поліції України та інших прирівняних структур. Надана інформація повинна створити серйозний підхід і до проектування і до технологічного процесу виготовлення патронів, адже сучасні військові конфлікти потребують незлічених об'ємів патронів до стрілецької зброї.

#### Список використаних джерел

1. ДСТУ 2860-94. *Надійність техніки. Терміни та визначення.*- Введ. 01.01.95 – Київ, Держстандарт України: 1995.
2. *Артилерійське озброєння і боєприпаси / А.Й. Дерев'янчук, М.Б. Шелест.* – Суми, «Видавництво СумДУ»: 2010.
3. *История советского стрелкового оружия и патронов / Д.Н. Болотин.* – Санкт-Петербург, Полигон: 1995.
4. *Основы проектирования патронов к стрелковому оружию / А.Н. Малов.* – Москва, ГИОП: 1947.
5. <https://ukroboronprom.com.ua/uk/struktura/derzhavne-pidpryyemstvo-derzhavne-kyyivske-konstruktorske-byuro-luch.html>.
6. <https://ukroboronprom.com.ua/uk/struktura/derzhavne-pidpryyemstvo-naukovo-vyrobnychyj-kompleks-progres.html>.
7. <http://www.artem.ua/ru/>.
8. [https://zbroya.info/uk/blog/8960\\_luganskii-patronnii-zavod-vidnoviv-svoiu-robotu-ne-na-ukrayinu/](https://zbroya.info/uk/blog/8960_luganskii-patronnii-zavod-vidnoviv-svoiu-robotu-ne-na-ukrayinu/).

УДК 623.485

Крецул Є.М., магістрант

Військова академія (м. Одеса), Україна

## РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ПЕРИМЕТРОВОЇ ОХОРОННОЇ СИСТЕМИ АРСЕНАЛУ, БАЗИ ТА СКЛАДУ

*В статті розглянуто питання розробки рекомендацій щодо периметрових охоронних систем арсеналів, баз та складів(далі АБС) для підвищення надійності їх охорони та оборони.*

**Ключові слова:** охоронна система, захист, технічна територія, арсенали, бази, склади, зона охорони, конструкція огорожі, живучість, огородження.

**Постановка проблеми.** Сучасний стан організації охорони об'єктів зберігання ракет і боєприпасів показує на недосконалість встановлених систем периметрової сигналізації та як наслідок – неефективний механізм реагування у разі виникнення надзвичайних подій. Прикладом цього можуть слугувати нещодавні вибухи на арсеналах в Ічні, Калинівці, Балаклії та інших. Однією з причин виникнення надзвичайної ситуації на вищеперерахованих об'єктах зберігання ракет і боєприпасів було недостатнє фінансування, що не змогло забезпечити організацію належної системи периметрової охорони, адже на її забезпечення потрібні значні фінанси. Одним з важливих напрямків цієї діяльності у Збройних Силах України є заміна застарілих периметрових систем охорони та оборони АБС на сучасні, які дозволяють підвищити живучість потенційно небезпечних об'єктів.

**Мета статті.** Проаналізувати існуючі системи периметрової охорони та обґрунтувати необхідність створення новітньої системи виявлення диверсійно-розвідувальних груп (далі ДРГ) на АБС з метою підвищення живучості потенційно небезпечних об'єктів.

**Основна частина.** Одною з вимог до периметрової системи охорони АБС максимально висока чутливість, щоб виявити навіть досвідченого порушника, але в той же час система повинна забезпечувати по можливості низьку ймовірність помилкових спрацьовувань. Для цього необхідно вирішити такі завдання, як ризики при використанні комплексу системи охорони периметра.

Ступінь ризику – це імовірна величина, що характеризує можливість невиконання системою захисту периметра однієї зі своїх цільових функцій з урахуванням небезпечних впливів, в нашому випадку це причини виникнення надзвичайних ситуацій.

Периметр – зовнішній контур (межа) території, що захищає об'єкт, несанкціоноване подолання якого повинно викликати сигнал тривоги із зазначенням (можливо, більш точним) місця подолання.[4]

Периметрова система охорони повинна максимально оперативно і точно виявити місце проникнення порушника. Це важливо для ефективного реагування підрозділів охорони.

Периметрова система охорони – головний і визначальний фактор припинення можливої взаємодії порушника з головними життєвими центрами особливо важливого об'єкта вже на початковій стадії атаки.

До цілей захисту периметра відноситься охорона людей, будівель, споруд і майна. Саме від цілей захисту залежить визначення простору загроз, де може статися несанкціоноване проникнення і бути організований терористичний або кримінальний акт.[2]

Захист територій великої площі – завдання досить складне, перш за все, через протяжності периметра. У ряді випадків великі об'єкти мають всередині периметру ще додаткові засоби для посилення охорони периметру, які захищають локальні зони – найбільш важливі і відповідальні центри – зосередження матеріальних цінностей або живучості потенційно небезпечних об'єктів.

Варто відзначити, що в основі периметрової системи охорони лежить принцип створення замкнутих, послідовних рубежів, що починаються за межами контрольованої зони і концентрично стягуються до потенційно небезпечних об'єктів. На кожному рубежі загрози порушення безпеки повинні бути виявлені за мінімальний час.

Навіть при патрулюванні території своєчасне виявлення факту проникнення в охоронну зону не завжди можливо. Тому для охорони периметрів використовувалися різного роду інженерні споруди.

Що ж стосується функцій, які виконує система, то вони залишаються незмінними, не зважаючи на зміни з плином часу та вбираючи в себе нові досягнення інженерної думки.

А саме:

- стримування або залякування;
- виявлення порушника;
- збільшення часу подолання порушником систем захисту (затримка);
- фізичне затримання порушника.

Остання функція багато в чому залежить від правильної організації служб безпеки і навчання їх особового складу.[1]

1. Рівень перший: максимально можливий. Це застосування в системах захисту та охорони периметра (далі – СЗОП) максимально обґрунтованих рішень для забезпечення оптимального протистояння загрозам різного характеру, що призводить при їх реалізації до наслідків територіального або міжтериторіального рівня. Це високий рівень захисту. Найвищий захист, визначається самим вигідним поєднанням поза об'єктом (перед огорожею), на його периметрі і всередині території.[7]

2. Рівень другий: оптимально можливий. Тут мається на увазі застосування в СЗОП обґрунтованих рішень для забезпечення протистояння загрозам з наслідками місцевого характеру. Це підвищений рівень охорони. Захист, що визначається поєднанням як мінімально допустимим поза об'єктом (перед огорожею) і оптимальним всередині території і на її периметрі. Це особливо важливо для об'єктів, що перебувають в місті, серед житлових кварталів, будинків та споруд різного призначення.[3]

3. Рівень третій: мінімально допустимий. Застосування в СЗОП обґрунтованих рішень для забезпечення протистояння загрозам з наслідками локального характеру. Це нормальний рівень захисту. Захист, що визначається мінімально допустимим поєднанням СЗОП поза об'єктом (перед огорожею) і на його кордоні і оптимальним в окремих зонах на периметрі, на контрольно-пропускних пунктах і на території.

**Функціональні зони охорони периметра.** При організації периметрової охорони об'єкта його внутрішня територія повинна бути умовно розділена на кілька функціональних зон: захисна, виявлення, спостереження, стримування, ураження, в яких розташовуються відповідні технічні засоби.[6]

Системи охорони периметра мають ряд якісних особливостей, які відрізняють їх від інших систем охорони. Так, системи охорони периметру (СОП) відрізняються за принципами дії, конструктивним виконанням і варіантами конфігурації. При цьому більшість периметрових систем використовуються для охорони від критичних територій в умовах безперервного впливу несприятливих природних факторів.

При цьому периметр – перший і найбільш відповідальний рубіж охорони. Основне завдання охорони периметра території – виявлення порушника під час підходу і подолання лінії периметра. Існують такі способи подолання порушником периметра як підкоп, перелаз через огорожу, розрізання загородження, стрибки, переكاتи тощо. Застосовуючи такий підхід, з'являється можливість використання новітніх технологій для обладнання охоронних периметрів АБС.

Найважливіша зона – захисна – може розглядатися як захист від усіх способів можливого проникнення: перелазить, пролом і підкоп.

При захисті від пролому можуть розглядатися конструкції:

- протитаранні з максимальною стійкістю до злому;
- високої стійкості до отримання пролому;
- підвищеної стійкості до отримання пролому;
- нормальної (конструкційної) стійкості до пролому;
- декоративні з мінімальною стійкістю до пролому.

Щодо заповнення конструкції огорожі можуть бути суцільними, прозорими і комбінованими (низ суцільний, верх прозорий). При виборі конструкцій, щодо заповнення, досить обережно потрібно розглядати додаткові перешкоди для передбачуваного порушника, особливо при можливому застосуванні цих конструкцій в якості огороження.[5]

**Висновки.** Проаналізувавши існуючі системи охорони периметрів можна зробити висновки, що ряд цих технологій мають багато недоліків, які пов'язані з надзвичайними ситуаціями на арсеналах, базах, складах. Технології, які використовуються в теперішній час – є уже застарілими. Потрібно робити заміну новими засобами охорони периметрів. В даний час використання новітніх технологій для обладнання охоронних периметрів АБС є доцільним в наслідок чого підвищується живучість даних об'єктів.

#### Список використаних джерел

1. [http://www.mil.gov.ua/content/mou\\_orders/626\\_nm\\_2017.pdf](http://www.mil.gov.ua/content/mou_orders/626_nm_2017.pdf)
2. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0390-01>
3. Наказ НГШ №191. від 30.05.17 Положення про арсенали, бази та склади зберігання ракет і боєприпасів Збройних Сил України
4. Класифікація технічних засобів охорони периметра [Електронний ресурс] // Портал «ОхранПроект–Системы безопасности» – Режим доступу до ресурсу: <http://www.ohranproekt.ru/fireguard/2/see5.html>.
5. Класифікація технічних засобів охорони периметра [Електронний ресурс] // Портал «ОхранПроект – Системы безпеки» – Режим доступу до ресурсу: <http://www.ohranproekt.ru/fireguard/2/see5.html>.
6. Варнеєв Н. Системи охорони периметра – завдання і проблема вибору / Н. Варнеєв, В. Нікітін. // БДИ. – 2006. – С. 40-47.
7. Методичні рекомендації щодо особливостей в організації окремих питань повсякденної діяльності та служби військ у військових частинах Сухопутних військ Збройних Сил України
8. Організація безпечного функціонування арсеналів, баз і складів боєприпасів. Авторський колектив: кандидат військових наук Багдасарян Н. К., Гаврилюк А. О., Карась В. Б, кандидат технічних наук Копашинський С. А., кандидат технічних наук, доцент Терещенко А. М., доктор технічних наук Шишанов М. О. К.: НАОУ, 2009 р.

**Науковий керівник:** Сініло Ю.Г. Військова академія (м. Одеса), Україна.

УДК 623.419

**Кройтор Д.В.**, магістрант,**Бертнік В.В.**, магістрант

Військова академія (м. Одеса), Україна

## ЗАСТОСУВАННЯ РЕВЕРСИВНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ НАПРУГИ В ЕЛЕКТРОПРИВОДІ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

*Пропонується та обґрунтовується підхід до удосконалення слідкуючого електроприводу постійного струму. Він ґрунтується на аналізі процесів управління частотою обертання якоря електродвигуна постійного струму методом імпульсного живлення обмотки якоря від джерела постійної напруги. Запропоновані та проаналізовані технічні рішення з реверсивних перетворювачів.*

**Ключові слова:** електропривод постійного струму, система керування, реверсивні перетворювачі напруги.

**Постановка проблеми.** Поліпшення тактико-технічних характеристик (ТТХ) модернізованих та перспективних реактивних систем залпового вогню (РСЗВ) є пріоритетним напрямком удосконалення та розвитку зразків ракетно-артилерійського озброєння. Виходячи з умов швидкоплинності та динамічності сучасного загальновійськового бою, актуальним постає завдання підвищення швидкодії електроприводів РСЗВ при дотриманні завданої точності наведення пакету напрямних та надійності функціонування. Механізми наведення бойових машин (БМ) забезпечують надання пакету напрямних необхідного кутового положення у просторі. Основним призначенням електроприводів бойових машин РСЗВ є забезпечення потрібного руху механізму наведення (МН) бойової машини (БМ). Певним недоліком існуючих електроприводів є застосування застарілих систем керування двигунами постійного струму (ДПС) із електромашинними підсилювачами. Отже виникає проблема заміни зазначених пристроїв в електроприводах БМ на інші пристрої, які забезпечать надійне безконтактне регулювання струму збудження та зміну його напрямку (реверсування).

**Актуальність проблеми.** Необхідність плавного змінення струму збудження виконавчого ДПС вимагає застосування в електроприводах БМ РСЗВ нових технічних рішень. Одним з них є впровадження в електропривод реверсивних імпульсних перетворювачів постійної напруги. Такі перетворювачі вже почали впроваджуватися у промисловий електропривод [1], проте відомостей що до їх застосування в електроприводах ракетно-артилерійського озброєння немає. Впровадження безконтактних пристроїв регулювання струму збудження спрямовано також на підвищення надійності електроприводів.

**Мета і завдання.** Метою дослідження є аналіз побудови реверсивних імпульсних перетворювачів постійної напруги та доцільності їх використання в слідкуючих електроприводах БМ РСЗВ, а тому тема статті є актуальною. Основними завданнями статті є аналіз та узагальнення інформації з відомих джерел щодо принципів імпульсного живлення обмотки якоря, будова систем керування двигуном з реверсивним імпульсним перетворювачем постійної напруги.

**Виклад основного матеріалу.** В імпульсних перетворювачах постійної напруги здійснюється формування послідовності одно полярних імпульсів із регульованою змінною тривалістю, яка подається як кероване діяння на якір двигуна [2]. Завдяки імпульсному живленню обмотки якоря виконавчий двигун вмикається у мережу періодично, а у час відключення (паузах між імпульсами напруги) його робота триває за рахунок запасу кінетичної електромагнітної енергії.

Реверсивні імпульсні перетворювачі переважно будують за мостовою схемою для забезпечення безконтактного регулювання струму та зміни його напрямку (реверсування) у навантаженні. Одночасно вони дозволяють разом з регулюванням середнього значення напруги на навантаженні також безконтактно змінювати полярність вихідної напруги [3].

Спрощена функціональна схема одного з імпульсних перетворювачів напруги реверсивного типу подана на рис. 1.

До складу схеми перетворювача надходять джерело постійної напруги живлення, напівпровідникові діоди (вентилі) VD1...VD4, устрої періодичної комутації (УПК) у виді керувальних тиристорів та навантаження у виді двигуна постійного струму.

Управління устроями періодичної комутації – УПК здійснюється спеціальною схемою управління, яка на рис. 1 не зазначена.

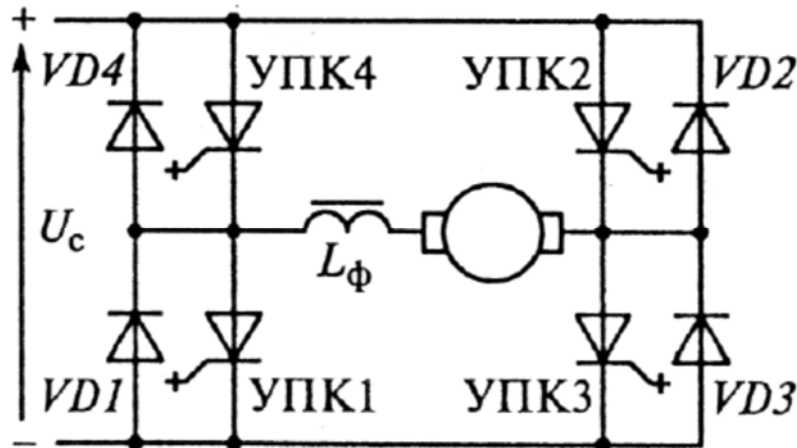


Рис. 1 – Схема реверсивного імпульсного перетворювача постійної напруги

В режимі прямого пуску устрої періодичної комутації УПК 1 та УПК 2 є відкритими, а УПК 3 та УПК 4 – закритими. В режимі зворотного пуску (реверсу) навпаки працюють УПК 3 та УПК 4, а УПК 1 та УПК 2 є закритими. При рекуперації енергія двигуна повертається до джерела живлення за допомогою або діодів VD1 та VD4, або діодів VD2 та VD3.

Впровадження в електропривод реверсивного імпульсного перетворювача надає нову назву – безконтактний реверсивний електропривод постійного струму.

Пристрій УПК може бути побудований на основі двох операційного (GTO) тиристора або на базі силових транзисторів з польовим управлінням: польових МОП-транзисторів та біполярних транзисторів з ізольованим затвором (IGBT). Зазначені прилади дозволяють підвищити швидкість процесів комутації в електроприводі, а також забезпечити потрібне струмове навантаження якоря.

Підвищення точності електроприводу поряд із використанням потужного виконавчого двигуна та реверсивного перетворювача напруги вимагає застосування високоточного датчика положення, а також та спеціального пристрою керування.

Функціональна схема управління положенням на базі регульованого електроприводу із силовим перетворювачем подана на рис. 2.

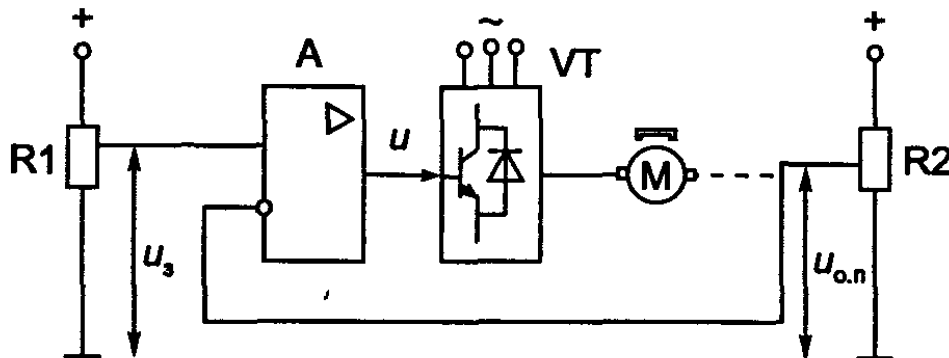


Рис. 2 – Схема регульованого електроприводу з перетворювачем напруги

На рис.2 зазначені наступні елементи: зав давальний резистор (потенціометр) R1, за допомогою якого завдається напруга керування  $u_3$ ; вихідний резистор (потенціометр), з якого знімається напруга зворотного зв'язку  $u_{on}$ ; сумуючий підсилювач А, на вхід якого надаються напруги  $u_3$  та  $u_{on}$ ; силовий напівпровідниковий керований перетворювач VT, електричний двигун М тощо.

На виході підсилювача А утворюється вихідний сигнал  $u$ , який є пропорційним різниці напруги керування та напруги зворотного зв'язку, тобто  $u = \gamma(u_3 - u_{on})$ , де  $\gamma$  – коефіцієнт підсилення підсилювача А. Значення коефіцієнту підсилення  $\gamma$  повинне обиратися за умови забезпечення завданої точності та дотриманні номінальних значень динамічних показників системи. Перетворювач напруги VT має бути обраний реверсивним.

На практиці для забезпечення статичних та динамічних показників електроприводу слід застосовувати додаткові зворотні зв'язки за швидкістю обертання двигуна, прискоренням або струмом двигуна.

Узагальнена функціональна схема електроприводу із реверсивним перетворювачем напруги широтно-імпульсного типу на біполярних транзисторах подана на рис. 3.

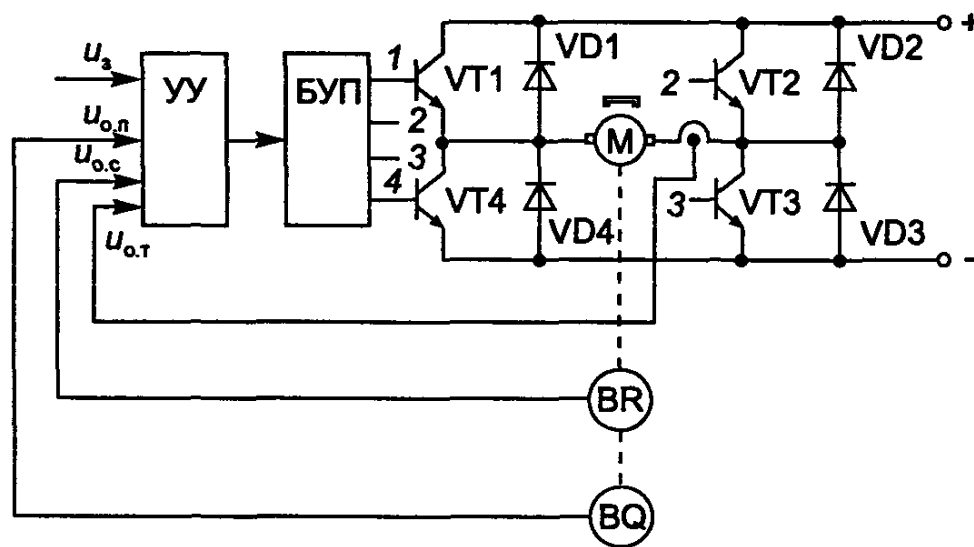


Рис.3 – Функціональна схема регульованого електроприводу постійного струму з реверсивним перетворювачем напруги

На рис. 3 зазначені: УУ – устрій управління; БУП – блок управління перетворювачем широтно-імпульсного типу, електродвигун М та безпосередньо схема імпульсного перетворення напруги реверсивного типу.

Устрій управління УУ формує сигнал керування  $u$  як складну функцію декількох змінних – вимірних напруг  $u_3$ ,  $u_{on}$ , напруги зворотного зв'язку  $u_{oc}$  та напруги  $u_{or}$ , яка є пропорційною струму ротора.

Реверсивний перетворювач напруги містить чотири зв'язки діодів та транзисторів. Відкритий стан транзисторів VT1 та VT3 відповідає напрямку обертання ротора «вперед», а відкритий стан транзисторів VT2 та VT4 – відповідає напрямку обертання ротора «назад». Діоди VD1.... VD4 забезпечують живлення ротора струмом при закритих транзисторах.

БУП формує послідовність двох полярних відео імпульсів, які потрапляють до баз транзисторів VT1 та VT3. При дії імпульсів позитивної полярності ці транзистори є відкритими і якір двигуна М буде приєднаним до джерела постійної напруги. Внаслідок наявності індуктивності якоря  $L_{я}$  зростання струму якоря відбувається за експоненційним законом.

На протязі дії імпульсів негативної полярності транзистори VT1 та VT3 є закритими і струм якоря буде проходити через шунтувальні діоди VD1 та VD3 у тому ж напрямку під дією електрорушійної сили (ЕРС) самоіндукції  $e_L(t) = L_{я} \frac{i_L(t)}{dt}$ . Отже струм якоря має безперервний характер, а тому механічні характеристики виконавчого двигуна є лінійними [4].

**Висновки.** Проведені дослідження вказують на доцільність впровадження імпульсного методу управління електроприводом постійного струму на основі реверсивних перетворювачів постійної напруги живлення і потребують проведення подальших теоретичних та експериментальних досліджень у напрямку обґрунтування та вибору елементної бази та електронних компонентів приводу, здатних забезпечити потрібні тактико-технічні характеристики модернізованих РСЗВ.

#### Список використаних джерел

1. Шпіка М. І. Конспект лекцій з дисципліни «Силові перетворювачі для автоматизованого електроприводу» (для студентів 4, 5 курсів усіх форм навчання за напрямом підготовки 6.050702 «Електромеханіка») / М. І. Шпіка; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х.: ХНАМГ, 2012 – 76 С.
2. Силові напівпровідникові прилади і перетворювачі електричної енергії: навч. посіб. / К.К. Победаш, В.А. Святненко – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. 244 С.
3. Донець О. В. Конспект лекцій з курсу «Теорія електропривода» (для студентів 3, 4 курсів усіх форм навчання та слухачів другої вищої освіти напряму підготовки 0922 (6.050702) – «Електромеханіка») / О. В. Донець; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х.: ХНАМГ, 2011. – 167 С.
4. Колб Ант. А, Колб А.А. Теорія електроприводу: навчальний посібник. – Д., Національний гірничий університет, 2006. – 511 С.

**Науковий керівник:** Сергеев В.В., к.т.н., доц.,

**Рецензент:** Головань В.Г., к.т.н., проф., Військова академія (м. Одеса), Україна.



УДК 355.415.5

**Крючка А.В.**, магістрант  
Військова академія (м. Одеса), Україна

## **РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ВПРОВАДЖЕННЯ СТАНДАРТІВ КРАЇН НАТО ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЖИВУЧОСТІ АРСЕНАЛІВ, БАЗ ТА СКЛАДІВ ЗБЕРІГАННЯ БОЄПРИПАСІВ**

*В даній статті проаналізовано поточний стан організації безпечного зберігання боєприпасів на арсеналах, базах, складах Збройних Сил України, а також розглянуто стандарти НАТО щодо безпечного зберігання боєприпасів та вибухових речовин на арсеналах, базах та складах(далі АБС).Проведено порівняльний аналіз щодо безпечного зберігання боєприпасів між вимогами керівних документів Збройних сил України та стандартами країн НАТО, зокрема – стандартом AASTP-1.Запропоновані рекомендації щодо впровадження стандарту НАТО ASSTP-1з безпечного зберігання боєприпасів та вибухових речовин на АБС Збройних сил України при побудові та розміщенні нових сховищ.*

**Ключові слова:***боєприпаси, вибухові речовини, безпечне зберігання, організація зберігання, арсенали, бази та склади, стандарт НАТО AASTP-1, стаціонарний склад, безпечні відстані, класи сумісності.*

**Постановка проблеми.** Питання утримання боезапасу і ліквідації наслідків, які трапились на АБС, стоїть дуже гостро. Це вкотре засвідчили вибухи на військових складах в Ічні й низка інших подібних надзвичайних подій, що мали місце в минулі роки (Лозова, Сватове, Балаклія, Новоянісоль, Калинівка).

Причини вибухів на АБС, встановлені слідством, є різноманітними: проведення зварювальних робіт поблизу з місцями зберігання боєприпасів, куріння на технічній території, зокрема, біля сховищ, пожежі, спричинені високою температурою повітря, загалом, – порушення усіх правил безпеки, зокрема пожежної, допуску та охорони, а також порушення розподілу боєприпасів та вибухових речовин за класами сумісництва для спільного зберігання в одному сховищі.

Надзвичайні події такого роду приводять до таких наслідків, як руйнація інфраструктури та, нажалі, людських жертв. У таких випадках, питання правильного визначення та дотримання безпечних відстаней розташування потенційних місць вибуху (місця зберігання боєприпасів) від місць, що попадають у зону ураження дії вибуху (житлові будинки, цехи і т.д.) є надзвичайно важливим.[8]

При організації і побудові нових сховищ зберігання на АБС слід пам'ятати і обов'язково враховувати зовнішню небезпеку, що є результатом близького розташування автомагістралей та залізничних доріг, електростанцій та підстанцій та подібних об'єктів до місць зберігання боєприпасів. Норми віддалення сховищ до об'єктів зовнішньої небезпекивизначені у Положенні про арсенали, бази та склади зберігання ракет і боєприпасів Збройних Сил України № 191(далі – Положення).

Однак, у стандарті НАТО ASSTP-1 мінімально прийнятні безпечні відстані від сховищ з боєприпасами до об'єктів адміністративно-господарської території, житлово-побутової зони, об'єктів зовнішньої небезпеки були визначені шляхом більш ретельного аналізу, врахувавши тип сховища, рівень його захищеності, наявність захисного даху і рівень його захисту, товщину стін, матеріал, з якого побудоване сховище, рівень навантаженості, а також розташування воріт стосовно потенційно небезпечного сховища, тобто стосовно іншого сховища з боєприпасами. [1]

Тому, система визначення безпечних відстаней для зберігання ракет та боєприпасів в Збройних силах України є досить застарілою та малоефективною. Сховища(навіси, майданчики) зберігання боєприпасів досить часто є перенавантажені, не відповідають умовам зберігання тих чи інших видів боєприпасів. Сховища на деяких базах починають руйнуватися, у зв'язку зі старінням матеріалу, з якого вони побудовані, а також через їх початково неправильну конструкцію, у зв'язку з чим,

боєприпаси зберігаються під навісами та на необвалованих майданчиках відкритого типу, що, власне, порушує правила безпечного зберігання боєприпасів, зменшує рівень живучості АБС та якісний стан боєприпасів, і їх безпеку зберігання.

**Мета статті.** На підставі існуючих підходів та методів розрахунку безпечних відстаней між місцями зберігання ракет та боєприпасів, розробити рекомендації щодо впровадження стандартів країн НАТО, з метою підвищення рівня живучості арсеналів, баз та складів зберігання боєприпасів, а також підвищення рівня безпеки при організації зберігання ракет та боєприпасів та мінімізації виникнення надзвичайних ситуацій.

**Основна частина.** Головним завданням арсеналів, баз і складів зберігання ракет і боєприпасів Міністерства оборони України є забезпечення надійного збереження та високого рівня технічного стану ракет і боєприпасів, що зберігаються, а також їх постійної готовності до виконання робіт у будь-який час доби і за будь-яких обставин.[9]

Для успішного виконання всіх цих завдань, бази повинні мати відповідним чином обладнані земельні ділянки, матеріально-технічну базу, матеріальні, трудові і фінансові ресурси, організаційну структуру, яка відповідає характеру і обсягу виконуваних завдань.

Поточний стан національної економіки не дозволяє говорити про те, що Україна спроможна миттєво знайти необхідний ресурс на швидке оновлення інфраструктури, здатної надійно і безпечно зберігати наявні 400 тисяч тон боєприпасів до різноманітних видів озброєння. Проте, з метою створення безпечних умов зберігання боєприпасів на даний час в ЗСУ прийнято рішення щодо будівництва та реконструкції арсеналів Збройних сил України з урахуванням вимог стандарту НАТО ASSTP-1, відповідно до змін, затверджених наказом Генерального штабу України №362 від 23.09.2019 Про затвердження Змін до Положення про арсенали, бази та склади зберігання ракет і боєприпасів Збройних Сил України. Також, з держбюджету на 2020 рік було виділено 2,5 млрд грн на «утилізацію боєприпасів, рідинних компонентів ракетного палива, озброєння, військової техніки та іншого військового майна, забезпечення живучості та вибухопожежобезпеки арсеналів, баз і складів Збройних Сил України».

Діяльність АБС завжди пов'язана з підвищеним ризиком, оскільки ці об'єкти призначені для зберігання боєприпасів, що містять у своєму складі порохи й вибухові речовини. З поняттям безпеки тісно зв'язане поняття живучості арсеналів, баз та складів боєприпасів – тобто їхня здатність виконувати свої функції в обсязі не нижче заданого рівня протягом певного періоду часу в надзвичайних умовах діяльності.[2]

Чим повніше і досконаліше виконуються заходи для складської безпеки, зокрема, зменшення можливої кількості одночасно детонуючих ВР, тим надійніше і простіше забезпечується зовнішня безпека АБС, тому що радіус зовнішньої безпеки, що визначає припустиме наближення до складу будівель і інших споруд, буде мати в цьому випадку найменшу можливу величину. Якщо не створені умови складської безпеки і можливий одночасний вибух усього збереженого на складі запасу ВР, то і зовнішня безпека складу в цьому випадку дотримана не буде.

Необхідно також враховувати і зворотний вплив зовнішньої безпеки на складську зону. Якщо порушені вимоги зовнішньої безпеки, тобто певний небезпечний зовнішній об'єкт надмірно наближений до складу, то він сам може послужити причиною вибуху на складі. У даному випадку йдеться про небезпечний вплив розташованих близько до складів залізничних магістралей, заводів, ліній електропередач, теплових установок і т.п. Зрозуміло, у цьому випадку і складська безпека може бути не забезпечена.

У стандарті НАТО AASTP-1 викладені загальні вимоги щодо організації безпечного зберігання боєприпасів та вибухових речовин на стаціонарних складах країн-НАТО. Основна мета цього стандарту полягає у встановленні єдиних принципів безпеки зберігання боєприпасів та вибухових речовин.

При організації зберігання боєприпасів на АБС одночасно вирішуються два взаємозалежних завдання:

1. забезпечення безпечного розміщення боєприпасів;
2. забезпечення найбільш ефективного використання площ технічної території й сховищ.

Під безпечним розміщенням розуміється таке розміщення, при якому в надзвичайних (аварійних) ситуаціях виключається розповсюдження пожежі або детонації та забезпечується можливість дій особового складу по локалізації й ліквідації вогнища пожежі або вибуху.[4],[5]

Положення про арсенали, бази та склади зберігання ракет і боєприпасів Збройних Сил України (далі – Положення) встановлює єдиний порядок організації зберігання, контролю технічного стану, технічного обслуговування і ремонту ракет і боєприпасів, їх комплектуючих елементів, ЗІП на арсеналах, базах, центрах та складах Збройних Сил України, що здійснюють зберігання їх в стаціонарних умовах.

У Положенні викладені основні правила щодо: організації утримання та охорони і оборони арсеналів, баз та складів (далі – АБС); забезпечення режиму секретності; розвантажувальних робіт, приймання та відправлення, зберігання ракет і боєприпасів, їх обліку та звітності; контролю технічного стану ракет і боєприпасів; розбирання та знищення боєприпасів; заходів безпеки, пожежної безпеки, живучості та вибухопожежобезпеки, а також забезпечення екологічної безпеки. [9]

Під час зберігання ракет і боєприпасів необхідно суворо виконувати вимоги цього Положення, експлуатаційно-технічної документації на ракети і боєприпаси та нормативно-правових актів.

Відстань між будівлями та спорудами адміністративно-господарської території, містечка для розміщення військових підрозділів житлового містечка, підприємств, організацій, установ (незалежно від форм власності) і зовнішньою огорожею технічної території повинна бути не менше ніж 400 м. Житлова зона бази має бути розташована на відстані не менше 1000 м від зовнішньої огорожі технічної території. Житлова зона з'єднується з технічною територією дорогою для автомобільного транспорту.

Залежність мінімальних норм віддалення від багатьох факторів, визначених стандартом НАТО ASSTP-1 є більш ретельно продуманою. Адже вони залежать від таких факторів як товщина стін сховища, матеріалу, з яких побудоване сховище/споруда, наявності обвалування навколо сховища, а також розташування воріт у сховищі і рівня захищеності даху. [10]

Розробка стандартів відбувалася протягом багатьох десятиліть експертами з безпеки вибухових речовин. Безпечні відстані були розроблені на підставі аналізів та випробувань великої кількості вибухових речовини та даних, отриманих з надзвичайних ситуацій, які трапилися в минулому. Потенційні місця вибуху, це такі місця як будівлі, штабелі та транспортні засоби (вантажні автомобілі, причепи та залізничні вагони), що представляють очевидний ризик для особового складу та майна АБС. Такі майданчики розташовані на ретельно розрахованих відстанях один від одного та від інших будівель та установ, щоб забезпечити мінімальний ризик для життя та майна (включаючи боєприпаси).[1]

Відповідно до Положення, завантаження сховища боєприпасами за масою вибухових речовин не повинно перевищувати 240 т (12 вагонів) в перерахунку на тротиловий еквівалент в одному сховищі. У підземних спорудах, розділених стінами, що не горять, з воротами або дверима на відсіки об'ємом не більше 5000 м<sup>3</sup>, завантаження боєприпасами не лімітується.

На відміну від Положення, стандартом НАТО [ASSTP-1] визначено, що в одне сховище розміром 25x20 висотою 4-6 м можна завантажити не більше 250 т (12,5 вагонів) вибухової речовини. При тому відстань між сховищами є набагато меншою -5-6 м. Що, в свою чергу, забезпечує економічне використання території для розміщення сховищ. У той час, у Положенні вказано, що при побудові сховищ мінімальна відстань між ними повинна бути не менше 30 м.

У даному випадку, сховища для зберігання боєприпасів та вибухових речовин в НАТО побудовані таким чином, аби на умовно невеликій території розмістити якомога більшу кількість боєприпасів, тим самим виконуючи одне із завдань організації зберігання боєприпасів, а саме- найбільш ефективно використання площ технічної території й сховищ. Так, для прикладу, на англійському арсеналі площею 18 га можна розмістити 200 сховищ, об'ємом зберігання до 50 000 т вибухової речовини. В той час як площі арсеналів Збройних сил України сягають від сотні і до тисячі гектарів.(Рис.1).



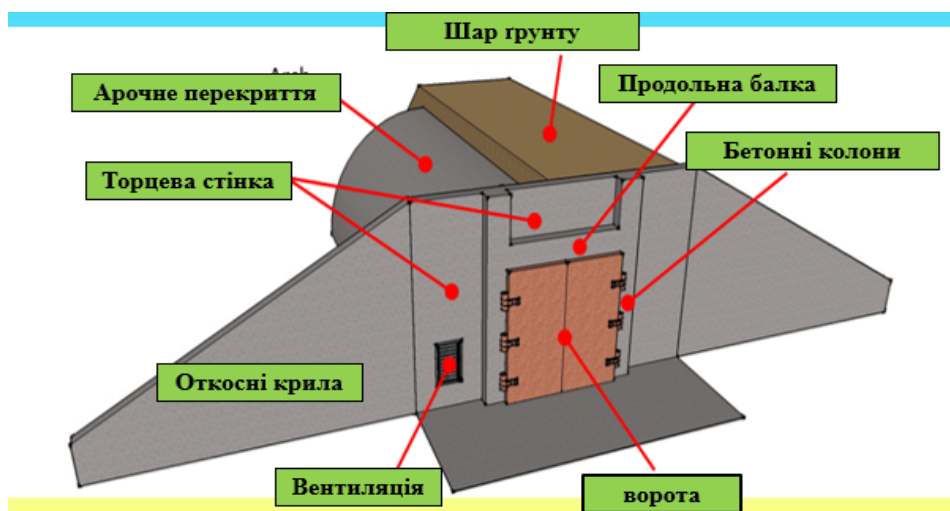
**Рис.1 – Англійський арсенал.**

На прикладі англійського арсеналу, ми можемо бачити, що усі сховища зберігання боєприпасів та вибухових речовин є типу Іглу. (Рис.2)



**Рис. 2 – Сховище типу Іглу (англійський арсенал).**

В одному такому сховищі дозволяється зберігати до 250 т вибухової речовини. Відстань між сховищами становить 5-6 м, розмір сховища – 25х20 м, висота – 4-6 м.

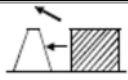
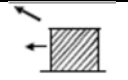

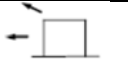


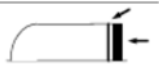



**Рис.3 – Стандартне сховище для зберігання боєприпасів армії Великобританії.**



Сховище типу Іглу (сховище бункерного типу) дає можливість значного зменшення безпечних відстаней між місцями зберігання, при умові їх прямокутної побудови з паралельними осями та розташуванням воріт в одному напрямку. При організації зберігання боєприпасів та вибухових речовин на арсеналі за методом побудови сховищ Іглу, потрібно уникати розміщення воріт за схемою «ворота-до-воріт», оскільки у цьому випадку, потрібно буде збільшувати відстані між сховищами.[10]

Згідно Положення, безпечні відстані між сховищами та до об'єктів адміністративно-господарської території, автомагістралей, житлово-побутового містечка встановлюються на підставі того, які класи вибухових речовин зберігаються в тому чи іншому сховищі, а також який тип сховища. У таблиці нижче, наведений приклад того, що береться до уваги при визначенні безпечних відстаней, окрім класів вибухових речовин, у стандарті НАТО ASSTP-1.

Таблиця 3

| КН 1.1 Таблиця безпечних відстаней для необвалених сховищ (ASSTP-1)                             |  |   |  |   |  |
|---|--|---|--|---|--|
| <p>Потенційно місце вибуху/ місце (ПМВ) →</p> <p>Сховище, що попадає під вплив дії вибуху ↓</p> |  <p>Будівля зі стінами 215 мм цегла (або еквівалент) та захищеним дахом 150 мм бетону відповідною підтримкою, барикадою.</p> <p>(a)</p> |  <p>Будівля зі стінами 215 мм цегла (або еквівалент) та захищеним дахом 150 мм бетону відповідною підтримкою, барикади.</p> <p>(b)</p> |  <p>Відкритий штабель або легка незахищена споруда. Вантажівка, причеп, вагон або контейнер завантажений боєприпасами, забарикадований</p> <p>(c)</p> |  <p>Відкритий штабель або легка незахищена споруда. Вантажівка, причеп, вагон або контейнер завантажений боєприпасами, не забарикадований</p> <p>(d)</p> |  |
|   |  <p>1. Стандартне сховище НАТО «Іглу», розраховане на 7 бар у відповідності до частини 2, з дверима, у напрямку від ПМВ</p>           | D5<br>Практично повний захист   | D5<br>Практично повний захист  | D5<br>Практично повний захист   | D5<br>Практично повний захист  |
|   |  <p>2. Стандартне «Іглу», розраховане на 7 бар у відповідності до частини 2, з дверима перпендикулярно від ПМВ</p>                    | D5<br>Високий ступінь захисту   | D5<br>Високий ступінь захисту  | D5<br>Високий ступінь захисту   | D5<br>Високий ступінь захисту  |
|   |  <p>3. Стандартне сховище НАТО «Іглу», розраховане на 7 бар у відповідності до частини 2, з дверима, у напрямку ПМВ</p>               | D8<br>Практично повний захист<br>1.3.5.6 16 Вплив частин боєприпасів  | D8<br>Практично повний захист<br>1.3.5.6 16 Вплив частин боєприпасів   | D8<br>Практично повний захист<br>1.3.5.6 16 Вплив частин боєприпасів  | D8<br>Практично повний захист<br>1.3.5.6 16 Вплив частин боєприпасів |
|   |  <p>4. Стандартне сховище НАТО «Іглу», розраховане на 3 бар у відповідності до частини 2, з дверима від ПМВ</p>                       | D5<br>Високий ступінь захисту   | D5<br>Високий ступінь захисту  | D5<br>Високий ступінь захисту   | D5<br>Високий ступінь захисту  |

Продовження таблиці 3

|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
|  <p>5. Сховище «Іглу», розраховане на 3 бар у відповідності до частини 2, з дверима, перпендикулярно до ПМВ</p> | D6<br>Високий ступінь захисту  | D6<br>Високий ступінь захисту  | D6<br>Високий ступінь захисту  | D6<br>Високий ступінь захисту  |
|  <p>6. Сховище «Іглу», розраховане на 3 бар у відповідності до частини 2 з дверима у напрямку до ПМВ</p>        | D8<br>Високий ступінь захисту 1.3.5.6 16<br>Вплив частин боєприпасів | D8<br>Високий ступінь захисту 1.3.5.6 16<br>Вплив частин боєприпасів | D8<br>Високий ступінь захисту 1.3.5.6 16<br>Вплив частин боєприпасів | D8<br>Високий ступінь захисту 1.3.5.6 16<br>Вплив частин боєприпасів |

У стандарті НАТО ASSTP-1 зазначено, що дах сховища може бути спроектований таким чином, що він забезпечуватиме спеціальні функції, такі як:

1. Стимування уламків та розльоту боєприпасів (дах на потенційно вибухонебезпечному сховищі).
2. Захист від вибухового впливу та прильоту боєприпасів (дах на сховищі, що підпадає під вплив).

Стіни сховища проектується з метою виключення тління, розповсюдження вогню та розльоту боєприпасів. Саме від конструкції стін та захисних дахів, залежать безпечні відстані.

Найголовніша перевага нових сховищ за «натівським» стандартом навіть не в залізо-бетонних «коконах», які навіть у разі надзвичайної події не даватимуть розлітатися на велику відстань боєприпасам, а саме в облаштуванні сучасними автоматичними системами охорони, сповіщення та пожежогасіння, що зводять ймовірність негативного впливу людського фактору майже до нуля [3, 6].

**Висновки.** Таким чином, для досягнення мети даної статті, необхідно поставити та вирішити наступні завдання:

1. Розробити методику та впровадити в Збройних Силах України систему розрахунку, яка відповідає даним, наведених у таблицях, визначених стандартом НАТО ASSTP-1, щодо потенційних місць вибуху, безпечних відстаней між місцями зберігання боєприпасів і не допущення розміщення АБС в небезпечних зонах, які визначені у Положенні про арсенали, бази та склади зберігання ракет і боєприпасів Збройних Сил України, а також у стандарті НАТО ASSTP-1.

2. При побудові нових сховищ обов'язково враховувати:

- кількість вибухових речовин на одному місці зберігання боєприпасів;
- інженерне обладнання місця зберігання боєприпасів;
- матеріал та конструкція сховища;
- удосконалення системи допуску на технічну територію, зокрема у сховища; [7]
- наявність поблизу небезпечних об'єктів (склади ПММ, залізничні станції, джерела електроживлення і т.д.);
- наявність поблизу особового складу та жилих будівель;

3. Розробити практичні рекомендації щодо підвищення безпеки зберігання ракет і боєприпасів з урахуванням стандартів НАТО, а саме:

- нормативне навантаження сховища, з урахуванням допустимої кількості боєприпасів, що можуть зберігатися в одному сховищі (навісі, майданчику);

– порядок укладання боєприпасів для зберігання, в залежності від типу боєприпасів та кількості вибухової речовини; дотримання вимог розподілу боєприпасів та вибухових речовин за розрядами для спільного зберігання в одному сховищі.

#### Список використаних джерел

1. *Experimental and theoretical basis of current NATO standards for safe storage of ammunition and explosives. Conference Paper. September 2016.*
2. Закон України «Про об'єкти підвищеної небезпеки».
3. *Методичний посібник «Щодо порядку організації зберігання ракет і боєприпасів, функціонування трирівневої системи охорони і оборони на об'єктах зберігання боєзапасу. Організація боротьби з БПЛА. Командування Сухопутних військ 2016р.*
4. *Методичні рекомендації «Щодо заходів пожежної безпеки на об'єктах Збройних Сил України при застосуванні противником запалювальної зброї» Командування Сухопутних військ 2016р.*
5. *Методичні рекомендації щодо порядку розробки Планів локалізації та ліквідації наслідків аварій та Планів реагування на надзвичайні ситуації на об'єктах і територіях Міністерства оборони України і Збройних Сил України МО 2016 рік*
6. *Наказ МОУ № 429 від 18.08.16 «Про затвердження Інструкції з організації та порядку дій за рівнями терористичних загроз.»*
7. *Наказ МОУ № 5 від 06.06.17 «Про затвердження Порядку організації пропускового режиму на особливо важливих і режимних об'єктах Міністерства оборони України та Збройних Сил України»*
8. *Наказ МОУ № 635 від 29.11.17 «Про затвердження Інструкції з розробки планів діяльності функціональної підсистеми запобігання надзвичайним ситуаціям і ліквідації їх наслідків у Міністерстві оборони України та Збройних Силах України.»*
9. *Наказ НГШ № 191 від 30.05.2017. «Про затвердження Положення про арсенали, бази та склади зберігання ракет і боєприпасів Збройних Сил України».*
10. *Стандарт НАТО ASSTP-1.*

**Науковий керівник:** Сініло Ю.Г.

**Рецензент:** Кнауб Л., д.т.н., проф., Військова академія (м. Одеса), Україна.

УДК 623.452

Куліш С.В., магістрант  
Військова академія (м. Одеса), Україна

## АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТАЛЬНИХ ЗАРЯДІВ ДО АРТИЛЕРІЙСЬКИХ БОЄПРИПАСІВ В УКРАЇНІ

*В статті проведено аналіз вимог металевих зарядів до артилерійських боєприпасів, та розглянуті проблемні питання в Україні, з точки розгляду усунення та покращення виготовлення та зберігання металевих зарядів, налагодження виготовлення металевих зарядів на підприємствах.*

**Ключові слова:** металевий заряд, бойовий заряд, порох, АТО, ООС, арсенал, база, склад.

**Постановка проблеми.** За весь період проведення бойових дій в зоні антитерористичних операцій (АТО), а далі в зоні операцій об'єднаних сил (ООС), а також після надзвичайних ситуацій на арсеналах, базах та складах Збройних Сил України стають дефіцитними як боєприпаси так і металеві заряди до них. Ще не менш важливою проблемою ми маємо вичерпані строки придатності металевих зарядів (далі-МЗ) та не належне зберігання їх, що призводить до передчасного старіння порохових зарядів, а в наслідок цього при пострілі зменшується дальність польоту снаряда і ураження будівель цивільних громадян та їх особистого майна, а в бойових діях не виконання бойового завдання. Аналізуючи останні роки, можна впевнено сказати, що виготовлення МЗ в нашій державі відсутнє, належне зберігання не дотримується, гарантійні строки придатності вже давно вичерпані, порохові заряди втратили свої властивості і не відповідають вимогам[3].

**Мета статті** полягає в аналізі використання МЗ до артилерійських боєприпасів, пошуку вирішення проблем та встановлення вимог до МЗ.

**Викладання основного матеріалу.** Металевий заряд – це частина артилерійського пострілу, що містить розрахункову масу пороху певного складу і геометрії, призначений для надання металевому тілу заданої початкової швидкості при допустимому тиску порохових газів в стовбурі гармати і супроводжуючих постріл явищ (дулове і зворотне полум'я, загазованість, знос ствола і т.д.). Відповідно, МЗ з усією визначеністю можна назвати «серцем» термодинамічної машини, що забезпечує внутрішню і зовнішню балістику пострілу[1].

Надійну та ефективну дію металевих зарядів в артилерійській гарматі обумовлюється наступними факторами:

1. Правильним вибором природи і складу пороху, форми і розмірів порохових елементів.
2. Правильним добром ваги заряду, природи і ваги запальника.
3. Правильною дією заряду і раціональним розташуванням елементів заряду в гільзі або камері гармати.

Дія МЗ складається з ряду послідовних етапів переходу потенційної енергії пороху в кінетичну енергію руху газів і здійснення останньої роботи. Утворені продукти горіння додаткового запальника з великою швидкістю поширюються по заряду, виробляють теплову дію на поверхню порохових елементів і запалюють їх.

Процес займання заряду полягає в прогріванні порохових елементів на деяку глибину і в порушенні реакції термічного розкладання найменш стійких компонентів пороху[1].

Встановлено, що час займання заряду може коливатися від 0,0005 сек. для зарядів стрілецької зброї до 0,05 сек. для металевих зарядів потужних знарядь. Кількість тепла, необхідне для займання 1 см поверхні порохового заряду, становить 1 – 5 кал.



**Дія металюного заряду і призначення окремих елементів.** Основним елементом всіх металюних зарядів є певна маса пороху, що володіє запасом потенційної енергії, що забезпечує необхідний металюний ефект (швидкість руху снаряда, допустимий тиск порохових газів в каналі ствола). Конструкція заряду залежить від форми порохових елементів (рис. 1), Способу і умов заряджання, а також конструкції затвора і камори. Навіщення пороху може міститися в гільзі розсипом або в картузі (при роздільно-гільзовому і унітарному заряджання) або тільки в картузі при картузному заряджання[2].

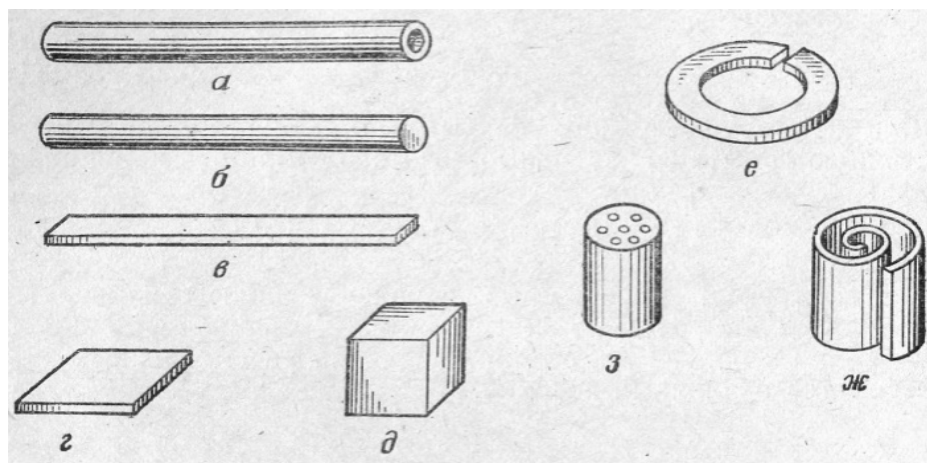


Рис. 1 – Форми порохових елементів

#### Склад і основні характеристики артилерійських порохів

На рис. 2. представлена конструкція повного металюного заряду до пострілу роздільно-гільзового заряджання. Заряд складається з зернистого піроксилінового пороху (1), розміщеного в металеву гільзу (4), осьового запалюючого пристрою (далі-ОЗП) (16), з'єднаного з гільзою за допомогою перехідної втулки (12), гасителів дульного (10) зворотного полум'я (9), розміднювача (11), флегматизатора (12), картонного кружка (13), нормальної кришки (14), упорного циліндра і кришки-пижа з гумовою манжетою, що забезпечує герметичність заряду[1].

Запальник або ОЗП є ініціатором горіння пороху. Запалюючи швидко і одночасно все порохові елементи заряду, запальник створює нормальні умови для протікання хімічних реакцій горіння пороху. Відомо, що слабке і уповільнене займання призводить до затяжних пострілів, а нерівномірне займання заряду є однією з причин високого тиску газів в гарматі.

Крім того, слабке займання сприяє підвищеній димності і утворення полум'я при пострілі. Оптимальною вагою запальника називається те, яке виділяє при горінні необхідну кількість тепла і продуктів розкладання для швидкого і одночасного запалювання всіх порохових елементів.

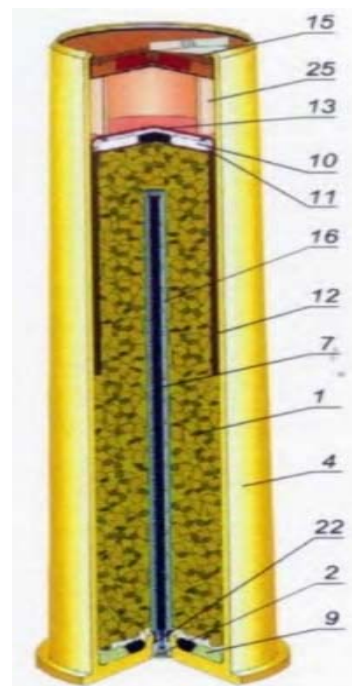


Рис. 2 – Металюний заряд до пострілу роздільно-гільзового заряджання

| Склад і властивості                              | Піроксилінові | Балістичні |           |
|--|---------------|------------|-----------|
|  |               | АПУ-235    | НДГПО     |
| Піроксилін                                       | 96,0-98,0     |            | 20,9      |
| Колоксилін                                       |               | 34,1       | 20,0      |
| Нітрогліцерин                                    |               | 33,7       | 18,0      |
| Октоген  |               | 27,0       | 20,0      |
| РечовинаЦ-2                                      |               |            |           |
| Домішки  | 2,0-4,0       | 5,2        | 4,1       |
| Термодинамічні характеристики                    |               |            |           |
| Сила, тсм/кг                                     | 96,0-101,0    | 112,6      | 118,7     |
| Потенціал, тсм/кг                                | 350-430       | 449        | 525       |
| Температура газів, °С                            | 2650-2870     | 3060       | 3400      |
| Фізико-хімічні та теплофізичні характеристики    |               |            |           |
| Питома ударна в'язкість,<br>кДж/м, при Т: +20 °С | 15...17       | 20...30    | 22,6      |
|  | 10...12       | 4,5...5,5  | 6,2...6,8 |
| тз, мс по методу<br>Каршунова А.Г. при Т: +20 °С | 21            | 30         | 38        |
|  | 25            | 37         | 42        |
|  |               |            | -50 °С    |

Практично оптимальну вагу запальника визначається стріляниною з відповідної зброї. При цьому критерієм для встановлення оптимальної ваги запальника повинні служити стабільні балістичні характеристики ( $P_t$ ,  $\Delta P$ ,  $V$ ,  $\Delta W$ ) при температурі  $\pm 50$  °С.

Для запалювання елементів заряду застосовуються основні і додаткові запальники. Основні запальники повідомляють початковий тепловий імпульс безпосередньо заряду або додатковому запальнику. До них відносяться капсуль запальник, капсульні втулки ударної або електричної дії, ударні та вичерпані відвантаження, електрозажими, піропатрони та ін.

**Аналіз конструкцій металевих зарядів.** Спосіб заряджання гармати визначає що є несучою конструкційною основою заряду: металева гільза у випадках унітарного і роздільно-гільзового заряджання, жорстко зв'язані за допомогою шнура або клею порохові трубки і згорає картуз або жорстка гільза яка згорає в разі роздільно-картузного заряджання.

Розглянемо типові конструкції МЗ до пострілів унітарного, роздільно-гільзового і роздільно-картузного заряджання з метою оцінки їх технологічності:

**Металеві заряди до малокаліберним авіаційним і зенітних систем,** а також до гармат для бойової машини піхоти (БМП) калібрів від 23 і до 57 мм по конструкції також прості, являють собою навішення 7 або 19 канального середньо-азотного або високо-азотного пороху, яка поміщається в гільзу унітарного патрона розсіпом. Займання здійснюється капсульне втулкою електричного або ударної дії, вкручувати або вставляється в очко гільзи. Флегматизатори, розміднювачі і полум'ягасні домішки вводяться в склад пороху.

Герметичність і збереження балістичних характеристик в процесі тривалого зберігання забезпечуються закачуванням дульця гільзи на снаряді і зберіганням патронів в герметично загорнених коробах. Велика щільність заряджання, як правило, не вимагає застосування обтюруючих (піджимаючих) прокладок.

**Металеві заряди до унітарним пострілів калібру понад 76 мм** за конструкцією складніші. Для їх розробки використовуються середньо і високо азотні піроксилінові пороху семиканальні, одноканальні зернової і трубчастої форми, і балістично трубчасті одноканальні. Займання заряду проводиться пучком трубчастого пороху з прив'язаним внизу додатковим запальником і капсульною втулкою.

**Особливість зарядів до пострілів роздільно-гільзового заряджання** полягає в тому, що в одній і тій же гільзі (в одному і тому ж обсязі згоряння каморі) необхідно розмістити заряд повний, що забезпечує максимальну швидкість снаряда, не перевищуючи допустимого  $P_t$ , і найменший заряд, який повинен забезпечити найменшу швидкість (перекрити дальність) при тиску, що забезпечує зведення підричника при температурі мінус  $50^\circ \text{C}$ .

Повнота згоряння матеріалу картуза, запальника-полум'ягасника і спрацьовування флегматизатора, повинні забезпечувати задовільну загазованість і забрудненість, що забезпечує безперебійну роботу стріляючого, а також різних механізмів протягом режимної стрільби, артилерійської підготовки.

Герметизація заряду проводиться запресовкою нормальної і посиленою кришок в гільзу з подальшою заливкою мастикию ПП 95/5.

**Заряди до пострілів роздільно-картузного заряджання** відрізняються відсутністю екстрагуючих елементів як металева гільза. У зв'язку з цим, габарити і форма МЗ забезпечуються пороховими елементами або формою розкрою картуза, який може бути м'яким (тканинним) або жорстким.

Ухвалення того або іншого варіанту конструювання залежить від скорострільності і способу досилають снаряда і заряду. Для систем з невеликою скорострільністю  $0.5 - 1$  постріл/хв, і нетандемним (неодночасним) досиланням снаряда можна створити заряд з зернового порохів в м'якому амміатиновом картузі. Займання заряду здійснюється додатковим запальником з ДРП або КЗДП, пришитим до дна пакета (пучка), і потужної ударної трубкою типу І-19 і УТ-36.

**Висновок.** Отже, для вирішення даної проблеми, а саме проблема з виготовленням і зберігання металевих зарядів до артилерійських боєприпасів потрібно:

- розробка ДСТУ для металевих зарядів артилерійських боєприпасів усіх калібрів;
- будівництво заводів для налагодженого виготовлення МЗ;
- покращення місця зберігання МЗ.

#### Список використаних джерел

1. *Валеев Г.Г., Сопин Ф.В., Соков Б.А. Артиллерийские металлические заряды. Казань, 2004. 12-28с*
2. *Мигрина Б.А., Снитко К.К., Артиллерийские пороха и заряды Москва, 1950. 28 с.*
3. [https://uk.wikipedia.org/wiki/Список\\_вибухів\\_та\\_пожеж\\_на\\_військових\\_складах\\_в\\_Україні](https://uk.wikipedia.org/wiki/Список_вибухів_та_пожеж_на_військових_складах_в_Україні)

**Науковий керівник:** Дехтяренко К.М.

**Рецензент:** Скачков В.В., к.т.н., проф., Військова академія (м. Одеса), Україна.

УДК 623.465.7

Лукієнко Д.Ю., магістрант  
Військова академія (м. Одеса), Україна

## РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО НАПРЯМКІВ МОДЕРНІЗАЦІЇ ТОРПЕД З НАВЕДЕННЯМ ПО АКУСТИЧНОМУ СИГНАЛУ

**Постановка проблеми.** Поліпшення тактико-технічних характеристик торпед створило передумови для більш широкого тактичного різноманітності в їх застосуванні, викликало необхідність створення спеціальних кораблів-носіїв: міноносців і торпедних катерів. В ході війни торпеди стали застосовуватися навіть з літаків. Підводні човни, основною зброєю яких були торпеди, виділилися в самостійний клас бойових кораблів.

Сучасні торпеди призначені в основному для ураження підводних човнів і надводних кораблів, але можуть застосовуватися також для руйнування гідротехнічних та портових споруд. В даний час особливе значення придбали протичовнові торпеди, призначені для активної боротьби з підводними човнами, що володіють великими швидкостями, значними глибинами занурення і коротким часом перебування в надводному положенні.

Статистика використання торпед за час другої світової війни свідчить про низьку ефективність використання некерованих або торпед що рухаються по прямих, саме такими були більшість торпед того часу.

Для знищення однієї цілі витрачалось в середньому 4 торпеди.

Під час другої світової війни Німеччина створила та використала торпеди з самонаведенням Т-V «Zaunkönig».

Хоча Т-V на початку володіла ненадійною та недосконалою системою самонаведення, але вона стала першою в світі серійної торпедою з акустичною головкою самонаведення.

Пристрій головки самонаведення складався з 26 реле, 11 ламп, 1760 контактів і 330 метрів проводу.

Головним недоліком була постійна небезпека самонаведення торпеди на шум гвинтів підводного човна що випустив її.

На протязі тривалого часу проводилися роботи по поліпшенню конструкції торпеди, і у кінці 1944 року модернізований варіант торпеди якому були ліквідовані вище перераховані недоліки був прийнятий на озброєння році і був створений, в..

Торпеда мала такі технічні характеристики:

Довжина – 7200 мм.

Діаметр корпусу – 533 мм.

Маса – 1500 кг.

Швидкість – 24 вузла.

Дальність ходу – 5700 м.

Вага бойового зарядного відділення – 274 кг.

Тип підричника – неконтактний акустичний.

Головка самонаведення ефективно реагувала на цілі, чия швидкість перебувала в діапазоні 12-19 вузлів.

Дальність захвату цілі в секторі 30 градусів в залежності від характеристик цілі складала 300-450 м.[1]

Створення торпед з системою самонаведення в СРСР розпочалося з вивчення трофейних Т-V та в деякій мірі полягало в копіюванні.

В 1950 році, після державних випробувань ВМФ СРСР отримав на озброєння торпеду САЕТ-50 з аналогічною Т-V пасивною системою самонаведення дальність захоплення цілі сягала 1000 м.

Суттєвим недоліком САЕТ-50 було те що система самонаведення втрачала чутливість до цілей що рухалися з швидкістю нижче 12 вузлів, та не могла наздогнати цілі з швидкістю більше 20 вузлів так як власна швидкість була низькою.

Модифікована САЕТ-50М мала збільшену до 29 вузлів швидкість.

Торпеда СЕТ-53 та її модифікації стали подальшим продовженням покращення ТТХ.

У зв'язку з появою в 1960-х роках у флотах США і Англії швидкісних малошумних атомних багатоцільових і ракетних підводних човнів (ПЧ) з великими глибинами занурення виникла необхідність створення ефективної протичовнової зброї, яка забезпечувала б ураження нових підводних човнів на будь-яких глибинах, з урахуванням важливості організації боротьби зі швидкісними глибоководними атомними ПЧ вірогідного супротивника, визначили основні напрямки подальшого розвитку протичовнової зброї.

Нові вимоги до зброї були сформульовані в Постанові РМ СРСР №111-463 від 13 жовтня 1960 р., якою передбачалося створення ряду принципово нових зразків протичовнової зброї.

У рамках теми «Энот-2» для заміни торпеди калібру 53 см СЭТ- 53 почалася розробка нової торпеди.

Першою протичовною електричною самонавідною торпедою калібру 53 см, що відповідає новим вимогам, явилася торпеда СЕТ- 65, прийнята на озброєння в 1965 році.

Торпеда СЕТ-65 та її модифікації обладнана активно-пасивною акустичною системою наведення, що забезпечувала наведення в активному режимі на відстані 800 м. незалежно від характеристик цілі.

Дальність ходу складала 15000 м., а швидкість до 40 вузлів.

Слід зазначити що основним призначенням торпеди являлося ураження ПЧ на глибинах до 400 м.

Подальше покращення ТТХ ПЧ та надводних кораблів (НК) потребувало покращення ТТХ одного з засобів ураження-торпед.

З невеликими проміжками часу на озброєння ВМС СРСР приймаються ТЕСТ-71, УСЕТ-80, та їх модифікації.

Покращення ТТХ торпед полягало як в збільшенні дальності ходу, швидкості ходу, удосконаленні систем самонаведення-використанні систем наведення по кільватерному сліду, систем провідного телеуправління, так і у використанні принципу універсальності і налаштуванні торпеди в залежності від задач та умов.

Прилади управління для більшості торпед СРСР випускались Київським заводом автоматики ім. Петровського.

Після розпаду СРСР торпеди що знаходились на озброєнні ВМС ЗС України майже не модифікувалися, основою для побудови електронних систем управління лишаються мікросхеми малої та середньої степені інтеграції.

В ряді зарубіжних морських держав з 90-х років минулого століття продовжувалося покращення ТТХ торпед.

Яскравим прикладом є торпеда ВМС США МК-48.

Прийнята на озброєння в 70-х роках на заміну торпеди МК-37.

З доступних джерел відомо про наявність більше семи модифікацій МК-48, більшість з яких виконано фірмою Lockheed Martin.

Характеристики торпеди МК-48:

Калібр, мм 533,4 (21 дюйм);

Довжина, мм 5800;

Бойова частина: – тип осколково-фугасна – вага, кг 294,5 – 300;

Система наведення: активно-пасивна + телеуправління;

Дальність дії АСН, м до 3500 – дальність телеуправлення, м до 18000;  
Енерго-силова установка (ЭСУ): тепла, водометний двигун;  
Швидкість, вузлів: – 48 (мод 2 і 3), – 55 (мод 4) – 60 (мод 5);  
Дальність ходу, км: – максимальна до 50 – мод 2 і 3, 32 – мод 4, 38 мод 5;  
Глибина хода, м до 1200;  
Маса, кг 1579 – 1600.

Відомо що до складу торпеди нової модифікації входить удосконалена широкополосна гідроакустична система самонаведення з цифровим формуванням променя характеристики направленості та новим програмним забезпеченням. Це дало можливість підвищити точність і розширити зону пошуку, а також ефективність в несприятливих умовах, в тому числі в мілководних районах і за наявності штучних перешкод.[2]

**Висновок.** Успішне покращення ТТХ торпед при модернізації можливе за умови збалансованого, обґрунтованого використання різноманітних методів виявлення, ідентифікації, класифікації, супроводження та управління.

Сучасні торпеди повинні мати механізми протидії застосування противником доступних методів протиторпедної боротьби.

Системи самонаведення торпед що знаходяться на озброєнні ВМС ЗС України побудовані на елементній базі часів розробки та виробництва.

При модернізації гідроакустичної системи самонаведення доцільно розглядати питання використання нової елементної бази на одно кристальних мікроконтролерах, з використанням в програмних кодах управління елементів передбачення та штучного інтелекту.

#### Список використаних джерел

1. [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A6%D0%B0%D1%83%D0%BD%D0%BA%D1%91%D0%BD%D0%B8%D0%B3\\_\(%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BF%D0%B5%D0%B4%D0%B0\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A6%D0%B0%D1%83%D0%BD%D0%BA%D1%91%D0%BD%D0%B8%D0%B3_(%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BF%D0%B5%D0%B4%D0%B0))
2. <http://bastion-karpenko.ru/torpedo-set-65/>
3. <http://nevskii-bastion.ru/torpedo-mk48-usa/>

**Науковий керівник:** Гордішевський Л.Г. Військова академія (м. Одеса), Україна.

УДК 623.462

**Мазур О.В.**, магістрант*Військова академія, (м. Одеса), Україна*

## **ОБГРУНТУВАННЯ ВИМОГ ЩОДО РОЗРОБКИ ВІД'ЄМНОЇ БОЙОВОЇ ЧАСТИНИ ТВЕРДОПАЛИВНОЇ БАЛІСТИЧНОЇ РАКЕТИ**

*Аналізується ефективність використання та забезпечення ефективного виконання ЗСУ щодо визначених завдань, вони повинні мати відповідні оборонні можливості наукового потенціалу галузі України у 2020-х роках. Висвітлюються окремі причини, що супроводжували цю сферу Перспектива на рішення таких задач в деякій мірі покладається на ракетні комплекси, так як саме вони є високоточною зброєю. В статті розглядаються рекомендації щодо проектування твердопаливної ракети з від'ємною в польоті бойовою частиною та механізмом її відділення.*

**Ключові слова:** механізм відділення, бойова частина, необхідна умова відділення, ракета, система управління.

**Постановка проблеми.** У ситуації, що склалась в сучасній складній міжнародній обстановці, особливо з огляду на ту обстановку в якій опинилася Україна необхідно відзначити, що кожна з держав з різними суспільними устроями докладає титанічних зусиль, щоб запобігти ядерну війну, зберегти і зміцнити мир. Займаючись мирним будівництвом необхідно зберегти обороноздатність Української держави, де послаблення ми не маємо права допустити ні на секунду.

Перспектива на рішення таких задач в деякій мірі покладається на ракетні комплекси, так як саме вони є високоточною зброєю. Для виконання цих завдань ракетним комплексам необхідно мати сучасну елементну базу. Особливо важливе виконання такого завдання, як заміна вже застарілих зразків озброєння, на нові, де використані останні досягнення науково-технічних робіт, нові підходи в проектуванні.

Твердопаливні ракетні двигуни отримали в даний час широке поширення. Цьому сприяють такі основні переваги, як: висока надійність, простота експлуатації, постійна готовність до дії. Ракети з твердопаливним ракетним двигуном застосовують у всіх класах сучасних комплексів військового призначення. Різноманітність областей застосування і виконання завдань сприяють розробці широкого кола конструкцій, що відрізняються габаритними, масовими, тяговими, тимчасовими та іншими характеристиками.

**Мета статті:** розробка та проектування твердопаливної ракети з від'ємною в польоті бойовою частиною та механізмом її відділення.

**Виклад основного матеріалу.** Керованою балістичною ракетою називається безпілотний літальний апарат, забезпечений ракетним двигуном і системою управління (СУ) і призначений для доставки бойової частини (БЧ) до цілі по траєкторії, яка, за винятком польоту з працюючим двигуном, являє собою траєкторію польоту вільно кинутого тіла.

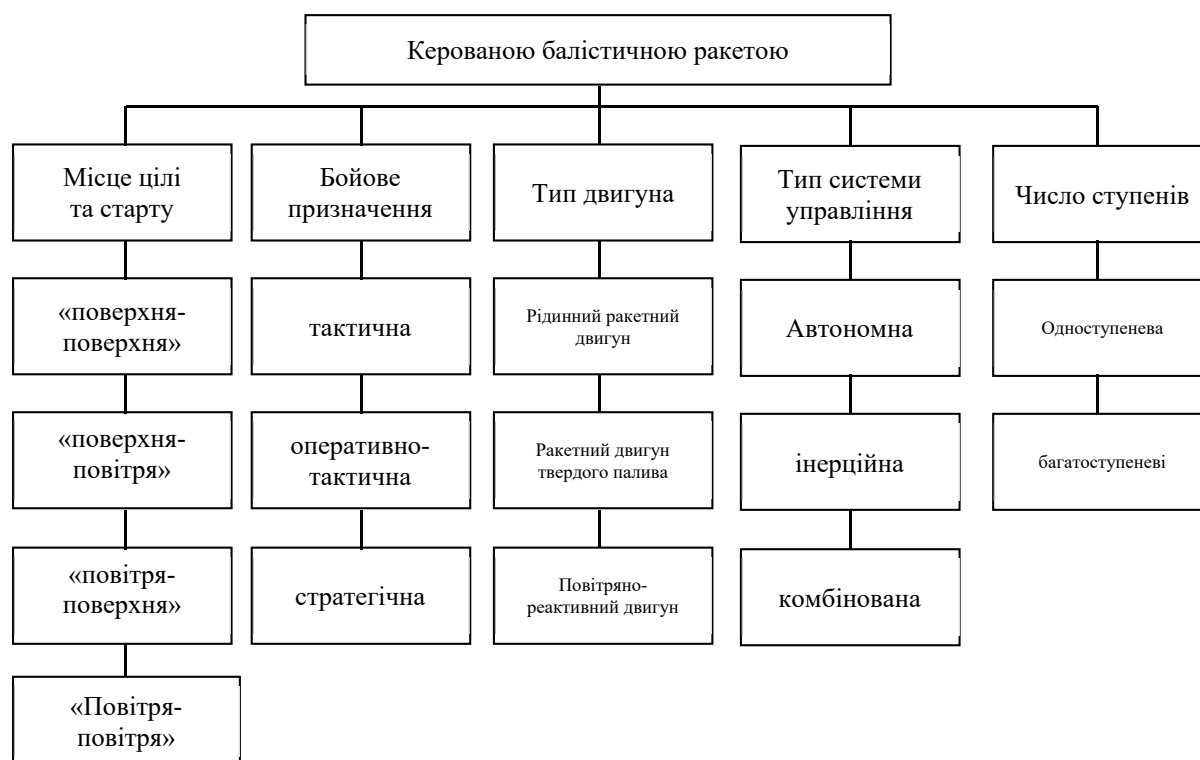
Розвиток ракетного озброєння привело до того, що в даний час є велика кількість різних видів керованих балістичних ракет, які з метою встановлення певної термінології, значно полегшує роботу по створенню, проведення випробувань та їх бойової експлуатації, класифікують по ряду ознак.

Пуск балістичних ракет зазвичай проводиться з поверхні Землі або з борта корабля, а при дослідженні штатних пускових споруд та підводних човнів – з під Землі або з під води. Цілями при пуску керованих балістичних ракет є об'єкти, розташовані на поверхні Землі, тому їх можна віднести до ракет класу «земля-земля» або «земля-повітря» [3].

Крім того, керовані балістичні ракети бувають тактичні, оперативно-тактичні та стратегічні. До класу тактичних ракет відносяться вироби з дальністю пуску до 400 км. В операціях вони використовуються в інтересах загальновійськових з'єднань. Оперативно-тактичні ракети мають дальність пуску до декількох сотень кілометрів. Ці ракети застосовують в інтересах великих військових з'єднань[2].

Керовані балістичні ракети можна класифікувати і по ряду інших ознак. Зокрема, за типом застосованого двигуна ракети можна розділити на наступні групи:

- ракети з рідинним реактивним двигуном (РРД), що працюють на рідкому паливі;
- ракети з ракетним двигуном твердого палива РДТП;
- ракети з комбінованими ракетними двигунами, що використовують при роботі рідкі та тверді палива.



**Рис.1 – Класифікація керованих балістичних ракет**

За типом системи управління (СУ) ракети поділяються на ракети з автономною і комбінованою системою управління (СУ).

Автономна система управління (СУ) заснована на застосуванні інерційної системи. Ця система повністю автономна і складається тільки з апаратури, встановленої на борту ракети.

Комбінована система управління (СУ), поряд з автономною системою управління (СУ), має радіоуправління. Система управляє польотом за допомогою команд, що надходять з наземного пункту радіоуправління на прилади, що знаходяться на борту ракети. Система радіоуправління, як правило, працює протягом невеликого періоду часу перед вимкненням двигунів, але істотно підвищує точність стрільби. У разі відмови пункту радіоуправління політ забезпечує автономна система, але точність стрільби при цьому трохи зменшується[4].

За кількістю ступенів ракети бувають одноступінчасті або багатоступінчасті, що складаються з декількох ступенів.



**Завдання та вимоги які пред'являються для керування балістичними ракетами.**

Вимоги, що пред'являються до керованих балістичних ракет, не можна розглядати у відриві від вимог, що пред'являються до ракетного комплексу в цілому. Тому необхідно визначити поняття ракетного комплексу.

Під ракетним комплексом слід розуміти сукупність ракет, пускових установок, наземної апаратури управління, випробувального та підйомно-транспортного устаткування.

Всі вимоги до ракети і ракетного комплексу в цілому можна розділити на наступні:

- загальні,
- експлуатаційні,
- виробничо-економічні.

Загальні вимоги, що пред'являються до ракети, визначають її основні характеристики: дальність пуску, могутність дії біля цілі і надійність.

Виходячи із завдань, які виконуються оперативно тактичними ракетами, діапазон їх діяльності пусків повинен бути від десятків до сотень кілометрів. Пуск однієї ракети в великому діапазоні дальності з економічної точки зору не вигідний, тому що це призводить до ускладнення експлуатації ракети, зменшує її ефективність і маневреність. Тому ракети прийнято розділяти по дальності їх дії, передбачаючи для кожного типу ракет максимальну і мінімальну дальності пуску. Причому мінімальна дальність пуску ракет одного типу не повинна перевищувати максимальну дальність пуску ракет іншого типу. Крім того, необхідно мати на увазі, що в загальному випадку одна і та ж ракета, в залежності від маси бойової частини (БЧ), може мати різну дальність пуску та відноситься до різних типів.

Ракети призначені для доставки в район цілі бойової частини (БЧ), що мають різні бойові заряди. Вражаючим фактором таких бойових частин (БЧ) є ударна хвиля, світлове випромінювання, радіоактивне випромінювання продуктів вибуху і проникаюча радіація. Питома вага кожного вражаючого фактору може істотно змінюватися при зміні тротилового еквіваленту заряду.

Оптимальні заряди бойової частини (БЧ) ракет визначаються з умов найбільш ефективного виконання бойових завдань. Збиток, який ракета завдає противнику, є найважливішим заходом її ефективності. При оцінці загального збитку, що завдається кількома ракетами необхідно визначити ймовірність ураження, тобто ймовірність ефективного руйнування даної цілі при попаданні в неї однією ракетою.

Ймовірність поразки цілі багато в чому залежить від точності пуску ракети, тому при оцінці попадання в ціль слід звернути велику увагу на характеристики розсіювання, які багато в чому залежать від ряду факторів (досконалості методу управління польотом ракети, від точності апаратури системи управління (СУ) та ін.). Зменшити розсіювання можна за рахунок застосування комбінованої системи управління (СУ). Розсіювання ракет характеризується значеннями середньо імовірного відхилення по дальності і по боковому напрямку при максимальній дальності пуску.

Цілком очевидно, що за відсутності розсіювання і помилок пусків будь-яку складну ціль можна знищити однією ракетою з самонавідними бойовими елементами. Однак наявні в даний час ракети мають досить велике розсіювання, в зв'язку, з чим необхідна ймовірність ураження цілі може бути забезпечена за рахунок збільшення кількості бойових елементів[7].

Таким чином, оцінюючи ефективність дії ракети, необхідно розглядати спільно точність самонавідних бойових елементів, характеристики розсіювання ракет і необхідну при цих даних кількість ракет для ураження заданої цілі.

Одним з показників, що характеризують бойову ефективність ракетного комплексу, є надійність виконання бойового завдання. Висока надійність досягається за рахунок створення агрегатів і систем, що володіють високою безвідмовністю і забезпечення відповідних умов експлуатації, які забезпечують підтримку цієї надійності на необхідному рівні [1].

Надійність комплексу проявляється при експлуатації ракети і технологічного обладнання ракетного комплексу. При цьому під експлуатацією ракети і обладнання розуміють сукупність наступних етапів: зберігання, транспортування, технічне обслуговування, ремонт, підготовка до використання і використання за призначенням. Під безвідмовністю розуміють здатність безупинно зберігати працездатність в певних умовах експлуатації.

Не можна забувати про те, що висока надійність ракетного комплексу в великій мірі залежить і від якості підготовки особового складу, його професіоналізму. Надійність комплексу, в першу чергу, забезпечується контролем виготовлення агрегатів і систем на заводі, проведенням заводських випробувань агрегатів, систем і ракети в цілому, а також проведенням випробувань ракети безпосередньо перед пуском. Для зменшення часу підготовки ракети і пуску бажано відмовитися від передстартових випробувань, проте в цьому випадку повинні бути висунуто жорсткіші вимоги до заводських випробувань[8].

Збереження бойового заряду в польоті, і безвідмовне спрацювання детонаторів гарантує його надійну дію. Для цього бойова частина (БЧ) має зовнішній і внутрішній захист від аеродинамічного нагріву, а також інші пристрої, необхідні для ефективного підриву бойового заряду. На сучасному етапі розвитку ракетобудування до надійності ракет пред'являються досить високі вимоги. Практично надійність агрегатів становить не менше 80 . 90%, а окремих приладів – не нижче 99% [7].

Під експлуатаційними розуміють вимоги, які забезпечують збереження ракети при транспортуванні, зберіганні, а також дозволяють здійснити надійний пуск ракети в заданому режимі часу [2].

Вирішуючи задачу розрахунку механізму відділення, зробимо такі припущення:

- кут атаки внаслідок його малості вважаємо рівним нулю;
- кутові коливання ракети щодо поперечних осей в момент відділення відсутні;
- маса корпусу ракети і аеродинамічні сили за час відділення залишаються постійними;
- силами опору штепсельних роз'ємів та пневматичних за малістю нехтуємо.

Рівняння відносного руху має вигляд:

$$\ddot{x}_{\text{відн}} = \frac{1}{m_{\text{БЧ}}} (F - R_{\text{БЧ}}) + \frac{1}{m_{\text{рч}}} (F + R_{\text{рч}} - P), \quad (1)$$

де  $\ddot{x}_{\text{відн}}$  – відносне переміщення корпусу ракети та БЧ;

$F$  – сила механізму відділення;

$R_{\text{БЧ}}, R_{\text{рч}}$  – аеродинамічні сили лобового опору БЧ та корпусу ракети;

$P$  – сила тяги в період післядії;

$m_{\text{БЧ}}, m_{\text{рч}}$  – маса БЧ та корпусу ракети в момент відділення.

Припускаючи, що механізм який розштовхує включається в дію після закінчення періоду післядії, тому тяга двигуна відсутня ( $P = 0$ ).

Необхідна умова відділення – отримання позитивного відносного прискорення  $\ddot{x}_{\text{відн}} > 0$  тоді з рівняння (1) отримали

$$\frac{1}{m_{\text{БЧ}}} (F - R_{\text{БЧ}}) + \frac{1}{m_{\text{рч}}} (F + R_{\text{рч}} - P) > 0,$$

Звідси необхідна сила відштовхування буде дорівнювати:

$$F > \frac{m_{\text{БЧ}}R_{\text{БЧ}} - m_{\text{рч}}R_{\text{рч}}}{m_{\text{БЧ}} + m_{\text{рч}}} \quad (2)$$

При виконанні цієї умови відділення відбудеться, але не виключається наздоганяння корпусом ракети бойової частини (БЧ) що відокремилася. Таким чином, нерівність (2) є необхідною, але недостатньою умовою відділення.

Розрахунки показують, що різке зростання сил лобового опору відбувається при відході бойової частини (БЧ) на деяку довжину  $L_0$ . При цьому лобовий опір корпусу ракети зростає на значно більшу величину (через хвильовий опір, що вийшов з аеродинамічної тіні переднього торця), ніж лобовий опір бойової частини (БЧ) (в результаті появи донного розрідження). Їх величини визначаються діаметрами і аеродинамічними формами бойової частини (БЧ) та корпусу ракети.

Таким чином, щоб надійно визначити бойову частину (БЧ), необхідно забезпечити її відхід від корпусу ракети на деяку довжину  $L_0$  (будемо називати її достатньою довжиною відходу). Розрахунки показують, що довжиною відходу  $L_0$  буде

$$L_0 = 4d = 4 \cdot 0,84 = 3,36\text{м},$$

де  $d$  – діаметр корпусу ракети.

Виконання цієї умови і буде достатньою умовою відділення.

Рівняння відносного руху після закінчення роботи механізму буде мати наступний вигляд

$$\ddot{x}_{\text{відн}} = \frac{1}{m_{\text{рч}}} R_{\text{рч}} - \frac{1}{m_{\text{бч}}} R_{\text{бч}}, \quad (3)$$

Початковими умовами для вирішення рівняння (3) будуть при  $t = 0$   $\dot{x}_{\text{відн}} = V_0$ ,  $x_{\text{відн}} = l_0$ ,

де  $V_0$  – відносна швидкість БЧ в кінці ходу штовхача;

$l_0$  – робочий хід штовхача, який приймаємо рівним  $l_0 = 0,2\text{м}$ .

Рішення рівняння (3) запишеться так:

$$\begin{aligned} \dot{x}_{\text{відн}} &= \left( \frac{1}{m_{\text{рч}}} R_{\text{рч}} - \frac{1}{m_{\text{бч}}} R_{\text{бч}} \right) t + V_0; \\ x_{\text{відн}} &= \left( \frac{1}{m_{\text{рч}}} R_{\text{рч}} - \frac{1}{m_{\text{бч}}} R_{\text{бч}} \right) \frac{t^2}{2} + V_0 t + l_0. \end{aligned} \quad (4)$$

На шляху ходу штовхача від 0 до 10 швидкість  $\dot{x}_{\text{відн}}$  зростає від 0 до  $V_0$ , а потім знову падає до 0. Для надійного відділення в кінці його має бути при  $t = t_K$   $\dot{x}_{\text{відн}} = 0$ ,  $x_{\text{відн}} = L_0$ . (5)

Якщо через  $V_{\text{тр}}$  позначити відносну швидкість відділення в кінці ходу штовхача, необхідну, щоб забезпечити умови (5), то систему (4) можна записати у вигляді

$$0 = \left( \frac{1}{m_{\text{рч}}} R_{\text{рч}} - \frac{1}{m_{\text{бч}}} R_{\text{бч}} \right) t_K + V_{\text{тр}}; \quad L_0 = \frac{1}{2} \left( \frac{1}{m_{\text{рч}}} R_{\text{рч}} - \frac{1}{m_{\text{бч}}} R_{\text{бч}} \right) t_K^2 + V_{\text{тр}} t_K + l_0. \quad (6)$$

Вирішуючи систему (6) знайдемо необхідну відносну швидкість в кінці ходу штовхача

$$V_{\text{тр}} = \sqrt{2 \left( \frac{1}{m_{\text{бч}}} R_{\text{бч}} - \frac{1}{m_{\text{рч}}} R_{\text{рч}} \right) (L_0 - l_0)} = 4,79 \text{ м/с}. \quad (7)$$

Розглядаючи далі методи визначення дійсної відносної швидкості руху бойової частини (БЧ) в процесі роботи механізму, можна записати рівняння (1) в дещо іншій формі:

$$\ddot{x}_{\text{відн}} = \left( \frac{1}{m_{\text{рч}}} - \frac{1}{m_{\text{бч}}} \right) F - \left( \frac{1}{m_{\text{бч}}} R_{\text{бч}} - \frac{1}{m_{\text{рч}}} R_{\text{рч}} \right). \quad (8)$$

Зробивши заміну змінних, отримали:

$$\dot{x}_{\text{відн}} = \frac{d}{dx_{\text{відн}}} \cdot \frac{dx_{\text{відн}}}{dt} = \dot{x}_{\text{відн}} \frac{d\dot{x}_{\text{відн}}}{d\dot{x}_{\text{відн}}}.$$

В результаті отримали диференціальне рівняння із змінними. Проінтегрувавши його ліву частину в межах від 0 до  $V$ , а праву від 0 до  $X$ , отримали:

$$\begin{aligned} V_{\text{відн}} &= \sqrt{\frac{2(T_{\text{рч}} + m_{\text{бч}})}{T_{\text{рч}} m_{\text{бч}}} A_F - \frac{2(T_{\text{рч}} R_{\text{рч}} - m_{\text{бч}} R_{\text{бч}})}{T_{\text{рч}} m_{\text{бч}}} l_0} = \\ &= \sqrt{\frac{2 \cdot (947,74 + 510)}{947,74 \cdot 510} \cdot 122,23 - \frac{2 \cdot 947,74 \cdot 1085,75}{947,74 \cdot 510} \cdot 0,2} = 0,881 \text{ м/с}, \end{aligned} \quad (9)$$

де  $A_F = \int_0^{l_0} F dx_{\text{відн}}$  – повна робота розштовхуючого механізму.

Записавши вирази для визначення роботи  $A_F$ , яку здійснюють пружинним штовхачем. Сила штовхача в цьому випадку падає в функції довжини його ходу за лінійним законом

$$F = \frac{F_0}{l_0} (l_0 - x_{\text{відн}}), \quad (10)$$

а повна робота визначається з виразу

$$A_F = \frac{1}{2} F_0 l_0 = \frac{1}{2} \cdot 1222,338 \cdot 0,2 = 122,23 \text{ Дж}, \quad (11)$$

де  $F_0$  – початкова сила пружини в початковому стислому стані.

Тут передбачається, що в кінці ходу штовхача пружина виявиться повністю розціпленою.

Підставивши знайдені для роботи вирази в вираз (9), отримуємо формули відносної швидкості  $V_0$  в кінці роботи штовхачів в функції їх конструктивних характеристик. Щоб надійно відокремити бойову частину (БЧ), необхідно виконати умову  $V_0 \geq V_{\text{тр}}$ .

Допустивши і скориставшись рівняннями (7). (11), отримали необхідні для цього значення розштовхуючої сили:

$$F_{\text{отр}} \geq \frac{m_{\text{тр}} R_{\text{БЧ}} - m_{\text{БЧ}} R_{\text{тр}}}{m_{\text{тр}} + m_{\text{БЧ}}} \cdot \frac{2L_0}{l_0}.$$

Підставив в вираз (9), отримали

$$F_{\text{отр}} = \frac{V_0^2 m_{\text{тр}} m_{\text{БЧ}}}{l_0 (m_{\text{тр}} + m_{\text{БЧ}})} = \frac{0,881^2 \cdot 510 \cdot 947,74}{0,2(947,74 + 510)} = 1286,77 \text{ Н}.$$

**Висновок.** Виходячи з аналізу та розрахунків в якості засобів кріплення бойової частини (БЧ) до корпусу застосували швидко від'ємні пристрої: розривні болти, що мають герметизований осьовий канал, заповнений піротехнічним складом з запальником. З можливих трьох груп механізмів відділення обрані розштовхуючі механізми, які діють на бойову частину (БЧ) і корпус силами в напрямку поздовжньої осі ракети. В якості розштовхуючих пристроїв відділення застосували пружинний штовхач.

Пружинний штовхач обраний самий простий і надійний, який виконаний у вигляді декількох автономних пружин-штовхачів. В результаті проведеного розрахунку розштовхувачи механізму відділення бойової частини (БЧ) отримані наступні дані:

- достатня довжина відходу  $L_0 = 3,36$  м;
- необхідна відносна швидкість в кінці ходу штовхача  $V_{\text{тр}} = 4,79$  м / с;
- дійсна відносна швидкість руху БЧ  $V_{\text{відн}} = 0,88$  м / с;
- повна робота пружинного штовхача  $A_F = 122,23$  Дж;
- необхідне значення розштовхуючої сили  $F_{\text{отр}} = 1286,77$  Н.

Опираючись на розрахунки, можна сказати, що система відділення бойової частини (БЧ) може забезпечувати надійне її кріплення до корпусу ракети за допомогою розривних болтів. Ці механізми кріплення компактні, мають невелику масу, безпечні в експлуатації і мають просту конструкцію. В якості механізму відділення бойової частини (БЧ) можна обрати розштовхуючі механізми відділення, а саме – пружинні механізми (штовхачі), тому що вони забезпечують надійне відділення бойової частини (БЧ) і мінімальне обурення її руху в процесі відділення.

В результаті проведеного розрахунку механізму відділення бойової частини (БЧ), обчислено необхідна і достатня умова відділення, відносна її швидкість після поділу, знайдено необхідні значення сили розштовхування, що забезпечують надійну роботу розштовхуючого механізму.

Спроектована ракета повністю відповідає вимогам сучасного ракетобудування і за своїми характеристиками не поступається відповідним світовим аналогам.

**Список використаних джерел**

1. Алемасов В.Е., Дрегалін А.Ф., Тишин А.П. Теорія ракетних двигателів / Под ред. В.Е. Алемасова. – М.: Машиностроение, 1989. – 464 с.
2. Белов Г.В. Основы проектирования ракет. – М.: Машиностроение, 1980. – 345 с.
3. Выбор и расчет основных параметров РДТТ: Методические рекомендации по курсовому и дипломному проектированию. 1983. – 231 с.
4. Золин Б.И., Савин Н.В. Основы теории и конструкции ракет. – М.: Военное издательство, 1971. – 324 с.
5. Конструкція управляемых баллистических ракет/ Под ред. А.М. Синюкова. – М.: Военное издательство, 1999. – 444 с.
6. Методические рекомендации по проектированию тактических ракет. – Саратов: СВВКИУ РВ, 1980. – 48 с.
7. Николаев О.М. Инженерное проектирование управляемых баллистических ракет с РДТТ. – М.: Воениздат, 1979. – 276 с.
8. Разумеев В.Ф., Ковалев Б.К. Основы проектирования баллистических ракет на твердом топливе. – М.: Машиностроение, 1976. – 356 с.
9. Синюков А.М. Баллистические ракеты на твердом топливе. – М.: Воениздат, 1980. – 178 с.
10. Фахрутдинов И.Х. Ракетные двигатели твердого топлива. – М.: Машиностроение, 1981. – 223 с.

**Науковий керівник:** Будур О.М.

**Рецензент:** Сергеев В., к.т.н., доц., Військова академія, (м. Одеса), Україна

УДК 623.451.4.083.1

Мусікевич О., курсант

Військова академія (м. Одеса), Україна

## РОЗРОБКА ЗАГАЛЬНИХ ВИМОГ ДО ЗАСОБІВ УРАЖЕННЯ

На основі аналізу відповідності технічних характеристик звичайних засобів ураження вимогам призначення, що пред'являються до них, пропонується конструктивні шляхи підвищення ефективності застосування звичайних засобів ураження.

**Ключові слова:** засоби ураження, боєприпаси, конструкція, компонування, ефективність.

**Постановка і актуальність проблеми.** Забезпечення військової безпеки залишається як і раніше важливим завданням будь-якої держави. Її рішення в сучасних умовах, коли боєздатність збройних сил все більше залежить від науково-технічного рівня і якості озброєння, вимагає безперервного вдосконалення військової техніки, що веде до необхідності кардинального підвищення рівня підготовки фахівців, зайнятих дослідженнями, розробкою і експлуатацією озброєнь. В наш час, коли на сході країни тривають бойові дії, перед військовими фахівцями і всіма підприємствами Укроборонпрому поставлена проблема підвищення ефективності дії зразків РАО, що розробляються, модернізуються або модифікуються. У зв'язку з цим, постає задача необхідності підвищення, за умови зниження фінансових витрат, розробки ефективності застосування звичайних засобів ураження, які дозволять реалізувати спосіб афективного ураження цілей противника.

**Мета і завдання.** Метою та завданням роботи є проведення аналізу призначення і характеристик існуючих звичайних засобів ураження і розробка шляхів підвищення їх бойової (вогневої) ефективності.

**Виклад основного матеріалу.** Історія створення, поточний стан і перспективи розвитку засобів ураження, їх роль і місце в забезпеченні національної безпеки країн, що володіють ними, завжди привертала і привертають увагу дослідників, конструкторів і тих, хто цікавиться розвитком озброєння і військової техніки. В той же час в усьому різноманітті цінних робіт, присвячених розробці засобів ураження і боєприпасів переважає тенденція розгляду або обраних подій, пов'язаних з цим питанням, або конкретних прикладів створення окремих зразків засобів ураження і боєприпасів.



Поняття « засоби ураження » і « боєприпаси » взаємозв'язані, а досить умовно їх можна поділити з урахуванням визначень.

Боєприпаси – технічні пристрої одноразового застосування (включаючи їх складові частини та елементи), що є видом озброєння, призначені для ураження живої сили противника, знищення його військової техніки, руйнування укріплень та споруд, виконання інших завдань (освітлення або задимлення місцевості, розкидання агітаційної літератури тощо).

Засоби ураження (окрім БП основного призначення і частини БП допоміжного призначення) – технічні пристрої, що є складовою частиною складніших, як правило, керованих пристроїв, і використовуються для виконання бойового завдання в одиничних кількостях.

Засоби ураження і боєприпаси, призначені для виконання тих або інших бойових завдань, мають певні властивості, що усебічно характеризують їх стан і можливості. Сукупність цих властивостей, що обумовлюють придатність кожного конкретного виробу задовольняти необхідні потреби відповідно до призначення, є якістю цього засобу ураження і боєприпасів.

У загальному випадку засіб ураження містить у собі металеву частину й частину, що метається (що доставляється), хоча в деяких видах засобів ураження металеву частину відсутня (авіаційні бомби, інженерні боєприпаси, ручні гранати й ін.). Для ствольних засобів ураження основа металеві частини – пороховий заряд, поміщений у гільзі (металевої або спаленної) або в матер'яних чохлах (картузах) і постачений засобом запалення. Після пострілу металеву частину, і частину, що метається, розділяються. Сукупність металеві частини, і частини, що метається, (снаряда) прийнято називати артилерійським пострілом.

У сучасному загальновійськовому бою, особливо із застосуванням тільки звичайної зброї, вогонь артилерії в поєднанні з ударами авіації є одним з основних засобів знищення противника. Це пояснюється тим, що артилерія має потужний і точний вогонь, велику дальність стрільби, здатність до широкого маневру і швидкого зосередження вогню по найважливіших цілях [1]. У тактиці ведення загальновійськового бою, важлива роль в системі вогневого впливу на супротивника в ході ведення широкомасштабних і локальних бойових дій відводиться комплексам ствольної артилерії. Військові фахівці зазначають, що в конфліктах майбутнього роль артилерійських комплексів буде не знижуватися, а навпаки тільки збільшуватися.

Аналіз воєнних конфліктів останніх років показує, що поразка переважної більшості цілей різних класів захищеності на полі бою (живої сили, легкоброньованої техніки, фортифікаційних споруд польового типу) досягається стріляниною снарядами комбінованої дії – осколково-фугасними (ОФ). Вони є боєприпасами (БП) багатоцільового призначення і становлять основу бойового комплексу артилерійських комплексів польової артилерії, і навіть входять до складу бойових комплектів танкових і протитанкових гармат [2].

У цей час на озброєнні артилерії армій різних країн знаходяться ОФС різних калібрів. У наземній артилерії залежно від калібру їх підрозділяють на снаряди малого (до 75 мм), середнього (75... 155 мм) і великого (більше 155 мм) калібрів.

Конструкції сучасних ОФС досить прості і в найзагальнішому випадку містять три основні елементи: Корпус з внутрішньою порожниною (камора), заряд ВВ, що розміщується в коморі, і детонатор. При цьому на корпусах виконуються центрі потовщення і встановлюються провідні пояски. Верхню частину снаряда (від верхнього центрує потовщення до вершини підривника) прийнято називати головною, середню частину (від верхнього центруючого потовщення до провідного паска) – циліндричної, а нижню (від провідного паска до донного зрізу) – запоясковою.

Оболонки ОФС виконують цільнокорпусна (рис.1, а), характерними для ОФС малих, середніх і рідше – великих калібрів, з пригвинтною головкою (рис.1, б), що застосовується в ОФС середніх калібрів, шрапнелі, рідше – в ОФС малих і великих калібрів, з вгвинтним дном (рис.1, в) – для ОФС середніх і великих калібрів.

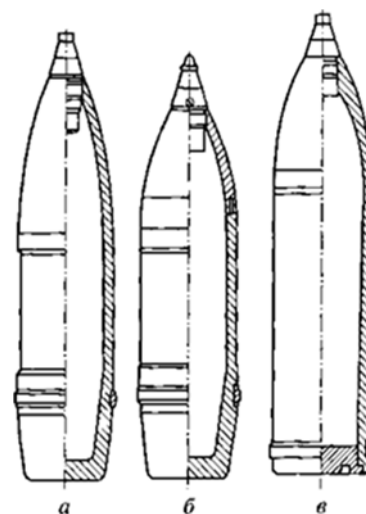


Рис.1

Штатні ОФ снаряди володіють багатьма недоліками: – нераціональним використанням осколкових потоків при наземному розриві; – матеріал корпусу (стали типу С-60, 45Х1 і ін.) має незадовільні осколкові характеристики; – можуть вражати в основному тільки незахищені і легковражаючі цілі. Проведений військовими фахівцями аналіз застосування ОФ снарядів в локальних конфліктах показав недостатній для сучасних умов рівень їхньої вражаючої дії, як основного типу БП польовий артилерії, що призводило до збільшення витрати снарядів, зміни режиму вогню, в результаті чого на 20-40% зростала час виконання вогневих завдань і збільшувався знос техніки [3], [4]. Таким чином, наведені вище обставини змушують проведення подальших досліджень, спрямованих на підвищення ефективності застосування ОФ снарядів.

Одним із шляхів підвищення ефективності осколкової дії ОФ снарядів є забезпечення оптимального осколкового спектра багатоцільового призначення в процесі вибухового руйнування корпусу (ВРК). Поліпшення характеристик осколкового поля поразки за рахунок зміни хімічного складу сталей і їх механічних властивостей, при виробництві корпусів ОФ снарядів, безсумнівно, є перспективним напрямком. Кремениста сталь при невисокій вартості легуючого елемента, забезпечує стабільне, хоча і не дуже висока перевага перед сталлю С-60, як по масово-чисельним характеристикам спектру, так і за характеристиками форми. Забезпечується приріст числа осколків для ТНТ, А-ІХ-2 і окфола відповідно на 17, 20 і 14%, а відносного змісту середньої фракції – відповідно на 23, 20 і 12%. Кремениста сталь 60С2 відноситься до класу ресорно-пружинних сталей і містить 2% кремнію, що збільшує крихкість сталі. Використання кременистої сталі 60С2 в осколкових боєприпасах захищено патентами 2095740 РФ. У США для виробництва осколково-фугасних снарядів використовується кремениста сталь того ж складу, що має індекс AISI-9260. Т. Ф. Волинова і В. А. Одінцовим в результаті багаторічних досліджень було встановлено, що одним з найбільш перспективних матеріалів для виготовлення корпусів ОФ снарядів є евтектоїдна сталь 80Г2С. Теоретичним підґрунтям цієї розробки стало запропонована авторами концепція вибухового руйнування сталей, близьких за складом до евтектоїдних. При евтектоїдних складі сталь має чисто перлітну структуру у вигляді тонких пластинок цементиту, рівномірно розподілених в основній масі.

Іншим напрямком поліпшення характеристик осколкового поля поразки є зміна конфігурації осколкового поля. ОФ снаряди при розриві дають круговий осколкове поле, причому при стрільбі по наземних цілях з ударним розривом при кутах падіння, менших 90 °, основна маса уламків цих снарядів розлітається в площині, перпендикулярній осі снаряда. При цьому половина осколків йде в повітря, інша половина – в ґрунт, і тільки невелика частина осколків, що стеляться уздовж поверхні землі, використовується для ураження цілей. Істотним недоліком цієї конфігурації осколкового поля є його низька щільність (низька щільність кінетичної енергії осколків на одиницю тілесного кута поля). Одінцовим В.А. розроблений новий осколково-пучковий снаряд – боєприпас, який створює два поля поразки – круговий поле осколків корпусу і осьовий поле (сніп) готових вражаючих елементів (патент МГТУ № 2368861). Фахівці вважають осколково-пучковий снаряд снарядом ХХІ століття. У зарубіжній літературі цей боєприпас отримав назву «Бауманський снаряд» (Baumann charge). Реалізація вимог по фугасної дії в рамках заданих масово-геометричних характеристик, в тому числі на основі застосування розроблених в останні роки вибухових складів (пластизольних отверждаючих, термобаричних і ін.), Також не сприяє підвищенню інтенсивності ВРК БП внаслідок щодо низьких параметрів його вибухового навантаження. Крім артилерійських снарядів існує велика номенклатура БП осколкової дії (бойові частини реактивних снарядів і тактичних ракет, касетні бойові елементи, інженерні і авіаційні міни, ручні гранати), які не відчувають значних переважень в процесі бойового застосування і до яких не пред'являють вимоги по міцності корпусу і по балістичних характеристиках. Внаслідок цього в процесі їх розробки є можливість сконцентрувати основну увагу саме на підвищенні ефективності осколкової дії, використовуючи широкий арсенал засобів по управлінню масою уламка, наприклад заданий дроблення або готові вражаючі елементи.



Закономірності процесу ВРК БП можуть бути використані при вдосконаленні і зазначеної номенклатури БП осколкової дії [5]. Таким чином, знання закономірностей процесів формування осколкового і фугасної полів поразки є джерелом науково обґрунтованих рекомендацій і нових технічних рішень, що забезпечують виконання сучасних технічних вимог БП осколкової дії і підвищення їх ефективності.

Роботи по дослідженню процесу ВРК не містять досить глибокого фрактографічного і структурного підходу до оцінки впливу на параметри осколкової хімічного складу і механічних властивостей металу корпусу. Недостатньо вивчені особливості утворення смуг адіабатичного зсуву і, що особливо важливо, роль відривного і здвигного руйнування в процесі ВРК різного хімічного складу. Слабо вивчено вплив на хід процесу ВРК хімічного складу сталі, технології виготовлення і режимів термічної обробки корпусів БП. Явно недостатня кількість механічних характеристик снарядних сталей, що враховуються під час розробки і виробництва ОФ БП. Таким чином, сучасний стан теорії не описує всієї сукупності процесів, що протікають в стінці корпусу БП при вибуховому навантаженні, і не дозволяє здійснювати коректну теоретичну оцінку параметрів осколкової дії. Внаслідок цього обмежені можливості практики проектування по оптимізації характеристик БП традиційної схеми і з наукового обґрунтування нових конструктивних рішень, спрямованих на підвищення ефективності осколкової дії. Викладені обставини стимулюють подальші експериментально-теоретичні дослідження закономірностей процесу ВРК БП, а також впливу структури і механічних властивостей металу корпусу різного хімічного складу на металографічні і фрактографічні характеристики ВРК. Їх використання забезпечить можливість наукового обґрунтування рекомендацій і нових технічних рішень, спрямованих на підвищення ефективності осколкової дії БП на основі зміни в широкому діапазоні параметрів осколкової дії і сформулювати рекомендації щодо обґрунтування вибору матеріалу корпусу БП осколкової дії.

**Висновки.** Аналіз призначення і характеристик існуючих звичайних засобів ураження показав, що одним з шляхів підвищення їх бойової (вогневої) ефективності можуть служити варіанти змін в їх компонованні, конструктивно-функціональних схемах.

#### Список використаних джерел

1. Воробьев И.Н., Киселев В.А. Современная тактика: анализ состояния и тенденция развития. Журнал «Военная мысль» № 10, 2007.
2. Караулов Н.И., Богомоллов А.И. Требования современного общевойскового боя к ракетно-артиллерийскому и танковому вооружению сухопутных войск // Учебное пособие. – МО РФ, 2000. – 93с.
3. Современное вооружение в войне (по опыту боевых действий в зоне Персидского залива) // Под ред. В.В. Панова, С.М. Прядилова. – М.: Изд-во НИИ САП, 1993. – 195с.
4. Средства поражения и боеприпасы. Учебник / Под общей редакцией В.В. Селиванова; - М.: Издво МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 984с.
5. Честных Е.П. Ракетные войска и артиллерия в локальных конфликтах // Учебное пособие. – К: НАОУ, 2002. – 97с.

**Науковий керівник:** Головань А., к.т.н. доц.

**Рецензент:** Кнауб Л., д.т.н., проф., Військова академія (м. Одеса), Україна.

УДК 623.418:623.438.4

Руденко С.С., магістрант  
Медведєв В.О., магістрант,  
Військова академія (м. Одеса), Україна

## ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДИКИ ПРОЕКТУВАННЯ ПІДПОРЯДКОВАНОВОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ СИСТЕМИ НАВЕДЕННЯ ЗРАЗКІВ РАКЕТНО-АРТИЛЕРІЙСЬКОГО ОЗБРОЄННЯ

*В роботі проведено дослідження систем керування електроприводами горизонтального наведення артилерійських установок засобами комп'ютерного моделювання. Розглянуті можливості реалізації систем керування на основі електродвигунів постійного струму. Проведено оптимізацію параметрів керуючих пристроїв шляхом налаштування системи на симетричний оптимум.*

**Ключові слова:** симетричний оптимум, електропривод, артилерійська установка.

**Поставлення проблеми.** Умови сучасних збройних конфліктів передбачають постійне оновлення державних зразків озброєння з метою підвищення обороноздатності країни в цілому, її можливості для відстоювання власних позицій на потенційній арені бойових дій та створення перспектив для захоплення позицій на світовому ринку зброї. Наявність передових зразків озброєння перш за все запобігає потенційним збройним конфліктам з іншими державами чи незаконними збройними формуваннями шляхом інформаційного впливу на останніх через різні засоби інформування. Досвід бойових дій останніх років свідчить, що основних внесок у сукупний показник бойової могутності держави вносить саме артилерія, що за видами артилерійської частини може бути ствольною чи реактивною, а у свою чергу за методом її пересування – буксируємою, класичним прикладом якої є зенітні ракетні комплекси (ЗРК), чи самохідною. Обидва види артилерії широко застосовуються в світі в цілому та в Україні, зокрема.

На сьогодні день Збройні сили України (ЗСУ) мають на озброєнні достатню кількість ЗРК [1], які спроможні захистити країну від засобів повітряного нападу противника у широкому діапазоні їх відстаней та висот. Такі зразки ЗРК досить добре себе зарекомендувала у сучасних військових конфліктах в різних країнах світу. Системи наведення є важливішою складовою ЗРК, які суттєво впливають на їх бойову ефективність. Найбільш важливим і складним питанням є удосконалення складних електромеханічних систем у напрямку зменшення похибок стеження та підвищення швидкодії.

Серед самохідних артилерійських установок (САУ) [2, 3] на озброєнні ЗСУ частіше за все можна зустріти двох представників, що починають свою історію ще з 70-х років, це – 2С1 «Гвоздика» та 2С3 «Акація». Обидві САУ є досить знайомими для екіпажів, для особового складу військових частин артилерії та інших представників військового співтовариства. Досвід минулих років показує, що незважаючи на тривалу наявність серед інших зразків озброєння та військової техніки, завдання, покладені на них, вони виконують в повному обсязі, тобто уражати конкретні цілі, сприяти просуванню військ та виконувати їх прикриття здатні.

Разом з тим, аналіз бойового використання артилерії у зоні АТО показав і низку недоліків у її застосуванні. Насамперед вони стосуються технічного стану артилерійського озброєння, комплексів і приладів усіх видів артилерійської розвідки, відповідності їх тактикотехнічних і експлуатаційних характеристик вимогам щодо ефективного застосування та протидії сучасним засобам збройної боротьби.

Одною з найважливіших характеристик будь-якого зразку ракетно-артилерійського озброєння під час раптового зіткнення чи виявлення нових цілей, що мають бути уражені є швидкість наведення. Здійснення наведення відбувається у двох площинах – вертикальна, завдяки приводам вертикального

наведення, та горизонтальна, відповідно здійснювана приводами горизонтального наведення. Приводи горизонтального наведення мають більший робочий спектр та потребують більшої швидкодії для виконання завдань за призначенням та тих, що виникають раптово. Тому подальше удосконалення артилерійського озброєння і, зокрема, задача оптимізації систем керування електроприводами горизонтального наведення є актуальною.

**Мета статті:** полягає у вирішенні науково-практичної задачі удосконалення систем керування автоматизованими електроприводами горизонтального наведення зразків ракетно-артилерійського озброєння шляхом інтегрування в існуючі системи додаткових ланок, що дозволить підвищити точність наведення та швидкодію даних електроприводів.

Мета досягається теоретичним та комп'ютерним дослідженнями систем керування електроприводами зразків ракетно-артилерійського озброєння, розробкою методики визначення основних параметрів додаткових ланок керування, що дозволить інтегрувати такі ланки в існуючі системи.

**Виклад основного матеріалу.** В автоматизованому електроприводі (АЕП) у процесі регулювання потрібно контролювати й обмежувати ряд координат на припустимому рівні (струм, напруга і т.д.), тому сучасні системи АЕП багатоконтурні (рис. 1).

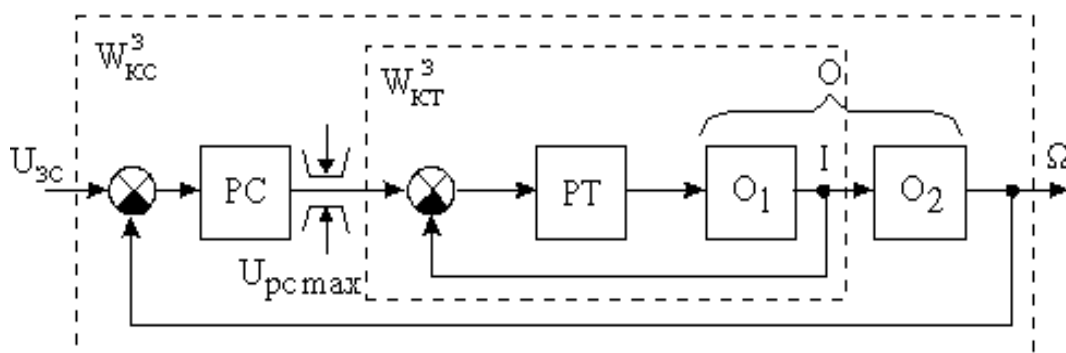


Рис. 1 – Структурна схема багатоконтурного електроприводу

У кожного параметра свій регулятор, тому можна забезпечити оптимальність настроювання кожного контуру. Ланцюг регулювання визначається зовнішнім контуром (у цьому випадку контуром швидкості). Вихідний сигнал РС є задавальним для внутрішнього контуру. Контур струму є підпорядкованим контуру швидкості, отже, це система з підпорядкованим регулюванням параметрів.

Переваги такого підходу:

- можливість реалізації оптимальних законів керування кожного параметра;
- простота обмеження максимальних значень регульованої величини за рахунок обмеження сигналу на вході відповідного регулятора. Обмеження струму здійснюється за рахунок обмеження вихідного сигналу РС, який є задавальним для контуру струму. Максимальна швидкість привода обмежується за рахунок обмеження максимальних сигналів завдання на вході системи;
- спрощуються розрахунки, налагодження й реалізація. Оптимізація системи починається із внутрішнього контуру, який надалі буде представлений у вигляді ланки з досить простої передатною функцією об'єкта, що входить до складу зовнішнього контуру.

Недоліки:

- швидкодія системи знижується в міру збільшення контурів регулювання;
- зростає мала стала часу контурів регулювання.

Структурна схема однозонного АЕП постійного струму горизонтального наведення зі зворотним зв'язком за швидкістю з підпорядкованим регулюванням параметрів представлено на рис. 2.

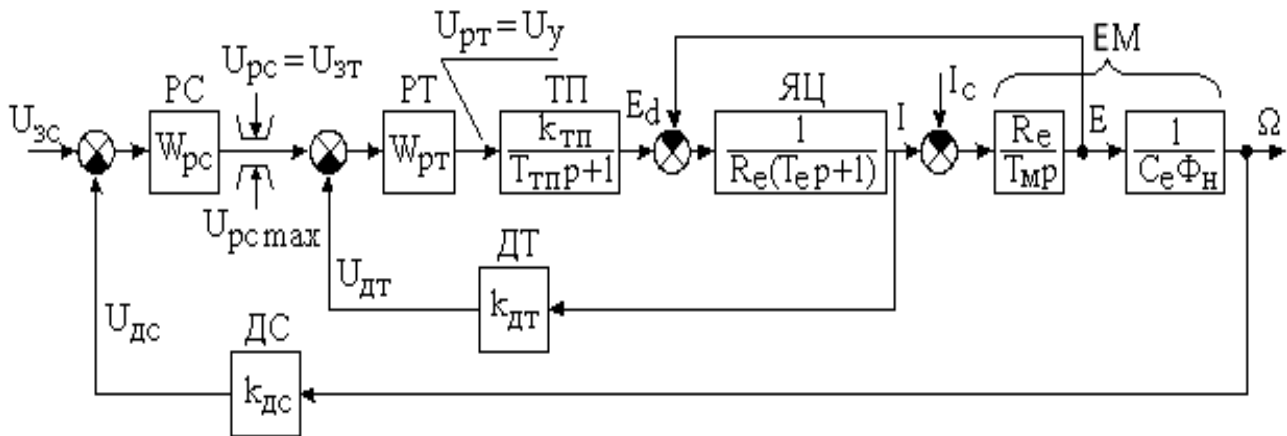


Рис. 2 – Структурна схема АЕП горизонтального наведення

Об’єкт регулювання – електрична машина (ЕМ) містить аперіодичну ланку з малою постійною часу та інтегруючу ланку.

Можливі два варіанти оптимізації [4]:

- на модульний оптимум (МО) (контур швидкості однократно інтегруючий);
- на симетричний оптимум (СО) (контур швидкості двократно інтегруючий).

Спершу розглянемо оптимізацію контуру швидкості на модульний оптимум.

Структурна схема контуру швидкості представлено на рис. 3.

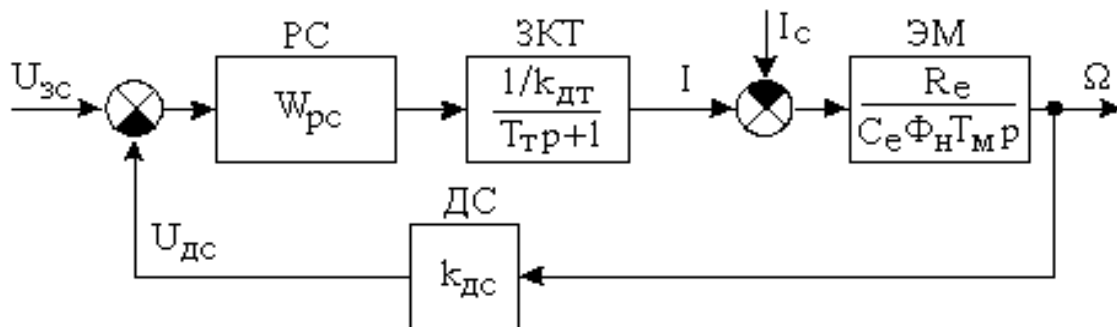


Рис. 3 – Структурна схема контуру швидкості АЕП горизонтального наведення

Покладемо зовнішнє збурення  $\Delta I_c = 0$ . Тоді для визначення типу регулятора швидкості при налаштуванні на модульний (технічний) оптимум скористатися вираженням:

$$W_{PC}(p) = \frac{1}{W_{OK}(p)} \cdot \frac{1}{2 \cdot T_T \cdot p}, \tag{1}$$

де  $W_{OK}(p)$  – передаточна функція (ПФ) компенсованої частини електропривода.

Для структурної схеми на рис. 3 одержимо, що

$$W_{PC}^{MO}(p) = \frac{1}{W_{OK}(p)} \cdot \frac{1}{2 \cdot T_T \cdot p} = \frac{K_{DT} \cdot T_M \cdot c\Phi}{R_{ЯЦ} \cdot K_{ДС} \cdot 2 \cdot T_T} = K_{PC}, \tag{2}$$

де  $T_T$  – мала некомпенсована постійна часу контуру швидкості.

$K_{ДС} = K_C$  – коефіцієнт передачі датчика швидкості.

Графік перехідного процесу контуру швидкості представлено на рис. 4. Такий характер перехідного процесу буде в тому випадку, якщо усі ланки системи є лінійними (не виходять на обмеження регулятора швидкості). З даним регулятором контур швидкості є астатичним першого порядку за завданням.

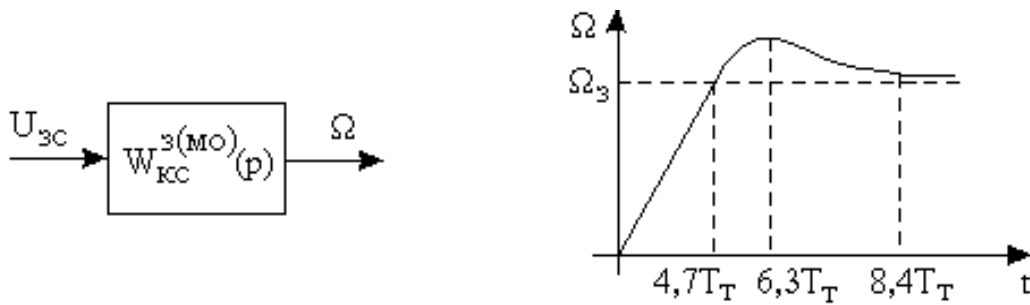


Рис. 4 – Перехідний процес контуру швидкості, налаштованого на модульний оптимум

При подачі лінійного сигналу завдання з'являється помилка по швидкості, тобто система є статичною за завданням. Порядок астатизму дорівнює номеру похідної у вхідному сигналі, при якому контур стає статичним, тобто з'являється помилка за швидкістю. В цілому отриманий регулятор швидкості не забезпечить астатизму системи та точності системи наведення. Тому розглянемо оптимізацію контуру швидкості на симетричний оптимум.

Передаюча функція регулятора швидкості при налаштуванні контуру на симетричний оптимум для забезпечення необхідного астатизму системи буде мати вигляд:

$$W_{pc}^{co}(p) = K_{pc} \cdot \frac{8T_{\mu}p+1}{8T_{\mu}} = K_{pc} + \frac{1}{T_{ис}p}, \tag{3}$$

де  $K_{pc}$  – коефіцієнт передачі регулятора швидкості,

$$K_{pc} = \frac{K_r \cdot T_m \cdot c\Phi}{R_{яц} \cdot K_c \cdot 2 \cdot T_T}; \tag{4}$$

$K_c$  – коефіцієнт зворотного зв'язку за швидкістю,  $K_c = K_{dc} = \frac{U_{zc}}{\omega_n}$ ;

$U_{zc}$  – напруга завдання за швидкістю (прийняти рівної 10В);

$\omega_n$  – номінальна кутова швидкість двигуна,  $\omega_n = \frac{\pi \cdot n_n}{30}$ .

Графік перехідного процесу контуру швидкості представлено на рис. 5а. Такий перехідний процес буде тільки поки всі ланки контуру лінійні (поки регулятор швидкості не вийшов на обмеження) і це можливо при подачі лише малих сигналів завдання.

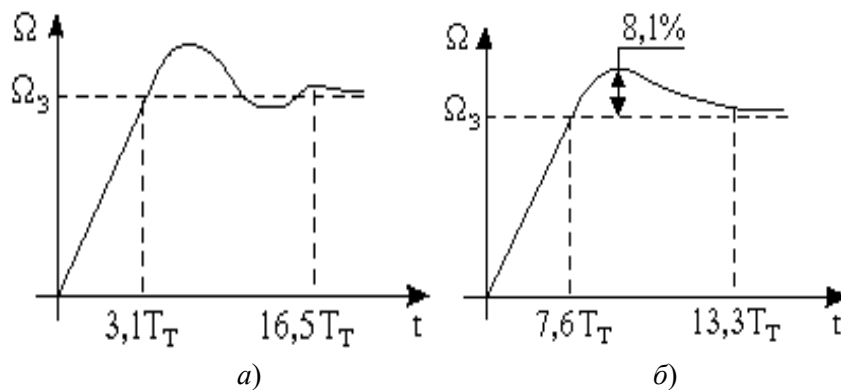


Рис. 5 – Перехідний процес контуру швидкості, налаштованого на симетричний оптимум

ПФ замкнутого контуру регулювання швидкості з урахуванням  $W_{pc}^{co}(p)$ :

$$W_{3KPC}^{co}(p) = \frac{1/K_c \cdot (4 \cdot T_T \cdot p + 1)}{8 \cdot T_T^3 \cdot p^3 + 8 \cdot T_T^2 \cdot p^2 + 4 \cdot T_T \cdot p + 1} \tag{5}$$

Як видно з (5), чисельник  $W_{3KPC}^{co}(p)$  містить ланку, що форсує. Таким чином, при використанні ПІ-регулятора швидкості із ПФ  $W_{pc}^{co}(p)$ , система буде мати значне перерегулювання, до 50% (рис. 5а). Для зниження перерегулювання необхідно встановити на вході системи фільтр, що перетворить стрибок завдання в аперіодично наростаючий сигнал.

$$W_{ЗКРС}^{CO\Phi}(p) = W_{\Phi}(p) \cdot W_{ЗКРС}^{CO}(p) = \frac{1}{4 \cdot T_T \cdot p + 1} \cdot \frac{\frac{1}{K_C} \cdot (4 \cdot T_T \cdot p + 1)}{8 \cdot T_T^3 \cdot p^3 + 8 \cdot T_T^2 \cdot p^2 + 4 \cdot T_T \cdot p + 1} =$$

$$= \frac{1/K_C}{8 \cdot T_T^3 \cdot p^3 + 8 \cdot T_T^2 \cdot p^2 + 4 \cdot T_T \cdot p + 1} \quad (6)$$

Графік перехідного процесу контуру швидкості з фільтром на вході представлено на рис. 5б. Контур швидкості, оптимізований на СО із фільтром на вході має швидкодію вдвічі меншу ніж контур оптимізований на МО. Даний контур швидкості є за завданням астатичним другого порядку (тільки при наявності другої похідної у вхідному сигналі з'являється помилка). Астатизм досягається за рахунок зменшення швидкодії.

Можлива принципова реалізація АЕП горизонтального наведення представлена на рис. 6.

**Висновок.** Отже, з метою підвищення швидкодії та точності наведення та швидкодії електроприводів зразків ракетно-артилерійського озброєння пропонується наступне.

а) Налаштувати систему керування електроприводом горизонтального наведення на симетричний оптимум за виразом (6), що при незначному зменшенні швидкодії значно підвищить точність.

б) Інтегрувати в систему керування електроприводом горизонтального наведення електронний фільтр за виразом (6), який дозволить підвищити динамічні якості системи в цілому.

Вказані заходи дозволять підвищити швидкодію та точність наведення, яка буде обмежуватися лише швидкодією та точністю системи керування.

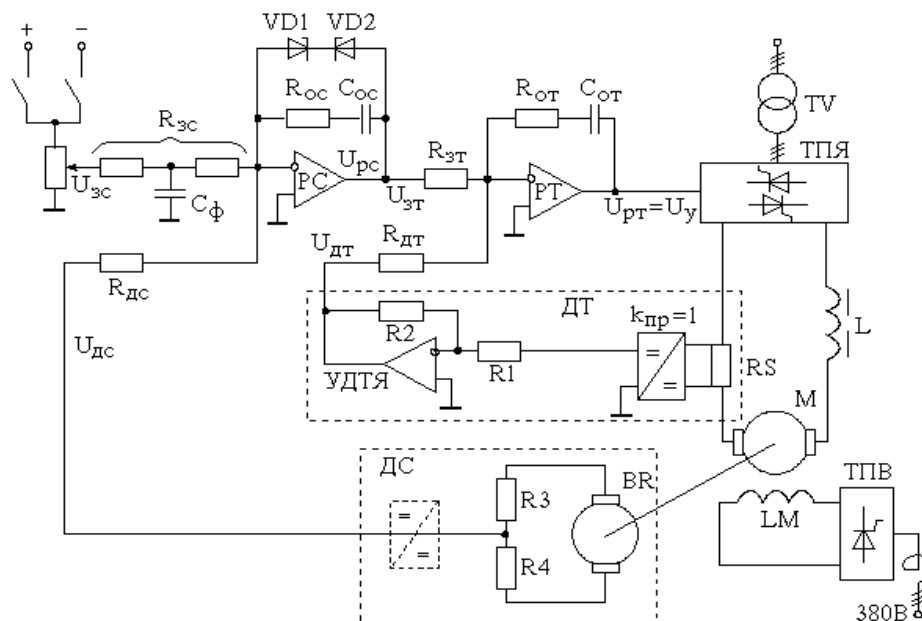


Рис. 6 – Принципова блокова схема АЕП горизонтального наведення

**Список використаних джерел**

1. *Зенітний ракетний комплекс „Бук-М1»: Навчальний посібник.* М.Ф. Пічугін, О.С. Савченко, О.Д. Флоров, Д.М. Рижов /За загальною редакцією М.Ф. Пічугіна. – Харків: ХУ ПС, 2005. – 220 с.
2. *Трофименко П.Є. Напрями удосконалення вітчизняних зразків самохідної артилерії / П.Є. Трофименко, Л.С. Демидко // Системи озброєння і військова техніка. – Суми: СДУ, 2016. – № 2(46). – с. 46-50.*
3. *Чучмай, В. І. 152-мм самохідна гаубиця 2С3М. Будова і основи експлуатації артилерійської частини. Навчальний посібник / В. І. Чучмай, М. В. Рой. – Суми: ВІА, 2003.*
4. *Сорока К.О. Теорія автоматичного керування. Навчальний посібник. – Харків: ХНАМГ, 2006 – 187 с.*

**Науковий керівник:** Букарос А.Ю., к.т.н. Військова академія (м. Одеса), Україна.

УДК 621.311:37.091.64

Ситюк В.М., магістрант  
Військова академія (м. Одеса), Україна

## РОЗРОБКА МЕТОДИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДО НАВЧАЛЬНОГО СТЕНДУ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ ЗРАЗКІВ РАО

*Метою даної роботи є висвітлення основних питань щодо розробки методичного забезпечення до навчального стенду електроприводів зразків РАО. Серед різноманітних форм організації навчальної роботи у вищих навчальних закладах України важливе місце належить лабораторним роботам, адже, саме через них здійснюється дотримання одного з провідних принципів дидактики – принципу зв'язку теорії з практикою.*

**Ключові слова:** методичне забезпечення, навчальний стенд, електропривод, лабораторна робота.

**Вступ. Лабораторне заняття** – це вид навчального заняття, під час якого курсанти (слухачі, студенти) під керівництвом науково-педагогічного (педагогічного) працівника особисто проводять імітаційні експерименти чи досліди з метою практичного підтвердження окремих теоретичних положень конкретної навчальної дисципліни, набувають практичних навичок у роботі з лабораторним обладнанням, електронно-обчислювальною технікою, вимірювальними пристроями, оволодівають методикою експериментальних досліджень у конкретній галузі знань [1].

Лабораторні заняття проводяться шляхом самостійного виконання курсантами (слухачами, студентами) відповідних завдань у навчальних лабораторіях з використанням обладнання, пристосованого до умов навчального процесу (лабораторних макетів, установок, стендів). Лабораторні заняття проводяться на озброєнні та військовій техніці, у спеціалізованих класах, навчальних лабораторіях, майстернях, наукових лабораторіях.

При виконанні лабораторних робіт відбувається формування умінь і навичок роботи з вимірювальною апаратурою, розрахунку окремих вузлів і процесів, потрібних майбутньому спеціалісту у професійній діяльності.

Основними завданнями лабораторних робіт як форм навчальної роботи у вищих закладах освіти є такі: поєднати в єдине ціле лекційну форму занять із систематичною самостійною роботою курсантів (слухачів) із підручниками, навчальними посібниками та іншими літературними джерелами;

за для проведення на належному науковому і методичному рівні ту чи іншу лабораторну роботу, курсантам (студентам) недостатньо прослухати на цю тему лекцію, необхідно прочитати і вивчити рекомендовану літературу, підготувати себе до роботи з приладами і установками, вивчити їхню будову, принцип дії, усвідомити мету роботи;

сприяти формуванню у курсантів (слухачів) діалектико-матеріалістичного світогляду.

В процесі цих робіт курсанти (слухачі) пізнають діалектичну природу предмета, знайомляться з науковими методами пізнання, переконуються в тому, що наукові теорії відображають об'єктивну реальність, а практика виступає критерієм істини;

Лабораторні заняття активізують пізнавальну діяльність студентів, дозволяють їм проявляти ініціативу і винахідливість, міцніше засвоїти програмний матеріал. Вони дають можливість ознайомитися з найновітнішими установками і приладами, обладнанням і матеріалами, з постановкою експерименту в лабораторіях чи виробничих умовах. Лабораторні заняття залучають курсантів (слухачів) до дослідницької роботи, сприяють розвитку самостійного мислення, раціоналізаторства.

Замала частина практичної підготовки курсантів (студентів) спеціальності «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», що визначена навчальними планами бакалаврів з електромеханіки, особливості матеріальної бази та програмного забезпечення об'єктів автоматизації надають у сучасних умовах лабораторному практизму з фахових дисциплін статусу одного з головних чинників практичної підготовки спеціалістів вищих військових навчальних заходів (ВВНЗ).

Модернізація з участю курсантів існуючих лабораторних стендів з названих дисциплін, мотивована прагненням збереження високого науково-технічного рівня підготовки фахівців, з урахуванням досягнень у галузях електротехніки й програмування, при недостатньому фінансуванні ВВНЗ. Такий підхід дозволяє, у повній мірі, впоратись з впровадженням сучасної техніки і нових технологій навчання і надає можливість курсантові спеціальності більш глибоко опановувати навички монтажу, налагодження, а головне, навчитись кваліфіковано обслуговувати сучасне обладнання.

При модернізації лабораторних стендів, власними силами доцільно розглядати питання, замінити застарілих деталей, вузлів та агрегатів на сучасні-використати одно кристалльні мікроконтролери, світлодіодні та люмінісцентні прилади відображення потужні MOSFET та IGBT прилади.

Розробкою власними силами лабораторних стендів напряму підготовки «Електромеханіка» переймаються більшість вищих навчальних закладів України.

Даний стенд електроприводів зразків РАО створений для проведення курсантами лабораторних робіт, що дає їм змогу закріпити пройдений матеріал на практиці.

**Основна частина. Методична розробка** – це документ, у якому автор (автори) розробляють методи викладання якоїсь певної теми, розділу або методи виховання в конкретних умовах навчального закладу на основі принципів педагогічної науки, вивчення та узагальнення досвіду кращих викладачів. Методична розробка містить матеріали щодо планування та організації навчально-виховного процесу, технологій навчання та методики реалізації навчальних тем програми на заняттях, в гуртках, тощо [2].

**Мета методичної розробки** – підвищення педагогічної майстерності самого автора розробки. Це досягається завдяки тому, що в процесі її створення викладачу доводиться згадувати основні положення курсу педагогіки через призму практичного використання до заняття, вивчати методичну літературу, мати бажання автора методичної розробки поділитися своїм педагогічним досвідом з колегами [3].

**Методичні вказівки (рекомендації) студентам щодо виконання лабораторних робіт включають:**

- короткий теоретичний коментар за кожною темою, що дає змогу студенту зрозуміти сутність явищ, які досліджуються на лабораторному занятті;
- перелік питань вхідного контролю;
- посилання на додаткові навчально-методичні матеріали, що допомагають студенту ґрунтовно підготуватися до лабораторної роботи;
- мета та завдання кожної лабораторної роботи, методика її виконання;
- критерії оцінювання;
- порядок захисту.

Методичні вказівки (рекомендації) для викладачів, які керують виконанням лабораторних робіт, визначають методику проведення занять, організацію їх виконання та контролю отриманих знань і вмінь.

**Висновки.** Модернізація та створення методичного забезпечення до лабораторного стенду дослідження роботи електроприводу, а також розробка самого стенду дозволяє вдосконалювати навчальний процес вивчення будови та особливостей роботи електроприводу курсантами (студентами), а також порівнювати результати моделювання процесів роботи електричних приводів в різних режимах роботи з експериментально отриманими в ході виконання лабораторної роботи даними.

#### Список використаних джерел

1. Наказ МО України N 346 від 20.07.2015 «Про затвердження Положення про особливості організації освітнього процесу у вищих військових навчальних закладах Міністерства оборони України та військових навчальних підрозділах вищих навчальних закладів України».
2. Навчальний процес у вищій педагогічній школі / за ред. О.Г. Мороза. – К.: НПУ ім. М. Драгоманова, 2001. – 232 с.
3. Фіцула М.М. Педагогіка вищої школи: навч. посіб./ М.М. Фіцула. – К.: «Академвидав», 2006. – 352 с.
4. Алексюк А.М. Педагогіка вищої освіти України / А.М. Алексюк. – К.: Либідь. 1998. – 560 с.

**Науковий керівник:** Гордішевський Л.Г. Військова академія (м. Одеса), Україна.



УДК 255. 40

Собакар В.Д. курсант,  
Військова академія (м. Одеса), Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ ШЛЯХІВ ЗАХИСТУ ОПТИКО – ЕЛЕКТРОННИХ ЗАСОБІВ ВІД ІНДУКТИВНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ЛАЗЕРНОЇ ЗБРОЇ

В роботі проведено дослідження двох основних напрямків розвитку лазерної зброї. Перший напрямок - нарощування можливостей лазерних комплексів функціонального ураження (ЛКФУ) (як складової частини радіоелектронного ураження) оптико-електронних засобів (ОЕЗ), що входять до складу озброєння і військової техніки, як правило, це ОЕЗ виявлення, наведення й цілевказівки систем високоточної зброї. Другий напрямок – розробка лазерних засобів ураження (ЛЗУ), прямим призначенням яких є руйнування елементів конструкції озброєння і військової техніки (боєприпасів, безпілотних літальних апаратів і т.і.).

**Ключові слова:** лазерна зброя, оптико-електронні засоби, радіоелектронне ураження.

**Постановка проблеми.** У теперішній час лазерна зброя отримала новий розвиток. Це пов'язано зі збільшеними технічними можливостями створення комплексів лазерного впливу нової якості. Характерними ознаками істотного поліпшення якості лазерної зброї є збільшення потужності з одночасним зниженням масо-габаритних параметрів лазерів, підвищення точності і швидкодії систем інформаційного забезпечення та інших елементів. У розвитку лазерної зброї можна виділити два основних напрямки. Перший напрямок – нарощування можливостей лазерних комплексів функціонального ураження (ЛКФУ) (як складової частини радіоелектронного ураження) оптико-електронних засобів (ОЕЗ), що входять до складу озброєння і військової техніки, як правило, це ОЕЗ виявлення, наведення й цілевказівки систем високоточної зброї. Другий напрямок – розробка лазерних засобів ураження (ЛЗУ), прямим призначенням яких є руйнування елементів конструкції озброєння і військової техніки (боєприпасів, безпілотних літальних апаратів і т.і.). Однак, існує потенційна загроза застосування ЛЗУ, як ЛКФУ ОЕЗ, що входять до складу об'єкта і визначають ефективність його застосування. У свою чергу, «імпульс» створення перспективної лазерної зброї актуалізує пошук і розвиток нових способів і засобів захисту від неї.

**Мета статті** полягає в створенні методів захист ОЕЗ від засобів ураження електромагнітним випромінюванням оптичного діапазону довжин хвиль (далі від ЛКФУ) включає організаційні заходи, технічні методи (способи) і, як наслідок, їх поєднання (організаційно-технічні) визначаючи технічні рішення її здійснення та класифікувати технічні методи (способи) захисту ОЕЗ від ЛКФУ. Організаційні заходи спрямовані на підвищення захисту ОЕЗ від ЛКФУ у цілому в структурі озброєння ґрунтуються на дотриманні тимчасових, частотних, просторових і енергетичних обмежень роботи ОЕЗ, резервування пристроїв і блоків ОЕЗ, що піддаються впливу потужних лазерних випромінювань (ПЛВ), раціональному розміщенні ОЕЗ на місцевості й об'єктах, оповіщенні операторів ОЕЗ, якісній підготовці операторів ОЕЗ і т.д. Технічні методи(способи) спрямовані на підвищення ефективності індивідуального захисту ОЕЗ від ЛКФУ за допомогою технічних засобів, пристроїв і елементів

**Виклад основного матеріалу.** Із системних позицій ЛКФУ включає три основні підсистеми: підсистема пошуку, виявлення, оцінки параметрів і розпізнавання ОЕЗ (розвідки); підсистема управління, зв'язку й передачі даних (управління); підсистема формування, генерації й наведення вражаючого випромінювання (ураження). В інтересах захисту ОЕЗ від ЛКФУ можуть успішно бути застосовані досить структуровані й опрацьовані методи завадо захисту, які діляться на стійкість і розвідувальну захищеність (скритність). Реалізація в ОЕЗ методів завадо захисту дозволяє в тій чи іншій мірі вирішити завдання

захисту ОЕЗ від ЛКФУ [1, С. 67-72]. Це твердження ще більш правомірно, так як функціональне ураження електромагнітним випромінюванням радіоелектронних об'єктів (ОЕЗ) включає (залежно від умов) функціональне придушення, тобто створення оптико-електронних перешкод. Однак у динаміці конфлікту ОЕЗ-ЛКФУ використання тільки заходів завадо захисту буде мало ефективно і призведе до поразки ОЕЗ ПЛВ. Прикладом такої ситуації може служити використання ЛКФП одного генератора ПЛВ, як для ведення розвідки, так і для ураження. Проблема підвищення завадостійкості ОЕЗ присвячений ряд робіт, у яких наведено класифікацію методів (способів) завадо захищеності ОЕЗ. Представлена класифікація досить повно відображає методи(способи) завадостійкості ОЕЗ тільки при впливі завадового випромінювання [2, с. 43-46]. На сучасному етапі розвитку методів (способів) захисту ОЕЗ від ЛКФУ класифікація повинна враховувати всі фактори успішного захисту в динаміці конфлікту ОЕЗ-ЛКФУ. Обмежимося лише розглядом технічних методів захисту ОЕЗ від ЛКФУ, тому, що вони найбільш повно відображають їх специфіку. Запропонована класифікація методів (способів) базується на узагальненні відомих і розвитку нових методів (способів) захисту ОЕЗ від ЛКФП (таблиця 1).

Таблиця 1

### Класифікація технічних методів захисту ОЕЗ від ЛКФУ

| Класифікаційна ознака                                    | Клас і підклас захисту ОЕЗ від ЛКФУ   |
|--|---|
| 1. Енергія, що витрачається на захист ОЕЗ                | 1.1 Активна<br>1.2 Пасивна<br>1.3 Напівактивна  |
| 2. Форма захисту ОЕЗ                                     | 2.1 Індивідуальна<br>2.2 Взаємна (групова)<br>2.3 Взаємо-індивідуальна  |
| 3. Ресурс захисту ОЕЗ                                    | 3.1 Однократного застосування<br>3.2 Багаторазового застосування  |
| 4. Об'єкт впливу в інтересах захисту ОЕЗ                 | 4.1 Механізм пошуку, виявлення, оцінки параметрів і розпізнавання ЛКФУ (розвідки)<br>4.2 Підсистема формування, генерації й наведення вражаючого випромінювання ЛКФУ (ураження)<br>4.3 Підсистема управління, зв'язку й передачі даних (управління)   |
| 5. Просторове положення елемента захисту ОЕЗ             | 5.1 Доапертурна<br>5.2 Внутріньоапертурна (додетекторна)<br>5.3 Детекторна<br>5.4 Післядетекторна   |
| 6. Тривалість захисту ОЕЗ                                | 6.1 Короткочасна (на час дії ЛКФУ)<br>6.2 Тривала   |
| 7. Взаємне положення ОЕЗ-ЛКФУ                            | 7.1 Захист «повітря-поверхня»<br>7.2 Захист «повітря-повітря»<br>7.3 Захист «земля-повітря»<br>7.4 Захист «поверхня-поверхня»<br>7.5 Захист «космос-земля»<br>7.6 Захист «поверхня-космос»<br>7.7 Захист «космос-космос»  |
| 8. Функціонування ОЕЗ                                    | 8.1 Зберігає функціональні можливості ОЕЗ за призначенням<br>8.2 Частково зберігає функціональні можливості ОЕЗ за призначенням<br>8.3 Не зберігає функціональні можливості ОЕЗ за призначенням   |
| 9. Розташування щодо ОЕЗ                                 | 9.1 Суміщена з ОЕЗ (інтегрована)<br>9.2 Просторово-рознесена з ОЕЗ  |
| 10. Інформаційне фізичне поле для здійснення захисту ОЕЗ | 10.1 Побічні електромагнітні випромінювання ЛКФУ<br>10.2 Основне оптичне випромінювання вражаючого каналу ЛКФУ<br>10.3 Основне оптичне випромінювання локаційного каналу ЛКФУ<br>10.4 Розсіяні на аерозолях оптичні випромінювання вражаючих й локаційного каналів ЛКФУ<br>10.5 Відбите від елементів ЛКФУ оптичне випромінювання |

| Класифікаційна ознака                               | Клас і підклас захисту ОЕЗ від ЛКФУ   |
|---|---|
| 11. Фізичне явище захисту ОЕЗ                       | 11.1 Поглинання оптичного випромінювання<br>11.2 Розсіювання оптичного випромінювання<br>11.3 Переломлення оптичного випромінювання<br>11.4 Частотна селекція оптичного випромінювання<br>11.5 Поляризаційна селекція оптичного випромінювання<br>11.6 Просторова селекція оптичного випромінювання<br>11.7 Тимчасова селекція оптичного випромінювання<br>11.8 Просторова селекція оптичного випромінювання<br>11.9 Структурна селекція оптичного випромінювання   |
| 12. Спосіб захисту ОЕЗ                              | 12.1 Збільшення розвідувальної захищеності (приховування) ОЕЗ від підсистеми розвідки ЛКФУ<br>12.1.1 Зміна напрямку орієнтації ОЕЗ (поля зору)<br>12.1.2 Зміна положення елемента (розфокусування)<br>12.1.3 Обмеження поля зору ОЕС<br>12.1.4 Поглинання локаційного оптичного випромінювання<br>12.1.5 Розсіювання локаційного оптичного випромінювання<br>12.1.6 Частотна селекція локаційного оптичного випромінювання<br>12.1.7 Тимчасова селекція локаційного оптичного випромінювання<br>12.1.8 Поляризаційна селекція локаційного оптичного випромінювання<br>12.1.9 Структурна селекція локаційного оптичного випромінювання<br>12.2 Вплив радіоелектронних перешкод на підсистеми ЛКФУ<br>12.3 Функціональне ураження підсистем ЛКФУ<br>12.3.1 Функціональне ураження випромінюванням оптичного діапазону довжин хвиль ЛКФУ<br>12.3.2 Функціональне ураження випромінюванням радіодіапазону довжин хвиль<br>12.4 Імітація ОЕЗ (помилкові цілі)<br>12.4.1 Імітація одного ОЕЗ<br>12.4.2 Імітація групи ОЕЗ<br>12.4.3 Імітація одного параметра ОЕЗ<br>12.4.4 Імітація сукупності параметрів ОЕЗ<br>12.4.5 Імітація без ефектів ураження ОЕЗ<br>12.4.6 Імітація з ефектами поразки ОЕЗ<br>12.5 Використання стійких до впливу ПЛІВ матеріалів<br>12.5.1 Використання стійких до впливу ПЛІВ фотоприймачів<br>12.5.2 Використання стійких до впливу ПЛІВ оптичних елементів<br>12.6 Забезпечення тимчасового ресурсу захисту ОЕЗ від ЛКФУ<br>12.6.1 Затримка локаційного оптичного випромінювання<br>12.6.2 Затримка ПЛІВ<br>12.6.3 Прийом оптичного випромінювання той що передував основну<br>12.7 Зміна характеристик фотоприймачів<br>12.7.1 Зміна розміру фотоприймачів<br>12.7.2 Зміна чутливості фотоприймачів<br>12.7.3 Діагностика ушкоджень фотоприймачів<br>12.8 Ослаблення потоку ПЛІВ підсистеми поразки ЛКФУ<br>12.8.1 Зміна напрямку орієнтації ОЕЗ (поля зору)<br>12.8.2 Зміна положення елемента ОЕЗ (розфокусування)<br>12.8.3 Обмеження поля зору ОЕЗ<br>12.8.4 Поглинання потоку ПЛІВ<br>12.8.5 Розсіювання потоку ПЛІВ<br>12.8.6 Частотне обмеження потоку ПЛІВ<br>12.8.7 Тимчасове обмеження потоку ПЛІВ<br>12.8.8 Поляризаційне обмеження потоку ПЛІВ |
| 13. Вплив на структуру ОЕЗ                          | 13.1 Захист одного елемента ОЕЗ<br>13.2 Захист декількох елементів ОЕЗ<br>13.3 Захист усіх елементів ОЕЗ  |
| 14. Ступінь взаємозв'язку з випромінюванням ЛКФУ    | 14.1 Незалежна від випромінювання<br>14.2 Взаємопов'язана з випромінюванням   |
| 15. Поріг променевої стійкості елемента захисту ОЕЗ | 15.1 Захист із перевищенням порогу променевої стійкості ОЕЗ<br>15.2 Захист без перевищення порогу променевої стійкості ОЕЗ  |
| 16. Тип засобу, формуючого ПЛІВ                     | 16.1 Захист від ЛКФП<br>16.2 Захист ЛЗУ   |

Пояснимо цю класифікацію методів (способів) захисту ОЕЗ від ЛКФУ по всім ознакам й розкриємо деякі суперечливі класи [3, с. 31-35].

1. Ознака «Енергія, що витрачається на захист ОЕС» визначає наявність або відсутність джерела електромагнітного випромінювання, включеного в процес захисту ОЕЗ від ЛКФУ (лазерний локаційних модуль, джерело завадового випромінювання, джерело вражаючого лазерного випромінювання (контрлазер)). Відповідно, напівактивна захист 1.3 має на увазі просторове рознесення ОЕЗ і джерела електромагнітного випромінювання.

2. Ознака «Вид захисту ОЕЗ» визначає можливості захисту одного й більше ОЕЗ від ЛКФУ. Взаємно-індивідуальний захист 2.3 має на увазі можливості за певних умов індивідуальної системи захисту ОЕЗ функціонувати як взаємна.

3. Ознака «Ресурс захисту ОЕЗ» визначає стійкість елемента захисту ОЕЗ до однієї «атаки» ЛКФУ.

4. Ознака «Об'єкт впливу в інтересах захисту ОЕЗ» визначає підсистему ЛКФУ, вплив на яку дозволить здійснити захист ОЕЗ. При цьому вплив не обмежується вибором однієї підсистеми, а якщо розглядати ЛКФУ у складі ОВТ класи 4.1–4.3 істотно розширюються.

5. Ознака «Просторове положення елемента захисту ОЕЗ» визначає місце розташування елемента захисту на дистанції «елементи ОЕЗ-ЛКФУ», як технічного пристрою, що вносить певний внесок у процес захисту ОЕЗ. Класи 5.1–5.4 стосуються безпосередньо ОЕЗ.

6. Ознака «Тривалість захисту ОЕЗ» визначає тривалість процесу захисту ОЕЗ по відношенню до тривалості впливу ЛКФУ. Якщо тривалість процесу захисту перевищує час впливу ЛКФУ на ОЕЗ, їй присвоюється клас 6.2.

7. Ознака «Взаємне положення ОЕЗ-ЛКФУ» визначає взаємне розташування ОЕЗ-ЛКФУ у просторі. Незважаючи на простоту ознаки, вона відіграє важливу роль при побудові системи захисту. Це пов'язано, наприклад, з впливом атмосфери на параметри поширення оптичного випромінювання.

8. Ознака «Функціонування ОЕЗ за призначенням» визначає вплив системи захисту на функціональні можливості ОЕЗ при впливі на нього ЛКФУ. В ідеальному випадку необхідно прагнути до класу 8.1, проте це суттєво ускладнює систему захисту і практично робить її недосяжною.

9. Ознака «Розташування щодо ОЕЗ» визначає місце розташування системи захисту щодо ОЕЗ. Ознака 9 перетинається з 5-ю. Однак 9 ознака розглядає місце розташування не елемента, який здійснює безпосередньо захист ОЕЗ, а місце розташування системи захисту ОЕЗ, що включає всі компоненти властиві цьому поняттю.

10. Ознака «Фізичне поле для здійснення захисту ОЕЗ» визначає тип фізичного поля, параметри якого характеризують наявність і етапи функціонування ЛКФУ. Виявлення, оцінка параметрів перерахованих фізичних полів у тому чи іншому вигляді, дозволяє почати процес захисту ОЕЗ від ЛКФУ. Пункт 10.1 обумовлено супроводом функціонування ЛКФУ побічними випромінюваннями радіо й оптичного діапазонів довжин хвиль [4, с. 34-37].

11. Ознака «Фізичне явище захисту ОЕЗ» визначає тип фізичного явища, яке лежить в основі процесу захисту ОЕЗ від ЛКФУ. При цьому не виключається їх поєднання в динаміці захисту.

12. Ознака «Спосіб захисту ОЕЗ» визначає спосіб (дія) захисту ОЕЗ від ЛКФУ. У цій ознаці найбільш наочно простежується перетин способів завадозахисту і способів захисту ОЕЗ від вражаючої дії ПЛВ. При цьому вони можуть ґрунтуватися на одних і тих же ефектах 12.1 і 12.8. Представлене «різноманіття» способів захисту ОЕЗ від ЛКФУ можна істотно розширити, якщо розглядати ОЕЗ і ЛКФУ у складі ОВТ. Пункт 12.2 не представлений у повній мірі, так як вплив радіоелектронних перешкод має досить об'ємну класифікацію. Пункт 12.6 спрямований на забезпечення тимчасового «запасу» для здійснення захисту ОЕЗ, де 12.6.3 розглядає внеполосне і спонтанне перед генераційне випромінювання, що передують основному імпульсу лазера.

13. Ознака «Вплив на структуру ОЕЗ» визначає кількість елементів, що захищають структури ОЕЗ. Введення цієї ознаки обумовлено можливостями ЛКФУ впливати на ОЕЗ, як на складний пристрій, складові елементи якого мають різний поріг променевої стійкості, і захист тільки одного елемента не виключає поразку іншого.

14. Ознака «Ступінь взаємозв'язку з випромінюванням ЛКФУ» визначає взаємозв'язок із параметрами випромінювань ЛКФУ. Наприклад, тимчасове обмеження перекриттям на вході ОЕЗ частини потоку оптичного випромінювання захисним екраном у певні моменти часу або імітація ОЕЗ може не мати на увазі безпосередній прийом і обробку сигналів ЛКФУ.

15. Ознака «Поріг променевої стійкості елемента захисту ОЕЗ» визначає функціонування елемента захисту ОЕЗ щодо його порогового значення променевої стійкості.

16. Ознака «Тип засобу, формуючого ПЛВ» визначає ступінь «універсальності» захисту ОЕЗ як від ЛКФУ, так і від ЛЗУ. Ця ознака обмежує систему захисту ОЕЗ по рівню досяжного результату. Можна вважати, що «поріг» захисту ОЕЗ від ЛСП визначається порогом поразки ПЛВ його носія, наприклад, БЛА. У цьому випадку, максимально нарощувати можливості захисту ОЕЗ від ПЛВ недоцільно. Представлена класифікація включає більше 70 технічних методів (способів) захисту й дозволяє описати будь-яку систему захисту ОЕЗ від ЛКФУ [5, с. 121-125].

**Висновок.** Таким чином, обґрунтована й розроблена класифікація технічних методів (способів) захисту оптико-електронних засобів від лазерних засобів ураження. Представлена класифікація дозволяє охарактеризувати технічні властивості захисту оптико-електронних засобів від лазерних засобів ураження із системних позицій, що включають взаємодію з підсистемами: пошуку, виявлення, оцінки параметрів і розпізнавання; управління зв'язку й передачі даних; формування, генерації й наведення вражаючого випромінювання. Класифікація відображає основні аспекти захисту оптико-електронних засобів, як складного пристрою, що складається з функціонально взаємопов'язаних елементів. Класифікація представлена у вигляді переліку класифікаційних ознак і відповідних їм класів і підкласів, що характеризують просторові, тимчасові, сигнальні та інші фізичні умови взаємодії лазерних засобів ураження з оптико-електронними засобами

#### Список використаних джерел

1. Яшин С.О. *Особливості розвитку авіаційних засобів оптико-електронної протидії для гвинтокрилих літальних апаратів ЗС США* *Закордонний військовий огляд* № 10. 2016. С. 67–72.
2. Фомкин Н.А. *Приоритетні напрямки розвитку лазерної зброї за кордоном* *Закордонний військовий огляд* № 12. 2011. С. 43–46.
3. Баталін Е.В. *Створення у США зброї на нових фізичних принципах*. *Закордонний військовий огляд* № 6. 2015. С. 31–35.
4. Фомкин Н.А. *Розробка у США комплексів лазерної зброї*. *Закордонний військовий огляд*. № 4. 2017. С. 34–37.
5. Михайлов Р.Л. *Радиоелектронна боротьба у Збройних силах США: військово-теоретична праця*. СПб.: *Наукойомкі технології*, 2018. 131 с.

**Науковий керівник:** Чкалов А.П.

**Рецензент:** Маміч В.В., к.т.н., доц., Військова академія (м. Одеса), Україна.

УДК 623.746:681.88

Соснов О.О., магістрант  
Військова академія (м. Одеса), Україна

## ВИЯВЛЕННЯ БЕСПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ ЗАСОБІВ(БПЛА) ЗАСОБАМИ ЕЛЕКТРОАКУСТИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ

*В даній статті буде розглянуто актуальне на даний час питання щодо розробки систем виявлення безпілотних літальних апаратів (БПЛА) засобами електроакустичних перетворювачів.*

**Ключові слова:** БПЛА, електроакустичні перетворювачі,

**Постановка проблеми.** На даний час у Збройних Силах України стан організації охорони військових частин насамперед вимагає удосконалення та збільшення механізму протидії загрозам, що приводять як до часткових втрат військово-технічного майна(далі ВТМ), так і до повного знищення.

**Актуальність статі.** Судячі з подій останніх років в нашій країні а саме вибухи на польових складах поблизу м. Сватове Луганської області та с. Малоянісоль, Донецької області, вказують на наявність такого роду проблеми.

Подібні загрози схожого характеру небезпечні для військових об'єктів, так і для важливих об'єктів держав з загрозою економічного значення.

**Мета статті** полягає у створенні систем виявлення БПЛА засобами електроакустичних вимірювань, що дозволить зменшити ризик виникнення надзвичайних ситуацій у військових частинах, зменшить ризик витоку інформації про війська за дозволеними межі, перетинанню забороненого кордону, часткових втрат або повного знищення ВТМ

**Виклад основного матеріалу:** Беспілотний літальний апарат(далі БПЛА) – повітряне судно, керування польотом якого і контроль за яким здійснюється дистанційно за допомогою пункту дистанційного пілотування, розташованого поза повітряним судном, або повітряне судно, що здійснює політ автономно за відповідною програмою. [1]

БПЛА нині є ознакою сучасного війська і за їх кількістю можна визначити технологічний рівень Збройних сил будь-якої країни, адже вони забезпечують ключовий елемент для Збройних сил – це дані, на основі яких можна отримати інформацію про противника. Ця інформація дозволяє вірно ухвалювати рішення на полі бою командирам.

БПЛА все ширше застосовують під час бойових дій на рівні взводу та відділення для термінового отримання інформації типу «що за тим пагорбом», тобто для вирішення завдань військової розвідки. Також використання БПЛА для коригування вогневих ударів по наземним цілям та як ударні.

З оперативно-технічної, економічної та тактичної точки зору противника, використання БПЛА викликає найбільшу цікавість.

Як в ЗС України так і в арміях країн НАТО прийнято схожу класифікацію.

БПЛА класифікують за принципом керування:

- Некеровані
- Автоматичні
- Дистанційно-пілотовані(ДПЛА)

За типом двигуна:

- Електричні
- Внутрішнього згорання
- Реактивні

За кількістю двигунів:

- 2 – на бикоптере
- 4 – на квадрокоптере
- 6 – на гексакоптере
- 8 – на октакоптере

За типом рушія:

- Гвинт
- Реактивна тяга

За значенням повної злітної маси:

- I – до 150 кг
- II – до 600 кг
- III – понад 600 кг

За радіусом дії:

- Близького радіусу
- Малого радіусу
- Середньогорадіусу
- Дальнього радіусу
- Великої дальності польоту

По призначенню:

- Розвідувальні
- Ударні
- Розвідувально-ударні

На озброєні Збройних Сил України знаходяться наступні БПЛА[2]:

1. Ту-141 «Стриж»
2. Фурія
3. Кажан-1
4. PD-1

Протидія БПЛА військових частина виглядає як комплекс заходів що постійно виконуються.

Чітко простежується необхідність розмежувати завдання по протидії на завдання виявлення використання противником БПЛА та знищення.

Знищення можна вважати завданням максимум.

Завдання мінімум полягає у вжитті заходів в результаті яких противник або відмовиться від продовження використання БПЛА, або втрати будуть зведені до мінімуму.

Виконання любого з двох завдань неможливе без виявлення факту використання БПЛА.

На сьогоднішній день виявлення БПЛА здійснюється за допомогою засобів РЕБ.

В багатьох випадках завдання засобами РЕБ може бути невиконане або засоби РЕБ не бажано використовувати так як:

1. БПЛА збудовані з використанням композитних матеріалів, пластиків, електричних двигунів, з величезною відбиваючою поверхні яку вкрай важко виявити засобами радіоелектронної боротьби.

2. Засоби РЕБ при роботі в активному режимі демаскуватимуть район зосередження військових частин

3. БПЛА може використовувати раніше запрограмований режим польоту, що унеможливило його виявлення в пасивному режимі роботи РЕБ.

4. Використання електричних двигунів в якості двигунової установки БПЛА не дозволяє виявити за тепловим показником, і значно зменшує акустичний сигнал.

За час проведення АТО, ООС БПЛА неодноразово виявлялись на позиціях ЗСУ органами сприйняття військовослужбовців. 240 разів беспілотники країни агресора перетинали кордон України, 35 разів це сталося 2014-го року.

При використанні електродвигуна в якості силової установки акустичними шумами двигуна можна знехтувати у зв'язку з їх низькою величиною, і наявністю джерела шумів з значно вищим рівнем-гвинтом.

Акустичний шум гвинта БПЛА можна характеризувати за його інтенсивністю та спектральними частотними складовими.

Механічне обертання гвинта спричиняє виникнення звукових хвиль частота яких прямо пропорційно залежить від частоти обертання гвинта, або вала електродвигуна.

Найбільшого поширення при побудові БПЛА набули безколекторні електродвигуни.

Надзвичайно високий ККД (85-95%), висока питома потужність, низька питома вага, відсутність розряду у зв'язку з відсутністю щіток та колектора, дають змогу будувати БПЛА до середнього класу включно.

Частота обертання безколекторних електродвигунів складає близько 10000 обертів на хвилину, що відповідає звуковим хвилям близько 170 герц.

Звукові хвилі частотою 170 Гц мають здатність розповсюджуватись на значні відстані, але затухають за законом:

$$\alpha = \frac{1}{L} * 20 \lg * \frac{p(0)}{p(L)} \text{ дБ/м}$$

де: L-відстань від джерела звуку до спостерігача;

$p(0)$ -амплітуда звукового тиску біля джерела звуку;

$p(L)$ -амплітуда звукового тиску біля спостерігача.

Рівень звукових коливань БПЛА знаходиться на рівні 60-70 дБ.

Мінімальний рівень людського слуху на перевищує 10 дБ.

Акустична локація досить широко використовувалася для організації протидії в період другої світової війни.

Британськими ВПС для попередження про атаки з повітря були побудовані особливі гігантські акустичні дзеркала. Ці величезні будови параболічної форми концентрували і посилювали звукові хвилі що надходили від літаків противника. Подібні акустичні системи були побудовані в декількох місцях на узбережжі Британії. Дзеркала, в основному, були виконані, в вигляді бетонних чаш, діаметром в 6 і 9 метрів, повернутих увігнутою стороною в бік моря. Були дзеркала і у вигляді величезних напівкруглих стін довжиною до 60 метрів і висотою в кілька людських зростів. Ця будова дозволяла більш точно чути літак, що знаходиться майже в 19 км (при сприятливій погоді), причому неозброєним вухом. А якщо оператор ще й використовував мікрофони, то дальність дії доходила до 48 кілометрів. Використання дзеркал стало малоефективним, коли з'явилося покоління винишувачів та бомбардувальників з більш високою швидкістю. А з винаходом та початком використання радіолокатора втратило сенс. Однак, після закінчення війни всі об'єкти знаходились в бойовому стані, і перебували в резерві.

СРСР також невідставав у цьому плані. Звукоуловлюючі установки «ЗТ-2», «ЗТ-3» і «ЗТ-4» монтувалися на двовісних візках або на низькорамних 4-колісних причепах. Їх перевозили або буксирували звичайні вантажівки від «АМО-Ф-15» до «ЗІС-5». В середині 30-х років стали з'являтися більшпотужні і точні звукоуловлюючі «ЗТ-5» на низькому колісному візку з чотирма рухомими рупорами з металевими розтрубами і акустичною апаратурою (приладами багаторазового посилення, запису і аналізу надходження шумів), які встановлювалися в кузовах автомобілів» ЗІС-6 «або

«ЗІС-12 « з місцями для бойового розрахунку. До складу екіпажу звукоуловлювачів входили слухачі, за кожним з яких був закріплений один рупор. Слухачі-коректори об'єднували і аналізували надходжені з кожного рупора сигнали. Зазвичай звукоуловлювачі працювали синхронно з прожекторними станціями. Якщо дальність виявлення літаків першими установками становила 7-8 км, то «ЗТ-5» уловлювала звук на відстані до 15 км

**Висновок.** Розглянувши раніше викладене доцільно ставити питання щодо розробки систем протидії БПЛА з виявленням за акустичним сигналом.

При розробці систем виявлення використання БПЛА, доцільно розглянути питання використання акустичних рупорів різних форм в якості першої ланки, підсилювачів сигналів з малим коефіцієнтом власного шуму, смугових частотних фільтрів,- в якості проміжних ланок.



**Список використаних джерел**

1. [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B5%D0%B7%D0%BF%D1%96%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%B9\\_%D0%BB%D1%96%D1%82%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B8%D0%B9\\_%D0%B0%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D1%82](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B5%D0%B7%D0%BF%D1%96%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%BB%D1%96%D1%82%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%B0%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D1%82)
2. Наказ Міністерства оборони України «Про затвердження Правил технічної експлуатації безпілотних авіаційних комплексів I класу державної авіації України» від 10.08.2018 №401
3. Сальник Ю.П. Аналіз технічних характеристик і можливостей безпілотних авіаційних комплексів оперативно-тактичного радіусу дії розвинених країн / Ю.П. Сальник, І.В. Матала // Військово-технічний зб. – 2013. – №7 – С. 70-74.
4. Догерти М.Дж. Дрони, Первый иллюстрированный гид по беспилотникам / М.Дж. Догерти.- М.: Эксмо, 2016. – 224 с.

**Науковий керівник:** Гордішевський Л.Г. Військова академія (м. Одеса), Україна.

УДК 623.419

Тарасенко О.В. – магістрант,  
Військова академія (м. Одеса), Україна

## ПРОБЛЕМИ СИНТЕЗУ ОПТИМАЛЬНИХ ЗАКОНІВ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДАМИ ЗРАЗКІВ РАКЕТНО-АРТИЛЕРІЙСЬКОГО ОЗБРОЄННЯ

*В роботі проведено дослідження інваріантних систем керування електроприводами артилерійських установок засобами комп'ютерного моделювання. Розглянуті можливості реалізації систем керування інваріантних щодо збурення для підвищення точності влучення в ціль при пересуванні установки по пересіченій місцевості. Запропонована методика визначення коригуючої ланки для систем керування електроприводами, що слідкують за ціллю.*

**Ключові слова:** *інваріантні системи, артилерійська установка, електропривод.*

**Постановка проблеми.** Агресивна політика Росії проти України (анексія Криму, організація і участь в бойових діях на Донбасі) вимагає оперативного та ефективного вирішення проблем підвищення боєздатності Збройних сил України (ЗСУ). Зокрема це стосується зенітно-ракетних комплексів (ЗРК) та самохідних артилерійських установок (САУ). Той факт, що наявні зразки озброєння в основному російського виробництва з припиненням будь-яких поставок запчастин до них, мусить, як пріоритетну, вирішувати задачу їх модернізації з покращенням тактико-технічних характеристик.

На сьогодні день ЗСУ мають на озброєнні достатню кількість ЗРК [1], які спроможні захистити країну від засобів повітряного нападу противника у широкому діапазоні їх відстаней та висот. Такі зразки ЗРК досить добре себе зарекомендувала у сучасних військових конфліктах в різних країнах світу. Системи наведення є важливішою складовою ЗРК, які суттєво впливають на їх бойову ефективність. Найбільш важливим і складним питанням є удосконалення складних електромеханічних систем у напрямку зменшення похибок стеження та підвищення швидкодії. Враховуючи досвід застосування зразків ЗРК з різними системами наведення, зокрема при проведенні АТО, методи та алгоритми стеження повинні враховувати складну динаміку руху цілі у просторі.

Для ураження наземних цілей українська армія широко застосовує артилерійські системи 152-мм калібру 2С3М [2, 3]. З одного боку, для САУ не потрібні точність та швидкодія наведення на ціль, які вимагаються для ЗРК, враховуючи відстані до наземних цілей та їх маневреність. Однак, в більшості випадків стрільба ведеться при неперервному пересуванні бойової техніки по пересіченій місцевості, що постійно вносить суттєві похибки при наведенні. Проблема точного наведення на ціль на ходу САУ ще досі залишається невирішеним.

**Мета статті** полягає у вирішенні науково-практичної задачі удосконалення систем керування електроприводами зразків ракетно-артилерійського озброєння шляхом інтегрування в існуючі системи додаткових ланок, що дозволить підвищити точність наведення та швидкоддю даних електроприводів.

Мета досягається теоретичним та комп'ютерним дослідженнями систем керування електроприводами зразків ракетно-артилерійського озброєння, розробкою методики визначення основних параметрів додаткових ланок керування, що дозволить інтегрувати такі ланки в існуючі системи.

**Виклад основного матеріалу.** Одним зі способів, що дозволяють одержати високу точність у системах автоматичного керування, є використання методів теорії інваріантності. Термін «інваріантність» у цьому випадку означає незалежність якої-небудь координати системи від тих, або інших вхідних впливів. Розрізняють два види інваріантності: інваріантність вихідної величини й похибки системи стосовно впливу, що обурює, і інваріантність похибки керування стосовно вхідного впливу, що задає зміну вихідної величини [4].

Для одержання інваріантності стосовно впливу, що збурює, необхідно мати два канали між точкою додатка впливу, що збурює, і вихідною величиною. Таку систему можна одержати, якщо застосувати поряд з керуванням за похибкою, керування по впливу, що збурює. Подібні системи називаються системами комбінованого керування.

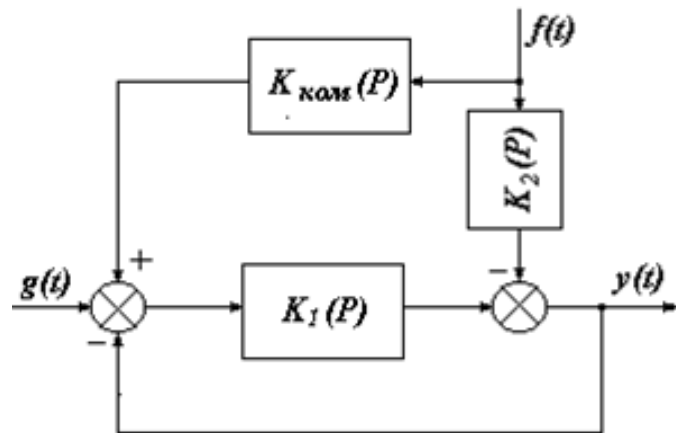


Рис. 1 – Система комбінованого керування

Розглянемо систему, структурна схема якої показана на рис. 1. Передатна функція замкнутої системи, що зв'язує вихідну величину  $y(t)$  з збурюванням  $f(t)$ , дорівнює

$$K_{fy}(P) = \frac{K_{\text{ком}}(P)K_1(P) - K_2(P)}{1 + K_1(P)} \tag{1}$$

Інваріантність системи означає рівність нулю передатної функції (1). Це можливо, якщо  $K_{\text{ком}}(P)K_1(P) - K_2(P) = 0$ .

З останнього виразу визначимо передатну функцію ланки, що компенсує збурювання:

$$K_{\text{ком}}(P) = \frac{K_2(P)}{K_1(P)} \tag{2}$$

Виконання цієї умови можливо в тому випадку, якщо передатна функція (2) фізично може бути реалізована. На практиці часто виявляється, що в передатній функції (2) ступінь полінома чисельника більше ступеня полінома знаменника. Ніяка реальна ланка не може мати подібну передатну функцію (для цього потрібні ідеальні ланки, що диференціюють). Це означає, що в таких системах одержати абсолютну інваріантність не можливо. Однак, можна одержати часткову інваріантність, або, як говорять, інваріантність із точністю до  $\epsilon$ .

Розглянемо у якості прикладу електропривод вертикального наведення САУ з передатною функцією виду [4]:

$$K_1(P) = \frac{K_1}{T^2 \cdot p^2 + 2 \cdot z \cdot T \cdot p + 1} \tag{3}$$

При пересуванні САУ впливом, що збурює, на точність позиціонування буде зміна висот рельєфу місцевості (рис. 2). При цьому на систему наведення безпосередньо буде впливати прискорення, з яким ствол гаубиці буде відхилятися від заданого положення.

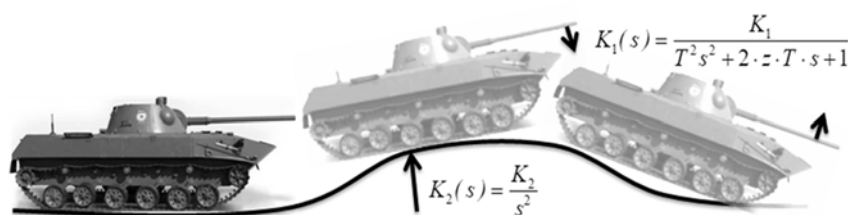


Рис. 2 – Вплив рельєфу на точність наведення САУ

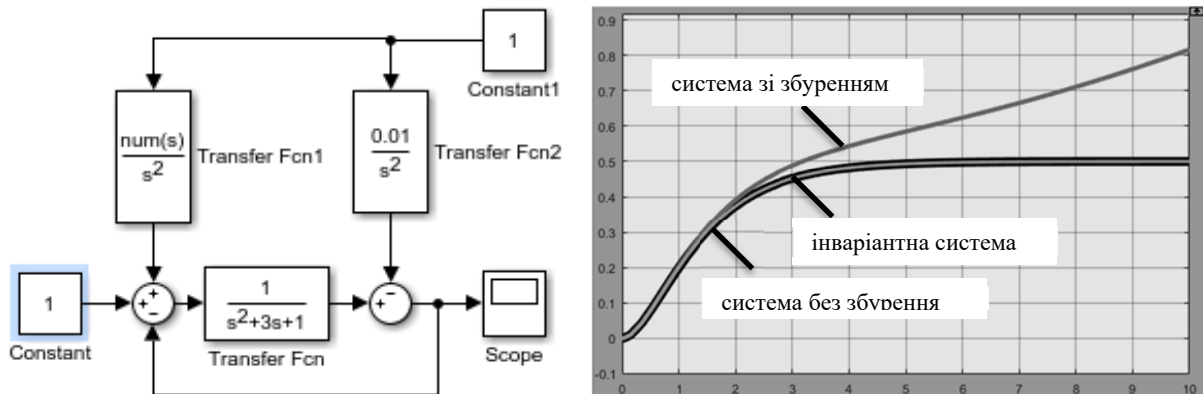
Таким чином, передатна функція по каналу збурення буде дорівнювати

$$K_2(P) = \frac{K_2}{p^2}, \tag{4}$$

а коригуюча ланка

$$K_{КОМ}(P) = \frac{(T^2 \cdot p^2 + 2 \cdot z \cdot T \cdot p + 1) \cdot K_2}{K_1 \cdot p^2}. \tag{5}$$

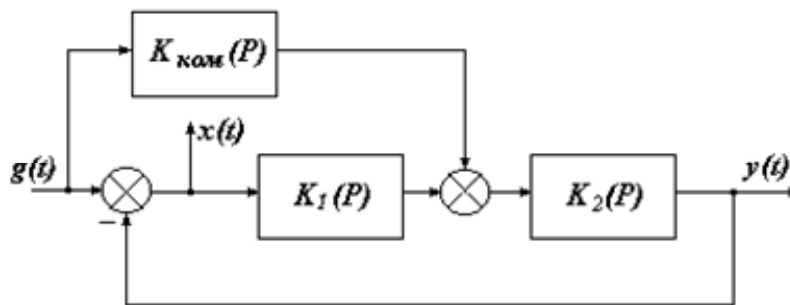
Такий вираз може бути достатньо просто реалізований, наприклад, у цифровій формі з подальшим занесенням у мікроконтролер керування електроприводом вертикального наведення. Моделювання електроприводу вертикального наведення САУ з використанням коригуючої ланки з передатною функцією (5) проведено в системі Matlab. Структура моделі та результати моделювання наведені на рис. 3.



**Рис. 3 – Моделювання системи керування електроприводу вертикального наведення САУ з урахуванням руху по пересіченій місцевості.**

Як бачимо, інваріантна система з коригуючою ланкою практично повністю повторює рух системи без збурення, тобто на ходу по рівній поверхні, в той час, коли традиційна система керування має високу похибку наведення.

Для одержання інваріантності похибки стосовно вхідного впливу потрібно мати два канали між точкою прикладення впливу, що задає, і точкою в системі, де діє сигнал похибки керування. Структурна схема подібної системи показана на рис. 4.



**Рис. 4 – Двоканальна система керування**

Передатна функція між сигналом  $g(t)$ , що задає, і помилкою керування  $x(t)$  дорівнює

$$K_{GX}(P) = \frac{1 - K_{КОМ}(P)K_2(P)}{1 + K_1(P)K_2(P)}. \tag{6}$$

З умови рівності нулю цієї передатної функції треба

$$K_{КОМ}(P) = \frac{1}{K_2(P)}. \tag{7}$$

Розглянемо у якості прикладу слідкуючий електропривод вертикального наведення ЗРК з передатною функцією виду:

$$K_2(P) = \frac{K_2}{T^2 \cdot p^2 + 2 \cdot z \cdot T \cdot p + 1}. \tag{8}$$

При наведеній на рис. 4 структурі системи керування ланка  $K_1$  уявляє собою керуючий пристрій, який найчастіше за все реалізує ПІД-закон керування [4]:

$$K_1(p) = P + I \frac{1}{p} + D \frac{p}{1/N \cdot p + 1}, \tag{9}$$

де  $N$  – коефіцієнт фільтра диференційної складової регулятора.

При русі повітряної цілі по складній траєкторії виникає проблема швидкого та точного стеження ЗРК за нею (рис. 5).

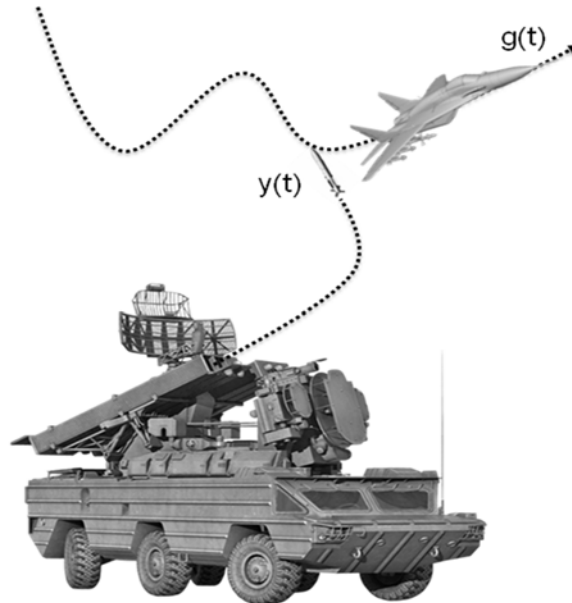


Рис. 5 – Наведення ЗРК при складному руху цілі

Згідно виразам (7) та (8) коригуюча ланка в даній системі керування визначається наступним чином

$$K_{КОМ}(p) = \frac{T^2 \cdot p^2 + 2 \cdot z \cdot T \cdot p + 1}{K_2} \tag{10}$$

Однак така передатна функція фізично не може бути реалізована із-за наявності операцій диференціювання в чисельнику. В такому випадку для цифрової реалізації перетворимо вираз (10), додавши в знаменник передатної функції оператор  $P$  в другому ступені:

$$K_{КОМ}(p) = \frac{T^2 \cdot p^2 + 2 \cdot z \cdot T \cdot p + 1}{K_2 \cdot (T_1 \cdot p + 1) \cdot (T_2 \cdot p + 1)} \tag{11}$$

Моделювання електроприводу вертикального наведення ЗРК з використанням коригуючої ланки з передатною функцією (11) проведено в системі Matlab. Структура моделі та результати моделювання наведені відповідно на рис. 6 і 7.

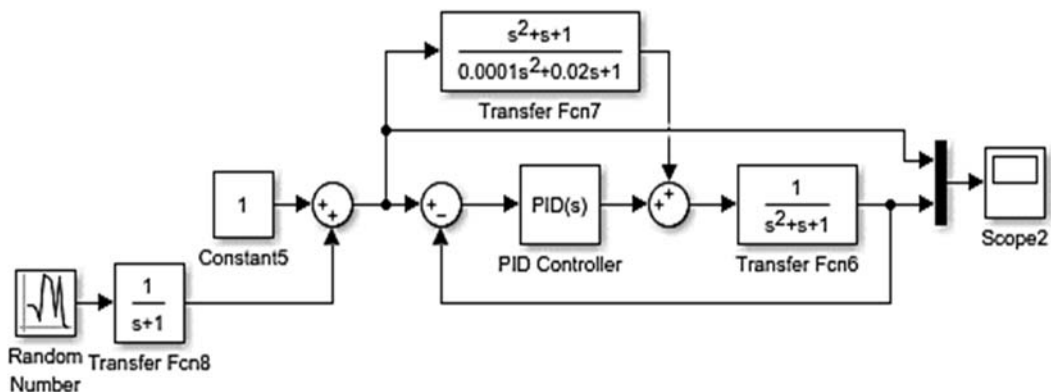


Рис. 6 – Модель системи керування електроприводу вертикального наведення ЗРК з урахуванням складного руху цілі

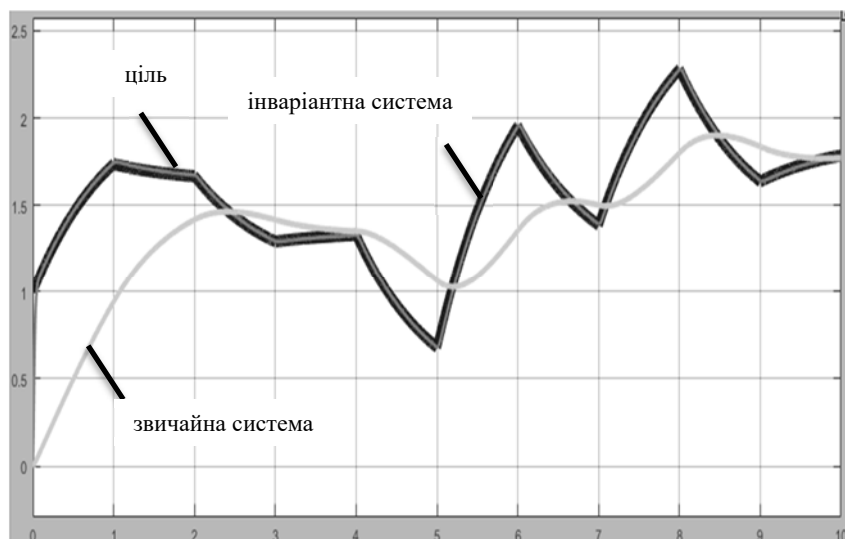


Рис. 7 – Результати моделювання системи керування електроприводу вертикального наведення ЗРК з урахуванням складного руху цілі

Як бачимо, інваріантна система з коригуючою ланкою практично повністю повторює рух цілі, в той час, коли традиційна система керування має високу похибку наведення.

**Висновок.** Отже, з метою підвищення точності наведення та швидкодії електроприводів зразків ракетно-артилерійського озброєння пропонується наступне.

а) Включити в систему керування електроприводом вертикального наведення САУ додатковий зворотний зв'язок за прискоренням відхилення стволу гаубиці за допомогою акселерометру або гіроскопу та цифрової реалізації коригуючої ланки за виразом (5).

б) Інтегрувати в систему керування електроприводом вертикального наведення ЗРК додатковий канал керування за позиціонування повітряної цілі з цифровою реалізацією коригуючої ланки на мікроконтролері за виразом (11).

Вказані заходи дозволять підвищити точність наведення, яка буде обмежуватися лише точністю додаткових датчиків і систем визначення цілі та швидкістю мікропроцесорних пристроїв.

#### Список використаних джерел

1. Зенітний ракетний комплекс „Бук-М1»: Навчальний посібник. М.Ф. Пічугін, О.С. Савченко, О.Д. Флоров, Д.М. Рижов /За загальною редакцією М.Ф. Пічугіна. – Харків: ХУ ПС, 2005. – 220 с.
2. Будова та експлуатація 152-мм самохідної гаубиці 2С3М: Навчальний посібник / О. М. Дробан, Б. С. Федор, П. М. Євдокімов та інші. – Львів: АСВ, 2012.
3. Чучмай, В. І. 152-мм самохідна гаубиця 2С3М. Будова і основи експлуатації артилерійської частини. Навчальний посібник / В. І. Чучмай, М. В. Рой. – Суми: ВІА, 2003.
4. Сорока К.О. Теорія автоматичного керування. Навчальний посібник. – Харків: ХНАМГ, 2006 – 187 с.

**Науковий керівник:** Букарос А.Ю. Військова академія (м. Одеса), Україна.

УДК 623.419

**Тройнер В.І.**, магістрант

Військова академія (м. Одеса), Україна

## ПОКРАЩЕННЯ ТАКТИКО-ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК САМОХІДНИХ АРТИЛЕРІЙСЬКИХ УСТАНОВОК СУЧАСНИМИ ЗАСОБАМИ УДОСКОНАЛЕННЯ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ

*В роботі проведено дослідження процесів в системах електроживлення самохідних артилерійських установок на основі методів імітаційного моделювання та аналітичних розрахунків. Обґрунтований перехід на підвищену напругу живлення із застосуванням сучасних DC/DC-перетворювачів. Це дозволяє зменшити перетин провідників, спростити монтаж системи електроживлення, покращити її експлуатаційні властивості, а також поліпшити робочі характеристики.*

**Ключові слова:** електроживлення, самохідна артилерійська установка, DC/DC-перетворювачі.

**Поставлення проблеми.** Аналіз бойових дій, що ведуться на сході України у зоні проведення Антитерористичної операції (АТО) свідчить про те, що артилерії надається провідна роль у вогневому ураженні противника. З обох сторін застосовуються артилерійські системи 152-мм калібру – 2С3М «Акація» [1-3], що свідчить про вогневий паритет. З іншого боку аналіз бойового використання артилерії в зоні АТО свідчить про низку недоліків її застосування, а саме, погіршення з часом технічного стану артилерійського озброєння, невідповідність його тактико-технічних та експлуатаційних характеристик вимогам ефективної протидії сучасним засобам збройної боротьби. Все це призводить до необхідності пошуку нових шляхів удосконалення артилерійського озброєння загалом та, зокрема, зразків самохідних артилерійських установок (САУ). Одним з напрямків розв'язання цієї проблеми є удосконалення електрообладнання системи електроживлення САУ, суть якого розглядається в даній роботі.

**Мета статті** полягає у вирішенні науково-практичної задачі удосконалення електромеханічних систем САУ шляхом підвищення напруги живлення з використанням DC/DC-перетворювачів, що дозволить підвищити надійність та швидкодію електроприводів наведення та пускової установки.

Мета досягається теоретичним та імітаційним дослідженнями DC/DC-перетворювачів, що підвищують, розробкою методики визначення їх основних електричних параметрів, що дозволить інтегрувати такі перетворювачі в систему електроживлення САУ, обґрунтувати перехід електроприводів наведення та пускової установки на більш швидкодійні та керовані вентильні або асинхронні електродвигуни.

**Виклад основного матеріалу.** Основне електрообладнання САУ 2С3М – комплекс електротехнічних пристроїв, які призначені для керування виконавчими механізмами гаубиці, електричного блокування механізмів і сигналізації. Вузли електрообладнання, що встановлені на гаубиці живляться постійним струмом 24 В (+4,5 В, -2 В) при роботі з генератором потужністю 6,5 кВт та з паралельно підключеними акумуляторними батареями [1, 2].

Електрообладнання САУ 2С3М умовно можна розділити на три кола:

- а) коло керування виконавчими механізмами і блокуванням;
- б) коло живлення виконавчих механізмів;
- в) коло стрільби.

САУ має системи 2Е24 – комплекс двох аналогічних електромашинних приводів. Ці приводи призначені для наведення у вертикальній та горизонтальній площинах стволу гаубиці при стрільбі з місця. Відповідно до цього розрізняють привод вертикального наведення і привод горизонтального наведення.

Структурна схема електроприводу вертикального і горизонтального наведення (рис. 1) у загальному випадку містить чотири основні елементи: а) механічну частину приводу, що включає редуктор, призначений для передачі механічної енергії від електрорушійних пристроїв електропривода до поворотної частини башти гаубиці; б) електродвигунний пристрій, призначений для перетворення електричної енергії у механічну за допомогою гонного двигуна, електромашинного підсилювача (ЕМП) та виконавчого двигуна; в) пристрій живлення, що складається з генератора, акумуляторів та системи захисту акумуляторів (СЗАКБ); г) систему керування електроприводами наведення, що живиться від бортової мережі.

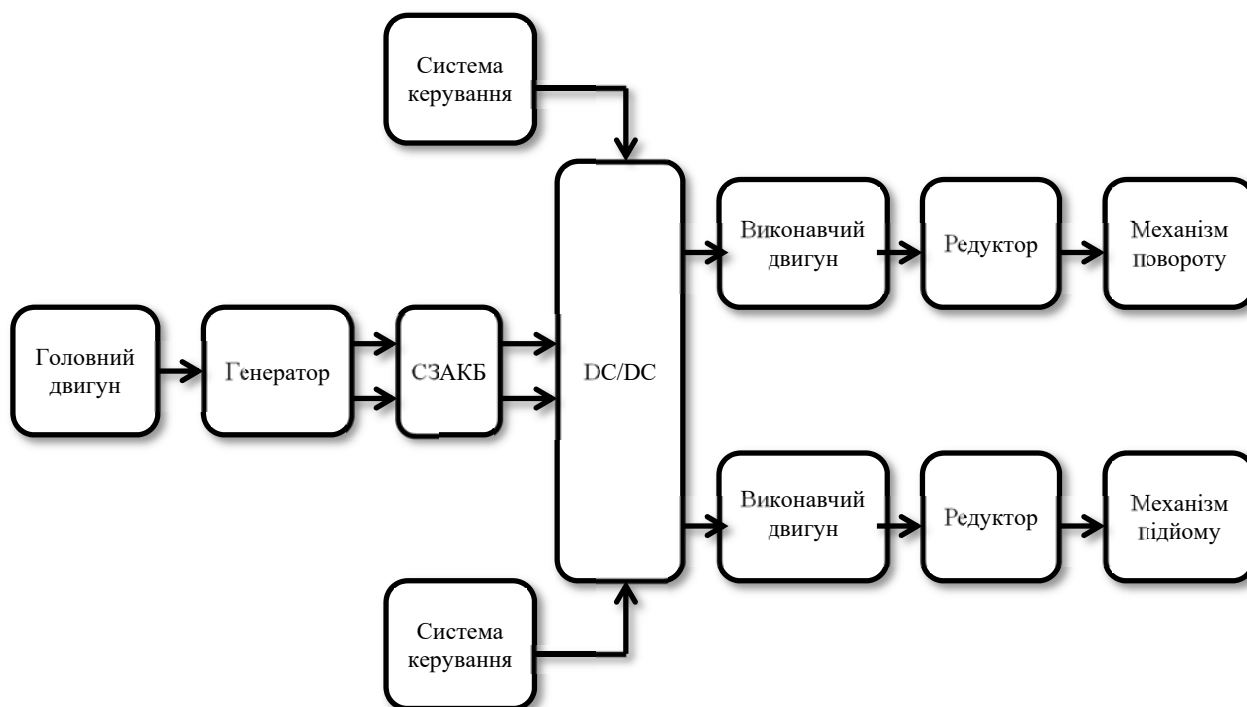


Рис. 1 – Склад існуючої системи 2E24

Виходячи із аналізу елементів існуючої електромеханічної частини САУ можна визначити наступні недоліки:

а) Неєкономичність живлення постійним струмом низької напруги, яка приводить до необхідності використання системи електропостачання провідниками відносно великого перетину. Це не тільки коштовно, але й незручно при монтажу і обслуговуванні.

б) Низька надійність системи керування, яка передбачає використання щіткових електродвигунів і щіткових ЕМП. Щіткові переходи дуже складні у експлуатації і ненадійні, потребують постійного догляду і обслуговування, частої заміни.

в) Низький ККД електромеханічної частини завдяки використанню у кожному з електроприводів по три електричні машини: гонного двигуна, ЕМП і виконавчого двигуна. Крім цього, використання у кожному електроприводі трьох електричних машин приводить до підвищення масогабаритних показників і додаткового шуму. З'єднання гонного двигуна і ЕМП здійснюється спеціальною муфтою і потребує точної і жорсткої фіксації всіх обертових елементів, жорсткого приєднання електричних машин до корпусу.

Визначені недоліки актуалізують задачу удосконалення електромеханічних систем САУ. Для цього пропонується підвищити напругу живлення за допомогою DC/DC-перетворювачів [4], що підвищують (рис. 2).



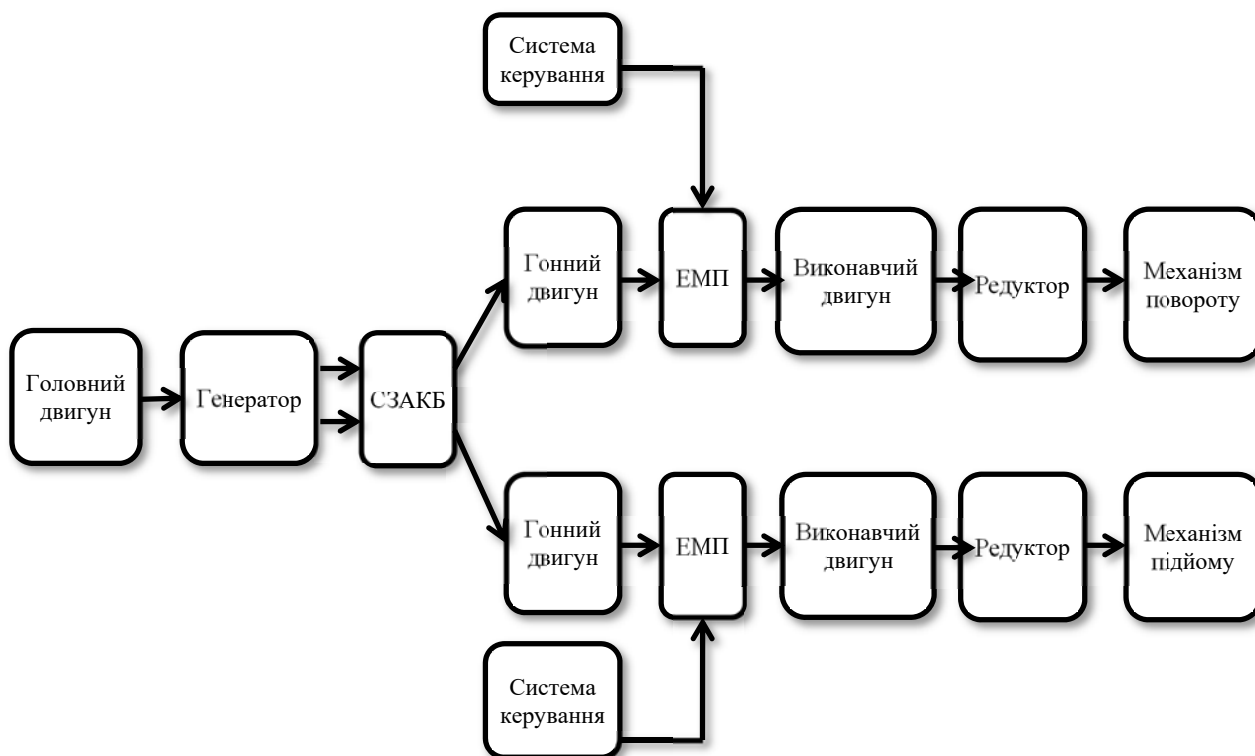


Рис. 2 – Пропонований склад системи 2E24

Підвищуючий перетворювач напруги (по зарубіжній термінології Step-Up DC/DC converter або Boost-converter) відноситься до імпульсних пристроїв і будується за типовою схемою, наведеною на рис. 3.

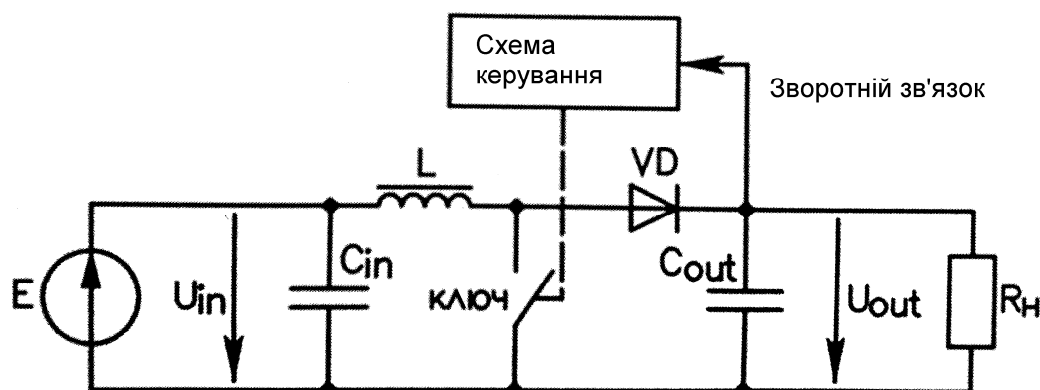


Рис. 3 – Принципова схема DC/DC-перетворювача, що підвищує

Перетворювач складається з дроселя  $L$ , діода  $VD$ , ключа, вхідного  $C_{in}$  і вихідного  $C_{out}$  конденсаторів і схеми управління;  $R_n$  – опір навантаження. Ідея роботи перетворювача полягає в тому, що напруга на виході виходить додаванням напруги живлення та ЕДС індукції котушки. За рахунок цього напруга на виході перетворювача виходить вища, ніж на вході.

Тимчасові діаграми, що пояснюють принцип роботи перетворювача, наведені на рис. 4.

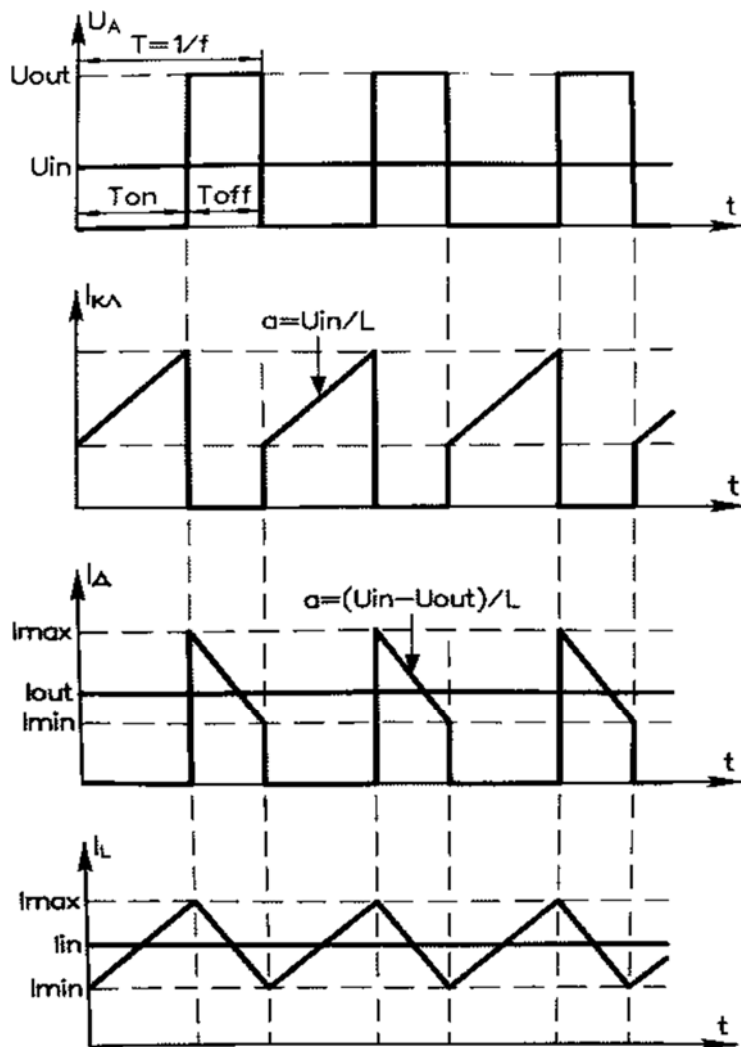


Рис. 4 – Тимчасові діаграми струмів та напруг DC/DC-перетворювача

На рис. 4 використані такі позначення:  $f$  – частота перетворення;  $T=1/f$  – період проходження імпульсів;  $T_{on}$  – час, протягом якого ключ замкнутий (ширина імпульсів);  $T_{off}$  – час, протягом якого ключ розімкнутий (ширина пауз);  $I_{кл}$  – струм через ключ;  $I_d$  – струм через діод;  $I_L$  – струм через котушку;  $I_{min}$ ,  $I_{max}$  – мінімальний та максимальний струм через котушку;  $I_{out}$ ,  $I_{in}$  – вхідний та вихідний струми;  $a$  – коефіцієнт нахилу прямої.

Згідно з методикою, викладеною в [4], проведений розрахунок основних параметрів і номінальних значень елементів перетворювача. Вихідні дані: вхідна напруга  $U_{in} = 3$  В, вихідна напруга  $U_{out} = 5$  В, максимальний вихідний струм  $I_{out} = 1$  А, коефіцієнт відносних пульсацій струму котушки 30%, величина пульсацій вхідної і вихідної напруг 50 мВ, частота перетворення  $f = 100$  кГц.

За результатами моделювання отримані уточнені значення параметрів і номінальних значень елементів перетворювача, а також перехідні процеси вихідної напруги та струму котушки (рис. 5). Моделювання виконувалося в програмі Micro-Cap.

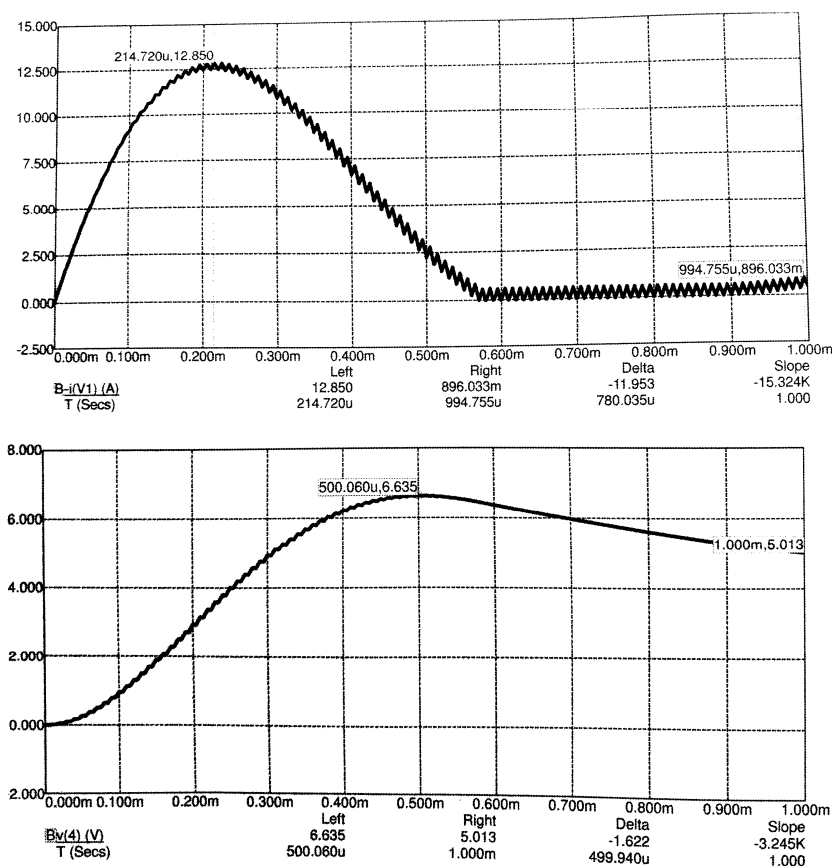


Рис. 5 – перехідні процеси вихідної напруги та струму котушки

**Висновок.** Отже, з метою підвищення надійності та економічності електрообладнання САУ 2С3М пропонується перевести систему електроживлення на більш високу напругу живлення. Попередньо визначено, що така напруга повинна бути близькою до 300 В. Це дозволить суттєво зменшити перетин провідників, спростити монтаж, зменшити фінансові витрати, підвищити ергономічність і зручність обслуговування і ремонту. Така система електроживлення створить умови для використання безщіткових електродвигунів, що дозволить суттєво підвищити ККД, зменшити шум, масогабаритні показники, підвищити надійність і швидкодію системи наведення на ціль. Переведення на більш високу напругу системи електропостачання пропонується використанням сучасних електронних інверторів DC/DC підвищуючого типу. Попередній підрахунок показує, що підвищення напруги з 24 В до 300 В з ККД перетворення близько 0,9 можливо здійснити у 2-3 ступені, що цілком можливо засобами сучасних електронних схем інверторів напруги.

#### Список використаних джерел

1. Будова та експлуатація 152-мм самохідної гаубиці 2С3М: Навчальний посібник / О. М. Дробан, Б. С. Федор, П. М. Євдокімов та інші. – Львів: АСВ, 2012.
2. Чучмай, В. І. 152-мм самохідна гаубиця 2С3М. Будова і основи експлуатації артилерійської частини. Навчальний посібник / В. І. Чучмай, М. В. Рой. – Суми: ВІА, 2003.
3. Дерев'янчук, А. Й. Основи будови артилерійських гармат. Прилади наведення артилерійських гармат: Навчальний посібник / А. Й. Дерев'янчук. – Суми: ВІА, 2001.
4. Волянський, С. М., Волянська, Я. Б. Моделювання електромеханічних систем: навчальний посібник / За ред. проф. О. А. Оницька. – 2018. – 236 с. – Миколаїв: Іліон. ISBN 978-617-534-483-5

**Науковий керівник:** Букарос А.Ю., к.т.н. Військова академія (м. Одеса), Україна.

УДК 623.419

Уминський С.М., к.т.н.,

Янчук М.Є., курсант

*Військова академія (м. Одеса), Україна*

## ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ СТВОЛІВ АРТЕЛЕРІЙСЬКИХ СИСТЕМ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ МЕТОДАМИ

Однією з тенденцій розвитку сучасного артилерійської зброї є пред'явлення підвищених тактико-технічних вимог до створюваних і модернізованим системам даного виду зброї. Модернізація існуючих та створення нових зразків артилерійської зброї направлено на зменшення габаритів, зниження маси, збільшення темпу стрільби. Для артилерійського ствола, безпосередньо виконує функцію стрільби, останнє призводить до різкого зростання термосилового впливу потоку порохових газів і провідних елементів снаряда на поверхню каналу і, як наслідок, до інтенсивного його пошкодження, головним чином у вигляді зносу направляючої частини, і як наслідок, до зниження живучості артилерійської зброї. Втрата ресурсу зразками артилерійської зброї обумовлюється реалізацією в їх конструкціях складних фізико-хімічних процесів, які призводять до деформації, поломці, зносу, корозії та інших видів пошкоджень деталей і складальних одиниць. Для артилерійської зброї з напруженим режимом стрільби важливо визначити умову, за якої інтенсивний термопластичний знос каналу ствола буде практично відсутнім.

Тому проблема встановлення закономірностей впливу стану ствола на живучість ствольних систем в даний час залишається актуальною. Можливість створення сучасних видів артилерійського озброєння (АО) багато в чому визначається здатністю науково-виробничого комплексу будь-якої країни забезпечити металу найбільш напружених елементів АО необхідний комплекс нормованих характеристик при прийнятних витратах.

При проведенні циклу досліджень, спрямованих на створення промислової технології виробництва конкурентоспроможних артилерійських стволів великих калібрів були розроблені і апробовані параметри попередньої і фінішної термічної обробки трубної заготовки спеціального призначення. Комплексна технологія виробництва якісних ствольних заготовок для різних АС з нанесенням на поверхню каналу готового виробу захисного покриття, є одним з найбільш наукоємних і складних технологічних процесів. Світовий досвід проектування, виготовлення і використання стволів артилерійських систем показує, що до основних факторів, потребуючих жорсткого контролю відносяться: оптимальні геометричні параметри ствола, міцності, пластичні, в'язкі характеристики матеріалу готового виробу, рівень допустимих напружень та деформацій, жароміцність (здатність зберігати комплекс властивостей при нагріванні), опір металу термічної втоми (розпалу) і ін. При виготовленні сталевих конструкцій, в останні роки значно збільшується увага до розвитку технологій поверхнево зміцнення. Це пов'язано з вирішенням завдання ресурсозбереження та новим підходом до оцінювання ролі матеріалу в забезпеченні надійності та довговічності виробів, відповідно до якого провідна роль належить поверхні, а не об'єму, як це було прийнято раніше. Саме стан поверхні багато в чому визначає рівень конструктивної міцності й експлуатаційні властивості деталей машин. При модифікуванні поверхонь металів перевага віддається методам поверхневої обробки, що використовують для утворення теплового джерела концентрованого потоку іонів, лазерного випромінювання, плазмового струменя та інші. У зв'язку з цим актуальним завдання є розробка високоефективних й екологічно безпечних процесів зміцнення поверхнево шарів виробів з конструкційних сталей, що забезпечить надання їм заданого комплексу фізико-механічних властивостей.

Підвищення живучості ствола є комплексним завданням, яке поряд з вибором технології виготовлення артилерійського ствола і варіантів обробки його внутрішньої поверхні повинно вирішуватися з урахуванням економічного аспекту. Таким чином, результати сучасних досліджень технологічних проблем в області жароміцних сплавів і антифрикційних протизносних покриттів можуть бути покладені в основу рішення задач підвищення живучості артилерійських стволів. Ряд підходів до отримання цих результатів розглянуто з метою використання для розробки теоретичних основ полігонних випробувань артилерійських систем [1-2]. Світовий досвід проектування, виготовлення і використання стволів великих артилерійських систем показує, що до основних факторів, потребуючих жорсткого контролю відносяться: оптимальні геометричні параметри ствола, міцності, пластичні, в'язкізних характеристик матеріалу готового виробу, рівень допустимих напружень та деформацій, жароміцність (здатність зберігати комплекс властивостей при нагріванні), опір металу термічної втоми (розпалу) і ін. [1-2]. Підвищення вимог до військової потужності АСО, експлуатаційної стійкості систем, зажадало забезпечення більш високого рівня межі пропорційності ( $\geq 140$  кгс / мм<sup>2</sup>) в металі готових стволів, відповідно проведення та циклу робіт, спрямованих на створення промислової технології виготовлення конкурентоспроможних виробів.

Одним з перспективних напрямків [1-2] отримання високого рівня міцності, в'язкості і пластичності в металі готових виробів є використання для їх виготовлення сталей з вторинним твердженням, тобто застосовують більш леговані сталі (в порівнянні з сталлю типу 4340), в яких після гарту при подальшому відпусці при температурах вище 500-550 С виділяться спеціальні карбіди. Використання фінішного відпуску при температурах > 500 С для вторинного твердіння загартованої сталі дозволило б уникнути відпускнуї крихкості 1-го роду, а для усунення крихкості металу в інтервалі температур відпускнуї крихкості 2-го роду виріб з температурою відпуску можливо прискорено охолоджувати. Проблема забезпечення живучості таких виробів може бути вирішена за рахунок нанесення на внутрішню поверхню ствола жароміцних зносостійких матеріалів, стійких до впливу продуктів згоряння порошу і механічного впливу рухомого снаряда. В останнє десятиріччя в багатьох галузях промисловості зріс інтерес до екологічно чистих покриттів, зокрема до технологій PVD – покриттів (фізичне осадження з парової фази). Найбільш досконалий тип PVD технологій – осадження покриттів вакуумної дугою. Вакуумно дугові покриття характеризуються високим зчепленням, вони мають високий опір фрикційному зносу, ерозії під впливом кавітації, потоків газу і пилу, а також хорошу корозійну стійкість в умовах впливу повітряної атмосфери і корозійних середовищ.

Для вирішення завдання підвищення живучості виробів доцільно застосування таких способів лазерної обробки поверхні, які приведуть до її спрямованих структурним і хімічним змін. Проводилися дослідження з лазерної термічної обробці (ЛТО) внутрішньої поверхні трубчастих зразків зі сталі 38ХНЗМФА [2-3]. В результаті проведення ЛТО зразків зі сталі 38ХНЗМФА був обраний наступний режим: потужність випромінювання СО<sub>2</sub>-лазера P = 3,2 кВт, швидкість обробки V = 16,67 мм / с, діаметр плями випромінювання на оброблюваній поверхні d = 8 мм. Встановлено, що основний метал має бейнітну структуру (в основному нижнього бейніту) з характерними смугами кування. Його твердість становить близько HRC 43. Структура оплавленої зони (ширина 5 . 6 мм при глибині 70 . 100 мкм) чітко виражена дендритна. У ній можуть утворюватися мікротріщини шириною 10 . 20 мкм, які залишаються в межах литий зони і не поширюються в область зони гартування з твердої фази, що дозволяє усувати їх разом з припуском при фінішній механічній обробці. Зона гарту з твердої фази є неструктурний (рідше – мілкогольчатий) мартенсит з однорідною твердістю HRC 65-66. Об'ємна термообробка зразків зі сталі 38ХНЗМФА після ЛТО, містяча в себе нагрів до 220 . 250 ° С, витримку протягом 3 . 4 год і подальше охолодження на повітрі, дозволяє повністю усунути залишкові напруги. При цьому твердість загартованої методом ЛТО сталі знижується до HRC ~60.

Випробування показали підвищення стійкості стволів до зносу від пострілів бронебійними підкаліберними снарядами приблизно на 30%. Подальші дослідження відстріляних стволів показали, що в процесі функціонування доріжки ЛТО розміцнюється згідно з механізмом термічного відпустки. Таким чином, було ще раз підтверджено, що основним фактором, що впливає на живучість ствола, є порохова ерозія. Отже, для підвищення живучості ствола необхідно вносити зміни не тільки в структуру і фазовий склад матеріалу каналу ствола виробу, а й в його хімічний склад [3-4]. Технологією, яка дозволяє локально змінювати фазовий і хімічний склад металевої поверхні, є лазерне легування. Воно полягає в локальному розплавленні основного металу за допомогою сфокусованого лазерного випромінювання з подальшим внесенням до розплав присадочного матеріалу. Структура легованого шару в нижній частині (біля основного металу) являє собою порівняно дрібнодисперсні кристалітів, орієнтовані перпендикулярно перехідній зоні. 160 . 180 м / год), а потужність лазерного випромінювання знижується до 3 кВт. З метою усунення тріщиноутворення застосовувався супутній високочастотний (ВЧ) підігрів циліндричних зразків до поверхневих температур порядку 800°C. При цьому швидкості легування значно зростають (з 20 . 40 м / ч до 160 . 180 м / год), а потужність лазерного випромінювання знижується до 3 кВт.

**Висновки.** 1. Використання лазерного легування призводить до підвищення рівня характеристик конструктивної міцності (тріщиностійкості, міцності, в'язкості руйнування) поверхневих шарів виробів з конструкційних сталей застосуванням лазерного та комбінованого лазерно-мікроплазмового легування порошковими сумішами на основі хрому та реліту, що забезпечують формування структури високолегованого мартенситу з рівномірним розподілом дисперсних зміцнюючих фаз. Запропоновано використання процесів лазерної обробки поверхні для підвищення живучості гарматних стволів.

2. Проведені лабораторні дослідження процесу лазерного легування сталі 38ХНЗМФА сумішшю порошків хрому і реліту показали, що стійкість до сухого тертя ковзання оброблених поверхонь підвищується в 3 – 5 разів, а їх жаростійкість зростає з 400 до ~ 1000 ° С. Особливості одержуваних при цьому структур легованих шарів дозволяють говорити про те, що такий комбінований процес може представляти інтерес як спосіб підвищення живучості гарматних стволів.

#### Список використаних джерел

1. Туктанов А.Г. *Технологія виробництва стрілецько-гарматної і артилерійської зброї. М. Машинобудування. 2007р., 375с.*
2. В. Н. Надтока «Захисні покриття для гарматних стволів». – Вид-во КБ «Артилерійське озброєння», журнал «Артилерійське і стрілецьке озброєння», 2007, № 1, с. 34-42.
3. Зміцнення деталей променем лазера // В.С. Коваленко [та ін.]; під заг. ред. В.С. Коваленко. – К: Техніка, 1981. – 131 с.
4. Розробка технологічних прийомів лазерного зміцнення поверхневих шарів деталей зі сталі 38ХНЗМФА / [В. Д. Шелягіна, В. Ю. Хаскин, А. В. Бернацький, А. В. Сіора] // Вісник двигунобудування. – 2008. – № 2 (19). – С. 94-97.

УДК 623.454.21

Цехмайструк С.П., магістрант

Військова академія (м. Одеса), Україна

## АНАЛІЗ ПЕРСПЕКТИВ РОЗВИТКУ ПІРОКСИЛІНОВИХ ПОРОХІВ

*В статті розглянуто питання щодо розробки науково-методичного апарату для оцінки впливу зовнішніх та внутрішніх факторів на використання піроксилінового пороху на арсеналах, базах, складах для забезпечення ефективного виконання ЗСУ визначених завдань*

**Ключові слова:** боєприпаси, піроксиліновий порох, флегматизація, порохові заряди.

**Постановка проблеми.** Однією із гострих проблем української армії є застаріла зброя, більша частина якої давно вичерпала свій термін придатності. Від 2015 року обіцяють створити завод із виготовлення боєприпасів, однак наразі питання так і не зрушило з місця. Тож наразі ми продовжуємо поповнювати військові склади за рахунок поставок з інших держав.

До початку війни на складах налічувалося понад два мільйони тонн боєприпасів різних калібрів. Втім, незважаючи на це, у нас виникла потреба в найдрібніших патронах. До того ж вже п'ятий рік Україна поповнює військові склади фактично за рахунок інших держав.

Побудувати ж власний завод з виготовлення боєприпасів давно обіцяють, починаючи ще з 2015 року.

Від 9 серпня 2018 року на базі державного підприємства «Артем» відкрили першу лінію із виробництва велико – каліберних снарядів для арт-системи «Гіацинт».

У планах – перехід до натовських стандартів. Тому згодом, можливо, в Україні почнуть виготовлення боєприпасів 155 міліметрів.

Чи не найбільша проблема армії – це брак пороху.

«Зараз ми маємо два основних калібри ствольної артилерії – 122 і 152 міліметри. Фактично введений ще й третій калібр, але треба ще подумати над тим, чи доцільно переходити на нього з точки зору економіки. Наразі, на мій погляд, головна проблема армії – вичерпність пороху».

Порох є одною із найважливіших складових всіх боєприпасів, і відсутність цієї складової зведе до нуля використання будь-якого озброєння і зброї в цілому.

**Мета статті** є розробки науково-методичного апарату для оцінки впливу зовнішніх та внутрішніх факторів на використання піроксилінового пороху для всіх боєприпасів в ЗСУ.

**Основна частина.** Піроксилінові пороху застосовуються, головним чином, в стрілецькій зброї, а також в артилерії. В стрілецьку зброю (пістолет, карабін, кулемет, гвинтівка) застосовуються переважно порох дрібних марок: ВТ, ВУ, Сокіл та інші, а також пластинчасті і пористі пороху. Гвинтівковий порох є одно-канальне зерно з товщиною палаючого зводу 0,23-0,32 мм. В боєприпасах малих калібрів застосовуються зерново-багатоканальні (переважно семи-канальний) порох 4/7, 5/7, 6/7, а в боєприпасах середніх калібрів марок 7/7, 9/7, 12/7, 14/7. В зброях великих калібрів застосовується трубчастий порох, або трубчасте із зерновим (комбіновані заряди). Можливості застосування піроксилінових порохів у вигляді товсто-сводних порохових шашок в ракетних двигунах виключаються через труднощі видалення розчинника з товщі порохових елементів.

Існує кілька різновидів піроксилінових порохів, що відрізняються складом, формою і розмірами. Склад піроксилінових порохів визначається їх призначенням. За цією ознакою всі піроксилінові пороху умовно діляться на дві групи: звичайні гарматні і спеціального призначення.

Звичайні гарматні піроксилінові пороху мають склад: піроксилін – 91-97%, спірто – ефірна суміш – 0,5-5,0%, дифеніламін (ДФА) – 1,0%, гігроскопічна волога – 1-3%. Звичайні гарматні пороху застосовуються, як правило, в унітарних артилерійських пострілах. Виготовляються у вигляді зерен з одним, сімома і більше каналами, у вигляді пластинок і трубок. На відміну від звичайних гарматних піроксилінових порохів ряд марок піроксилінових порохів містять в своєму складі додаткові компоненти,

які надають їм особливі властивості. Додатковими компонентами можуть бути: нітротолуол (ДНТ) –  $C_6H_4(NO_2)_2CH_3$ , дибутилфталат (ДБФ) –  $C_6H_4(CO_2C_4H_9)_2$ , сірчаноокислий калій (СКК) –  $K_2SO_4$ , хлористий калій –  $KCl$ , графіт –  $C$ , калієва селітра –  $KNO_3$  та інші.

Для відмінності різних видів порохів і РТП, а також для зручності в обігу і застосуванні порохам і РТП присвоюється умовне позначення, що складається з ряду букв і цифр. У найбільш загальному випадку умовне позначення включає в себе відомості про природу, склад пороху і якості вихідних матеріалів, дані про форму і розміри порохових елементів, позначення партії пороху.

Умовне позначення складу піроксилінового пороху застосовується лише для порохів, що відрізняються від звичайного піроксилінового пороху або за складом, або за технологією виготовлення. Крім того, умовне позначення може характеризувати якість вихідних матеріалів.

Флегматизовані піроксилінові пороху містять в умовному позначенні індекс «Фл». Виняток становить флегматизовані пороху «ВТ», в маркуванні якого цей індекс не використовується.

Пористі пороху позначаються літерою «П» і цифрою, що вказує зміст калієвої селітри, введеної в пороху масу при виготовленні пороху. Наприклад, П-45 означає пористий піроксиліновий порох, при виготовленні якого в пороху масу було введено 45% селітри (на суху вагу).

### **Технічні та фізико – хімічні засоби збереження ресурсів.**

Основним компонентом всіх піроксилінових порохів є суміш піроксиліну №1 і №2, ВА, СА з вмістом азоту понад 12,1%. У поросі нітрати целюлози виконують роль енергетичної основи і обумовлюють його структурно-механічні властивості. При отриманні нітратів целюлози можуть використовуватися різні целюлозні матеріали природного походження. Найбільша кількість целюлози (до 95%) міститься в бавовні. Деревина хвойних порід містить до 60%, а листяних – до 50% целюлози. Целюлоза є природною високомолекулярною речовиною, лінійні макромолекули якого побудовані з великої кількості однакових, пов'язаних між собою, глюкоїдних залишків  $C_6H_{10}O_5$ . Тому загальна формула целюлози  $[C_6H_7O_2(OH)_3]_n$ , де  $n$  – число глюкоїдних залишків або ступінь полімеризації.

Практично розрізняють наступні види нітратів целюлози, що застосовуються у виробництві порохів.

1. Колоксилін. Вміст азоту 11,5-12,1%. Повністю розчинний в сумішах спирту з ефіром.
2. Піроксилін №2. Вміст азоту 12,1-12,5%. Розчиняється в суміші спирту і ефіру не менше 90%.
3. Піроколодій Д. І. Менделєєва. Містить азоту 12,5-12,7%. Розчинність в суміші спирту і ефіру не менше 95%.
4. Піроксилін №1. Вміст азоту 13,0-13,5%. Розчинність в суміші спирту і ефіру не менше 5-10%.
5. Сумішевий піроксилін – суміші піроксиліну №1 і №2. Містять від 12,7 до 13,1% азоту. Розчинність в суміші спирту і ефіру 25-50% в залежності від співвідношення вхідних в суміш сортів піроксиліном.

Для виготовлення піроксилінових порохів використовують суміш піроксиліну.

Зі зміною температури, відносної вологості повітря змінюється і гігроскопічність нітратів целюлози. Кількість поглинається вологи більше, чим вище відносна вологість повітря. При термічному розкладанні нітратів целюлози утворюються як рідкі, так і газоподібні продукти:  $CO_2$ ,  $CO$ ,  $NO$ ,  $NO_2$ ,  $N_2$ ,  $H_2O$ ,  $H_2$ , а також радикали різної будови. Багато продуктів розкладання нітратів целюлози (оксиди азоту, азотна і азотиста кислоти) є каталізаторами процесу розкладання. При виробництві порохів в їх склад вводять спеціальні речовини (стабілізатори хімічної стійкості), здатні зв'язувати кислі продукти розкладання. Нітрати целюлози відносяться до досить потужних бризантних вибухових речовин. У сухому вигляді нітрати целюлози добре детонують від капсули-детонатори №8. Швидкість детонації при щільності від 0,8 до 1,3 г/см<sup>3</sup> коливається в межах 6500-7500 м/с.

До недавнього часу для пояснення фізико-хімічних процесів, що відбуваються при зміщенні нітратів целюлози (НЦ) з спиртоєфірним розчинником, використовували теорію желатинизації (НЦ), що базується на застарілих поглядах про будову нітратів целюлози і на неправильних уявленнях про розчини високомолекулярних сполук. Вважали, що:

- нітрати целюлози є кристалічними речовинами як в твердому стані, так і у вигляді розчинів;



– розчини нітратів целюлози є колоїдними розчинами, тобто термодинамічно-нестійкими, незворотними, мимовільними і старіючим в часі системами.

Дослідженнями останніх років, особливо вітчизняних вчених Ю.М. Каргина, С.С. Воюцка і інших показана неспроможність колоїдно-хімічних уявлень про природу високомолекулярних сполук і їх розчинів.

Сучасна теорія будови розчинів високо-полімерів ґрунтується на наступних положеннях.

1. Нітрат целюлози за своїм агрегатним станом є твердою речовиною волокнистої структури. За фізичним станом НЦ є скляними системами зі слабо вираженими пружно-еластичними властивостями. Їх основним фазовим станом є аморфний стан з тим або іншим ступенем орієнтації макромолекул.

2. Типові розчини високомолекулярних сполук (ВМС) в тому числі і нітратів целюлози, є істинними розчинами, які здатні:

- спорідненість між компонентами;
- мимовільність освіти;
- сталість концентрації в часі;
- однофазні або гомогенність;
- термодинамічна стійкість;
- оборотність системи.

Отримання якісної продукції у виробництві піроксилінових, як і інших нітратоцелюлозних порохів залежить від технологічної якості – пластичності пороховий маси, яке визначається її реологічні властивості.

В даний час в виробництвах піроксилінових порохів існують дві технології: періодична технологія із застосуванням періодично діючих розрізнених апаратів (Центрифуг, гідравлічних пресів та іншого обладнання) і безперервна технологія із застосуванням шнек – пресів і транспортерного апарату Г-ЗФ.

Як періодична, так і безперервна технології мають одні і ті ж технологічні фази:

- зневоднення піроксиліну спиртом;
- приготування пороховий маси – пластифікація;
- пресування порохових мас – формування;
- різка порохових елементів;
- видалення розчинника – в'ялість, вимочування, сушіння, зволоження;
- роз'єднана;
- флегматизація і сушка при фабрикації мало-зернистих порохів ВУ, ВТ, зернистість 4/7, 5/7 і інших по періодичної технології;
- упакування.

Основний принцип виготовлення піроксилінових порохів складається в змішуванні піроксиліну з розчинником-пластифікатором; пластифікації його до утворення пластичної маси, готової до формування; виготовлення з неї порохових елементів і потім в видаленні з них розчинника – пластифікатору.

Змішання порохової маси, що складається з піроксиліну, стабілізатора хімічної стійкості (дифеніламіна) і розчинника – пластифікатору проводять в спеціальних змішувачах шляхом механічного перетирання, в процесі якого відбувається набухання піроксиліну і часткова його пластифікації, що завершується при пресуванні і формуванні готових порохових елементів. Як розчинник – пластифікатору традиційно використовується суміш етилового спирту і діетилового ефіру, є легкозаймистими речовинами. Застосування зазначеного розчинника – пластифікатору передбачає попереднє зневоднення піроксиліну, оскільки вода, яка присутня в ньому після фази стабілізації, перешкоджає набухання і для успішного здійснення процесу пластифікації її кількість необхідно зменшити до певної межі (не більше 4%).

З цією метою піроксилін зневоднюють спиртом, який витісняє воду. Крім необхідності попереднього зневоднення піроксиліну, недоліком зміщення компонентів шляхом механічного перетирання є підвищена пожежа – і вибухонебезпечність процесу і труднощі рівномірного розподілу інгредієнтів по всій масі нітратів целюлози, що негативно впливає, в кінцевому рахунку, на вихідних характеристиках готового продукту.

Використання в якості видалювача важко розчинника – пластифікатору піроксиліну олігоефіров – синтетичних вищих жирних спиртів і окису етилену, відомих під комерційною назвою «Синтанол», дозволяє підвищити безпеку процесу змішування і пластифікації пороховий маси і поліпшити якість готового продукту. Синтанол характеризується низькою летючістю, високими температурами спалаху і самозаймання, вони виробляються вітчизняної хімічної промисловістю великим тоннажем, мало – або практично нетоксичні (3 клас по ГОСТ 1271.007), відносяться до групи біологічно «м'яких» продуктів (біологічна розчинність від 67 до 85% залежно від марки).

Виробництво піроксилінових порохів складається з наступних операцій: зневоднення піроксиліну, змішування піроксиліну з розчинником і іншими компонентами, пресування, різка, сортування, вимочку, сушка, зволоження, складання малих партій, складання загальних партій, закупорювання.

Для деяких марок порохів крім перерахованих операцій є ще додаткові. Наприклад, для пористих і дрібних марок порохів вводиться операція графітовки, для гвинтівочних – флегматизації і графітовки.

При виготовленні пороху обидва процеси, фізико-хімічний і механічний, взаємно пов'язані і обумовлені. Процес набухання піроксиліну йде в часі і непропорційний інтенсивності змішування.

При змішуванні піроксиліну з розчинником відбувається утворення комплексів з молекул спирту і ефіру, які пластифікують нітрати целюлози, при цьому піроксилін №2 повністю набухає в спиртоєфірній суміші і частково утворює рідкий розчин, а піроксилін №1 лише частково набухає в розчиннику. Однак волокна піроксиліну №1, перебуваючи серед досить добре розчинних низько азотних фракцій піроксиліну №2, набувають рухливості, маса стає в'язкою і придатною для формування. Піроксилін №1 є в поросі своєрідним наповнювачем. Інтенсивність змішання в початковій стадії частково прискорює фізико-хімічний процес, так як при цьому прискорює зіткнення частинок піроксиліну з розчинником. Саме змішання йде інтенсивно лише в початковій стадії перемішування.

Фізико-хімічна однорідність маси при відповідності якості піроксиліну залежить в основному від якості змішування. Але якщо піроксилін буде погано подрібнений або зневоднений, то це також буде впливати на якість змішування, так як будуть спостерігатися вкраплення неластифіцированого піроксиліну.

На відміну від раніше розглянутих, ряд марок піроксилінових порохів містять в своєму складі додаткові компоненти, які надають цим порохам спеціальні властивості[5].

До таких порохів можна віднести дрібнозернисті флегматизовані, графітовані, пористі, безполум'яні, полум'яні і ін. Виробництво таких порохів в основі зберігає раніше описані технологічні процеси, проте виготовлення кожного виду цих порохів вимагає додаткових специфічних технологічних операцій.

Флегматизація порохів проводиться в обертових барабанах, в які завантажуються 120-160 кг пороху і під тиском подається розчин камфори в етиловому спирті. При виробництві графітованих порохів в процес вводиться додаткова графітова операція. Ця операція проводиться також в обертових барабанах, в які завантажують 200 кг пороху і 600 г графіту. Тривалість графітовки 10-18 годин, після чого порох пропускається через сита для відокремлення від пилу.

При отриманні пористих порохів на операції вимочки разом зі спиртоєфірним розчинником видалюється і калієва селітра, залишаючи після себе порожнечі – пори. Виробництво безполумєневий і мало гігроскопічних порохів нічим не відрізняється від виробництва звичайних піроксилінових порохів. Виробництво полум'яних порохів відрізняється тим, що виключена операція вимочування.

У виробництві порохів кінцевою фазою технологічного процесу є змішання партій порохів. Після сушіння і зволоження порох окремих завантажень не має достатнього одноманітності фізико-хімічних, а, отже, і балістичних властивостей. Для усереднення властивостей пороху спочатку мішки готують малі партії, а потім – загальні партії вагою 30-100 т. Мішка зернового порохів проводиться в спеціальних апаратах. Мішка трубчастих порохів, як правило, здійснюється ручним способом.

**Висновки.** Отже, незважаючи на те, що метою цієї роботи є детальний розгляд пороху, що виготовляється з суміші піроксиліном №1 і №2, вважаємо все ж доцільним зупинитися на перевагах і недоліках піроколлодійних порохів [4].

1) Піроколлодійний порох буде мати більшу хімічної міцністю, так як піроколлодійний піроксилін, з досліджень Вуколова, має температуру спалаху в межах від 185 до 190°C, в той час як нерозчинний піроксилін має температуру спалаху 175-185°C і колодій – близько 200-210°C.

2) Правильно виготовлений піроколлодій не вимагає спеціальної мішки окремих партій. Таким чином, виробництво пороху з піроколлодійного піроксиліну не вимагає організації майстерні мішки піроколлодій – операції досить громіздкою і потребує значних площ виробничих будівель, так як піроколлодійний піроксилін є продуктом достатньо одноманітним.

3) Піроколлодій Менделєєва, представляючи собою піроксилін повністю розчинний в спиртоєфірному розчиннику та повинен забезпечувати повну і одноманітну желатинізацію.

4) Піроколлодійний порох, маючи більш «щільну» структуру в порівнянні з порохом, виготовленим на суміші з порохом, виготовленим на суміші двох (або більше) різних піроксиліном, менше змінюється під впливом вологості при зберіганні.

5) Піроколлодійний порох повинен горіти більш правильно, тому що являє собою більш однорідний продукт, внаслідок чого він в меншій мірі здатний давати місцеві підвищення тиску.

#### Список використаної літератури

1. *Пироксилиновые пороха: учебное пособие /Ю.М.Михайлов [и др]; М-во образ, и науки России, Казан. нац., исслед. технол. Ун-т.-Казань: Мзд-во КНИТУ, 2016.-416с.*
2. *Гиндич В.И. Технология пироксилиновых порохов. Производство порохов: учебник: в 2 томах. Т. 2 / под общей ред.А.Г. Корсакова. – Казань: Тат. газ.-журн. изд-во, 1999. – 388с.*
3. *Тарасов А.П. Производство бездымных порохов. Справочные материалы / А.П.Тарасов. – М.: Дом техники, 1963. – 300 с.*
4. *Воробьев П.И. Пироксилин и бездымный пироксилиновый порох / П.И. Воробьев. – М.: Гособорониздат, 1955. – 220 с.*
5. *Зеленский В.П. Эксплуатационные свойства порохов и зарядов / В.П. Зеленский. – Пенза: ПВИАУ, 1975. – 358 с.*

**Науковий керівник:** Бордіян В.П. Військова академія (м. Одеса), Україна.

УДК 623.486+681.88+621.397.424

**Черненко Ю.А.**, магістрант*Військова академія (м. Одеса), Україна*

## РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО НАПРЯМКІВ РОЗРОБКИ СИСТЕМ РАНЬОГО ВИЯВЛЕННЯ В МІСЦЯХ ЗБЕРІГАННЯ РАКЕТ І БОЄПРИПАСІВ

*В даній статті буде розглянуто питання щодо розробки систем раннього виявлення безпілотних літальних апаратів (далі БПЛА) на польових складах зберігання ракетно артилерійського озброєння, за допомогою візуального або акустичного сигналу.*

**Ключові слова:** польовий артилерійський склад(ПАС), безпілотний літальний апарат(БПЛА), військово технічне майно(ВТМ).

**Постановка проблеми.** На сьогоднішній день у Збройних Силах України стан захисту польових складів від БПЛА насамперед вимагає удосконалення та нарощування механізму протидії загрозам що можуть привести як до часткових втрат військово технічного майна (далі ВТМ), так і до повного знищення.

Судячи з подій останніх років в нашій країні а саме вибухи на польових складах поблизу м. Сватове Луганської області та м. Балаклея Харківської області, вказують на наявність такого роду проблеми.

Загрози подібного характеру небезпечні як для військових об'єктів, так і для стратегічних об'єктів держав.

Прикладом може стати подія в Абкайкі у 2019 році – атака хуситів за допомогою дронів на найбільше у світі нафтове родовище в районі міста Абкайк на сході Саудівської Аравії, що відбулася 14 вересня 2019 року в ході опосередкованого конфлікту між Іраном і Саудівською Аравією і громадянської війни в Ємені. Ця атака спричинила гігантську пожежу на цьому підприємстві державної компанії Saudi Aramco, що була ліквідована впродовж кількох годин, але спричинила тимчасове падіння добового саудівського видобутку нафти вдвічі (з 9,8 млн барелів до 4,1 млн барелів), що відповідає 5% світового добового видобутку нафти. [1]

**Мета статті:** Обґрунтувати необхідність створювати системи виявлення БПЛА на ПАС для підвищення живучості потенційно небезпечних об'єктів.

**Виклад основного матеріалу.** Польовий артилерійський склад (далі ПАС)– це тимчасовий орган логістичного забезпечення, призначений для приймання, зберігання та видачі військам запасів ракет та боєприпасів, їх елементів, стрілецької зброї та артилерійсько-технічного майна.

Згідно керівних документів ПАС повинні розташовуватись у другій смузі логістичного забезпечення в районах, що забезпечують розосередження запасів засобів ураження, на діючих автомобільних комунікаціях, за можливості поблизу розвантажувальних станцій(портів, пристаней), в крутих ярах, печерах гір, кар'єрах, лісових масивах, біля старих ферм, в занедбаних будівлях.

З вищезазначеного противник може використати для ураження запасів ПАС як вогневі засоби ураження – реактивні системи залпового вогню (далі РСЗВ) як 9К57 «Ураган» і 9К58«Смерч», засоби армійської авіації, дії розвідувально-диверсійних груп, засоби безпілотної літальної авіації.

З оперативної-технічної, економічної та тактичної точки зору противника, використання БПЛА викликає найбільшу цікавість.

Протидія БПЛА на ПАС виглядає як комплекс заходів що постійно виконуються.

Чітко простежується необхідність розмежувати завдання по протидії на завдання виявлення, використання противником БПЛА та знищення.

Знищення можна вважати завданням максимум, завдання мінімум в цьому сенсі полягає у організації заходів протидії які недопускають виконання завдання покладеного на БПЛА.

Фізичне знищення можливе при використанні стрілецького, артилерійського та ракетного та іншого озброєння, але при значних відстанях стрілецьке та артилерійське знищення малоєфективне, а ракетне доцільно використовувати тільки при знищенні еквівалентних за вартістю БПЛА.

На сьогоднішній день виявлення БПЛА на ПАС організовано за допомогою засобів радіоелектронної боротьби (РЕБ).

Завдання важке, а іноді таке що не може бути виконане за допомогою РЕБ, в силу обставин:

- БПЛА збудовані з використанням композитних матеріалів, пластиків, електричних двигунів, з величезною відбиваючою поверхні яку вкрай важко виявити засобами радіоелектронної боротьби.
- Засоби РЕБ при роботі в активному режимі демаскуватимуть район зосередження ПАС.
- БПЛА може використовувати раніше запрограмований режим польоту, що унеможливило його виявлення в пасивному режимі роботи РЕБ.
- Використання електричних двигунів в БПЛА не дозволяє виявити за тепловим показником, і значно зменшує акустичний сигнал.

ПАС є дуже небезпечним об'єктом так як відноситься до вибухо і пожежо небезпечних, для знищення якого може бути достатньо найменшого загоряння або вибуху в будь-якій із точок ПАС.

Для захисту від запальних засобів (напалмових сумішей і ін.) проводиться очищення території від легкозаймистих предметів, обладнання котлованів, щілин, окопів перекриттями з земляним шаром, обладнання каналів, заготівля сирової глини, землі, піску, води та інших засобів пожежогасіння.

В арміях майже всіх країн прийнято схожу класифікацію БПЛА:

I клас «Легкі» (злітною масою до 150 кг.) до якого належать:

- Мікро (тактичні) БПЛА, БПАК, що мають злітну масу менше 2 кг. радіус дії до 5 км.
- Міні (тактичні поля бою) від 2 до 15 кг. радіус дії більше 5 км.
- Малі (тактичні) більше 15 кг радіус дії до 25 км.
- Запускаються з руки, за допомогою катапульт, мобільних пускових пристроїв або використовують злітно – посадкові смуги (майданчики).

II клас «Середні»(злітною масою від 150 до 600 кг.) до якого належать:

- Тактичні (оперативно – тактичні) БПЛА,БПАК, з радіусом дії більше 50 км.

Запускаються за допомогою катапульт, мобільних пускових пристроїв або використовують злітно – посадкові смуги (майданчики).

III клас «Важкі» (злітною масою більше 600кг.) до якого належать:

- Оперативні БПЛА, БПАК(середньої висоти довгої тривалості), що застосовуються на висоті до 13700 м. та мають радіус дії більше 200км.
- Стратегічні (великої висоти довгої тривалості) що застосовуються на висоті до 19800 м. та мають радіус дії більше 200км. [1]

Запускаються за допомогою злітно – посадкової смуги (майданчики).[2,3]

Виходячи з класифікації ефективно використати БПЛА можливе:

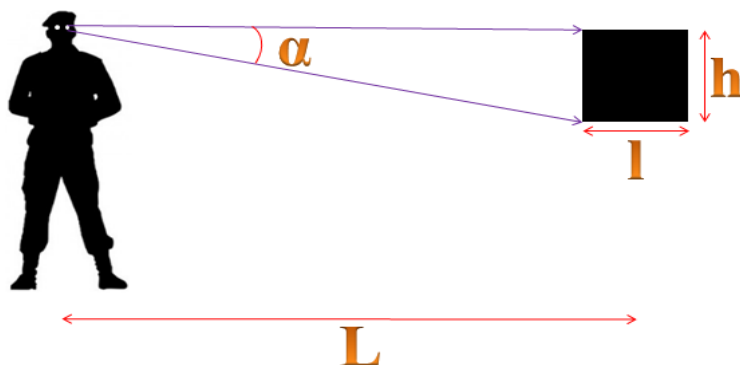
- Диверсантам за допомогою легких БПЛА
- З території противника середні та важкі БПЛА.

За час проведення АТО, ООС БПЛА неодноразово виявлялись над позиціями ЗСУ, для корегування вогню артилерії.

Людина зоровим сприйняттям здатна виявляти предмети з кутовою величиною більше 1 хвилини.

Керуючись вищезазначеним розрахуємо величину предмету який людина здатна виявити на відстані 1 кілометру.

$$l = h \approx \sin \alpha \times L$$



де:  $l$  та  $h$  - це розміри предмету

$\alpha$ -кут зору.

$L$ -відстань від людського ока до об'єкту

Виходячи з цього маємо:

$$l = h \approx 0,3 \div 0,45\text{м.}$$

Дані розрахунків співпадають з свідченнями учасників АТО, ООС які неодноразово виявляли БПЛА з приблизними розмірами.

Слід зазначити, що виявлення відбувалося також і за рахунок наявності звукового(акустичного) сигналу. Сигнал БПЛА на відстані 800 м., в безвітряну погоду, характеризувався інтенсивністю на рівні 10-20 дБ, та частотою близько 180 гц.

В період другої світової війни британськими ВПС для попередження про атаки з повітря були побудовані особливі гігантські акустичні дзеркала. Ці величезні будови параболічної форми концентрували і посилювали звукові хвилі, вироблені літаками противника. Далі хвилі перенаправлялись в мікрофони, розташовані в передній частині дзеркал. Це давало Великобританії 15-хвилинне перевага в підготовці до відбиття атаки.

Подібні акустичні системи були побудовані в декількох місцях на узбережжі Британії. Дзеркала, в основному, були виконані, в вигляді бетонних чаш, діаметром в 6 і 9 метрів, звернених увігнутою стороною в бік моря. Були дзеркала і у вигляді величезних напівкруглих стін довжиною до 60 метрів і висотою в кілька людських зростів. Ця будова дозволило більш точно чути літак, що знаходиться майже в 19 км (при гарній погоді), причому незброєним вухом. А якщо оператор ще й використовував мікрофони, то дальність дії доходила до 48 кілометрів. Використання дзеркал стало малоефективним, коли з'явилося покоління винищувачів з більш високою швидкістю. А з винаходом та початком використання радіолокатора втратило сенс. Однак, після закінчення війни всі об'єкти знаходились в бойовому стані, і перебували в резерві. [4]

З метою організації надійної протидії БПЛА доцільно мати на ПАС автоматизовану попереджувальну систему без обслуговуючого персоналу з акустичним та оптичним виявленням.

Характеристики системи повинні забезпечувати виявлення та ідентифікацію БПЛА на відстані 3-5 км., що дасть змогу в проміжок часу 2-5 хв., організувати протидію.

**Висновки.** Розглянувши раніше викладене доцільно ставити питання щодо розробки систем протидії БПЛА з виявленням за акустичним та оптичним сигналом.

Для досягнення цієї мети необхідно поставити та вирішити наступні завдання:

- вивчити сутність застосування систем виявлення БПЛА;
- розробити методіку для керування безпекою ПАС зберігання ракет і боєприпасів з урахуванням можливостей систем виявлення БПЛА;
- розробити практичні рекомендації для підвищення живучості сучасних ПАС зберігання ракет і боєприпасів з урахуванням можливостей БПЛА;

**Список використаних джерел**

1. [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%82%D0%B0%D0%BA%D0%B8\\_%D0%BD%D0%B0\\_%D0%90%D0%B1%D0%BA%D0%B0%D0%B9%D0%BA\\_%D0%B8\\_%D0%A5%D1%83%D1%80%D0%B0%D0%B9%D1%81\\_\(2019\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%82%D0%B0%D0%BA%D0%B8_%D0%BD%D0%B0_%D0%90%D0%B1%D0%BA%D0%B0%D0%B9%D0%BA_%D0%B8_%D0%A5%D1%83%D1%80%D0%B0%D0%B9%D1%81_(2019))
2. [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B5%D0%B7%D0%BF%D1%96%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%B9\\_%D0%BB%D1%96%D1%82%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B8%D0%B9\\_%D0%B0%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D1%82](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B5%D0%B7%D0%BF%D1%96%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%BB%D1%96%D1%82%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%B0%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D1%82)
3. Сальник, Ю.П. Аналіз технічних характеристик і можливостей безпілотних авіаційних комплексів оперативно-тактичного та тактичного радіуса дії армій розвинених країн [Текст] / Ю.П. Сальник, І.В. Матала // Військово-технічний зб. – 2010. – № 3
4. <http://wwii.space/zvukoulavlivateli-i-zenitnyie-prozhek-7/>

**Науковий керівник:** Гордішевський Л.Г.

**Рецензент:** Головань А.В., к.т.н., Військова академія (м. Одеса), Україна.

УДК 623.419

**Яскевич В.В.**, курсант,  
**Накладюк В.М.**, курсант,  
**Лимаренко В.В.**, курсант  
*Військова академія (м. Одеса), Україна*

## ОСНОВНІ ПІДХОДИ ДО ПОКРАЩЕННЯ ТАКТИКО – ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ НАВЕДЕННЯ ПРОТИТАНКОВИХ РАКЕТНИХ КОМПЛЕКСІВ

*Пропонується та обґрунтовується підхід до модернізації електроприводу наведення пускової установки протитанкового ракетного комплексу. Підхід ґрунтується на синтезі нових алгоритмів керування просторовим рухом пускової установки, оптимальних за швидкодією, та покращенні експлуатаційних характеристик шляхом обґрунтованої заміни колекторної електричної машини електроприводу наведення на безконтактний електромеханічний перетворювач. Розроблені програмні засоби моделювання процесів в електроприводі наведення протитанкового ракетного комплексу.*

***Ключові слова:** математична модель, швидкодія, електромеханічні системи, протитанковий ракетний комплекс.*

**Постановка проблеми.** Сучасні протитанкові ракетні комплекси (ПТРК) на рухомих наземних носіях містять складні електромеханічні системи, найбільш важливою складовою частиною яких є електроприводи (ЕП) наведення пускової установки (ПУ). Електроприводи горизонтального та вертикального наведення ПУ забезпечують можливість швидкого перенесення вогню, високу точність влучення ПТУР в ціль, зменшення мінімальної дальності ураження цілі, скорочення часу на підготовку до пуску ПТУР, збільшення швидкості та зменшення статичних і динамічних похибок наведення ПТУР на ціль. Наявні зразки ПТРК мають достатній модернізаційний потенціал, тому задача оптимізації роботи електромеханічних систем наведення є актуальною та практично значущою.

Пристрої керування в електроприводах ПТРК за своїм типом є автоколивальними регуляторами, що широко застосовуються в зразках озброєння та методам дослідження яких присвячено широке коло праць [1,2,3]. Складовою частиною таких регуляторів є релейний блок, охоплений гнучким зворотнім зв'язком за допомогою тахогенератора, що дозволяє забезпечити пропорційне регулювання двигуном постійного струму (ДПС) в режимі частотно-широкоімпульсної модуляції. Наявність релейного блоку створює можливість застосувати в ЕП ПТРК [6,7,8,9]. алгоритми керування, оптимальні за швидкодією [1,3]. Функція переключення є загалом нелінійною і залежить від похибки регулювання та її похідної. Обґрунтування програмно-алгоритмічних засобів на основі комп'ютерного моделювання [4,5], що направлені на підвищення швидкодії ЕП ПТРК, є важливим та актуальним науково-прикладним завданням, оскільки їх реалізація покращує тактико-технічні характеристики (ТТХ).

**Мета статті.** Метою роботи є вирішення науково-прикладної задачі обґрунтування підходу до модернізації електроприводу наведення пускової установки протитанкового ракетного комплексу, що ґрунтується на синтезі нових алгоритмів керування просторовим рухом пускової установки, оптимальних за швидкодією, та покращенні експлуатаційних характеристик шляхом обґрунтованої заміни колекторної електричної машини електроприводу наведення на безконтактний електромеханічний перетворювач, на основі застосування методів оптимального керування та створення комп'ютерних моделей електроприводів.

Об'єктом досліджень є процеси в електроприводах наведення протитанкових ракетних комплексів.



Предметом досліджень є програмно-алгоритмічні засоби дослідження процесів в електроприводах систем наведення протитанкових ракетних комплексів та удосконалення методів керування.

Важливим прикладним завданням, на вирішення якого спрямована робота, є покращення експлуатаційних характеристик та підвищення швидкодії систем наведення протитанкових ракетних комплексів..

Важливим науковим завданням, на вирішення якого спрямована робота, є обґрунтування оптимальних за швидкістю алгоритмів керування систем наведення протитанкових ракетних комплексів в умовах існуючих обмежень.

**Виклад основного матеріалу.** Для вирішення поставленого завдання в роботі виконано функціонально-структурний аналіз електропривода наведення, побудована комп'ютерна модель та виконано моделювання систем автоматичного керування ЕП. Вихідною є функціональна схема ЕП, яка наведена на рис. 1. Розроблену модель існуючого ЕП, що поєднує об'єкт керування, електричний двигун, елементи системи автоматичного керування (САК) та модель пропонованого ЕП – на рис. 2. На відміну від існуючого ЕП в систему керування додатково уведено нелінійний блок Subsystem, який формує функцію переключення, що забезпечує оптимальну швидкість незалежно від початкових умов. Додатково з тією ж метою ДПС пропонується замінити на електромагнітну муфту (блок MUFT), що обертається за допомогою незалежного асинхронного двигуна з живленням від перетворювача на 400 гц. Тим самим досягається також покращення експлуатаційних характеристик шляхом обґрунтованої заміни колекторної електричної машини електроприводу наведення на безконтактний електромеханічний перетворювач. Результати моделювання існуючого та пропонованого ЕП ПТРК 9П149 наведено на рис. 3 (перехідний процес) та рис. 4 (фазовий портрет). При моделюванні враховані існуючі обмеження на потужність ЕП та кутове прискорення (динамічний момент навантаження).

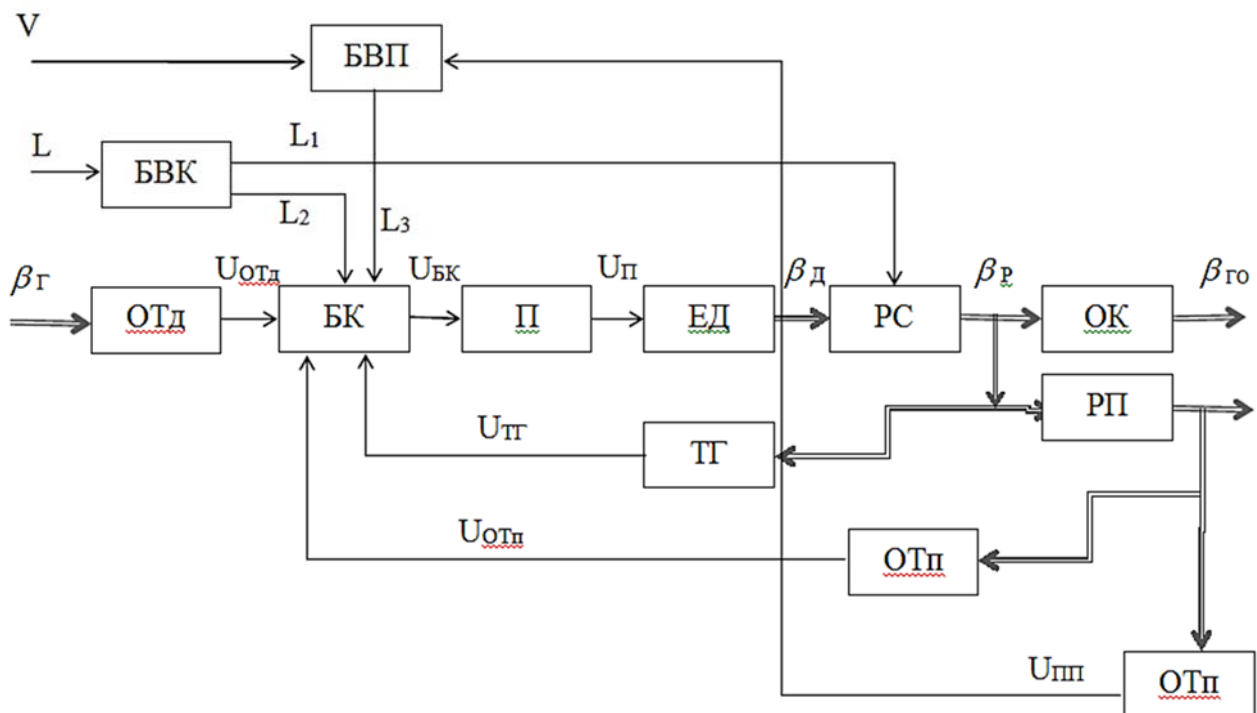


Рис. 1 – Функціональна схема ЕП ГН ПТРК 9П149.

На схемі позначені: БВК – блок вироблення команд; ОТд, ОТп – обертові трансформатори датчик та приймач; БК – блок керування; П – підсилювач; ЕД – електричний двигун постійного струму; РС-редуктор силовий; ТГ – тахогенератор; ОК – об’єкт керування (ПУ).

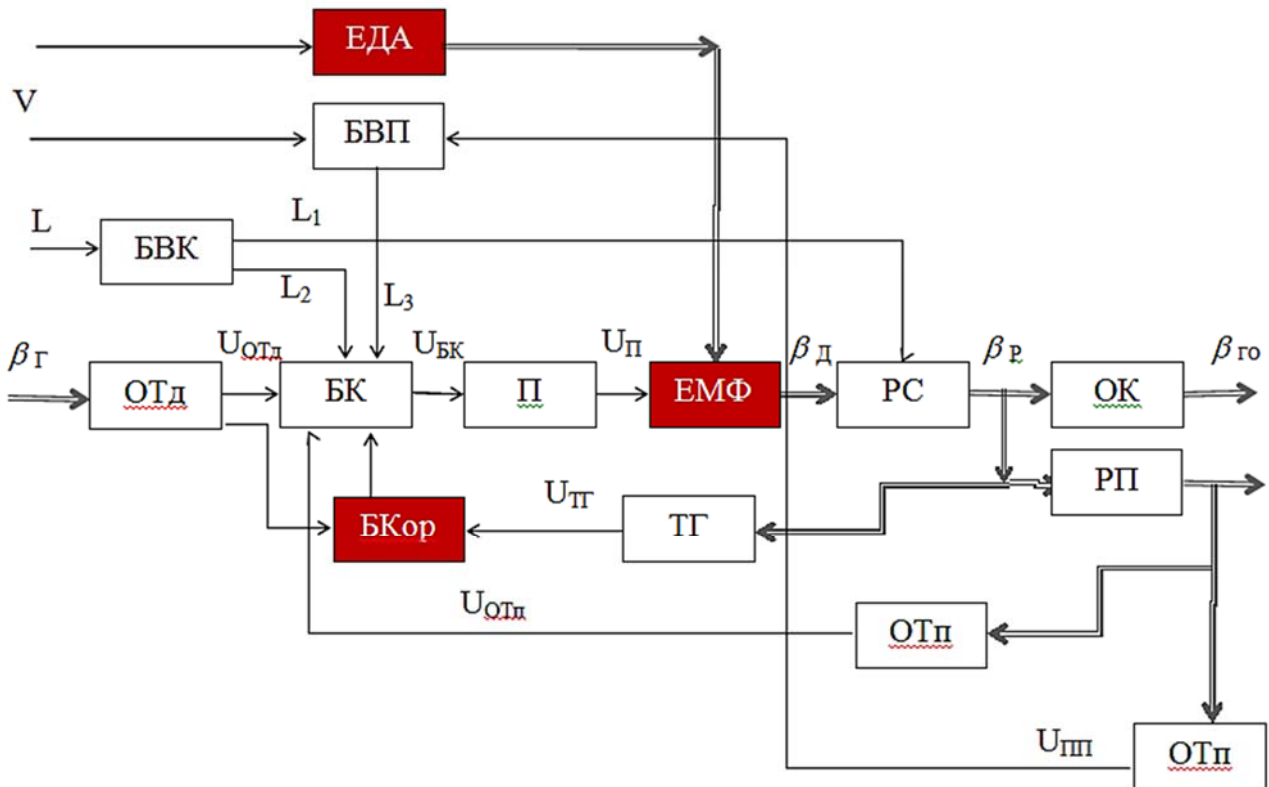


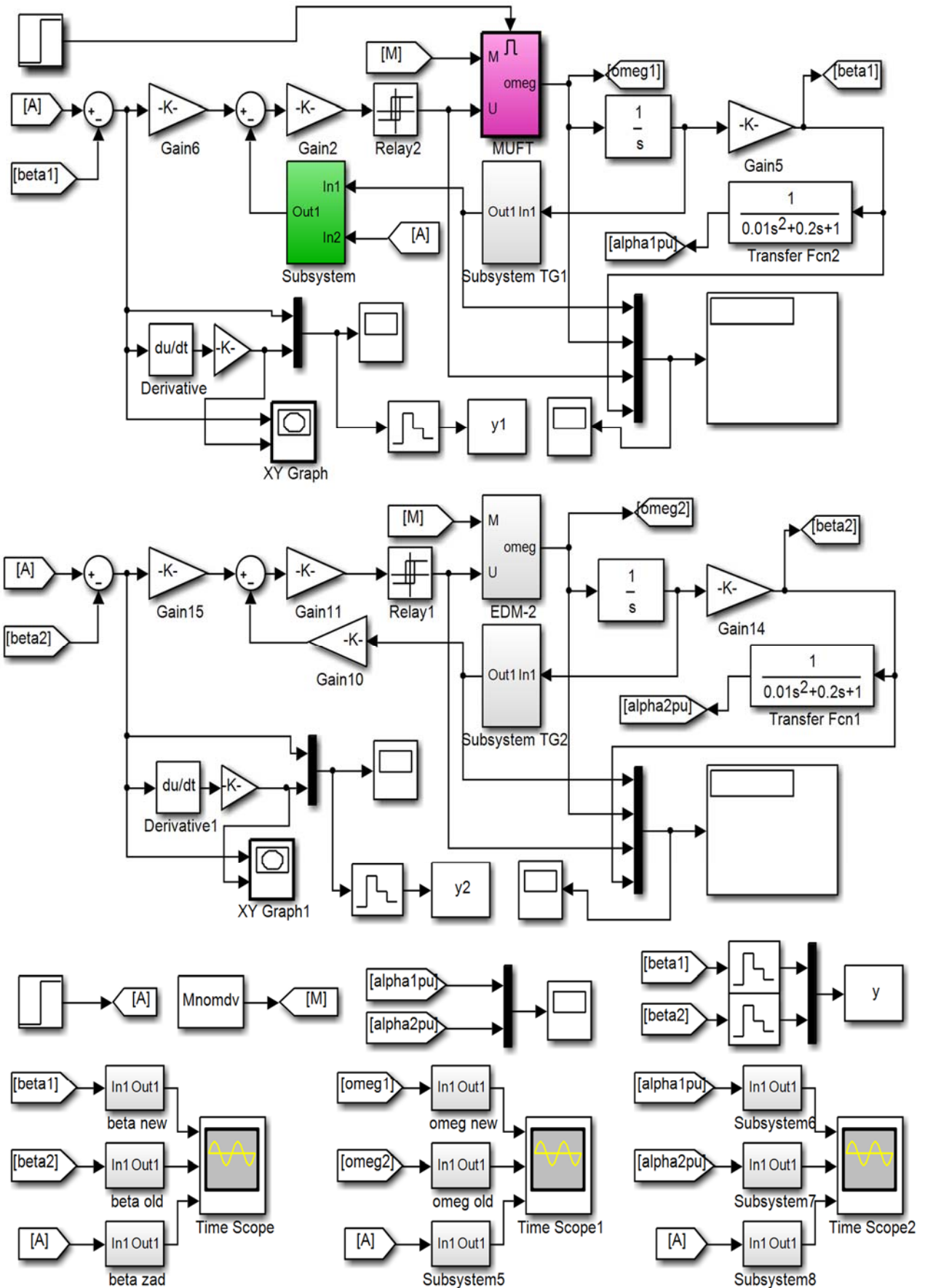
Рис. 2 – Функціональна схема пропонованого ЕП ГН ПТРК.

На схемі позначені:

ЕДА – електричний двигун асинхронний;

ЕМФ – ределектромагнітна муфта;

БКор – блок корекції.



**Рис. 3 – Схема моделювання запропонованого та існуючого ЕП ГН ПТРК 9П149. Виділено додаткові та змінені блоки**

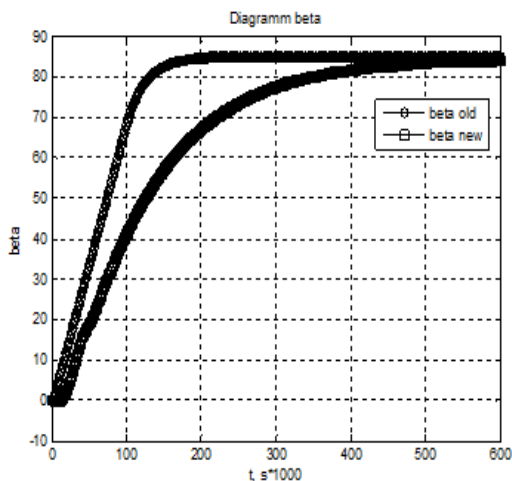


Рис. 4 – Перехідні процеси в ЕП до та після модернізації

Як видно з результатів моделювання, підвищується швидкість системи наведення, скорочується час реакції і покращуються ТТХ ПТРК, оскільки час перехідного процесу в ЕП значно скорочується.

**Висновок.** На основі застосування методів теорії оптимального керування та дослідження математичної моделі системи досягнуто мету роботи у вигляді вирішення науково-прикладної задачі обґрунтування підходу до покращенні експлуатаційних характеристик та швидкодії електроприводів систем наведення протитанкових ракетних комплексів. Отримані результати можуть сприяти покращенню тактико технічних характеристик ПТРК. Розроблені програмні засоби для комп'ютерної реалізації запропонованого підходу.

#### Список використаних джерел

1. Поповіч М.Г. Теорія автоматичного керування. / М.Г. Поповіч, О.В. Ковальчук // Навчальний посібник. – К. – Либідь, 1997. – 544 с.
2. Поповіч М.Г. та ін. Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи: Навч. посібник – К.: Либідь, 2005. – 680 с.
3. Жукова Н.В. та ін. Сучасна теорія керування динамічних систем // Навч. посібник. – Донецьк, – ДонНТУ. 2013 – 292 с.
4. R.C. Dorf, R.H. Bishop., *Modern Control Systems* // Prentice Hall– 2004. – 832 с.
5. Лозинський А.О., Мороз В.І., Паранчук Я.С. Розв'язання задач електромеханіки в середовищах MathCAD і MATLAB / Навчальний посібник. – Львів: Вид-во ДУ «Львівська політехніка», 2000. – 166 с.
6. Миргород В.Ф. Розробка методик проектування та моделювання систем наведення з урахування динаміки об'єкта стеження / В.Ф. Миргород, П.О. Акінін, Є.О. Щербенко // Оптимальне управління та експлуатація електроприводів спеціальних установок. Збірник праць наукового семінару. – Одеса: Наука і техніка, 2015. – С. 11-16
7. Пушкарьов Ю. І. Основи будови та експлуатації самохідних протитанкових ракетних комплексів (9П148 «Конкурс»): навч. посіб. / Ю. І. Пушкарьов, А. Й. Дерев'янчук, А. О. Вакал. – Суми: Сумський державний університет, 2016. – 349 с.
8. Гуменюк Г. Системи наведення протитанкових ракетних комплексів і противодействие ім. Г. Гуменюк, В. Евдокимов, В. Ребриков // Защита и безопасность. Противодействие терроризму. – 2006. – № 2. – С. 56–58.
9. Растопшин М. Особливості розвитку закордонних ПТРК /М. Растопшин//Техника и вооружение. – 2002. – № 1.

**Науковий керівник:** Гвоздева І.М., д.т.н., проф., Військова академія(м. Одеса)

**Рецензент:** Пічугін Е.Д., к.т.н., проф., Одеський національний політехнічний університет, м. Одеса, Україна

## ВИМОГИ ДО СТАТЕЙ

для публікації в збірнику наукових праць курсантів і студентів Військової академії (м. Одеса)  
«Національна безпека України»

### Вимоги до змісту статей

За змістом стаття, яка подається до редакції, повинна відповідати профілю підготовки за спеціальністю, є самостійним науковим дослідженням, має внутрішню єдність і відображає хід і результати розробки обраної теми. Стаття повинна відповідати сучасному рівню розвитку науки, відобразити як загальнонаукові, так і спеціальні методи наукового пізнання, правомірність, містити принципово новий матеріал, наводити вагомий й переконливий докази на користь обраної теми та тематиці збірника («Національна безпека України. Збірник наукових праць курсантів і студентів»). Мови статті: українська, російська, англійська.

### **Вимоги до структурних елементів статті**

**Анотація:** коротка характеристика роботи мовою основного тексту, що містить перелік основних питань статті.

**Ключові слова:** певні слова з тексту, за якими може вестися пошук наукової статті в мережі Інтернет та здатні надати уявлення про зміст пропонованої статті, оптимальний обсяг 5-8 слів – шрифт Times New Roman, кегль 11, курсив, пропускається рядок.

**Постановка проблеми:** сутність наукової проблеми, її значення, підстави й вихідні дані для розробки теми, стан розробленості, обґрунтування необхідності проведення дослідження.

**Актуальність проблеми:** формулюється доцільність роботи для розвитку відповідної галузі науки шляхом аналізу та порівняння з відомими рішеннями проблеми.

**Мета статті і завдання,** які необхідно вирішити для досягнення поставленої мети.

**Виклад основного матеріалу:** огляд спеціальної літератури, методи дослідження, використані для досягнення мети; матеріал дослідження і його обсяг; наукова новизна; практичне значення одержаних результатів.

**Висновки** мають містити стисле викладення теоретичних і практичних результатів, що отримані автором, а також обґрунтування перспектив проведення подальших досліджень.

**Список використаних джерел** складають відповідно до чинних стандартів з бібліотечної та видавничої справи ДСТУ ГОСТ 7.1:2006. Бібліографічні описи документу. Загальні вимоги і правила складання.

### **Вимоги до набору та оформлення статей**

1. Обсяг: комп'ютерний набір – 4–10 сторінок машинописного тексту, формат аркуша А4, розмір полів: зверху – 2,5 см, знизу – 2,5 см, ліве – 2 см, праве – 2 см. Сторінки не нумеруються.

2. УДК – шрифт Times New Roman, кегль 11, вирівнювання по лівому полю без абзацного відступу. Пропускається рядок.

3. Автор (ініціали та прізвище), зазначити статус (курсант, студент, магістрант), – шрифт Times New Roman, кегль 11, напівжирний, прямий, вирівнювання по лівому полю без абзацного відступу. Решта авторів оформлюється так само з нової строки. Немає пропуску рядка.

4. Назва організації – місце навчання, роботи або служби автора (авторів), Times New Roman, кегль 11, курсив, вирівнювання по лівому полю без абзацного відступу. Також зазначається місто, де знаходиться ВНЗ (якщо в назві закладу є назва міста, то не потрібно зазначати). Якщо автори статті з різних навчальних закладів (установ), то належність кожного визначається за допомогою надстрокового позначення цифрами. Пропускається рядок.

5. Назва статті – шрифт Times New Roman, кегль 11, великі напівжирні літери, вирівнювання по центру без абзацного відступу, пропускається рядок.

6. Анотація (мовою основного тексту статті, обсяг – до 5 рядків) – шрифт Times New Roman, кегль 11, курсив, вирівнювання за шириною, абзацний відступ 0,75 см, міжрядковий інтервал одинарний.

7. Ключові слова – шрифт Times New Roman, кегль 11, курсив, пропускається рядок.

8. Текст статті розташовується у один стовпчик, відступ першого рядка абзацу – 0,75 см, вирівнювання – за шириною, шрифт Times New Roman, кегль 11, накреслення пряме, міжрядковий інтервал одинарний.

Відступ підзаголовків, структурних елементів статті, таблиць, рисунків, формул, від тексту зверху 6 пт, знизу 6 пт.

Посилання на літературу (джерела інформації) зі списку використаних джерел вказується у квадратних дужках, за необхідності з визначенням сторінки, наприклад [3, с. 54–55].

*Забороняється для форматування тексту статті використовувати пропуски, табуляцію і т.п, а також встановлювати ручне перенесення.*

*Між значеннями величини та значенням одиниць її виміру обов'язково використовувати нерозривний пропуск (Ctrl+Shift+пропуск).*

9. Набір формул – редактор формул Microsoft Equation:

– змінні, латинські літери – курсив, Times New Roman;

– стандартні математичні функції, цифри, українські (російські) літери – накреслення пряме, Times New Roman;

– матриці, вектори – напівжирний, накреслення пряме, Times New Roman;

– грецькі літери, символи – накреслення пряме, Symbol.

Розміри: звичайний індекс 11 пт, великий індекс 7 пт, малий індекс 6 пт, великий символ 14 пт, малий символ 11 пт.

Виключення становлять ті символи операторів, що набираються прямим шрифтом, наприклад, диференціала  $d$ , оператора Лапласа  $p$ , уявної одиниці  $j$  або  $i$ , основи натуральних логарифмів  $e$  і стандартних функцій, наприклад,  $\cos$ ,  $\arctg$ ,  $\ln$ ,  $\lg$ ,  $\text{sign}$  і т.п. У десяткових дробах ціла частина відділяється комою (а не крапкою).

Формули центрують, а ті, на які є посилання – нумерують. Номери формул вказують у круглих дужках і вирівнюють по правому полю сторінки.

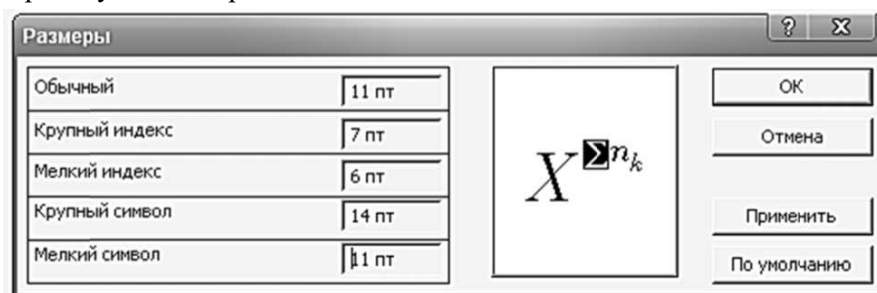
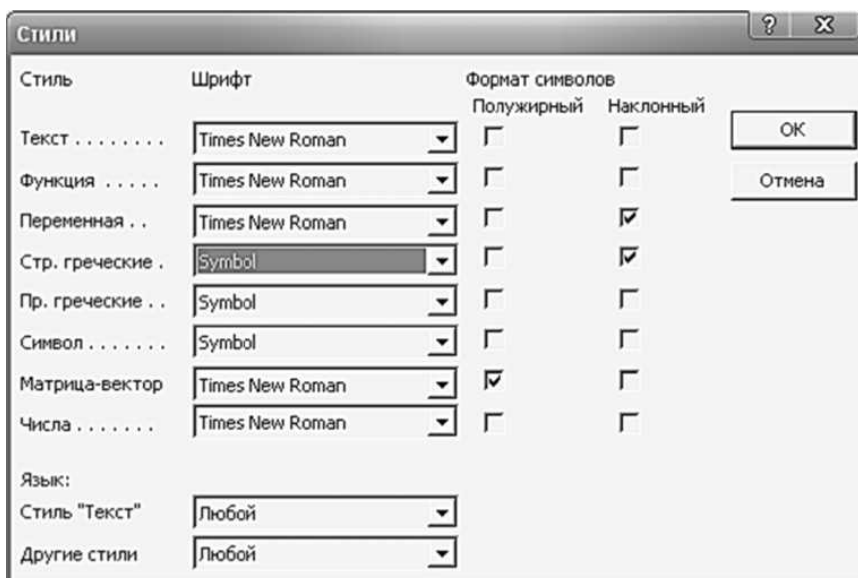


Рис. 1. Параметры для размеров шрифта в Microsoft Equation



**Рис. 2. Стили та гарнітури в Microsoft Equation**

Забороняється використовувати для набору формул графічні об’єкти, кадри й таблиці.

Наприклад:

Значення суми квадратів відхилень визначають за виразом:

$$Q_x = \left[ \sum_{ij}^{pq} (\sum_k^n X_{ijk})^2 \right] / n - H, \tag{1}$$

де  $(\sum_k^n X_{ijk})^2$  – квадрат суми чисел кожного  $ij$ -го члена дисперсійної системи;

$H$  – середнє значення квадрату суми чисел.

Таблиця, як правило, розташовується під текстом після першого згадування або на наступній сторінці. Якщо таблиця виходить за формат сторінки, її розділяють на частини, при цьому в кожній частині повторюють заголовок таблиці.

Слово «Таблиця» вказують курсивом один раз праворуч над заголовком таблиці, над іншими частинами пишуть «Продовження таблиці» зі вказівкою її номера. Назву таблиці вказують по центру рядка жирним шрифтом без крапки в кінці. До і після назви таблиці встановлюють інтервали у 6 пт.

На кожену таблицю має бути посилання у тексті статті.

Наприклад:

Таблиця 1

**Результати експериментальних досліджень**

| Зразки | Тривалість, хв. |     |     |     |
|--------|-----------------|-----|-----|-----|
|        | 20              | 30  | 40  | 50  |
| Перший | 2,1             | 3,4 | 3,8 | 4,5 |
| Другий | 2,4             | 3,1 | 4,0 | 4,8 |
| Третій | 2,2             | 3,5 | 3,9 | 4,6 |

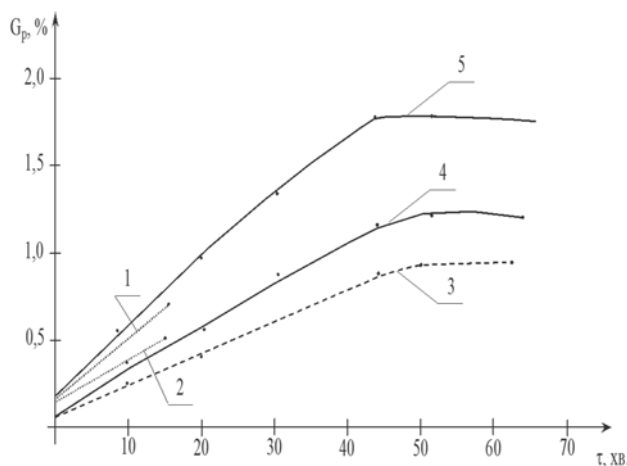
Рисунки, діаграми і графіки створюються чорно-білими. Допускається використання діаграм і графіків Microsoft Excel у градаціях чорного. Максимальний розмір поля рисунку за шириною не має перевищувати 160 мм.

На кожний рисунок у тексті статті має бути посилання. Рисунки подаються одразу після посилання на них в дужках, наприклад, (рис. 1) або в тексті, наприклад, «...як показано на рис. 3».

Рисунки нумерують і підписують – шрифт Times New Roman, кегль 10, напівжирний, вирівнювання – по центру. Розшифрування позначень роблять перед назвою рисунка курсивом. Перед і після назви рисунка – інтервал 6 пт. Підписи під рисунком, номери та назви сканованих рисунків виконують лише у редакторі Microsoft Word, а не сканують разом з рисунком.

Не допускаються кольорові та фонові рисунки.

Наприклад:



1 – контрольний зразок № 1; 2 – контрольний зразок № 2; 3 – контрольний зразок № 3; 4 – контрольний зразок № 4; 5 – контрольний зразок № 5

**Рис. 2 – Експериментальні дослідження**

1. Бібліографічний список виділяється підзаголовком «Список використаних джерел» (шрифт Times New Roman, кегль 12, прямий, напівжирний) та оформлюється згідно із міждержавним стандартом ДСТУ ГОСТ 7.1:2006 (шрифт Times New Roman, кегль 11, курсив).

2. Наводяться відомості про наукового керівника: ПІБ, наукова ступінь, вчене звання, посада, назва організації, місто та країна – шрифт Times New Roman, кегль 11.

3. Наводяться відомості про рецензента (ПІБ, науковий ступінь, вчене звання, посада, назва організації, місто та країна) – шрифт Times New Roman, кегль 11, пропускається рядок.

4. На адресу редколегії (65009, м. Одеса, вул. Фонтанська дорога, 10) на CD (CD-R, CD-RW) або на e-mail: [zbirnyk\\_kursanta.vaodesa@ukr.net](mailto:zbirnyk_kursanta.vaodesa@ukr.net) надсилається:

стаття, оформлена згідно наведених вимог в електронному вигляді, редактор Word Microsoft 97 (або пізніші версії) та у вигляді формату pdf, назва файлу за прізвищем автора (або першого зі списку авторів, наприклад, Шевченко.doc);

рецензія на статтю (якщо висилається на електронну адресу, сканована копія з печаткою установи);

дані про автора (авторів) статті: прізвище, ім'я, по-батькові, посада (організація, заклад), місто та країна, контактний телефон, e-mail. Подається на окремому аркуші зі статтею (у паперовому вигляді), при наданні статті в електронному вигляді, дані про автора (авторів) подаються наприкінці статті на окремому аркуші.

Автор статті несе відповідальність за правильність і достовірність викладеного матеріалу, належність останнього йому особисто, точність викладених у роботі фактів (даних) та якість перекладу цитат з іншомовних джерел (за наявності).



Наукове видання

**НАЦІОНАЛЬНА БЕЗПЕКА УКРАЇНИ**  
Збірник наукових праць курсантів і студентів

**Випуск 3**

Редактори *Кравчук О.І., Набок В.К., Франчук Ю.В.*  
Комп'ютерна верстка *Кучерук К.М.*

Адреса редакції: 65009, м. Одеса, вул. Фонтанська дорога, 10,  
Військова академія (м. Одеса) Тел.: (0482) 63-76-60,  
E-mail: [zbirnyk\\_kursanta.vaodesa@ukr.net](mailto:zbirnyk_kursanta.vaodesa@ukr.net)

*Надруковано з готового оригінал-макета  
у друкарні Військової академії (м. Одеса)*

---

Підписано до друку 23.04.2020 р.  
Формат 297х420/2. Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman.  
Авт.арк. – 9,54. Обл.вид.арк. –9,64. Друк.арк. – 105,00. Ум.друк.арк. – 24,15.  
Замовлення № 525 РВВ ВА 2018. Наклад 100 прим.

