

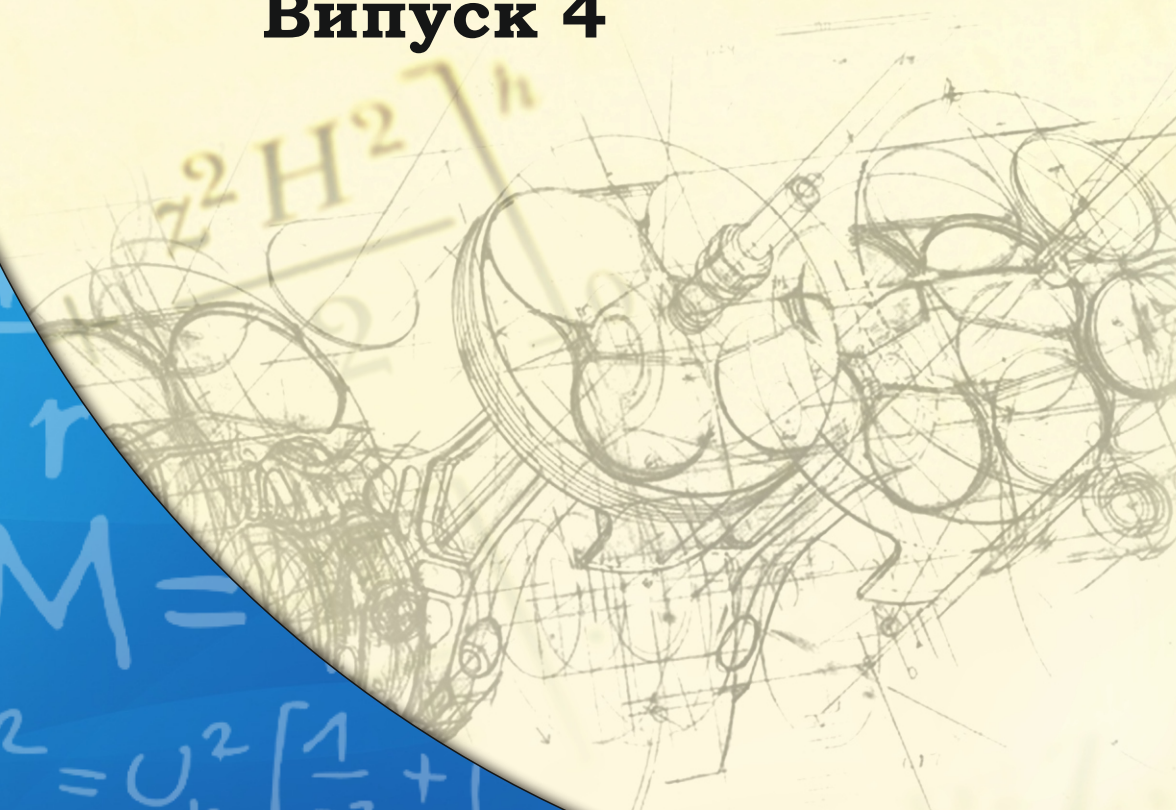


**МІНІСТЕРСТВО ОБОРОНИ УКРАЇНИ**  
**ВІЙСЬКОВА АКАДЕМІЯ (м. ОДЕСА)**

# **НАЦІОНАЛЬНА БЕЗПЕКА УКРАЇНИ**

**Збірник наукових праць  
курсантів і студентів**

**Випуск 4**



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



*Заснований у 2018 році*

# **НАЦІОНАЛЬНА БЕЗПЕКА УКРАЇНИ**

Збірник наукових праць  
курсантів і студентів

## **Випуск 4**

Рекомендовано до друку та поширення через мережу Інтернет Вченою радою  
Військової академії (м. Одеса)  
(Протокол від 30.03.2021 № 6)

Одеса  
2021

---

УДК 355.001.89(045)(477)

Н 35

**Національна безпека України.** Збірник наукових праць курсантів і студентів. – Одеса: ВА, 2021. – Вип. 4. – 278 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**

**РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:**

**Засновник:**

Військова академія (м. Одеса)

**Адреса редакції:**

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

**Е-mail редколегії:**

conference\_nauka@vaodesa.mil.gov.ua

**Офіційний сайт академії:**

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

**Телефони для контактів:**

тел./факс (0482)\*63-76-60  
дод. 4-05, 1-15

**Голова** – Гуляк О.В., к.ю.н. доц.

**Заступник голови** – Лісовенко Д.В., к.т.н., доц.,

**Члени колегії** – Скачков В.В. д.т.н., проф.,

Дем'янчук Б.О., д.т.н., проф.,

Головань В.Г., к.т.н., проф.,

Кнауб Л.В., д.т.н., проф.,

Братченко Г.Д., д.т.н, проф.,

Маслій О.М., д.пед.н., с.н.с.,

Гончарук А.А., к.т.н., с.н.с.,

Нікул С.О., к.т.н., доц.,

Лисий О.В., к.т.н., доц.,

Клименко В.М., к.військ.н., доц.,

Ярмолюк В.М., к.т.н, доц.

Ісмаїлова Н.П. д.т.н.

Оленєв В.М., к.військ.н., проф.

Горліченко М.Г., к.пед.н., доц.,

Єфимчиков О.М., к.т.н., доц.,

Паскалова М.І., к.філос.н.,

Бурдейна Н.М., к.е.н.,

Янюк С.В., к.н. держ.упр.

**Відповідальний секретар** – Франчук Ю.В.,

к.психол.н., с.н.с.

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 вищів України, тому потребують лояльного ставлення.

## ЗМІСТ

<b>Баєв Д., Умінський С.</b> РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ГІДРООБЛАДНАННЯ ШЛЯХОМ НАНОКОМПОЗИЦІЙНОГО ЕЛЕКТРОЛІТИЧНОГО ЗАЛІЗНЕННЯ.....	8
<b>Баранський О.</b> УДОСКОНАЛЕННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ТРАНСПОРТНОГО РОБОТА ДЛЯ МІСЦЬ ЗБЕРІГАННЯ БОСПРИПАСІВ.....	10
<b>Бенедичук О.</b> РОЗРОБКА ПРОПОЗИЦІЙ З УДОСКОНАЛЕННЯ РУХОМИХ РЕМОНТНИХ ЗАСОБІВ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РЕМОНТУ ВІЙСЬКОВОЇ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ В ХОДІ БОЙОВИХ ДІЙ.....	11
<b>Бень В., Онищенко О.</b> УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ САМОХІДНОЇ АРТИЛЕРІЙСЬКОЇ УСТАНОВКИ.....	14
<b>Борідченко С., Горбов Є., Трушков Г.</b> СТАН ЗЕНІТНО–РАКЕТНИХ КОМПЛЕКСІВ ТА ПЕРСПЕКТИВНІ ШЛЯХИ ЇХНЬОГО РОЗВИТКУ.....	18
<b>Вечера О., Галкін А.</b> РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСОБІВ УРАЖЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ УДАРНОГО ЯДРА.....	20
<b>Виноградова І.</b> РОЗРОБКА ПРОПОЗИЦІЙ З ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЛАНУВАННЯ ТЕХНІЧНОЇ РОЗВІДКИ.....	23
<b>Воронченко О., Подуфалов М.</b> РОЗРОБКА МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БОЙОВИХ ДІЙ омбр ВАТ ТА МАЙНОМ..	27
<b>Горбов Є., Борідченко С., Трушков Г.</b> АНАЛІЗ СТАНУ ПРОТИТАНКОВИХ РАКЕТНИХ КОМПЛЕКСІВ ТА ПЕРСПЕКТИВНІ ШЛЯХИ ЇХНЬОГО РОЗВИТКУ.....	32
<b>Григор'єв Д., Гордішевський Л.</b> РОЗРОБКА КОНЦЕПТУАЛЬНИХ ВИМОГ ДО ЗАСОБІВ БОРОТЬБИ БЕСПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ ЗАСОБІВ НА АРСЕНАЛАХ, БАЗАХ ТА СКЛАДАХ.....	34
<b>Грищенко І., Булгаков Р., Будур О.</b> РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ ДО ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ ВИМІРЮВАННЯ ДАЛЬНОСТІ ПЕРСПЕКТИВНОГО ЗГРК МАЛОЇ ДАЛЬНОСТІ.....	38
<b>Дрогін В., Зінкевич В.</b> ЗАСТОСУВАННЯ ІМПУЛЬСНИХ РЕВЕРСИВНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ НАПРУГИ ЯК НАПРЯМОК МОДЕРНІЗАЦІЇ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ВІЙСЬКОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ.....	46
<b>Жирний А.</b> МЕТОД ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ В УМОВАХ БЕЗПОВОРОТНИХ ВТРАТ ЗРАЗКІВ ОЗБРОСННЯ.....	48
<b>Жупанов А., Коньков К.</b> МЕТОДИ АВТОМАТИЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ БМ-21 ШЛЯХОМ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ ДАТЧИКІВ СТАНУ СТРУМУ ТА АПАРАТНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ОБРОБКИ ДАНИХ.....	50
<b>Закусило А.О., Сергєєв О.</b> ОБґРУНТУВАННЯ ВИМОГ ДО СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ НАВЕДЕННЯ ПАКЕТУ НАПРЯМНИХ РСЗВ.....	54

<b>Зябров С., Пересипко С., Гордійчук О. Гвоздева І.</b> ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ ПОКРАЩЕННЯ ТАКТИКО – ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ НАВЕДЕННЯ ЗЕНІТНИХ ТА ПРОТИТАНКОВИХ РАКЕТНИХ КОМПЛЕКСІВ.....	57
<b>Каргель Є.</b> АНАЛІЗ АКТУАЛЬНОСТІ БОЄПРИПАСІВ ОБ'ЄМНОГО ВИБУХУ.....	61
<b>Ковтун М.</b> ФАКТОРИ, ЯКІ ВПЛИВАЮТЬ НА ЛОГІСТИЧНІ ПОТОКИ ЩОДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БОЄПРИПАСАМИ У ЗОНІ ПРОВЕДЕННЯ ОПЕРАЦІЇ ОБ'ЄДНАНИХ СИЛ.....	64
<b>Когут О., Коньков К.</b> МЕТОД КЕРУВАННЯ ДВИГУНОМ ПОСТІЙНОГО ТА ЗМІННОГО СТРУМУ З ВИКОРИСТАННЯМ ВІБРАЦІЙНОЇ ЛІНЕАРИЗАЦІЇ І ЗМЕНШЕННЯ СТАТИЧНИХ ПОМИЛОК ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ПРИВОДІВ РЕАКТИВНИХ СИСТЕМ ЗАЛПОВОГО ВОГНЮ.....	77
<b>Колесников В., Сініло Ю.</b> ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ДІЇ ЗАСОБІВ УРАЖЕННЯ ТА БОЄПРИПАСІВ.....	80
<b>Коломієць Б.</b> АНАЛІЗ ІСНУЮЧОЇ СИСТЕМИ АВТОТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БОЙОВИХ ДІЙ ВІЙСЬКОВОЇ ЧАСТИНИ В ОСОБЛИВИХ УМОВАХ.....	83
<b>Куліш А., Бордіян В.</b> ОБҐРУНТУВАННЯ ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДІЇ КІНЕТИЧНИХ БРОНЕБІЙНИХ БОЄПРИПАСІВ.....	85
<b>Кулик А., Маханьков В.</b> ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ РЕМОНТУ ПОШКОДЖЕНИХ МАШИН В ХОДІ БОЙОВИХ ДІЙ.....	89
<b>Лащо Д., Коваль А., Букарос А.</b> ОПТИМАЛЬНЕ НАЛАШТУВАННЯ ПОЗИЦІЙНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ СИСТЕМИ НАВЕДЕННЯ ЗРАЗКІВ РАКЕТНО-АРТИЛЕРІЙСЬКОГО ОЗБРОЄННЯ.....	93
<b>Лещина О., Гордішевський Л.</b> ШЛЯХИ МОДЕРНІЗАЦІЇ СТАНЦІЇ НАЗЕМНОЇ АРТИЛЕРІЙСЬКОЇ РОЗВІДКИ СНАР-10.....	97
<b>Луцик Р., Малишкін О.</b> ОБҐРУНТУВАННЯ ВИМОГ ДО ПЕРСПЕКТИВНОЇ АРТИЛЕРІЙСЬКОЇ СИСТЕМИ.....	102
<b>Майборода А., Дехтяренко К.</b> РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО УДОСКОНАЛЕННЯ ТАКТИКО – ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК АРТИЛЕРІЙСЬКИХ ЗВУКОМЕТРИЧНИХ КОМПЛЕКСІВ.....	106
<b>Маханьков В., Мальцев О., Бабій М.</b> ПІДВИЩЕННЯ ТЕХНІЧНОЇ ЖИВУЧОСТІ ВІЙСЬКОВОЇ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ СПОСОБАМИ І ЗАСОБАМИ ЗАХИСТУ ОСОБОВОГО СКЛАДУ ВІД ВРАЖАЮЧИХ ФАКТОРІВ ЗБРОЇ ПРОТИВНИКА.....	111
<b>Маханьков В., Мальцев О., Бородачук В.</b> РОЗРОБКА ПРОПОЗИЦІЙ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ ВІЙСЬКОВОЇ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ПІД ЧАС БОЙОВИХ ДІЙ.....	114
<b>Маханьков В., Мальцев О., Книш М.</b> РОЗРОБКА ПРОПОЗИЦІЙ ДЛЯ ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ В ЗОНАХ ОПЕРАЦІЇ ОБ'ЄДНАНИХ СИЛ.....	119

<b>Молнар Р.</b> РОЗРОБКА ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНИХ ПРОПОЗИЦІЙ ДЛЯ ЗБІЛЬШЕННЯ СТІЙКОСТІ РУХУ ВІЙСЬКОВИХ АВТОМОБІЛІВ ПІД ЧАС ПЕРЕВЕЗЕННЯ РІДИННИХ ВАНТАЖІВ ПО ГРУНТОВИМ ТА ПІЩАНИМ ДОРОГАМ.....	123
<b>Олейніков В., Герєга О.</b> ПРОГНОЗУВАННЯ ДЕГРАДАЦІЇ ЕЛЕКТРОННОГО ОБЛАДНАННЯ ЗЕНІТНИХ РАКЕТНИХ КОМПЛЕКСІВ МЕТОДАМИ ТЕОРІЇ ПРОТІКАННЯ.....	125
<b>Оленєв М., Коваленко Я.</b> РОЗРОБКА ПРОПОЗИЦІЙ ДЛЯ ПРИСКОРЕННЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ ВІЙСЬКОВОГО АВТОМОБІЛЬНОГО МАЙНА В РАЙОН БОЙОВИХ ДІЙ ПІДРОЗДІЛІВ ДЕСАНТНО-ШТУРМОВИХ ВІЙСЬК.....	129
<b>Пашенко В., Бабкіна К.</b> РОЗРОБКА ПРОПОЗИЦІЙ ПО ПІДВИЩЕННЮ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВІЙСЬКОВОЇ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ З МЕТОЮ ЗБІЛЬШЕННЯ ПРОБИГУ АВТОМОБІЛЬНИХ ШИН ДО ЇХ СПИСАННЯ.....	133
<b>Петренко В., Коньков К.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ УНІВЕРСАЛЬНОЇ ТУРЕЛЬНОЇ УСТАНОВКИ З ПКТ, ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ, СЛІДКУЮЧОЮ ТЕЛЕВІЗІЙНОЮ СИСТЕМОЮ І ОРГАНІЗАЦІЄЮ ЦИКЛУ ЗАМКНУТОГО ВОГНЮ.....	136
<b>Петров Л., Рабош О.</b> РОЗРОБКА ПРОПОЗИЦІЙ ДО СТВОРЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ВІЙСЬКОВОГО АВТОМОБІЛЯ З НАКОПИЧЕННЯМ ЕНЕРГІЇ ОБЕРТАННЯ КОЛІСНОГО РУШІЯ.....	139
<b>Півень Є., Будур О.</b> АНАЛІЗ УМОВ ФУНКЦІОНУВАННЯ БРОНЕБІЙНИХ КУЛЬ І СЕРДЕЧНИКІВ ПРИ ПРОБИТТІ ПЕРЕШКОДИ.....	143
<b>Підгурний Н., Герєга О.</b> РОЗРАХУНОК ВТРАТ ЕНЕРГІЇ В ОСЕРДІ МАГНІТОПРОВІДІВ ЗРАЗКІВ РАО ПРИ ДОВІЛЬНИХ ТОКАХ НАМАГНІЧУВАННЯ.....	149
<b>Підручний О., Ступак О., Артемов В.</b> РОЗРОБКА ПРОПОЗИЦІЙ ДЛЯ ЕКСПРЕС ДІАГНОСТИКИ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ КОЛІСНИХ АВТОМОБІЛІВ.....	153
<b>Піщиць Д., Загородній В.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ ВОЄННОГО АВТОМОБІЛЯ З ПРИЧЕПОМ У РІЗНИХ РЕЖИМАХ РУХУ.....	156
<b>Подольський В., Гордішевський Л.</b> РОЗРОБКА НАВЧАЛЬНО-ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДУ ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕНЕРАТОРІВ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ ЗРАЗКІВ РАО.....	163
<b>Подуфалова Л.</b> РОЗРОБКА ПРОПОЗИЦІЙ ЩОДО ЗБІЛЬШЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ЕВАКУАЦІЇ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ПІД ЧАС БОЙОВИХ ДІЙ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМИ “MULTILIFT”.....	166
<b>Поліщук В., Самуйлік М.</b> ЕКОНОМІЧНА БЕЗПЕКА АГРАРНИХ ПІДПРИЄМСТВ ЯК ЗАСІБ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАЦІОНАЛЬНИХ ІНТЕРЕСІВ.....	171
<b>Походня С.</b> ДОЦІЛЬНІ ШЛЯХИ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАВДАННЯ СТАТИСТИЧНОГО ПРОГНОЗУВАННЯ ДИНАМІКИ ЗМІН ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВТОМОБІЛІВ З МЕТОЮ СВОЄЧАСНОГО ЗБІЛЬШЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ТЕХНІЧНОЇ ГОТОВНОСТІ ЇХ ПАРКУ.....	174

<b>Риштун П., Ісмаїлова Н.</b> ТРИВИМІРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЗУБЧАТОГО ЗАЧЕПЛЕННЯ АРТЕЛЕРІЙСЬКОГО ОЗБРОЄННЯ.....	177
<b>Рудичик А., Тригуб В., Беліков В.</b> ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ АВТОНОМНИХ ПЛАТФОРМ НАЗЕМНОЇ БОЙОВОЇ РОБОТИЗОВАНОЇ ТЕХНІКИ НАТО ЗБРОЙНИМИ СИЛАМИ УКРАЇНИ.....	181
<b>Собко М., Босий О.</b> РОЗРОБКА ВИМОГ ДО БАЛІСТИЧНИХ РАКЕТ КЛАСУ «ЗЕМЛЯ-ЗЕМЛЯ» З ДАЛЬНОСТЮ ДІЇ ДО 150 КІЛОМЕТРІВ.....	188
<b>Соколов О., Умінський С.</b> РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЙ ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ДЕТАЛЕЙ ГІДРАВЛІЧНИХ СИСТЕМ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТАЛООРГАНІЧНИХ СПОЛУК.....	192
<b>Суханюк М.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЦИЛІНДРО-ПОРШНЕВОЇ ГРУПИ ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ.....	194
<b>Суханюк М.</b> РОЗРОБКА МЕТОДУ ПРОГНОЗУВАННЯ ПРОЦЕСУ ЗМІН ПОКАЗНИКІВ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВТОМОБІЛЬНИХ БАЗОВИХ ШАСІ.....	197
<b>Тарченко Р., Іванов Т.</b> РОЗРОБКА МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ КУМУЛЯТИВНИХ СНАРЯДІВ.....	203
<b>Тихонюк І.С.</b> АКТИВНИЙ ЗАХИСТ ТАНКІВ: ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ.....	207
<b>Топченко А., Масліч Н.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК 122 ММ. ГАУБИЦІ Д-30.....	218
<b>Трусов Б., Головань А., Будур О.</b> СИСТЕМА ОХОРОНИ АРСЕНАЛІВ, БАЗ, СКЛАДІВ З БОЄПРИПАСАМИ.....	219
<b>Турчанов В., Кушнарєва Г.</b> ОБГРУНТУВАННЯ РОЗРАХУНКІВ ТЕХНІЧНИХ СПОРУД ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ ЗРАЗКІВ РАО ТА БОЄПРИПАСІВ.....	224
<b>Угольніков О., Войтович Б.</b> ВПРОВАДЖЕННЯ НОВІТНІХ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ЗБІЛЬШЕННЯ ПОКАЗНИКІВ БЕЗАВАРІЙНОСТІ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ НА МАРШІ.....	228
<b>Цебеняк М., Букарос А.</b> МОДЕЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНИХ РЕЖИМІВ УСТАТКУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ ЗВУКОМЕТРИЧНИХ КОМПЛЕКСІВ.....	231
<b>Чемериський. Д.</b> УДОСКОНАЛЕННЯ ВПЛИВУ ПЕРЕДАВАЛЬНИХ ЧИСЕЛ ТРАНСМІСІЇ НА ТЯГОВО- ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ВІЙСЬКОВИХ АВТОМОБІЛІВ.....	236
<b>Чернишов С., Верламов О.</b> ВИЗНАЧЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ ШВИДКОТІ РУХУ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАСПОРТУ У ПРОЦЕСІ ДОСТАВКИ ЗАСОБІВ АВТОТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧИННЯ.....	238
<b>Шабанов К., Малишкін О.</b> РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСОБІВ УРАЖЕННЯ ОСКОЛКОВОЇ ДІЇ.....	243

---

<b>Дем'янчук Б., Шавейко В.</b> МЕТОД ПОРІВНЯННЯ ПОТРІБНИХ І НАЯВНИХ РЕМОНТНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БОЙОВОГО ЗАСТОСУВАННЯ ОЗБРОЄННЯ <i>омбр</i> .....	248
<b>Швестко А., Бордіян П.</b> РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ВИСОКОЕФЕКТИВНИХ ПОРОХІВ ЛАКОВОГО ТИПУ ДО СТРІЛЕЦЬКОЇ ЗБРОЇ.....	251
<b>Швець М.</b> РОЗРОБКА МЕТОДИКИ УДОСКОНАЛЕННЯ ЗАХОДІВ ДЛЯ ЗБЕРЕЖЕННЯ ЗАЛИШКОВОГО НОРМОВАНОГО РЕСУРСУ ЗРАЗКІВ АВТОМОБІЛІВ ТРАНСПОРТНОЇ ГРУПИ ВІЙСЬКОВОЇ ЧАСТИНИ.....	255
<b>Юсибов Р., Сиваков А.</b> РОЗРОБКА ПРОПОЗИЦІЙ ЩОДО ПЛАНУВАННЯ СТУПІНЧАСТОГО ВИВОДУ ВІЙСЬКОВОЇ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ В ПЛАНОВИЙ РЕМОНТ АБО СПИСАННЯ.....	258
<b>Якименко І., Сініло Ю.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИЧИН ЗНИЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТА СТАБІЛЬНОСТІ РОБОТИ ДЕТОНАЦІЙНИХ ЛАНЦЮГІВ.....	263
<b>Яфаров Т., Бордіян В.</b> ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРАХУНКІВ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ ОЦІНКИ ФУНКЦІОНУВАННЯ БЕТОНОБІЙНИХ ТА ПРОНИКАЮЧИХ БОЄПРИПАСІВ.....	267
<b>ВИМОГИ ДО СТАТЕЙ</b> .....	274

---



УДК 621.793

Баєв Д.,

Умінський С., к.і.м., доц.

Військова академія (м. Одеса)

## РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ГІДРООБЛАДНАННЯ ШЛЯХОМ НАНОКОМПОЗИЦІЙНОГО ЕЛЕКТРОЛІТИЧНОГО ЗАЛІЗНЕННЯ

*Основною формою управління технічним станом будь-якого комплексу озброєння є технічне обслуговування, проведене виконавцями експлуатації з метою підтримання комплексу озброєння в працездатному стані. Досвід ведення сучасних локальних бойових дій підтверджує, що правильна організація технічного обслуговування все більшою мірою стає активним чинником, що сприяє більш ефективному використанню комплексів озброєння, підвищенню їх експлуатаційної надійності і бойової готовності.*

**Ключові слова:** гідравлічна система, гідророзподільники, процес залізнення і хромування, композиційне електролітичне покриття (КЕП).

**Постановка проблеми.** Організація експлуатації озброєння і техніки є найважливішою складовою частиною технічного забезпечення військ. Від рівня організації експлуатації залежить робота зразків озброєння без пошкоджень, їх технічна справність і боєготовність. Вихід з ладу гідравлічної системи призводить до простою техніки, що є причиною вагомих витрат.

**Виклад основного матеріалу.** Найбільш інтенсивно в процесі експлуатації гідроустаткування зношуються золотникові пари. Високий ступінь зносів зазначеного сполучення обумовлена знакозмінами навантаженнями, високим тиском гідравлічної рідини, наявністю в ній абразивних частинок, конструктивними особливостями сполучення, корозійною активністю поверхневих шарів деталей і іншими факторами. Висока вартість гідророзподільників і частини їх відмови через зношування золотникових пар визначають необхідність відновлення даного сполучення, що в свою чергу забезпечить ефективність експлуатації обладнання. Існуючі технології відновлення деталей золотникових пар гідророзподільників мають суттєві недоліки, їх застосування обмежене необхідністю використання складного і дорогого обладнання або вони не забезпечують необхідного ресурсу сполучення. Найбільш перспективними є способи відновлення, що забезпечують ресурс деталей на рівні нових, що передбачають автоматизацію процесів, що зводять до мінімуму подальшу механічну обробку, що протікають при низьких температурах. До таких способів в першу чергу відносяться електролітичні. Забезпечити працездатність гідравлічної системи при певних витратах на ремонт і технічне обслуговування можливо лише на основі виконання комплексу організаційних і технічних заходів, а також хорошої підготовки ремонтного виробництва та дотримання технологічного процесу ремонту. Широке поширення гідравлічних систем пояснюється цілою низкою їх переваг в порівнянні з іншими типами приводів: невелика маса, безступінчасте регулювання швидкості робочих органів, незалежне розташування елементів, надійне запобігання навантажень, зручність обслуговування і управління, легкість автоматизації процесів і ін. В процесі експлуатації найінтенсивніше зношується золотникова пара, яка є основним робочим сполученням гідророзподільника, так як величина зазору в даній парі визначає нормальну роботу всієї гідросистеми. Основним дефектом, лімітуючим нормальну роботу гідророзподільника, є наявність витоків робочої рідини через діаметральні зазори між циліндричними отворами в корпусі і пасками золотника, які в процесі експлуатації збільшуються через зношування.

Процеси залізнення і хромування стосовно відновлення зношених деталей досить прості і дозволяють отримувати якісні покриття з необхідними фізико-механічними властивостями, однак їх застосування обмежене вище викладеними недоліками. У разі відновлення золотникової пари особливе значення має товщина одержуваного покриття через значні зносив золотника і корпусу, що досягають 0,2 мм. У зв'язку з цим спосіб хромування не може бути застосований для вирішення поставленого завдання, так як отримується товщина покриття при цьому способі обмежена величиною 0,05-0,06 мм.

Останнім часом досить широкого поширення набув спосіб відновлення і зміцнення деталей композиційними електролітичними покриттями (КЕП) на основі заліза. На відміну від класичного електролітичного залізнення, даний спосіб передбачає внесення в електроліт залізнення дисперсних частинок. При модифікації класичного залізнення дисперсними матеріалами поліпшуються фізико-

механічні властивості одержуваних покриттів і, головне, в кілька разів збільшуються їх мікротвердість, зносостійкість, антифрикційні характеристики, термічна і корозійна стійкість. Висока зносостійкість КЕП на основі заліза в порівнянні з класичним залізненням пояснюється гетерогенною структурою композиційного покриття, в якій поєднуються властивості основи з електролітичного заліза і частинок дисперсної фази, що забезпечують найвигідніші триботехнічні характеристики КЕП для різних умов зношування (стійкість до схоплювання та ін.) і специфічний рельєф поверхні тертя, що сприяє кращому збереженню мастильної плівки. Підвищення зносостійкості пов'язують з тим, що частинки дисперсної фази, виходячи в процесі зносу покриття на поверхню тертя, утворюють граничні плівки, що запобігають металевому контакту і руйнуванню мікродільниць поверхні, підтримуючи режим граничного тертя. Мікротвердість як комплексний показник властивостей КЕП має дещо іншу інтерпретацію. Розрізняють мікротвердість заліза в чистому вигляді, мікротвердість частинок дисперсної фази і загальну мікротвердість КЕП на основі заліза. Перспективним способом відновлення і зміцнення золотників є нанесення КЕП на основі заліза. При цьому досягається необхідна товщина відновлюваного шару (0,25-0,3 мм), з'являється можливість регулювання фізико-механічних властивостей в заданих межах, відсутній термічний вплив на деталь, що приводить до її викривлення. Крім того, для отримання таких покриттів не потрібні витрати на дороге устаткування, так як можна використовувати існуюче обладнання гальванічних цехів, оскільки процес практично не відрізняється від класичного залізнення. Основним робочим сполученням, лімітуючим роботу гідророзподільника, є золотникова пара, знос якої в процесі експлуатації призводить до збільшення витоків робочої рідини через діаметральний зазор між циліндричним отвором в корпусі і пасками золотника. Аналіз видів і ступеня зношування золотникової пари дозволив встановити, що переважним видом зносу сполучення є гідроабразивний, що виникає при утриманні механічних домішок в гідравлічній рідині, а сумарний знос в золотникової парі досягає 0,2 мм. Проведений аналіз технологій відновлення деталей золотникової пари показав, що для корпусу гідророзподільника найбільш перспективним є спосіб відновлення зношених пасків алмазним хонінгуванням, а для золотника – нанесення композиційних електролітичних покриттів на основі заліза. Композиційні електролітичні покриття являють собою металеві матриці із заданим розподілом в них різноманітних зміцнювачів, в якості яких застосовують порошки, волокна і матеріали з відмінними від матриці властивостями. Такі покриття характеризуються межею поділу фаз; за характером структури вони дисперсно-зміцнені і їх можна отримувати різними способами. КЕП осідають з електроліту з додаванням дисперсної фази одного виду (AlN, MoS<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiC, SiC і ін.) або кількох видів одночасно. Істотний вплив на зміцнення наноконпозиційного електролітичного покриття надають дислокаційні явища і точкові дефекти, а так само зменшення розмірів зерна покриття, на підставі чого була запропонована математична модель механізму зміцнення наноконпозиційного електролітичного покриття. Для отримання якісних наноконпозиційних електролітичних покриттів на основі заліза доцільно використовувати гарячий хлористий електроліт.

### **Висновки.**

1. Найбільш інтенсивно в процесі експлуатації зношуються прецензійні пари, погіршення технічного стану яких призводить до порушення нормальної роботи всієї гідросистеми і підвищення собівартості виконуваних робіт. Причини порушення геометричної форми деталей золотникових пар визначаються в основному гідроабразивним зносом при утриманні механічних домішок в гідравлічній рідині. Існуючі способи відновлення розглянутого сполучення мають істотні недоліки – вони трудомісткі і не забезпечують необхідного ресурсу. Проведений аналіз технологій відновлення показав, що для корпусу гідророзподільника найбільш перспективним є спосіб відновлення зношених пасків алмазним хонінгуванням, а для золотника – нанесення наноконпозиційного електролітичного покриття на основі заліза.

2. Визначено режими і концентрація нанорозмірного порошку нітриду алюмінію для нанесення наноконпозиційного електролітичного покриття на основі заліза, що дозволяють отримувати покриття з мікротвердістю до 717 од. HV, що в 1,6 разів вище, ніж у покриття без включення нанорозмірних частинок.

3. Визначено морфологія наноконпозиційного електролітичного покриття на основі заліза і встановлено, що нанорозмірні частинки нітриду алюмінію впроваджуються в нього в процесі електролізу. Виявлено, що наноконпозиційне електролітичне покриття на основі заліза містить алюміній (1,26% по масі) і азот (0,95% по масі), тоді як в класичному покритті такі елементи відсутні.

Сумарний знос по масі пари тертя з наноконпозиційного електролітичним покриттям в 1,6-1,7 рази менше, ніж у пари тертя з класичним електролітичним покриттям, і в 1,3-1,4 рази менше, ніж у пари тертя без покриття. При випробуваннях на корозійну стійкість встановлено, що наноконпозиційного електролітичне покриття на основі заліза має корозійну стійкість в 1,6 рази вище, ніж класичне електролітичне покриття.

#### **Список використаних джерел**

1. Шипунов А.Г. *Ефективність і надійність стрілецько-гарматного озброєння: навчальний посібник* / А.Г. Шипунів, В.П. Грязев і ін. Тула: Тул. держ. ун-т, 2002. 124 с.
2. Костецький, Б. І. *Тертя, мастило та знос в машинах* / Б. І. Костецький. – Київ: Техніка, 1983. 215 с.
3. *Конструкційні матеріали: довідник* / під ред. Б. Н. Арзамасова. – М.: Машинобудування, 1990. 480 с.
4. Лебединський М., Антропов Л. І. // *Застосування металопокриттів при виробництві та ремонті деталей машин*. – Київ: Металургія, 1987. –308 с.

УДК 621.865;623.452

**Баранський О.**

*Військова академія (м. Одеса)*

### **УДОСКОНАЛЕННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ТРАНСПОРТНОГО РОБОТА ДЛЯ МІСЦЬ ЗБЕРІГАННЯ БОЄПРИПАСІВ**

*В статті розглянуто питання щодо підвищення надійності та продуктивності проведення вантажно-розвантажувальних та транспортних робіт з боєприпасами.*

**Ключові слова:** *автоматизована система управління, електропривод, транспортний робот, модернізація, математичне моделювання.*

**Постановка проблеми.** Виробничі причини – транспортний робот місць зберігання боєприпасів не відповідає сучасним технічним вимогам та вимогам зберігання боєприпасів. Економічні причини – великі втрати енергії при функціонуванні. Надійнісні причини – низька надійність елементів електроприводу робота, викликана зношеністю при тривалій його експлуатації. Фактори безпеки та недоліки в ергономіці візка. Виходячи із аналізу конструкції робота пропонуються наступні рішення. Виконати заміну автоматизованої системи управління ступінчасто-регульованого асинхронного електропривода на автоматизовану систему управління із повільно-регульованим частотним асинхронним електроприводом і при цьому компенсувати силу ваги вантажу застосуванням противаги. Застосувати більш досконалу систему регулювання, наприклад на сучасній мікроконтролерній базі, для керування функціями позиціонування транспортного робота. Дослідити динаміку і енергетику запропонованого рішення за допомогою математичного моделювання процесу у електроприводі транспортного робота.

**Мета статті.** Заміна фізично зношених електричних компонентів автоматизованої системи управління підйомно-транспортного пристрою робота на відповідні нові й сучасні. Поліпшення технічних характеристик транспортного робота шляхом заміни компонентів і (або) шляхом зміни конструкції окремих вузлів і механізмів. Усунення виявлених у процесі роботи дефектів у конструкції, у механізмах і АСУ електроприводу. Доповнення й розширення можливостей транспортного робота новими функціями за допомогою нових компонентів, конструктивних рішень і програм для виконання модернізації робота є об'єктивні причини.

**Виклад основного матеріалу.** Будь-яка автоматизована система управління (АСУ) електроприводом забезпечує перетворення електричної енергії в механічну відповідно до алгоритму роботи конкретної технологічної установки, у тому числі і для транспортних роботів. Сфера застосування АСУ електроприводами у промисловості, на транспорті, у різного типу і виду озброєнні і військовій техніці, у побуті постійно розширюється. У цей час, вже більше 65 % всієї вироблюваної у світі електроенергії споживається електродвигунами, отже, ефективність енергозберігаючих технологій значною мірою визначається ефективністю АСУ електроприводами. Розробка високопродуктивних, компактних, економічних і надійних систем автоматизованого управління електроприводами є пріоритетним напрямком розвитку сучасної військової техніки.

Розглядається можливість модернізації АСУ електропривода підйому транспортного робота-маніпулятора типу С4225. Цей транспортний робот служить для обслуговування автоматизованих складів і різноманітних місць зберігання продукції різного призначення. Основна задача робота – транспортування і штабелювання боєприпасів або інших матеріалів чи готової продукції.

Робот використовують в автоматизованих транспортно-складських підсистемах, що обслуговують певні групи обладнання або іншого технологічного встаткування у складі гнучких виробничо-логістичних систем.

**Висновок.** Модернізовано конструкцію транспортного візка: запропоновано встановити противагу, що компенсує силу ваги платформи й, частково, вантажу. Компенсація сил ваги знизилася необхідний момент і потужність приводного двигуна підйому транспортного візка, зменшила втрати енергії в електроприводі й механічній передачі підйому. Заміна трьохшвидкісного двигуна на одношвидкісний із частотним керуванням від мікроконтролерного електропривода привела: до зменшення занадто перехідних моментів, що згубно діють на механічну систему піднімального пристрою візка; до одержання плавного регулювання швидкості й, у цьому зв'язку, до спрощення процесу позиціонування візком піднімальної платформи з вантажем.

#### **Список використаних джерел**

1. *Автоматизовані технологічні комплекси й гнучкі виробничі системи в машинобудуванні: Альбом схем і креслень. Під ред. Ю. М. Соломенцева. – М.: Машинобудування, 1989. – 192 с.*
2. *Попович М. Г., Ковальчук О. В. Теорія автоматичного керування. – Київ: Либідь, 1997.*
3. *Москаленко В.В. Автоматизований електропривод. – М.: Енергоатомиздат, 1986.*
4. *Афонин А.А., Білозор Р.Р., Гребенников В.В. Електромагнітний привод візоків технічних систем. – Київ: Наукова думка, 1986. – 272 с.*
5. *Автоматизовані технологічні комплекси й гнучкі виробничі системи в машинобудуванні: Альбом схем і креслень. Під ред. Ю. М. Соломенцева. – М.: Машинобудування, 1989. – 192 с.*

**Науковий керівник:** *Онищенко О, д.тех.н., проф.,*

**Рецензент:** *Букарос А., к.тех.н., доц., Військова академія (м.Одеса)*

УДК 629.113+623.41

**Бенедичук О.**

*Військова академія (м. Одеса)*

### **РОЗРОБКА ПРОПОЗИЦІЙ З УДОСКОНАЛЕННЯ РУХОМИХ РЕМОНТНИХ ЗАСОБІВ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РЕМОНТУ ВІЙСЬКОВОЇ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ В ХОДІ БОЙОВИХ ДІЙ**

*В роботі наведено пропозиції щодо розробки та створення рухомої майстерні для забезпечення більш якісного та швидкого ремонту та ТО.*

**Ключові слова:** *майстерні, технічні засоби, ремонт ВАТ.*

**Постановка проблеми.** Укомплектування Збройних Сил України автомобільною технікою нового покоління призводить до невідповідності технологічного та ремонтного обладнання існуючих рухомих майстерень конструктивним особливостям сучасної ВАТ. Враховуючи, що головна роль в організації технічного забезпечення під час ведення бойових дій відводиться ремонту пошкоджених машин як основному джерелу поповнення втрат ВАТ, сприяючому зменшенню потреби військ у випуску нових машин, значної економії матеріалів, палива, електроенергії, трудомісткості та ін., назріла необхідність в створенні і забезпеченні ЗС України високовиробничими ремонтними майстернями.

**Мета статті** – необхідність удосконалення існуючих або розробки сучасних ремонтних майстерень для забезпечення більш якісного ремонту та ТО автомобільної техніки ЗСУ зумовила вибір теми дослідження. Завдання, що сприяють досягненню мети дослідження: аналіз сучасних умов і вимог до ремонту військової автомобільної техніки в умовах бойових дій; вибір придатних до застосування та достатньо ефективних технічних засобів для збільшення показників ремонту автомобільної техніки; розробка пропозицій щодо впровадження новітніх технічних засобів в автомобільну техніку.

**Виклад основного матеріалу.** Технологічний процес ремонту – основна частина виробничого процесу, яка містить дії по послідовній зміні і наступному визначенню стану об'єктів ремонту або його складових частин (машини, агрегату, вузла, деталі). Так, технологічний процес складання являє

собою частину виробничого процесу, безпосередньо зв'язаного з послідовним з'єднанням окремих деталей в складальну одиницю; технологічний процес ремонту (відновлення) деталі являє собою частину виробничого процесу, зв'язаного із зміною стану деталі (геометричної форми, розмірів, якості поверхонь та ін.). Ремонтне виробництво – це особливий вид часткового виробництва автомобілів, який характеризується нерівномірністю зношування їх деталей і нестабільністю регулювань, а саме має у своєму вихідному складі елементи різного строку служби. Ремонтне виробництво організовується у сфері споживання автомобілів і полягає у періодичному відновленні частково втраченої внаслідок зносу працездатності їх окремих елементів. В процесі ремонтного виробництва можливе споживання виробничої продукції машинобудівного виробництва (готових запасних частин, складальних одиниць, агрегатів).

Дійсний об'єм по ремонту автомобілів визначається фактичними затратами праці по виконаним розбирально-складальним, мийним, ремонтним і контрольно-випробувальним роботам. Процеси технічного обслуговування (ТО) автомобілів – це процеси відновлення конструктивних вихідних елементів (змащувальні, регулювальні і т.п.) цих машин. Об'єми їх виконання входять в об'єми ремонтного виробництва, яке має справу з автомобілями, агрегатами і складальними одиницями, що частково втратили працездатність, але які є ремонтпридатними і служать своєрідними заготовками для цього виробництва. Своєрідність підготовки процесів ремонту, на відміну від виготовлення автомобілів, які відбуваються за схемою «сировина-виготовлення-автомобіль», полягає в їх замкненості, а саме «автомобіль-ремонт-автомобіль».

Під виробничим процесом ремонту автомобіля розуміють сукупність робіт по відновленню працездатності автомобіля, які виконуються в певній послідовності. Під технологічним процесом розуміють ту частину виробничого процесу, протягом якої відбувається кількісна або якісна зміна ремонтваного об'єкту або його елементів, наприклад, відновлення зношених деталей, складання вузлів, агрегатів, автомобіля та ін. У виробничий процес ремонту, окрім основних (технологічних) процесів, входять також допоміжні роботи, які не приводять до зміни стану ремонтваного об'єкту: доставка автомобіля в ремонт, контроль якості ремонту, сортування деталей і т.ін. Виробничий процес капітального ремонту автомобілів складається з наступних основних елементів: приймання автомобіля в ремонт; зовнішнє очищення і миття автомобіля; розбирання автомобіля на агрегати і вузли; очищення, миття агрегатів, вузлів і деталей; дефектування деталей; відновлення зношених деталей; комплектування сполучень і вузлів; складання вузлів і агрегатів; обкатка, випробування, регулювання і фарбування агрегатів і вузлів; загальне складання, обкатка, випробування, регулювання і фарбування автомобіля; здача відремонтованого автомобіля. Якщо кінцевим продуктом ремонтного виробництва є не автомобіль, а агрегат (наприклад, двигун), то загальна схема виробничого процесу його ремонту аналогічна.

Особливістю структури виробничого процесу в ремонтному виробництві, в порівнянні з машинобудуванням, є наявність специфічних елементів: зовнішнього очищення і миття; розбирання автомобіля, агрегатів і вузлів; відновлення зношених деталей і ін. Відремонтований автомобіль по кількості конструктивних елементів (іноді і по номенклатурі) може відрізнятися від нового, оскільки при ремонті для компенсації зносу застосовують додаткові прокладки, шайби і інші компенсатори.

Ремонт – процес зміни, відновлення, покращення будь-чого, виправлення пошкоджень, усунення дефектів, поломок, лагодження чогось, доведення об'єкта до початкових характеристик. Ремонт машин має й такі особливості, як наявність у технологічному процесі операцій з розбирання, очищення, дефектування, а також операцій, пов'язаних із відновленням зношених поверхонь і вихідних властивостей деталей. У процесі ремонту техніки використовуються не лише нові деталі, а й відновлені. Приступаючи до ремонту деталей і машин, необхідно володіти знаннями не лише про технологічні процеси для його здійснення, але й добре знати об'єкт (машину, двигун, агрегат і тощо), його конструкцію й особливості використання, а також вимоги ТУ, що пред'являються до них. На практиці виникає багато випадків, коли без знань конструкції й особливостей експлуатації неможливо визначити причини несправності і тим більше виконати якісний ремонт. Тому об'єкт ремонту слід розглядати не з позицій інженера-конструктора, а з позиції фахівця-ремонтника. Такий підхід дозволяє чіткіше аналізувати, а потім і ліквідувати несправності машин, що виникають, їх причини і намітити способи усунення.

Ремонт – це комплекс операцій для відновлення справного чи працездатного стану ВАТ і відновлення ресурсів виробів або їхніх складників. По ряду істотних ознак виділяють такі види ремонту:

поточний ремонт (ПР) – ремонт, що виконується для забезпечення або відновлення працездатності виробу і полягає в заміні і (або) відновленні окремих частин;

середній ремонт (СР) – ремонт, який виконується для відновлення справності та часткового відновлення ресурсу виробів із заміною або відновленням складових частин обмеженої номенклатури і контролем технічного стану складових частин, що виконують в обов'язі, встановленому в ремонтній (конструкторській) документації;

капітальний ремонт (КР) – ремонт, що виконується для відновлення справності і повного або близького до повного відновлення ресурсу виробу із заміною або відновленням будь-яких його частин, включаючи базові;

регламентований ремонт – плановий ремонт, що виконується з періодичністю і в об'ємі, встановленими в експлуатаційній документації, незалежно від технічного стану виробу у момент початку ремонту;

ремонт по технічному стану – плановий ремонт, при якому контроль технічного стану виконується з періодичністю і об'ємом, встановленими в нормативно-технічній документації, а об'єм і момент початку роботи визначаються технічним станом виробу.

ЗСУ на теперішній час укомплектовані пересувними засобами ремонту ПАРМ-1М та ПАРМ-3М. Рухома автомобільна ремонтна майстерня ПАРМ-1М1 призначена для виконання поточного ремонту і технічного обслуговування армійських автомобілів багатопільового призначення, гусеничних транспортерів-тягачів багатопільового призначення на готових агрегатах і деталях у польових умовах.

Майстерня ПАРМ-1М1 розрахована на експлуатацію при температурі навколишнього повітря від мінус 40°C до плюс 50°C, відносній вологості повітря 98% при 25°C, у гірській місцевості з перевищенням над рівнем моря до 1000 м., при інтенсивності дощу до 0,5 мм/хв., швидкості вітру до 20 м/с.

Поточний ремонт агрегату полягає в його неповному розбиранні, заміні або ремонті окремих пошкоджених (спрацьованих) механізмів, деталей (крім базових та основних) і проведенні необхідних регулювальних, кріпильних та інших ремонтних робіт.

Виробничі можливості майстерні ПАРМ-1М1 за добу при 10-ти годинному робочому дні і штаті з 10 осіб становить 5–6 поточних ремонтів автомобілів і гусеничних машин або, як виняток, один середній ремонт (СР).

Матеріальною частиною двох відділень взводу ремонту автомобільної техніки, який входить до складу ремонтної роти військової частини, є майстерня ПАРМ-1М1, яка використовується у повному складі, а також може виділяти із свого складу виїзні ремонтні бригади для виконання ремонту машин безпосередньо в районах виходу АТ з ладу.

Виділення виїзних ремонтних бригад забезпечується наявністю в майстерні ПАРМ-1М1 ремонтно-слюсарної майстерні МРС-АТ-М1 і ремонтно-механічної майстерні МРМ-М1, які оснащені власними електросиловими установками. Виїзні ремонтні бригади висилаються з комплектами спеціального інструменту, запасних частин, агрегатів і матеріалів.

Проведений стислий аналіз стану рухомих засобів ремонту ОВТ у Збройних силах України вказує, що вони є застарілими і потребують модернізації та оновлення.

Використання таких засобів ремонту дозволяє розгортати ремонтні цеха і налагоджувати технологічний процес ремонту в польових умовах.

Тенденції розвитку автомобільної техніки та технологій виробництва кузовної продукції свідчать про те, що в перспективі кузова-фургони під монтаж технологічного та ремонтного обладнання рухомих ремонтних майстерень військового призначення доцільно замінити на уніфіковані кузова-контейнери.

Аналіз наявності і стану пересувних автомобільних ремонтних майстерень типу ПАРМ в ремонтних підрозділах Збройних Силах України свідчать про те, що: майстерні базуються на шасі автомобілів радянського виробництва ЗИЛ-131, які морально і технічно застаріли, з моменту випуску не зазнавали змін і знаходяться в експлуатації більше 30 років, при цьому виступили всі нормативні терміни експлуатації; існуючі кузова-фургони (КФ) типу «К» і «КМ», що встановлюються на автомобілі зі складу ПАРМ-1М, не повною мірою відповідають сучасним вимогам щодо забезпечення мобільності, ефективності застосування і експлуатації військової автомобільної техніки, оскільки:

а) установка і постійна прив'язка КФ до конкретних автомобілів не надає можливості перестановки їх на інші марки машин для оперативної заміни автомобільних шасі або озброєння і військової техніки (ОВТ) у разі їх пошкодження, виходу з ладу або старіння;

б) мають відносно велику вартість утримання парку рухомих засобів ремонту, що знаходяться на зберіганні;

в) мають низькі ергономічні показники, які не дозволяють розрахунку майстерні раціонально використовувати обладнання при виконанні робіт усередині кузова та транспортувати запасні частини;

– технологічне обладнання, яким укомплектовані рухомі ремонтні майстерні, застаріло, та не відповідає вимогам часу, оскільки воно було розроблене та, як правило, виготовлене в 70-і роки минулого сторіччя.

– обладнання громіздке, має низькі технічні характеристики, потребує великих витрат енергії;

– в комплектах даної майстерні відсутнє сучасне технологічне обладнання та прилади для контролю і регулювання параметрів ВАТ;

– привід електросилової установки майстерні може здійснюватися тільки від двигуна базового шасі, що призводить до непродуктивної витрати ресурсу двигуна автомобіля та перевитраті палива.

Крім того, процес укомплектування Збройних Сил України автомобільною технікою нового покоління призводить до невідповідності технологічного та ремонтного обладнання існуючих рухомих майстерень конструктивним особливостям сучасної ВАТ.

**Висновки.** Стан засобів ремонту військової автомобільної техніки, що використовується Збройними силами України, не відповідає сучасним вимогам ні за якістю проведення ремонту, ні за термінами його проведення. Звідси випливає необхідність їх комплексної модернізації і оновлення. В першу чергу, необхідно модернізувати кузов-фургон, та інструменти і пристосування в ньому, що призначені для ремонту новітньої техніки, яка надходить в теперішній час до ЗС України.

#### **Список використаних джерел**

1. Дем'янчук Б.О. *Основи технічного забезпечення. Обґрунтування рішень* / Б.О. Дем'янчук, О.В. Малишкін. Навчальний посібник з грифом МОН. – Одеса: Військова академія. – 2014. – 240 с.

2. *Основи експлуатації військової автомобільної техніки. Навчальний посібник.* В.А. Нікішин О.М. Купріненко Р.В. Березенський В.М. Меленчук. ВА Одеса 2014.

3. Наказ МОУ від 24.12.2010 р. № 690 “Про затвердження Тимчасового керівництва з обліку військового майна у Збройних Силах України”.

4. *Організація застосування пересувних засобів метрологічного обслуговування: навч. посіб.* – К.: НУОУ ім. Івана Черняхівського, 2013. – 360 с.

**Науковий керівник:** Угольніков О., к.фіз.-мат.н., доц., Військова академія (м. Одеса).

УДК 623.437.093

**Бень В.,**

**Онищенко О.**

*Військова академія (м. Одеса).*

### **УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ САМОХІДНОЇ АРТИЛЕРІЙСЬКОЇ УСТАНОВКИ**

*Аналіз бойових дій, що ведуться на сході України у зоні проведення ООС (АТО) свідчить про те, що артилерії надається провідна роль у вогневому ураженні противника. Разом з тим, аналіз бойового використання артилерії у зоні конфлікту показав і низку недоліків у її застосуванні. Тому подальше удосконалення артилерійського озброєння загалом, а зразків самохідних артилерійських систем зокрема на разі є актуальним. В цих умовах виникає необхідність більш детального аналізу і оптимізації їх характеристик, пошуку еквівалентних замін комплектуючих вітчизняними. В статті розглядається удосконалення електрообладнання і електромеханічних систем САУ (гаубиці) типу 2С3М.*

**Ключові слова:** математична модель, електромеханічні системи, самохідні артилерійські установки (САУ), електропривод, інвертор напруги, безщіткові електродвигуни

**Постановка проблеми.** Самохідна артилерійська установка (САУ) – це гармата з самохідним лафетом. САУ, у порівнянні із причіпною гарматою має підвищену бойову ефективність. Підвищення бойової ефективності досягається за рахунок збільшення рухомості, маневреності та живучості САУ 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, а також деякі зразки можуть самостійно долати водні перешкоди. Застосування САУ зменшує чисельність і уразливість розрахунку від вогню противника. Саме тому удосконалення елементів САУ є актуальним завданням, яке виконуються в умовах фінансових і часових обмежень.

**Мета статті** полягає у вирішенні науково-прикладної задачі обґрунтування підходу до удосконалення електромеханічних систем САУ, в наслідок чого, підвищити надійність і швидкодію електроприводів горизонтального і вертикального наведення, яка реалізується на основі застосування методів системного моделювання, аналітичних розрахунків та сучасної елементної бази..

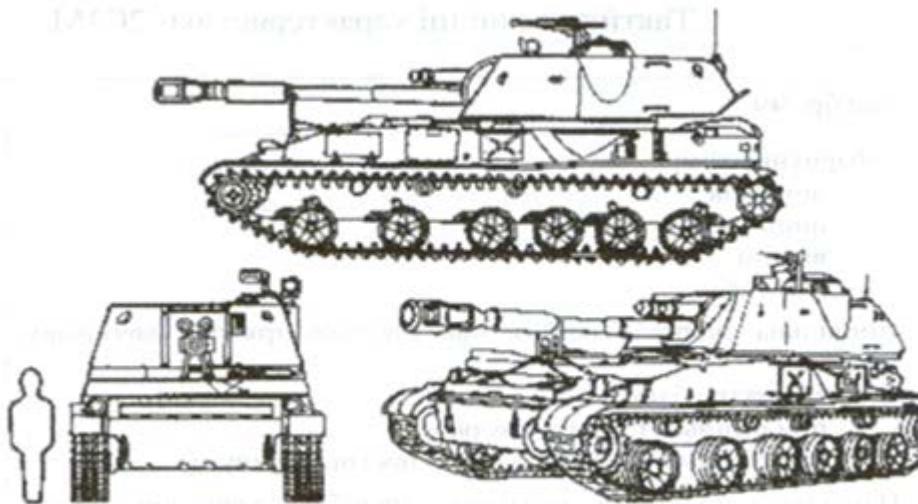
**Викладення основного матеріалу.** Самохідна артилерійська установка (САУ) – це артилерійська система на саморухомій базі, яка призначена для безпосереднього вогневого супроводу танків та піхоти в бою, виконання завдань артилерійської підтримки рухомих з'єднань та боротьби з танками противника. У широкому сенсі слова всі озброєні гарматами бойові машини можуть розглядатися як САУ.

Підвищення бойової ефективності досягається за рахунок збільшення рухомості, маневреності та живучості САУ на полі бою, а також за рахунок їх постійної готовності до відкриття вогню. Крім того, більшість конструкцій САУ дозволяють вести бойові дії (стрільбу) на зараженій місцевості, а також деякі зразки можуть самостійно долати водні перешкоди. Застосування САУ зменшує чисельність і уразливість розрахунку від вогню противника.

Тому подальше удосконалення артилерійського озброєння загалом, а зразків самохідних артилерійських систем зокрема наразі є актуальним. В цих умовах виникає необхідність більш детального аналізу і оптимізації їх характеристик, пошуку еквівалентних заміन комплектуючих вітчизняними.

Покращення характеристик системи наведення досягається використанням сучасних регуляторів в контурі швидкості та позиційному контурі та шляхом моделювання процесів в системі наведення на рівні передатних функцій з застосуванням оптимізаційних можливостей середовища MATLAB.

Об'єктом дослідження обрана система електроживлення самохідної установки виробу 2С3 «Акація». Предметом дослідження є програмні засоби оптимізації його параметрів та покращення швидкодії системи електроживлення.



**Рис. 1.** Самохідна артилерійська установка 2С3М

152-мм самохідна гаубиця «Акація» (індекс 2С3) почала поступати на озброєння в 1973 році. Це бойова гусенична машина, яка має потужне озброєння, легкий броньовий захист, високу маневреність та пристосована для ведення бойових дій в умовах застосування зброї масового ураження. Гармата може вести стрільбу з закритих вогневих позицій та стрільбу прямою наводкою. Екіпаж гармати захищений від кулеметного вогню, осколків снарядів та мін, радіоактивного пилу, хімічних отруйних речовин та біологічної зброї.

1975 році установка була модернізована. Дві механізовані уклади боєприпасів замінені на одну – барабанного типу на 12 пострілів, в результаті чого запас снарядів і зарядів збільшився з 40 до 46. В Науково-дослідному інституті машинобудування для неї розробили снаряд 3ОФ29, підсиливши його осколкову дію в чотири рази. За ним у боєкомплекті з'явилися активно-реактивні боєприпаси оснащені донними газогенераторами, за допомогою яких далькострієність гаубиці зросла на 20-30%. Модернізованій машині привласнили індекс 2С3М.



В 1987 році гаубицю знову удосконалили. На неї була встановлена апаратура прийому і відображення інформації керування вогнем і новий приціл СП538. У боєкомплекті з'явився керований снаряд ОФ38 «Краснополь», що дозволяє уражати об'єкти, що рухаються зі швидкостями до 35 км/год на дистанції до 18 км. Така установка одержала найменування 2С3М1. [1]

152-мм самохідна артилерійська система 2С3М «Акація» складається з наступних основних частин: артилерійської частини; базової машини; додаткового обладнання.

Артилерійська частина складається: башти з 152-мм гарматою 2А33; перископічного прицілу ПГ4; приводів горизонтального і вертикального наведення; боеукладок; транспортера; системи вентиляції; електрообладнання.

Базова машина складається з: корпусу; силової установки; силової передачі; механізмів управління; ходової частини; електрообладнання.

Допоміжне обладнання складається з: системи колективного захисту; системи протипожежного обладнання (ППО); засобів зв'язку; опалювально-вентиляційної установки (ОВ65Г); землерийного обладнання; засобів захисту від запалювальних рідин.

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 по однопровідній системі електропроводки постійним струмом 24 В (+4,5 В – 2 В) при роботі з генератором потужністю 6,5 кВт та з паралельно підключеними акумуляторними батареями [2].

Схему електрообладнання умовно можна розділити на три ланцюги: а) ланцюг управління виконавчими механізмами і блокуваннями; б) ланцюг живлення виконавчих механізмів; в) ланцюг стрільби. Керування, роботою електрообладнання здійснюється з окремого пульта, а схемою передбачена робота електрообладнання лише в автоматичному режимі. САУ має системи 2Э24 – комплекс двох аналогічних електромашинних приводів. Ці системи (2Э24) призначені для наведення у вертикальній та горизонтальній площинах ствола 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 в загальному випадку містить три основні елементи: а) механічну частину (МЧ) приводу, що включає передатний пристрій (ПП), призначений для передач механічної енергії від електрорушійного пристроїв електропривода до поворотної (хитної) частини зміни напрямку і швидкості обертального руху; б) електродвигунний пристрій, призначений для перетворення електричної енергії в 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 – 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, виробляється 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 виробляє сигнал, що забезпечує припинення руху ОК. Стабілізація роботи приводу здійснюється шляхом подачі напруги негативного зворотного зв'язку, пропорційного 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 ОК3 електромашинного підсилювача і допоміжної обмотки ОР2 поляризованого реле. Спрощена електрична схема приводу 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.[3]

Таким чином, виходячи із аналізу елементів 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. Якщо виконавчий двигун має потужність близько 2 кВт при ККД = 8, тому потужність ЕМУ повинна бути, щонайменш, більшою на  $2 \text{ Вт} / 0,8 = 2,5 \text{ кВт}$ . Якщо ККД ЕМУ теж близько 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 3 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 режим роботи, який приводить до швидкого зносу і обгоряння контактів і потребує постійного обслуговування і контролю стану.

Визначені недоліки дозволили сформулювати наступну концепцію модернізації всієї електромеханічної системи САУ, включаючи всі інші електромеханічні системи, наприклад, транспортера. Пропонується таке:

1. Перевести усю систему електропостачання електроприводів САУ на більш високу напругу живлення. Попередньо визначено – близько 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. 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 підвищуючого типу. Попередній підрахунок показує, що підвищення напруги з 24 В до 300 В з ККД близько 0,9 можливо здійснити у 2 чи максимум у три ступені, що цілком здійснено сучасними електронними схемами інверторів напруги.

**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.*

**Рецензент:** Будашко В., Військова академія (м. Одеса)

УДК 623.419

**Борідченко С.,****Горбов Є.,****Трушков Г.,** к.т.н.*Військова академія (м. Одеса)*

## СТАН 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.

**Метою статті** 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.

**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 ЗПП-1,2 для забезпечення експлуатації, зокрема поточного ремонту, а також ЗПП-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 ЗПП.

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 оперативного–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 напрямками:
  - 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, ЗРК 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.

УДК 623.451.1

**Вечера О.,**

**Галкін А.**

*Військова академія (м. Одеса)*

### **РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСОБІВ УРАЖЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ УДАРНОГО ЯДРА**

*В статті розглядаються загальні рекомендації до засобів ураження з використанням ударного ядра, які використовуються в даний час. Розгляд питань, щодо розвитку цих засобів ураження і підвищення їх ефективності, оцінка та аналіз основних характеристик та можливості застосування.*

**Ключові слова:** *снарядоформуючий заряд, вибухова речовина, вражаючий елемент, бойовий елемент, комунікативний заряд, комунікативне обдицювання, координатор цілі, комунікативний струмінь, самопріцілюючий бойовий елемент, самонавідні бойові елементи.*

**Постановка проблеми.** Створення високоточних боєприпасів, що функціонують за принципом «виявив та знищив броньовану ціль» є одним з напрямків вдосконалення арсеналу боєприпасів, такі боєприпаси, оснащені системами самонаведення, повинні забезпечувати високу ефективність ураження танків та іншої броньованої техніки важливою особливістю технічної політики при створенні цього озброєння була розробка самонавідних і самопріцілювальних бойових елементів (далі – СФЗ), якими споряджаються не тільки артилерійські снаряди, але і головні частини оперативно-тактичних ракет. Самонавідні бойові елементи, (СНБЕ), виявляють мету і наводять на неї

боєприпас до його попадання в ціль самоприцільовуються, боєприпаси оптимізовані для ураження вельми специфічних цілей, (броньованих машин), і практично неефективні для іншого бойового застосування. Головним недоліком ударних ядер якщо брати конкретно боєприпаси є їх руйнування після взаємодії зі сталевим екраном товщиною 3-5 мм. За таким екраном відбувається дроблення ядра на 25-30 фрагментів, які на перешкоді, встановленої на відстані 100 мм за екраном, розподіляються на площі діаметром 300 мм. При цьому пробивну дію утворилися фрагментів не перевищує 10-12 мм. Цей недолік наполегливо приховують конструктори (СПБЕ), а вітчизняні розробники захисту якимось не поспішають використовувати цю ситуацію для підвищення бронестійкості танків і легкобронированної техніки.

**Мета статті** – розгляд рекомендацій та обґрунтування оцінки ураження техніки при використанні засобів ураження з ударним ядром, які дозволяють досить просто визначити ефективність їх застосування.

**Викладення основного матеріалу.** Перш за все уточнимо ряд визначень і закономірностей, що відносяться до ударного ядра. Формування ударного ядра здійснюється шляхом "вивертання" за допомогою вибухової речовини "кумулятивної" облицювання і подальшого її обтиску в радіальному напрямку з отриманням компактного елемента. Ударне ядро після вибуху формується не відразу, а на деякій відстані від лицьової частини бойової частини в умовах статичних підривів БЧ з використанням для прицілювання геодезичного лазера встановлена висока точність попадання ударного ядра на дальності 100 м. Якщо в класичну кумулятивну струмінь переходить 10% маси кумулятивної облицювання, то в ударне ядро практично вся її маса. Параметри вражаючої дії ударного ядра визначаються бронепробиттям і граничною дією, а не величиною кінетичної енергії в джоулях.

Самоприцілюючі бойові елементи, (СПБЕ), здійснюють пошук і виявлення об'єкта при спуску з одночасним обертанням, після прицілювання бойової частини відбувається відстріл самоформуючого вражаючого заряду, типу (ударне ядро.) Сутність технічного рішення (СПБЕ) виражається аббревіатурою SADARM тобто ( Sense and Destroy Armour) в якості кумулятивного облицювання в розривному заряді вибухової речовини типу SADARM приміняють низькі конічні ( розвороту 150 ... 160°) чи сегментні облицювання. Оригінальне технічне рішення, реалізоване з самоприцілюючим бойовим елементом типу SADARM, По суті приводить до збільшення уразливої площі цілі порівняно з випадком дії по цілі з не керованим бойовим елементом контактної дії.

У функціонуванні снарядоформуючого заряду (СФЗ), що представляє собою складний процес, виділяють чотири характерних етапу:

- 1) Вибуховий навантаження (КО) і її прискорення під дією продуктів детонації розривного заряду.
- 2) Інерційний деформування облицювання, що приводить до утворення так званого безградієнтного (ВЕ), тобто остаточно сформованого.
- 3) Рух сформованого елемента до цілі яка буде вражена, при якому матеріал (ВЕ) піддається тільки аеродинамічним впливів з тисками на один-два порядки меншими в порівнянні з 1-й і 2-й стадіями.
- 4) Взаємодія вражаючого елемента з перешкодою. Складність процесів, що протікають на кожному етапі, і їх взаємозв'язок, в кінцевому рахунку обумовлює можливість необхідного результату спрацювання (СФЗ), є причиною того, що до теперішнього часу не існувало надійних методів розрахунку функціонування (СФЗ), що дозволяють проводити розробку конструкції боєприпасу типу SADARM.

Також відносно системи відліку, зв'язаної з самоприцілюючим бойовим елементом (СПБЕ), переміщується в межах кола з площею  $S=R^2$  неминуче попадає на лінію прицілювання. Ймовірність ураження цілі одним касетним самоприцілюючим бойовим елементом типу SADARM збільшується приблизно в  $N = S/ab$  раз порівняно з звичайним бойовим елементом контактної дії .

Ефективність ударної дії сформованих вибухом вражаючих елементів визначається їх масою і швидкістю (для компактних ВЕ), а також довжиною (для подовжених ВЕ). Глибина бронепробиття перешкоди великої товщини компактним вражаючим елементом, що рухається зі швидкістю 2 км/с, на дальностях в кілька сотень калібрів становить (0,4... 0,6). При цьому діаметр утвореного в перешкоді отвори ( $1TV = (0,7... 1,0) C/3$ , що приблизно в 5-6 разів перевищує діаметр пробоїни від кумулятивної струменя класичного (КЗ). Взаємодія компактних (ВЕ) з великими поперечними розмірами бронеперешкоди, має як би об'ємний характер на відміну від локального характеру, властивого сильно подовженим відносно тонким (КС) в момент проникнення в перешкоду ( $1KC \sim 0,05e! 3$ ) цією ж обставиною пояснюється і потужний граничний ефект, який реалізується при дії (ВЕ) по бронеперешкодам кінцевої товщини.

Боеприпаси з ударним ядром можна класифікувати за декількома ознаками. З точки зору приналежності до систем зброї боеприпасів ударним ядром переважаючій більшості виступають як (суббоеприпаси касетної зброї), його самоприцілюючі бойові елементи.

Основою не контактної пристрою самоприцілювального бойового елемента типу SADARM це так званий координатор цілі який представляє собою пристрій ( пасивного чи активного типу) з вузькою діаграмою направленості, але при цьому ідентифікація об'єкту на фоні підсилюючої поверхні може здійснюватись на наприклад, по тепловому контрасту чи радіометричний шляхом. Головна задача координатору цілі – видача команди на дистанційний підрив снарядоформуючого заряду в момент його прицілювання на броньоб'єкт, що забезпечує в подальшому його враження, формуючим ударним ядром.

Характер залежності бронепробиття  $L$  відстані  $F$  заряду від перешкоди (рис. 1):

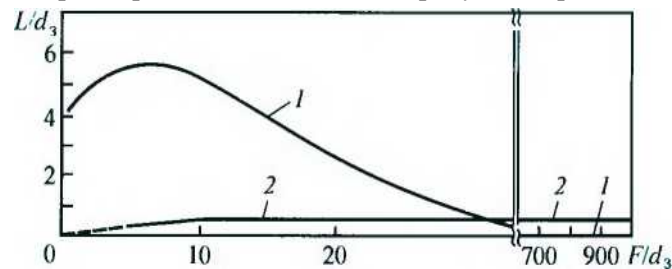


Рис. 1. Характер залежності бронепробиття

До числа боеприпасів ударним ядром відносяться також комплект снарядоформуючих зарядів. Основними напрямками в зарубіжних розробках (СПБЕ) є такі характеристики які дають змогу оцінити та покращити ефективність їх застосування:

- забезпечення мінімальних маси і габаритів елемента;
- підвищення вражаючої дії БЧ за рахунок облицювання з важких металів (збіднений уран);
- розробка всепогодних і перешкодозахисних датчиків цілі, в тому числі комбінованих для підвищення ймовірності виявлення цілі при широкому впровадженні сучасної елементної бази;
- розробка оптимальних алгоритмів пошуку мети, що виключають її пропуск і помилкове спрацьовування;
- розробка системи раціонального розсіювання елементів для досягнення максимальної ефективності ураження цілей;
- широка блочно-модульна уніфікація, що дозволяє домогтися універсалізації застосування СПБЕ на різних носіях (артилерійські касетні снаряди, снаряди РСЗВ, авіаційні керовані контейнери, БЧ оперативного-тактичних ракет).

**Висновки.** Пропоновані підходи кількісної оцінки результатів застосування таких засобів ураження для нанесення поразки бронетанковій та іншій техніці, перш за все орієнтовані на використання доступних вихідних даних, отримувані результати є за своєю суттю оціночними, що дають можливість простежити цілком певні тенденції впливу на ефективність ураження та способів застосування спеціальних бойових елементів. Отже для покращення ефективності дії засобів ураження із застосуванням ударного ядра потрібно забезпечити спрощення конструкції і підвищення технологічності виготовлення облицювання снарядоформуючого заряду при оптимізації форми вражаючого елемента, маса якого приблизно дорівнює масі снарядоформуючого облицювання.

#### Список використаних джерел

1. Средства поражения и боеприпасы / В.В. Селиванов / Учебник. – 2008 г. – 984 с.
2. Строев В.О / Кассетные боеприпасы с самоприцеливающимися боевыми элементами.
3. Андреев / Инженерный журнал: наука и инновации.— 2013.— №1.— Режим доступа/ <https://rucont.ru/efd/276109>
4. Ударное ядро в средствах поражения/ <https://vpk-news.ru/articles/2747>

**Науковий керівник:** Галкін А.

**Рецензент:** Ісмаїлова Н., д.тех.н., проф.

УДК 355:424.5

**Виноградова І.**

Військова академія (м. Одеса)

## **РОЗРОБКА ПРОПОЗИЦІЙ З ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЛАНУВАННЯ ТЕХНІЧНОЇ РОЗВІДКИ**

*Досвід участі Збройних Сил (ЗС) України в Операції Об'єднаних Сил (ООС) на сході нашої держави свідчить про масове використання автомобільної техніки. Не зважаючи на сучасний розвиток автомобільних технологій, військова автомобільна техніка (ВАТ) ЗС України залишилась на рівні концепції 1960-х років – і фактично не змінилась з часів СРСР, що не відповідає ні сучасним реаліям гібридних воєн, ні оновленим нормативним стандартам НАТО. Радянська військова автомобільна техніка з роками частіше потребує технічного обслуговування та ремонту як бойових умовах, так і при її щоденній експлуатації. Технічна розвідка виконує безліч різноманітних завдань як у мирний так й у бойовий час. Тому Збройні Сили України мають змогу використовувати всі можливі методи для проведення технічної розвідки.*

**Ключові слова:** *технічна розвідка, відновлення, евакуація, ремонт космічна розвідка, безпілотні летальні об'єкти, задача комівояжера.*

**Постановка проблеми.** Сучасний стан військової автомобільної техніки у ЗС України потребує значного покращення. Автомобільна техніка (АТ) ЗС України є засобом для виконання всебічних завдань за призначенням, як на полі бою, так і засобом підвозу боєприпасів, евакуації та здійснення рейдових дій. Одною з проблем є відновлення автомобільної техніки частин і підрозділів, які вирішують головні завдання в бою, при цьому, в першу чергу, машини, що несуть озброєння: пускові установки і спеціальні машини ракетних комплексів, радіолокаційні станції, засоби управління, бойові машини реактивної артилерії, артилерійські тягачі та інші машини, від несправності яких в найбільшому ступені залежить успіх бою. За останні десятиліття ЗС здійснили великий обсяг роботи щодо покращення ситуації у цій області. Однак їх вирішення не дозволяє на достатньому рівні здійснювати заходи щодо виконання за призначенням. Актуальність цієї проблеми, має великий вплив на здійснення завдань підрозділами. Нові вирішення цієї проблеми це покращення планування технічної розвідки.

**Мета статті** полягає в аналізі планування технічної розвідки та розробці пропозицій з підвищення її ефективності на базі використання новітніх інформаційних технологій.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Відновлення озброєння і військової техніки є найголовнішим комплексом заходів, що направлений на своєчасне виявлення та обстеження несправних та пошкоджених зразків озброєння і військової автомобільної техніки в бойових умовах, їх евакуація, приведення їх в готовність до використання з поверненням їх до строю.

Здійснення відновлення озброєння і техніки в бойових умовах містить наступні етапи: технічна розвідка; евакуація; ремонт (саме фізичне відновлення); передача зразків, що неможливо відновити, старшому ремонтному органу. Важливим та обов'язковим є принцип: шляхом цілеспрямованого автотехнічного забезпечення, тобто застосування всіх сил, засобів, ремонтного обладнання, блочних комплектів ЗІП на відстані від пунктів стаціонарного розташування, тобто в польових умовах, зразки військової автомобільної техніки повинні бути швидко відремонтовані і приведені в готовність до використання та повернені у стрій.

Технічне і автотехнічне забезпечення підготовки і здійснення бойових дій, перш за все, відновлення озброєння і військових автомобільних засобів і заходи, що безпосередньо з цим пов'язані, є комплексом заходів, що направлені на приведення пошкоджених зразків ОБТ і АТ у готовність до використання з поверненням їх до строю.

Слід відмітити здійснення відновлення озброєння і автомобільної техніки в реальних бойових умовах містить заходи, етапи як важливі невід'ємні складові завдання відновлення зразків, що пошкоджені противником або вийшли з ладу через незадовільну надійність або внаслідок неправильної експлуатації. Складовими завдання відновлення є: технічна розвідка в бою; евакуація ОБТ і АТ; ремонт (саме відновлення пошкоджених або несправних зразків озброєння і автомобільної техніки); передача зразків, що не відновлюються силами і засобами частини, ремонтному органу старшого начальника.



Важливим та обов'язковим для організації відновлення є принцип: під час відновлення озброєння, автомобільних базових шасі та військової автомобільної техніки, відремонтовані зразки повинні бути приведені в готовність до використання і повернені в стрій за правилом: в першу чергу відновлювати ті зразки, що потребують для цього меншої витрати часу та зразки вогневої дії на противника.

Технічна розвідка – це збір і вивчення даних наявності, технічного стану техніки, ремонтних засобів, забезпеченості автомобільним майном і інших питань, необхідних для організації і здійснення відновлення техніки і технічного забезпечення частини в цілому при виконанні бойових завдань. Вона включає виявлення пошкоджених зразків ОВТ, визначення характеру і обсягу їх пошкоджень (проведення первинного технічного діагностування), а також знаходження пропозицій з обсягу і місця, необхідних засобів для відновлення їх працездатності, рекогносцирування шляхів евакуації, переміщення і районів (місць) розгортання ремонтно-відновлювальних (ремонтних) органів, виявлення джерел поповнення запасів ВТМ і об'єктів місцевої промислової бази для ремонту ОВТ, своєчасну передачу зібраної інформації і пропозицій старшому начальнику для прийняття ним відповідного рішення.

Своєчасність і повнота даних про кількість, місця знаходження і стані техніки, що вийшла з ладу, дозволяє в коротші терміни зосередити основні зусилля ремонтно-евакуаційних засобів на відновлення, в першу чергу, машин, які забезпечують рухливість озброєння і бойової техніки [1, 2].

Завданням комплексу засобів відновлення ОВТ військового рівня є цілодобове підтримання боєздатності підрозділів і частин за наявності у строю справної техніки й озброєння шляхом розвідки несправних, пошкоджених і застряглих машин на полі бою, підготовка їх до евакуації, проведення ремонту та повернення їх до своїх частин. Для своєчасного відновлення техніки, що вийшла з ладу, і прийняття рішення на використання ремонтно-евакуаційних засобів необхідна своєчасна інформація стосовно районів зосередження пошкоджених машин та обсягів робіт з їх відновлення, яка збирається підсистемою технічної розвідки. Для ведення технічної розвідки виділяються зазвичай броньовані автомобілі (машини) високої прохідності. Машини технічної розвідки повинні містити: бойовий модуль, гіростабілізатор бойового модуля, засоби зв'язку, систему технічних засобів розвідки, систему блокування радіопідривачів, систему топоприв'язки та навігації, обладнання РХБ розвідки, обладнання для пошуку вибухонебезпечних предметів, засоби надання технічної допомоги, систему оптикоелектронного захисту, радіолокаційну станцію, тепловізори, лазерний вимірювач відстані, інфрачервоний датчик, телевізійну систему, відеокамери, монітор спостереження, блок радіозаглушення, блок прийняття та передачі даних та інше обладнання.

Під час пошуку пошкоджених зразків ОВТ у русі гіростабілізаційна платформа стабілізує систему технічних засобів розвідки. Радіолокаційна станція забезпечує автоматичний пошук і виявлення джерел радіовипромінювання. Звуковий сенсор та інфрачервоний датчик виявляють технічні засоби, що рухаються в зоні проведення технічної розвідки, і передають сигнал оператору. У нічну пору доби виявляти технічні засоби у зоні проведення розвідки дають змогу тепловізори. Після виявлення пошкодженого зразка ОВТ лазерний вимірювач відстані визначає відстань, а система топоприв'язки та навігації визначає координати пошкодженого зразка. Для деталізації розвіданих об'єктів застосовується телевізійна система, у якій відеокамери передають відзняту інформацію на монітор спостереження. Для заглушення каналів управління радіокерованих вибухонебезпечних пристроїв у ході проведення технічної розвідки вмикається система блокування радіопідривачів. Захист машини технічної розвідки від високоточної зброї забезпечує система оптико-електронного захисту. Для відбиття нападу противника застосовується бойовий модуль, який розміщено на даху машини. Управління вогневим засобом особовий склад здійснює із середини корпусу машини, причому зменшення відхилення осі каналу ствола вогневого засобу під час руху забезпечує гіростабілізатор озброєння, а ведення прицільного вогню у темну пору доби забезпечує тепловізійний модуль з лазерним вимірювачем відстані [3].

Розвідувальні космічні апарати (КА) використовуються для виявлення та ідентифікації військових об'єктів, стеження за діяльністю угруповань військ противника, уточнення характеристик театру воєнних дій при плануванні операцій, цілевказівки засобам ураження та визначення наслідків ракетно-бомбових ударів, інформаційного забезпечення діяльності збройних сил.

Воєнні спеціалісти вважають космічну розвідку основним, найбільш надійним джерелом регулярного отримання достовірної інформації в будь-який час доби, незалежно від погодних умов, географічного розташування районів та об'єктів, що розвідуються. Принципово від можливостей КА

розвідувальних систем не відрізняються можливості комерційних КА дистанційного зондування Землі. Вони також забезпечують фотографування поверхні землі, оптико-електронну зйомку у видимому, інфрачервоному та субміліметровому діапазонах. Точні характеристики визначення об'єктів теж майже не відрізняються. Тому, в разі необхідності, можливості військових систем розвідки можуть нарощуватися за рахунок можливостей КА дистанційного зондування Землі.

Під час планування і проведення дій в АТО/ООС особливого значення набула космічна розвідка, що є складовою військової розвідки. Основним призначенням космічних систем розвідки (КСР) є ведення стратегічної розвідки, але висока роздільна здатність розвідувальної апаратури, можливість ведення розвідки у будь-якому районі, доставки інформації в реальному масштабі часу дозволяють застосовувати розвідувальні космічні апарати і для ведення оперативної розвідки.

Серед КСР особливої уваги заслуговують КС видової розвідки, насамперед оптико-електронні КСР. У загрозовий період та у ході війни різко зростають вимоги до обсягу, термінів доставки й вірогідності розвідувальної інформації.

Якщо говорити про основні завдання КСР під час проведення АТО то це:

- визначення складу і місць дислокації угруповань військ та озброєння противника;
- розкриття і визначення місця розташування раніше невідомих і нових об'єктів, ОВТ противника;
- розкриття системи керування військами, інженерних загороджень, систем протиповітряної оборони противника;
- спостереження за проведеними оперативними й організаційними заходами, спостереження за переміщенням сил і засобів противника;
- виявлення надходження на озброєння нових зразків ОВТ;
- виявлення об'єктів і визначення їхніх координат для планування ракетно-артилерійських і авіаційних ударів;
- оцінка результатів вогневого ураження противника. Космічний сенсор високої просторової розрізненості не може мати широкої смуги охоплення місцевості; з орбітальних висот 400-700 км її ширина становить 10-30 км.

Один супутник із сенсором високої розрізненості коштує до \$200 млн., тому виникають обмеження щодо глобальності й періодичності спостереження земної поверхні. Щоб усунути ці обмеження, створюється угруповання супутників, але це потребує величезних фінансових витрат: виготовлення лише одного супутника з сенсором високої просторової розрізненості коштує від 50 до 200 млн. доларів. Отримання даних високої просторової розрізненості – це не лише фінансово-технічна проблема. Тому для України доцільним і перспективним є удосконалення існуючих національних засобів приймання космічної інформації, щоб мати можливість прямого приймання потоків високоякісної космічної інформації зі швидкостями 320 Мбіт/с і більше.

На сьогодні ДКА України має укладені міжнародні угоди про співробітництво з 19 країнами світу. В цих угодах передбачено також обмін супутниковою інформацією, у тому числі й на комерційній основі. Для вирішення завдань КСР зараз вкрай потрібні космічні знімки з високою розрізнювальною здатністю (до 1 м) [4].

В умовах ведення сучасних мережецентричних та гібридних війн Безпілотні Літальні Апарати є одним з основних видів ведення розвідки (наряду з космічною розвідкою). Тому країни, що ведуть сучасні гібридні війни, активно удосконалюють існуючі методи та способи застосування БЛА. БЛА активно використовувалися в зоні ведення антитерористичної операції. Це свідчить про ведення розвідки в інтересах, насамперед артилерійських підрозділів як незаконних збройних формувань так і підрозділів російських збройних сил. БЛА забезпечує отримання та передачу в режимі реального часу телевізійних і тепловізійних зображень місцевості, визначає координати об'єктів спостереження, виконує функцію ретранслятора, здійснює збір, накопичення та обробку інформації.

Отже, основними тенденціями розвитку сучасних БЛА є:

- малі геометричні розміри, що обумовлює низькі значення ймовірностей ураження снарядами зенітної артилерії, а також не спрацювання радіовибухових пристроїв зенітних керованих ракет при їх підльоті до малорозмірної цілі;
- низькі швидкості польоту (10-30 м/с) забезпечують деяку захищеність від сучасних зенітних ракетних комплексів, які мають обмеження на обстріл повітряних цілей при їх мінімальній швидкості до 100 м/с;

– при опроміненні малорозмірних БЛА радіолокаційними станціями (РЛС) можливе їх попадання до стробу захисту РЛС від пасивних завад та місцевих предметів, що робить їх нерозпізнаними на фоні місцевості та в хмарі пасивних завад;

– зниження ефективної поверхні розсіяння до величин (0,005-0,1) кв. м за рахунок використання сучасного рівня технології виробництва (застосування у конструкціях пластмас, композитів, скловолокна, пінопласту, картону та ін.), що забезпечує візуальну помітність менш, ніж 100 м (при ідеальних погодних умовах), звукове розпізнавання 15-50 м, малу інфрачервону сигнатуру (0,5 Вт/стер.) при висоті ведення розвідки від 100 до 1000 м;

– застосування малопотужних економічних двигунів, що робить політ БЛА практично безшумним, а головне, – набагато дешевшими у порівнянні з пілотованою авіацією;

– можливість довгого знаходження над зоною бойових дій; – забезпечення споживачів інформації (при необхідності) потоковим відео практично в реальному масштабі часу;

– значне зниження загального рівня витрат, пов'язаних з перебудуванням достатньо компактних підрозділів БЛА в райони бойового призначення, ремонтом та обслуговуванням БЛА в польових умовах;

– низька ціна розробки та експлуатації БЛА у порівнянні з ціною сучасних пілотованих засобів, що виконують аналогічні функції.

Основні недоліки БЛА: нездатність ухилитися від вогню наземних засобів протиповітряної оборони і винищувачів перехоплювачів; висока чутливість до помилок інерційних навігаційних систем; – складність здійснення повернення і посадки; наявність електромагнітних демаскуючих ознак: сигнали бортового відповідача, сигнали РЛС, що відбиваються від корпусу та агрегатів БЛА, сигнали телевізійних ретрансляторів, широко віщальних станцій, базових станцій коміркового зв'язку, що відбиваються від БЛА, команди каналу управління між наземним пунктом управління та БЛА, а також між БЛА та супутником-ретранслятором системи навігації, сигнали бортової РЛС бокового огляду, сигнали системи автоматичної посадки. У подальших дослідженнях необхідно обґрунтувати напрямки підвищення ефективності виявлення сучасних БЛА та методи боротьби з ними [5].

Серед різноманітних варіантів поліпшення організації технічної розвідки необхідно назвати методи, що використовують сучасні інформаційні технології. При плануванні маршруту груп технічної розвідки пропонується використовувати розв'язання задачі комівояжера. Задача комівояжера полягає у знаходженні найвигіднішого маршруту, що проходить через вказані міста хоча б по одному разу. В умовах завдання вказується критерій вигідності маршруту (найкоротший, найдешевший тощо), і відповідні матриці відстаней, вартостей тощо. Задача комівояжера може застосовуватись для розв'язання широкого спектра задач, в основі яких лежить проходження певного об'єкту через множину пунктів так, щоб закінчення шляху збігалось з початком. За допомогою програмного пакету Microsoft Office, використовуючи програму Excel, можна знайти маршрут, що буде оптимальним з точки зору вибраного критерію. При плануванні маршруту групи розвідки в якості критерію оптимальності доцільно вибирати час повного проходження маршруту з урахуванням того, що при проходженні різних відрізків маршруту середня швидкість пересування машини розвідки може бути різною.

Прикладами задач в яких доцільне застосування даного методу є:

1. Планування маршруту проходження чоловіком пунктів пошкодженої техніки.
2. В ході планування робіт для однієї машини. Планування маршруту від пункту початку (автостоянки) до пункту з пошкодженою технікою (складом) та подальше проходження всіх пунктів, з поверненням машини в кінці зміни на місце початку робіт.

На практиці часто зустрічаються додаткові умови, що називаються «часові обмеження» і накладаються на час, коли має бути відвідане кожне місто. Наприклад, інженер служби домовляється з клієнтами про час візиту для евакуації техніки. Ці часові рамки повинні братись до уваги в службі під час планування маршруту інженера.

Відповідно до он-лайн задачі, всі міста не відомі наперед, натомість, кожне наступне місто стає відомим тоді, коли комівояжер вже в дорозі. Комівояжер повинен на основі отриманих даних обчислювати свій маршрут, так, аби нові міста «якнайкраще» вписувались у вже запланований маршрут. Такий варіант може зустрічатись, наприклад, в службі планування ADAC (технічної допомоги

автомобілістам), коли інформація про поламані авто стає відомою поступово, і центр керування повинен нові виклики якнайкраще розподіляти між ремонтними автомобілями. Оскільки на дорозі знаходиться декілька ремонтних автомобілів та центр керування має повідомити про приблизний час прибуття ремонтників, то така задача є он-лайн задачею декількох комівояжерів з часовими обмеженнями [6].

**Висновки.** Таким чином, з усього вище написаного та проаналізованого, можна зробити висновок, що наукова робота мала на меті проаналізувати поняття технічної розвідки, яка мета технічної розвідки, які методи можна використовувати для організації та проведення технічної розвідки. Можливе використання програмного забезпечення Microsoft Word для вирішення питання найвигіднішого маршруту для здійснення відновлення військової автомобільної техніки.

#### **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. – 187с., 267с., 275с.
2. *Технічна розвідка – [Електронний ресурс] Режим доступу: (studfile.net)*
3. *Використання броньованих автомобілів Кугуар – [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://chiz.nangu.edu.ua/article/view/207157/207238>*
4. *Розвідувальні космічні апарати – [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://www.ukrinform.ua/rubric-technology/3030196-40-sm-asnosti-ak-cuzi-suputniki-sluzat-ukraini-v-zoni-oos.html>*
5. *Розвідка безпілотними літальними апаратами – [Електронний ресурс] Режим доступу: [https://www.zvir.zt.ua/images/stories/ZbirnikNP/ZbirnikZHVI\\_10.pdf](https://www.zvir.zt.ua/images/stories/ZbirnikNP/ZbirnikZHVI_10.pdf)*
6. *Транспортна задача комівояжера – [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/>*

**Науковий керівник:** Угольніков О., к.фіз.-мат.н., доц., Військова академія (м. Одеса).

УДК 423.13

**Воронченко О.,**

**Подуфалов М.**

*Військова академія(м. Одеса)*

### **РОЗРОБКА МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БОЙОВИХ ДІЙ омбр ВАТ ТА МАЙНОМ**

*Важливою складовою частиною успіху бойових дій, поряд із високим рівнем бойової підготовки особового складу, є своєчасне забезпечення частин і підрозділів озброєнням, ракетами, боєприпасами, військовою технікою та військово-технічним майном. Таким чином, кваліфіковане і ретельно організоване технічне забезпечення є важливою умовою успіху в сучасному бою.*

**Ключові слова:** *модель підсистеми військової логістики, ймовірності станів та переходів, система диференціальних рівнянь, операційне числення.*

**Постановка проблеми.** Забезпечення підрозділів майном та технікою під час бойових дій є запорукою успішного виконання бойових завдань. Моделювання процесу забезпечення дає змогу розрахувати необхідну кількість майна у різних видах бою, за допомогою математичних розрахунків за короткий проміжок часу. Особливу актуальність набуває автотехнічне забезпечення під час ведення частинами і підрозділами бойових дій та локальних конфліктів, проведення маршів, антитерористичних та миротворчих операцій, оскільки в результаті інтенсивної експлуатації зростає кількість відмов, а значна частина агрегатів отримує бойові пошкодження від вогневого ураження. У таких умовах відновлення автомобільної техніки є основним джерелом поповнення її втрат.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Аналіз доступних в Інтернеті публікацій і фрагментів показує, що ключовим елементом військової логістики збройних сил України та зарубіжних армій автотехнічне забезпечення. Воно включає комплекс заходів, спрямованих на: накопичення встановлених норм запасів матеріальних засобів і своєчасного забезпечення ними військових частин і підрозділів; зберігання і підтримка цих засобів у стані, який забезпечує їх своєчасне приведення в готовність до бойового застосування; модернізація зразків озброєння і військової техніки і їх своєчасне оновлення; поповнення запасів матеріальних засобів замість пошкоджених, використаних і загублених у ході виконання службово-бойових завдань.

**Метою статті** є розробка моделі процесу забезпечення бойових дій омбр ВАТ та майном.

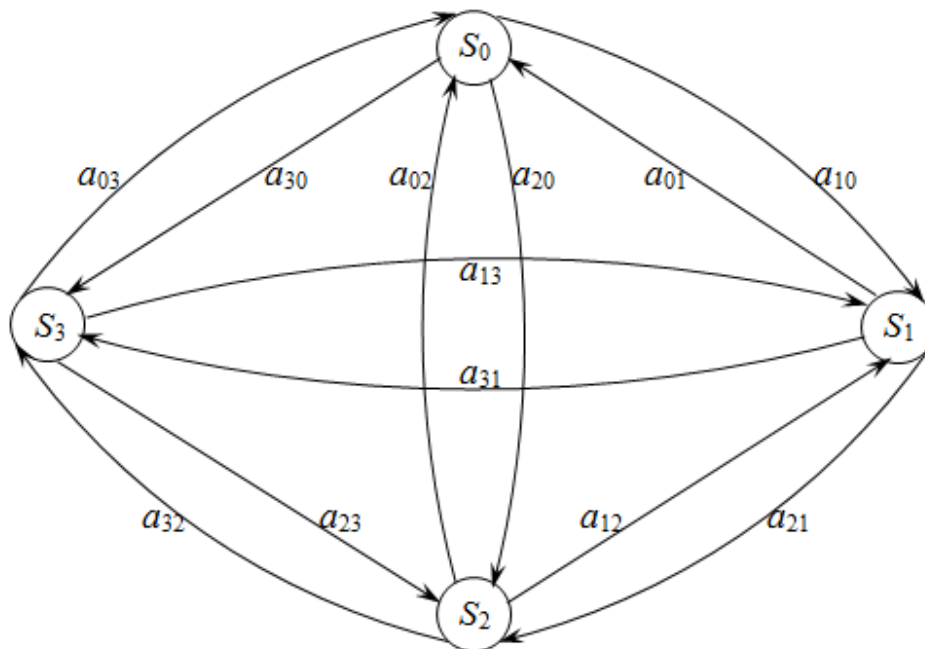
**Виклад основного матеріалу дослідження.** Автотехнічне забезпечення бойових дій є складовою частиною технічного забезпечення бойових дій і спрямоване на забезпечення боєздатності Збройних сил України.

Технічне і автотехнічне забезпечення підготовки і здійснення бойових дій, перш за все, відновлення озброєння і військових автомобільних засобів і заходи, що безпосередньо з цим пов'язані, є важливішим комплексом заходів, що направлені на приведення пошкоджених зразків озброєння і військової техніки у готовність до використання з поверненням їх до строю.

Це досягається якісною організацією відновлення військової автомобільної техніки в бойових (польових) умовах – як одного з головних джерел поповнення підрозділів і військових частин озброєнням і військовою технікою. Відновлення автомобільної техніки включає: технічну розвідку, евакуацію і ремонт (відновлення працездатності) автомобільної техніки, доведення її до справного або працездатного стану, передачу пошкодженої автомобільної техніки, що не відновлюється силами і засобами ремонтно-відновлювального органу військової частини засобом начальника вищого органу військового управління, повернення і введення до строю, при необхідності постановку її на зберігання [1].

Для вивчення процесу функціонування системи забезпечення бойових дій окремої механізованої бригади (омбр) військовою автомобільною технікою та майном в роботі була використана ймовірнісна модель, вперше запропонована на кафедрі автотехнічного забезпечення Військової академії (м. Одеса) [2]. Ідеї, що були в основі цієї моделі, отримали подальший розвиток у роботі і узагальнені та остаточно сформульовані в роботі [3].

В цих роботах розглядається динамічна модель деякої системи військової транспортної логістики, яка може перебувати у  $n + 1$  різних станах  $S_i$  ( $i = 0, 1, 2, \dots, n$ ) з ймовірностями  $P_i(t)$ , що залежать від часу  $t$ , і може переходити з будь-якого стану до будь-якого іншого. Таку систему можна зобразити у вигляді графу станів і переходів. На рис. наведений такий граф для чотирьох станів  $n = 3$ .



**Рис. 1.** Загальний вигляд графу станів та переходів для системи з чотирма станами

Перехід зі стану  $S_j$  до стану  $S_i$  характеризується інтенсивністю  $h_{ij}$  та ймовірністю  $H_{ij}$ . Тоді система диференціальних рівнянь, що описують залежність від часу ймовірностей  $P_i(t)$  перебування досліджуваної системи в станах  $S_i$  має вигляд [1]:

$$\dot{P}_i(t) = \sum_{j=0}^n a_{ij} P_j(t) \quad (i = 0, 1, 2, \dots, n),$$

або, у розгорнутому вигляді,

$$\begin{cases} \dot{P}_0(t) = a_{00}P_0(t) + a_{01}P_1(t) + \dots + a_{0n}P_n(t), \\ \dot{P}_1(t) = a_{10}P_0(t) + a_{11}P_1(t) + \dots + a_{1n}P_n(t), \\ \dot{P}_2(t) = a_{20}P_0(t) + a_{21}P_1(t) + \dots + a_{2n}P_n(t), \\ \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ \dot{P}_n(t) = a_{n0}P_0(t) + a_{n1}P_1(t) + \dots + a_{nn}P_n(t). \end{cases} \quad (1)$$

де  $\dot{P}_i(t) = \frac{dP_i}{dt}$  – похідна ймовірності за часом;  $a_{ij} = h_{ij}H_{ij}$  ( $i \neq j$ ) – коефіцієнти системи (1), що характеризують вплив ймовірностей  $P_j(t)$  перебування підсистеми у станах  $S_j$  на швидкість  $\dot{P}_i(t)$  зміни ймовірності  $P_i(t)$  перебування підсистеми у стані  $S_i$ . Для коефіцієнтів з однаковими індексами  $a_{ii}$  виконується умова  $a_{ii} = -\sum_{j=1}^n a_{ji}$ , яка відображує факт, що всі об'єкти, що вийшли зі стану  $S_i$ , перейшли в один з інших можливих станів  $S_j$ .

На невідомі функції  $P_i(t)$  накладаються додаткові обмеження. Це, по-перше, початкові умови, що задають значення ймовірностей у початковий момент часу  $t = 0$ :

$$P_i(0) = P_i^0 \quad (i = 0, 1, 2, \dots, n)$$

і, по-друге, умова нормування

$$\sum_{i=0}^n P_i(t) = 1,$$

тобто сукупність усіх можливих станів системи утворює повну групу подій. Очевидно, що перебування системи в одному з цих станів є достовірною подією, ймовірність якої дорівнює одиниці.

Для розв'язання системи лінійних диференціальних рівнянь зі сталими коефіцієнтами застосуємо метод операційного числення [4], який базується на перетворенні Лапласа, більш зручний з точки зору алгоритмізації та комп'ютеризації процесу розрахунків. Далі для більш компактного запису результатів не будемо вказувати аргумент  $t$  у дужках після знаку функції  $P_i(t)$  або її похідної за часом  $\dot{P}_i(t)$ .

Оскільки рівняння системи (1) зв'язані умовою нормування, то вони не є незалежними. Це дозволяє виключити одне з рівнянь і розглядати вже систему, що містить  $n$  незалежних рівнянь. Виключення першого рівняння (з індексом «0») і підстановка відповідного виразу до всіх інших рівнянь дають систему

$$\begin{cases} P_0 = 1 - P_1 - P_2 - \dots - P_n, \\ \dot{P}_1 = a_{11}P_1 + a_{12}P_2 + \dots + a_{1n}P_n + a_{10}(1 - P_1 - P_2 - \dots - P_n), \\ \dot{P}_2 = a_{21}P_1 + a_{22}P_2 + \dots + a_{2n}P_n + a_{20}(1 - P_1 - P_2 - \dots - P_n), \\ \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ \dot{P}_n = a_{n1}P_1 + a_{n2}P_2 + \dots + a_{nn}P_n + a_{n0}(1 - P_1 - P_2 - \dots - P_n). \end{cases}$$

Видалення першого рівняння і перегрупування членів інших рівнянь, приводять до так званої вкороченої системи, а введення позначення  $a'_{ij} = a_{ij} - a_{i0}$  ( $i, j = 1, 2, \dots, n$ ) приводить систему до більш компактного вигляду:

$$\begin{cases} \dot{P}_1 = a'_{11}P_1 + a'_{12}P_2 + \dots + a'_{1n}P_n + a_{10}, \\ \dot{P}_2 = a'_{21}P_1 + a'_{22}P_2 + \dots + a'_{2n}P_n + a_{20}, \\ \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ \dot{P}_n = a'_{n1}P_1 + a'_{n2}P_2 + \dots + a'_{nn}P_n + a_{n0}. \end{cases} \quad (2)$$

Наступний крок полягає у застосуванні до системи (2) перетворення Лапласа [4] з використанням таблиці перетворень Лапласа та властивості перетворення (диференціювання оригіналу):

$$P_i(t) \rightarrow X_i(p) - \text{зображення невідомої функції } P_i(t), \text{ де } p - \text{комплексна змінна};$$

$$\dot{P}(t) \rightarrow pX_i(p) - P_i^0 - \text{зображення похідної};$$

$$a_{i0} \rightarrow \frac{a_{i0}}{p} - \text{зображення сталої величини.}$$

В результаті система лінійних диференціальних рівнянь відносно ймовірностей  $P_i(t)$  замінюється системою лінійних алгебраїчних рівнянь відносно зображень  $X_i(p)$ :

$$\begin{cases} pX_1(p) - P_1^0 = a'_{11}X_1 + a'_{12}X_2 + \dots + a'_{1n}X_n + \frac{a_{10}}{p}, \\ pX_2(p) - P_2^0 = a'_{21}X_1 + a'_{22}X_2 + \dots + a'_{2n}X_n + \frac{a_{20}}{p}, \\ \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ pX_n(p) - P_n^0 = a'_{n1}X_1 + a'_{n2}X_2 + \dots + a'_{nn}X_n + \frac{a_{n0}}{p}, \end{cases} \tag{3}$$

Введення у розгляд матриці вкороченої системи  $\mathbf{A}'$ , матриці-стовпця вільних членів  $\mathbf{B}(p)$  та матриці-стовпця невідомих  $\mathbf{X}(p)$ :

$$\mathbf{A}' = \begin{pmatrix} a'_{11} & a'_{12} & \dots & a'_{1n} \\ a'_{21} & a'_{22} & \dots & a'_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a'_{n1} & a'_{n2} & \dots & a'_{nn} \end{pmatrix}, \quad \mathbf{B}(p) = -\frac{1}{p} \begin{pmatrix} pP_1^0 + a_{10} \\ pP_2^0 + a_{20} \\ \dots \dots \dots \\ pP_n^0 + a_{n0} \end{pmatrix}, \quad \mathbf{X}(p) = \begin{pmatrix} X_1(p) \\ X_2(p) \\ \dots \dots \\ X_n(p) \end{pmatrix}$$

дозволяє систему (3) записати у вигляді одного матричного рівняння

$$(\mathbf{A}' - p\mathbf{E}) \cdot \mathbf{X} = \mathbf{B},$$

де  $\mathbf{E}$  – одинична матриця  $n$ -го порядку. Методи розв’язання систем вигляду (3) добре відомі [5]. Розв’язок рівняння зручно представити у вигляді

$$\mathbf{X}(p) = \frac{1}{p \cdot \det(\mathbf{A}' - p\mathbf{E})} \mathbf{R}(p), \tag{4}$$

де  $\det(\mathbf{A}' - p\mathbf{E})$  – головний визначник системи (3) (характеристичний многочлен матриці  $\mathbf{A}'$ ), а елементи  $R_i(p)$  матриці-стовпця  $\mathbf{R}(p)$  з точністю до множника  $p$  є допоміжними визначниками цієї системи:

$$R_i(p) = - \begin{vmatrix} a'_{11} - p & \dots & a'_{1,i-1} & pP_1^0 + a_{10} & a'_{1,i+1} & \dots & a'_{1n} \\ a'_{21} & \dots & a'_{2,i-1} & pP_2^0 + a_{20} & a'_{2,i+1} & \dots & a'_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a'_{n1} & \dots & a'_{n,i-1} & pP_n^0 + a_{n0} & a'_{n,i+1} & \dots & a'_{nn} - p \end{vmatrix}. \tag{5}$$

Знаходження матриці зображень  $\mathbf{X} = \mathbf{X}(p)$  дозволяє знайти саму матрицю оригіналів  $\mathbf{P} = \mathbf{P}(t)$ , виконавши обернене перетворення Лапласа [4] з використанням таблиць оберненого перетворення основних елементарних функцій та властивостей перетворення Лапласа. Елементи матриці-стовпця зображень  $\mathbf{X} = \mathbf{X}(p)$  є правильними раціональними дробами, тому їх можна розкласти на суму елементарних дробів по різницях  $(p - p_j)^{-1}$  ( $j = 0, 1, \dots, n$ ), де  $p_0 = 0$ ,  $p_{j \neq 0}$  – власні числа матриці

$\mathbf{A}'$ , які знаходяться шляхом розв'язання її характеристичного рівняння  $\det(\mathbf{A}' - p\mathbf{E}) = 0$ . Зі змісту задачі випливає, що корені повинні бути дійсними, в даній роботі розглядається важливіший з практичної точки зору випадок, коли вони всі прості.

Знайшовши нулі знаменника, кожний елемент  $X_i(p)$  матриці-функції  $\mathbf{X} = \mathbf{X}(t)$  можна, як було сказано вище, розкласти на алгебраїчну суму елементарних дробів, тобто записати розв'язок (4) у вигляді:

$$\begin{cases} X_1(p) = \frac{R_1(p)}{p \cdot \det(\mathbf{A}' - p\mathbf{E})} = \frac{C_{10}}{p} + \frac{C_{11}}{p - p_1} + \frac{C_{12}}{p - p_2} + \dots + \frac{C_{1n}}{p - p_n}, \\ X_2(p) = \frac{R_2(p)}{p \cdot \det(\mathbf{A}' - p\mathbf{E})} = \frac{C_{20}}{p} + \frac{C_{21}}{p - p_1} + \frac{C_{22}}{p - p_2} + \dots + \frac{C_{2n}}{p - p_n}, \\ \dots \\ X_n(p) = \frac{R_n(p)}{p \cdot \det(\mathbf{A}' - p\mathbf{E})} = \frac{C_{n0}}{p} + \frac{C_{n1}}{p - p_1} + \frac{C_{n2}}{p - p_2} + \dots + \frac{C_{nn}}{p - p_n}. \end{cases} \quad (6)$$

Для обчислення невідомих коефіцієнтів  $C_{ij}$  у випадку простих дійсних коренів найзручнішим є метод підстановки нулів знаменника  $p_j$  ( $j = 0, 1, 2, \dots, n$ ) [10] (якщо серед нулів знаменника є кратні, то розклад (6) має дещо інший вигляд, і для знаходження коефіцієнтів розкладу необхідно застосувати метод невизначених коефіцієнтів). Алгоритм полягає у тому, що дроби у правих частинах виразів у кожному рядку системи (6) приводяться до спільного знаменника, а потім прирівнюють чисельник одержаного дроби до відповідного чисельника  $R_i(p)$  вхідного дроби. Ці рівності повинні виконуватися при всіх значеннях комплексної змінної  $p$ , в тому числі, при значеннях  $p = p_j$  ( $j = 0, 1, 2, \dots, n$ ), що є нулями знаменника. Підставляючи ці значення, отримаємо для визначення коефіцієнтів  $C_{ij}$  наступні вирази:

$$C_{ij} = \frac{R_i(p_j)}{(-1)^n \prod_{k=0, k \neq j}^n (p_j - p_k)} \quad (i = 1, 2, \dots, n; j = 0, 1, \dots, n). \quad (7)$$

Визначення коефіцієнтів  $C_{ij}$  та використання табличної формули

$$\frac{C_{ij}}{p - p_j} \rightarrow C_{ij} e^{p_j t}$$

і лінійних властивостей перетворення Лапласа дає можливість знайти шукані оригінали  $P_i(t)$ . Тоді розв'язок вихідної системи диференціальних рівнянь (1) остаточно має вигляд

$$\begin{cases} P_1(t) = C_{10} + C_{11}e^{p_1 t} + C_{12}e^{p_2 t} + \dots + C_{1n}e^{p_n t}, \\ P_2(t) = C_{20} + C_{21}e^{p_1 t} + C_{22}e^{p_2 t} + \dots + C_{2n}e^{p_n t}, \\ \dots \\ P_n(t) = C_{n0} + C_{n1}e^{p_1 t} + C_{n2}e^{p_2 t} + \dots + C_{nn}e^{p_n t}, \end{cases} \quad (8)$$

**Висновки.** Автотехнічне забезпечення бойових дій є складовою частиною технічного забезпечення бойових дій і спрямоване на забезпечення боєздатності Збройних сил України.

Виконано узагальнення моделі для опису систем, для яких число можливих станів може бути як завгодно великим. Використання апарату лінійної алгебри дозволило отримати у компактному матричному вигляді загальні результати, застосування яких до будь-яких конкретних систем потребує тільки визначення переліку можливих станів і обчислення інтенсивностей та ймовірностей переходів між цими станами.

Результати розрахунків можуть використовуватись при плануванні заходів підсистеми технічного забезпечення військової логістики, озброєнь та військової техніки і так далі. Модель дозволяє оцінити вплив різноманітних факторів на показник ефективності функціонування підсистеми забезпечення і



спланувати заходи з її підвищення. Розрахункові формули є достатньо простими і можуть бути реалізовані за допомогою електронних таблиць EXCEL або широко використовуваних програм MathCad або MatLab. Задача застосування запропонованої моделі полягає тільки у складанні графу станів та переходів і у знаходженні значень ймовірностей та переходів між можливими станами.

#### **Список використаних джерел**

1. Дем'янчук Б.О. *Основи автотехнічного забезпечення. Моделювання процесів* / Дем'янчук Б.О., Верпівський С.М., Меленчук В.М. *Навчальний посібник з грифом МОН.* – Одеса: Військова академія. – 2015. – 20-24, 70-74, 189, 192, 197-200 с.

2. Сухін О.В., Дем'янчук Б.О., Косенко А.В. *Модель процесів системи технічного забезпечення бойового застосування зразків озброєння. Системи озброєння і військова техніка.* 2019. № 4(60). С. 94-101. DOI: <https://doi.org/10.30748/soivt.2019.60.13>.

3. Угольніков О.П., Дем'янчук Б.О., Колесніченко Н.О., Малиновський О.А. *Збірник наукових праць* № 2 (12) ч. II 2019. DOI: <https://doi.org/10.37129/2313-7509.2019.12.2.5-13>

4. Байрамов А.А., Талыбов А.М., Пашаев А.Б., Сабзиев Э.Н. *Математическая модель логистики технического снабжения в зонах военных действий. Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони.* 2019. № 2 (35). С. 77-80. DOI: <https://doi.org/10.33099/2311-7249/2019-35-2-77-80>

5. Свеишиков А.Г., Тихонов А.Н. *Теория функций комплексной переменной.* Москва: Наука, 1970. 304 с.

**Науковий керівник:** Угольніков О., к.фіз.-мат.н., доц., Військова академія (м. Одеса).

УДК 621.313

**Горбов Є.,**

**Борідченко С.,**

**Трушков Г.,** к.т.н.

*Військова академія (м. Одеса)*

### **АНАЛІЗ СТАНУ ПРОТИТАНКОВИХ РАКЕТНИХ КОМПЛЕКСІВ ТА ПЕРСПЕКТИВНІ ШЛЯХИ ЇХНЬОГО РОЗВИТКУ**

*Пропонується проведення аналізу сучасного стану протитанкових ракетних комплексів та перспективні шляхи їхнього розвитку.*

**Ключові слова:** протитанковий ракетний комплекс, асинхронний двигун, електропривод.

**Постановка проблеми.** В умовах сучасної війни на думку військових фахівців, об'єкти бронетанкової техніки (ОБТТ) будуть вирішальною ударною силою при проведенні бойових операцій сухопутних військ.

В даний час сучасні та перспективні ОБТТ оснащуються посиленою комбінованою бронєю з навісним або вмонтованим динамічним захистом, системами постановки активних та пасивних оптичних перешкод, а також приладами для нічного бачення і телевізійними прицілами для стрільби вночі. ОБТТ володіють високими тактико-технічними характеристиками: велика швидкісна вогнева міць; можливість ведення ефективного вогню з ходу на великі дистанції; потужна броня і захищеність екіпажу від впливу атомної, хімічної і бактеріологічної зброї. В даний час широке застосування для боротьби з ОБТТ отримала високоточна зброя, основу якої складають протитанкові ракетні комплекси (ПТРК). ПТРК містять в своєму складі бойові машини і високоефективні протитанкові керовані ракети (ПТКР) які є основним засобом ураження одиночних броньованих і неброньованих цілей. У зв'язку з бурхливим розвитком ОБТТ виникає необхідність розробки нових і вдосконалення існуючих зразків ПТРК

**Мета статті** є аналіз сучасного стану протитанкового ракетного озброєння Збройних Сил України, формулювання пропозицій щодо забезпечення потрібного рівня боєготовного стану у середньостроковій перспективі та основних напрямків його розвитку у довгостроковій перспективі.

Об'єктом досліджень є процес сучасного стану застосування та проблем удосконалення протитанкових ракетних комплексів. Предметом досліджень є удосконалення електроприводу протитанкового ракетного комплексу. Важливим прикладним завданням, на вирішення якого спрямована робота, є поліпшення тактико-технічних можливостей електроприводу протитанкового ракетного комплексу. Важливим науковим завданням, на вирішення якого спрямована робота, є розрахунок трифазного асинхронного двигуна для електроприводу виробу 9П149.

**Виклад основного матеріалу.** У зв'язку із збільшеним насиченням сухопутних військ бронетанкової техніки, успішне ведення бойових дій в сучасних умовах неможливо без широкого використання найрізноманітніших протитанкових засобів. Основним протитанковим засобом забезпечує високу ефективність протитанкової оборони, на думку військових фахівців, були і залишаються ПТРК, що застосовуються в переносному варіанті на рухомих наземних носіях – колісних машинах, БТР а також, на вертольотах і літаках. Основною характеристикою ПТРК, що визначає його структуру та технічні параметри є система наведення ПТУР. В даний час ПТРК використовують такі системи наведення ПТУР:

- напівавтоматична система наведення з передачею команд управління по провідній лінії зв'язку;
- самонаведення з використанням ІЧ ГСН;
- наведення з використанням напівактивної лазерної ГСН;
- наведення по променю лазера;
- самонаведення з використанням ГСН міліметрового діапазону хвиль.

В даний час основним комплексом, використовуваним в збройних силах для боротьби з об'єктами бронетанкової техніки, є самохідний ПТРК «Штурм-С». Він виконаний в модульному виконанні, що дозволяє розмішувати його на будь-яких типах БМП, БТР, танках і вертольотах як вітчизняного, так і зарубіжного виробництва.

На теперішній час до ПТРК надаються наступні вимоги:

- ймовірність повної поразки (знищення) ОБТТ з удосконаленим захистом (в тому числі обладнаної динамічним захистом) однією ракетою в межах 0,5-0,7;
- ймовірність попадання в ціль при будь-яких умовах бойової обстановки (стрільба вночі, вдень – в умовах задимленості і запиленості поля бою, а також при наявності перешкод) не нижче 0,9;
- можливість безвідмовного функціонування не менше 0,95;
- висока скорострільність;
- поразка об'єктів бронетанкової техніки, як в лобову поверхню, так і зверху;
- середнє час напрацювання пускової установки на відмову не менше 400 годин;
- коефіцієнт готовності ПТРК в межах 0,85-0,9 в мирний час і 0,9-0,95 у воєнний.

Сучасний розвиток озброєння характеризується розробкою і впровадженням складних технічних систем і комплексів. Найбільш відповідальним і в той же час вразливою ланкою у всіх сучасних зразках озброєння є електропривод.

Електричний привід – електромеханічна система, що складається з електродвигунного, перетворювального, передавального і керуючого пристроїв, призначена для надавання руху виконавчим органам робочої машини і керування цим рухом.

Електропривід забезпечує виконання основних функцій ПТРК, тобто поворот направляючої, наведення її на ціль, стійке положення напрямних при стрільбі. У зв'язку з цим до надійності, безвідмовності електроприводу пред'являються підвищені вимоги в порівнянні з іншими функціональними вузлами.

На тлі сучасного інформаційного стрибка і на основі сучасного розвитку комп'ютерної техніки вдосконалення силових вузлів ракетно-артилерійського озброєння йде занадто повільно. У багатьох зразках ПТРК використовуються електроприводи (ЕП) розроблені ще в 60-70 роки минулого століття. У них використовуються відомі елементи і машини, що зарекомендували себе, як прості і безвідмовні пристрої. Однак багато хто з цих пристроїв в новому столітті вже морально застаріли. Разом з тим стали з'являтися сучасні аналоги цих пристроїв, що виконують ті ж функції з великим ефектом.

ЕП є невід'ємною частиною БМ ПТРК і призначений для зміни положення обертових частин виробу 9П149.

У зв'язку з призначенням, в даний час висувуються наступні вимоги до ЕП:

- забезпечення надійності наведення;
- простота і зручність експлуатації;
- технологічність конструкції;
- дешевизна виготовлення;
- захищеність від впливу електромагнітного імпульсу;
- забезпечення безвідмовності роботи;
- можливість наведення в разі виходу з ладу окремих елементів.

Простота ЕП визначається мінімальною кількістю електричних машин, апаратів і пристроїв, а також мінімальною кількістю елементів, з яких він складається. Вона досягається також застосуванням простих і однотипних апаратів і пристроїв.

Надійність ЕП досягається простотою принципової електричної схеми, використанням безвідмовно працюючих електричних машин і елементів, які забезпечують високу міцність і довговічність. У схемі ЕП повинні бути передбачені захист від перевантажень, електричні і магнітні блокування. Система управління повинна бути гнучкою, допускати прості і швидкі переходи від управління одним механізмом до управління іншими. Пульти і органи управління повинні розміщуватися так, щоб навідник витрачав на управління мінімум часу і зусиль, так як від цього залежить час наведення пускової установки на ціль.

У будь-якому режимі роботи система автоматичного управління ЕП повинна забезпечувати можливість контролю справності деяких вузлів і елементів. Слід передбачити сигналізацію, що показують стан елементів і вузлів ЕП.

Монтаж сучасних ЕП є трудомістким і досить складним процесом, тому доцільно розділити його на кілька проміжних операцій: збірка окремих блоків, панелей вузлів в спеціалізованих цехах, або лабораторіях, їх настройка і налагодження; загальний монтаж на робочому місці шляхом зовнішнього з'єднання панелей, блоків і вузлів їх складання та регулювання.

Монтаж і конструювання окремих панелей і блоків необхідно виконати так, щоб апаратуру і окремі прилади можна було замінювати, знімати для ремонту.

Крім того, елементи ЕП повинні бути добре ізолювані від механічних пошкоджень, влучень пилу, бруду, атмосферних опадів.

ЕП механізмів наведення ПТРК повинні забезпечувати надійний захист обслуговуючого персоналу від пошкодження електричним струмом. В цьому випадку проводи повинні мати надійну ізоляцію. При розробці нових ЕП необхідно пам'ятати про прийняття технічних рішень щодо зниження рівня радіоперешкод, які виникають при роботі електромеханічної системи.

При розробці електроприводу необхідно ширше використовувати електричні машини, безконтактні елементи комутації та напівпровідникові прилади. Однак при цьому необхідно враховувати, що вартість електроприводу в цілому в цьому зростає.

Правильне рішення, яке задовольняє даній вимозі, може бути знайдено в кожному конкретному випадку шляхом порівняння варіантів компоновки, розміщення і монтажу електроприводу.

**Висновок.** Проведений аналіз джерел інформації про сучасні ПТРК свідчить про актуальність напрямків подальшого удосконалення електроприводу цих комплексів. Особлива увага дослідження приділена оцінці динамічних характеристик запропонованого електроприводу.

#### **Список використаних джерел**

1. *Можливості оборонно-промислового комплексу України в системі національної безпеки. Аналітична записка.* <http://old2.niss.gov.ua/articles/251/> © Національний інститут стратегічних досліджень

2 *Горбулін В.П. Забезпечення оборони та безпеки України: актуальні проблеми і шляхи їх вирішення* ISSN 1027-3239. Вісн. НАН України, 2019, № 9, с.3–6

УДК 623.746:681.88

**Григор'єв Д.,**

**Гордішевський Л.**

*Військова академія (м. Одеса)*

### **РОЗРОБКА КОНЦЕПТУАЛЬНИХ ВИМОГ ДО ЗАСОБІВ БОРОТЬБИ БЕСПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ ЗАСОБІВ НА АРСЕНАЛАХ, БАЗАХ ТА СКЛАДАХ**

*В даній статті буде розглянуто актуальне на даний час питання щодо розробки конкретних вимог для боротьби з безпілотними літальними апаратами (БПЛА), основні засоби їх виявлення та протидія їм діям.*

**Ключові слова:** *безпілотний літальний апарат, АБС, охорона, радіо-електронна боротьба*

**Постановка проблеми.** У Збройних Силах України на даний час стан організації охорони військових частин вимагає насамперед удосконалення та збільшення механізму протидії загрозам, що можуть привести, як до часткових втрат військово-технічного майна (далі ВТМ), так і до повного

знищення. Сучасний стан організації об'єктів зберігання ракет і боєприпасів вимагає насамперед удосконалення механізму реагування у разі виникнення надзвичайних подій. Одним з важливих напрямків цієї діяльності у Збройних Силах України є впровадження на об'єктах зберігання боєзапасу систем виявлення безпілотних літальних апаратів (далі – БПЛА).

Події останніх років, а саме вибухи на арсеналах у м. Балаклея Харківської області та м. Калинівка Вінницької області, польових складах поблизу м. Сватове Луганської області та с. Малоянісоль, Донецької області, вказують на недосконалу систему охорони і оборони АБС а саме відсутність систем виявлення БПЛА (м. Балаклея, м. Сватове).

Мають місце системні упущення в організації систем виявлення безпілотних літальних апаратів.

Можливо чинники які напряду пов'язані по забезпеченню безпечного зберігання ракет і боєприпасів на АБС є з недостатнє фінансування програм, та, як наслідок, призводять до виникнення надзвичайних ситуацій.

**Виклад основного матеріалу.** Задача підвищення живучості АБС зводиться до задачі обґрунтування доцільності введення існуючих систем виявлення БПЛА вітчизняного виробництва в штати АБС.

Успішне вирішення цього питання можливе лише при науково обґрунтованому вивченні ситуації, що склалася у сфері безпеки функціонування об'єктів зберігання боєзапасу та наданні пропозицій і рекомендацій щодо вдосконалення системи її регулювання.

БПЛА – це літальний апарат багаторазового або умовно-багаторазового використання, який не має на борту екіпажу (людини-пілота) і здатний самостійно цілеспрямовано переміщатися в повітрі для виконання різних функцій в автономному режимі (за допомогою власних програмних засобів) або за допомогою дистанційного керування (здійснюваного людиною – оператором зі стаціонарного або мобільного пульта управління).

БПЛА є ознакою сучасного війська і за їх кількістю можна визначити технологічний рівень 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 більше застосовуються під час бойових дій на рівні взводу та відділення для термінового отримання інформації, тобто для вирішення завдань військової розвідки. Також використання БПЛА для коригування вогневих ударів по наземним цілям.

Під час польоту БПЛА можливо порушити роботу його бортових датчиків, пошкодити канали зв'язку, передачі даних і контролю, заглушити сигнали системи GPS, від чого БПЛА стає сліпим і безпорадним. Вбити його по-справжньому можна тільки фізично, знищивши ракетною, снарядом із звичайної гармати, а в близькому майбутньому і променем лазерної гармати. Інформаційне придушення за допомогою систем радіоелектронної боротьби стандартними, добре відпрацьованими способами, а також за допомогою новітніх електронних технологій в кібератаках буде застосовуватися для будь-яких без винятку БПЛА – великих і малих габаритів. Однак при виборі засобів фізичного знищення все не так однозначно, і тут доведеться мати справу з критеріями «вартість-ефективність»

Одна справа великі ударні або розвідувальні БПЛА – на таку мету і серйозного боєприпасу не шкода. Але ось збити ракетною, навіть «дешевою», що запускається з плеча, всяку дрібницю буде накладне, тому що збивати доведеться дуже багато, а ще всяка дрібниця має звичай налітати «зграями» і хвилями. Для боротьби зі зграями потрібно що-небудь подешевше і більш продуктивне.

Все стає настільки серйозним, що БПЛА стали включати в програми озброєнь багато країн світу як особливо важливі цілі, а для їх знищення треба мати ефективні системи і засоби ураження. Військові почали розуміти різницю між тим, як легко запустити свої апарати по противнику і як важко буде не пустити чужі дрони в свій будинок, так до того ж і збивати.

В арміях країн НАТО також як в ЗС України мають схожу класифікацію.

За призначенням: розвідувальні; ударні; розвідувально-ударні.

За принципом керування: безпілотні некеровані; безпілотні автоматичні; безпілотні дистанційно-пілотовані літальні апарати (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: ближнього радіусу; малого радіусу; середнього радіусу; дальнього радіусу; великої дальності польоту.

На озброєні Збройних Сил України знаходяться такі БПЛА як: Ту-141 «Стриж»; Фурія; Кажан-1; PD-1.

На сьогоднішній день виявлення БПЛА здійснюється за допомогою засобів радіо-електронної боротьби (далі – 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.

БПЛА виявлено – що ж необхідно зробити далі? Останнім часом з'являється все більше інформації про нові напрями ведення радіоелектронної боротьби, в яких особливе місце займають технології придушення сигналів супутникової навігаційної системи GPS: вона виявилася дуже вразливою для навмисних перешкод. А без її даних тепер не обходиться ні один рухомий об'єкт в повітрі і на морі.

Серйозна загроза БПЛА – це придушення спеціально налаштованими на сигнали GPS пристроями глушіння. Один з відомих зразків «глушилки» має радіус ефективного придушення 40-150 км. «Глушилки» дуже легкі (вага близько 10 кг), легко монтуються близько об'єкта, що захищається, з їх допомогою можна організувати завіси на трасах польотів БПЛА, боєприпаси які баражують.

Але найбільш підступні не силові прийоми, а інтелектуальні електронні спуфінг-атаки на навігаційну систему GPS. В ході атаки зацікавлена сторона надсилає навігаційні сигнали на приймачі БПЛА, видаючи йому помилкові навігаційні дані, які тим не менш сприймаються як істинні. Ошукана мета збивається з курсу і йде на помилкову позицію. Очевидно, що при атаці БПЛА, що летять в тісній групі, успіх акції зростає, так як з ладу можуть вийти відразу багато апаратів.

Виконання завдань боротьби із БПЛА противника на даний час доцільно виконувати шляхом використання наступних вітчизняних зразків техніки:

1. Постановника радіоперешкод “Анклав”. Вказаний зразок техніки призначений для створення перешкод роботі обладнання, що приймає участь у визначенні поточного місцезнаходження за допомогою сигналів GPS/GLONASS, шляхом постановки імітуючи (хибних) сигналів навігації.

Орієнтовно, постановник радіоперешкод “Анклав” спроможний створювати радіоперешкоди обладнанню, що знаходиться на дальності:

при використанні всенаправленої антени – до 10 км;

при використанні направленої антени – до 70 км.

2. Системи подавлення супутникових сигналів позиціонування БПЛА – «Хмара». Вказаний зразок техніки призначений для створення прицільних за частотою перешкод навігаційному обладнанню користувачів систем GPS/GLONASS.

Орієнтовно, система подавлення «Хмара» спроможна створювати радіоперешкоди обладнанню, що знаходиться на дальності до 10-15 км.

3. Переносного комплексу радіоперешкод (радіочастотного шуму) каналам радіозв'язку, супутниковій навігації, радіоканалам управління та передачі даних технічними засобами наземної та повітряної розвідки «Нота». Вказаний зразок техніки призначений для зниження ефективності ведення наземної та повітряної розвідки об'єктів, що містять параметри з обмеженим доступом.

Орієнтовно, «Нота» спроможна створювати радіоперешкоди обладнанню, що знаходиться на дальності:

до 10 км (направленою антеною);

до 5 км (антеною з круговою діаграмою направленості);

протидія бездротовим каналам зв'язку – до 500 м.

вказаний зразок техніки спроможний створювати радіоперешкоди:

всім каналам (L1 – L5) супутникової навігації GPS, GLONASS, GALILEO;  
радіоканалам дистанційного управління БПЛА;  
радіоканалам зв'язку стандартів GSM/WCDMA, Wi-Fi, UMTS, YSDPA.

необхідна розробка науково-методичного апарату для оцінки впливу БПЛА як зовнішнього фактору на рівень безпеки АБС зберігання ракет і боєприпасів та обґрунтування можливостей щодо його підвищення.

Вище зазначені засоби РЕБ можуть бути ефективно використані за призначенням на стаціонарних АБС, у яких місце знаходження не є невідомим.

При необхідності організувати захист ПАС використання засобів що працюють в активному режимі неприпустиме так як воно демаскуватиме об'єкт.

Пасивні методи виявлення зводяться фактично до візуального та звукового.

Розглянемо проблеми пов'язані з виявленням за акустичним сигналом.

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.

Шум гвинта БПЛА характеризується за його інтенсивністю та спектральними частотними складовими.

Обертання гвинта спричиняє виникнення звукових хвиль частота яких прямо пропорційно залежить від частоти обертання гвинта, або вала електродвигуна (рис. 1).

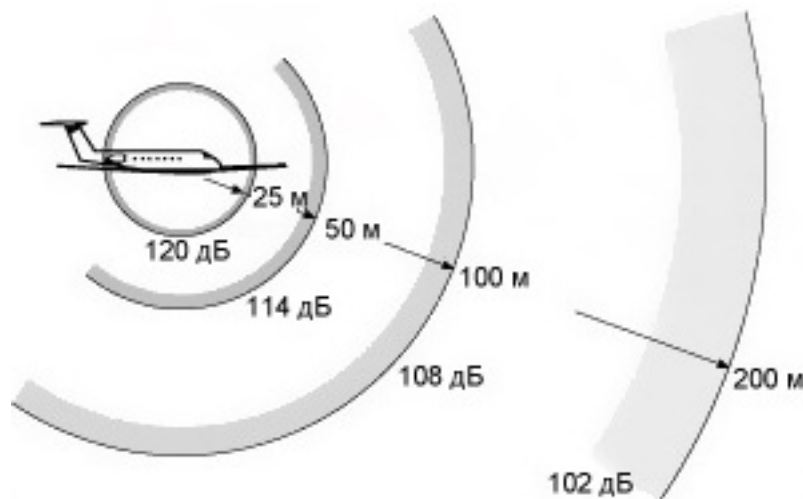


Рис. 1. Виникнення звукових хвиль при польоті БПЛА

Найбільшого поширення при побудові БПЛА набули безколекторні електродвигуни.

Надзвичайно високий ККД (85-95%), висока питома потужність, низька питома вага, відсутність електричного розряду у зв'язку з відсутністю щіток та колектора, дають змогу будувати БПЛА до середнього класу включно з використанням безколекторних двигунів.

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:

$$\alpha = \frac{1}{L} * 20 \lg \frac{p(0)}{p(L)}, \frac{\text{дБ}}{\text{м}} \quad (1)$$

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.

Довжина звукової хвилі частотою 170 Гц близька до 2 м, ефективним буде приймач (перетворювач) з лінійними розмірами що наблизяться до цієї величини.

Виконання зазначених вимог приведе до збільшення розмірів, вихід можливий тільки при знаходженні компромісу між ефективністю і розмірами.

Звукові хвилі поширюються сферично в напрямку від джерела звуку затухаючи та розсіюючись.

Збільшення відстані в два рази викликає зменшення звукових хвиль на 6 дБ.

**Висновки.** Для досягнення цієї мети необхідно поставити та вирішити наступні завдання: вивчити сутність застосування систем виявлення БПЛА; розробити методику для керування безпекою арсеналів, баз та складів зберігання ракет і боєприпасів з урахуванням системи виявлення БПЛА; розробити практичні рекомендації для підвищення живучості сучасних арсеналів, баз та складів зберігання ракет і боєприпасів з урахуванням системи виявлення БПЛА; розробки систем виявлення БПЛА на ПАС вести у напрямках створення автоматизованих систем виявлення БПЛА, в першу чергу нано, мікро та мінні класів.

#### Список використаної літератури

1. Наказ Міністерства оборони України «Про затвердження Правил технічної експлуатації безпілотних авіаційних комплексів I класу державної авіації України» від 10.08.2018 №401
2. Догерти М.Дж. Дрони, Первый иллюстрированный гид по беспилотникам / М.Дж. Догерти.- М.: Эксмо, 2016. – 224 с.
3. Дементьев Д.О. Бойові літальні комплекси в складі єдиної інформаційно-розвідувально-навігаційної ударної системи / Д.О. Дементьев // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету ім. Тараса Шевченка. – К.: ВІКНУ, 2010.-Вип. 25. – С. 74-87.
4. Аналіз технічних характеристик і можливостей безпілотних авіаційних комплексів оперативно-тактичного та тактичного радіуса дії армій розвинених країн / Ю.П. Сальник, І.В. Матала // Військово-технічний зб. –2010. – № 3. – С. 70-78.
5. Харченко, О.В. Класифікація та тенденції створення безпілотних літальних апаратів військового призначення / О.В. Харченко, В.В. Кулешин, Ю.В. Коцуренко // Наука і оборона. – 2005. – № 1. – С. 47-57.
6. Операции беспилотных летательных аппаратов в общей системе воздушного пространства / A.Urbahs; V.Petrovs; K.Savkovs // Space and Global Security of Humanity Riga, 2010. – 21- 32 с.
7. Ростопчин, В.В. Современная классификация беспилотных авиационных систем военного назначения / В.В. Ростопчин, ООО "Техкомтех" // UAV.RU: Беспилотная авиация.
8. Павлушенко, М. Беспилотные летательные аппараты: история, применение, угроза распространения и перспективы развития / М. Павлушенко, Г. Евстафьев, И. Макаренко // Научные записки ПИР Центра: национальная и глобальная безопасность. –М.: Изд-во «Права человека», 2005. – 612-670 с.

**Рецензент:** Нікул С., к.т.н., доц. Військова академія (м. Одеса).

УДК 623.418.2

Грищенко І.,

Булгаков Р.,

Будур О.

Військова академія, (м. Одеса)

#### РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ ДО ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ ВИМІРЮВАННЯ ДАЛЬНОСТІ ПЕРСПЕКТИВНОГО ЗГРК МАЛОЇ ДАЛЬНОСТІ

Для забезпечення ефективного виконання ЗСУ визначених завдань вони повинні мати відповідні оборонні можливості. В сучасних умовах значення високоточної 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 систем вимірювання дальності перспективного ЗГРК малої дальності.

**Ключові слова:** пропускна спроможність, зона, цілі, можливості, наведення, ракета.

**Постановка проблеми.** Як показує аналіз принципів бойового застосування сучасних засобів повітряного нападу, опит локальних війн та конфліктів подолання систем ППО здійснюється при широкому використанні різноманітних радіоперешкод і маневру цілей. Все це значно ускладнює

роботу апаратури зенітних комплексів. Особливо це відноситься до роботи систем автоматичного супроводження цілей по кутовим координатам і дальності. Запас динамічної стійкості і швидкодії не завжди хватає для автоматичного супроводження маневруючі цілей, що приводить до зриву автоматичного супроводження цілей. Суттєво підвищуються і помилки супроводження цілей.

Тому при розробці систем автоматичного супроводження цілей цей факт необхідно враховувати. Краще розроблювати системи на цифровій елементній базі та робити оптимізацію систем які розробляються, виходячи з критеріїв оптимізації, вибрати параметри систем які розробляються. Для цього необхідно мати цифрові моделі відповідних систем супроводження цілей.

У статті і розроблюється для перспективного ЗГРК ВД і МД цифрова система супроводження цілі по дальності імпульсної радіолокаційної станції супроводження цілей, її цифрова модель і проводиться оптимізація розробленої системи.

**Виклад основного матеріалу.** Бойові можливості ЗРК – це сукупність характеристик, що визначають здатність розглянутих систем зенітної ракетної зброї виконувати поставлені завдання в різних умовах обстановки. Вони підрозділяються на розвідувальні, вогневі та маневрені можливості.

Розвідувальні можливості ЗРК визначаються головним чином наступними основними характеристиками їх радіолокаційних засобів, тобто РЛС виявлення цілей:

- склад видаваної інформації;
- точність видаваної інформації;
- дозволяють здібності за координатами;
- розміри і форма зони виявлення;
- час огляду зони виявлення;
- пропускна спроможність;
- перешкодозахищеність і електромагнітна сумісність.

Склад видаваної інформації

Склад видається РЛС виявлення цілей інформації визначається вимогами її споживачів – інших засобів ЗРК, функціонально пов'язаних з розглянутою РЛС. З урахуванням призначення ЗРК складу видаваної інформації повинен бути наступним:

- просторові координати і швидкість цілей;
  - державна приналежність цілей;
  - типи цілей;
  - види і інтенсивність перешкод.
- Точність видаваної інформації

Точність видається радіолокаційної інформації характеризується перш за все середньоквадратичними помилками (СКП) вимірювання просторових координат цілі – дальності, азимута і кута місця.

Величини потенційних СКП вимірювання дальності  $\sigma_{ДП}$ , азимута  $\sigma_{\beta П}$  і кута місця  $\sigma_{\epsilon П}$  відповідно рівні:

$$\sigma_{ДП} = \frac{c \tau_{и}}{2\sqrt{\pi q}} \quad \sigma_{\beta П(\epsilon П)} = \frac{\theta_{\beta(\epsilon)}}{\sqrt{\pi q}}$$

де  $c$  – швидкість світла;

$\tau_{и}$  – тривалість зондуючого сигналу;

$q$  – відношення сигнал / шум на вході приймального тракту;

$\theta_{\beta(\epsilon)}$  – ширина діаграми спрямованості антени на рівні 0.5 в азимутальній площині.

Якщо РЛС виявлення здатна вимірювати швидкість мети  $V$ , то потенційна СКП  $\sigma_{ВП}$  такого виміру визначається як:

$$\sigma_{ВП} = \frac{\lambda}{2\tau_{и}\sqrt{\pi q}}$$

де  $\lambda$  - довжина хвилі електромагнітних коливань, випромінюваних РЛС.



Реальні помилки вимірювання координат і швидкості мети збільшуються в  $\gamma_i$  раз:

$$\sigma_i = \gamma_i \sigma_{\text{ш}}$$

де  $i = \beta, \varepsilon, D, V$ ;

$$\gamma_i = 1,5 \dots 15.$$

Величина  $\gamma_i$  називається коефіцієнтом погіршення точності вимірювання. Достатня точність розрахунку величин помилок  $\sigma_i$  виходить в тому випадку, якщо прийняти

$$\gamma_i = \sqrt{1 + \sigma_{\text{ш}}^2 / \sigma_{\text{ш}}^2}$$

де  $\sigma_{\text{ш}}$  – середньоквадратична помилка, яку вносить індикаторні плом-ми пристроями РЛС.

Точність видається РЛС виявлення інформації повинна забезпечувати можливість безпошукове захоплення цілі на супровід засобами управління вогнем ЗРК.

Роздільна здатність по координатам

Під роздільною здатністю РЛС з якої-небудь координаті розуміється таке мінімальне розходження в даній координаті у двох цілей при збігу у них інших координат, при якому цілі спостерігаються роздільно.

Відмінності двох цілей по дальності, кутових координатах або радіальним швидкостям проявляються відповідно в різному часі запізнювання відбитих від них імпульсів, різному напрямку приходу цих сигналів і неоднакових доплерівських зсувах несучої частоти. Дозвіл цілей може бути засноване на поділі сигналів з будь-якого із зазначених параметрів.

Потенційні дозволяють здібності по азимуту  $\delta_{\beta\text{п}}$ , куту місця  $\delta_{\varepsilon\text{п}}$  і дальності визначаються відповідно як:

$$\delta_{\beta\text{п}(\varepsilon\text{п})} = \theta_{\beta(\varepsilon)} \qquad \delta_{D\text{п}} = \frac{c \tau_{\text{ш}}}{2}$$

Роздільна здатність по радіальній швидкості  $\delta_{V\text{Г}}$  при використанні в якості зондуючого сигналу ЛЧМ-імпульсу дорівнює:

$$\delta_{V\text{Г}} = \frac{\lambda}{4 \tau_{\text{ш}}}$$

Реальні дозволяють здібності значно нижче потенційних. Кількісні оцінки погіршення потенційних дозволяють здібностей знаходять при конкретних схемах приймально-індикаторного тракту РЛС і відомих параметрах її елементів.

Роздільна здатність істотно впливає на виявлення кількісного складу виявляються цілей і перешкодозахищеність РЛС від пасивних перешкод.

Останнє пояснюється тим, що роздільна здатність визначає імпульсний обсяг РЛС, тобто частина простору, в межах якої мети не дозволяються. Чим краще роздільна здатність РЛС, тим менше імпульсний об'єм і тим менша кількість заважають віддзеркалень потрапляє в нього, створюючи менш потужний відбитий перешкодний сигнал.

Розміри і форма зони виявлення

Зоною виявлення РЛС називається частина простору, в межах якої РЛС забезпечує отримання радіолокаційної інформації про цілі заданого типу з необхідною якістю.

Під якістю радіолокаційної інформації в даному випадку розуміється сукупність таких показників, як ймовірності правильного виявлення і помилкової тривоги, а також точність і дискретність видаваної інформації.

Зона виявлення характеризується розмірами по дальності, азимуту і куту місця (висоті) і відображається у вигляді графіка або таблиці залежністю  $D = f(H)$ , де  $D$  – дальність до кордону зони виявлення,  $H$  – висота польоту цілі.

Максимальна дальність виявлення  $D_{\max}$  повинна відповідати тактичним вимогам, що пред'являються до ЗРК. Зв'язок  $D_{\max}$  з основними характеристиками РЛС і виявляються цілей може бути показана за допомогою основного рівняння радіолокації:

$$D_{\max} = 4 \sqrt{\frac{P_{\text{и}} \tau_{\text{и}} G^2 \lambda^2 \sigma_{\text{ц}}}{(4\pi)^3 N_{\text{ш}} k T_0 q}}$$

де  $P_{\text{и}}$  – імпульсна потужність РЛС;

$G$  – коефіцієнт посилення приймально-передаючої антени;

$\sigma_{\text{ц}}$  – ефективна поверхня розсіювання цілі (ЕПР);

$N_{\text{ш}}$  – коефіцієнт шуму приймача;

$k = 1,38 \cdot 10^{-23}$  Дж/град – постійна Больцмана;

$T_0 = 300$  К – абсолютна температура.

Зазвичай вказується значення  $D_{\max}$  для виявлення мети певного типу із заданою вірогідністю.

Мінімальна дальність дії РЛС  $D_{\min}$  в основному визначається тривалістю зондуючого імпульсу  $\tau_{\text{и}}$ :

$$D_{\min} = c \tau_{\text{и}} / 2$$

По азимуту зона виявлення РЛС повинна складати  $360^0$  для забезпечення можливості розвідки та обстрілу цілей з будь-якого напрямку.

За кутку місця розміри зони виявлення задаються його мінімальним і максимальним  $\varepsilon_{\max}$  значеннями.

Величина кута  $\varepsilon_{\min}$  визначається необхідністю виявлення низько цілей з одного боку і можливими спотвореннями діаграми спрямованості антени (ДНА) через вплив Землі – з іншого. Практично в сантиметровому діапазоні приймається  $\varepsilon_{\min} = 0.4 - 0.5^{\circ}$ . Для зниження  $\varepsilon_{\min}$  до нуля можлива зміна нахилу антени у вертикальній площині.

Значення кута  $\varepsilon_{\max}$  для зменшення мертвої воронки необхідно вибирати близьким до  $90^{\circ}$ . Однак це може привести до значного ускладнення конструкції антеною системи. Тому в сантиметровому діапазоні доцільно приймати величину кута  $\varepsilon_{\max}$  близько  $35 - 45^{\circ}$ .

Форма зони виявлення в вертикальній площині зазвичай вибирається такий, щоб для кутів місця  $\varepsilon_{\min} \leq \varepsilon \leq \varepsilon_0$  забезпечувалася максимально можлива дальність виявлення цілі заданого типу (ізодальнісна ділянка зони), а для кутів місця, що перевищують кут  $\varepsilon_0$ , – максимальна висота виявлення (ізовисотна ділянка зони). При використанні для огляду простору набору парціальних ДНА форма зони виявлення може дещо відрізнятись від раніше розглянутої.

*Час огляду зони виявлення*

Часом (періодом) огляду називається інтервал часу, необхідний для опромінення всіх точок простору зони виявлення РЛС. Для РЛС кругового огляду цей період дорівнює часу повного обороту антеною системи:

$$T_{\text{обз}} = \frac{60}{n_A},$$

де  $n_A$  – число оборотів антени в хвилину.

Визначальними факторами завдання періоду огляду є швидкість і маневреність виявляються цілей.

*Пропускна спроможність*

Під пропускну спроможністю розуміється максимальна кількість цілей, за якими РЛС може видавати інформацію необхідної якості при встановленому періоді (дискретності) огляду.

Потенційна величина пропускної спроможності може бути оцінена за допомогою наступного виразу:

$$N_c = \frac{N_o n_d}{T_{обз}},$$

де  $N_c$  – кількість супроводжуваних РЛС протягом періоду огляду цілей;

$N_o$  – кількість виявлених РЛС цілей;

$n_d$  – кількість даних (координат) про цілі.

Основними факторами, що знижують пропускну здатність РЛС в реальних умовах, є обмеженість обчислювальних ресурсів керуючої ЕОМ і умови помехової обстановки.

*Перешкодозахищеність і електромагнітна сумісність*

Перешкодозахищеністю називається здатність РЛС виконувати свої завдання з допустимим зниженням якості в умовах перешкод.

Вплив активних і пасивних перешкод на РЛС проявляється по-різному, що ускладнює введення єдиного критерію оцінки перешкодозахищеності.

Перешкодозахищеність РЛС в умовах активних шумових перешкод, вплив яких призводить до зменшення відносини сигнал / шум на вході приймального тракту, можна оцінити за допомогою таких висловів:

$$D_{\Pi} = D \sqrt[4]{\frac{16\pi^2 D_{\Pi\Pi} P_{\min}}{G_{\Pi} G_{\Pi\Pi} N_{\Pi} \Delta F \lambda^2}},$$

де  $D_{\Pi}$  – дальність дії РЛС при наявності активних шумових перешкод, поставлених передавачем, що не поєднаним з прикриваються об'єктом;

$D$  – дальність дії РЛС при відсутності перешкод;

$D_{\Pi\Pi}$  – відстань від РЛС до постановника перешкод;

$P_{\min}$  – гранична чутливість приймача РЛС;

$G_{\Pi}$  – коефіцієнт посилення антени РЛС в напрямку на постановник перешкод;

$G_{\Pi\Pi}$  – коефіцієнт посилення антени передавача постановника перешкод  $N_{\Pi}$  – спектральна щільність перешкод ;

$\Delta F$  – смуга пропускання приймача РЛС;

або

$$D_{\Pi c} = D^2 \sqrt{\frac{16\pi^2 P_{\min}}{G_{\Pi} G_{\Pi\Pi} N_{\Pi} \Delta F \lambda^2}},$$

де  $D_{\Pi c}$  – дальність дії РЛС при наявності активних шумових перешкод, поставлених передавачем, поєднаним з прикриваються об'єктом.

Перешкодозахищеність РЛС в умовах застосування противником пасивних перешкод, які представляють собою дипольні відбивачі (ДВ), характеризується кількістю стандартних пачок ДВ на 100 м шляху (лінійної щільності ДВ), при якому забезпечується виявлення цілей з необхідною якістю.

Загальні вимоги до перешкодо захищеності РЛС можуть задаватися через коефіцієнт стиснення зони виявлення  $K_{сж}$  по дальності, який визначається наступним чином:

$$K_{сж} = \frac{D'}{D},$$

де  $D'$  – дальність дії РЛС при наявності перешкод аналізованого типу.

Електромагнітна сумісність – це здатність РЛС функціонувати без погіршення своїх показників при впливі на неї випромінювань інших радіоелектронних засобів (РЕЗ). При цьому РЛС сама не повинна створювати перешкоди цим РЕЗ.

Невиконання вимог електромагнітної сумісності може привести до неможливості функціонування РЛС навіть при відсутності організованих перешкод з боку супротивника.

*Вогневі можливості ЗРК* визначаються їх такими характеристиками:

ймовірність ураження цілі;  
розміри і форма зон ураження і пуску;  
час реакції і цикл стрільби;  
спосіб і метод наведення ЗУР на ціль;  
кількість одночасно обстрілюваних цілей;  
час перезарядження.

*Імовірність поразки цілі*

Під поразкою повітряної цілі розуміється її знищення або нанесення їй такої шкоди, при якому вона не в змозі виконати свою бойову задачу.

Імовірність поразки цілі заданого типу однією ракетою  $P_1$  є одним з основних показників ефективності ЗРК.

Якщо ймовірності ураження цілі кожної ракетою однакові, то загальна ймовірність ураження цілі ракетами  $P_n$  дорівнює:

$$P_n = 1 - (1 - P_1)^n.$$

Кількість ракет  $n$ , що забезпечує задану ймовірність ураження цілі  $P_n$ , розраховується за формулою:

$$n = \lg(1 - P_n) / \lg(1 - P_1).$$

*Розміри і форма зон ураження і пуску*

Зоною поразки називається частина простору навколо ЗРК, в межах якої забезпечується ураження обстрілюваної повітряної цілі зенітної керованою ракетою з необхідною ймовірністю.

Зона ураження має складну просторову конфігурацію, тому на практиці зазвичай розглядають так звані її вертикальні (рис.1.2.а) і горизонтальні перетини (рис.1.2.б).

Тут координата  $R$  характеризує курсовий параметр руху цілі, під яким розуміється найкоротша відстань від початку координат (точки стояння ЗРК) до проекції курсу цілі на горизонт. Поняття негативного курсового параметра зазвичай замінюється поняттям правого або лівого параметра.

Розміри зони ураження задаються становищем її далекої (лінії в-г на мал.1.2.а, б), ближній (лінії б-а-д на мал.1.2.а і а-б на мал.1.2.б), верхній (лінія д-р на мал.1.2.а) і нижньої (лінія б-в на мал.1.2.а) меж.

Положення кордонів зони ураження визначається великою кількістю чинників, пов'язаних як з характеристиками цілі і ЗРК, так і з умовами стрільби.

Основним узагальненим фактором, що визначає положення всіх кордонів зони ураження, є співвідношення швидкостей ЗУР  $V_p$  і обстрілюваної цілі  $V_{ц}$ . Для ЗРК протилітакової оборони дане співвідношення має виражатися наступним нерівністю:

$$V_p \geq (1.2, \dots, 1.4) V_{ц}.$$

Решта найбільш істотні фактори, що впливають на стан відповідних меж зони ураження, наведені в таблиці 1.1.

Область простору, при знаходженні мети в якій в момент пуску ЗУР зустріч ракети з метою відбудеться в зоні ураження, називається зоною пуску. Для визначення її кордонів необхідно з кожної точки кордонів зони ураження відкласти в сторону, зворотну курсу мети, відрізок, що дорівнює добутку швидкості цілі  $V_{ц}$  на час польоту ракети  $T_{п}$  до даної точки.

*Час реакції і цикл стрільби*

Часовий інтервал від моменту виявлення повітряної цілі до моменту пуску ЗУР називається часом реакції ЗРК:

де  $t_{\text{в}}$ ,  $t_{\text{п}}$  – час, що витрачається на процес виявлення повітряної цілі і процес підготовки даних і ракети до стрільби відповідно.

величина залежить від особливостей функціонування і технічних характеристик ЗРК, рівня підготовки бойової обслуги, а також умов стрільби.

Час реакції визначає положення дальньої межі зони пуску  $D_{зп}$ . Щодо дальньої межі зони виявлення  $D_{max}$ :

Цикл стрілянини – це часовий інтервал, протягом якого здійснюються всі операції по обстрілу однієї мети:

де – часовий інтервал між пусками ракет при стрілянині чергою;

– кількість ракет в черзі.

Під стріляниною чергою розуміється обстріл цілі шляхом пуску ЗУР по одній і тій же цілі з встановленими часовими інтервалами, що виключають оцінку результатів стрільби по ній попередніми ракетами.

*Спосіб і метод наведення ЗУР на меті*

В існуючих ЗРК МД застосовується як спосіб наведення ЗУР на мету командне теленаведення 1-го роду.

Теленаведенням називається такий спосіб наведення ЗУР на мету, при якому команди керування польотом ракети формуються наземною частиною апаратури ЗРК.

Після сходу ЗУР з пускової установки (ПУ) її поточні координати визначаються за допомогою спеціальної РЛС, званої координатором ракети (КР), а поточні координати обстрілювати цілі визначаються координатором мети (КЦ). Вимірні значення координат ракети і цілі надходять в пристрій вироблення команд (НВК), яке може виконуватися на базі спеціалізованої цифрової обчислювальної машини (СЦВМ) або у вигляді аналогового лічильно-вирішального приладу (УРП). Вироблені команди управління шифруються і станцією передачі команд (СПК) передаються на борт ракети. Ці команди після перетворення у вигляді певних сигналів видаються на рулі ЗУР, поворот яких призводить до зміни напрямку польоту ракети. Процес управління ЗУР здійснюється безперервно до її зустрічі з метою.

Основною перевагою командного теленаведення 1-го роду є порівняльна простота пристрою ЗУР.

До недоліків даного способу наведення відносяться складність забезпечення заданої точності наведення за умови збільшення дальності стрільби, великий обсяг наземної апаратури ЗРК, необхідність безперервного управління наводимою ЗУР.

Методом наведення називається заданий закон зближення ракети з метою, який в залежності від координат і параметрів руху цілі визначає необхідний рух ЗУР, що забезпечує її теоретично влучне попадання в ціль. Теоретична траєкторія ракети, яка визначається рівнянням методу наведення, називається кінематичною (необхідною) траєкторією. Реальна траєкторія відрізняється від кінематичної через наявність викликаються різними причинами помилок наведення.

В існуючих ЗРК МД для систем командного теленаведення 1-го роду використовується відповідно метод наведення «трьох точок», в значній-котельної ступеня задовольняє наведеним вище вимогам.

Методом «трьох точок» («трьохточці») називається такий метод наведення, при якому ЗУР протягом всього часу польоту до цілі повинна знаходитися на прямій лінії, що з'єднує пункт наведення з метою.

Взаємне положення ракети (Р), цілі (Ц) і пункту наведення (ПН) в кожен момент часу

у вертикальній (угломестной) площині. З визначення методу наведення «трьох точок» слід, що кутові координати ЗУР в будь-який момент часу повинні бути рівні кутових координатах цілі. Тому рівняння розглянутого методу мають такий вигляд:

де – кут місця і азимут ЗУР на кінематичною траєкторії;

– кут місця і азимут цілі.

Помилки в положенні ракети (лінійні відхилення ЗУР від кінематичної траєкторії), відповідно до величини яких формуються команди управління польотом ЗУР, в угломістної і азимутальної площинах наведення відповідно рівні:

де – кут місця і азимут ЗУР на реальній траєкторії польоту;  
– похила дальність до ЗУР.

При формуванні команд управління замість справжньої похилій дальності до ракети використовується деяка апроксимація залежності величини від часу. Це дозволяє здійснювати наведення ЗУР на ціль при наявності інформації тільки про різниці кутових координат ракети і цілі.

**Висновки.** Перевагами методу наведення «трьох точок» є порівняно проста технічна реалізація і висока стійкість, обумовлена відсутністю необхідності вимірювання дальності до цілі і ЗУР. До недоліків цього методу відносяться значна кривизна кінематичної траєкторії ЗУР при стрільбі по високошвидкісним і маневруючому цілям, а також зростання помилки наведення при збільшенні дальності стрільби.

При проведенні стрільби в особливих умовах (наприклад, по низько-летять цілям) можуть використовуватися різні модифікації розглянутого методу наведення.

Прийняті в ЗРК спосіб і метод наведення ЗУР повністю передоп-чати його технічний вигляд, структуру і порядок функціонування.

*Кількість одночасно обстрілюваних цілей*

Кількість одночасно обстрілюваних цілей визначається каналний ЗРК по цілі і ракеті.

ЗРК є одноканальним по цілі, якщо він забезпечує одночасний обстріл однієї цілі.

Канальність ЗРК по ракеті визначається кількістю одночасно наводяться на ціль ЗУР.

*Час перезарядження*

Час перезарядження визначається як мінімальний інтервал між сходом ЗУР з пускової установки і спорядженням цієї ж пускової установки нової ракетою. Воно залежить як від характеристик стартового обладнання та пристроїв, що забезпечують перезарядження, так і від рівня підготовки бойової обслуги і умов ведення бойових дій.

#### **Список використаної літератури**

1. Асексейчев Д.Д., Казаков А.А. Автоматическое управление регулирование радиотехнических систем. Часть 1. Функциональные структуры и математическое описание систем автоматического управления. – Харьков: ВИРТА ПВО, 1980.
2. Хисматулин В.Ш. Основы автоматики. – Харьков: ХВУ, 1998.
3. Асексейчев Д.Д., Казаков А.А. Автоматическое управление регулирование радиотехнических систем. Часть 2. Функциональные структуры и математическое описание систем автоматического управления. – Харьков: ВИРТА ПВО, 1985.
4. Асексейчев Д.Д., Казаков А.А. Автоматическое управление регулирование радиотехнических систем. Часть 2. Анализ и коррекция САУ – Харьков: ВИРТА ПВО, 1982.
5. Ципкин Я.З. Основы теории автоматических систем. – М.: Наука, 1977.
6. Теоретические основы радиолокации / Я.Д. Ширман, В.Н. Голиков, И.Н. Бусыгин и др.; Под ред. Я.Д. Ширман. – М.: Сов. Радио, 1970.
7. Орлов Є.І., Шимчук С.С., Шевирталов Ю.Б. правила виконання графічних і тестових документів. Посібник з дипломного і курсового проектування. Видання третє, перероблене і доповнене. – Харков: ХВУ, 1999.

УДК 623.419

**Дрогін В.,  
Зінкевич В.***Військова академія (м. Одеса)***ЗАСТОСУВАННЯ ІМПУЛЬСНИХ РЕВЕРСИВНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ НАПРУГИ ЯК НАПРЯМОК МОДЕРНІЗАЦІЇ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ВІЙСЬКОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

*Розглядається напрямок модернізації електроприводу постійного струму військового призначення заснований на впровадженні імпульсного реверсивного перетворювача напруги. Він призначений для управління частотою та напрямком обертання якоря електродвигуна. Обґрунтовані вимоги і та проаналізовані технічні рішення щодо вибору основних елементів реверсивного перетворювача.*

**Ключові слова:** електропривод постійного струму, система керування електроприводом, імпульсні реверсивні перетворювачі напруги.

**Постановка проблеми.** Модернізація існуючих та створення новітніх систем ракетно-артилерійського озброєння є пріоритетним напрямком підвищення бойової могутності Сухопутних військ ЗС України. Одним з напрямків модернізації є впровадження швидкодіючих електроприводів самохідних артилерійських установок, бойових машин РСЗВ та ін. Існуючі електроприводи військового призначення мають у своєму складі фізично застарілі системи керування двигунами постійного струму (ДПС) із електромашинними підсилювачами (ЕМП), заміна яких на більш досконалий потребує проведення подальших теоретичних та експериментальних досліджень.

**Актуальність проблеми.** Виконавчі електромашинні приводи постійного струму, що побудовані за схемою «ЕМП – виконавчий двигун (ВД)», мають широкий діапазон регулювання швидкості та добрі динамічні якості регулювання. Разом із тим, суттєвим недоліком електроприводу із схемою ЕМП-ВД є наявність у його складі трьох колекторних електричних машин. Триразове перетворення енергії, яке відбувається цих машинах, веде до того, що ККД електроприводу навіть при номінальних режимах електричних машин не перевищує 30%. До того ж маса та габарити усіх цих колекторних машин є відносно великими, а експлуатаційна надійність – недостатньо високою.

В електроприводах, виконаних за схемою «статичний перетворювач – виконавчий двигун» (СП – ВД) з імпульсним керуванням електродвигуном, вилучаються дві колекторні електричні машини – приводний двигун та ЕМП. Замість них впроваджується статичний напівпровідниковий перетворювач, який здійснює керування ВД електроприводу. Такий перетворювач має більш високий ККД і не містить рухомих елементів а й, відповідно, є більш надійним.

**Метою статті** є аналіз структур та елементів реверсивних імпульсних перетворювачів постійної напруги та доцільності їх використання в електроприводах військового призначення, отже тому тема статті вважається актуальною. Основні завдання статті полягають в узагальненні та аналізі відомостей щодо принципів імпульсного живлення обмотки якоря двигуна постійного струму та їх технічної реалізації.

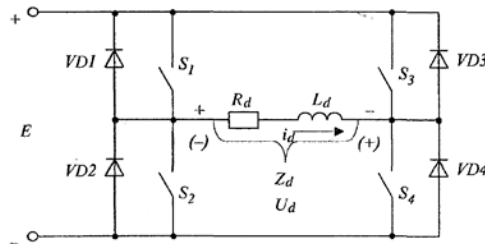
**Виклад основного матеріалу.** Імпульсні реверсивні перетворювачі напруги застосовуються в електроприводах залізничного та міського електротранспорту, в пристроях регулювання напруги автономних інверторів, пристроях безперебійного живлення, робототехніці, перетворювачах типу «постійна напруга – постійна напруга» різних номінальних значень та ін. Досвід їх розробки і використання має бути вивчений та впроваджений й у сучасну військову техніку.

В більшості електроприводів постійного струму (ДПС) військового призначення застосовують двигуни незалежного збудження (НЗ), якірні кола яких треба живити імпульсною напругою, що формується напівпровідниковими перетворювачами напруги реверсивного типу.

Принцип дії імпульсного перетворювача заснований на ключовому режимі роботи регулюючого напівпровідникового пристрою, який здійснює періодичне підключення напруги джерела постійного струму до вихідного кола перетворювача [1]. Незначне падіння напруги на регулюючому пристрої у відкритому стані та малий струм у закритому стані мають сприяти утворенню високого ККД перетворювачів даного типу.

Узагальнена функціональна схема імпульсного перетворювача напруги реверсивного типу надана на рис. 1. Вона побудована за відомою мостовою схемою [2].

Принцип регулювання середнього значення напруги заснований на змінній тривалості  $t_i$  вихідних прямокутних імпульсів постійної напруги при незмінному періоді їх слідкування  $T$  – використанні так званого широтно-імпульсного регулювання (ШІР), за умови що частота  $f$  слідкування імпульсів є постійною  $f = 1/T = \text{const}$ . У разі змінення частоти слідкування  $f$  вихідних імпульсів за незмінної їх тривалості  $t_i$  має місце так зване частотне-імпульсне регулювання (ЧІР), при  $t_i = \text{const}$ .



**Рис. 1.** Узагальнена функціональна схема реверсивного імпульсного перетворювача напруги

Конструктивно реверсивний імпульсний перетворювач напруги складається з чотирьох зв'язок ключів та діодів ( $S_1 - S_4$ ;  $VD1 - VD4$ ), які утворюють мостову схему, у діагональ якої вмикається якір двигуна. На рис. 1. якір подано еквівалентною схемою заміщення у складі активного опору  $R_d$  та індуктивності обмотки  $L_d$ . Перетворювач напруги приєднується до джерела постійної напруги  $E$ . Керування ключами здійснюється імпульсами прямокутної форми, які виробляються спеціальною схемою управління, яка на рис.1 не зображена.

Існують декілька режимів роботи імпульсного перетворювача напруги [2,3]. Розглянемо один з них – незалежний режим роботи, коли керується пара ключів  $S_1, S_4$  за умови вимкнення іншої пари ключів  $S_3, S_2$ . У цьому режимі ключ  $S_4$  залишається постійно увімкненим на увесь період слідкування імпульсів  $T$ . Перший ключ  $S_1$  вмикається лише на інтервалах часу існування імпульсу керування  $t_i$ .

Тоді напруга на якорі двигуна має форму прямокутних імпульсів тривалістю  $t_i$  та амплітудою  $E$ .

Безрозмірний параметр  $\gamma = \frac{t_i}{T}$  що отримав назву шпаруватості змінюється у межах від 0 до 1 у разі змінення тривалості  $t_i$ .

Середнє значення регульованої напруги на якорі двигуна  $U_d$  визначається за формулою  $U_d = \gamma \cdot E$ .

Шляхом змінення значення шпаруватості  $\gamma$  напруги керування забезпечується регулювання значення  $U_d$ , а зміною її полярності досягається зміна напрямку обертання (реверсування) двигуна.

Струм якоря за рахунок наявності індуктивності обмотки якоря має пульсуючий характер, тому для зменшення рівня пульсацій зазвичай до обмотки якоря вмикають додатковий дросель [3].

За необхідністю реверсування двигуна пара ключів  $S_1, S_4$  вмикається, а ключ  $S_2$  замикається на увесь період слідкування імпульсів  $T$ . Ключ  $S_3$ , як і у попередньому випадку, замикається лише на інтервалах часу  $t_i$ . У цьому випадку напрямок струму в якорі двигуна змінюється на зворотний. Перехід з однієї пари ключів на іншу має відбуватися у момент проходження струму якору через нуль, що забезпечує плавний характер процесу реверсування.

Зупинка двигуна досягається вимкненням усіх ключів  $S_1 - S_4$ .

Процес активного гальмування двигуна можна розглянути на прикладі увімкнених ключів  $S_1$  та  $S_4$ . Напрямок струму навантаження зазначено на рис. 1 стрілкою.

Для гальмування двигуна усі ключі  $S_1 - S_4$  вмикаються, а струм навантаження починає зменшуватися. Виникає ЕРС самоіндукції, яка сприяє зменшенню сили струму, що проходить за напрямком: «опір навантаження  $Z_d$  – діод  $VD 3$  – джерело живлення  $E (+)$  – джерело живлення  $E (-)$  – діод  $VD 2$  – опір навантаження  $Z_d$ ». Таким чином при гальмуванні напрямок струму в навантаженні під дією ЕРС не змінюється, проте попередньо накопичена енергія у якорі двигуна частково витрачається в активному опорі навантаження  $R_d$  та частково повертається до джерела живлення, забезпечуючи режим рекуперації.

На практиці ключі  $S_1 - S_4$ , як пристрої комутації, будують на керованих біполярних та польових транзисторах, тиристорах та біполярних транзисторах з ізольованим затвором – IGBT (Isolated Gate Bipolar Transistor). Усі перелічені напівпровідникові елементи мають можливість здійснення ключового режиму роботи із потужними струмами комутації у десятки – сотні А і дозволяють отримати високі значення комутуваної потужності до 10 кВт, високий ККД до 90%, низькі масо-габаритні показники та високу експлуатаційну надійність [3].



**Висновки.** Проведений аналіз свідчить про перспективність впровадження імпульсного методу управління електроприводом постійного струму на основі реверсивних перетворювачів постійної напруги живлення. Потрібно проведення подальших теоретичних та експериментальних досліджень у напрямку обґрунтування та вибору елементної бази силових ключів, інших електронних компонентів, здатних поліпшити тактико-технічні характеристики модернізованого озброєння.

#### **Список використаних джерел**

1. Силові напівпровідникові прилади і перетворювачі електричної енергії: навч. посіб. / К.К. Победаш, В.А. Святненко. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. 244 С.
2. Перетворювальна техніка. Підручник. Ч.2 / Ю.П. Гончаров, О.В. Будьонний, В.Г. Морозов, М.В. Панасенко, В.Я. Ромашко, В.С. Руденко. За ред. В.С. Руденка. – Харків: Фоліо, 2000. – 360 С.
3. Шавьолкін О. О. Енергетична електроніка: навчальний посібник / О. О. Шавьолкін. – К.: КНУТД, 2017. – 396 с.

**Науковий керівник:** Сергеев В., к.т.н., доц., Військова академія (м. Одеса)

**Рецензент:** Головань В., к.т.н., проф., Військова академія (м. Одеса)

УДК 629.113

**Жирний А.**

Військова академія (м. Одеса)

### **МЕТОД ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ В УМОВАХ БЕЗПОВОРТНИХ ВТРАТ ЗРАЗКІВ ОЗБРОЄННЯ**

*В роботі наведено результати аналізу основних методів підвищення показників безповоротних втрат автомобільної техніки, пов'язаних з вибором придатних до застосування та достатньо ефективних технічних засобів.*

**Ключові слова:** безповоротні втрати озброєння, етапи прогнозування бойових втрат, показники та критерій поповнення військ озброєнням.

**Постановка проблеми.** В умовах сучасних високо-маневрених бойових дій і наявності у противника потужних засобів ураження, відновлення боєздатності частин в найкоротші терміни чи підтримання їх на визначеному рівні буде залежати від чіткої організації і своєчасного виконання такої складової технічного забезпечення, як своєчасне відновлення озброєння і військової техніки [1].

**Мета статті.** На основі результатів прогнозування рівня бойових безповоротних втрат з метою визначення щодобових потреб озброєння і військової техніки (ОВТ) та визначених показників і відповідного критерію, надати апарат для порівняної оцінки поточних потреб і можливостей підтримки живучості ОВТ.

**Виклад основного матеріалу.** Прогнозування величини безповоротних втрат озброєння та військової техніки (ОВТ) є одним із важливих завдань, що вирішуються органами управління військами (сила) на етапі планування операцій (бойових дій). Результати такого прогнозування використовуються для визначення способу ведення операції (бойових дій), а також заходів всебічного забезпечення військ (сил).

Вважається, що найбільш доступними, економними та досить ефективними є методи визначення величини прогнозованих безповоротних втрат ОВТ, які ґрунтуються на аналітичних моделях бойового застосування військ.

До того ж їхньою суттєвою перевагою є досить висока оперативність проведення розрахунків, що важливо під час безпосереднього планування операцій (бойових дій) штабами.

Однак, методики, які на сьогоднішній час використовуються для вирішення цих завдань мають суттєві недоліки:

не враховують вплив на величину втрат ряду важливих факторів, зокрема, ступеня укритості військ, ступеня вогневого ураження противника, експлуатаційних пошкоджень ОВТ тощо;

некоректно враховують вплив на величину втрат початкового співвідношення бойових потенціалів (БП) сторін, рівня укомплектованості (забезпеченості) військ особовим складом, озброєнням та військовою технікою та іншими видами матеріально-технічних засобів (МТЗ).

Це може зумовлювати складання помилкових прогнозів і, як наслідок, прийняття невірних управлінських рішень.

Для подолання невизначеності антагоністичного характеру під час оцінки рівня збереження живучості системи поповнення військ озброєнням і військовою технікою протягом оборонної операції, доцільно застосувати *мінімальний критерій* у вигляді

$$E^* (t) = \max_{\tau} ( [F(T)]_{-1} (A) ) \min_{\tau} ( [Q(T)]_{-0} (B) ) \left\{ 1 / (1 + \beta(t) T_1 / T_0) + \frac{1}{1 + [\beta(t) \frac{T_1}{T_0}]^{-1}} \cdot P_B (t \leq t_3) \right\};$$

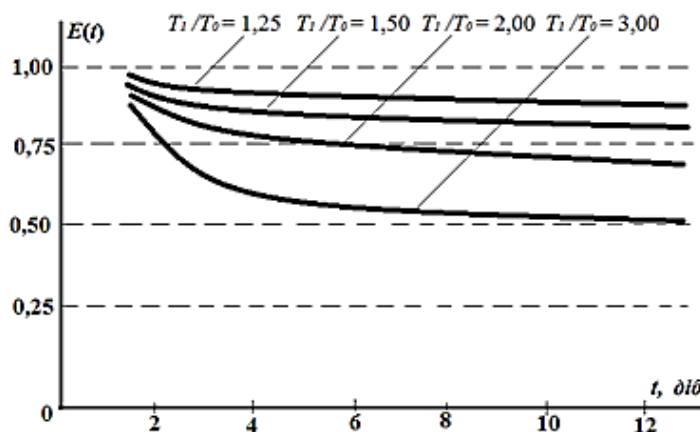
$$\beta(t) = 1 - \exp(-\gamma Y t) = 1 - \exp\left(-\frac{t}{T_1} Y\right), \quad (1)$$

де  $F$  – вектор параметрів, що залежить від можливостей ( $X$ ) і варіантів ( $A$ ) дії підрозділів системи поповнення втрат і витрат озброєння військ, який дорівнює  $F = F\{X, A\}$ ;

$Q_0$  – вектор параметрів, що залежить від можливостей ( $H$ ) і варіантів ( $B$ ) дії противника, який планує ці варіанти протидії, що заважають оборонній системі поповнення; цей вектор дорівнює  $Q = Q\{H, B\}$ .

Критерій (1) сприятиме одержанню *гарантованої оцінки рівня досягнення мети збереження живучості системи* поповнення втрат військ в оборонній операції під час дій сучасного противника. В цілому, під час планування оборонної операції, критерій (18) сприяє подоланню невизначеності випадкового і антагоністичного типу.

Залежності (від часу) деякої гарантованої оцінки рівня збереження живучості системи поповнення втрат озброєння і військової техніки, в умовах дій противника, для різних рівнів співвідношень  $T_1/T_0$  протягом поповнення втрат військ і відновлення функцій системи, ілюструє рис.2.



**Рис. 2.** Залежності показника живучості системи поповнення озброєнням бойових втрат озброєння і військової техніки протягом оборонної операції, за умов різних середніх витрат часу  $T_1$  на їх поповнення та середнього часу  $T_0$  перебування системи поповнення в готовому стані (коли поповнення ще не є потрібним)

**Висновки.** Одержані під час розрахунків залежності показують наступне.

По-перше, протягом 6-и дів з початку операції показник живучості системи поповнення озброєнням втрат військ перевищує рівень 0,75, лише за умов, що час поповнення озброєнням втрат військ перевищує час використання озброєння без додаткових потреб, тобто перевищує час перебування системи забезпечення військ озброєнням у готовому стані, не більш ніж у 1,5 рази.

По-друге, рівень показника живучості системи поповнення озброєнням перевищує протягом оборонної операції рівень 0,5, лише за умов, що час поповнення військ озброєнням перевищує час їх попереднього застосування не більше, чим у 3 рази.

По-третє, згідно до методу, що пропонується, на реальні рівні поточних змін за часом бою показника ефективності  $E(t)$  системи заповнення бойових втрат озброєння впливає співвідношення часів  $T_1/T_0$ , яке доцільно визначати за результатами прогнозування за етапами, що надані в розділі 1.

По-чверте, з метою подальшого удосконалення методу, доцільним є уточнення результатів визначення отриманих ймовірностей перебування системи відновлення в готовому до бою стані з врахуванням результатів обміну протидіючих сторін першими вогневыми, наприклад, ракетними

ударами. Мова йде про типову ситуацію, коли протидіючі сторони отримують найбільші рівні втрати озброєння і військової техніки і найбільші потреби у поповненні комплектів зразків озброєння і військової техніки.

По-п'яте, створення і застосування програмного продукту сприятиме суттєвому зменшенню витрат часу на розрахунки та визначення прогнозних результатів визначення цих змін ймовірностей за часом та визначенню часу, коли ці ймовірності перебування системи в готовому стані досягатиме критичного рівня.

#### **Список використаних джерел**

1. Варванець Ю.В. Аналіз використання та тенденції розвитку рухомих засобів ТО і ремонту військової техніки. Збірник тез доповідей Міжнародної науково-технічної конференції: Перспективи розвитку ОВТ Сухопутних військ. - Львів, 17-18 травня 2018 р. С.20
2. Технічне забезпечення військ (сил) у операції і бою. Підручник. Ч. I. – К.: НАОУ, 2001. – 616 с.
3. Технічне забезпечення службово-бойових дій (застосування) ВВ МВС України. Навч. посіб. Р. О. Кайдалов, Г. М. Маренко, В. О. Темніков, В. І. Кужелович. – Х.: Академія ВВ МВС України, 2013. – 111 с.
4. Застосування підрозділів та військових частин технічного забезпечення. Ч.1: Підрозділи технічного забезпечення; навч. посіб.- К: НУОУ ім. Івана Черняхівського, 2017.-136 с.
5. Дем'янчук Б.О. Основи автотехнічного забезпечення. Моделювання процесів / Дем'янчук Б.О., Вернівський С.М., Меленчук В.М. – Одеса: Військова академія. – 2015. – 391 с.
6. Анілович В.Я. Надійність машин в завданнях та прикладах [Текст] / В.Я. Анілович, О.С. Гринченко, В.Л. Литвиненко. – Х.: Око, 2001. – 320 с.
7. Документи з управління технічним забезпеченням. Частина 1. Навчальний посібник. – К.: КІСВ, 1996. – 121 с.

**Науковий керівник:** Дем'янчук Б., д.тех.н., проф., Військова академія (м. Одеса).

УДК 623.419

**Жупанов А.І.,**

**Коньков К.Д.**

*Військова академія (м. Одеса)*

### **МЕТОДИ АВТОМАТИЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ БМ-21 ШЛЯХОМ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ ДАТЧИКІВ СТАНУ СТРУМУ ТА АПАРАТНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ОБРОБКИ ДАНИХ**

*В роботі проведено дослідження і діагностування стану електрообладнання БМ-21 шляхом впровадження системи датчиків стану та апаратних технологій обробки даних. Це дозволяє підвищити надійність роботи електрообладнання, збільшити їхні експлуатаційні властивості, а також поліпшити пошук несправностей електрообладнання БМ-21.*

**Ключові слова:** діагностування, ефект Холла, датчик, принципова схема.

**Постановка проблеми.** 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.

З ростом складності сучасних військово-технічних пристроїв процес діагностики і пошуку місця несправності представляє один з найбільш трудомістких етапів відновлення боєздатності.

Основою процесу збереження та відновлення боєздатності виробу є отримання достатньо повної інформації про технічний стан в кожний заданий момент часу окремого елемента або виробу в цілому, без якого неможливо розробити та практично здійснити конкретну програму профілактичних та відновлювальних робіт. Успішно вирішити цю досить складну задачу дозволяють діагностика та пошук несправностей.

**Мета статті** спрямована на вирішення задачі постійної діагностики струму електрообладнання БМ-21 як напрямку їх удосконалення і підвищення бойової ефективності з використанням сучасних підходів до вирішення такої задачі.

Для того щоб не порушувати схему і не впроваджувати в систему датчики струму, пропонується впровадити безконтактний датчик струму, який не буде змінювати схему та порушувати систему. Такі датчики досить чутливі та надійні, вони не потребують послідовного з'єднання в електромережі.

Метод дослідження ґрунтується на основі безконтактного датчика струму на ефекті Холла.

**Виклад основного матеріалу.** 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 не прогнозованих 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 безпомилковому встановленню діагнозу.

Робота по автоматизація процесу діагностики направлена на виконавчий пристрій. Виконавчий пристрій призначено для наведення пакету труб бойової машини по горизонту і вертикалі. Виконавчий пристрій в приводі являє виконавчий двигун МІ-22М який обертає редуктор вертикального та горизонтального наведення. Тому виникає необхідність проведення діагностичних заходів по усунення несправностей і встановлення технічного стану

У зв'язку з цим виникла ідея зібрати вимірника струму на основі датчика Холу.

Ефект Холла полягає у виникненні поперечної різниці електричних потенціалів  $U_H$  в провіднику з постійним струмом  $I$ , що знаходиться під впливом магнітного поля  $B$ . Цей ефект був виявлений в 1879 році американським фізиком Едвіном Гербертом Холлом. На відміну від трансформаторів струму, датчики струму з елементом Холла вимірюють як постійний, так і змінний струм (рис.1).

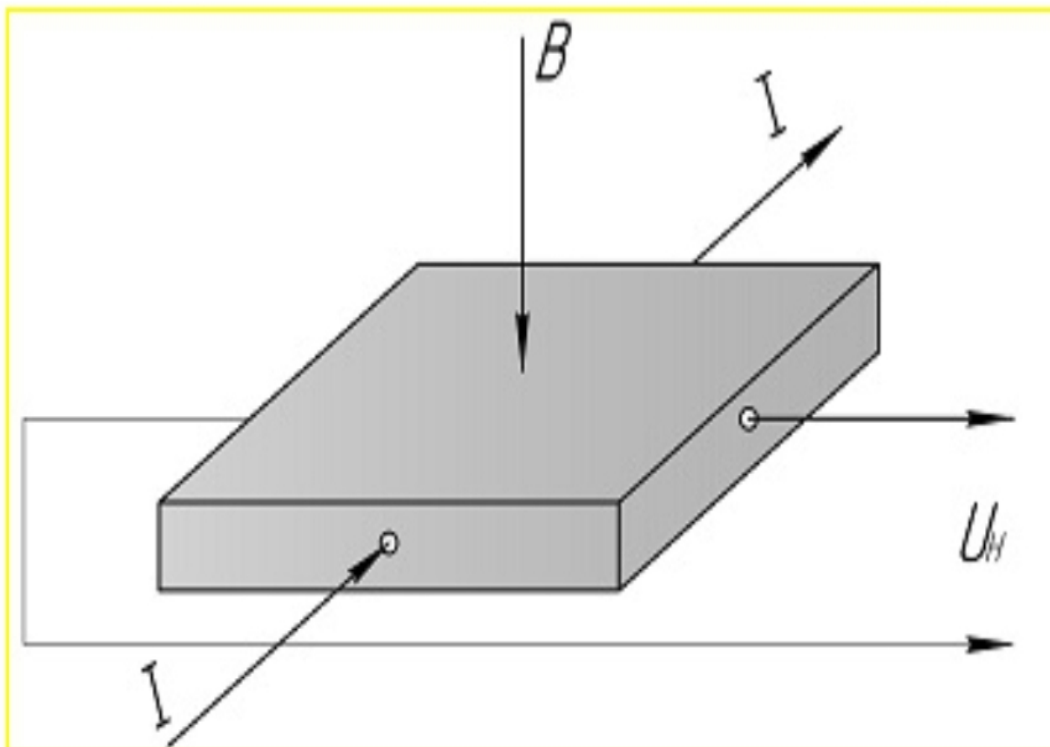


Рис. 1. Принцип роботи ефекту Холла

Точність вимірювання електричного струму і напруги є важливою умовою надійності і безпеки функціонування електронної апаратури. Найбільш досконалим і оптимальним за вартістю рішенням цього завдання є застосування датчиків струму на основі ефекту Холла. Такі датчики дозволяють забезпечити високу точність і швидкість вимірювань. Вони застосовуються для організації

зворотного зв'язку в електроустановках, для контролю параметрів електричних ланцюгів, а також дозволяють організувати гальванічну розв'язку в промислових приводах, в перетворювачах напруги, в зварювальній апаратурі, в системах електропостачання та в різній іншій апаратурі.

При перевірці силових електричних ланцюгів часто виникає необхідність у вимірі сили струму. Щоб виміряти величину постійного струму, як правило, застосовують шунт резистора, включений послідовно з навантаженням, напруга на якому пропорційно струму. Проте, якщо виникне необхідність у вимірі великих струмів, то знадобиться шунт значної потужності, крім того, не завжди допустимо вносити зміни в готовий виріб, тому доцільніше використовувати інші методи виміру.

Виходячи із завдання, поставленого перед системою застосовується датчик «Вище, Норма, Нижче». датчик буде показувати в якому режимі працює двигун, якщо стум буде в межах норми то датчик покаже «Норма», а якщо вище норми чи нижче то датчик покаже «Вище або Нижче». Його функціональна схема (рис.2).

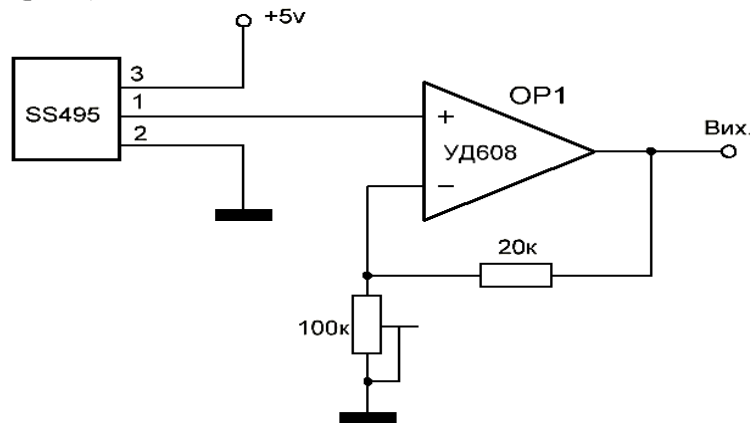


Рис. 2. Функціональна схема діагностичного обладнання

Схема працює таким чином. Дріт із струмом розташовується усередині феритового кільця, створюючи при цьому магнітне поле, величина якого прямо пропорційна силі струму. Датчик Холу, розташований в повітряному проміжку сердечника, перетворить величину індукції поля в напругу, і ця напруга подається на операційні підсилювачі. ОУ потрібні, щоб привести рівні напруги з датчика до діапазону вхідної напруги аналізатора величини вхідного сигналу. В якості сердечника використано кільце R20\*10\*7 з матеріалу N87. Датчик Холу – SS495B. За допомогою надфіля в кільці проточується проміжок такої товщини, щоб там помістився датчик, тобто близько 2 мм. На основі цих міркувань була розроблена принципова схема датчика (рис.3).

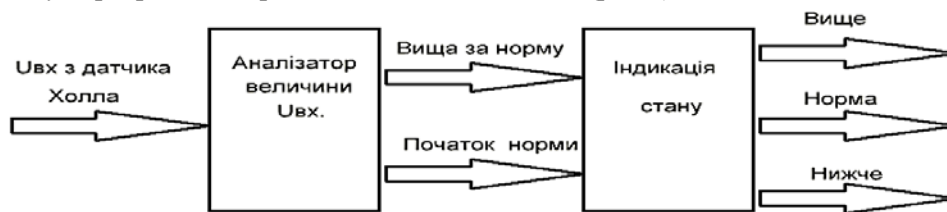


Рис. 3. Принципова схема датчика

Еквівалентна проникність сердечника з проміжком приблизно дорівнює відношенню довжини магнітної лінії до величини проміжку:

$$\mu_e = \frac{l_e}{l_3} \tag{1}$$

Тоді, підставивши це значення у формулу розрахунку індукції в сердечнику і помноживши це усе на чутливість датчика, знайдемо залежність вихідної напруги датчика від сили струму:

$$U = K_B \cdot \frac{\mu_e \mu_0 N I}{l_e} = K_B \cdot \frac{\mu_0 I}{l_3} \tag{2}$$

де:  $K_B$  – чутливість датчика до індукції магнітного поля, виражена у В/Тл (береться з дата шита).

Наприклад, в моєму випадку  $l_3 = 2 \text{ мм} = 0,002 \text{ м}$ ,  $K_B = 5 \text{ мВ/Гаус} = 50 \text{ В/Тл}$ , звідки отримуємо:

$$U = K_B \cdot \frac{\mu_e \mu_0 N}{l_e} \cdot I = 0,0314 \cdot I \quad (3)$$

$$K_I = 0,0314 \frac{\text{В}}{\text{А}} \quad (4)$$

Реальна чутливість до струму виявилася рівною  $0,03 \text{ В/А}$ , тобто розрахунок виходить дуже точним.

Згідно дата шиту на SS495B, максимальна вимірювана датчиком індукція дорівнює  $420 \text{ Гаусів}$ , отже максимальний вимірюваний струм рівний:

$$I_{\max} = \frac{U_{\max}}{K_I} = \frac{B_{\max} \cdot K_B}{K_I} = \frac{0,042 \cdot 50}{0,0314} = 67 \text{ А} \quad (5)$$

Так як максимальний струм який ми можемо виміряти дуже великий, тоді ми можемо виміряти струм якоря приводного двигуна ( $I_{\max} 17 \text{ А}$ ) привода наведення МІ-22М. По величині цього струму можемо судити про стан якірно-щіткового вузла. Якщо на феритовому кільці буде котушка, то можна знявши змінну складову – оцінити прилягаючі щітки к якорю, діагностувати ранні стадії зносу щіток.

Принципова схема аналізатора сигналу датчика Холла (рис.4).

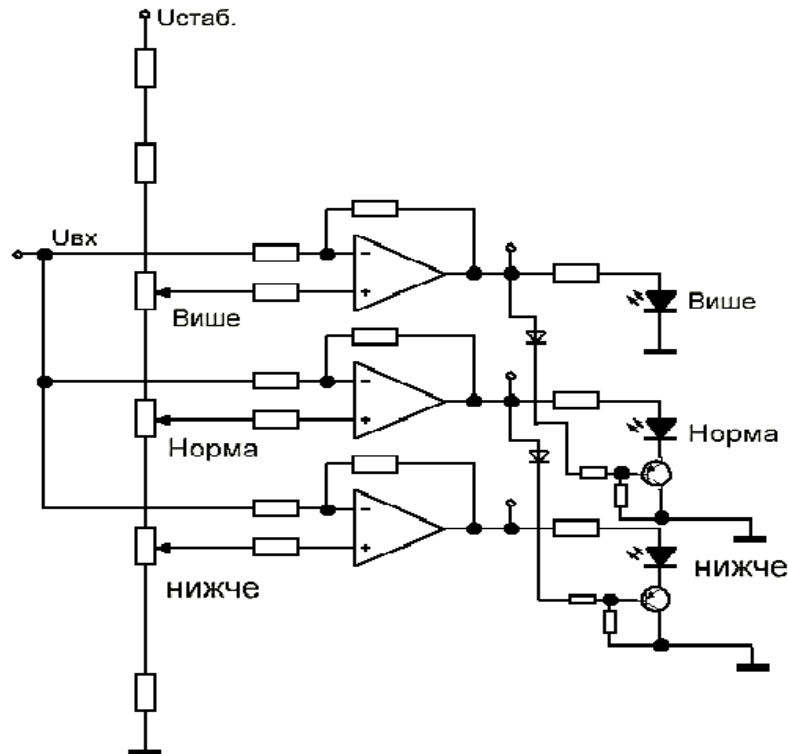


Рис. 4. Принципова схема аналізатора сигналу датчика Холла

**Висновок.** Таким чином, у статті визначено та проаналізовано можливе використання універсальних датчиків для діагностування технічного стану та пошуку несправностей електрообладнання БМ-21 апаратними методами. Датчики досить чутливі та надійні, вони не потребують внесення змін до штатної електромережі, а також не потребує послідовного з'єднання в електромережі. Використання датчика дозволить зменшити імовірність виникнення нештатних ситуацій і можливість прогнозувати стан електрообладнання.

#### Список використаних джерел

1. Боевая машина БМ-21. Техническое описание., 1982г. Воениздат. 242с.
2. Поповіч М.Г. Теорія автоматичного керування. / М.Г. Поповіч, О.В. Ковальчук // Навчальний посібник. – К. – Либідь, – 1997. – 544 с..

3. 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.

4. Коньков К., Крамской К. *Електроніка та мікросхемотехніка, ч.1,2, ВА м.Одеса, 2019р.*

5. Макаров И.М. *Линейные автоматические системы / И.М. Макаров, И.М. Менский // М.: Машиностроение, 1982. – 504 с..*

УДК 623.419

Закусило А.,

Сергєєв О., к.т.н. доц.

Військова академія (м. Одеса)

## ОБҐРУНТУВАННЯ ВИМОГ ДО СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ НАВЕДЕННЯ ПАКЕТУ НАПРЯМНИХ РСЗВ

Пропонується та обґрунтовується підхід до удосконалення системи контролю параметрів елементів електромеханічних систем на прикладі електромеханічного приводу наведення пакету напрямних реактивної системи залпового вогню БМ-21.

**Ключові слова:** математична модель, діагностика, електромеханічні системи, реактивна система залпового вогню

**Постановка проблеми.** На озброєнні України в наступний час знаходиться значна кількість РСЗВ типа БМ-21. Однак в сучасних умовах гостро виникає проблема підтримання їх в робочому стані внаслідок відпрацьованого в значній ступені ресурсу. Таким чином, Україна, з одного боку, спроможна забезпечити потреби воюючої армії в озброєнні і військовій техніці (ОВТ), а з іншої – потребує вирішення проблеми створення ефективної системи підтримання її працездатності в робочому стані.

Актуальність роботи обумовлена необхідністю вдосконалення процесів оперативного пошуку і усунення несправностей електроустаткування ракетно-артилерійського озброєння на основі широкого застосування сучасних технологій. Робота спрямована на практичне рішення задачі автоматизації системи контролю параметрів електроприводу комплексу БМ-21 шляхом впровадження інтелектуальних систем діагностування параметрів роботи двигуна постійного струму для виявлення дефектів на ранній стадії і оцінкою технічного стану електромеханічного приводу що представляє практичний інтерес.

**Мета статті** полягає в розробки методу безконтактного моніторингу і діагностики основного виконавчого пристрою електромеханічного приводу – двигуна постійного струму МІ-22М. В статті пропонується система безконтактного моніторингу його параметрів, які можуть бути отримані шляхом безпосереднього вимірювання (напруга, струм, температура, вібрація) в процесі роботи, з подальшим визначенням його здатності виконувати свої функції. Ціль роботи – розширення функціональних можливостей і підвищення надійності контролю роботи щітково-колекторного вузла електричного двигуна постійного струму.

**Виклад основного матеріалу.** Електромеханічний привод РСЗВ БМ-21 являє собою динамічну систему, керує переміщенням об'єкта регулювання – пакету напрямних. У загальному випадку електромеханічний привід БМ-21 має в своєму складі наступні основні пристрої, задовільний пристрій (ЗП), підсилюючий пристрій в складі вібраційного та електромашинного підсилювача, виконавчий двигун (ВД), механічна передача (редуктор) (МП), об'єкт регулювання (ОР), елементи зворотного зв'язку, джерело енергії (ДЕ). В роботі розглядається можливість застосування сучасних технологій для оперативного контролю виконавчого двигуна.

З відомих технічних рішень найбільш близьким до запропонованого по результату, що досягається, є спосіб контролю і візуалізації роботи щітково-колекторного вузла електричного двигуна постійного струму, при якому вимірюють температуру обмоток ротора, струм якірної обмотки, кутову швидкість ротора, параметр, що характеризує іскріння, перетворюють змінні величини в цифрові коди і передають їх в обчислювальний пристрій, наприклад комп'ютер, за допомогою якого виконують відображення, реєстрацію і порівняння і змінних величин з допустимими значеннями і формування сигналів для системи захисту (Патент ЗША №7873581, G06F 15/18; G06G 7/00, 2011).

При реалізації відомого способу забезпечується контроль роботи компонентів електричного двигуна постійного струму шляхом отримання інформації про поточні значення змінних, що характеризують роботу елементів машини, зокрема параметра, що характеризує іскріння, струму якірної обмотки, кутової швидкості обертання ротора і температури обмоток ротора.

Поставлена мета досягається шляхом створення системи контролю і візуалізації роботи щітково-колекторного вузла електричного двигуна постійного струму, при якому вимірюють температуру обмоток ротора, струм якірної обмотки, кутову швидкість ротора, параметр, що характеризує іскріння. Отримані параметри перетворюються в цифрові коди і передаються в обчислювальний пристрій, наприклад комп'ютер, за допомогою якого виконують відображення, реєстрацію і порівняння зміряних величин з допустимими значеннями і формування сигналів для системи захисту, додатково вимірюють довжину щіток, зберігають в пам'яті обчислювального пристрою модель механічної характеристики двигуна.

При реалізації пропонованого способу здійснюється повний контроль роботи щітково-колекторного вузла шляхом вимірювання температури обмоток, параметра, що характеризує іскріння, струму, кутової швидкості двигуна і довжини щіток. На підставі даних безперервних вимірювань обчислюються коефіцієнт кореляції між параметром  $\xi$ , що характеризує іскріння, і струмом і двигуна  $r_{\xi i}$  і коефіцієнт кореляції між параметром  $\xi$ , що характеризує іскріння, і кутовою швидкістю  $\Omega$  двигуна  $r_{\xi \Omega}$ , значення яких дозволяють визначити вірогідну причину іскріння і оцінити стан щітково-колекторного вузла двигуна залежно від приналежності робочої крапки в просторі контрольованих параметрів до області нормальних, допустимих або аварійних режимів. Комп'ютерна візуалізація роботи щітково-колекторного вузла забезпечує можливість безперервної суб'єктивної оцінки стану електричної машини шляхом видаленого моніторингу.

Функціональна схема системи контролю і візуалізації роботи щітково-колекторного вузла представлена на рис. 1. На схемі позначено:

- 1 – датчик кутової швидкості ротора;
- 2 – електричний двигун постійного струму;
- 3 – датчик струму якірної обмотки;
- 4 – датчик параметра, що характеризує іскріння;
- 5 – датчик температури обмоток ротора;
- 6 – багатоканальний аналого-цифровий перетворювач;
- 7 – обчислювальний пристрій, наприклад комп'ютер;
- 8 – панель оператора;
- 9 – інформаційна шина.

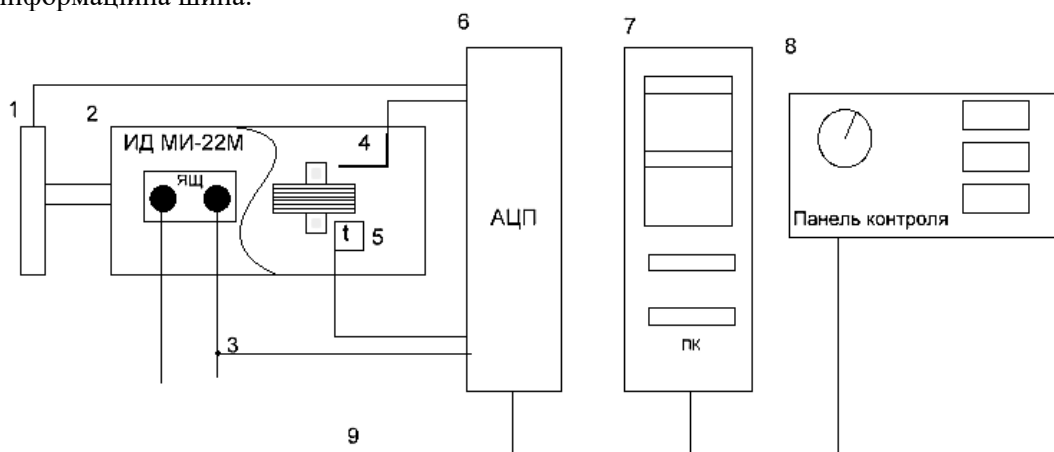


Рис.1. Система дистанційного контролю параметрів двигуна

З метою контролю струму якірної обмотки двигуна пропонується використання системи струмової діагностики яка вирішує проблеми проведення вимірювань під напругою. В якості чутливого елементу можуть бути застосовані вимірювальні трансформаторі (датчики струму) струму, які встановлюються в ланцюг живлення електродвигуна. Їх невеликі габарити і вартість дозволяють ухвалювати такі рішення.

Принцип дії датчиків заснований на ефекті Холу. Під дією магнітного поля, викликаного вхідною силою постійного струму, на виході чутливого елементу, з'являється напруга постійного струму, пропорційна вхідній силі постійного струму. Потім вторинний сигнал з датчика Холу посилюється



підсилювачем, перетвориться в аналоговий і цифровий сигнал. Вимірювання струму здійснюється шляхом прокладення провідника з вимірюваним струмом в отвір корпусу датчика. Конструктивно датчики виконані у вигляді моноблока. Датчики мають цифровий канал передачі і прийому даних через інтерфейс зв'язку з відображенням інформації вимірюваного струму за допомогою програмного забезпечення, призначеного для візуалізації вимірюваних значень при перевірці його працездатності.



Рис. 2. Датчик струму Ас1060

Тепловий контроль роботи двигуна заснований на застосуванні тепловізорів або пірометрів.

Пірометри здатні визначати температуру в конкретних точках двигуна, тоді як тепловізори і інфрачервоні камери дають повну картину розподілу температури об'єкту. Діапазон вимірювання температури для термографії лежить приблизно від 50°С до більш ніж 2000°С. Перевагою тепловізійного обстеження за допомогою

тепловізора є те, що зйомка устаткування проводиться дистанційно, в його експлуатаційних умовах, під робочими навантаженнями без виключення устаткування, демонтажу або який або попередньої підготовки.

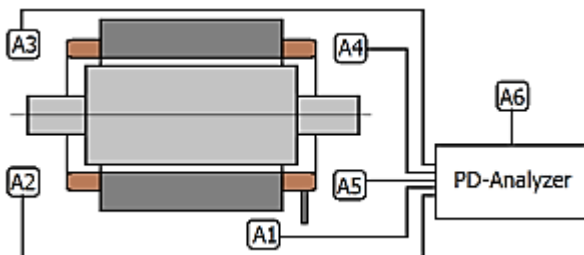
Найбільш ненадійним елементом двигунів постійного струму є колекторно – щітковий механізм. Ступінь іскріння колекторно щіткового механізму є головною ознакою виникнення несправності.

Відомо, що іскріння, є джерелом електромагнітних коливань. Ця обставина має перспективу широкого застосування в діагностичних цілях. Зокрема для реалізації цих цілей необхідно досліджувати часовий сигнал або спектр від приймачів (детекторів) іскрових розрядів високочастотною діапазону в щітковому колекторному пристрої працюючого двигуна постійного струму.

Надалі сигнал передається в приймач, закріплений усередині частини корпусу поблизу ЩКУ і через екранований роз'єм, пристрій, що погоджує, передається в спектроаналізатор. Програмна обробка сигналів пов'язана з отриманням оцінних показників ступеня іскріння в процесі комутацій.

Для оперативного контролю технічного стану обмоток електричного двигуна може бути використана система моніторингу мазки Mdr-3/UHF. Оцінка стану ізоляції і діагностика дефектів в Mdr-3/UHF проводиться на підставі реєстрації і аналізу розподілу часткових розрядів в ізоляції обмотки статора. В даний час це найвідчутливіший метод, що дозволяє виявляти дефекти у високовольтній ізоляції на найраніших стадіях.

Відмітною технологічною особливістю системи моніторингу мазки Mdr-3/uhf є використання реєструючої апаратури, що працює в розширеному діапазоні частот, – від 100 до 1500 МГц. Така апаратура створена на основі універсального аналізатора часткових розрядів Pd-analyzer. Вимірювальний прилад, що працює в СВЧ (UHF) діапазоні частот, забезпечує максимально високу чутливість до розрядів в ізоляції обмотки статора, як в зоні лобових частин, так і усередині пазів. Також він має хорошу перешкодозахисну, оскільки малочутливий до високочастотних перешкод, що приходять в обмотку статора по живлячому кабелю. Другою особливістю системи Mdr-3/uhf є використання як датчики часткових розрядів простих і максимально надійних електромагнітних антен. Ця антена проста по конструкції і зручна при монтажі усередині статора. Вона максимально надійна в експлуатації, оскільки вмонтовується на конструктивних елементах корпусу статора і не має гальванічного зв'язку з обмотками електричної машини.



Для контролю часткових розрядів усередині статора пропонується встановлення до п'яти електромагнітних антен, плюс одна антена, призначена для контролю зовнішніх перешкод, встановлюється зовні.

**Висновки.** Аналіз відомих методів діагностування двигунів постійного струму показує наявність в них певних достоїнств і

недоліків. У кожному з випадків їх застосування необхідно виходити з технічних умов їх реалізації і зіставлення техніко економічних показників.

Пропонований метод, заснований на використанні системи контролю і візуалізації роботи щітково-колекторного вузла електричного двигуна постійного струму, є перспективним з погляду простоти і інформативності. Безумовно, питання їх подальшої обробки і застосування програмно технічних засобів залишаються відкритими і вимагають додаткових досліджень.

**Список використаних джерел**

1. Проект ування сист ем що ст еж ат ь / 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 System*: / 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., 180 с.*

**Рецензент:** Скачков В., д.т.н., проф., Військова академія (м. Одеса)

УДК 623.419

**Зябров С.,**

**Пересипко С.,**

**Гордійчук О.**

**Гвоздева І.,** д.т.н., проф.

*Військова академія (м. Одеса)*

**ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ ПОКРАЩЕННЯ ТАКТИКО – ТЕХНІЧНИХ  
ХАРАКТЕРИСТИК ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ НАВЕДЕННЯ ЗЕНІТНИХ ТА  
ПРОТИТАНКОВИХ РАКЕТНИХ КОМПЛЕКСІВ**

*Пропонується та обґрунтовується підхід до удосконалення і модернізації електромеханічних систем наведення зенітних та протитанкових ракетних комплексів. Підхід ґрунтується на синтезі нових алгоритмів керування просторовим рухом пускових установок, оптимальних за обраними критеріями, та покращенні експлуатаційних характеристик шляхом обґрунтованої заміни колекторної електричної машини електроприводів наводення на безконтактну електричну машину. Розроблені програмні засоби моделювання процесів в електроприводах наведення.*

**Ключові слова:** *математична модель, оптимальність, електромеханічні системи, ракетний комплекс.*

**Постановка проблеми.** Досвід сучасних збройних конфліктів (Сирія, Лівія, Нагірний Карабах та інші) вказують на зростаючу роль на полі бою мобільних засобів ракетного ураження зразків озброєння супротивника. Уміле та кваліфікаційне застосування протитанкових ракетних комплексів (ПТРК) суттєво обмежує можливості супротивника щодо ефективного застосування бронетанкової техніки як засобу наступального озброєння. Наприклад, в Нагірному Карабасі, наявні значні можливості армії Азербайджану не були використані в повній мірі саме за причини певної перестороги щодо наявності та застосування ПТРК супротивником, що зумовило затягування та ускладнення наступальних операцій. В Сирії ПТРК успішно застосовуються не тільки як засіб ураження бронетанкової техніки, а також для знищення гелікоптерів. Загалом спостерігається тенденція застосування мобільних носіїв ПТРК для покращення бойових можливостей.

Напроти, застосування зенітно-ракетних комплексів (ЗРК) в локальних конфліктах сучасності, виявило значні проблеми щодо їх ефективності та стійкості в реальних бойових умовах. Зенітні ракетно-артилерійські комплекси (ЗРАК) класу «Панцир С» за досвідом застосування в Сирії показали низьку ефективність за ймовірністю ураження цілей та низьку стійкість до сучасних засобів протидії. Комплекси ЗРК класу «Стріла 10», «Оса» були практично знищені в Нагірному Карабасі засобами безпілотних летальних апаратів (БПЛА). Складовими проблемами щодо ефективності та стійкості ЗРК в реальних бойових умовах є, як питання їх досконалості і відповідності сучасним вимогам, так і питання організації умілого та кваліфікованого їх застосування. Наприклад, багатошелонна оборона військової бази в Хмеймім (Сирія), в тому числі вказаними засобами ЗРК, на практиці показала можливість захисту об'єктів від різноманітних засобів ураження.

Сучасні зенітно-ракетні комплекси (ЗРК) та 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 наведення, зменшення мінімальної дальності ураження цілі, скорочення часу на підготовку до пуску ракет, збільшення швидкості та зменшення статичних і динамічних помилок наведення ракет на ціль. Наявні зразки ЗРК та ПТРК мають достатній модернізаційний потенціал, тому задача оптимізації електромеханічних систем наведення є актуальною та практично значущою.

**Метою статті** є вирішення науково-прикладної задачі обґрунтування підходу до удосконалення та модернізації електроприводів наведення пускових установок зенітно-ракетних комплексів та протитанкових ракетних комплексів на рухомих наземних носіях, що ґрунтується на синтезі нових алгоритмів керування просторовим рухом пускової установки, оптимальних за обраними критеріями, та покращенні експлуатаційних характеристик шляхом обґрунтованої заміни колекторної електричної машини електроприводу на безконтактну електричну машину, на основі застосування методів оптимального керування та створення комп'ютерних моделей електроприводів.

Об'єктом досліджень є процеси в електроприводах наведення зенітно-ракетних комплексів та протитанкових ракетних комплексів. Предметом досліджень є програмно-алгоритмічні засоби дослідження процесів в електроприводах систем наведення зенітно-ракетних комплексів та протитанкових ракетних комплексів та удосконалення методів керування. Важливим прикладним завданням, на вирішення якого спрямована робота, є покращення тактико-технічних характеристик (ТТХ) зенітно-ракетних комплексів та протитанкових ракетних комплексів шляхом підвищення якісних та експлуатаційних характеристик систем наведення. Важливим науковим завданням, на вирішення якого спрямована робота, є обґрунтування оптимальних за обраними критеріями алгоритмів керування систем наведення зенітно-ракетних комплексів та протитанкових ракетних комплексів в умовах існуючих обмежень.

**Виклад основного матеріалу.** 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;5]. 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-широотно-імпульсної модуляції. Наявність релейного блоку створює можливість застосувати в ЕП ПТРК [7;8;9]. алгоритми керування, оптимальні за швидкістю [1;5]. Функція переключення є загалом нелінійною і залежить від похибки регулювання та її похідної. Обґрунтування програмно-алгоритмічних засобів на основі комп'ютерного моделювання [3;4], що направлені на підвищення швидкодії ЕП ПТРК, є важливим та актуальним науково-прикладним завданням, оскільки їх реалізація покращує ТТХ. Для вирішення поставленого завдання в роботі виконано функціонально-структурний аналіз електропривода наведення, побудована комп'ютерна модель та виконано моделювання системи автоматичного керування ЕП (САК ЕП). Вихідною є функціональна схема ЕП, яка наведена на рис.1. Розроблено модель існуючого ЕП, що поєднує об'єкт керування, електричний двигун та елементи системи автоматичного керування, та модель пропонованого ЕП, функціональна схема якого наведена на рис.2. На відміну від існуючого ЕП в систему керування додатково уведено нелінійний блок, який формує функцію переключення, що забезпечує оптимальну швидкість незалежно від початкових умов. Додатково з тією ж метою ДПС пропонується замінити на безконтактну електричну машину, що керується за допомогою частотного перетворювача. Тим самим досягається також покращення експлуатаційних характеристик шляхом обґрунтованої заміни колекторної електричної машини електроприводу наведення на безконтактну електричну машину.

Системи керування в електроприводах ЗРК за своїм типом є слідкуючими системами. Слідкуючі системи автоматичного керування є необхідною складовою технічних засобів супроводу рухомих об'єктів різноманітного та спеціального призначення [1–6]. Точність відпрацювання кута наведення на рухому ціль, що маневрує у просторі, визначає ефективність застосування озброєння, і тим самим, вірогідність ураження цілі. Складовою частиною таких регуляторів є пропорційний регулятор та тиристорний перетворювач, що дозволяє забезпечити пропорційне регулювання двигуном постійного струму в режимі широтно-імпульсної модуляції. Для вирішення завдання зменшення статичних та динамічних похибок наведення виконано функціонально-структурний аналіз електропривода наведення, побудована комп'ютерна модель та виконано моделювання системи

керування електроприводу ЗРК як у горизонтальній, та і у вертикальній площинах. Вихідною є функціональна схема ЕП, яка наведена на рис. 3. Розроблено модель існуючого електропривода, та модель запропонованого ЕП, функціональна схема якого наведена на рис. 4. На відміну від існуючого ЕП в системі керування пропонується застосувати пропорційно-інтегрально-диференціальний регулятор, який формує командний сигнал, що забезпечує мінімальну похибку наведення. Додатково, аналогічно приводу ПТРК, з метою покращення експлуатаційних характеристик, ДПС пропонується замінити на безконтактну електричну машину, що керується за допомогою частотного перетворювача. Тим самим досягається також покращення динамічних характеристик, оскільки власний момент інерції запропонованого двигуна багаторазово менший, ніж у ДПС.

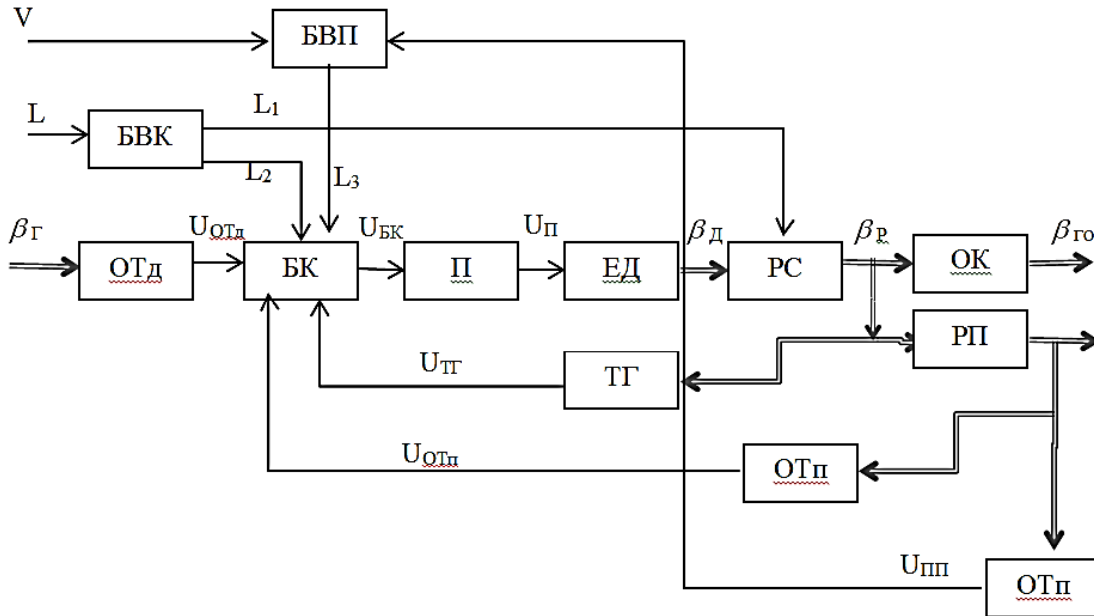


Рис. 1. Функціональна схема електропривода горизонтального наведення ПТРК 9П149

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).

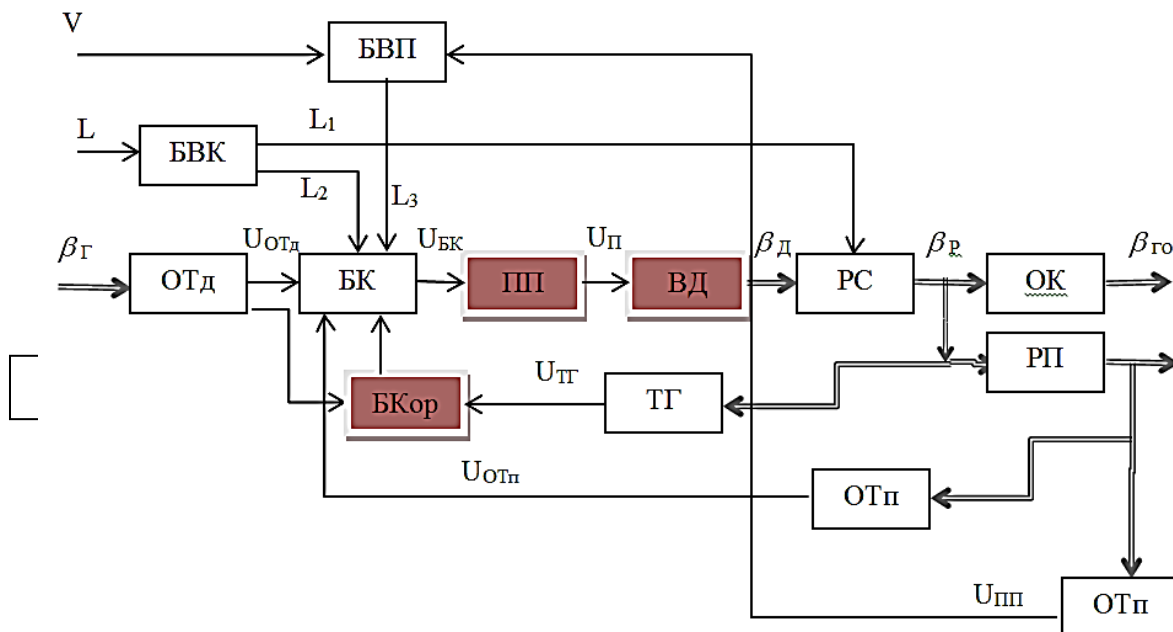
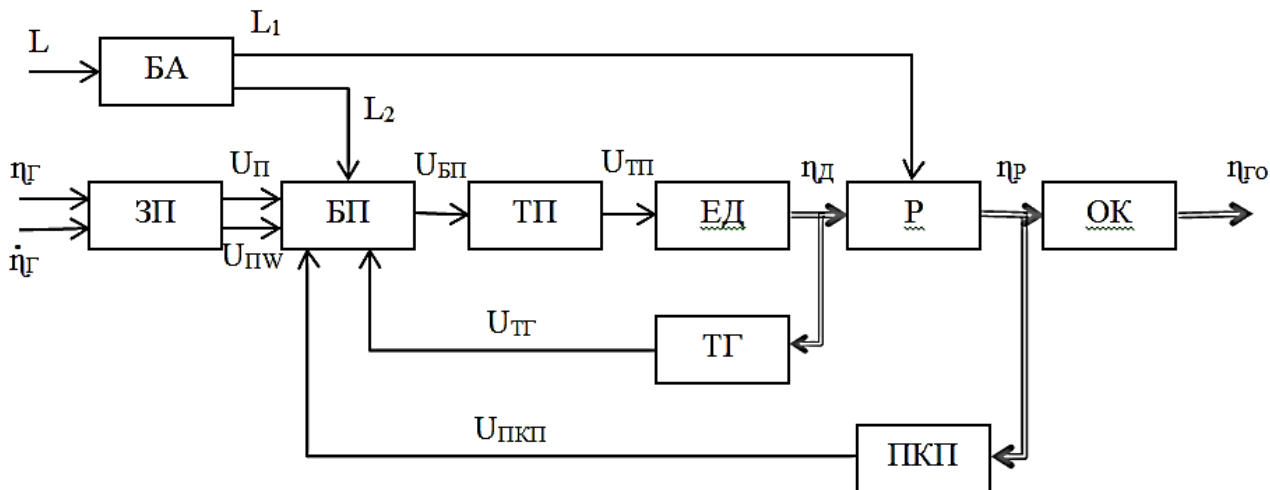


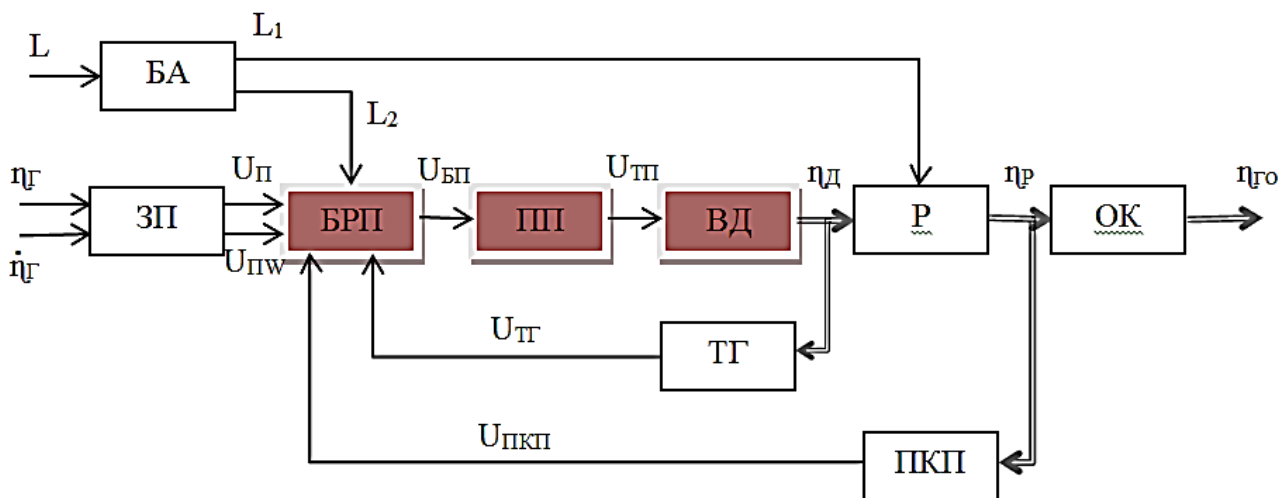
Рис. 2. Функціональна схема запропонованого електропривода горизонтального наведення ПТРК

На схемі позначені: ВД – виконавчий двигун; ПП – підсилювач-перетворювач; БКор – блок корекції.



**Рис. 3.** Функціональна схема електроприводу горизонтального наведення ЗРК

На Рис. 3 позначені 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. 3 позначені наступні сигнали:  $L$  – команди,  $\eta_{Г}$  – кут цілі в горизонтальній площині,  $\dot{\eta}_{Г}$  – швидкість зміни пеленгу цілі в горизонтальній площині,  $U_{П}$ ,  $U_{Пw}$  – 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  $ЕД$ ,  $\eta_{Го}$  – 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.** Функціональна схема пропонованого електроприводу горизонтального наведення ЗРК

На схемі позначені:  $ВД$  – виконавчий двигун;  $ПП$  – підсилювач-перетворювач;  $БРП$  – блок регуляторів-підсилювачів.

**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 удосконалення та модернізації електроприводів наведення пускових установок зенітно-ракетних комплексів та протитанкових ракетних комплексів на рухомих наземних носіях. Отримані результати можуть сприяти покращенню тактико технічних характеристик ПТРК та ЗРК. Розроблені програмні засоби для комп’ютерної реалізації пропонованого 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. 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.
4. R.C. Dorf, R.H. Bishop., Modern Control Systems // Prentice Hall– 2004. – 832 с.
5. Жукова Н.В. та ін. Сучасна теорія керування динамічних систем // Навч. посібник.. – Донецьк, ДонНТУ. 2013 – 292 с.
6. 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
7. Пушкаръов Ю. І. Основи будови та експлуатації самохідних протитанкових ракетних комплексів (9П148 «Конкурс»): навч. посіб. / Ю. І. Пушкаръов, А. Й. Дерев'янчук, А. О. Вакал. – Суми: Сумський державний університет, 2016. – 349 с.
8. Гуменюк Г. Системы наведения противотанковых ракетных комплексов и противодействие им. Г. Гуменюк, В. Евдокимов, В. Ребриков // Защита и безопасность. Противодействие терроризму. – 2006. – № 2. – С. 56–58.
9. Растопшин М. Особенности развития закордонних ПТРК /М. Растопшин//Техника и вооружение. – 2002. – № 1.

**Рецензент:** Пічугін Е., к.т.н., проф., Одеський національний політехнічний університет, м. Одеса

УДК 623.45

**Картель Є.**

Військова академія, (м. Одеса)

**АНАЛІЗ АКТУАЛЬНОСТІ БОЄПРИПАСІВ ОБ'ЄМНОГО ВИБУХУ**

У статті наводиться інформація щодо основ побудови та дії боєприпасів об'ємного вибуху. Надано основні принципи розроблення боєприпасів об'ємного вибуху. Розглянуто приклади застосування та основні країни-виробники зазначених боєприпасів. Обґрунтовано актуальність подальшого розроблення, проектування, а також сферу та умови застосування боєприпасів об'ємного вибуху.

**Ключові слова:** об'ємний вибух, боєприпаси, спеціальні боєприпаси.

**Постановка проблеми.** Виробництво боєприпасів в Україні є нерозвинутою та проблемною сферою. Те саме стосується і спеціальних боєприпасів – боєприпасів об'ємного вибуху (БОВ). На теперішній час Збройні Сили України (ЗСУ) мають у обмежених кількостях лише БОВ виготовлені та розроблені ще за часів СРСР. Тактика ведення бойових дій, а також завдання що постають перед ЗСУ у сучасному військовому конфлікті вимагають оновлення переліку заходів впливу на противника з урахуванням застосування новітніх технологій, форм і способів ведення бойових дій в ході асиметричного протистояння.

**Метою статті** є огляд основ побудови та дії БОВ для більш якісного усвідомлення можливостей щодо перспектив їх розроблення для потреб ЗСУ, а також аналіз застосування БОВ у війнах та військових конфліктах провідними країнами світу у галузі озброєння для визначення ступеню актуальності їх застосування та необхідності проведення подальших досліджень у цьому напрямку.

**Викладення основного матеріалу.** Об'ємний вибух – це процес поширення реакції вибухового перетворення в тій чи іншій формі в великих обсягах паливно-повітряних сумішей (ППС), що супроводжується формуванням в навколишньому повітрі вибухових хвиль. До БОВ відносять фугасні боєприпаси, при функціонуванні яких проявляються ефекти об'ємного вибуху, тобто формується ППС і в ній збуджується реакція вибухового перетворення. Головна перевага БОВ полягає в тому, що до знищеного об'єкту можна доставляти одне лише пальне, а в якості окислювача в реакції вибухового перетворення використовувати кисень навколишнього повітря. Якщо при цьому врахувати, що теплота згоряння типових вуглеводневих горючих більше ніж на порядок перевершує питому теплоту вибуху

тропили, то можна очікувати відповідного підвищення фугасної вражаючої дії. У зв'язку з цим деякі іноземні фахівці розглядають БОВ як проміжну ланку між фугасними боеприпасами зі звичайним спорядженням і ядерними боеприпасами малої потужності.

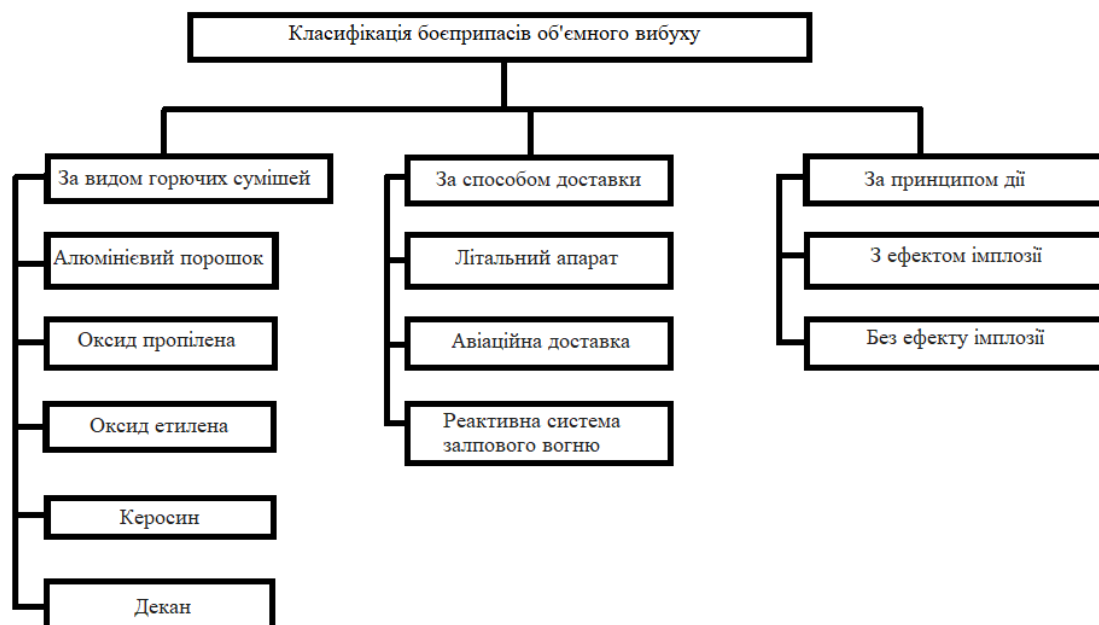
Спочатку принципи боеприпасів об'ємного вибуху були розроблені в Naval Weapons Centre (NWC, Збройний центр флоту) США, і ці роботи призвели до стандартизації першого готового до здачі в експлуатацію боеприпасу об'ємного вибуху – касетної бомби CBU (Cluster Bomb Unit) 55 / В, яка знайшла широке застосування під час війни у В'єтнамі (1955-1975). Ця програма отримала розвиток після першого застосування БОВ корпусом морської піхоти США в 1967 році. Ці боеприпаси склалися з контейнерів з оксидом етилену і призначалися для очищення мінних полів.

Іноді БОВ плутають з іншими системами схожої дії.

При проектуванні і виробництві боеприпасу на основі БОВ головне – домогтися правильного співвідношення компонентів суміші повітря з паливом, а потім в належний час ініціювати її детонацію. Типовий боеприпас на основі БОВ може являти собою циліндр завдовжки два-три діаметра, який заповнений паливом і повинен підірватися на оптимальній висоті над рівнем землі. Підрильний заряд становить 1-2% від маси пального і знаходиться в трубці, розташованій уздовж центральної осі бомби. Зміна співвідношення маси підривного заряду до маси пального після значення 1:40 мало впливає на розміри утворюється після підриву хмари. Такий підрильний заряд призначений для розкриття контейнера з паливом і розподілу пального всередині хмари достатнього обсягу, що містить необхідну кількість кисню для завершення ініціювання. Зазначений обсяг визначається кількістю пального та його здатністю вступати в хімічні реакції. Якщо в БОВ міститься рідке паливо, то підрильний заряд також розподіляє рідину в формі аерозолу для подальшої детонації. Ця функція має критичну важливість, оскільки розміри частинок і їх розподіл впливають на детонаційну здатність пального. В ідеальному випадку детонація пального відбувається в момент, коли хмара досягає потрібного діаметра для забезпечення оптимального стехіометричного співвідношення. Після цього другий детонатор, що знаходиться всередині хмари, ініціює вибух. Цей вибух не ініціюється спрацюванням першого детонатора, оскільки на той момент паливо перебуває в корпусі боеприпасів і ще не знаходиться в детонуючій аерозольній формі. Час затримки між викидом пального з утворенням хмари і його ініціюванням становить близько 150 мс, тому місцеві погодні умови незначно впливають на процес утворення хмари.

На розширення хмари після її ініціювання впливають аеродинамічні сили, що впливають на краплі, які постійно дробляться до тих пір, поки розширення не припиниться і хмара не придбає характерну форму «млинця». Випаровування цих крапель відбувається переважно при їх нагріванні на етапі проходження фронту ударної хвилі або фронту полум'я після ініціювання. При використанні БОВ в якості зброї важливою проблемою є забезпечення безпеки. Необхідно враховувати такі фактори, як токсичність, корозійна активність, стабільність, займистість і чутливість пального при ініціюванні. В процесі вибору пального доводиться неминуче шукати компроміс між різними факторами. В таблиці 1 нижче приводиться таблиця класифікації БОВ:

Таблиця 1



Основними операторами БОВ є такі країни як: США, Китай, Росія, Ізраїль, Пакистан, КНР.

Нижче у таблиці 2 приводяться приклади систем БОВ, а також їх поточний статус застосування у збройних Силах країн світу:

Таблиця 2

Системи БОВ світу			
№	Система	Країна	Засоби доставки
(a)	(b)	(c)	(d)
1	СВU-55/В	США	Скидується з літального апарату
2	СВU-72	США	Скидується з літального апарату
3	ВLU-64/В	США	Скидується з літального апарату
4	ВLU-72/В	США	Скидується з літального апарату
5	ВLU-73/В	США	Суббоєприпас бомбової касети
6	ВLU-95/В	США	Скидується з літального апарату
7	ВLU-96/В	США	Скидується з літального апарату
8	ФААСВ(об'ємно-детонуюча авіаційна бомба)	Китайська Народна Республіка	Скидується з літального апарату
9	КАБ-500Кр-ОД	Російська Федерація	Скидується з літального апарату
10	ОДАБ-500РМ	Російська Федерація	Скидується з літального апарату
11	Касетний контейнер ОДС-ОД БЛУ	Російська Федерація	Скидується з літального апарату
12	Некерована ракета С-8Д (С-8ДМ) калібром 80 мм	Російська Федерація	Авіаційна доставка
13	Некерована авіаційна ракета С-13Д калібром 122 мм	Російська Федерація	Авіаційна доставка
14	220 мм БМ9П140 РСЗВ «Урган»	Російська Федерація	Реактивна система залпового вогню
15	ФАЕ калібром 305 мм NORINCO, РСЗВ розмінування	Китайська Народна Республіка	Реактивна система залпового вогню

Боєприпаси підвищеної потужності. Паралельно з розробкою БОВ велася розробка боєприпасів підвищеної потужності. В принципі, боєприпаси підвищеної потужності є бризантна вибухова речовина з підвищеним ККД вибуху, який досягається додаванням металевих порошків, що вивільняють під час вибуху енергію за рахунок окислення металу при високих температурах. Такі удосконалення можуть давати значний результат з точки зору енергії, що виділяється, однак проблеми з безпекою при розгортанні таких боєприпасів в системах озброєння суттєво обмежують можливі варіанти їх застосування. Прикладом є боєприпас ВLU-82 Daisy Cutter, що представляє собою бомбу масою 6804 кг, споряджену водним розчином аміачної селітри, змішаним з алюмінієвим порошком і полістироловим милом. Слід також зазначити, що деякі джерела зараз починають об'єднувати боєприпаси об'ємного вибуху, боєприпаси підвищеної потужності та термобаричні боєприпаси в одну групу.

Відмінність термобаричних боєприпасів. Принципи роботи термобаричної зброї полягають в наступному: що доставляються до цілі бойова частина при зіткненні з ціллю або в безпосередній близькості від неї викидає вибухову речовину в формі аерозолу, яке відразу ж запалюється, створюючи ударну хвилю з високим тиском у фронті. В результаті формується повітряна ударна хвиля, яка поширюється набагато швидше, ніж у випадку звичайного вибуху. У порівнянні з боєприпасом об'ємного вибуху термобарична зброя володіє набагато більшою ударною дією і не характеризується ефектом імплузії внаслідок розрідження, який характерний для боєприпасів об'ємного вибуху на основі суміші повітря з пальним. Це пояснюється тим, що боєприпасу об'ємного вибуху потрібно перед займанням час для розпилення вибухової речовини в аерозольній формі.

Ефективність боєприпасів об'ємного вибуху стала очевидна майже відразу після початку їх застосування. Підриг десяти 32 літра розпорошеного ацетилену виробляв ефект рівний вибуху 250 кг тротилу. Чому ж всі сучасні боєприпаси не стали об'ємними?

Причина полягає в особливостях об'ємного вибуху. Об'ємно-детонуючі боєприпаси мають всього лише один вражаючий фактор – ударна хвиля. Ні кумулятивного, ні осколкової дії на ціль вони не завдають.

Крім того, здатність зруйнувати перешкоду у них вкрай мала, так як їх вибух відноситься до типу «горіння». Однак в більшості випадків необхідний вибух типу «детонація», який руйнує перепони на своєму шляху або відкидає їх.

Вибух об'ємного боєприпасу можливий тільки в повітрі, його неможливо здійснити у воді або на ґрунті, так як для створення горючої хмари потрібен кисень.



Для успішного застосування об'ємно-детонуючих боєприпасів важливі погодні умови, які визначають успішність формування хмари газу. Немає сенсу створювати об'ємні боєприпаси малого калібру: авіаційні бомби вагою менше 100 кг і снаряди калібром менше 220 мм.

На середніх висотах, де мало вільного кисню, явище об'ємного вибуху утруднено, а на висотах більших, де кисню ще менше, воно неможливе взагалі (що практично виключає сферу ППО). При проливним дощем або сильному вітру хмара або сильно розсіюється або не формується зовсім.

Це призвело до того, що, наприклад, в Афганістані ціль для БОВ доводилося вибирати тільки в долинах – в розрядженому і бідному киснем повітрі високогір'я вони втрачали силу. Для хоча б часткової компенсації цих недоліків військовим нерідко доводилося йти на хитрість, використовуючи своєрідний «коктейль» – комбінацію БОВ з димовими бомбами, густий дим який не давав аерозолу розсіюватися.

**Висновок.** В даній статті було проаналізовано актуальність боєприпасів об'ємного вибуху в сучасних умовах ведення бойових дій. Боєприпаси об'ємного вибуху були та залишаються досить якісним засобом для ведення бойових дій, але мають досить багато особливостей, щодо використання в сучасних бойових операціях.

Переваги, які надаються боєприпасами об'ємного вибуху можуть бути переважачим фактором для тієї сторони, яка буде якісно використовувати дані боєприпаси та дотримуватись багатьох особливостей, щодо використання. Врахування погодніх умов, розрахунок дії снаряду в умовах наявності великої кількості кисню є досить суттєвими особливостями, які накладають певні обмеження, щодо їх використання.

При усвідомленні можливостей використання боєприпасів об'ємного вибуху та оцінці даних боєприпасів в провідних країнах, Україна може проводити подальші дослідження з можливою розробкою вимог, щодо використання Збройними Силами України боєприпасів об'ємного вибуху з метою виконання спеціальних завдань.

#### **Список використаних джерел**

1. *Техническая записка ТНМА 09.30-04*
2. *Селиванов В.В. Средства поражения и боеприпасы – 2008г.*
3. *Дмитриев В. Боеприпасы объемного взрыва// Зарубежное военное обозрение. – 1983*
4. *Журнал «Техника молодежи» №7-1986г.*
5. *Современные обычные средства поражения, Пособие – Ереван, 2001г.*

**Науковий керівник:** Булгаков Р., к.т.н., доц.

УДК 623.462, 656.073.454

**Ковтун М.**

*Військова академія, (м. Одеса)*

### **ФАКТОРИ, ЯКІ ВПЛИВАЮТЬ НА ЛОГІСТИЧНІ ПОТОКИ ЩОДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БОЄПРИПАСАМИ У ЗОНІ ПРОВЕДЕННЯ ОПЕРАЦІЇ ОБ'ЄДНАНИХ СИЛ**

В умовах ведення сучасної гібридної війни на сході України значно зросли роль і значення організації системи підвезення матеріальних засобів Збройних Сил України. Це підтверджується досвідом бойових дій у ході проведення антитерористичної операції (АТО), яка показує, що успіх забезпечення ракетними та боєприпасами бойових частин і підрозділів Збройних Сил України визначається не тільки за їх задумом, але й за наявністю стратегічних, оперативних і військових запасів та можливістьями національної економіки України. У статті проаналізовано фактори, які впливають на логістичні потоки щодо забезпечення боєприпасами у зоні проведення операції об'єднаних сил.

**Ключові слова:** логістичні потоки, матеріально-технічне забезпечення, озброєння та військова техніка, ремонт, підвезення матеріальних засобів.

**Постановка проблеми.** Вирішення зазначених заходів потребувало достатнього часу, матеріальних витрат та кардинальних змін в організації, залучення великої кількості сил і засобів систем технічного та матеріального забезпечення військ (сил).

Корінна перебудова Збройних Сил України привела до структурних змін і в системі технічного та матеріального забезпечення.

Відбулися суттєві зміни кількісного та якісного складу Збройних Сил України, матеріально-технічної бази, характеру сучасних операцій (боїв), що висуває підвищені вимоги до військ (сил), зокрема до їх маневрених можливостей (мобільності) [5;6].

Таким чином вже у 2016 році введено в дію Указом Президента України від 06 червня 2016 року №240/2016 рішення Ради національної безпеки і оборони України від 20 травня 2016 року “Про Стратегічний оборонний бюлетень України”, щодо створення єдиної ефективної системи логістики Збройних Сил України, інших військових формувань та правоохоронних органів, як у мирний, так і у воєнний час (особливий період).

Стратегічний бюлетень спрямований на забезпечення практичної реалізації положень Воєнної доктрини України та Концепції розвитку сектору безпеки і оборони України, визначає стратегічні й оперативні цілі оборонної реформи та очікувані результати їх досягнення з урахуванням актуальних воєнно-політичних загроз та викликів.

На виконання вимог Стратегічного оборонного бюлетеня України від 06 червня 2016 року №240/2016 наказом Міністерства Оборони України від 11.10.2016 року №522 визначаються основні положення логістичного забезпечення Збройних Сил України, які повністю повторює Постанова Кабінет Міністрів України від 27 грудня 2018 р. № 1208 “Про затвердження Порядку логістичного забезпечення сил оборони під час виконання завдань з оборони держави, захисту її суверенітету, територіальної цілісності та недоторканності”.

Своєчасне та повне логістичне забезпечення військ (сил) – важливий фактор, від якого безпосередньо залежить бойова готовність і спроможність вести бойові дії.

Аналіз проведення АТО свідчить, що система підвезення матеріальних засобів потребувала реформування та швидкої адаптації до реальної обстановки, форм та способів застосування військових частин (підрозділів) на різних етапах її проведення.

Аналіз досвіду навчань з питань технічного та матеріального забезпечення військ (сил), що проводились в минулі роки, свідчать про те, що, в основному, увага приділялась своєчасності відпрацювання бойових документів та іншим подібним питанням. На стан і можливості системи підвезення щодо виконання покладених на неї завдань в умовах впливу різних негативних факторів уваги зверталось недостатньо, що може призвести до зриву своєчасного та повного забезпечення військ (сил) необхідною кількістю ракет і боєприпасів.

Однією із проблем є те, що транспортні засоби частин та підрозділів матеріального забезпечення, які забезпечують транспортування (підйом) встановлених запасів ракет і боєприпасів, не завжди спроможні забезпечити своєчасне підвезення ракет і боєприпасів військам під час бойових дій. Питання, пов'язані з обґрунтуванням можливостей підрозділів та частин матеріального забезпечення щодо своєчасного підвезення ракет і боєприпасів до частин та підрозділів в ході операції об'єднаних сил (далі – ООС), залишаються недостатньо розкритими. Зокрема, це стосується структури, технічної оснащеності та способів застосування підрозділів і частин логістичного забезпечення.

**Виклад основного матеріалу.** Логістичні потоки та їх класифікація. На даному етапі розвитку логістики логістичні потоки розподіляють на матеріальні, інформаційні, фінансові та інші. В контексті теми магістерської роботи особливу увагу приділимо матеріальним потокам.

Поняття матеріального потоку є ключовим в логістиці. Матеріальні потоки утворюються в результаті транспортування, складування і виконання інших матеріальних операцій із сировиною, напівфабрикатами і готовими виробами – починаючи від первинного джерела сировини до кінцевого споживача. Принципова відмінність логістичного підходу від передуючого йому управління рухом матеріальних ресурсів полягає в тому, що якщо раніше об'єктом управління було певне скупчення окремих матеріальних об'єктів, то за логістичного підходу основним об'єктом став потік, тобто множина об'єктів, що сприймаються як єдине ціле.

Головними категоріями логістики є потік і запас, які взаємопов'язані. Потік – це сукупність об'єктів, що сприймаються як єдине ціле. Вона існує як процес на деякому часовому інтервалі і вимірюється в абсолютних одиницях за певний період часу. Поняття матеріального потоку узагальнює безперервність зміни і переміщення продуктів праці в сфері обігу і виробництва. Основними параметрами характеристики потоку є: початкові і кінцеві його пункти, траєкторія переміщення, довжина шляху, швидкість і час руху, проміжні пункти, інтенсивність.

За характером об'єкти, котрі входять до потоку, поділяються на матеріальні, транспортні, енергетичні, грошові, інформаційні та ін. Найбільш використовувані в логістиці матеріальні, грошові та інформаційні.

Матеріальні потоки можуть протікати як усередині одного підприємства, так і між різними підприємствами. При цьому кожному матеріальному потоку відповідає деякий інформаційний потік, який у тимчасовому і просторовому аспектах може не збігатися з матеріальним.

Матеріальні потоки можуть перебувати у двох протилежних станах: динамічному і статистичному. У тих випадках, коли матеріальні потоки розглядаються не в часовому інтервалі, а у визначений момент часу, вони утворюють матеріальні запаси.

Форма існування матеріального потоку обумовлена самим визначенням і проявляється в матеріально-речовинних утвореннях, які можуть змінюватися залежно від етапу просування. Так, щодо підприємства матеріальний потік на етапі забезпечення виробничих процесів матеріальними ресурсами постає у вигляді потоку сировини, комплектуючих, допоміжних матеріалів. На етапі виробництва-у вигляді напівфабрикатів. На етапі розподілу і збуту-у вигляді готової продукції, запасних частин для продукції, яку використовують споживачі та ін.

Матеріальні потоки характеризуються кількісними і якісними показниками. Основними з них є напруженість і потужність матеріального потоку. Між цими показниками, як правило, спостерігається обернена залежність. На них прямий вплив здійснюють обсяг (маса), час і форми постачань.

Крім перерахованих, на потужність і напруженість впливають також інші фактори. Так, у сфері виробництва ці показники залежать в першу чергу від форми виробництва, технології виконання логістичних операцій, рівня механізації й автоматизації робіт та ін. Велике значення має також вид продукції, її призначення. Якщо її використовують на підприємствах сфери виробництва, то матеріальні потоки будуть, як правило, більш потужними за обсягом, але менш напруженими за формою постачань. Інша ситуація спостерігається під час управління матеріальними потоками, які за змістом складаються з продукції споживчого призначення. У даному випадку відносно часті постачання порівняно великій кількості споживачів роблять канал матеріального потоку менш потужним, але більш напруженим.

Таким чином, напруженість матеріального потоку – це інтенсивність переміщення матеріальних ресурсів, напівфабрикатів і готової продукції, а потужність матеріального потоку – це обсяги продукції, які переміщуються за одиницю часу. Тому потік має розмірність “обсяг/одиниця часу”, тобто є дробом, у чисельнику якого міститься одиниця виміру вантажу (штуки, тонни та ін.), а в знаменнику-одиниця виміру часу (доба, місяць, рік та ін.).

Показники потужності та напруженості матеріальних потоків прямо залежать від стану інфраструктури суб'єкта господарювання, обраної логістичної системи з управління процесами виробництва і обігу, від стратегії підприємства та ін.

Крім перерахованих, матеріальні потоки можна охарактеризувати такими ознаками: номенклатурою продукції, початковими, кінцевими і проміжними пунктами, наявністю і величиною запасів у цих пунктах, способом переміщення.

Розмірність матеріального потоку являє собою дріб, в чисельнику якої вказана одиниця виміру вантажу (штуки, тони та ін.), а в знаменнику – одиниця виміру часу (доба, місяць, рік та ін. – наприклад, тон / добу).

При здійсненні деяких логістичних операцій матеріальний потік може бути розглянутий для заданого моменту часу. Тоді він перетворюється в матеріальний запас.

Вивчення матеріальних потоків є основою для оптимізації технологічних процесів виробництва, матеріально-технічного забезпечення, транспортування і збуту продукції, раціоналізації документообігу, проектування виробничих, складських і допоміжних приміщень, створення високоефективної комунікаційної інфраструктури та організаційних структур управління.

Матеріальні потоки визначені як вантажі, що розглядаються в процесі додавання до них різних логістичних операцій. Значна різноманітність вантажів і логістичних операцій ускладнює вивчення і управління матеріальними потоками. Вирішуючи конкретну задачу, необхідно чітко визначити, які саме потоки досліджуються.

На даному етапі розвитку логістики логістичні потоки розподіляють на матеріальні, інформаційні, фінансові та інші. В контексті теми магістерської роботи особливу увагу приділимо матеріальним потокам.

Поняття матеріального потоку є ключовим в логістиці. Матеріальні потоки утворюються в результаті транспортування, складування і виконання інших матеріальних операцій із сировиною, напівфабрикатами і готовими виробами – починаючи від первинного джерела сировини до кінцевого споживача. Принципова відмінність логістичного підходу від передуючого йому управління рухом матеріальних ресурсів полягає в тому, що якщо раніше об'єктом управління було певне скупчення окремих матеріальних об'єктів, то за логістичного підходу основним об'єктом став потік, тобто множина об'єктів, що сприймаються як єдине ціле.

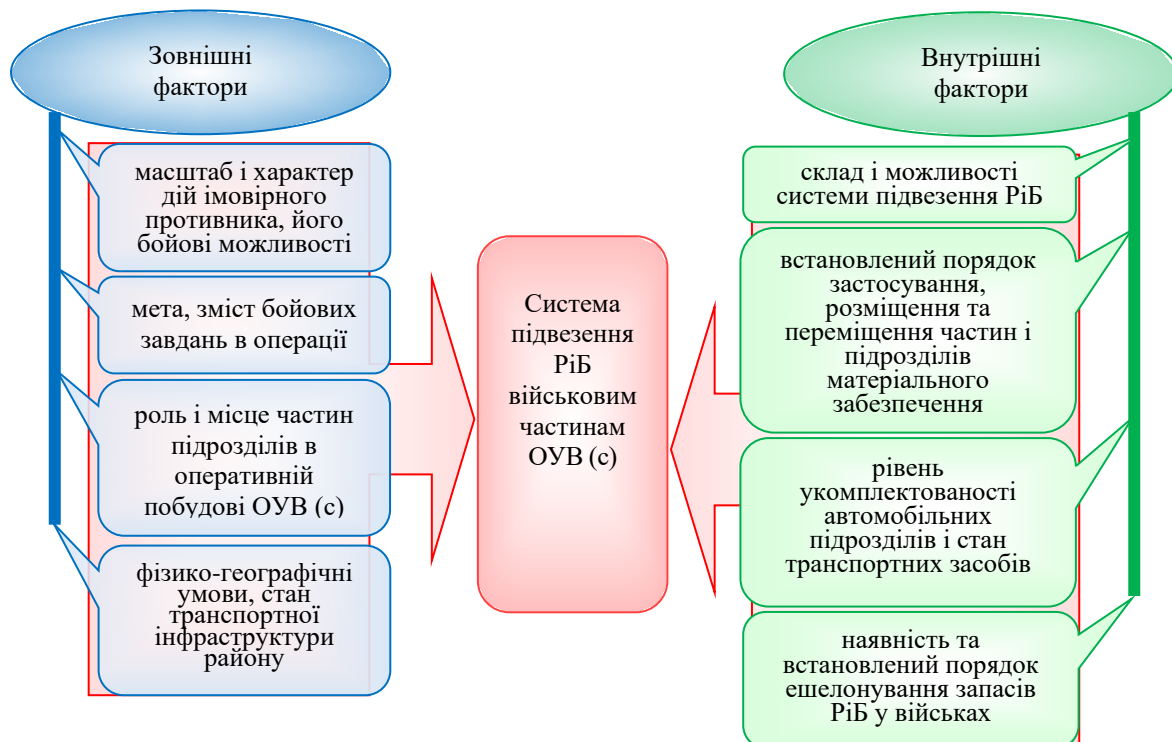
Головними категоріями логістики є потік і запас, які взаємопов'язані. Потік – це сукупність об'єктів, що сприймаються як єдине ціле. Вона існує як процес на деякому часовому інтервалі і вимірюється в абсолютних одиницях за певний період часу. Поняття матеріального потоку узагальнює безперервність зміни і переміщення продуктів праці в сфері обігу і виробництва. Основними параметрами характеристики потоку є: початкові і кінцеві його пункти, траєкторія переміщення, довжина шляху, швидкість і час руху, проміжні пункти, інтенсивність.

Для своєчасного підвезення ракет і боеприпасів (РіБ) з метою створення необхідних запасів, поповнення запасів замість витрачених і втрачених у ході бойових дій призначені частини та підрозділи логістичного забезпечення. При цьому засоби підвезення РіБ частин і підрозділів логістичного забезпечення функціонують в умовах безперервної дії на них негативних та позитивних факторів, що може значно впливати на їхні можливості і, як наслідок, на готовність частин (підрозділів) до виконання поставлених завдань [6;7].

Визначення основних факторів, в умовах дії яких функціонує система підвезення РіБ, та ступеня їх впливу на неї є актуальним питанням, а врахування результатів вирішення цього питання буде мати позитивний вплив на боєздатність частин (підрозділів).

Досвід останніх війн та збройних конфліктів свідчить про зростання обсягу підвезення РіБ у операції (на 10-15 % за кожні 8-10 років). Одним із головних завдань частин і підрозділів логістичного забезпечення є своєчасне підвезення військам необхідної кількості ракет і боеприпасів [4].

На ефективність роботи системи підвезення РіБ, можуть впливати різні фактори.



**Рис. 1.** Фактори, які впливають на ефективність функціонування системи підвезення РіБ в ООС

Умовно їх можна поділити на зовнішні і внутрішні.

Розглянемо деякі з них більш детально.

Масштаб і характер дій противника, його бойові можливості.

Під час ведення ООС система логістичного забезпечення військ, у тому числі і система підвезення РіБ, є об'єктом постійного вогневого впливу не тільки на рубіжі зіткнення сторін, а й в глибині бойових та похідних порядків оперативне угруповання військ (сил) (ОУВ(с)). За сучасних умов можливі такі способи впливу противника на елементи системи підвезення РіБ: вогневе ураження частин та підрозділів логістичного забезпечення, руйнування елементів оперативного обладнання в районі бойових дій для створення перешкод, загороджень, зон зараження; порушення функціонування системи управління логістичного забезпечення; застосування диверсійно-розвідувальних груп у тилу наших військ.

Особливо інтенсивного впливу будуть зазнавати колони підрозділів підвезення РіБ у військовій ланці. Найбільших втрат зазнають сили і засоби підвезення РіБ, які забезпечують військові частини (підрозділи), що діють на напрямку зосередження основних зусиль.

Зростання у ООС ступеня впливу противника на сили і засоби підвезення РіБ може спричинити збільшення їх втрат, середньодобові значення яких можуть скласти 5,0–6,5 %. При цьому, частини та підрозділи підвезення РіБ можуть частково або повністю втратити свою боєздатність. У разі повномасштабної агресії Російської Федерації одним з найбільш уразливих елементів системи підвезення РіБ стане транспорт, яким здійснюється підвезення РіБ, як від високоточної зброї противника, так і від одного з найважливіших компонентів „глибокого ураження” – диверсійно-розвідувальних груп.

Як показує аналіз, прогнозовані середньодобові витрати РіБ на кожному етапі ведення оборонної операції різні. З метою приведення норм безповоротних втрат, виходу в ремонт ОВТ, витрат інших МТЗ в операціях Збройних Сил України проводяться дослідження, та як результат – встановлюються відповідні норми, які надаються в керівних документах. З цього можна зробити висновок, що навантаження на систему логістичного забезпечення (зокрема систему підвезення РіБ) в ООС буде залежна від інтенсивності ведення бойових дій. Крім того, під час інтенсивного вогневого впливу противника прогнозовані середньодобові витрати та втрати РіБ збільшуються [6].

Мета, зміст бойових завдань в операції.

Наприклад, можливо розглянути ООС, як сукупність взаємопов'язаних і узгоджених за метою, завданням, місцем і часом одночасних або послідовних оборонних, а на окремих напрямках – наступальних боїв, ударів, маневру з'єднань (частин), які проводяться у взаємодії з частинами (підрозділами) видів ЗС України, родів військ, спеціальних військ та з іншими військовими формуваннями за єдиним замислом під керівництвом командувача ООС для відбиття нападу противника, з завданням ураження його ударного угруповання, утримання важливих районів, виграшу часу, економії сил та створення необхідних передумов для подальших дій.

Система підвезення РіБ під час ООС організовується в повній відповідності з обстановкою, що склалася, і завданнями, яке виконує ОУВ(с) в Донецької та Луганської областях.

Впливає на потужність і напруженість матеріальних потоків також вид транспортних засобів, відстань транспортування та інші фактори.

У ході ООС використовуються всі види транспорту, наявні в смузі оборони ОУВ(с).

Витрати і втрати РіБ в ході ООС будуть нерівномірні по добах операції і напрямках бойових дій. Витрати збільшуються по мірі нарощування напруги бойових дій, висування, розгортання, переходу в наступ передових ешелонів головних сил противника, введення ними других ешелонів і резервів. Найбільших витрат РіБ необхідно очікувати при веденні бойових дій за утримання головної смуги оборони [6;7].

У військових частинах (підрозділах) ОУВ(с), які ведуть оборону на напрямках зосередження основних зусиль, а також на самостійних (розрізних) напрямках і призначених для ведення контрнаступальних дій, як правило, створюються підвищені запаси РіБ, тому основні зусилля сил і засобів логістичного забезпечення зосереджуються на підвезенні боєприпасів для протитанкової артилерії й інших протитанкових засобів, решти артилерії частин першого ешелону; в частинах, які призначаються для ведення контрнаступальних дій, крім того, накопичуються підвищені запаси РіБ, розміри яких визначаються у кожному конкретному випадку з урахуванням відстані висування військ до рубіжів розгортання для ведення контрнаступальних дій.

Для успішного забезпечення ведення контрнаступальних дій, як правило, ще при підготовці або під час ведення оборонних дій призначаються сили і засоби логістичного забезпечення, до складу якого включають автомобільні підрозділи із запасами РіБ.

Для вирішення завдань, що раптово виникають у ході ООС, і в цілях посилення угруповань логістичного забезпечення на важливих напрямках створюється резерв сил і засобів логістичного забезпечення, який може складати до автомобільної роти підвозу РіБ.

Для врахування інтенсивності ведення бойових дій застосовується коефіцієнт форми застосування військ (сил) – КФ (наприклад, табл. 1).

Таблиця 1

## Коефіцієнт форми застосування військ (сил) (КФ)

Форма застосування Збройних Сил України	КФ
Оборонна операція оперативного угруповання військ (сил)	1,00
Наступальна (контрнаступальна) операція	1,20
Інформаційна операція	1,26
Операція з виведення військ з-під ударів противника	1,10
Стабілізаційна операція	0,32
Спеціальні операції (диверсійно-розвідувальні, протидиверсійні, протидесантна та інші)	1,9
Бойові дії між операціями, бойові та спеціальні дії	0,70
Перебування у резерві	0,15

Таким чином, мета і зміст бойових завдань в операції мають значний вплив на витрати РіБ, а, відповідно, і на обсяги їх підвезення.

Роль і місце частин(підрозділів) в оперативній побудові ОУВ(с).

Залежно від ролі і місця частин (підрозділів) в оперативній побудові ОУВ(с) змінюється і навантаження на всі органи логістичного забезпечення.

Частинам (підрозділам) на напрямку зосередження основних зусиль виділяють більшу кількість РіБ, ніж військам, які діють на іншому напрямку. Врахування цього здійснюється з допомогою коефіцієнтів оперативно-тактичної важливості військ КОТВ. Один з варіантів значень КОТВ, залежно від місця в оперативній побудові, наведений в табл. 2.

Таблиця 2

## Коефіцієнти оперативно-тактичної важливості військ (сил) (КОТВ)

Військові частини (підрозділи)	I ешелон		II ешелон	
	головний напрямок	інший напрямок	головний напрямок	інший напрямок
ОУВ (с)	1,23	0,91	0,71	0,31
Бригада	1,46	1,12	0,78	0,44
Батальйон	1,66	1,27	0,83	0,54

Фізико-географічні умови, стан транспортної інфраструктури району бойових дій військ.

Фізико-географічні умови району бойових дій можуть суттєво впливати на стан шляхів підвезення та евакуації, швидкість руху транспортних засобів і величину їх добового пробігу.

Стан транспортної інфраструктури суттєво впливає на здійснення маневру та своєчасність підвезення РіБ військам. Виникає необхідність ретельної підготовки транспортних засобів до роботи на відповідній місцевості, надійного кріплення і укриття РіБ, проведення занять з водіями щодо особливостей виконання їх завдань [13].

Цей фактор впливає на живучість частин та підрозділів логістичного забезпечення та на своєчасність підвезення РіБ у війська.

Таким чином, проведений аналіз впливу зовнішніх факторів на підвезення РіБ в ООС дає змогу зробити такі висновки: збільшення рівня середньодобових витрат РіБ у ООС призведе до додаткового навантаження на систему логістичного забезпечення (у тому числі на систему підвезення РіБ); в умовах застосування противником високоточної зброї об'єктами ураження противника також будуть склади і транспортні засоби з РіБ. Це зумовлює необхідність пошуку шляхів підвищення стійкості і захищеності системи логістичного забезпечення, зокрема системи підвезення РіБ.

Внутрішні фактори, як і зовнішні, суттєво впливають на функціонування системи підвезення РіБ в ООС.

Розглянемо їх більш детально.

Склад і можливості системи підвезення РіБ є суттєвим фактором, від якого залежить ефективність функціонування системи логістичного забезпечення. Цей фактор має вплив на:

відповідність організації підвезення РіБ характеру бойових завдань, які виконують військові частини (підрозділи) ООС, реалізації ідей зосередження основних зусиль усіх видів транспорту і визначення системи пріоритетів (кількість, черговість, терміни) у підвезенні РіБ на напрямки дій військових частин (підрозділів), що виконують головні завдання операції;

використання усіх видів транспорту для підвезення РіБ, що дозволяє створити стійку систему підвезення, підвищує її надійність і живучість;

створення та правильне використання резерву сил і засобів підвезення, що у сучасних умовах набуває ще більш важливого значення для забезпечення стійкого, безперервного підвезення РіБ військовим частинам (підрозділам) ОУВ(с);

у разі збільшення інтенсивності ведення бойових дій своєчасність поповнення запасів РіБ у військових частинах (підрозділах) ООС замість витрачених та втрачених до встановлених норм, як правило, до кінця кожного дня операції.

Розглянемо наявний стан сил та засобів логістичного забезпечення, щодо забезпечення РіБ в зоні проведення ООС на прикладі оперативно-тактичного угруповання “Донецьк”.

Сили і засоби системи підвезення РіБ ОТУ “Донецьк” (далі – ОТУ) включають: підрозділи підвезення обмз та оавтб ОТУ, груп (рот) і взводів матеріального забезпечення, які входять до складу військових частин та підрозділів.

Окремий батальйон матеріального забезпечення ОТУ, щодо забезпечення РіБ, призначений для: прийому, утримання, видачі і тимчасового зберігання визначених запасів РіБ; підвезення РіБ військовим частинам.

До його складу входять:

автомобільна рота підвозу боєприпасів (автр БП);

Всього в обмз – 20 одиниць техніки.

Можливості: утримання запасів РіБ – на 2 доби, у тому числі в автотранспорті до 114,3 т

Порядок використання: обмз (ОТУ), може виділяти частину сил і засобів для використання за призначенням на іншому напрямку.

Окремий автомобільний батальйон ОТУ, щодо забезпечення РіБ, призначений:

для підвезення РіБ з окремого батальйону матеріального забезпечення ОТУ до військових частин ОТУ;

перевезень особового складу, при масових санітарних втратах евакуації поранених і хворих, несправного озброєння, військової техніки та іншого майна і трофеїв.

До його складу входять:

автомобільна рота підвозу боєприпасів (автр БП).

Всього в оавтб – 7 одиниць техніки.

Можливості: вантажопідйомність РіБ автотранспорту складає оавтб 49 т.

Порядок використання: використовується для підвезення матеріальних засобів, як правило, у складі ротних (взводних) автомобільних колон.

Група (рота) матеріального забезпечення бригад (гмз), щодо забезпечення РіБ, призначена:

для приймання, утримання в установлених розмірах запасів РіБ, підвезення їх у підрозділи і на складі бригади.

Група матеріального забезпечення для виконання цих завдань має:

автомобільні роти підвозу боєприпасів;

склади.

Вантажність автомобільних рот (взводів) повинна забезпечувати утримання бригадних запасів РіБ та їх переміщення одним рейсом.

Можливості гмз військових частин ОТУ, щодо транспортування РіБ, наведені в таблиці 3.

Таблиця 3

Можливості гмз військових частин ОТУ

ПІДРОЗДІЛ	МОЖЛИВОСТІ ПО ПІДВОЗУ РІБ (тон)
93 омбр	803,9
40 оабр	137,2
36 обрмп	428,7
30 омбр	731,2
95 одшбр	132,8
57 омпбр	83,5

Відділення підвозу боєприпасів батальйонів (дивізіонів) призначені:

для приймання, утримання і доставки (відпускання) запасів боєприпасів, евакуації з підрозділів батальйону укупорок (тари);

Можливості вмз(вз) батальйону (дивізіону) щодо транспортування РіБ приведені у табл. 4.

Таблиця 4

## Вантажопідйомність взводу матеріального забезпечення (взводу забезпечення)

Підрозділи підвезення	Вантажопідйомність РіБ, т
взмб	22
взтб	35
взсадн	6
взпгадн	26
вззрадн	9
взреадн	155
	Квв: для РіБ – 0,7

Встановлений порядок застосування частин та підрозділів логістичного забезпечення визначається відповідно до оперативної, технічної і тилової обстановки та має свої особливості. Можна виділити загальні принципи та варіанти застосування частин і підрозділів логістичного забезпечення різних ланок.

У ході операції ООС підвезення (подача) РіБ організовується і здійснюється так, щоб забезпечувалось своєчасне та безперебійне поповнення добових витрат і втрат РіБ у військах та підтримання встановлених запасів.

Автомобільний транспорт у військових частинах (підрозділах) логістичного забезпечення, автомобільних частинах (частинах матеріального забезпечення) Командування Сил логістики (КСЛ) ЗС України, видів, окремих родів військ (сил) Збройних Сил України, Оперативних командувань (ОК) і військової ланці є основним. Як правило, автомобільні частини (підрозділи) використовуються для підвезення вантажів, відповідно: КСЛ ЗС України – до військових частин логістичного забезпечення видів Збройних Сил України та ОК (ПвК); ОК – до підрозділів логістичного забезпечення бригад, в окремих випадках – до вогневих позицій артилерії, минаючи проміжні ланки. У разі необхідності для підвезення (подачі) РіБ із вищої ланки можуть залучатись автомобільні частини (підрозділи) нижчої ланки.

Автомобільний підрозділ завантажується запасами РіБ та здійснює їх підвезення, як правило, за обсягами добової потреби, які включають всі основні види РіБ. Перевезення РіБ з другої у першу смугу логістичного забезпечення в умовах ведення операцій (бойових дій) здійснюється, як правило, за окремими їх видами, окремими автомобільними колонами у складі конвоїв.[2]

Перевезення на великі відстані (що характерно для центру) може здійснюватися з розбивкою маршруту на кілька ділянок, рівних половині добового пробігу транспортних засобів. На стику ділянок здійснюється обмін напівпричепами.

Всі перевезення можуть здійснюватися з повним обортом транспорту, з неповним обортом та з перевищенням оборту транспорту.

Цим забезпечується доставка РіБ без перевантаження. Тому автомобільні підрозділи значний час можуть виконувати завдання на одних і тих же напрямках і ділянках підвезення, а не дуже часті переміщення частин (підрозділів) забезпечення РіБ підвищують ефективність використання транспортних засобів.

Порядок підвезення РіБ визначається в оперативно-бойових документах, виходячи з яких підвезення організовують за періодами ведення операції. Для кожного періоду визначається: кількість необхідних РіБ; черговість їх підвезення; способи підвезення; порядок застосування сил і засобів підвезення; маршрути руху; терміни і пункти доставки.

У всіх випадках відповідальність за своєчасне підвезення РіБ частинам (підрозділам), використання шляхів підвезення покладається на старшого начальника, який здійснює доставку РіБ, як правило, своїми автомобільними підрозділами, залучаючи, при необхідності, до підвезення транспортні засоби нижчої ланки.

Окремий батальйон матеріального забезпечення ОТУ розміщується на відстані 80 км від переднього краю оборони, осторонь від можливого напрямку головного удару противника.

Ефективність роботи автомобільних частин і підрозділів залежить від пробігу транспортних засобів. Середньодобовий пробіг транспортних засобів у військовій ланці, як правило, не перевищує 150 км.

В оперативній ланці він може бути трохи більшим і залежить від часу, швидкості руху, часу простою під навантаженням (розвантаженням) і може досягати 180–200 км за добу.



Рівень укомплектованості автомобільних підрозділів і стан транспортних засобів визначають значення коефіцієнтів технічної готовності і використання вантажопідйомності; швидкість руху, вантажопідйомність і кількість рейсів транспортних засобів і, у результаті, можливості щодо виконання заданого обсягу підвезення і евакуації у визначений термін. Кількість засобів транспортування і їх стан повинні забезпечувати транспортабельність військових і оперативних запасів РіБ.

Залежно від термінів використання, у частинах (підрозділах) логістичного забезпечення експлуатується така кількість автомобільної техніки:

від 12 до 18 років – 27 % від наявної техніки;

понад 18 років – 73 % від наявної техніки.

Шістдесят відсотків автомобільної техніки, яка має термін експлуатації понад 18 років, технічно не готова до застосування внаслідок обмеженої технічної надійності і потребує проведення регламентованого технічного обслуговування.

Закупівля автомобільної техніки нових марок для Збройних Сил України становить лише 0,4 % від потреби. Стає очевидним, що якісний стан автомобільної техніки не може повністю задовольнити транспортні потреби ОУВ(с) в Донецькій та Луганській областях у ході проведення ООС.

Наявність та встановлений порядок ешелонування запасів РіБ у військах суттєво впливає на функціонування системи логістичного забезпечення. Важливою умовою досягнення безперебійності у логістичному забезпеченні військових частин (підрозділів) ОУВ(с) у ході проведення ООС є постійне поповнення запасів РіБ замість витрачених і втрачених шляхом їх регулярного підвезення. Але у сучасній бойовій обстановці безперебійне підвезення не завжди можливе. Тому, для гарантованого логістичного забезпечення у частинах, підрозділах логістичного забезпечення, при особовому складі, бойовій техніці і озброєнні утримуються військові запаси РіБ. Наявність цих запасів дозволяє командирам підтримувати боєздатність підпорядкованих підрозділів та безперебійно забезпечувати їх за будь-яких умов обстановки.

Розміри військових запасів РіБ устанавлюються з урахуванням забезпечення автономності дій частин (підрозділів), а також відповідно до можливостей і умов підвезення. Успіх безперебійного логістичного забезпечення досягається не тільки створенням необхідних запасів, але і правильним їх ешелонуванням. Ешелонування запасів по глибині створює сприятливі умови для їх розосередження, підтримання рівня достатньої забезпеченості, ефективного використання транспортних засобів і збереження РіБ від одночасного знищення ударами противника.

Однак, середньодобові потреби можуть бути різними, тому що витрати, втрати залежать від напруженості бойових дій, бойових дій противника, місцевості, пори року і доби, технічного стану автомобільної техніки та ін. Тому потрібно постійно враховувати кількість РіБ, які необхідно подати у частини (підрозділи) як до початку, так і під час ведення бойових дій, а також постійно аналізувати, скільки РіБ треба мати і де.

Проведений аналіз факторів, які впливають на функціонування системи підвезення РіБ показав, що зовнішні фактори визначають розміри запасів РіБ, які потрібно подати у частини (підрозділи), а внутрішні – здатність вирішення системою підвезення завдань щодо їх своєчасного підвезення у частини (підрозділи).

Зростання обсягів перевезень і складність завдань, пов'язаних із застосуванням сил і засобів підвезення РіБ, обмеження термінів їх виконання в умовах ООС визначили необхідність подальшого дослідження процесу підвезення РіБ та вдосконалення методики обґрунтування складу підрозділів підвезення РіБ для наступного розроблення обґрунтованих рекомендацій щодо складу підрозділів підвезення РіБ в ООС, удосконалення організації процесу підвезення РіБ.

Аналіз можливості існуючої системи підвезення ракет і боеприпасів в операції об'єднаних сил.

Забезпечення ракетами і боеприпасами угруповань військ (сил) в ООС здійснюється з чотирьох арсеналів Командування Сил логістики ЗС України: 62 Арс (БОГДАНІВКА), 6 Арс (ІЧНЯ), 48 Арс (КАЛІНІВКА), 47 Арс (ЦВІТОХА) та баз (складів) оперативних командувань: 222 ЦАББ (РОЗСШКИ), 1322 АББ (УШОМИР), 90 АББ (ЧУДНІВ), 1513 асб (БЛЕНЬКЕ).

Запаси ракет і боеприпасів утримуються у розмірі до 4,0 б/к: при озброєнні, в транспорті, на пункті боєпостачання підрозділу – 1,0 б/к; в транспорті, на польовому артилерійському складі військової частини – 1,0 б/к; на польових артилерійських складах угруповань військ – 2,0 б/к.

Запаси ракет і боеприпасів, показники наявності яких у Збройних Силах України нижче нормативних утримуються у зменшених обсягах: 300 мм РС 9М55К – до 0,6 б/к; 152 мм постріли до 2А36, ПТКР до БМ 9П149(М) “Штурм-С”, БМ 9П148(М) “Конкурс”, 9П135 “Фагот”, ЗКР до ПЗРК – до 1,0 б/к; ПАС ОТУ в районах НАДЕЖДИНКА, СВЯТОГОРІВКА, РОЗІВКА, ПАС штабу ООС в базовому таборі “Сармат” (аеродром КРАМАТОРСЬК). Завантаженість ПАС ОТУ наведена у таблиці 5

Таблиця 5

## Завантаженість ПАС ОТУ

ПАС СВЯТОГОРІВКА						Всього, т
НА	ТА	М	ЗА	РС	СЗ	
1,2	0,6	1,0	0,7	-	0,8	1045,71
608,9	116,7	98,5	123,2	-	98,41	
ПАС РОЗІВКА						
1,6	0,3	0,9	0,4	0,97	0,2	1650,06
719,2	360,8	101,3	61,06	206,8	200,9	
ПАС НАДЕЖДИНКА						455,5
-	-	-	-	0,6	-	
-	-	-	-	455,5	-	
Всього за ОТУ, т						3151,27

Подача ракет і боєприпасів в зону ООС здійснюється за заявками штабу ООС: залізничним транспортом до станцій розвантаження: для ОТУ – осн. ПОКРОВСЬК, РОЗІВКА, зап. БРАГІНІВКА, КАМИШ-ЗОРЯ.

Подача зі станцій розвантаження до польових артилерійських складів угруповань військ здійснюється силами підрозділів підвозу оперативного-тактичних угруповань (ОТУ);

автомобільним транспортом: з арсеналів озброєння КСЛ ЗС України транспортом арсеналів, 55 оавтб та транспортом Тилу КСЛ ЗС України; з баз (складів) оперативних командувань транспортом баз (складів) або транспортом автомобільних батальйонів та батальйонів матеріального забезпечення оперативних командувань.

Подача ракет і боєприпасів з польових артилерійських складів ОТУ до бригадних польових артилерійських складів здійснюється транспортом отримувача.

Проблематикою системи забезпечення РіБ в ООС, є те що на польових артилерійських складах ОТУ та військових частин боєприпаси зберігаються на ґрунті. Це в свою чергу впливає на мобільність системи логістичного забезпечення в ООС.

Крім того, у ході інтенсивних бойових дій штатна укомплектованість сил і засобів механізації навантажувально-розвантажувальних робіт окремого батальйону матеріального забезпечення ОТУ буде передбачати зміни, що позначиться на їхніх можливостях. Середньодобові безповоротні втрати підйомно-транспортних машин, як показує досвід навчань військ, можуть скласти від звичайних засобів ураження 1,5–2%, високоточної зброї 3–6%.

У результаті впливу противника забезпеченість РіБ військових частин може зменшитись до 50-70%, ОТУ 10-15%. Це впливає з того, що далекобійна артилерія противника здатна уражати об'єкти в глибині нашої оборони до 30-40 км і навіть 50-60 км., а максимальна дальність поразки РУК складає 160-200 км, тобто противник може уражати об'єкти на всю глибину оборони ОТУ. Тому укомплектованість транспортними засобами, після вогневого удару противника, як показує досвід проведених навчань, може скласти у військових частинах 70-80%, в ОУВ(с) 80-90%.

Перерви в русі по військово-автомобільним шляхам і залізницям, у результаті виходу з ладу залізничних і автомобільних мостів можуть скласти до 3 діб.

Віддалення району розміщення окремого батальйону матеріального забезпечення ОТУ в ООС, складає до 80 км від переднього краю.

Глибокоешелонована побудова логістики в ООС і вищенаведені умови будуть складати реальні труднощі в підвезенні матеріальних засобів. Разом з тим, відносно не часті переміщення частин і підрозділів логістичного забезпечення будуть сприяти підвищенню ефективності використання транспортних засобів для підвезення РіБ військам унаслідок стабільності відстаней перевезень.

У ході оборони, дії диверсійних груп противника в смугах логістичного забезпечення ООС також будуть ускладнювати умови для своєчасного виконання завдань по підвезенню. З метою запобігання дезорганізації в роботі підрозділів логістичного забезпечення буде потрібно виділення бойових частин (підрозділів) для супроводу автомобільних колон, охорони транспортних комунікацій, штучних споруджень на них і об'єктів логістики в районах їхнього розміщення.

Крім того, на організацію підвезення при підготовці й у ході ООС впливають природні умови на театрі воєнних дій. При організації підвезення на приморському напрямку затрудняється дорожнє забезпечення і як наслідок, підвезення РіБ. Відсутність лісів та рідколісся викликає необхідність

проведення маскування логістики. Важливий вплив на ефективність підвезення РіБ будуть роботи кліматичні фактори. Низькі і високі температури навколишнього повітря, сильні вітри, сніжні замети, замети, висока і низька відносна вологість повітря, тумани й інше в значній мірі будуть ускладнювати використання сил і засобів підвезення.

З цього витікає, складні умови логістичної обстановки висувають високі вимоги до організації підвезення в ході проведення ООС.

Аналіз можливостей військових частин (підрозділів) логістичного забезпечення з підвезення матеріальних засобів.

Потреба в РіБ для ООС визначається з урахуванням встановлених витрат, можливих втрат і створення необхідних запасів на кінець операції (бойових дій).

Зокрема, загальний обсяг підвезення РіБ в частини (підрозділи) ОТУ до початку і під час операції визначається за формулою:

$$Q_i = \sum_{i=1}^n (R_i + P_i + S_i - N_i) \cdot q_i, \quad (1)$$

де  $Q_i$  – потреба в підвезенні і-го виду РіБ, т;

$R_i$  – встановлена норма витрат і-го виду РіБ за операцію, б/к;

$P_i$  – середня величина втрат і-го виду РіБ за операцію, б/к;

$S_i$  – запаси і-го виду РіБ, встановлені на кінець операції, б/к;

$N_i$  – розмір запасів і-го виду РіБ на початок операції, б/к;

$q_i$  – маса РПО і-го виду РіБ, т;

$n$  – кількість видів РіБ.

Будемо вважати, що запаси РіБ, які утримуються в частинах (підрозділах) ОТУ, відповідають встановленим нормам.

Запаси РіБ до початку операції (бойових дій) створюються в розмірах, які залежать від низки факторів і можуть іноді перевищувати встановлені норми.

Тому, розмір подачі РіБ під час підготовки до операції, розміри запасів РіБ на початок операції (бойових дій), а також обсяг подачі РіБ під час операції (бойових дій) будуть різними.

Величина встановлених витрат і-го виду РіБ  $R_i$  і прогнозованих втрат і-го виду РіБ  $P_i$  за операцію тривалістю  $T$  діб може бути визначена за умов:

$$R_i = \beta_{i \text{ витр}} \cdot T ; \quad (2)$$

$$P_i = \beta_{i \text{ втр}} \cdot T , \quad (3)$$

де  $\beta_{i \text{ витр}}$  і  $\beta_{i \text{ втр}}$  – плановані середньодобові витрати і прогнозовані середньодобові втрати РіБ і-го виду в операції відповідно.

У ході операції на кінець кожної доби запаси РіБ поповнюються до розмірів, не менше норм військових.

Будемо вважати, що на кінець операції запаси РіБ у частинах (підрозділах) відповідають нормам військових ( $S_i = N_i$ ).

З урахуванням наведеного, вираз для визначення максимально можливого обсягу підвезення РіБ у частини (підрозділи) обмз та оавтб під час підготовки та у ході операції тривалістю  $T$  діб набуває вигляду

$$Q_i = \sum_{i=1}^n (R_i + P_i + S_i - N_i) \cdot q_i - \sum_{i=1}^n (\beta_{i \text{ витр}} \cdot T + \beta_{i \text{ втр}} \cdot T) \cdot q_i \geq 0 \quad (4)$$

Значення середньодобових витрат  $\beta_{i \text{ витр}}$  і втрат  $\beta_{i \text{ втр}}$  РіБ і-го виду у частинах і підрозділах ОТУ під час операції визначалися відповідно до наведеної методики:

$$\beta_{i \text{ витр}} = \beta_{o \text{ i витр}} K_{\Phi} K_{\text{ОТВ}} K_{\text{УК}} ; \quad (5)$$

$$\beta_{i \text{ втр}} = \beta_{o \text{ втр}} K_{\Phi} K_{OTB} K_{УК}; \quad (6)$$

де  $\beta_{o \text{ втр}}$  і  $\beta_{i \text{ втр}}$  – норми витрат і втрат РіБ і-го виду в операції ОТУ відповідно;

$K_{\Phi}$  – коефіцієнт форми застосування військ (сил);

$K_{OTB}$  – коефіцієнт оперативно-тактичної важливості військ (сил);

$K_{УК}$  – коефіцієнт, який враховує укомплектованість військ (сил) матеріальними засобами відносно штатно-табельної потреби.

Відповідно до замислу оборонної операції, ОТУ протягом 5 діб обороняється в I-му ешелоні на головному напрямку, чому відповідає значення  $K_{OTB}=1,23$  ( $K_{\Phi}$ ,  $K_{УК}$  приймаються рівним 1), а протягом 5 діб – веде наступальні дії на головному напрямку ( $K_{OTB} = 1,8$ ;  $K_{\Phi} = 1,2$ ;  $K_{УК} = 1$ ).

Велика кількість завдань, в оборонній операції ОТУ, приводять до неоднакових витрат (втрат) РіБ і використання усіх видів техніки. Нерівномірність витрат (втрат) спостерігається не тільки по обсягу, але й по видах РіБ (табл. 6).

Таблиця 6

Можливі обсяги середньодобових витрат і втрат РіБ в операції ОТУ

Вид бойових дій	РіБ, т
Оборона	942
Наступ	1250

Показники щодо можливих витрат і втрат РіБ за операцію характеризують можливі обсяги підвезення запасів РіБ у частини (підрозділи) під час підготовки та у ході операції за умови забезпеченості на кінець операції РіБ не менше 90 %. При цьому вважається, що запаси РіБ на кінець операції повинні відповідати встановленим нормам.

Якщо до початку операції підвезення РіБ не здійснюватиметься, показники середньодобових витрат і втрат РіБ та за операцію у цілому визначатимуть відповідно середньодобові обсяги підвезення РіБ у частини (підрозділи), у ході операції та за операцію у цілому.

Враховуючи отримані дані щодо середньодобових витрат і втрат РіБ (табл. 6), вага яких для розглядуваної оперативно-тактичної обстановки і складу ОТУ обмз та оавтб повинен забезпечити транспортування – 1096 т РіБ.

Транспортування боєприпасів в обмз здійснюється однією автомобільною ротою підвезення боєприпасів.

Усього для транспортування (підвезення) боєприпасів зі складу обмз може бути залучено 20 автомобілів та 1 причеп можливість підвозу яких складає 114,3 т.

Відповідно можливості обмз щодо транспортування боєприпасів у вагових показниках для значень  $K_{тгі}=0,88$  і  $K_{вві}=0,7$  для усіх типів автомобілів (причепів) складають близько 70,4 т.

Транспортування боєприпасів в оавтб здійснюється двома автомобільними ротами підвезення боєприпасів однакового складу.

Усього для транспортування (підвезення) боєприпасів зі складу оавтб може бути залучено 7 автомобілів можливість підвозу яких складає 49 т.

Відповідно можливості оавтб щодо транспортування боєприпасів у вагових показниках для значень  $K_{тгі}=0,88$  і  $K_{вві}=0,7$  для усіх типів автомобілів (причепів) складають близько 30,2 т.

Як бачимо, можливості обмз та оавтб не дозволяють транспортування вказаної кількості боєприпасів.

Розрахунки вищевказаних середньодобових витрат і втрат боєприпасів були здійсненні згідно вимог діючих керівних документів [2; 6]. Відповідно до методики оперативно-тактичних розрахунків [6] та досвіду навчань [5] потреба ОТУ в РіБ наведена в табл. 7.

Таблиця 7

Можливості обмз та оавтб ОТУ щодо транспортування запасів РіБ

Вид МЗ	Обсяги середньодобових витрат і втрат РіБ, т	Запаси РіБ, які повинні транспортуватися транспортом обмз та оавтб ОТУ, т	Можливості ОТУ щодо транспортування МЗ, т		
			обмз	оавтб	всього
1	2	3	4	5	6
Боєприпаси	1096	2192	14,3	49	163,3

Як бачимо, сили та засоби обмз та оавтб, які виконують на даний час завдання у випадку загострення обстановки в районі проведення ООС не спроможні виконати завдання щодо забезпечення військових частин (підрозділів) РіБ.

#### **Висновки.**

1. Досвід останніх років свідчить, що противник здатний наносити удари по військовим частинам (підрозділам) ОУВ(с) на всю глибину оборони. В цих умовах важливе значення для успішного виконання своїх завдань має своєчасне забезпечення їх ракетами і боеприпасами.

2. Розвиток засобів ураження противника; форм і способів застосування військ (сил); зміни структури ОУВ(с); прийняття на озброєння нових зразків та засобів транспортування; зростання обсягів перевезень і складність завдань, пов'язаних із застосуванням сил і засобів підвезення РіБ; обмеження термінів виконання завдань в умовах проведення ООС, диктують необхідність уточнення цих завдань, структури та способів застосування частин та підрозділів підвезення РіБ.

3. Аналіз зовнішніх факторів показав, що розмір відносних витрат та втрат РіБ у ході ООС залежить від ролі та місця військової частини (підрозділу) в оперативній побудові ОУВ(с), від характеру впливу противника, фізико-географічних умов тощо. Вони суттєво впливають на функціонування системи підвезення РіБ та визначають розміри запасів, які потрібно подати у військові частини (підрозділи) ОУВ(с) в ООС.

4. Аналіз внутрішніх факторів показав, що вони характеризують стан системи підвезення, можливості засобів підвезення з транспортування РіБ, здатність системи вирішувати завдання щодо своєчасного підвезення РіБ у військові частини (підрозділи) ОУВ(с).

5. Методи, які нині використовуються для визначення складу частин та підрозділів логістичного забезпечення базуються, головним чином, на використанні моделей, які не враховують вплив випадкових факторів на функціонування підрозділів підвезення. Під час визначення раціонального складу підрозділів підвезення, зазвичай ураховуються лише потреба в засобах, необхідних для транспортування встановлених запасів РіБ, а потреба у їх підвезенні протягом операції не враховується, наслідком чого може бути некоректне визначення складу частин та підрозділів логістичного забезпечення, а отже, невідповідність їхніх можливостей та потребам у підвезенні РіБ військовим частинам (підрозділам) ОУВ(с).

6. Аналіз можливостей існуючої системи підвезення показав, що вона не відповідає вимогам, які до неї пред'являються. Незважаючи на те, що у більшості випадків можливості частин та підрозділів логістичного забезпечення задовольняють потребу військ з транспортування встановлених запасів РіБ, під час дослідження виявлено, що можливості цих частин, підрозділів не задовольняють потребу військ у своєчасному підвезенні встановлених запасів РіБ під час бойових дій, що може бути пояснено недосконалістю системи логістичного забезпечення та існуючих методик обґрунтування вимог до сил і засобів системи логістичного забезпечення, зокрема, до частин та підрозділів матеріального забезпечення.

#### ***Список використаної літератури***

1. Стратегія національної безпеки України / Затверджений Указом Президента України від 26 травня 2015 року № 287/2015.

2. Военна доктрина України / Затверджена Указом Президента України від 24 вересня 2015 року № 555/2015.

3. Стратегічний оборонний бюлетень / Затверджений Указом Президента України від 06 червня 2016 року №240/2016.

4. Державна програма розвитку Збройних Сил України на період до 2020 року / Затверджена Указом Президента України від 22 березня 2017 року №73/2017.

5. Постанова Кабінету Міністрів України від 26 вересня 2018 р. № 772 “Про затвердження Порядку забезпечення Збройних Сил, інших угрупованих відповідно до законів військових формувань, правоохоронних органів спеціального призначення, Міністерства внутрішніх справ, Національної поліції, розвідувальних органів, військової прокуратури, Державної служби з надзвичайних ситуацій, працівників закладів охорони здоров'я необхідними засобами та ресурсами під час їх залучення до здійснення заходів із забезпечення національної безпеки і оборони, відсічі і стримування збройної агресії Російської Федерації у Донецькій та Луганській областях”.

6. Постанова Кабінету Міністрів України від 27 грудня 2018 р. №1208 “Про затвердження Порядку логістичного забезпечення сил оборони під час виконання завдань з оборони держави, захисту її суверенітету, територіальної цілісності та недовірності”.

7. Наказ Міністерства оборони України від 11.10.2016 року №522 “Про затвердження Основних положень логістичного забезпечення Збройних Сил України”.

УДК 623.419

Когут О.,  
Коньков К.

Військова академія (м. Одеса)

### МЕТОД КЕРУВАННЯ ДВИГУНОМ ПОСТІЙНОГО ТА ЗМІННОГО СТРУМУ З ВИКОРИСТАННЯМ ВІБРАЦІЙНОЇ ЛІНЕАРИЗАЦІЇ І ЗМЕНШЕННЯ СТАТИЧНИХ ПОМИЛОК ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ПРИВОДІВ РЕАКТИВНИХ СИСТЕМ ЗАЛПОВОГО ВОГНЮ

В статті розглядається метод керування двигуном постійного струму парафазним ШІМ модулятором з можливістю компенсації статичних помилок механізму приводу. Для компенсації статичних помилок використовується метод гармонійної лінеаризації.

**Ключові слова:** Електропривід, ШІМ, лінеаризація, статичні помилки, автоколювання, двигун.

**Постановка проблеми.** На даний момент в Збройних Силах України перебувають системи залпового вогню, електромеханічне устаткування яких потребує модернізації у зв'язку з їх фізичним застарінням порівняно з сучасними зразками.

**Мета статті** полягає в обґрунтування підходу удосконалення електроприводів реактивної системи залпового вогню шляхом застосування сучасних електронних технологій та зниження статичних помилок наведення.

**Виклад основного матеріалу.** Широтно-імпульсна модуляція (ШІМ) – спосіб керування поданням потужності до навантаження. В цій статті розглядається парафазна ШІМ (або також має назву: «Складана ШІМ»). Принцип парафазної ШІМ полягає у тому що на навантаження йде різниця двох сигналів.

Метод гармонійної лінеаризації – це метод дослідження автоколювань. Він дозволяє визначити умови існування і параметри можливих автоколювань в нелінійних системах. Знання параметрів автоколювань дозволяє представити картину можливих процесів в системі і, зокрема, визначити умови стійкості. Припустимо, наприклад, що в результаті дослідження автоколювань в деякій нелінійній системі ми отримали залежність амплітуди цих автоколювань  $A$  від коефіцієнта передачі  $k$  лінійної частини системи, показану на Рис.1, і знаємо, що автоколювання стійкі.

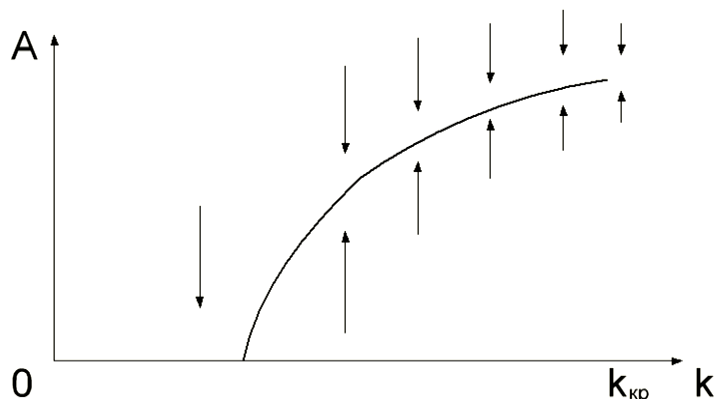


Рис. 1. Залежність амплітуди автоколювань від коефіцієнта передачі системи

З графіку виходить, що при великому значенні коефіцієнта передачі  $k$ , коли  $k > k_{кр}$ , в системі існують автоколювання. Їх амплітуда зменшується, при зменшенні коефіцієнта передачі  $k$  до  $k_{кр}$ . На Мал.1 стрілками умовно показаний характер перехідних процесів при різних значеннях  $k$ : при

$k < k_{кр}$  перехідний процес, викликаний початковим відхиленням, стягується до автоколювань. 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 автоколювання. Отже, знання умов існування автоколювань в системі дозволяє визначити і умови стійкості.

Будь-яка механічна система має свою резонансну частоту, позначимо її як  $F_0$ . Її вичислити досить складно, але можна. Частоту обчислюють розрахунковим шляхом, або емпіричним методом. Залежно від амплітуди дії на механічну систему було визначено – при малій амплітуді дії на систему амплітуда автоколювань максимальна, при збільшенні амплітуди дії на систему амплітуда автоколювань зменшується Мал.1.

Але, виявляється дуже характерна залежність амплітуди автоколювань не лише від величини, але і від частоти дії зовнішнього зусилля Рис.2. Знаючи цю частоту дозволяється піти різними шляхами:

якщо необхідно змусити вібрувати систему, треба подати на систему зовнішню дію з близькою або резонансною частотою;

якщо необхідно заспокоїти систему (зменшити автоколивання), треба подати на систему зовнішню дію з частотою вищою за резонансну.

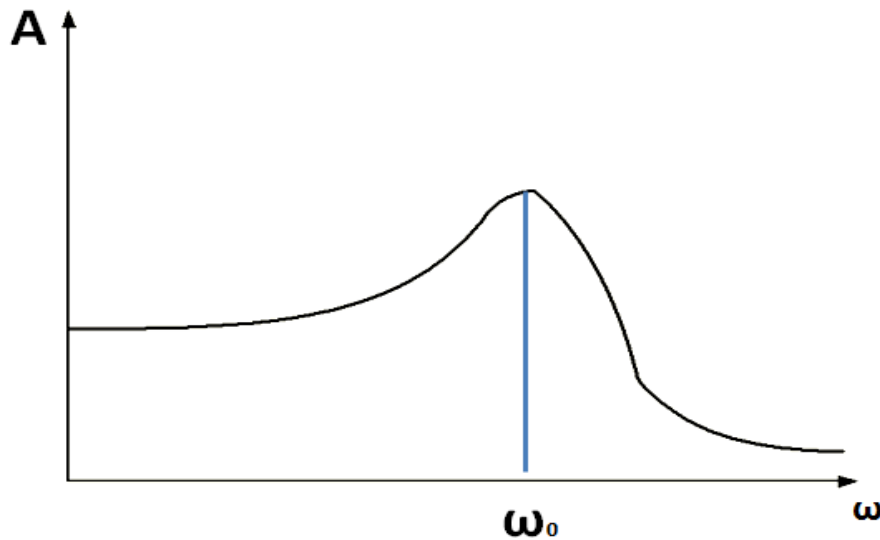


Рис. 2. До ідеї гармонійної лінеаризації

Але можна використовувати ці властивості і по іншому, в статичному стані системи (редуктор) зробити її навантаженою, тобто змусити коливатися з частотою вище резонансною і малою амплітудою. Корінна шестерня (остання) стоятиме на місці, а редуктор завдяки коливанням, вибере механічні люфти. Таким чином ми можемо зменшити статичні помилки приводу. Звичайно цей метод потребує досить точного підбору частоти і амплітуди коливань приводного двигуна.

Для реалізації цього методу на Рис.3 представлена функціональна схема моделі.

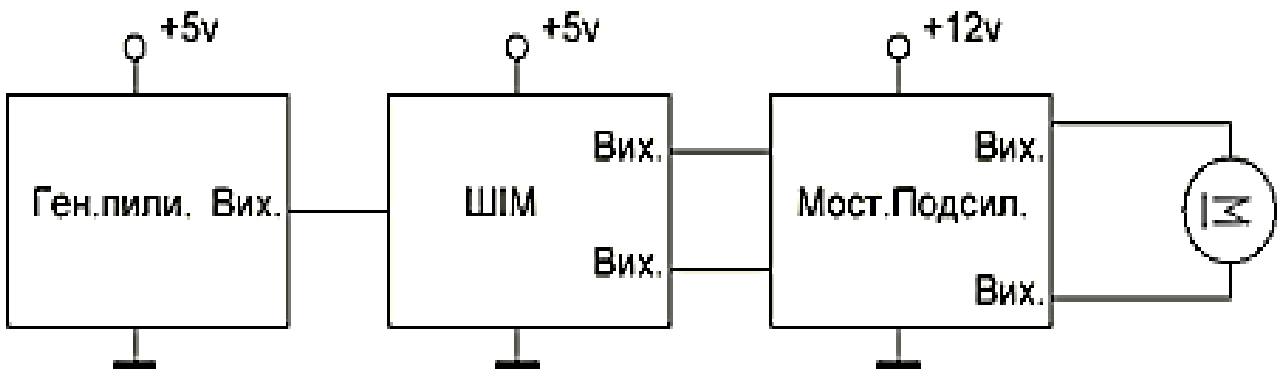


Рис. 3. Функціональна схема для ДПС

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: «Схема ШІМ керування двигуном постійного струму, з додатковою (складною) модуляцією».

Пристрій складається з:

цифрового генератора пилоподібної напруги зі змінюваними параметрами (період, напрям, форма);

парафазного широтно – імпульсного модулятора з можливістю вобуляції коефіцієнта заповнення (для реалізації ідеї гармонійної лінеаризації);

цифрового мостового підсилювача;

електродвигуна.

На Рис.4 зображено функціональну схему для двигуна змінного струму.

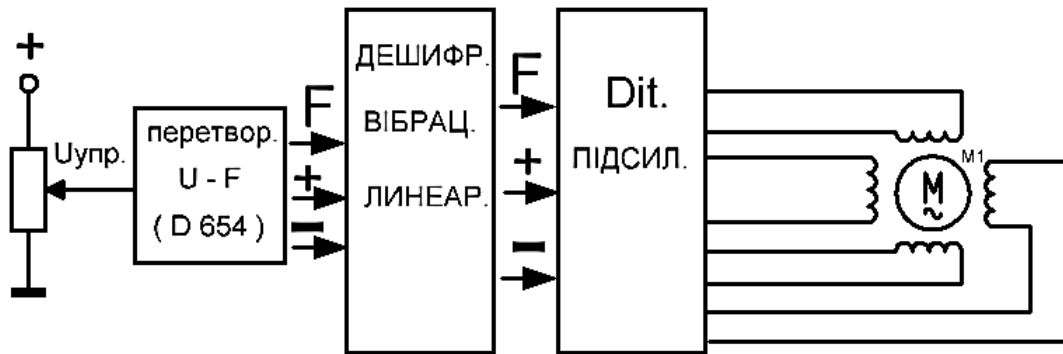


Рис. 4. Функціональна схема

Вона має у своєму складі:

- пристрій для регулювання керуючої напруги;
- перетворювач напруги-частоти на базі мікросхеми «D 654»;
- дешифратор;
- вібраційний підсилювач;
- лінеаризатор статичних помилок;
- електронний підсилювач;
- виконавчий пристрій.

**Висновок.** Отже, запропонований метод дозволяє істотно спростити і підвищити надійність електромеханічного устаткування, котре потребує модернізації у зв'язку з фізичним застарінням. Також запропонований метод дозволяє обійтись без електро-машинного підсилювача, зменшити статичні помилки електроприводу БМ-21.

#### Список використаних джерел

1. Боевая машина БМ-21. Техническое описание. 1982 г. Воениздат. 242 с.
2. Поповіч М.Г. Теорія автоматичного керування. / М.Г. Поповіч, О.В. Ковальчук // Навчальний посібник. – К. – Либідь, – 1997. – 544 с
3. 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
4. Коньков К., Крамской К., «Електроніка та мікросхемотехніка» ч.1,2. ВА м.Одеса. 2019р.

**Рецензент:** Єфімчиков О., к.т.н., доц., Військова академія (м. Одеса)

УДК 623.454.2.

**Колесников В.,**

**Сініло Ю.**

Військова академія (м. Одеса)

#### ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ДІЇ ЗАСОБІВ УРАЖЕННЯ ТА БОЄПРИПАСІВ

В статті розглядаються деякі характеристики засобів ураження (ЗУ). Поява нових цілей-об'єктів і формулювання цілей-критеріїв безпосередньо передують створенню нової системи щодо ефективності дій і певним чином впливає на логіку прийняття рішень на всіх етапах проектування ЗУ. Однак, безумовно, немає прямого зв'язку між характеристиками цілей, критеріями їх ураження і ЗУ. Ефективність бойових дій є функцією системи озброєння, видатна складова якої є ЗУ. При прийнятті рішення про необхідність розробки нового виробу, ефективність системи озброєння розглядається в рамках доктрини, і на цій основі сформульовано технічне завдання (ТЗ) для розробки нових елементів системи озброєння, включаючи ЗУ.

**Ключові слова:** ефективність дії, засоби ураження, боєприпаси, вимоги, площадна ціль, елементарна ціль.



**Постановка проблеми.** Системний підхід до розвитку зброї проявляється зокрема в тому, що нові розроблені ЗУ створюються як багатоцільові, здатні ефективно взаємодіяти з іншими компонентами системи озброєння в розробці різноманітних бойових дій. Можливість систематичного аналізу варіантів проекту на рівні виконання ТЗ обмежена в рамках сформульованих цілей і вимог. Таким чином, якщо об'єкт проектування є артилерійською системою, то при пошуку шляхів підвищення ефективності, можуть бути принципово різні способи надання основних бойових властивостей (маневреність, живучість, темп стрільби, зона ураження та інш.). Якщо розроблено тільки артилерійський постріл, то межі оптимізації системи значно знижуються, а також оптимальне вирівнювання вихідної швидкості, аеродинамічні характеристики, додаткові пристрої прискорення, вогнеміцність можливий.

Чим нижче об'єкт знаходиться в системній ієрархії, тим більше некерованого обмеження з боку зовнішніх підсистем і шансів на його структурну оптимізацію. Це не велика проблема, якщо на всіх етапах ТЗ обґрунтування для проектування підсистем та оптимальне вирівнювання основних параметрів і розподілених ресурсів (маса, розмір) за критеріями ефективності дії і при здійсненні ТЗ проект оптимізується за тими ж критеріями, що й об'єкти у вищих рівнях ієрархії.

Тому, зміна підходу щодо формування вимог до характеристик ефективності дії ЗУ може спричинити зміни в переліку основних характеристик боєприпасів та впровадити нові стандарти, щодо виготовлення боєприпасів в Збройних Силах України.

На даний час в Україні почалася розробка боєприпасів. Випробування цих боєприпасів вказують на те, що в ЗСУ вимоги для характеристик ефективності дії засобів ураження знаходяться на тому рівні, який потребує детальний перегляд цих характеристик та їх можливу заміну для того, щоб підвищити ефективність боєприпасів.

**Мета статті:** оцінити деякі характеристики ефективності дії боєприпасів та оцінити кожен з типів ураження.

**Виклад основного матеріалу.** При оцінці ефективності дії боєприпасів (далі – БП) враховуються всі види вражаючої дії: механічна (пробивна, ріжуча), фугасна, ініціююча, запальна [1]. Залежно від характеру вражаючої дії по цілі розрізняються БП осколкової, фугасної, кумулятивної, бронебійної, бетонобійної і запальної дії. Більшість БП основного призначення мають комбіновану вражаючу дію: осколково-фугасна, кумулятивно-осколкова, бронебійно-запалювальна, фугасно-запалювальна та ін. Ступінь вражаючої дії, його достатність для виведення цілі з ладу це предмет фізичних досліджень, які проводяться в детермінованих умовах, наскільки це можливо. при проведенні розрахунків ефективності дії враховується вплив випадкових факторів, поділених зазвичай по групах. Випадкові фактори, які проявляються на етапі безпосередньої дії БП по цілі, визначають умовну ймовірність ураження при спрацьовуванні його у фіксованій точці з координатами  $(x, y, z)$  на поверхні цілі або в її околиці  $P(A \setminus x, y, z)$ . Функція  $G(x, y, z) = F(A \setminus x, y, z)$  називається координатним законом ураження (далі – КЗВ). Характеристики випадкових факторів, що впливають на стан точки спрацьовування (розсіювання траєкторії польоту, помилки наведення і керування, помилки спрацьовування неконтактного підричника), визначають щільність розподілу точки спрацьовування  $f(x, y, z)$ . Імовірність поразки цілі одним пострілом обчислюється за інтегральною формулою повної ймовірності:

$$W = \iint_C (\partial_r, y, z) f(x, y, z) dx dy dz \quad (1)$$

з інтеграцією за максимальною областю й спрацьовування, в якій можливе враження цілі, тобто  $O = (x, y, z \in C(x, y, z) > 0)$ . Це загальна схема розрахунку основного показника ефективності дії по елементарній цілі (далі – ЕЦ). Її реалізація сильно залежить від характеру області можливих уражень  $V$  [2]. З цієї причини незалежно від характеру вражаючої дії всі БП з точки зору оцінки ефективності поділяються на ударні і дистанційні.

Ударними називають БП, які можуть вражати ціль тільки при безпосередньому влученні в неї (наприклад, бронебійні та бетонобійні). В цьому випадку область можливих поразок  $\Omega$  звужується практично до видимої поверхні цілі. Якщо ціль малорозмірна, КЗВ на її поверхні приводяться до середнього значення (в різних ракурсах обстрілу: спереду, збоку, зверху), замінюючи вірогідністю поразки даними БП при одному попаданні в ціль. У формулах (2):

$$G(x, y, z) = \begin{cases} r_1, & (x, y, z) \in D_{\Pi}, \\ 0, & (x, y, z) \notin D_{\Pi}; \end{cases} \quad p_1 = \iint_{D_{\Pi}} f(x, y, z) dx dy dz, \quad (2)$$

де  $\Pi$ - площа, яку займає ціль;

$f(x, y, \gamma)$  щільність розподілу точок влучання, формула (1) приймає вигляд  $1\Psi_x = \Gamma \setminus p_x$ . ймовірність враження одним пострілом менше ймовірності попадання в ціль, а вона в разі малорозмірної цілі і некерованого БП невелика. Тому  $I$ , може служити проміжним показником ефективності БП чи ЗУ ударного типу, але не критерієм ефективності стрільби. Для забезпечення прийняттого рівня ймовірності ураження проводиться кілька пострілів (чергу, залп). Якщо  $N$  пострілів незалежні, а також незалежні події враження в кожному влученні, ймовірність ураження цілі визначається як ймовірність хоча б одного вражаючого влучення (3).

$$et_u = I - (I - \gamma, p, )" \quad (3)$$

При обстрілі технічно складних цілей, висока живучість яких забезпечується багаторазовим резервуванням вразливих агрегатів (далі – ВА), події поразки в декількох влучань не можна вважати незалежними. В результаті дуже громіздких експериментів знаходять залежність ймовірності ураження цілі даним БП від числа влучень  $P(A \setminus t)$ . Функція  $C(t) = P(A \setminus t)$  називається умовним законом ураження (далі – УЗУ) цілі і є основною характеристикою дії ударних БП по елементарних цілях. Якщо відомий УЗУ  $C(t)$  і можна обчислити ймовірності гіпотез  $p_t$  л (ймовірність  $t$  влучень в  $N$  пострілах), то ймовірність ураження цілі в  $N$  пострілах розраховують за формулою повної ймовірності, яка стосовно до даного випадку називається формулою Колмогорова (4):

$$\wedge = \mathcal{L}P_m C(m) \quad (4)$$

Таким чином, ефективність дії БП ударного типу визначається його могутністю дії по відношенню до даної цілі, точністю стрільби і числом пострілів в черзі. З формули (4) випливає, що підвищення будь-якого з цих факторів призводить до збільшення ймовірності ураження цілі за стрільбу. Наприклад, мають сенс як оптимізація з метою підвищення умовної ймовірності ураження без погіршення точності стрільби, так і заходи щодо підвищення ймовірності попадання без зниження потужності дії (збільшення кількості пострілів в черзі).

Комплексна оптимізація за критерієм вірогідності поразки за стрільбу може дати набагато більший приріст ефективності, але вона зачіпає всі елементи системи зброї. Наприклад, з формули (2) можна отримати необхідне число пострілів для ураження цілі з необхідною ймовірністю. Але реальна кількість пострілів обмежена допустимою довжиною черги, яка визначається умовами живучості ствола гармати, а цей показник пов'язаний з усім комплексом властивостей гармати і снаряда, аж до конструкції і характеристик матеріалу ведучого пояска. Крім цього, треба враховувати і тактичне обмеження на тривалість стрільби через супротив противника, яке при даній скорострільності визначає можливе число пострілів.

Дистанційні БП можуть вражати ціль не тільки при прямому попаданні в неї, але і при розриві на деякій відстані від мети. Розрізняють два типи дистанційних БП: безпосередньої і осколкової дії.

Звичайно, розподіл вражаючого фактору на структурно складній цілі відрізняється від його розподілу в вільному середовищі на тій самій відстані від центру вибуху, воно залежить також від додаткових умов (ракурсу цілі, взаємного положення елементів цілі), частина яких є невизначеною при оцінці ефективності. Тому враження можна вважати достовірним тільки до тих відстаней від центра вибуху, де рівень вражаючого фактору перевищує критичне значення з деяким запасом, а далі ймовірність ураження зменшується до нуля при деякій величині вражаючого фактору, меншою критичного. Але оскільки причини, що визначають дію вражаючих факторів, мають не ймовірнісний, а невизначений характер, КЗУ для БП безпосередньої дії найчастіше приймають вид ступінчастої функції [3].

Таким чином, ефективність БП дистанційної дії оцінюється так само, як ефективність БП ударного типу зі ступінчастим УЗП при  $(7(1) = 1)$ . Істотна відмінність полягає в тому, що могутність дії даній цілі, яка вимірюється радіусом ураження  $R_n$  (або площею ураження  $SB_v$  загальному випадку несиметричних полів), впливає на ймовірність влучення в узагальнену ціль. Через характерного для фугасної дії швидкого спаду вражаючого фактору зі збільшенням відстані від центру вибуху підвищення могутності дії за рахунок виділення додаткового ресурсу (маси) може виявитися неефективним. З формули (4) випливає, що ймовірність враження можна збільшити як за рахунок розширення узагальненої цілі, так і за рахунок зменшення промахів, виділяючи частину ресурсу на систему корекції траєкторії. Комплексна оптимізація повинна проводитися як оптимальний розподіл ресурсу на забезпечення могутності дії і на заходи щодо підвищення ймовірності влучення за рахунок бортових пристроїв (високоточні БП) [1].

Для прикладу розглянемо характеристики осколкової дії снаряда, якими можуть бути число осколків  $N$ , що утворилися і забійний інтервал  $R_{зі}$ .

Під забійним інтервалом розуміється шлях осколка, на якому він є забійним. Важливе значення, крім того, має розподіл уламків в просторі, який характеризується величиною площі зони ураження  $S_{ураж}$ .

Для визначення числа осколків, їх маси і форми снаряди підривають в броньовій в піску, а осколки збирають.

Для розрахунку числа осколків можна користуватися формулою Юстрова (5):

$$N = \beta \frac{\omega_{вр}}{d} * \frac{\sigma_{мп}}{\sigma_{то} \delta} * \frac{x^2 + 0.5}{x^2 - 1} \quad (5)$$

де  $\beta$  – коефіцієнт, що залежить від властивостей ВР: для тротилу – 46, для аммотола – 30;

$\omega_{вр}$  – маса розривного заряду, г;

$d$  – калібр снаряда, см;

межа пружності (пропорційності)  $\sigma_{мп}$  і тимчасовий опір металу  $\sigma_{то}$ , Н / м<sup>2</sup>;

$\delta$  – відносне подовження, %;

$x$  – коефіцієнт, що залежить від співвідношення мас заряду і снаряда

Формула показує, що число осколків збільшується зі збільшенням калібру снаряда, потужності вибухової речовини, коефіцієнта наповнення снаряда і зі зменшенням міцності і в'язкості металу оболонки. Очевидно, число осколків істотно залежить від конструкції снаряда. Для отримання осколків, заданих по масі і формі, іноді на поверхні оболонки всередині або зовні наносять сітку поглиблень (насичку).

Забійний інтервал може бути знайдений за емпіричною формулою (6):

$$R_{зі} = 65.6 * \sqrt[3]{q_{оск} l_g \left( \frac{v_{оск}}{v_{вб}} \right)} \quad (6)$$

де  $v_{вб}$  – швидкість, при якій мета уражається;

$q_{оск}$  – маса осколка, г.

**Висновки.** В даній статті було розглянуто деякі характеристики ефективності дії боеприпасів різних типів. Різні типи боеприпасів мають безліч особливостей в плані застосування на практиці та потребують ретельного контролю не лише в процесі випробувань, а й в процесі розробки вимог щодо ефективності дії.

Як приклад ефективна осколкова дія снарядів досягається, по-перше, шляхом раціональної будови снаряда: правильним вибором типу вибухової речовини і металу оболонки, співвідношення між масою розривного заряду і масою оболонки, а також забезпеченням оптимального дроблення оболонки на осколки; по-друге, за рахунок застосування високочутливих і стабільних в дії детонаторів; по-третє, шляхом відшукання в кожному конкретному випадку оптимальних умов стрільби.

Розробка рекомендацій щодо характеристик ефективності ЗУ є перспективним напрямком досліджень та має практичний напрямок при випробуваннях ЗУ боеприпасів вітчизняного виробництва.

#### Список використаних джерел

1. Средства поражения и боеприпасы: Учебник / А.В. Бабкин С752 В.А. Велданов, Е.Ф. Грязнов и др.; Под общ. ред. В.В. Селиванова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 984 с.

2. Физика взрыва / Под ред. Л.П. Орленко. – Изд.3-е, переработанное. – В 2 т. Т. 1. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. 832 с. – ISBN 5-9221-0219-2.

3. Кобылкин И.Ф., Селиванов В.В., Соловьев В.С., Сысоев Н.Н. Ударные и детонационные волны. Методы исследования. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Физматлит, 2004.

4. Інтернет-посилання «Осколочное действие снарядов» <https://studfile.net/preview/5082433/page:24/>

УДК 355.69

**Коломієць Б.***Військова академія (м. Одеса)***АНАЛІЗ ІСНУЮЧОЇ СИСТЕМИ АВТОТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БОЙОВИХ ДІЙ  
ВІЙСЬКОВОЇ ЧАСТИНИ В ОСОБЛИВИХ УМОВАХ**

*В статті розглядається системи автотехнічного забезпечення, які існують у військових частинах Збройних Силах України. Проведено аналіз існуючих систем, визначено головні, визначальні характеристики та особливості, які впливають на дії підрозділів автотехнічного забезпечення. Надо пропозиції, щодо покращення системи автотехнічного забезпечення.*

**Ключові слова:** автотехнічне забезпечення.

**Постановка проблеми.** На маневреність засобів автотехнічного забезпечення (АТЗ) військової частини впливають різні фактори. Аналіз особливостей бойового застосування військ в гірській, степовій і лісистій місцевості показує, що фізико-географічні умови значно ускладнюють проведення АТЗ військ, організація якої має проводитись з урахуванням наступних факторів: зменшення кількості районів (майданчиків), зручних для розгортання частин і підрозділів; збільшення відстані доставки засобів АТЗ; зменшується вантажопідйомність автотранспорту та середня швидкість руху; збільшується час доставки АТЗ. Проведені дослідження показують, що фізико-географічна специфіка особливості гірничо-лісової місцевості порівняно з рівнинним суттєво знижують ефективність функціонування системи доставки засобів автотехнічного забезпечення. Гірська, лісова і степова місцевості дуже відрізняються одна від одної. Автомобілі не завжди можуть проїхати по тій чи іншій місцевості, та вчасно здійснити доставку майна автотехнічного забезпечення до військових частин. Водночас, як свідчить аналіз результатів досліджень, розвиток та модернізація засобів доставки у Збройних Силах України практично не проводиться або проводиться на рівні науково-практичних досліджень без подальшого їх прийняття на озброєння.

**Мета статті** полягає в створенні методу контролю за засобами доставки майна військової частини, що дозволить оцінити їхню швидкість, прохідність і маневреність, і відповідно, підвищити безпеку й ефективність експлуатації автомобільного транспорту, знизити час на доставку, спростити устаткування, яке використовується для цих цілей.

**Виклад основного матеріалу.** Наявна система доставки засобів автотехнічного забезпечення розрахована тільки на штатний автомобільний транспорт (спеціального і загального призначення). Досвід локальних війн, а також досвід оперативної та бойової підготовки військ різних країн світу показує, що активні бойові дії можуть вестися на загальних гірських, степових та лісових просторах за участю всіх видів збройних сил. В умовах гірської місцевості, степових та лісових масивах пересування військ (сил) стає ускладненим та приводить до зменшення швидкості пересування. У гірській місцевості забезпечення військ ускладнюється природними перешкодами, та важко прохідною місцевістю. Головними і визначальними характеристиками системи доставки засобів автотехнічного забезпечення є: кількість транспортних засобів, можливості кожного транспортного засобу з підйому відповідної кількості засобів АТЗ; час маршруту, обумовлений можливими швидкостями транспортування з урахуванням тактико-технічних характеристик транспортних засобів. Успіх операції в гірських районах досягається: ретельною розвідкою оборони противника і місцевості; нанесення по противнику фронтальних ударів вздовж доріг у поєднанні з сміливими і рішучими бойовими діями підрозділів, висадкою повітряного десанту, раптовим захопленням вузлів доріг, перевалів, гірських проходів та інших ключових місць у тилу противника, вмілою організацією подолання завалів і загороджень на дорогах; завчасної та всебічної підготовки військ до дій у складній гірській місцевості.

На дії підрозділів автотехнічного забезпечення впливають:

обмежена кількість доріг і складність просування поза дорогами;

велика кількість мертвих просторів і прихованих підступів;

можливість утворення гірських обвалів, завалів і снігових лавин;

складність виконання інженерних робіт і застосування мінних тралів;

тривалість застою отруйних речовин в ущелинах і глибоких долинах;

екрануюча дія гір на роботу радіостанцій, різкі зміни денної та нічної температур, розрідженість повітря.

Під час пересування машин у горах підвищується витрата пального, а на великих висотах знижується потужність двигунів. Характерними особливостями операцій у степових районах є: великий просторовий розмах бойових дій по фронту і глибині; ведення бойових дій переважно за оволодіння окремими адміністративно-політичними центрами, економічними районами, району видобутку корисних копалин, аеродромами, великими вузлами доріг, нафтопродуктами та базами постачання, оазисами і джерелами води; розгортання бойових дій за окремими напрямками, які виводять до цих об'єктів і ведення їх самостійного угрупованням військ. Рівнинні форми рельєфу, слабо розвинена мережа доріг, відсутність води, незначна рослинність або повна її відсутність, схожість місцевості ускладнюють АТЗ військ. При організації АТЗ особлива увага приділяється своєчасній доставці ремонтних засобів. Вирішення проблеми своєчасної доставки військам ремонтних засобів насамперед у широкому використанні повітряного транспорту, особливо вертольотами. При організації АТЗ в степовій місцевості враховують необхідний захист засобів від шкідливого впливу пилу й сонячної радіації. Автотехнічні підрозділи розподіляються по угрупованням і напрямкам дії військ і розміщуються на більш глибокому, ніж зазвичай, віддаленні від основних сил. Для доставки засобів, крім автомобілів, широко використовується повітряний транспорт. На дії підрозділів автотехнічного забезпечення в лісових місцевостях впливають: закрита місцевість за наявності заболочених ділянок; обмежена кількість доріг, доступних для руху підрозділів; можливість тривалого застою отруйних речовин, виникнення лісових пожеж та інші умови. При веденні військами дій у великих лісових масивах автотехнічне забезпечення організовується за напрямками дій військ. Автотехнічні підрозділи розташовуються, як правило, біля доріг. Для доставки автотехнічних засобів поряд зі штатним транспортом, оснащеним засобами підвищеної прохідності, використовуються також вертольоти.

**Висновок.** Аналіз особливостей бойового застосування військ в гірській, степовій і лісистій місцевості показує, що фізико-географічні умови значно ускладнюють проведення АТЗ військ, організація якої повинна проводитись з урахуванням наступних факторів: зменшення кількості районів (майданчиків), зручних для розгортання частин і підрозділів; збільшення відстані доставки засобів АТЗ; зменшується вантажопідйомність автотранспорту та середня швидкість руху; збільшується час доставки АТЗ. Проведені дослідження показують, що фізико-географічна специфіка особливості гірничо-лісовій місцевості порівняно з рівнинним знижують ефективність функціонування системи доставки засобів автотехнічного забезпечення.

Підводячи підсумки скажемо так, умови гірської, степової і ліистої місцевості надають істотний вплив на організацію автотехнічного забезпечення, збільшуються плечі доставки матеріальних засобів, а важко прохідна місцевість значно знижує швидкість і вантажопідйомність автотранспорту. Дослідження показали, що перспективним напрямком удосконалення системи АТЗ є застосування повітряного транспорту.

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, степові та лісистих, 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., к.військ.н., проф.

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

УДК 623.451.4.081.2

**Куліш А.,**

**Бордіян В.**

*Військова академія (м. Одеса)*

## **ОБҐРУНТУВАННЯ ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДІЇ КІНЕТИЧНИХ БРОНЕБІЙНИХ БОЄПРИПАСІВ**

*Для забезпечення ефективного виконання ЗСУ визначених завдань вони повинні мати відповідні оборонні можливості. В сучасних умовах ведення бою на броньованій техніці, значення бронейних боєприпасів важко переоцінити. Успіх у відбитті ударів противника та збереженні боєздатності військ, став одним із визначних факторів ходу бойових дій. В статті розглядаються шляхи підвищення ефективності дії кінетичних бронейних боєприпасів.*

**Ключові слова:** боєприпас, кінетична енергія, пробиття.

**Постановка проблеми.** На сьогоднішній день, враховуючи досвід ООС (АТО), наявні зразки бронейних боєприпасів не можуть забезпечувати необхідну ефективність виконання поставлених бойових завдань. Проблема в тому, що більшість зразків боєприпасів є застарілими, та не забезпечують достатню бронейну здатність, адже за роки незалежності України не було створено жодного новітнього зразка бронейних боєприпасів, в той час коли на світовій арені зростає рівень ефективності і досконалості бронезахисту, що максимально мінімізує ефективність наявних зразків бронейних кінетичних боєприпасів. До того ж більшість боєприпасів, що збереглися до сьогодні, знаходяться в поганому стані, що також впливає на їх ефективність, адже в Україні не налагоджений виробничий процес виготовлення більш свіжих зразків боєприпасів.

**Мета статті** полягає в знаходженні нових способів удосконалення існуючих зразків бронейних боєприпасів та проведенні дослідження можливості інтеграції деяких елементів бронейних боєприпасів країн НАТО з метою покращення їх ефективності.

**Викладення основного матеріалу.** Дія кінетичних бронейних боєприпасів (БрБП) заснована на використанні кінетичної енергії удару. Вони призначені для ураження рухомих і нерухомих об'єктів військового призначення, основним захисним конструктивним елементом котрих являється набір металевих, скловолоконних і керамічних плит [1].

По типу зброї БрБП розділяються на: бронейні снаряди (БС) сухопутної й морської артилерії, танкових, протитанкових і авіаційних гармат; авіаційні бомби; бойові частини ракет.

По калібру виділяються БрБП: малого (23...57 мм); середнього (57...152 мм); великого (більше 152 мм) калібру.

По відношенню до калібру артилерійського озброєння БС поділяють на каліберні і підкаліберні.

Каліберні БС, стабілізовані обертанням, можна класифікувати наступним чином:

- наявність розривного заряду – каморні (з каморою під розривний заряд) і суцільні (без розривного заряду);
- форма головної частини – гостроголової та з притупленою головною частиною.

При цьому каліберні БС можуть бути спорядженні бронебійними наконечниками для збільшення пробиття броні та балістичними наконечниками для уменшення падіння швидкості снаряду на траєкторії.

Підкаліберні БС по типу стабілізації підрозділяються на: стабілізовані обертанням; стабілізовані оперенням (бронебійні оперенні підкаліберні снаряди – БОПС).

Стабілізовані обертанням бронебійні підкаліберні снаряди (БПС) по типу відокремлення ведучого пристрою (піддону) в польоті можуть бути з невідокремленими (катушечної та обтічної форми) і відокремлюваними піддонами.

Стабілізовані оперенням БОПС виконуються з відокремлюваними в польоті ведучими пристроями, котрі можна поділити наступним чином:

- кількість центрувальних поверхонь (ЦП) – одна (роль другої ЦП виконує в цьому випадку каліберне оперення) і дві ЦП (у цьому разі оперення має розмах менше калібру зброї);
- тип ведучого пристрою – тягнучий, штовхаючий і комбінований;
- подовження корпусу – мале (менш ніж 10 діаметрів корпусу), середнє (10...20 діаметрів корпусу) и велике (більш ніж 20 діаметрів корпусу);
- наявність додаткового осердя – без сердечника (з цільним корпусом) і з осердям (в головній, в донній частинах або по всій довжині корпусу).[1]

На результати дії по броні кінетичних бронебійних снарядів впливають різні фактори, серед яких найбільш важливі швидкість і кут зустрічі з перешкодою. Про вплив цих факторів можна судити по фазовим діаграмам (рис. 1), котрі можна побудувати для конкретних снарядів і перешкод. Крива балістичної межі розділяє зони пробиття і не пробиття перешкод. На діаграмі показані окремі зони, що характеризує стан здоров'я снаряду після взаємодії з перешкодою. В конструкторських розробках використовуються і більш складні діаграми, наприклад, що показують приріст стійкості моноперешкодної броні в залежності від товщини окремих перешкод і відстані між ними. При збільшенні швидкості зустрічі не завжди зростає глибина проникнення або товщина пробиваємої броні. В певних умовах (поєднання фізико-механічних характеристик матеріалів снаряду і перешкоди) при досягненні граничних швидкостей можна спостерігати зменшення глибини проникання, що являється наслідком руйнування снаряду при взаємодії з перешкодою і зміни механізму взаємодії з перешкодою.

Для оцінки граничної балістичної швидкості при пробитті броні в діапазоні середніх швидкостей широко використовується емпірична формула Жакоб-де-Марра [4]:

$$V_l = K \frac{d^{0,75} b^{0,7}}{q^{0,5} \cos \psi_0} [\text{м/с}], \quad (1)$$

де  $K$  – коефіцієнт бронепробивної здатності ( $K=1900\dots2100$  для гостроголових ударників,  $K = 2100\dots2300$  для ударників з притупленою головною частиною);  $d$  – калібр боєприпасу, дм;  $b$  – товщина броні, що пробивається, дм;  $q$  – маса ударника, кг;  $\psi_0$  – кут підходу ударника до цілі, що відраховується від нормалі до поверхні броні.

В простому випадку проникання тіла в суцільну середу, з урахуванням, що воно проникає по нормалі і рухається прямолінійно, можна описати рівнянням руху, що виражає закон Ньютона:

$$M \frac{d^2 y}{dt^2} = -F \quad (2)$$

де  $y$  – шлях, пройдений тілом,  $t$  – час,  $M$  – маса тіла,  $F$  – сила опору середовища.

При конкретній  $F$  для рішення задачі слід скористатися початковими даними в формі

$$\text{при } t = 0: \quad y = 0, \quad \frac{dy}{dt} = V_s. \quad (3)$$

Тепер виходячи з конкретних умов співудару необхідно обрати вираз для  $F$ . Частіше всього передбачається, що силу опору середовища  $F$  можна уявити в вигляді суми трьох сил

$$F = F_1 + F_2 + F_3, \quad (4)$$

де  $F_1$  – сила динамічного опору, викликана інерцією середовища, що приймається пропорційною квадрату швидкості проникання  $V$ ;  $F_2$  – сила в'язкості середовища, що виникає за рахунок подолання тертя між частинками середовища, пропорційна швидкості проникнення;  $F_3$  – сила статичного опору, величина якого залежить від міцності перешкоди і не залежить від швидкості руху ударника.

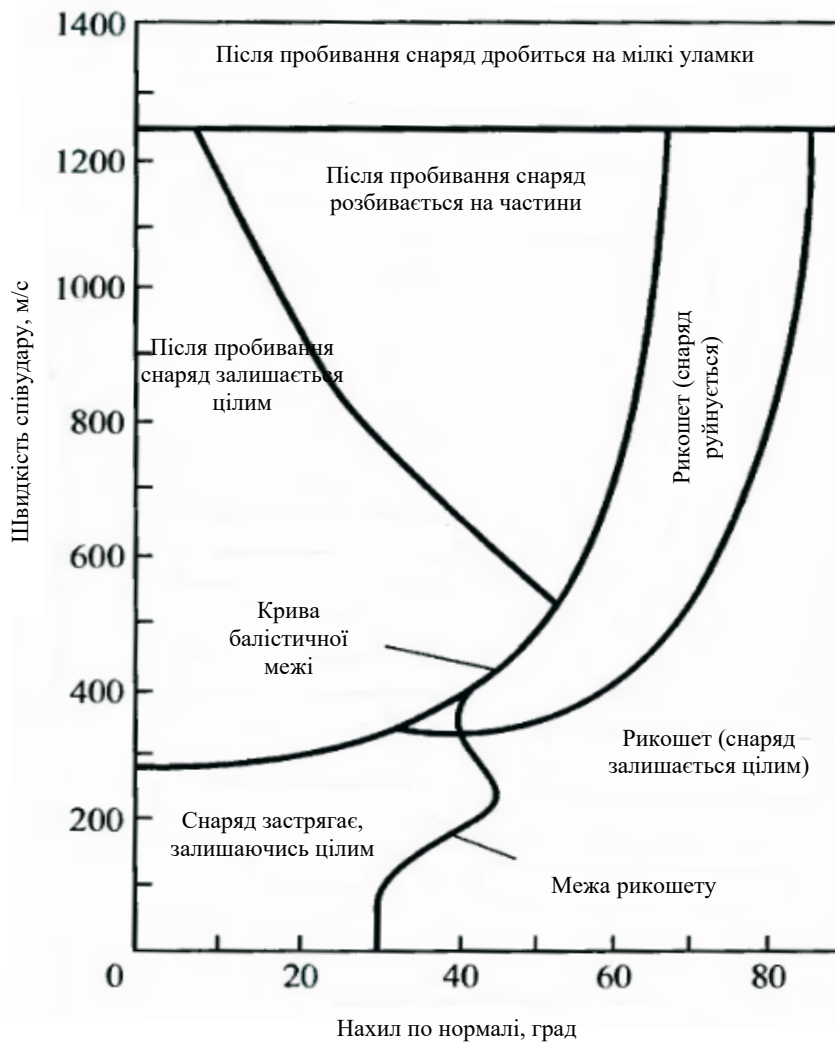


Рис. 1. Фазова діаграма

Таким чином, силу можна уявити в вигляді

$$F = AV^2 + BV + C, \tag{5}$$

де  $A, B, C$  – позитивні константи, що залежать від властивостей матеріалу перешкоди і форми ударника.

Постановка задачі про проникання в такій формі має давню історію. Першим подібну задачу розглянув Ейлер, запропонувавши [3]

$$F = C. \tag{6}$$

В аналізі, проведеному Понселе

$$F = AV^2 + C, \tag{7}$$

а у Резаля

$$F = AV^2 + BV. \tag{8}$$

Відомі також варіанти: Чізхольма

$$F = BV + C, \tag{9}$$

а також Алена, Мейнфілда та Моррісона, в якому

$$\begin{aligned} F &= AV^2 \quad \text{для } V_s > V > V_* \\ F &= A_1V^2 + C \quad \text{для } V_* > V > 0 \end{aligned} \tag{10}$$

де  $V_*$  – деяка критична швидкість.



Аналіз емпіричних формул показує, що якщо силу опору уявити в вигляді

$$F = \frac{\pi d^2}{4} (AV^2 + C), \quad (11)$$

що відповідає аналізу Понселе (7), то можна отримати формулу для визначення глибини проникнення боєприпасу в перешкоду

$$h = \frac{2m}{\pi d^2 A} \ln \left( 1 + \frac{A}{C} V^2 \right), \quad (12)$$

близьку по структурі формулі Забудського (тут  $m$  – маса боєприпасу). Якщо перешкоду розглядати як середовище, опір якої залежить тільки від сили тертя, пропорційній швидкості, то

$$F = \frac{\pi d^2}{4} BV \quad (13)$$

а формула для визначення глибини проходження буде мати вигляд

$$h = \frac{4}{\pi B} \frac{m}{d^2} V. \quad (14)$$

Вважаючи силу опору перешкоди рівною статичному опору

$$F = \frac{\pi d^2}{4} C, \quad (15)$$

отримаємо формулу для визначення глибини проникнення

$$h = \frac{2}{\pi C} \frac{m}{d^2} V^2, \quad (16)$$

котру можна трансформувати в формулу Жакоб-де-Марра (1).

Коефіцієнти опору перешкод, що визначенні експериментально, можна використовувати не тільки в приведених емпіричних формулах для емпіричних перешкод, але і для багат шарових перешкод з неоднорідною структурою.

Аналізуючи емпіричні і теоретичні формули, якими частково або повністю характеризується процес ударно-проникаючої взаємодії, встановлюємо:

1) сила опору перешкоди залежить від фізичного уявлення процесу взаємодії боєприпасу з перешкодою;

2) коефіцієнти, що входять в емпіричні формули, враховують особливості процесу взаємодії, однак, як правило, не мають фізичного смислу; вираз для сили опору перешкоди зумовлює вид рівняння руху і характер задачі по проходженню боєприпасу в перешкоду, що обумовлює структуру розрахункових формул процесу взаємодії [2].

**Висновок.** Сучасний рівень розвитку науки, наявність рентгеноімпульсної апаратури для реєстрації швидкоплинних процесів дозволили встановити фізичну структуру ряду емпіричних коефіцієнтів. Так коефіцієнт інерційного опору перешкоди виявився рівним добутку щільності матеріалу на коефіцієнт форми головної частини боєприпасу. Коефіцієнт статичного опору для металеві перешкоди пропорційний динамічній твердості або динамічній межі текучості. Завершуючи аналіз емпіричних формул, слід відмітити, що наряду з розглянутими формулами зустрічаються такі, котрі отримані шляхом апріорного уявлення виразів для обчислення шляху боєприпасу в перешкоді, що враховують конструктивні параметри боєприпасу, фізико-механічні властивості перешкоди і умови їх взаємодії. Ці формули мають достатньо високу точність в межах вимог, для котрих вони отримані, однак вони мало відрізняються від емпіричних і недостатні для вирішення задач, що виникають при розробці реальних конструкцій боєприпасів.

#### **Список використаних джерел**

1. Действие средств поражения и боеприпасов / И.А. Балаганский, Л.А. Мерзиевский/ Учебник. – НГТУ. – 2004 г. // 573 – 609 с.
2. Средства поражения и боеприпасы / В.В. Селиванов/ Учебник. – 2008 г. // 251 – 295 с.
3. Боеприпасы: патроны, гранаты, артиллерийские снаряды, миномётные мины / Я. Хогг/Эксмо-Пресс, 2001 г.
4. К вопросу о проникании стержня в преграду с большой скоростью/ В.П. Алексеевский / Физика горения и взрыва. 1966 г. №2

**Рецензент:** Лебедев Б., к.т.н., доц., Військова академія (м. Одеса).

УДК 623.437+629.3.083

**Кулик А.,****Маханьков В.***Військова академія (м. Одеса)*

## **ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ РЕМОНТУ ПОШКОДЖЕНИХ МАШИН В ХОДІ БОЙОВИХ ДІЙ**

*На теперішній час на укомплектуванні військових частин знаходяться застарілі автомобілі зі значним терміном експлуатації. Від підтримки таких машин в належному технічному стані залежить бойова готовність військ. Надійне виконання цього завдання потребує зараз укомплектування військ сучасними зразками автомобільної техніки, особливо автомобільних базових шасі, потребує наявності сучасної, насиченої обладнанням, приладами і інструментом матеріально-технічної бази. Найбільш прийнятними шляхами реалізації цих заходів є отримання і введення до строю нових або швидке відновлення і повернення до строю пошкоджених зразків автомобільної техніки.*

*Перший шлях є занадто витратним, другий, за умов діючої системи організації відновлення пошкоджених машин, є більш раціональним. При цьому, за умови значного віддалення частин і підрозділів від пунктів постійної дислокації під час бойових дій, особливої актуальності набуває наявність ефективних рухомих засобів ремонту.*

*Модернізація та забезпечення сучасним обладнанням та оснащенням рухомої автомобільної ремонтної майстернею ПАРМ-1 дає широкі технологічні можливості і виробничу самостійність щодо ремонту і технічного обслуговування автомобільної техніки.*

*Можливості майстерні побудованої на новій автомобільній базі підвищеної прохідності дозволить здійснювати евакуацію пошкодженої техніки з поля бою, самостійно здійснювати багатокілометрові марші у визначені райони дислокації, а за необхідністю, перевозитися всіма видами транспорту. Обладнання майстерні дозволяє виконувати ремонти пошкоджених машин в польових умовах різної складності.*

**Ключові слова:** *автомобільне базове шасі, рухома автомобільна ремонтна майстерня, кузов-фургон.*

**Постановка проблеми.** Одним з ключових аспектів національної безпеки є підтримання необхідного рівня бойової готовності Збройних Сил (ЗС) України. Це стосується як бойової підготовки, так і стану озброєння та військової техніки (ОВТ).

Основною складовою частиною ОВТ для виконання різноманітних головних завдань під час бойових дій є військова автомобільна техніка (ВАТ) як основний вид транспорту Збройних Сил України. Саме вона широко застосовується у всіх локальних війнах і збройних конфліктах, у миротворчій діяльності військ та при виконанні завдань повсякденної діяльності військ.

На жаль, на теперішній час на укомплектуванні військових частин знаходяться застарілі автомобілі зі значним терміном експлуатації. Від підтримки таких машин в належному технічному стані залежить бойова готовність військ. Надійне виконання цього завдання потребує зараз укомплектування військ сучасними зразками автомобільної техніки, особливо автомобільних базових шасі, потребує наявності сучасної, насиченої обладнанням, приладами і інструментом матеріально-технічної бази.

Але, виконання цього важливого завдання зараз значно ускладнено, тому що, наприклад, технічне обладнання парків військових частин перебуває далеко не в кращому стані. Явно не вистачає обладнання для обслуговування і ремонту, а те, що маємо, давно зношене, застаріле фізично. Розширення і зміцнення виробничої бази парків за рахунок нового будівництва зараз також є нереальним по тій же причині – через відсутність необхідних коштів.

Найбільш прийнятними шляхами реалізації цих заходів є отримання і введення до строю нових або швидке відновлення і повернення до строю пошкоджених зразків АТ.

Перший шлях є занадто витратним, другий, за умов діючої системи організації відновлення пошкоджених машин, є більш раціональним. При цьому, за умови значного віддалення частин і підрозділів від пунктів постійної дислокації під час бойових дій, особливої актуальності набуває наявність ефективних рухомих засобів ремонту.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Підтримання працездатного стану машин у період їхнього використання за призначенням, а також швидке відновлення пошкоджених машин здійснюється підрозділами технічного обслуговування і ремонту військових частин з ефективним використанням матеріальної частини стаціонарних і рухомих автомобільних ремонтних майстерень.

Особливу актуальність набуває технічне обслуговування і ремонт машин під час ведення частинами і підрозділами бойових дій та локальних конфліктів, проведення маршів, антитерористичних та миротворчих операцій, оскільки в результаті інтенсивної експлуатації зростає кількість відмов, а значна частина агрегатів отримує бойові пошкодження від вогневого ураження. У таких умовах, організація відновлення пошкоджених машин в ході бойових дій є основним джерелом поповнення їх втрат.

Для проведення технічного обслуговування, поточного і середнього ремонту військової автомобільної техніки у польових умовах підрозділи технічного забезпечення військової ланки забезпечені рухомими майстернями МТО-АТ, МТО-АТГ, МТО-4ОС, ПАРМ-1М1, ПАРМ-3М1 які знаходяться в експлуатації понад 30 років, обладнання їх застаріле і не відповідає сучасним вимогам. Значна кількість вказаних майстерень для ремонту машин в польових умовах взагалі непридатна.

Враховуючи досвід ведення бойових дій в зонах Операції об'єднаних сил рухомі засоби технічного обслуговування і ремонту повинні відповідати наступним вимогам:

- мати високі середні швидкості руху, прохідність, маневреність і запас ходу;
- час на розгортання та згортання засобів повинен бути мінімально можливим за обставинами;
- мати високу надійність і живучість;
- мати високу продуктивність, доцільну уніфікацію й універсальність устаткування, приладів та інструменту;
- забезпечувати своєчасне та якісне виконання робіт з технічного обслуговування і ремонту;
- мати обладнання просте за конструкцією, малогабаритне, легке, нескладне в обслуговуванні, налагоджуванні та роботі;
- вписуватися в залізничний габарит "0-2Т";
- забезпечувати раціональну уніфікацію технологічного устаткування з рухомими майстернями інших держав.

Але на сьогоднішній день зразки ОВТ ремонтних підрозділів не відповідають цим вимогам через застарілість зразків, оскільки вони поступили на озброєння ще в минулому сторіччі в 70-х, 80-х роках. Перспектива розвитку ОВТ ЗС України і підвищені вимоги до системи технічного обслуговування і ремонту вимагають створення майстерень нового покоління на базі вітчизняної промисловості з високим ступенем їх уніфікації по базових шасі, кузовах-фургонах або кузовах-контейнерах.

**Виклад основного матеріалу.** На сьогодні на підприємстві ПАО «АвтоКраз», м. Кременчук, розроблений і поставляється для потреб народного господарства ремонтно-евакуаційний автомобіль КРАЗ-6322 високої прохідності, який призначений для ремонту і евакуації пошкоджених автотранспортних засобів по всіх видах доріг, бездоріжжю і місцевості.

Дана комплектація ремонтно-евакуаційного автомобіля неприйнятна для експлуатації у ЗС України в якості рухомої автомобільної майстерні військового призначення типу ПАРМ (хоч би в якості слюсарної або механічної майстерень) унаслідок відсутності на автомобільному шасі лебідки, закритого кузова-фургона (кузова-контейнера) з необхідним обладнання життєзабезпечення, верстатного і іншого обладнання, необхідного для виконання токарних, свердлувальних, фрезерних робіт, ремонту і налаштування паливної системи, зарядки АКБ.

Також, вказаний ремонтно-евакуаційний автомобіль укомплектований обладнання для зварювання (різкі) металу вогнебезпечним газом (ацетилен, кисень), що є небезпечним для особового складу в бойовій обстановці.

Виробничою компанією «Велмаш-Україна» (м. Харків) впродовж останніх років створена рухома ремонтна майстерня на базі автомобіля КРАЗ-6322, на шасі якого монтується кран гідроманіпулятор з вантажним моментом до 10 т/м та кузов-фургон нелінійного типу укороченого типу.

Автомобілі, що випускаються підприємством ПАО «АвтоКраз» (м. Кременчук Полтавської обл.), перевершують автомобілі ЗИЛ-131 радянського виробництва як по прохідності і маневреності, так і за економічними показниками, витратою палива і вантажопідйомністю.

Проведений аналіз спроможності промисловості України щодо виробництва автомобільних КФ та багатофункціональних контейнерів спеціального призначення для потреб Збройних Сил України свідчить про те, що по ряду об'єктивних причин (відсутність достатнього фінансування ЗС України) в останній час припинилися дослідження з питань розробки нових технологій з конструювання та виробництва спеціалізованих уніфікованих кузовів-контейнерів та автоматизованих навантажувально-розвантажувальних систем для потреб армії і флоту.

У зв'язку з тим пропонується використовувати в якості розміщення технологічного та ремонтного обладнання рухомої автомобільної ремонтної майстерні для потреб Збройних Сил України типу РАРМ-1 автомобільний фургон моделі ОДАЗ-671101 вітчизняного виробництва.

Спеціальний автомобіль-фургон моделі ОДАЗ-671101 доцільно використовувати під монтаж обладнання РАРМ-1. Він призначений для установки обладнання та транспортування його по дорогах і бездоріжжю. Спеціальний автомобіль-фургон моделі ОДАЗ-671101 виготовлюється за ГОСТ 15150-69 і розрахований на експлуатацію при температурах навколишнього повітря від  $-40$  до  $+50^{\circ}\text{C}$  та відносної вологості повітря до 98% при температурі  $+35^{\circ}\text{C}$ . Корисна площа КФ типу ОДАЗ-671101 на 60% перевищує площу кузова-фургона КМ 131.

Підвищення корисної вантажопідйомності і об'ємів нових кузовів-фургонів дозволяє: розширити виробничі можливості майстерень; оснастити майстерні більш високотехнологічним обладнанням; збільшити масу запасних частин, що перевозяться майстернею; організувати виробничі пости в кузовах-фургонах замість виробничих наметів, що дозволяє: поліпшити умови праці особового складу рухомих ремонтних підрозділів, скоротити час розгортання (згортання), підвищити продуктивність праці і якість виконаних робіт.

До складу кузова входять: система електрозабезпечення і система освітлення; система життєзабезпечення (кондиціонер, опалення, фільтровентиляційна установка; засоби виявлення та гасіння пожежі); ЗІП; комплект експлуатаційної документації.

На кузові передбачені місця встановлення засобів: дегазації і дезактивації; хімічної, біологічної, радіаційної розвідки; маскувannya.

Базове шасі для ремонтних майстерень типу РАРМ-1 використовувати автомобіль підвищеної прохідності КРАЗ – 6322 вантажопідйомність якого, майже в три рази більше ніж у ЗИЛ-131, дизельний двигун ЯМЗ-238ДЕ2 має потужність, що перевищує бензиновий ЗИЛ-131 у в два рази, причому витрата палива практично однакова.

З метою модернізації та економічності, все придатне до застосування верстатне і технологічне обладнання майстерні ПАРМ-1 розмістити у двох кузовах-фургонах, що встановлюються на автомобілі КРАЗ, у тому числі і обладнання, яке перевозиться спеціальним вантажним автомобілем ЗИЛ-131 з комплекта рухомої майстерні.

Додатково, пропонуємо ремонтно-слюсарну майстерню доцільно доукомплектувати наступним технологічним обладнанням та інструментом:

- лебідкою на шасі автомобіля КРАЗ;
- пристроєм буксування техніки;
- дизель-електричним генератором потужністю, що забезпечує роботу всього енергоспоживаючого обладнання майстерні;
- гідропідйомником для виконання навантажувально-розвантажувальних робіт, з вантажним моментом до 12 т/м;
- напівавтоматом зварювальним типу SSVA180-P;
- електролізною газовою установкою типу «Ліга-02/22» для зварки, паяння і різання сталі та кольорових металів, що не потребує застосування обладнання з вогнебезпечним газом, окрім електричної мережі 220 В/50 Гц та дистильованій води;
- переносним зварювальним апаратом типу EDON MMA-160 або ІСЬКРА MMA-161 (вага 4,2 кг, зварювальний струм 5 – 160 А, напруга 220 В/50 Гц) для ручного електродугового зварювання, різки, наплавлення чорних та кольорових металів електродами змінного (АС) або постійного (ДС) струму, з можливістю аргонової зварки неплавким вольфрамовим електродом;
- універсальним автоматичним зарядним пристроєм типу АЗУ-Н для заряду акумуляторів військової техніки (з можливістю заряджання від одної до декількох сполучених в групу акумуляторних батарей), що має чотири незалежні зарядні канали, які здатні зарядити акумуляторні батареї (АКБ) напругою від 6В до 24В і ємністю від 25 А/час;
- пуско – зарядним пристроєм типу ПЗП-700Е «Krypton» (виробництва підприємства «ТЕМП», Україна), призначеним для заряду АКБ номінальною напругою 12В та 24В, прискореного заряду і передпускового заряджання АКБ при контролі часу, а також для запуску двигунів автомобілів;
- пересувним компресором з можливістю накачування повітря до 150 л/хв., тиском 10 атм.;

- пристроєм для перевірки дизельних форсунок з калібрувальним ручним насосом (4818) ЖТС;
- тестером вакуумного і паливного насосу;
- приладом типу модель 527Б (577А) для перевірки бензонасосів на тиск та герметичність впускних клапанів;
- комплектом інструменту для ремонту рульового управління автомобілів з гідропідсилювачем типу модель И-135;
- пересувним електрогайковертом типу модель И-330;
- стендом для збірки редукторів задніх мостів вантажних автомобілів типу модель Р-640;
- стандартним верстаком з лещатами;
- гідравлічним пресом до 10 т для проведення розбірно-складальних і правильних робіт;
- пневматичним інструментом для ремонту автомобільної техніки (ударними гайковертами різних типів);

– наборами універсального слюсарного і спеціального інструменту.

Виробництво модернізованої уніфікованої майстерні для ремонту пошкоджених машин в польових умовах дасть можливість:

- значно скоротити часові та фінансові витрати при її виробництві ;
- спрости і прискорити роботу по навантаженню і розвантаженню;
- забезпечити безпеку навантаження і транспортування контейнерів;
- система є універсальною і дозволяє перевозити на одному і тому ж автомобілі кузова різних призначень;
- обладнання майстерні дозволить виконувати якісно ремонти пошкоджених машин в польових умовах;
- не потрібно залучення додаткової техніки для розвантаження, навантаження і встановлення контейнерів.

**Висновок.** Можливості майстерні побудованої на новій автомобільній базі підвищеної прохідності дозволить здійснювати евакуацію пошкодженої техніки з поля бою, самостійно здійснювати багатокілометрові марші у визначені райони дислокації, а за необхідністю перевозитися всіма видами транспорту.

Автономність рухомих ремонтних майстерень і спеціальних установок, обладнання і оснащення їх сучасним високотехнологічним інструментом та приладами дозволить використовувати РАРМ-1 як у повному складі, так і у якості окремих бригад виходячи з конкретної обстановки та завдань з евакуації і відновлення автомобільної техніки у ході бойових дій.

Тенденції розвитку автомобільної техніки та технологій виробництва кузовної продукції свідчать про те, що в перспективі кузова-фургони під монтаж технологічного та ремонтного обладнання рухомих майстерень.

#### **Список використаних джерел**

1. Автомобілі КраЗ-6322-02, КраЗ-63221-02, КраЗ-6446-02. Керівництво по експлуатації 6322-02-3902010 РЕ. – Кременчук, 2014. – 262 с.
2. Автомобілі КраЗ. [Електронний ресурс].- Режим доступу до сайту: <http://www.autokraz.com.ua>.
3. ЗАТ «НВЦ Кузов». Основні переваги кузовів-фургонів нового покоління [Електронний ресурс].- Режим доступу <http://www/kuzov.org>.
4. Заїкін А.А. Перспективи оснащення автомобільною технікою і рухливими засобами технічного обслуговування і ремонту Збройних Сил Республіки Білорусь / А.А. Заїкін // Наука-освіта, виробництва, економіки. – Мінськ: БНТУ, 2007. – С. 50-54.
5. Кузов-фургон ОДАЗ-671101 Технічні вимоги. Режим доступу до сайту <http://www.perevozka.info>.
6. Русіло П.О., Костюк В.В., Калінін О.М., Ю. В. ВАРВАНЕЦЬ., Вестник 2018р. Сучасний стан та перспективи розвитку рухомих засобів технічного обслуговування і ремонту автомобільної та бронетанкової техніки.

УДК 623.41+621.3.07

Лащо Д.,

Коваль А.,

Букарос А., к.т.н., доц.

Військова академія (м. Одеса)

## ОПТИМАЛЬНЕ НАЛАШТУВАННЯ ПОЗИЦІЙНОГО 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 з параболічним регулятором.*

**Ключові слова:** параболічний регулятор, електропривод, артилерійська установка.

**Постановка 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 – буксирною, 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 зарекомендували 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». Всі артилерійські системи, що знаходяться на озброєнні Збройних Сил України залишилися у спадок від колишнього СРСР і у переважній більшості мають обмежений технічний ресурс, морально застарілі, переважна більшість мають тактико-технічні характеристики, які не відповідають сучасним умовам. Безповоротні втрати артилерійських систем, під час проведення АТО на Сході України, зменшення ресурсу придатності артилерійських стволів приводять до зменшення кількості артилерійських систем у складі артилерійських підрозділів, до зменшення бойової продуктивності артилерійських підрозділів та зменшення обсягу вогневих завдань, які вони спроможні виконати.

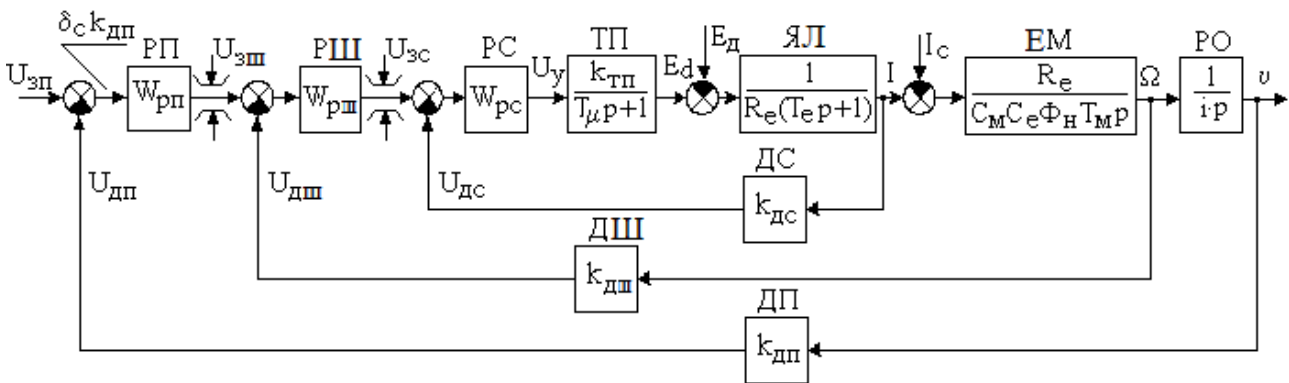
Одною з найважливіших характеристик будь-якого зразку ракетно-артилерійського озброєння (РАО) під час раптового зіткнення чи виявлення нових цілей, що мають бути уражені є швидкість наведення. Здійснення наведення відбувається у двох площинах – вертикальна, завдяки приводам вертикального наведення, та горизонтальна, відповідно здійснювана приводами горизонтального наведення. Приводи горизонтального наведення мають більший робочий кут повороту 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 РАО 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 наведення зразків РАО, розробкою методики визначення основних параметрів додаткових ланок керування, що дозволить інтегрувати такі ланки в існуючі системи.

**Виклад основного матеріалу.** Системи наведення зразків РАО відносяться до класу позиційних систем, а отже, це системи, що керують переміщенням об'єкта регулювання. В таких системах головний зворотний зв'язок – зв'язок за положенням.

Основною характеристикою позиційної системи є точність, з якої вони відпрацьовують задане переміщення, яке залежить від виконання системи і режимів роботи (режим позиціонування, режим відпрацьовування лінійно мінливого сигналу і т.д.). Найпростіший з режимів – режим позиціонування. Ці системи й знаходять найбільше поширення.

Завданням позиційного автоматизованого електроприводу (АЕП) зразків РАО є переміщення робочого органа (башти) з одного положення в інше. Основною характеристикою цієї системи є швидкість і точність відпрацьовування задавальних сигналів. Оскільки у процесі відпрацьовування переміщення потрібно контролювати струм і швидкість двигуна на певному рівні, то всі сучасні позиційні системи АЕП зразків РАО є трьохконтурними з підпорядкованим регулюванням параметрів. Структурна схема позиційного АЕП представлено на рис. 1.

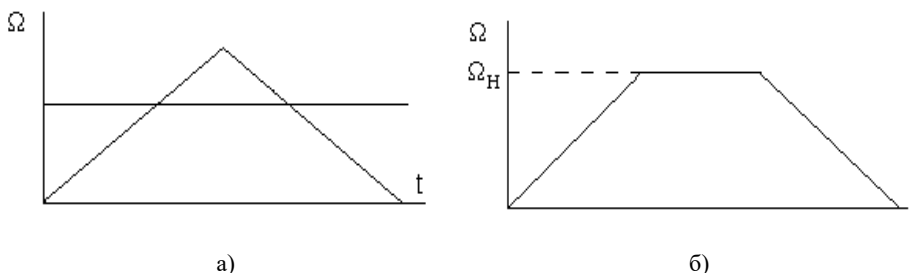


**Рис.1.** Структурна схема позиційного електроприводу наведення

На рис. 1 позначено: РП, РШ, РС – регулятори положення, швидкості та струму; ДП, ДШ, ДС – датчики положення, швидкості та струму; ЯЛ – якірний ланцюг; ЕМ – електромеханічний перетворювач; РО – робочий орган (башта).

Можливі три режими роботи позиційного АЕП:

- 1) Режим малих переміщень, при яким не один з регуляторів не виходить на обмеження, тобто система поводить як лінійна.
- 2) Режим середніх переміщень – у цьому режимі регулятор положення виходить на обмеження, тобто система перестає бути лінійною, але швидкість у процесі відпрацьовування не виходить на максимальний сталий рівень. Тахограму режиму середніх переміщень зображено на рис. 2, а.
- 3) Режим великих переміщень – регулятори положення й швидкості виходять на обмеження, привід розганяється до максимальної швидкості, деякий час на ній працює. Тахограма режиму великих переміщень, відповідно до рис. 2, б, має вигляд трапеції.



**Рис. 2.** Тахограми роботи електроприводу наведення

Режими малих переміщень не є типовим для позиційних систем наведення. Регулятори положення (РП) для режиму середніх і великих переміщень розраховуються інакше ніж для режиму малих переміщень. Для зручності порівняльної оцінки різних настроювань позиційної системи перейдемо до розрахунків і оптимізації позиційної системи у відносних одиницях.

При виборі базових значень беруть до уваги наступне:

у силовому ланцюзі за базові значення приймають номінальні параметри привода  $U_n, I_n, n_n$ ;

у системі неузгодженості за базові приймають значення, при яких зворотні зв'язки стають одиничними з врахуванням того, що у вузлах сумарні базові значення повинні бути одні й ті ж.

$$U_{зс(\delta)} = U_{дс(\delta)} = I_n K_{дс};$$

$$U_{зш(\delta)} = U_{дш(\delta)} = \Omega_n K_{дш};$$

$$U_{зп(\delta)} = U_{дп(\delta)} = \theta_\delta K_{дп};$$

$$\theta_\delta = \frac{\Omega_n \cdot 1c}{i} - \text{базове переміщення, поворот вала виконавчого двигуна за 1 с при обертанні зі швидкістю рівної номінальної } \Omega_n. \text{ Добуток } \Omega_n \cdot 1 \text{ с з урахуванням коефіцієнта передачі редуктора.}$$

Структурна схема у відносних одиницях контуру положення представлено на рис. 3.

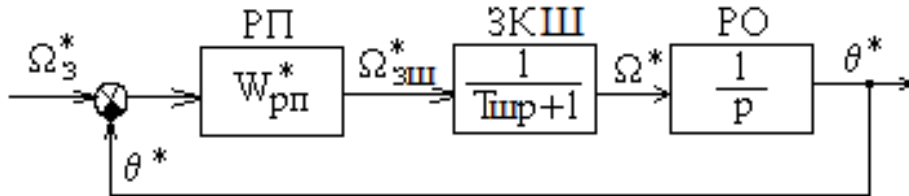


Рис. 3. Структурна схема контуру положення

Оптимізуємо контур положення на модульний оптимум [4].

$$W_{кп}^* = W_{рп}^* \cdot \frac{1}{(T_c p + 1)} \cdot \frac{1}{p} = \frac{1}{2T_c p (T_c p + 1)}; \tag{1}$$

$$W_{рп}^* = \frac{1}{2T_c} = K_{рп}^*; \tag{2}$$

$$W = W^* \cdot \frac{U_{вых(\delta)}}{U_{вх(\delta)}}; \tag{3}$$

$$W_{рп} = W_{рп}^* \cdot \frac{U_{вых(\delta)}}{U_{вх(\delta)}} = W_{рп}^* \cdot \frac{\Omega_n \cdot K_{дс}}{\theta_\delta \cdot K_{дп}} = \frac{1}{2T_c} \cdot \frac{\Omega_n \cdot K_{дс}}{\Omega_n \cdot 1cек / i \cdot K_{дп}} = K_{рп} = \frac{i}{2T_c} \cdot \frac{K_{дс}}{K_{дп}}. \tag{4}$$

Найкращим вважається такий процес відпрацювання середніх переміщень, при якому швидкість двигуна змінюється за графіком трикутника (це дозволяє максимально використати переважувальну здатність двигуна, тому що він працює тільки в пускових і гальмових режимах). Щоб забезпечити такий процес відпрацювання, коефіцієнт регулятора положення повинен бути своїм для кожного сигналу, що задає, тобто  $K_{рп} = f(\theta_3)$ , що надто складно реалізувати.

В більшості випадків для розрахунку постійного коефіцієнту регулятора переміщення  $K_{рп} = const$  приймають спрощуюче допущення:  $T_c = 0$  – еквівалентна стала часу контуру струму, звідси контур струму стає безінерційним, коефіцієнт регулятора швидкості прямує до нескінченності, а отже, найменший сигнал на вході регулятора швидкості буде викликати обмеження, тобто завдання буде на максимальний струм, який відразу буде відпрацьований.

Діаграма сигналів при відпрацьовуванні середніх переміщень представлено на рис. 4.

Будемо вважати, що система статична, але незважаючи на те, що  $\square_c \neq 0$  вважаємо, що вона дуже мала й прагне до нуля.

У момент  $t_0$  стрибком подається сигнал завдання  $\Omega_3^*$  і якщо він великий, то регулятор положення виходить на обмеження. Відразу ж вийде на обмеження й регулятор швидкості, тому що  $K_{рс} \rightarrow \infty$ , що визначає максимальний сигнал завдання на струм, який буде миттєво відпрацьований, тому що контур струму є безінерційним. Починається розгін з постійним прискоренням. У момент часу  $t_1$  регулятор положення (РП) зійде з обмеження й надалі його вихідний сигнал буде змінюватися за законом  $U_{рп}^* = U_{рп}^* = \Omega_3^* = K_{рп}^* (\theta_3^* - \theta^*) = K_{рп}^* \delta^*$ . Двигун продовжує розгін з тим же  $\square^*$  прискоренням (тому що задана швидкість більше фактичної й РШ перебуває на обмеженні того ж знака). У момент  $t_2$  задана швидкість буде рівна фактичній  $\Omega_{з(2)}^* = \Omega_{(2)}^*$ .



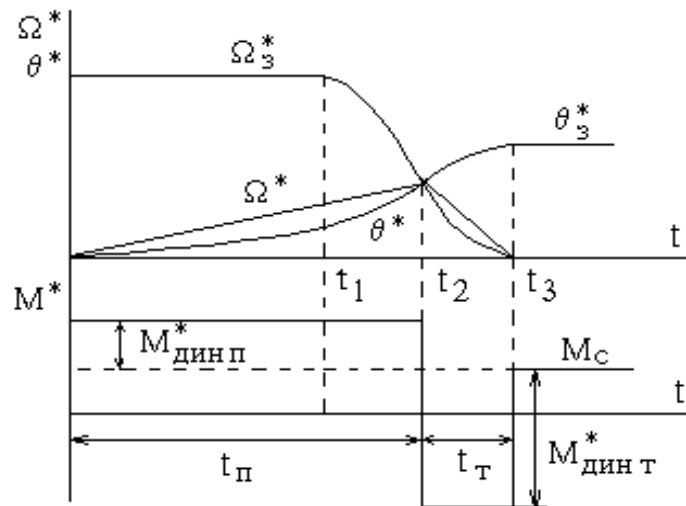


Рис. 4. Навантажувальна діаграма та тахограма при відпрацюванні середніх переміщень

У наступні моменти фактична швидкість буде перевищувати задану величину, тому РС виходить на обмеження цього іншого знака, що миттєво відпрацьовується контуром струму. Двигун переходить у гальмовий режим з постійним прискоренням. Процес закінчується в точці  $t_3$ , коли фактичне переміщення стане рівним заданому (за умови  $\square_c = 0$ ).

Коефіцієнт регулятора положення в режимі середніх переміщень:

$$K_{рп}^* = 2 \sqrt{\frac{M_M^*}{T_M' \cdot \theta_3^*} \cdot \frac{M_M^* + M_c^*}{M_M^* - M_c^*}} = 2 \frac{M_M^*}{T_M'} \tag{5}$$

Проведемо порівняльну оцінку коефіцієнтів регулятора положення для малого й середніх переміщень.

Для режиму малих переміщень при настроюванні контурів струму, швидкості й положення на модульний оптимум  $T_c = 2T_T$ ,  $T_T = 2T_\mu$ ,  $T_\mu = 0,005c$ .

Нехай максимальний момент рівний  $M_M^* = 2$  і  $T_M' = 1$  с, тоді чисельне значення коефіцієнта регулятора положення буде рівним  $K_{рп}^* = 1/2T_c = 1/8 T_\mu = 25$ .

Для режиму середніх переміщень  $K_{рп}^* = 2M_M^*/T_M' = 4$ .

Таким чином, контур положення, оптимізований для режиму малих переміщень, має коефіцієнт значно більший, ніж налаштовує значення коефіцієнта для режиму середніх переміщень, тому відпрацьовування завдань буде, як правило, здійснюватися з пере регулюванням, що для позиційних систем небажано.

Для того щоб переміщення менше налаштовуючого відпрацьовувалися оптимально регулятор положення повинен бути нелінійним та мати наступну характеристику:

$$U_{рп}^* = \sqrt{\frac{2M_M^*}{T_M'} \cdot \delta^*} \tag{6}$$

Таку статичну характеристику має параболічний регулятор (рис. 5).

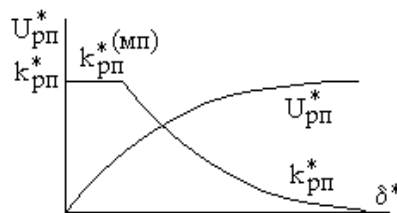


Рис. 5. Статична характеристика параболічного регулятора

Осцилограма сигналів при відпрацьовуванні заданих переміщень позиційною системою з параболічним регулятором представлено на рис. 6.

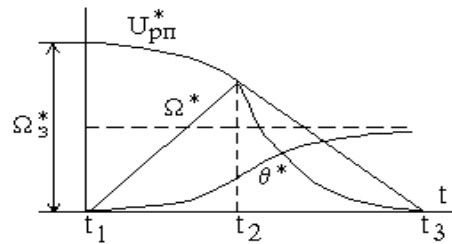


Рис. 6. Осцилограма сигналів при роботі параболічного регулятора

Знайдемо коефіцієнт параболічного регулятора

$$K_{рп}^* = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{2M_H^*}{T_M \cdot \delta^*}}. \quad (7)$$

При  $\delta^* \rightarrow \infty$   $K_{рп}^* \rightarrow 0$ ; при  $\delta^* \rightarrow 0$   $K_{рп}^* \rightarrow \infty$ .

**Висновок.** Отже, з метою підвищення швидкодії та точності електроприводів наведення зразків РАО пропонується наступне.

а) Налаштувати систему керування електроприводом горизонтального наведення зразків РАО з параболічним регулятором за виразом (7), що забезпечить оптимальну швидкодію та точність при малих та середніх переміщеннях.

б) Реалізувати регулятор за виразом (7) можливо здійснити, наприклад, на операційному підсилювачі методом кусочно-лінійної апроксимації, що спростить схемне рішення.

#### 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 авт омат ичного керування. Навчальний посібник. – Харків: ХНАМГ, 2006 – 187 с.

УДК 621.396.967

Лещина О.,

Гордішевський Л.

Військова академія (м. Одеса)

#### ШЛЯХИ МОДЕРНІЗАЦІЇ СТАНЦІЇ НАЗЕМНОЇ АРТИЛЕРІЙСЬКОЇ РОЗВІДКИ СНАР-10

Для забезпечення ефективного виконання ЗСУ визначених завдань вони повинні мати відповідні можливості. В сучасних умовах, ведення безперервної ефективно розвідки наземних рухомих цілей в інтересах ракетних військ і артилерії, став одним із визначних факторів у ході бойових дій. В статті розглядаються рекомендації щодо способів модернізації станції наземної артилерійської розвідки СНАР-10.

**Ключові слова:** радіолокаційна станція, ефект Доплера, сигнал, електроживлення, потужність, акумуляторні батареї.

**Постановка проблеми.** В умовах сьогоденної обстановки в якій перебуває Україна, необхідно відзначити що для виконання завдань військовослужбовцями ЗС України важливо своєчасно отримувати інформацію щодо рухомих і нерухомих наземних і надводних цілей, а також для обслуговування стрільби своєї артилерії. Для отримання цієї інформації радіолокаційним станція важливо мати сучасну елементну базу. Особливе значення має заміна старих систем, на нові, або їх глобальна модернізація, з використанням сучасних досягнень техніки.

**Актуальність проблеми.** На сьогоднішній день радіолокаційні станції отримали велику сферу застосування. Через різноманітність сфер застосування і виконання завдань, вони мають велику кількість конструктивних відмінностей: габаритні, масові, часові та за призначенням. При підході до

кожного конкретного завдання необхідно брати за увагу класифікацію радіолокаційних станцій, та їх можливостей, тому у цій статті буде приділена увага на швидкість переходу конкретної станції наземної артилерійської розвідки СНАР-10 з похідного режиму в бойовий.

**Виклад основного матеріалу.** Радіолокаційна станція СНАР-10 (виріб 1РЛ-232) призначена для розвідки рухомих і нерухомих наземних і надводних цілей, а також для обслуговування стрільби своєї артилерії. За допомогою СНАР можна прокладати маршрути цілей, визначати місця зосередження озброєння та техніки напередодні атаки (контратаки) і таким чином виявляти задум противника в бою. Обслуговування стрільби артилерії полягає у виявленні й визначенні координат вибухів снарядів і мін, або їх відхилень від цілі; видачі цих даних на командні пункти і вогньові позиції підрозділів, які обслуговує станція. Виявлення вибухів снарядів за допомогою станції здійснюється завдяки відбиттю електромагнітних хвиль від ґрунту чи води, які викидаються в повітря під час вибуху. Склад апаратури, різноманітні режими роботи і висока мобільність станції дозволяють вирішувати за її допомогою такі задачі:

- ведення безперервної ефективної розвідки наземних рухомих цілей в інтересах ракетних військ і артилерії;
- визначення полярних і прямокутних координат цілей, що розвідані і вибухів снарядів і мін в будь-який час року й доби, у складних метеорологічних умовах, під час задимлення й запилення атмосфери (при наявності прямої радіолокаційної видимості з позиції станції);
- коректування вогню й обслуговування стрільби артилерії;
- ведення розвідки надводних цілей (кораблів, десантних засобів та т.д.).

Таким чином РЛС СНАР-10 є характерним представником станції наземної артилерійської розвідки її вирішує широке коло завдань, які суттєво підвищують бойову ефективність РВіА Сухопутних військ. В СНАР-10 основою отримання радіолокаційної інформації служать наступні фізичні явища:

- вторинне випромінення радіохвиль, перевипромінювання і власне радіовипромінювання цілей;
- інтерференція радіохвиль;
- ефект Доплера.

Спрямованість випромінення і прийому радіохвиль, постійність швидкості і прямолінійність їх поширення складають фізичну основу радіолокаційних методів вимірювання координат цілей. Дійсно, постійність швидкості і прямолінійність поширення хвиль дозволяє визначити дальність до цілі від РЛС шляхом вимірювання часу затримки відбитого від цілі сигналу відносно випромінюваного. Зв'язок між дальністю  $r_u$  і часом запізнення сигналу від цілі  $t_3$  описується співвідношенням:

$$r_u = \frac{c \cdot t_3}{2} \quad (1)$$

$c$  – швидкість світла  $3 \cdot 10^8$  м/с.

Спрямованість приходу сигналу від цілі до приймальної антени ототожнюється з напрямом на ціль. Це дозволяє виміряти кутові координати цілі шляхом визначення кутового положення нормалі до фазового фронту відбитого від цілі сигналу. Ефект Доплера полягає у тому, що відбитий від рухомої цілі сигнал виявляється зміщеним по частоті відносно сигналу, що випромінюється, на деяку величину  $F_D$ , пропорційну радіальній швидкості цілі  $V_r$ :

$$F_D = \frac{2V_r}{\lambda} = \frac{2V_r f_0}{c} \quad (2)$$

де  $\lambda$  – довжина хвилі випромінювання;

$f_0$  – частота коливань, що випромінюються;

$c$  – швидкість світла  $3 \cdot 10^8$  м/с;

Якщо вимірювати величину такого частотного зміщення  $F_D$ , яке отримало назву частоти Доплера, можна визначити радіальну швидкість цілі  $V_r$  або здійснити селекцію цілей по швидкості.

Також в залежності від походження радіолокаційного сигналу мають місце пасивні та активні способи отримання радіолокаційної інформації (рис. 1).

При пасивному способі отримання інформації здійснюється без опромінювання об'єкта електромагнітними коливаннями. В цьому випадку, об'єкт сам являється джерелом випромінювання. Тому пасивна радіолокаційна система складається тільки з приймальної антени і радіоприймального пристрою (РпрП). Пасивний спосіб отримання інформації використовують також при веденні радіотехнічної розвідки випромінювань.

При активному способі (активно-пасивний або активний з пасивною відповіддю) інформація виділяється з радіосигналів, що формуються в результаті опромінювання електромагнітними коливаннями (зондувальним сигналом) цілі та прийому відбитого (віддзеркаленого) від неї або перевипромінюваного сигналу. Тому активна радіолокаційна система з пасивною відповіддю складається з радіопередавального пристрою (РПП), передавальної та приймальної антени та радіоприймального пристрою. При всіх перевагах активного способу отримання інформації, цей спосіб також має і негативні, а саме демаскуючий фактор. Під час того як радіолокаційна станція починає працювати вона випромінює радіохвилі, які інші станції отримують дуже швидко, крім того вони зможуть або спробувати подавити роботу станції, або виявити її місцезнаходження та знищити.

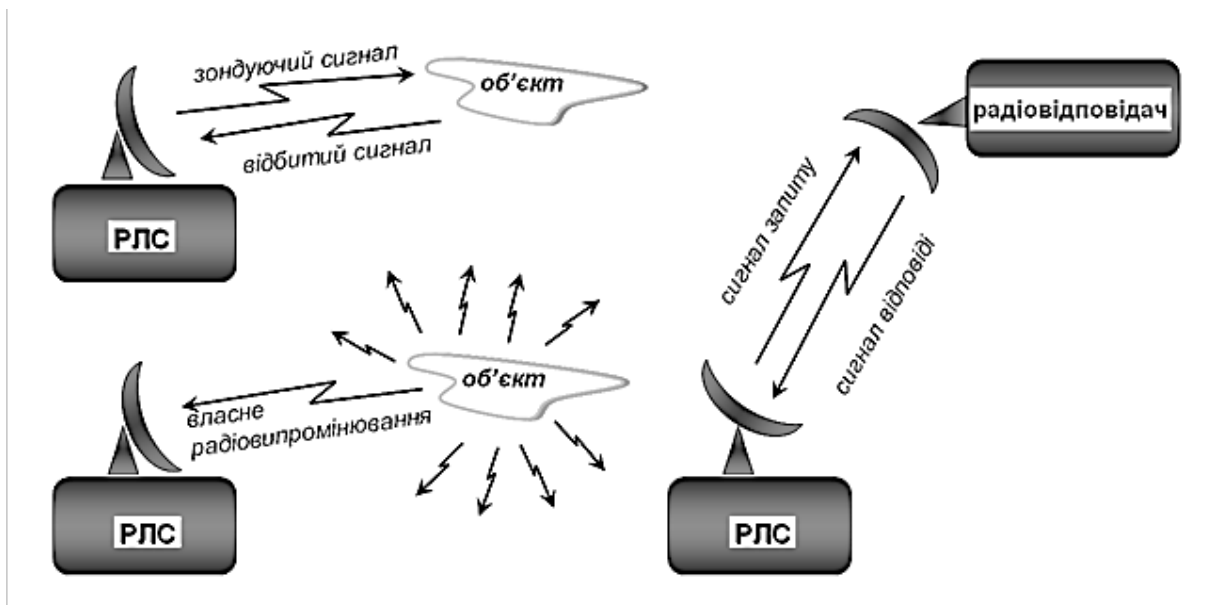


Рис. 1. Способи отримання радіолокаційної інформації

Виходячи із способів отримання інформації станції наземної артилерійської розвідки, тактико-технічних характеристик а також від базової шасі СНАР-10, цей зразок техніки дозволяє за короткий час використовуючи мобільні можливості дістатися до визначеного місця, зняти з певної місцевості дані про розташування ворожої техніки. Виходячи із даних які були зібрані під час конфлікту на сході України, перехід СНАР-10 з похідного положення в бойове займає дорогий час, тому важливо покращити швидкість переходу за рахунок покращення системи електроживлення.

#### Система електроживлення

Система електроживлення призначена для живлення споживачів (апаратури РЛС) електричною напругою з різними параметрами.

Система електроживлення складається з первинних і вторинних джерел електроживлення.

Основним первинним джерелом живлення РЛС СНАР-10 є саме такий бензоелектричний агрегат.

Крім основного до складу первинних джерел живлення відносяться деякі допоміжні (акумуляторні батареї).

Первинні джерела живлення РЛС СНАР-10 призначені для живлення виробу змінними і постійними напругами.

Основні технічні параметри (ОТП) первинних джерел живлення:

1. ОТП агрегату живлення:

- номінальна напруга – 230 В;
- номінальна потужність – 4 кВт;
- рід струму – змінний, однофазний;
- частота струму – 400Гц;
- стабільність напруги і частоти –  $\leq \pm 2\%$
- маса – 235 Кг;
- Габаритні розміри:

- довжина – 1150 мм;
  - ширина – 630 мм;
  - висота – 740 мм;
2. ОТП акумуляторної батареї:
- номінальна напруга (напруга бортової мережі) – 26В;
  - електрична ємність – 140 А/г;
  - рід струму – постійний.

До складу первинних джерел живлення входять:

- агрегат живлення АМ – 4 – О/230/Ч-400 – А4.

Агрегат складається з первинного бензинового двигуна типу УД25А4 з дистанційним управлінням, генератора типу ГАБ – 4 – О/230/Ч-400 – А4, та кислотної стартерної акумуляторної батареї типу 6 СТ – 60ЭМ, що використовується для пуску агрегату;

- автотрансформатор АРМ-8;
- дві акумуляторні батареї типу 6СТЭН – 140М;
- генератор Г-290;
- блок живлення ЛПД-29.

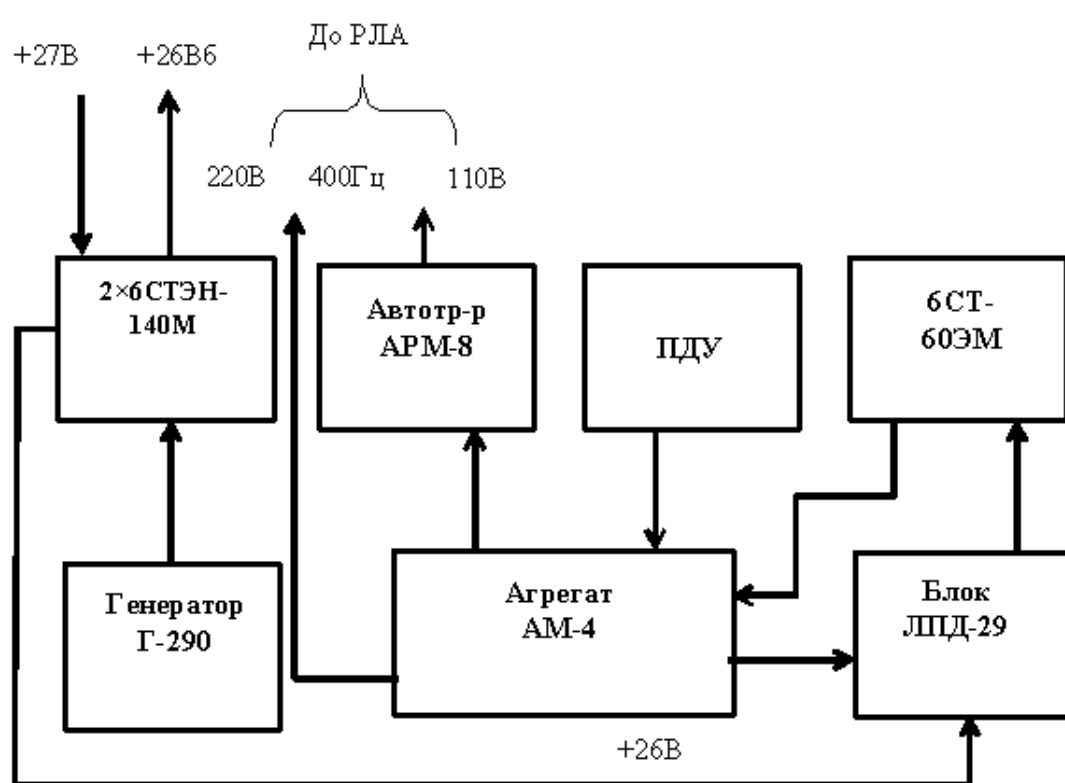


Рис. 2. Структурна схема первинних джерел живлення

Напруга 220В 400Гц агрегату живлення поступає на вторинні джерела живлення та на вентилятори радіолокаційної апаратури, на автотрансформатор АРМ та на блок живлення ЛПД-29. Автотрансформатор АРМ-8 перетворює напругу 220В 50Гц в напругу 110В 50Гц, яка використовується для живлення селінів та вентиляторів радіолокаційної апаратури.

Акумуляторні батареї 6СТЭН-140М використовуються для живлення напругою +26В бортової мережі (БМ) в умовах, коли агрегат живлення не працює.

Крім того, напруга акумуляторних батарей +26В використовується для аварійної підзарядки акумулятора 6СТ– 60ЭМ в умовах, коли агрегат живлення не працює.

Підзарядка акумуляторних батарей 6СТЭН – 140М здійснюється за допомогою напруги +27В, яка виробляється внутрішніми джерелами живлення радіолокаційної апаратури. Під час руху машини підзарядка акумуляторних батарей здійснюється від генератора Г-290.

Для запуску агрегату живлення використовується напруга 12,6 В з акумуляторної батареї 6СТ-60ЭМ, підзарядка якої здійснюється від працюючого агрегату живлення через блок ЛПД-29, або в аварійному режимі – від акумуляторних батарей 6СТЭН – 140М через блок ЛПД-29.

На сьогоднішній день, існує досить велика кількість думок яким способом модернізувати радіолокаційну станцію СНАР-10, а саме заміна старих блоків управління на нові, більш зручні в користуванні а також займають набагато менше місця, що дозволить екіпажу швидше виконувати поставлені завдання. Ще одним можливим способом покращення роботи радіолокаційної станції покращення параметрів антенної системи, що дозволить приймати більший діапазон сигналів а також дальність виявлення об'єктів. Але у військовій справі час має велике значення, а час переходу станції з похідного в бойове положення при прогрітому джерелі живлення до 5 хв. Це досить великий термін, особливо в той момент коли радіолокаційна станція працює в умовах безпосереднього зіткнення з противником, виходячи з цього можливим способом модернізації СНАР-10, це заміна генератора ГАБ – 4 – О/230/Ч-400 – А4 на 2 акумуляторні батареї 6СТЭН – 140М, з перетворенням постійного струму в змінний потрібного номіналу за допомогою електронного перетворювача

Найбільш перспективним шляхом побудови перетворювача є використання в якості керуючого елементу спеціалізованого контролера EG8010. Плати побудовані на вказаному контролері дозволяють швидко и без особливих складнощів побудувати перетворювачі напруги 12/24 В постійного струму в 220 В змінного струму промислової та підвищеної частоти.

Параметри контролера EG8010:

- Напруга живлення цифрової частини: + 5В;
- Напруга живлення драйверів: + 12В;
- Частота ШІМ: 23.4 КГц;
- Тактова частота контролера: 12 МГц;
- Можливість установки фіксованих значень частоти 50Гц і 60Гц;
- Плавне зміна частоти два режими 0-100Гц і 0-400Гц;
- Плавний пуск час 1с;
- Зворотній зв'язок по напрузі, струму, температурі;
- Захист від перевантажень по напрузі і струму;
- Можливість підключення по послідовній шині, для регулювання вихідної напруги, частоти та інших параметрів;
- Можливість підключення по послідовній шині LCD модуля 128 \* 32 дисплея для відображення напруги, частоти, температури, значення струму;

Порівнюючи дані тактико-технічних характеристик контролера EG8010 а також 2 додаткових АКБ 6СТЭН – 140М, з тактико технічними характеристиками генераторної установки ГАБ – 4 – О/230/Ч-400 – А4, можемо зрозуміти що за допомогою EG8010 як пристрою який змінює певну величину напруги для споживання бортової апаратури, ми можемо досягти ККД який перевищує ККД генераторної установки.

**Висновки.** Розглянувши вище зазначене, можна сказати, що система електроживлення з контролером буде забезпечувати надійне електропостачання на бортову мережу радіолокаційної станції. Ці компоненти компактні, а також мають не велику масу, безпечні в експлуатації і мають просту конструкцію. Контролер буде в змозі аналізувати та видавати інформацію щодо значень напруги, струму та температури, що дозволить більш якісно слідкувати за цими параметрами в бортовій мережі.

Виходячи з аналізу системи електроживлення СНАР-10, а також інших параметрів даної радіолокаційної станції, можемо зробити висновок, що система електроживлення застаріла і потребує модернізації. Даний спосіб рішення швидкодії швидкості переходу з похідного положення в бойове, за допомогою контролера EG8010, дозволить без особливих змін в самій конструкції СНАР-10 провести модернізацію системи електроживлення, що дозволить підвищити її ефективність.

**Список використаної літератури**

1. Памятка для расчёта изделия 1РЛ232-1. – Военное издательство Министерства обороны СССР, 1979. – 115 с.
2. Будова та експлуатація радіотехнічних засобів Ч.1 – Міністерство Оборони України 2005. – 57- 62 с.
3. Вельміскін Д.І. Теоретичні основи радіолокації: Конспект лекцій. – Дніпропетровськ: «Економіка», 2005. – 128 с.

4. *Основи побудови радіолокаційних засобів розвідки повітряного простору: конспект лекцій / К. С. Васюта, О. В. Тесленко, В. М. Купрій, О. А. Малишев. – Х.: ХУПС, 2013. – 212 с.: іл.*
5. *Изделие 1РЛ232. Техническое описание. БД 1.401.010 ТО. –1985. –502 с.*

**Рецензент:** Нікул С.О., к.т.н., доц. Військова академія (м. Одеса)

УДК 623.438.4

Луцик Р.,

Малишкін О.

Військова академія (м. Одеса)

## ОБҐРУНТУВАННЯ ВИМОГ ДО ПЕРСПЕКТИВНОЇ АРТИЛЕРІЙСЬКОЇ СИСТЕМИ

У статті розглядається питання розвитку артилерійських систем шляхом аналізу світових тенденцій в цій сфері. Проведений аналіз стану зразків артилерії, що знаходиться на озброєнні СВ ЗС України, визначення напрямків розвитку. Вимоги до артилерійських систем, які визначаються умовами ведення бойових дій підрозділами артилерії в сучасному бою.

**Ключові слова:** самохідна артилерійська система (САС), вогнева ефективність артилерії, мобільність артилерії, самохідна артилерійська установка (САУ).

**Постановка проблеми.** Зусилля фахівців в галузі проектування артилерійського озброєння і військової техніки (ОВТ) з метою їх удосконалення поки що спрямовані за двома паралельними векторами: це спроби пристосувати накопичений досвід ведення бойових дій до нових завдань, не виходячи за межі традиційних методів, і пошуку нових технологій у напрямку удосконалення як окремих механізмів гармат, так і артилерії в цілому на фоні зростаючого попиту військовиків, в першу чергу, на підвищення вогневої ефективності і мобільності гармати. Безпосереднє виконання вогневих завдань, як показав досвід військового конфлікту, проводився зазвичай в короткі терміни і в скороченому обсязі. Таке диктувалося необхідністю унеможливленням ураження вогневих підрозділів артилерією противника, що призводило до невиконання вогневих завдань за причин низької скорострільності і мобільності.

**Актуальність проблеми.** У системі вогневого ураження противника найважливіша роль належить артилерії. Її значення як головної вогневої сили Сухопутних військ було завжди високим і залишається таким сьогодні. Для прикладу, у часи Другої світової війни, на артилерію припадало до 80 % завдань з вогневого ураження противника. На сьогоднішній день, з досвіду військових навчань та локальних війн, у яких брали участь Сухопутні війська, розподіл загального обсягу завдань вогневого ураження в тактичній зоні має такий вигляд: на артилерію – 60-70 %, на авіацію – 20-25 %, на ракетні війська – до 5 %, на механізовані і танкові війська – до 10 %. [1] Збереженню ролі артилерії та актуальності її застосування в збройних конфліктах сприяють якісні зміни, що відбуваються в її озброєнні, а конкретніше впровадження новітніх технологій в дану сферу, модернізація та удосконалення всіх видів артилерії, створення нових зразків відповідно до вимог, що визначають умови бою. Актуальність питання застосування і розвитку артилерії з самого зародження цієї науки була актуальною і по нині не зменшує своєї значущості. Артилерія була, є і буде залишається всепогодним і вседобовим засобом, що здатен вражати об'єкти противника як точковим так і масованим вогнем з вибірковою дією на відносно великих відстанях.

**Мета статті** полягає у визначенні шляхів розвитку артилерійських систем на підставі аналізу тенденцій в цій сфері провідних країн світу.

**Виклад основного матеріалу.** Особливості ведення бойових дій на Сході України визначають нові способи застосування артилерії в складі груп чи самостійно. Штатні артилерійські системи, що знаходяться на озброєнні ЗС України мають ряд морально застарілих елементів, що не відповідають умовам ведення сучасного бою, тому їх модернізація є важливою необхідною. Крім того, проаналізувавши тенденції розвитку в цій сфері провідних країн світу, можна стверджувати про доцільність створення нових артилерійських систем, які б ефективніше виконували ряд певних завдань, що ставляться перед ними.

Закономірності розвитку потреб визначають тенденції їх зміни. Удосконалення зразка озброєння веде до покращення його тактико-технічних характеристик, що передбачає нові можливості його застосування і навпаки – нові вимоги до озброєння, задовольняються за рахунок покращення тактико-технічних характеристик. Питання модернізації і створення нових артилерійських систем є досить важливим, оскільки воно напряму впливає на ефективність артилерійських підрозділів.

Якщо звернутись до даних з відкритих джерел і проаналізувати отриману інформацію, можна зробити висновок, що основними самохідними артилерійськими гарматами підрозділів СВ ЗС України є 122-мм СГ 2С1 «Гвоздика» і 152-мм СГ 2С3 «Акація» в силу своєї кількості, надійності, універсальності та поширених боєприпасів.



Рис. 1. Оснащення Сухопутних військ України самохідними артилерійськими установками [2]

Таблиця 1

Тактико технічні характеристики зразків САУ СВ ЗС України

Характеристики	2С1	2С3М	2С19	2С5	2С7
Країна-експлуататор	Україна	Україна	Україна	Україна	Україна
Рік прийняття на озброєння	1971	1971	1989	1976	1976
Калібр гармати, мм	122	152	152	152	203
Час приведення в бойове положення (готовність)	до 2	1,5-2	2	1,5-2	10
Довжина ствола, калібри	35	28	47	47	55,3
Максимальна дальність стрільби ОФС, км	15,2	17,3	24,7	28,3	37,5
Максимальна дальність стрільби АРС, км	-	20,3	29	32,82	47,5
Бойовий комплект при СГ, шт.	40	60	50	30	4
Максимальна швидкострільність, пост./хв.	4-6	4-6	7-8	5-6	1-2
Екіпаж, чол.	4	4	5	5	7
Наявність апаратури: СУ вогнем, навігації, балістики	-	-	-	-	-
Бойова маса, т	15,7	27,5	43,2	28,2	46
Потужність двигуна, кін.с	300	520	780	520	780
Максимальна швидкість, км/год	60	60	60	60	50
Запас ходу, км	500	500	500	500	500

Артилерійський парк СВ ЗС України на даний час складається виключно з САУ саме на гусеничному шасі. Аби провести порівняльний аналіз зі зразками озброєння провідних у військовому відношенні країн звернемо увагу на аналогічні САУ. Нижче наведені основні тактико-технічні характеристики самохідних гармат провідних у військовому відношенні країн.

Таблиця 2

Тактико технічні характеристики зразків САУ провідних у військовому відношенні країн світу [3]

Характеристики	М109А6 «Паладин»	PzH 2000	AMX AuFIT	AS90 «Braveheart»	2С19М2 «Мста-С»
Країна виробник	США	ФРН	Франція	Англія	РФ
Рік прийняття на озброєння	1991	1998	1998	1998	2012
Калібр гармати, мм	155	155	155	155	152
Час приведення в бойове положення (готовність)	<1 хв	<1 хв	<1 хв	<1 хв	<1 хв



Продовження таблиці 2

Довжина ствола, калібри	39	52	39	52	47
Максимальна дальність стрільби ОФС, км	22	30	23	30	24,7
Максимальна дальність стрільби АР ОФС, км	30	40	28	40	29
Бойовий комплект при СГ, шт.	39	60	42	48	50
Максимальна швидкострільність, пост./хв.	4	8-10	8	6	10
Екіпаж, чол.	5	3+2	4	5	5
Наявність апаратури: СУ вогнем, навігації, балістики	+	+	+	+	+
Бойова маса, т	28,9	55	43	45	43
Потужність двигуна, кін.с	405	986	720	660	780
Максимальна швидкість, км/год	61	60	60	53	60
Запас ходу, км	299	420	450	420	600

Для наочності наведена порівняльна гістограма окремих характеристик, що безпосередньо впливають на вогневу потужність артилерії. Для прикладу були обрані два зразки САС, а саме 152-мм СГ 2С3 «Акація» та 155-мм PzH 2000.



**Рис 2.** Порівняльна діаграма 152-мм 2С3 та 155-мм PzH 2000.

Отже, проведений аналіз характеристик САС, що знаходяться на озброєнні СВ ЗУ України та країн-передовиків у цьому питанні показує, що вітчизняні зразки значною мірою відстають по низці параметрів, які безпосередньо впливають на ефективність артилерії в бою. Значною мірою на це впливає невелика дальність стрільби, низька скорострільність та відсутність автоматизації процесів, що в сукупності знижує вогневу потужність, мобільність та живучість. Важливим є також відсутність цифрової системи управління вогнем, супутникової навігаційної апаратури, балістичного обчислювача, що негативно впливає на її бойову ефективність, унеможливаючи автономну роботу артилерійської системи.

Вимоги, що пред'являються до САС формуються залежно від можливого сценарію бойових дій.

Для різних умов і для різних задач набір параметрів для їх успішного виконання буде різним. Тому є сенс мати на озброєнні різні типи САС, які б визначались цільовими завданнями, набір переважаючих характеристик у комплексі забезпечував би досягнення кінцевої мети. Говорячи про переважаючі характеристики мається на увазі, що, наприклад, для систем, що діють в складі маневрених вогневих груп, більш важливим є показник мобільності, ніж для тих, які діють в системі вогневого ураження противника в обороні. Але в умовах обмеженого фінансування для України більш доцільнішою є розробка однієї, максимум двох типів САС єдиного калібру, що спроможні однаково ефективно виконувати бойові завдання як у ланці батальйон-бригада (полк), так і у ланці бригада-корпус.

На даний момент, в провідних у військовому відношенні країн світу простежується тенденція переходу артилерії на колісні шасі. Зумовлено це насамперед вимогами можливості здійснення швидкого маневру та маршу протяжністю у декілька сотень кілометрів в умовах бездоріжжя та на дорогах загального призначення. В порівнянні з гусеничними машинами колісні задовольняють перераховані

вимоги: мають більший запас ходу та кращу мобільність, не пошкоджують автомобільних доріг. Також зменшення бойової маси дає можливість адаптації під авіап перевезення, що є також однією з вимог сучасного бою. Для колісних систем важливим питанням є можливість продовжити рух після підриву на міні, що вирішується збільшенням кількості коліс, в той час коли для гусеничних машин підриу на міні, який призвів до пошкодження гусениці, повністю знерухомило і таким чином виводить зі строю бойову одиницю. Також варто зазначити, що з точки зору експлуатації варіант колісного шасі має більший наробіток до обслуговування. Хоча колісне шасі повинне бути обладнане системою вивішування (на відміну від гусеничних машин), але може бути розглянутий варіант ведення вогню прямо з дороги або шосе (як шведська 155 мм САУ FH77 BW L52 «Archer»), що нівелює затримку часу приведення в бойову готовність і відповідно зменшує час знаходження на вогневі позиції.

Впродовж останніх 10 років до Південно-Африканської Республіки, Франції (САУ Caesar) і Ізраїлю (Atmos 2000), які майже повністю перейшли на колісні самохідні гаубиці 155 мм. До оновлення парку САУ цього класу шляхом впровадження колісних шасі, починають приєднуватись Швеція (Archer FH77BWL52), Італія (ULWSPWH), Польща, Румунія (останні дві – співпраця з Ізраїлем на базі Atmos 2000).

Таблиця 3

Тактико технічні характеристики колісних САУ провідних у військовому відношенні країн світу [4]

Характеристики	Caeser	Archer FH77BWL52	Atmos 2000
Країна виробник	Франція	Швеція	Ізраїль
Рік прийняття на озброєння	2007	2014	2006
Калібр гармати, мм	155	155	155
Час приведення в бойове положення (готовність)	<1 хв	30 с	1,5 хв
Довжина ствола, калібри	52	52	39/52
Максимальна дальність стрільби ОФС, км	30	30	30
Максимальна дальність стрільби АР ОФС, км	42	40	41
Бойовий комплект при СГ, шт.	18	21	32
Максимальна швидкострільність, пост./хв.	6	8	4 – 9
Екіпаж, чол.	5	3	4
Наявність апаратури: СУ вогнем, навігації, балістики	+	+	+
Бойова маса, т	18,5	33	22
Потужність двигуна, кін.с	240	330	315
Максимальна швидкість, км/год	100	90	80
Запас ходу, км	600	500	1000

Артилерійський парк СВ ЗС України на даний час складається виключно з САС саме на гусеничному шасі з калібрами уніфікованими у країнах «Варшавського договору» (122-мм, 152,4-мм). Але зараз загальна картина виглядає інакше, Україна взяла напрям на уніфікацію калібрів артилерії з країнами НАТО (155-мм) і шляхи вирішення цього питання достатньо логічні, враховуючи неможливість заміни стволів на прийнятих на зразках озброєння, це або закупівля нових артилерійських систем з калібром 155-мм, які б задовольняли всі вимоги, що висувуються до сучасних САС, або ж налагодження власного виробництва артилерійських систем, які б відповідали стандартам НАТО. [5]

Таким чином результатом праці в цій сфері Краматорського заводу важкого верстатобудування стала перспективна вітчизняна САУ 2С22 «Богдана». Побудована вона на шасі КрАЗ-63221 зі спареною броньованою кабіною для розміщення обслуги бойової машини, також має автоматизовану систему наведення та автоматичної подачі боєприпасів на 6 снарядів. Управління всіма процесами стрільби може здійснюватися як із кабіни, так і ззовні.

Закупівля 155-мм систем не планується, натомість Комітет Верховної Ради з питань нацбезпеки, оборони та розвідки ухвалив зміни до Державного оборонного замовлення на 2020 рік та передбачив у ньому закупівлю 30 одиниць чеської САУ "Dana-M2", що викликало шквал негативних відгуків про дане рішення. Основна їх маса спирається на недоцільність цієї дії, оскільки ця система за своїми бойовими можливостями й рівнем автоматизації є на рівні радянської 2С19 "Мста-С", прийнятої на озброєння у 1989 році з відповідним калібром в 152,4-мм [6].

**Висновки.** проведений вище аналіз стану самохідної артилерії свідчить про необхідність роботи в цій сфері в напрямку покращення вогневих якостей, показників живучості та мобільності артилерії СВ ЗС України для вирішення бойових завдань в умовах ведення сучасного бою. Новітня артилерія, повинна забезпечувати виконання вогневих завдань протягом певного терміну в умовах ведення автономних бойових дій на основі функціонування систем автоматизованого управління та бойового забезпечення.

#### *Список використаних джерел*

1. П. Є. Трофименко, Ю. І. Пушкарьов, С. П. Лат ін, М. М. Ляпа, О. В. Панченко Такт ична підгот овка арт илерійських підрозділів // Суми, Сумський держ авний університ ет . – 2012. – С.248–249.
2. *Оснащення Сухопутних військ України.* [Електронний ресурс]: – Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Оснащення\\_Сухопутних\\_військ\\_України](https://uk.wikipedia.org/wiki/Оснащення_Сухопутних_військ_України)
3. *Модернизация английской 155-мм гаубицы AS-90 (2002).* [Електронний ресурс]: – Режим доступу: <https://vfront.ru/tanki/sau-plz-05.html>.
4. *Ст вольная и реакт ивная арт илерия: характ ерист ики и применение.* [Елект ронний ресурс]. – Реж им доступу: <http://topwar.ru/21276-stvolnaya...reaktivnaya-artilleriya>.
5. *САУ “Богдана” очікує на завершення державних випробувань та стрільби бойовими зарядами.* [Електронний ресурс]: – Режим доступу: <https://uprom.info/news/vpk/sau-bogdana-ochikuyena-zavershennya-derzhavnyh-vyprobuvan-ta-strilby-bojovymu-zaryadamu-foto/>.
6. *Україна купує тридцять САУ «Dana-M2» – чи потрібні вони ЗСУ?* [Електронний ресурс]: – Режим доступу: <https://savelife.in.ua/ua/ukraina-kupuje-trydciyat-sau-dana-m2-%E2%80%93-chy-potribni-vony-zsu-/>.

**Науковий керівник:** Малишків О.

**Рецензент:** Сергеев С., к.т.н., доц., Військова академія (м. Одеса).

УДК 623.55.023

Майборода А.,

Дехтяренко К.

Військова академія (м. Одеса)

## **РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО УДОСКОНАЛЕННЯ ТАКТИКО – ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК АРТИЛЕРІЙСЬКИХ ЗВУКОМЕТРИЧНИХ КОМПЛЕКСІВ**

*У статті досліджуються чинники, які впливають на ефективність удосконалення тактико – технічних характеристик артилерійських звукометричних комплексів.*

**Ключові слова:** звукометричні комплекси, ефективний час, ефективність цілей вогневого ураження.

**Постановка проблеми.** Досвід світових війн минулого століття, локальних війн і локальних сутичок, а саме збройний конфлікт на Сході нашої держави, переконливо свідчить, що значна роль у виявленні артилерії та мінометів противника припадала на артилерійську звукову розвідку. Саме за таких гірких умов виникає гостра необхідність у використанні засобів звукометричної розвідки, які дозволять своєчасно визначити координати позиції ворожої артилерії і оперативно завдати удари у відповідь. Звукова розвідка тісно пов’язана з розвитком артилерії та тривала протягом усієї її історії. В різні часи на звукометричну розвідку припадало до 65%, а інколи й до 90% артилерійських та мінометних батарей від загальної кількості виявлених артилерійських, мінометних батарей, батарей РСЗВ противника. Звукова розвідка є складовою частиною артилерійської розвідки та засобом інформаційного забезпечення дій ракетних військ і артилерії. Сьогодні ринок насичений як мініатюрними пристроями для індивідуального носіння, так і громіздкими, що встановлюються на бойові машини. Нині, визначаючи перспективи озброєння та військової техніки, є потреба мати чіткі орієнтири розвитку засобів звукометричної розвідки, знати її місце у загальній системі військових формувань, переваги та напрями вдосконалення.

**Актуальність проблеми.** Аналіз літератури [2,3,9,10] та матеріалів публікацій [1,6,7,8] свідчить, що важливим елементом ефективності застосування артилерії на фронті є можливість з максимальною точністю визначити місце розташування ворожих гармат, мінометів та установок залпового вогню, після чого наводити на них власні засоби вогневого ураження і коригувати їх вогонь. Під час проведення антитерористичної операції на Сході України частини та підрозділи вітчизняного війська, які в ній

заяні, неодноразово потрапляли під масований обстріл як із засобів артилерії, так і з реактивних систем залпового вогню супротивника. Саме за таких умов виникає гостра необхідність у використанні засобів звукометричної розвідки, які дозволяють своєчасно визначити координати позиції ворожої артилерії і оперативно завдати удар у відповідь. Провідні виробники світу створюють широкий спектр акустичних сенсорних пристроїв, що дозволяють визначити місце розташування джерел ворожого вогню, орієнтуючись на звуки пострілів. Серед найбільш відомих виробників – британська компанія BAE SYSTEMS, яка виготовляє комплекс виявлення артилерії противника HALO Mark 2 (Hostile Artillery Locating System), що успішно зарекомендував себе в зонах бойових дій в Іраку і Афганістані, німецька – Alcatel SEL з новим комплексом SMAD, французька – THALES SAFARE з системою SL2A, ізраїльська Rafael з комплексом ARTILOC (Artillery Location Acoustic System), а також нідерландська Microflown AVISA з RAM-LOC.

Отже, основними чинниками, які вплинули на появу та стрімкий динамічний розвиток звукометричної розвідки, було те, що з виникненням способу ведення вогню артилерії із закритих вогневих позицій гостро постало питання виявлення та визначення координат артилерійських батареї.

**Мета статті** полягає у розкритті і визначенні чинників, які найбільше впливали на розвиток звукометричної розвідки та її подальше удосконалення.

**Викладення основного матеріалу.** Перша спроба використати “звук” у військовій справі припадає на 1884 р., коли вперше у Франції на Гаврському полігоні були проведені дослідження зі спостереження за звуками, що супроводжують політ снаряда. Результатом цих дослідів стало вивчення області, в якій відбувається і спостерігається збурення повітряного середовища снарядом у польоті, т.зв. акустичне поле. Подальші роботи не тільки підтвердили наявність двох хвиль при пострілах з гармати з початковими швидкостями, що перевищують звичайну швидкість звуку, але й остаточно встановили, що перша із хвиль викликається снарядом (балістична хвиля), а друга з’являється внаслідок детонації порохових газів на деякій відстані від ствола гармати (дульна хвиля). Так почалась історія розвитку артилерійських звукометричних комплексів.

Визначення акустичного сигналу, який виникає при пострілі вогнепальної зброї, використовується в артилерії для визначення місця знаходження гармат противника. В його основі лежить метод Миколи Альбертовича Бенуа (1909 р.) – російський офіцер, який створив перший зразок звукометричної станції, в основі якої було визначення розташування джерела звуку за різницею часу приходу на просторово розподілені акустичні приймачі. Цей принцип використовується в автоматизованих акустичних комплексах.

Значний прорив у розвитку звукової розвідки відбувся після застосування стрільби із закритих вогневих позицій. На початку Першої світової війни був сформований перший у світі підрозділ звукометричної розвідки (ПЗР) – невеликий звукометричний загін, що складався з шести чоловік. Загін був озброєний звукометричною станцією системи Бенуа. У серпні 1914 р. цей звукометричний загін, уперше в умовах ведення бойових дій, засік стріляючу батарею противника, помилка засічки складала 3% дальності засічки. У листопаді 1914 р. на Краківському напрямку звукометричним загоном було успішно проведено перше корегування вогню своєї артилерії по батареях противника, що були засічені тим же загоном.

В радянській армії ці завдання вирішували комплекси звукометричної розвідки. Причому всі вони вироблялися в Одесі на базі Спеціального конструкторського бюро «Молнія». Після розпаду СРСР конструкторське бюро «Молнія» продовжило свої розробки. Найсучаснішим же комплексом, який вийшов зі стін бюро, є розвідувальний автоматизований звукометричний комплекс (РАЗК) «Положення-2». Його розробка була розпочата в 1995 році і завершена в грудні 2012 року. Крім того, до участі в роботах по створенню апаратної машини були залучені Тернопільський радіозавод «Оріон» (радіостанції Р-173м і РН-2.7 «Оріон РН-2.7»), державне підприємство «Радіоприлад» (телефонний апарат ТА-57) і державне підприємство «Оризон-Навігація» (прилади супутникової навігації СН-3210 і СН-3003М «Базальт-М»). Після завершення державних випробувань наказом міністерства оборони України № 126 від 20 лютого 2013 року, комплекс був офіційно прийнятий на озброєння Збройних Сил України під найменуванням ІАР1 «Положення-2».

На момент анексії Криму і початку війни на Донбасі у військах був один такий комплекс. З 2015 року його виробництво передано на Львівський державний завод «ЛОРТА». Тут же проводяться роботи по заміні компонентів російського виробництва на комплектуючі українського і західного виробництва.

У 2016 році станція була включена у каталог продукції державного концерну “Укроборонпром” в якості зразка продукції військового призначення, яка може бути виготовлена та поставлена на експорт. РАЗК складається з апаратної машини на базі багатоцільового транспортера МТ-ЛБу (екіпаж-5 чоловік), трьох акустичних баз, дев’яти високочутливих датчиків-мікрофонів і метеостанції. Використовується навігаційна апаратура «заточена» під GPS. Аудіо інформація, що надходить через звукоприймачи «Положення», обробляється комп’ютером, який видає координати артилерії противника і точок розривів снарядів і мін, випущених нашими. Всі дані передаються по шифрованих каналах зв’язку і відображаються в онлайн-режимі на екрані оператора і цифровому планшеті артилерійського командира.

Максимальна дальність, на якій комплекс «чує» противника, – 35 кілометрів. Коригувати вогонь своєї артилерії він може на відстані до 15 км. Чим ближче джерело звуку, тим точніше РАЗК визначає його місце розташування. Час визначення координат – не більше 5 секунд. Кількість прийнятих сигналів пострілів і розривів – до 50 в хвилину. Кількість оброблених цілей до 100.

Безперечною перевагою АЗКР «Положення-2» у порівнянні з комплексами АЗК-5 та АЗК-7 є суттєве скорочення транспортних засобів і особового складу, який обслуговує комплекс, у 4 і 5 разів відповідно. Під час проведення антитерористичної операції на Сході України частини та підрозділи Збройних сил України, які в ній задіяні, неодноразово потрапляли під масований обстріл як із засобів артилерії, так і з реактивних систем залпового вогню супротивника.

Саме за таких умов виникає гостра необхідність у використанні засобів звукометричної розвідки, які дозволять своєчасно визначити координати позиції ворожої артилерії і оперативно завдати удар у відповідь. Як відомо, робота засобів артилерійської звукової розвідки заснована на використанні прийнятих сигналів ударних акустичних хвиль, що виникають при стрільбі артилерійських гармат (мінометів) і при розривах артилерійських снарядів (мін), для просторово-часової локалізації акустично активних об’єктів. Адже під час стрільби з артилерійських гармат (мінометів), при пусках реактивних снарядів (ракет) виникають ударні імпульси, що супроводжуються різними акустичними явищами – дульна хвиля пострілу артилерійської гармати (міномета), акустична хвиля реактивного двигуна або ракети тощо. Це і дозволяє спеціалізованій звукочутливій техніці визначати місця розташування стріляючої ворожої артилерії і наводити за отриманими даними на ціль свою артилерію. При цьому звукометричні комплекси є абсолютно пасивними, що робить неможливим їхнє виявлення і подальше знищення противником.

До речі, принцип побудови акустичних систем, алгоритм обчислення місця розташування позицій стріляючої артилерії, а іноді навіть склад комплексів у всіх країнах практично однаковий з деякими особливостями, характерними для кожного з виробників. В основному такий комплекс являє собою пункт управління та рознесені на місцевості акустичні датчики, кількість яких може коливатися від трьох до шістнадцяти. Максимальна дальність виявлення позицій стріляючої артилерії, згідно з оприлюдненою інформацією, коливається від 10 до 56 км, а точність визначення місця розташування сягає 50-100 м.

Одночасно розвитком звукометрії займаються також країни озброєння яких, в центрі уваги усього світу, серед яких Франція та США.

Для забезпечення особового складу американських підрозділів, розміщених у зонах активного застосування противником засобів вогневого ураження, американська фірма QinetiQ North America розробила персональну акустичну систему виявлення і наведення Swats (Shoulder-Worn Acoustic Targeting System). Нині у війська поставлено вже близько 17 тисяч таких систем, які також застосовуються і підрозділами Корпусу морської піхоти. Базовим елементом цієї системи є сенсорний комплекс, виконаний у вигляді плечової накладки з вбудованими в неї мікрофонами, приймачем GPS сигналів, гіроскопом, магнітним компасом і акселерометром. На відкритій місцевості система Swats виявляє і визначає місце розташування вогневих точок противника на відстані до 400 метрів. При цьому похибка вимірювань становить  $\pm 7.5^\circ$  за азимутом і не більше 10% за дальністю. Система показала свою високу надійність, а відсоток гарантійних повернень від бойових підрозділів не перевищує 1% від загальної кількості поставлених систем. Swats не тільки інформує бійця про розташування ворожої вогневої точки щодо його власного місця знаходження, але також постійно оновлює дані про розташування вогневої точки при переміщенні бійця по полю бою і передає ці дані іншим членам підрозділу. Вся отримана інформація відображається у вигляді звукових сигналів на спеціальному пристрої або (у графічній формі) на екрані дисплея, який важить лише 110 грамів.

Франція – інтегрований модуль Pearl. Позаминулого року компанія Acoem-Metraviv запустила в серійне виробництво нову персональну акустичну систему виявлення ворожих вогневих точок Pearl (Personal Equipment Add-on for Reactive Localization). Ця економічна, недорога система створювалася як елемент індивідуального екіпірування піхотинця для встановлення (на планці Пікатінні) на штурмових гвинтівках, кулеметах і снайперських гвинтівках. Система, виконана у вигляді інтегрованого модуля, призначена для виявлення і визначення місця розташування ворожих вогневих точок. За ваги менше 400 грамів, система Pearl виявляє постріли куль і снарядів калібру від 5,45 до 20 мм. Розробник стверджує, що ймовірність виявлення стрільця перевищує 95%, а похибка вимірювання його координат становить  $\pm 10^\circ$  за азимутом і кутом місця та  $\pm 20\%$  за дальністю. При цьому система реагує на звук пострілу менше ніж за одну секунду. Фахівці компанії вже завершили роботи з інтегрування цієї системи з прицільним комплексом Sagem Sword T1. Передбачена і можливість інтеграції з такими системами цілеуказання, як Sagem Sophie (для використання при визначенні місця розташування снайперських точок), а також з дистанційно керованими гарматами.

Не поступаються передовим країнам і вітчизняні розробки. Зокрема, Казенне підприємство «Спеціальне конструкторське бюро «Молнія» (КП СКБ «Молнія»), яке входить до складу Державного концерну «Укроборонпром». Фахівці КП СКБ «Молнія» розробили поліпшену версію створеного в КБ ще за радянських часів комплексу АЗК-7 — розвідувальний автоматизований звукометричний комплекс (РАЗК), що отримав для українського споживача назву «Положення-2». Як й іноземні аналоги, комплекс призначений для розвідування вогневих позицій артилерійських гармат і мінометів супротивника, а також для визначення даних для коригування стрільби як однієї батареї, так і дивізіону своєї артилерії. Комплекс ідеально підходить для визначення координат позицій мінометів, артилерійських гармат, реактивних систем залпового вогню «Град».

Комплекс є модульним і може встановлюватися на будь-який відповідний транспортний засіб (легковий автомобіль, МТЛБ тощо). Все необхідне обладнання для обробки даних розміщено всередині комплексу. Для нормального функціонування комплекс обладнаний автономним електрогенератором. Як резервний засіб живлення використовується комплект акумуляторних батарей. Точна доставка комплексу на задану позицію забезпечується супутниковою навігацією GPS/GLONASS. Кабелі-мікрофони під час руху розміщуються всередині транспортного засобу.

Робоче місце оператора обладнане комп'ютером, модулем внутрішнього зв'язку, пристроєм автоматичної обробки даних, метеостанцією. Робоче місце командира містить комп'ютер і принтер для друку розрахованих координат. Система включає три акустичні бази, кожна з яких має три високочутливі датчики-мікрофони. Бази розташовуються на місцевості на відстані від 3 до 8 км, а датчики-мікрофони на суворо визначеній відстані один від одного по фронту і вглиб. Комплекс розгортається в бойовий порядок на відстані 2–3 км від переднього краю. До складу кожної акустичної бази входять переносні пристрої GPS/GLONASS, за допомогою яких визначаються їхні акустичні центри. Комплекс обладнаний метеорологічною станцією, яка встановлюється в безпосередній близькості від КП. Зв'язок між акустичними базами і КП здійснюється по польовому телефонному кабелю, за потреби може використовуватися радіозв'язок. Залежно від покладених на нього завдань комплекс може випускатися в п'яти модифікаціях. Вітчизняний розвідувальний автоматизований звукометричний комплекс забезпечує виявлення цілей на дальності до 35 км, коригування вогню своєї артилерії до 15 км. Точність визначення координат цілей становить від 0,5 до 0,8% (в залежності від модифікації) від дальності і 10,8–14,4 кутових хвилин за напрямком. Час визначення координат не перевищує 5 секунд. Кількість прийнятих сигналів пострілів і розривів – до 50 за хвилину. Кількість оброблюваних цілей до 100. До безперечних переваг комплексу слід віднести автоматичне, без участі оператора, визначення координат, одночасне ведення розвідки і коригування вогню своєї артилерії, пасивність і неможливість пригнічення засобами радіоелектронної боротьби при роботі на дротових лініях. При роботі з використанням радіозасобів – відсутність ознак, за якими комплекс можна виділити серед решти радіозасобів, робота в системах GPS і GLONASS. Можливості комплексу вже оцінили й у вітчизняному оборонному відомстві. У лютому 2013 року розвідувальний автоматизований звукометричний комплекс «Положення-2» був прийнятий на озброєння Збройних Сил України. Серійне виробництво комплексу було заплановане на 2015 рік. Утім брак коштів вносить певні корективи. Проте сподіватимемося, що необхідний фінансовий ресурс все ж таки знайдеться, і необхідна кількість комплексів військово отримає.

Виходячи з вищевказаної інформації, можна зробити висновок, що у звукометричних комплексах, які знаходяться на озброєнні Збройних сил України є ряд переваг та недоліків. Перевагою автоматизованих звукометричних комплексів є те, що в їх основу був закладений пасивний принцип дії, завдяки чому під час визначення координат вогневих засобів противника не випромінюють власних сигналів, які могли б демаскувати «робочі» позиції комплексів детекторним системам противника. Таким чином комплекси залишаються непомітними, що запобігає ризику потрапляння під вогонь ворожих засобів ураження. Недоліком принципів, закладених в автоматизованих звукометричних комплексах є відсутність здатності їх використання для наведення високоточної зброї (ВТЗ), так як вони дозволяють лише визначати розташування вогневих засобів противника. Для коригування траєкторії випущеного снаряду інформації, отриманої від цих комплексів, недостатньо, так як вони, з одного боку, знаходяться досить далеко від цілі (що знижує точність визначення координат) і, з іншого боку, у них відсутній функціональний зв'язок з цим снарядом. Крім того, ці комплекси характеризуються обмеженою живучістю, що обумовлено необхідністю участі особового складу у трудомісткій і небезпечній операції встановлення звукоприймачів в зоні, наближеної до території противника. В умовах локальних конфліктів, за відсутністю чітких меж території, зайнятих противником, і застосування противником зброї відносно невеликого калібру (міномети, стрілецька зброя), використання автоматизованих звукометричних комплексів малоефективне і може призвести до невиправданих втрат особового складу. Тобто комплекси мають ряд вищевказаних характеристик, які потрібно постійно удосконалювати і модернізувати.

#### **Список використаних джерел**

1. Петлюк О.І. *Особливості застосування підрозділів артилерійської розвідки під час ведення бойових дій в ході АТО / Петлюк О.І., Петлюк І.В. // – Перспективи розвитку озброєння та військової техніки Сухопутних військ. Збірник тез доповідей Міжнародної науково-технічної конференції (Львів, 14-15 травня 2015 року). – Львів: АСВ, 2015. – С.114-115.*
2. *Указания по боевой работе подразделений звуковой разведки, вооруженного автоматизированным звукометрическим комплексом АЗК-5 – М.: Воениздат. 1989г. – 96 с.*
3. *Руководство по боевой работе подразделений звуковой разведки артиллерии – М.: Воениздат, 1981. – 208 с.*
4. *Топогеодезическая подготовка ракетных войск и артиллерии сухопутных войск. – М.: Воениздат, 1982.*
5. *Точность определения координат GPS [Електроний ресурс] / Режим доступу: <http://helpform.ru/544777>*
6. *Сергієнко Р.В. Оцінка ефективності координатного методу визначення дирекційних кутів з використанням супутникових навігаційних систем/ Сергієнко Р.В. – Львів: Військово-технічний збірник. – 2010. – №3. – С. 81-85.*
7. *Сергієнко Р.В. Особливості застосування комплексу звукометричної розвідки в умовах антитерористичної операції /Сергієнко Р.В., Пацетник В.І., Процанін Ю.А // – Перспективи розвитку озброєння та військової техніки Сухопутних військ. Збірник тез доповідей Міжнародної науково-технічної конференції (Львів, 14-15 травня 2015 року). – Львів: АСВ, 2015. – С.92-93.*
8. *Дубиль Р.Я. Модернизированный комплекс зондирования атмосферы «Радитеодолит-УЛ» / Дубиль Р.Я., Прокопец А.Б.// - Перспективи розвитку озброєння та військової техніки Сухопутних військ. Збірник тез доповідей Міжнародної науково-технічної конференції (Львів, 14-15 травня 2015 року). – Львів: АСВ, 2015. – С.106.*
9. *Таланов А.В. Звуковая разведка артиллерии. – М.: Воениздат, МВС СССР, 1948. - 400с.*
10. *Сластенов Н.П. Звуковая разведка наземной артиллерии. М.: Военное изд. 1955г – 332с.*

УДК 62-757.5

**Маханьков В.,****Мальцев О.,** д.т.н., проф.,**Бабій М.***Військова академія (м. Одеса)*

## **ПІДВИЩЕННЯ ТЕХНІЧНОЇ ЖИВУЧОСТІ ВІЙСЬКОВОЇ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ СПОСОБАМИ І ЗАСОБАМИ ЗАХИСТУ ОСОБОВОГО СКЛАДУ ВІД ВРАЖАЮЧИХ ФАКТОРІВ ЗБРОЇ ПРОТИВНИКА**

*Аналіз ведення сучасних бойових дій, особливо проведення Операції об'єднаних сил на сході країни, показує, що особливої актуальності застосування військової автомобільної техніки (ВАТ) в бойових умовах набуває забезпечення її живучості, мобільності та маневреності, а головне – захисту особового складу від вражаючих факторів зброї противника. Тому, розмірковуючи про живучість військ, в першу чергу слід говорити про живучість особового складу, інакше тлумачення даної категорії набуває технократичний характер, людський фактор не береться і це неминуче веде до помилкової методології у визначенні критеріїв її оцінки. Тому, питання підвищення живучості ВАТ способами і засобами захисту особового складу від вражаючих факторів зброї противника сьогодні дуже актуальне.*

**Ключові слова:** захист, технічна живучість, автомобільна техніка, бронювання.

**Постановка проблеми.** В ході ведення Операції об'єднаних сил Збройні Сили України зіткнулися із найсерйознішими загрозами та викликами за весь час існування Української держави. Це – застосування ворогом новітніх зразків стрілецького, артилерійського, реактивного, бронетанкового озброєння, тому наукове завдання щодо удосконалення методики підвищення живучості та боєздатності ВАТ має актуальне значення. Складність умов використання ВАТ неминуче веде до необхідності удосконалення системи технічного забезпечення військ і однієї з основних її складових – живучості та боєздатності, особливо забезпечення живучості способами і засобами захисту особового складу від вражаючих факторів зброї противника.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій** Військова автомобільна техніка (ВАТ) широко застосовують у всіх видах бойових дій не тільки для транспортування особового складу і військових вантажів, а й як базові шасі під монтаж різних видів озброєння і техніки, включаючи спеціальні види родів військ і служб. Аналіз ведення сучасних бойових дій, особливо проведення Операції об'єднаних сил на сході країни, показує, що особливої актуальності застосування ВАТ в бойових умовах набуває забезпечення її живучості, мобільності та маневреності, а головне -захисту особового складу від вражаючих факторів зброї противника.

Боєготовність – це ступінь підготовленості військової техніки до використання її за призначенням при виконанні бойових завдань.

Боєготовність військової техніки характеризується великою кількістю показників, що на неї впливають. [1] У залежності від режиму експлуатації окремим видам військової техніки встановлюють кілька ступенів боєготовності, а також порядок і терміни переводу з одного ступеня в інший. До цих подій, що відбуваються у визначений час, відносяться наступні властивості:

- боєздатність;
- живучість;
- надійність;
- бойовий комплект;
- засоби забезпечення;
- техніка укомплектована запасними частинами і експлуатаційною документацією;

Будь-яка властивість, що характеризує особливість будь-якого явища (об'єкта), є якістю даного явища (об'єкта).

**Боєздатність** – це визначений стан здатності військ вести бойові дії та виконувати визначене бойове завдання. Являється найважливішою умовою досягнення перемоги.

**Живучість** – властивість об'єкта зберігати обмежену працездатність в умовах зовнішніх діянь, що призводять до відмов його складових частин. Живучість слід розглядати як об'єктивно необхідна бойова якість, що характеризує здатність зберігати свою організаційну цілісність і продовжувати виконання поставлених завдань в умовах вражаючого впливу противника.



Стверджуючи це, живучість необхідно розглядати в тісному зв'язку з вогневою міццю, маневреністю, керованістю і ін. Відповідаючи змістом бойових дій, вони проявляються на полі бою в діалектичній єдності і взаємозумовленості. Однак особливу роль відіграє живучість, тобто здатність військ зберігати бойові якості в умовах бою.

Живучість військової техніки забезпечується міцністю конструкції, стійкістю до дії ударної хвилі, високих температур, радіації і т.і. Вона визначає здатність військової техніки виконувати свої функції в умовах впливу супротивника при бойових ушкодженнях і в аварійних ситуаціях. Наприклад, для військової техніки живучість до зовнішніх впливів виявляється в її здатності виконувати бойову задачу по знищенню цілей при вогневому впливі супротивника.

Живучість військової техніки можна характеризувати, по-перше, як бойову можливість військової техніки вести вогонь на самооборону, по-друге, як технічну живучість, обумовлену конструктивними характеристиками її складових, способами і засобами їхнього захисту від вражаючих факторів зброї, застосовуваної супротивником, а також розміщенням їх на місцевості в районі позиції. [2]

**Надійність** – властивість технічних об'єктів зберігати у встановлених межах часу значення всіх параметрів, яку і характеризують здатність виконувати потрібні функції в заданих режимах та умовах застосування, технічного обслуговування (ТО), зберігання та транспортування.

**Бойовий комплект** – певна кількість боєприпасів, встановлених на одиницю зброї або техніки.

Таким чином, бойові якості військ протидіючих сторін, в тому числі і живучість, можуть бути оцінені математично і зіставлені шляхом порівняння відповідних бойових можливостей, а це в свою чергу дозволить на підставі сукупності отриманих показників оцінити рівень боєздатності підрозділу, частини, з'єднання як до початку бойових дій, так і в ході їх ведення.

В даний час є досить ефективна і доступна методика розрахунку вогневих і маневрених можливостей військ, чого не можна сказати відносно керованості і, що особливо важливо, живучості. Очевидно, для того щоб виробити необхідну методику розрахунку ступеня живучості військ, необхідно визначити зміст цього поняття, зіставити основні елементи.

**Виклад основного матеріалу.** Аналіз наявного озброєння та військової техніки, яка використовується сухопутними військами збройних сил показує, що основними їх зразками залишаються танки, бойові броньовані машини, самохідні та причіпні гармати й міномети, зенітно-ракетні комплекси тощо. Застосування на полі бою переліченого озброєння та техніки передбачає, як правило, функціонування дуже громіздкої та інертної системи, яка, як свідчить досвід останніх війн і збройних конфліктів, є не завжди легкокерованою та високоефективною. Особливо це стає відчутним під час ведення асиметричних дій, коли різнорідним важким військовим формуванням протистоять напів партизанські (терористичні) сили зі специфічною високоманевреною тактикою дій.

У цей період, зазвичай, протидіють не регулярні військові частини, озброєні важкою зброєю, а іррегулярні формування, або простіше терористичні групи, на озброєнні яких в основному знаходиться легка та важка стрілецька зброя, з партизанським методом ведення боротьби, основою якого є засідки з широким застосуванням мін і фугасів.

Відповідно до нових форм і методів ведення збройної боротьби на озброєнні сухопутних військ багатьох армій світу з'явився новий клас бойових броньованих машин – броньовані автомобілі.

Але, вз'язку з економічними труднощами в державі основними проблемами оснащення Сухопутних військ ОВТ залишаються низька ефективність заходів державної військово-технічної політики.

Значне відставання темпів оснащення військ (сил) новими (модернізованими) зразками від процесу їх морального і фізичного старіння, обмежені можливості вітчизняних підприємств промисловості щодо задоволення потреб ЗС України у сучасному озброєнні, що стало наслідком значного скорочення його замовлення протягом останніх років.

Найбільш проблемним у СВ є стан ОВТ механізованих і танкових підрозділів, авіаційної техніки, автомобільних базових шасі, озброєння ППО, засобів зв'язку, РЕБ, розвідки, технічного забезпечення ремонту та обслуговування. Кількість озброєння, що потребує заміни, модернізації та проведення ремонту, неухильно збільшується, а його стан наближається до незадовільного [3]. У зв'язку з цим розробка нових зразків ОВТ вітчизняного виробництва, модернізація існуючих комплексів і систем, зразків бронетанкового озброєння і техніки (БТОТ), а також випробовування, серійне виробництво та оснащення ними військових частин та підрозділів Сухопутних військ є актуальною проблемою ЗС України і пріоритетним загальнодержавним завданням.

Розробка і супроводження реалізації є складним процесом, на який впливає велика кількість факторів різного характеру: від об'єктивних причин фізичного старіння ОВТ, непередбаченості технологічних стрибків і фундаментальних досягнень сучасної науки, результати яких можна використовувати для створення нових зразків озброєння, особливо з досвіду використання ОВТ за 5 років ведення бойових дій в зоні АТО, аналізу виходу їх з ладу за різних причин, бойових втрат та в результаті експлуатації, до факторів, що визначають цінову політику підприємств оборонно-промислового комплексу (ОПК) України та іноземних підприємств, які залучаються до розроблення складових частин зразків, тощо.

Крім названих значним обмежувальним чинником при формуванні програм є економічні можливості держави з фінансування потреб оборони, зокрема й щодо розвитку ОВТ та засобів МТЗ. Великого значення набуває якість функціонування системи підтримання прийняття управлінських рішень під час пошуку оптимального співвідношення завдань і заходів програм розвитку ОВТ.

Проведений аналіз досліджень і публікацій щодо розвитку та використання броньованих автомобілів показав, що вони створюються переважно на базі шасі автомобілів багатопільового призначення (АБП) та виконують завдання з перевезення особового складу, вогневої підтримки дій тактичних мобільних груп, які знаходяться у відриві від основних сил, а також виконання спеціальних, розвідувальних, пошуково-рятувальних завдань.

Вони також інтенсивно використовуються в ході проведення миротворчих операцій для виконання завдань з бойової охорони, супроводження колон, патрулювання конфліктних зон, тощо.

Досвід використання АБП у воєнних конфліктах останніх десятиріч, зокрема у зоні проведення АТО на сході України показав невідповідність тактико-технічних характеристик, технічної готовності окремих типів АБП характеру завдань, які фактично вирішуються.

Однією з причин зазначеної невідповідності є низький рівень захищеності АБП та особового складу від ураження стрілецькою зброєю, осколками фугасів, мін. Такі обставини призвели до створення в ініціативному порядку, як підприємствами промисловості так і волонтерськими організаціями багатьох варіантів імпровізованих броньованих автомобілів.

Існуючий парк техніки Збройних Сил України характеризується поряд із застарілістю, багатомарочністю та різнотипністю ще й до недавня – відсутністю на озброєння броньованих автомобілів як такого типу озброєння.

Тому, завдання які повинні вирішуватись броньованими автомобілями у сучасних збройних конфліктах, на сьогоднішній день чітко не визначені та відсутні конкретні пропозиції щодо їх використання.

Дані обставини зумовлюють необхідність виокремлення проблеми ролі і місця броньованих автомобілів у підрозділах СВ та у цілому за Збройні Сили України.

На основі логічної схеми процесу розробки типових організаційно-штатних структур бойових сил пропонується вдосконалена структурологічна схема розробки та визначення структури і чисельності особового складу ремонтних частин і підрозділів військ (сил).

Під структурою системи мається на увазі склад сил і засобів, що виконують часткові завдання для досягнення цільової функції. Цільовою функцією (головним завданням) підсистеми відновлення в бойових умовах є тривала підтримка боєздатності частин і підрозділів на заданому рівні шляхом своєчасного відновлення і ремонту всієї штатної техніки.

Світовий досвід використання бойових колісних машин під час проведення миротворчих операцій для бойової охорони військ, супроводження колон і патрулювання конфліктних зон показує, що вони мають недостатній рівень захисту. Це призводить до значних втрат особового складу.

Найбільш доступним способом підвищення рівня захищеності машини на полі бою та під час виконання спеціальних завдань є встановлення додаткових елементів захисту за рахунок збільшення маси броні. Збільшення маси базової машини однозначно призводить до збільшення спорядженої маси і значного зростання їх вартості та експлуатаційних витрат, а також до втрати таких бойових властивостей, як плавучість, зменшення маневреності і швидкості руху.

Аналіз існуючої ситуації з виготовлення ВАТ для ЗС України дозволяє стверджувати, що власне виробництво військових автомобілів сконцентровано тільки у класі великотоннажних автомобілів – ХК АвтоКрАЗ із реальним розвитком сімейства машин за схемами 4x4, 6x6 та 8x8, включно і версії з бронезахистом типу програми MRAP.

Ситуація є особливо критичною у зв'язку з тим, що ВАТ ЗС України на 80-90 % складається з технічно і морально застарілих моделей УАЗ, ГАЗ, ЗиЛ, Урал, КамАЗ ще радянського виробництва, що не відповідають сучасним вимогам. Поряд з тим виробництво ВАТ у середньому класі вантажності

фактично відсутнє. Тому метою цієї роботи є визначити основні напрями розвитку живучості АТ, що використовуються у сучасних арміях, з метою організації їх виробництва в Україні, враховуючи при цьому можливість існуючого виробничого потенціалу і наявного технологічного обладнання машинобудівних заводів.

Проведений аналіз форм і способів застосування СВ в сучасних умовах, які впливають на розвиток ОВТ, засобів ТхЗ, підготовки технічних спеціалістів з урахуванням досвіду, набутого під час проведення ООС, підтверджує, що у СВ більше уваги повинно приділятися розробці не просто окремих, ефективних зразків ОВТ, а створенню функціональних систем, цілих сімейств, різних за класом зразків ОВТ, які нарівні з засобами ураження будуть мати відповідні засоби бойового забезпечення з розвідки, зв'язку, АСУ, маскуванню, РЕБ та ТхЗ, комплексного захисту та інших. Такий підхід надасть можливість більш досконало використовувати закладені в кожному зразку озброєння та військової техніки потенційні можливості для протидії противнику [4].

**Висновки.** Властивість об'єкта зберігати обмежену працездатність в умовах зовнішніх діянь, що призводять до відмов його складових частин є найважливішим фактором в умовах сучасних бойових дій. Живучість слід розглядати як об'єктивно необхідна бойова якість, що характеризує здатність зберігати свою організаційну цілісність і продовжувати виконання поставлених завдань в умовах вражаючого впливу противника.

Стверджуючи це, живучість необхідно розглядати в тісному зв'язку з вогневою міццю, маневреністю, керованістю і ін. Відповідаючи змістом бойових дій, вони проявляються на полі бою в діалектичній єдності і взаємозумовленості. Однак особливу роль відіграє живучість, тобто здатність військ зберігати бойові якості в умовах бою.

#### **Список використаних джерел**

1. Гриб Д. А. *Методологічні підходи до формування технічного обриску перспективних зразків озброєння та військової техніки* / Д. А. Гриб, Б. О. Демідов, М. В. Науменко // *Наука і оборона*. – 2009.
2. Дем'янчук Б.О. *Основи технічного забезпечення. Обґрунтування рішень* / Б.О. Дем'янчук, О.В. Малишкін. *Навчальний посібник з грифом МОН*. – Одеса: Військова академія. – 2014. – 240 с.
3. Грубель М.Г. Конструктивні особливості і броньованих військових авт омобілів класу MRAP / М.Г. Грубель, В.М. Зіркевич // *Перспективи розвитку озброєння і військової техніки сухопутних військ: матеріали доповідей Міжнародної науково-технічної конференції*. – Львів: НАСВ, 2016. – С. 26–27.
4. Державна цільова оборонна програма розвитку ОВТ на період до 2025 року. – К.: МОУ. 2013. – 36 с.

УДК 623.093

**Маханьков В.,**

**Мальцев О.,** д.т.н., проф.,

**Бородачук В.**

*Військова академія (м. Одеса)*

#### **РОЗРОБКА ПРОПОЗИЦІЙ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ ВІЙСЬКОВОЇ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ПІД ЧАС БОЙОВИХ ДІЙ**

*Аналіз застосування підрозділів та військових частин в локальних війнах та збройних конфліктах дозволяє стверджувати, що одним із основних показників, які впливають на успіх у виконанні завдань є наявність у військових частинах(підрозділах) працездатних зразків озброєння та військової техніки. При цьому, одним із основних джерел надходження працездатних зразків озброєння та військової техніки у військові частини(підрозділи) в ході ведення бойових дій є повернення їх із стаціонарних та рухомих ремонтно-відновлювальних військових частин(підрозділів) після виконання заходів з їх відновлення. Тому, боєздатність частин і підрозділів в ході бойових дій цілком залежить від якісного планування організації відновлення пошкоджених машин*

**Ключові слова:** відновлення, військова автомобільна техніка, бойова готовність, технічна розвідка, евакуація, ремонт.

**Постановка проблеми.** Відновлення ОВТ, які вийшли з ладу в ході бойових дій, є однією із головних та найбільш складних функцій системи логістики Збройних Сил України. Так, як для підтримання високої боєздатності військових частин та підрозділів в ході бойових дій основним джерелом поповнення справними або працездатними зразками ОВТ будуть зразки, які надходитимуть після їх ремонту з ремонтно-відновлювальних військових частин (підрозділів).

Необхідність організації заходів з відновлення пошкоджених зразків ОВТ обумовлена [3]: обмеженими можливостями країни із створення та утримання необхідного для військ резерву зразків ОВТ; значно меншим часом на повернення у військові частини(підрозділи) відремонтованих зразків ОВТ у порівнянні з часом надходження ОВТ із арсеналів, баз, складів оперативного та стратегічного рівнів; недоцільністю відмови від повернення у військові частини(підрозділи) ремонтпридатних і відносно дорогих за вартістю зразків ОВТ.

Виконання заходів з відновлення ОВТ, які направлені на підтримання готовності військ до виконання бойових завдань за рахунок укомплектування їх боєздатними зразками ОВТ в смузі(районі) бойових дій військ забезпечується створенням відповідної системи ремонтно-відновлювальних органів, яка у своєму складі може мати як рухомі, так і стаціонарні ремонтно-відновлювальні підрозділи, в залежності від обсягу та складності завдань.

Система відновлення складається з декількох рівнів ієрархії: стратегічного, оперативного та тактичного. Склад сил та засобів, що входять до кожного рівня ієрархії системи відновлення, відповідає завданням, які визначаються тому чи іншому ремонтно-відновлювальному підрозділу.

Успішне вирішення завдань, які покладаються на систему відновлення будь якого рівня ієрархії, залежить, перш за все, від цілеспрямованого управління діяльністю усієї системи. Ефективність управління і, як наслідок, ефективність виконання завдань, які покладені на систему відновлення, залежить від виробничих можливостей ремонтно-відновлювальних військових частин(підрозділів) які залучаються до виконання завдань. Саме тому виникає низка проблемних питань серед яких особливе місце займає організація ефективності функціональної системи відновлення ОВТ, а саме, організація технічної розвідки, евакуації та ремонту пошкоджених машин в ході бойових дій залежно від наявних ремонтних підрозділів та їх виробничих можливостей.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Відновлення автомобільної техніки організовується і здійснюється з метою підтримання високої боєздатності підрозділів військової частини, що визначається наявністю у строю справної або працездатної автомобільної техніки.

Відновлення автомобільної техніки включає: технічну розвідку, евакуацію і ремонт (відновлення працездатності) автомобільної техніки, доведення її до справного або працездатного стану, передачу пошкодженої автомобільної техніки, що не відновлюється силами і засобами ремонтно-відновлювального органу військової частини засобам начальника вищого органу військового управління, повернення і введення до строю, при необхідності постановку її на зберігання.

Основу підсистеми відновлення автомобільної техніки складають стаціонарні ремонтні підприємства, ремонтно-відновлювальні органи військової частини, які мають у своєму складі засоби технічної розвідки, евакуації, ремонту і технічного обслуговування.

Успішне рішення завдань з відновлення автомобільної техніки досягається:

постійним знанням обстановки і завдань, які виконуються військовою частиною (підрозділами);

створенням тимчасових груп технічного забезпечення, що відповідають замислу і характеру бойових дій;

зосередженням основних зусиль ремонтно-евакуаційних сил і засобів на напрямку головного удару підрозділів військової частини;

своєчасним збором зведень про кількість, місця знаходження і стан автомобільної техніки, що вийшла з ладу;

здійсненням маневру ремонтно-евакуаційними силами і засобами шляхом швидкого їх висування у район (місця) найбільшого виходу автомобільної техніки з ладу;

прийняттям необхідних заходів щодо виводу автомобільної техніки, що підлягають відновленню із району, якому загрожує захоплення противником, і району, що зазнав удару ВТЗ або інших видів ЗМУ противника;

всесторонньою підготовкою ремонтно-відновлювальних органів військової частини і підрозділів та ефективним використанням їх можливостей з відновлення, у першу чергу, найбільш важливої автомобільної техніки, а також проведення чергового номерного ТО;

своєчасною передачею автомобільної техніки, яка не охоплена відновлювальними роботами в військовій частині, засобам начальника вищого органу військового управління;

своєчасним забезпеченням ремонтно-відновлювального органу військової частини військово-технічним майном та іншими необхідними видами матеріально-технічних засобів, які необхідні для проведення відновлювальних робіт;

надійним захистом, охороною, обороною та маскуванню ремонтно-відновлювальних органів підрозділів і військової частини, а також своєчасним відновленням їх працездатності при ураженні противником;

твердим і безперервним управлінням ремонтно-відновлювальним органом військової частини.

Ремонтно-відновлювальний підрозділ військової частини повинен відповідати наступним вимогам:

бути здатним відновлювати працездатність (технічну готовність) всіх зразків автомобільної техніки військової частини;

мати організаційно-штатну структуру, що забезпечує можливість створення тимчасових груп технічної розвідки (ГТР), ремонтно-евакуаційних груп (РЕГ), ремонтних груп (РемГ), евакуаційних груп (ЕГ), рятувально-евакуаційної групи (РяЕГ), евакуаційної команди (ЕК), а також маневру сил і засобів без порушення ремонтно-технологічного процесу основних сил і засобів;

мати необхідну кількість засобів технічної діагностики автомобільної техніки, зв'язку, евакуаційних засобів, а також іншого обладнання для формування необхідної кількості позаштатних тимчасових груп авто-технічного забезпечення;

бути спроможним здійснювати як спеціалізований, так і комплексний ремонт пошкоджених зразків автомобільної техніки з встановленою трудомісткістю;

відповідати за кількістю ремонтних відділень очікуваній величині ремонтного фонду ОВТ, що може надійти за певний період часу до ремонтно-відновлювального органу;

бути здатним здійснювати ремонт пошкодженої автомобільної техніки агрегатним методом, що вимагає забезпечення необхідною кількістю ремонтних комплектів певного типу.

Але, досвід застосування військ в ході Операції об'єднаних сил свідчить про наявність низки проблем у площині практичної реалізації цих вимог, а саме, в першу чергу мізерність ремонтно-відновлювальних органів у ланці батальйон – бригада та низькі спроможності ремонтних органів оперативно-тактичної ланки фактично обумовили порушення повноцінної системи відновлення та стрімкий ріст кількості несправної техніки при використанні частин (підрозділів) за призначенням в ході бойових дій.

Тому, глибокий аналіз організації автотехнічного забезпечення частин (підрозділів) за досвідом Операції об'єднаних сил дасть можливість сформулювати таку систему, яка буде стійкою та адаптованою до будь-яких умов обстановки, що значно підвищить ефективність застосування частин (підрозділів), які укомплектовані автомобільною технікою, в тому числі засобами рухомості озброєння.

**Виклад основного матеріалу.** Процес відновлення автомобільної техніки військових частин реалізується в рамках організаційної структури його системи технічного забезпечення, що декомпонується за рівнями ієрархії її побудови і за видами заходів забезпечення.

Система відновлення автомобільної техніки включає в себе сили та засоби, об'єднані між собою єдиною метою підтримання даної техніки у справному стані та у постійній готовності до використання. Складність даної системи обумовлена такими основними ознаками:

наявністю декількох рівнів системи;

різноманітністю функцій, що виконуються системою;

наявністю в системі декількох служб, що знаходяться у взаємодії між собою нестационарним режимом функціонування [2].

За ступенем невизначеності процеси відновлення автомобільної техніки носять стохастичний характер. Випадковість величин, що характеризують його складові, обумовлена впливом різних дестабілізуючих факторів, які, у свою чергу, залежать від умов, що постійно змінюються. Досвід аналізу і оптимізації складних систем показав доцільність і перспективність їх дослідження шляхом розробки моделей системи, які можна представити у виді структурної, функціональної і математичної моделей. Кожна зі складових частин цих моделей має досить складну структуру і будується з урахуванням визначених вимог.

Застосування системного підходу припускає конкретний аналіз складу, структури, функціонування і взаємозв'язків системи відновлення автомобільної техніки в цілому, так і її підсистем.

Сьогоднішній етап реформування ЗСУ вимагає перегляду застарілих або недостатньо обґрунтованих підходів до формування системи технічного забезпечення та однієї з її підсистем – система відновлення автомобільної техніки. Але перш визначити шляхи удосконалення системи відновлення автомобільної техніки необхідно використати 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.

Аналізуючи подібні моделі подібних систем встановлено, що основна увага приділялась дослідженню питань організації відновлення несправної і пошкодженої техніки в одній, окремо взятій службі технічного забезпечення і показниками були вибрані імовірність своєчасного освоєння ремонтного фонду за окремим видом ремонту.

Але такий показник, як імовірність своєчасного освоєння ремонтного фонду за окремим видом ремонту може бути застосований тільки як частковий, а інші показники взагалі не можуть бути застосовані для оцінки ефективності функціонування системи відновлення автомобільної техніки військових частини.

Тому, враховуючи вищезазначене, використання математичної моделі функціонування системи відновлення автомобільної техніки дасть змогу визначити імовірний середньодобовий вихід з ладу автомобільної техніки та розподілити її за видами ремонту.

Складовою частиною структурної та функціональної моделей є математична модель системи відновлення автомобільної техніки, що складається із сукупності математичних блоків визначення показників функціонування підсистем і формалізованого опису функціонування системи в цілому.

За цикл функціонування системи звичайно приймається одна доба, це пов'язано з періодом надходження інформації від частин і служб. У системах автоматизованого управління інформація буде надходити практично безупинно, тому пропонується модель побудована з урахуванням можливості її роботи в поточному часі.

Вхідні параметри формуються на основі даних про склад, характер застосування і базування військових частин, характер впливу противника і військово- географічних умов та дій вищих органів в інтересах командира.

Вплив вхідних параметрів буде обумовлювати кількість автомобільної і спеціальної техніки, що переходить у той чи інший стан. При цьому, потік відмов буде формуватися з двох потоків: відмови від впливу противника і відмов з експлуатаційних причин. Відмови автомобільної і спеціальної техніки будуть відбуватися на всіх етапах циклу, у тому числі на етапах зберігання, експлуатації і відновлення (перехід техніки зі стану функціональних відмов, що вимагає виконання поточного ремонту, у стан повної відмови чи списання).

Виходячи з вищевикладеного, функціонування системи відновлення автомобільної техніки може бути представлене у виді потоків техніки, технічного майна та інформації, що циркулюють у з'єднаннях, частинах і службах.

В ході експлуатації визначена кількість техніки буде переходити з працездатного стану в інші з інтенсивністю  $\lambda$  убік погіршення технічного стану і з інтенсивністю  $\mu$  убік відновлення працездатності. Добова інтенсивність переходу техніки з системи експлуатації в систему відновлення визначається величиною виходу техніки з ладу з експлуатаційних причин, ушкоджень і подій, а також розподілом відмов за видами ремонту. Інтенсивність потоків убік відновлення працездатності техніки визначається добовими можливостями ремонтних органів. У моделі прийнято, що очікування ремонту чи евакуації не впливає на імовірність переходу техніки з одного стану в інший, а тільки збільшує час переходу. Перехід техніки з одного виду ремонту в більш складний є малоімовірним.

Очікуваний вихід техніки з ладу визначається окремо з причин (експлуатаційні, бойові, інші), за групами використання і за видами техніки (автомобілі, засоби АТЗ, причепа, гусеничні машини), з урахуванням її розміщення на об'єктах (аеродромах, складах).

Розподіл автомобільної техніки на групи використання дозволяє з достатньою точністю прогнозувати витрати моторесурсів в умовах невизначеності на майбутній період бойових дій, оцінити різні варіанти використання машин, визначити шляхи економії моторесурсу і, у кінцевому рахунку, підвищити ефективність застосування засобів. Для цього використовуються наступні математичні залежності:

$$N_{\text{відм.еі}} = \frac{N_i \cdot P_{\text{м.сі}}}{L_i} \cdot D = N_i \cdot (1 - P_{\tau_e}) D = N_i \cdot K_e \cdot D, \quad (1)$$

$$N_{\text{відм.п}_i} = N_i \cdot (1 - P_{\tau_n}) \cdot D = N_i \cdot K_{\text{п}} \cdot D, \quad (2)$$

$$N_{\text{відм.пд}_i} = N_i \cdot (1 - P_{\tau_{\text{пд}}}) \cdot D = N_i \cdot K_{\text{пд}} \cdot D, \quad (3)$$

де:  $N_{\text{відм.}}$  – очікувана кількість техніки, що відмовить у  $i$ -тій групі засобів з експлуатаційних причин, пошкоджень чи подій відповідно;

$P_{\text{м.с}_i}$  – середньодобова витрата моторесурсів одним засобом  $i$ -тої групи;

$N_i$  – кількість засобів у групі, од.;

$L_i$  – середній наробіток на відмову для засобів  $i$ -тої групи;

$K_e$  – середньодобовий коефіцієнт (частка) виходу техніки з ладу з експлуатаційних причин;

$D$  – тривалість планованого періоду, доба.

Користуючись формулами [1, 2, 3] отримаємо ймовірний середньодобовий вихід з ладу техніки яку групуємо за видами ремонту.

Вихід техніки з ладу від бойових пошкоджень і експлуатаційних причин не залежить один від одного і, разом з тим, можливе їх сполучення, тобто в зону ураження може потрапити техніка, що одержала до цього експлуатаційне пошкодження. Якщо витрата часу на ремонт пошкодженої машини від бойових пошкоджень і експлуатаційних причин перевищує встановлену, то вона підлягає евакуації в райони збірних пунктів пошкоджених машин.

Для забезпечення ефективної роботи ремонтних підрозділів об'єм ремонтного фонду не повинен перевищувати їх добові можливості щодо виконання відповідних видів ремонту.

Але через створення тимчасових груп з залученням фахівців ремонтних органів ефективність використання ремонтних підрозділів значно знижується. Оскільки під час бойових дій відбувається нерівномірний вихід з ладу ВАТ тому різниця в ефективності використання підрозділів буде коливатися, а повністю укомплектовані підрозділи будуть ефективніше виконувати свої функції.

Таким чином, наведена математична модель функціонування системи відновлення автомобільної техніки показує, що під час бойових дій залучення фахівців ремонтних підрозділів до тимчасово створених груп є недоцільним оскільки це знижує їх можливість по ремонту пошкоджених машин. Тому, з цієї мети, в штат ремонтно – відновлювальних батальйонів бригад потрібно додатково ввести взвод (відділення) технічної розвідки і для забезпечення живучості особового складу в ході бойових дій укомплектувати їх броньованими машинами високої прохідності.[1].

**Висновок.** Організація відновлення пошкодженої автомобільної техніки в бойових умовах є основною умовою підтримання боєздатності військ під час виконання ними поставлених завдань, а також основним джерелом поповнення справними машинами підрозділів, які вийшли з ладу з експлуатаційних причин чи бойових пошкоджень.

Досвід проведення Операції об'єднаних сил на сході країни показує, що наявні сили і засоби автотехнічного забезпечення не в змозі виконувати свої завдання за призначенням в повному обсязі. Це пов'язано по перше, з морально та фізично застарілими технічними засобами технічної розвідки, евакуації та ремонту пошкоджених машин, по друге – відсутністю спеціалістів необхідних спеціальностей та низька їх кваліфікація.

Тому, для вирішення проблем організації відновлення пошкоджених машин під час бойових дій пропонується внести зміни в організаційно-штатну структуру існуючої системи сил та засобів системи відновлення військової автомобільної техніки, а саме вести в штат ремонтно – відновлювальних батальйонів бригад штатні групи технічної розвідки і ремонтно – евакуаційні групи що дозволить максимально ефективно використовувати можливості ремонтних підрозділів по ремонту пошкоджених машин в ході бойових дій.

#### **Список використаних джерел**

1. Поліщук В.В. Математична модель функціонування системи відновлення автомобільної і спеціальної техніки військового призначення // *Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони* № 3 (24)/2015

2. Кутковецький В.Я. К 95. Дослідження операцій: Навчальний посібник. – 2-ге видання, виправлене. – К.: ВД “Професіонал”, 2005. – 264 с.

3. 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.

4. 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.

5. 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.*

6. 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.*

УДК 623.437:629.3.083

**Маханьков В.,**

**Мальцев О.,** д.т.н., проф.,

**Книш М.**

*Військова академія (м. Одеса)*

## **РОЗРОБКА ПРОПОЗИЦІЙ ДЛЯ ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ В ЗОНАХ ОПЕРАЦІЇ ОБ'ЄДНАНИХ СИЛ**

*На теперішній час у військових частинах ЗС України значна кількість автомобільної техніки з строком експлуатації 15 років і більше, вз'язку з цим, забезпечити коефіцієнт технічної готовності машин частини на належному рівні з кожним роком стає складніше. Основним напрямком підтримання атомобільного парку в справному технічному стані є діюча в Збройних Силах України (ЗСУ) планово-попереджувальна система технічного обслуговування і ремонту (ППС ТО і Р) яка на теперішній час, враховуючі технічний стан наявної у військах автомобільної техніки, не відповідає сучасним вимогам підтримки її в постійній готовності до бойового застосування.*

**Ключові слова:** *технічне обслуговування, ремонт, автомобільна техніка, коефіцієнт технічної готовності.*

**Постановка проблеми.** Основними недоліками застосування існуючої ППС ТО і Р автомобільної техніки на практиці є: періодичність ТО і Р та обсяги робіт не є раціональними і не враховують реальний технічний стан конкретних автомобілів; значна загальна тривалість простоїв військової автомобільної техніки (ВАТ) під час ТО спричинена, в основному, через недостатню забезпеченість запасними частинами та іншим ремонтним майном та ПММ; низький рівень застосування технічної діагностики машин в технологічному процесі проведення робіт з ТО і Р. Вказані недоліки існуючої системи ТО і Р автомобільної техніки у ЗС України свідчать про актуальність та нерозробленість конкретного аспекту цієї проблеми.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** На технічний стан, а, отже, і на надійність машин в цілому в процесі експлуатації, діють конструктивні, технологічні та експлуатаційні чинники.

Конструктивні чинники визначаються формами і розмірами деталей, жорсткістю конструкції, тобто здатністю деталей, особливо базових і основних, незначно деформуватися під впливом навантажень, що сприймаються, точністю взаємнорозташування поверхонь і осей спряжених деталей, що працюють сумісно, правильним вибором посадок, які забезпечують надійну роботу спряжень та ін.

Технологічні чинники залежать від якості матеріалів, які використовуються для виготовлення деталей, застосування відповідної термічної їх обробки та проведення складальних робіт (центрування, співвісності, регулювання зазорів, якості кріплення) та ін.

Реалізація всіх властивостей надійності автомобілів, закладених при конструюванні та виробництві, забезпечується при їх експлуатації. Сукупність експлуатаційних факторів може значною мірою впливати на зміну показників надійності.

Під час використання машин на їх агрегати і системи впливає велика кількість різних зовнішніх і внутрішніх факторів впливу їх на показники надійності різні. Деякі з них пов'язані із суб'єктивним впливом (водій та обслуговуючий персонал), а деякі носять об'єктивний характер. До останніх відносять: дорожні умови; транспортні умови; природно-кліматичні і сезонні умови; корозійну агресивність навколишнього середовища.

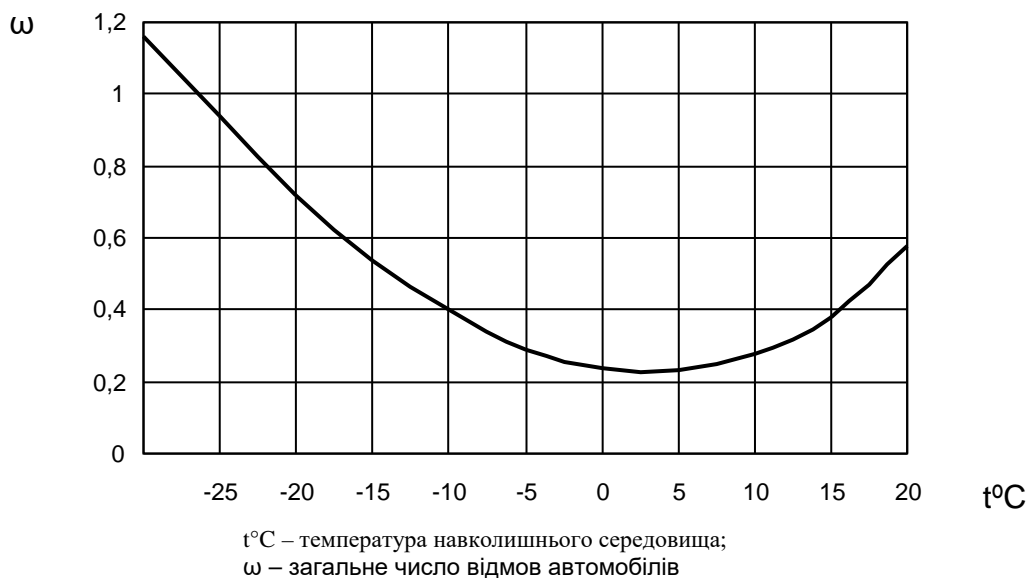


Дорожні умови характеризуються технічною категорією дороги (їх прийнято 5), які відрізняються шириною проїзної частини, типом покриття, підйомами, спусками, радіусами закруглення. Перелічені ознаки дорожніх умов суттєво впливають на режими роботи автомобіля та його елементів, а, значить, і на його надійність. Знос і розбиття дорожнього покриття, за даними досліджень, знижують надійність машин на 14...33%.

Транспортні умови характеризуються швидкістю руху, плечем підвозу, коефіцієнтом використання пробігу, вантажопідйомності та родом вантажу, що перевозиться.

Природно-кліматичні і сезонні умови характеризуються температурою навколишнього повітря, вологістю, повітряним навантаженням, рівнем сонячної радіації, барометричним тиском та ін.

На рисунку 1.2. показано вплив температури навколишнього повітря на зміну загального числа відмов автомобілів. Мінімум кривої відповідає оптимальній температурі навколишнього середовища ( $-5^{\circ}\text{C} \dots +5^{\circ}\text{C}$ ).



**Рис. 1.** Вплив температури навколишнього середовища на зміну загального числа відмов автомобілів

Відповідно і для кожного агрегату існують свої оптимальні режими. Наприклад, мінімальне зношення двигуна відповідає тепловому режиму  $70 \dots 90^{\circ}\text{C}$ . При низьких температурах тепловий режим порушується, зростають пускові зноси, які є наслідком незадовільного змащення поверхонь тертя. Крім того, при низьких температурах деталі із гуми, пластмаси стають жорсткими, крихкими, у металі виникає зниження ударної міцності, утруднюється пуск двигуна тощо.

Високі температури викликають розрідження, окислювання та випарювання оливо.

Деталі із гуми стають клейкими, втрачають еластичність, міцність, появляється усадка. Робочі рідини гідросистем випарюються, розкладаються та окислюються; зменшується термін служби оливо і мастил.

Підвищена вологість повітря викликає корозію металевих деталей, короблення деталей із дерева і пластмаси.

Низький барометричний тиск повітря погіршує роботу системи живлення двигунів, підвищує тепловий режим їх роботи, погіршує гальмівні якості автомобілів з пневматичним гальмівним приводом, знижує потужність двигуна, погіршує динамічні якості машин.

Сонячна радіація викликає окислювання і розпад матеріалів органічного походження, руйнування лакофарбових покриттів. Строк служби автомобільних шин, виробів із гуми, ізоляції проводів значно скорочується.

Кліматичні умови, які особливо характерні для берегових районів, викликають інтенсивну корозію деталей автомобілів. При цьому ресурс автомобілів, періодичність проведення їх технічного обслуговування (ТО) значно скорочується.

Що стосується об'єктивних факторів, то на надійність автомобілів суттєвий вплив має професійна майстерність водіїв та ремонтників, якість проведення ними ТО і ремонту.

Вплив майстерності водія на показники надійності проявляється і у виборі режимів роботи агрегатів і автомобіля в конкретних умовах експлуатації; в здатності своєчасно фіксувати ознаки відмов і несправностей, які наближаються, та вживати заходів щодо їх попередження; в умінні застосовувати раціональні режими роботи агрегатів і постійно стежити за технічним станом автомобіля та його складових.

Для забезпечення надійної роботи ВАТ у військових частинах організація планування та якісного проведення її ТО і ремонту повинна бути спрямована на те, щоб повністю виключити можливість випуску в рейс машин з будь-якими несправностями. Періодичність та обсяги виконання робіт ТО повинні в повному обсязі відповідати типу ВАТ, її технічному стану, умовам експлуатації тощо. При цьому, на якість проведення робіт з ТО і ремонту машин значно впливають нафтопродукти та мастильні матеріали, які застосовуються.[5, с. 70-72].

Система технічного обслуговування – це сукупність взаємопов'язаних засобів, виконавців і документації ТО, яка призначена для підтримання і відновлення справного чи роботоспроможного стану машин.[5, с. 238].

В ЗСУ, як і у господарстві нашої держави, а також і більшості інших країн світу, під час експлуатації автомобільного транспорту застосовується планово-попереджувальна система ТО і ремонту, яка ґрунтується на обов'язковому виконанні робіт з догляду за машинами в період їх використання, зберігання та транспортування.[5, с. 239].

Але, сучасні умови, вз'язку з поступовим укомплектуванням ЗСУ новітніми зразками автомобільної техніки та економічними труднощами у державі, до системи технічного обслуговування і ремонту ВАТ ставляться нові вимоги, а саме:

- забезпечення заданих рівнів експлуатаційної надійності автомобільного парку, яка безпосередньо пов'язана з його технічною та бойовою готовністю, при раціональних матеріальних і трудових витратах;

- планово-нормативний характер системи повинен забезпечити планування і організацію технічного обслуговування та ремонту на всіх рівнях, починаючи з підрозділу і закінчуючи центральними органами Міністерства оборони;

- безумовна обов'язковість виконання вимог системи всіма рівнями її структури;

- конкретність, доступність та придатність для керівництва і прийняття рішень всіма ланками автомобільної служби;

- стабільність основних принципів та гнучкість конкретних нормативів, які враховують зміни умов експлуатації, конструктивних особливостей, якості і надійності машин;

- урахування різноманіття умов експлуатації машин.

Тому, вказані вимоги до системи технічного обслуговування і ремонту ВАТ в ході реформування ЗС України свідчать, про актуальність та нерозробленість цієї проблеми потребують додаткових наукових досліджень та впровадження в організацію експлуатації автомобільної техніки новітніх технологій діагностування та якісного виконання робіт.

**Виклад основного матеріалу.** Планово-попереджувальна система (ППС ТО і Р ) з оптимізацією періодичності технічного обслуговування і ремонту складається з постійного числа регламентованих заходів ТО і регламентованих ремонтів. Однак, періодичність їх виконання, а отже, і ремонтний цикл визначають за даними про фактичну надійність обладнання – фактичному ресурсі вузлів і деталей. Потім деталі й вузли об'єднують у групи за принципом близькості ресурсів, а також забезпечують стислість окремих груп деталей.

В процесі використання АТ внаслідок зносу і впливу різних факторів в їх агрегатах наступають зміни, які в залежності від умов експлуатації із збільшенням пробігу або з плином часу поступово накопичуючись, знижують надійність машин в цілому.

Для підтримки надійності машин необхідно періодично проводити ТО. При цьому, їх надійність значною мірою буде залежати від своєчасності ТО та його якості. Так, якщо ТО звести лише до періодичного усунення раптових несправностей і цілком виключити усі заходи попереджувального характеру, то параметри надійності ряду механізмів можуть виявитися низькими і незадовільними, а машина буде працювати неефективно – погіршаться її динамічні характеристики, економічність, безвідмовність та безпека руху й екологічна безпека.

Технічне обслуговування – це комплекс робіт з підтримання справності та роботоспроможності машини в ході експлуатацію, використанні за призначенням, зберіганні та транспортуванні. Воно потребує постійного організаційно-технічного впливу посадових осіб усіх ланок, які експлуатують

ВАТ, і вимагає глибоких теоретичних знань системи ТО, практичних навичок з виконання всіх видів ТО, ефективного проведення діагностування та всього обсягу виконання обов'язкових робіт на техніці.[ 5, с. 237 ]

Вид технічного обслуговування – це визначена сукупність операцій з ТО, яка проводиться за встановленою періодичністю системи ТО та спрямована на підтримання технічного стану, забезпечення збереженості та готовності до використання машин згідно вимог технічної документації заводу – виробника на всіх етапах її експлуатації.

В залежності від пробігу автомобіля та обсягу робіт планово – попереджувальною системою встановлені наступні види та періодичності проведення технічного обслуговування:

а) для автомобільної техніки повсякденного використання:

- контрольний огляд (КО);
- щоденне технічне обслуговування (ЩТО);
- технічне обслуговування №1 (ТО-1);
- технічне обслуговування №2 (ТО-2);
- сезонне технічне обслуговування (СО);
- регламентоване технічне обслуговування (РТО). Проводиться на машинах з обмеженою витратою моторесурсів;

б) для автомобільної техніки, що втримується на тривалому зберіганні:

- технічне обслуговування №1 при зберіганні (ТО-1з);
- технічне обслуговування №2 при зберіганні (ТО-2з);
- регламентоване технічне обслуговування (РТО).[5, с. 260]

Встановлена періодичність проведення технічного обслуговування в ЗС України:

а) технічне обслуговування №1:

- для автомобілів – через 1200-1600 км пробігу;
- для гусеничних тягачів і транспортерів – через 800-1000 км пробігу;
- для тракторів – через 50-60 годин роботи;

б) технічне обслуговування №2:

- для автомобілів – через 6000-8000 км пробігу;
- для гусеничних тягачів і транспортерів – через 2400-3000 км пробігу;
- для тракторів – через 200-240 годин роботи. [ 6, с. 7-8]

Висока готовність ВАТ характеризується нормативними значеннями показників їх експлуатаційної надійності, які повинні забезпечуватись наведеною системою технічного обслуговування та періодичності її виконання. Але, за результатами аналізу функціонування цієї системи, аналізу сучасних наукових досліджень, публікацій у даній галузі встановлено, що вона: а) громізка та високозатратна, не повністю враховує структурну перебудову ЗС та можливості економіки держави; б) пункти технічного обслуговування і ремонту у військах оснащені зношеним та фізично застарілим обладнанням; в) взязку з старінням парку машин фактичне значення коефіцієнту технічної готовності ВАТ не відповідає нормативним рівням.

За цих умов першочерговим у забезпеченні необхідного рівня готовності ВАТ має стати вдосконалення чинної системи ТО і Р за рахунок введення у циклах ТО додаткових діагностувань ВАТ з відповідними періодичностями.

**Висновки.** Для розробки наукових рекомендацій щодо підвищення ефективності функціонування системи ТО і Р ВАТ необхідно провести дослідження щодо удосконалення цих систем, шляхом введенням додаткового технічного обслуговування.

Після вивчення літературних джерел з питань забезпечення надійності ОБТ в процесі використання їх за призначенням було встановлено, що низка методичних положень з оцінки впливу навколишнього середовища на характеристики роботи ОБТ, періодичності й обсягів технічного обслуговування потребують уточнення з метою обґрунтування організації і проведення заходів щодо забезпечення підтримання надійності у визначених межах протягом всього періоду перебування їх в експлуатації.

Аналізуючи існуючі методи і способи визначення періодичності проведення та обсягів робіт технічного обслуговування, встановлено, що при визначенні періодичності проведення технічного обслуговування не враховується технічний стан зразків ОБТ та термін перебування їх в експлуатації.

Тому, пропонується для визначення технічного стану машин та необхідності виконання усіх операцій чергового ТО проводити додаткове періодичне діагностування завдяки якого приймати рішення про проведення робіт ТО по необхідності.

Метою впровадження періодичної діагностики, зв'язку з інтенсивності експлуатації кожного зразка автомобільної техніки, є підтримка його коефіцієнта оперативної готовності на високому рівні та досягнення мінімальних людських і матеріальних витрат на проведення технічного обслуговування машин.

#### **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. *Експлуатація військової автомобільної техніки. Частина 1: Підручник* / За ред. В.О. Іщука. – Львів: Військовий інститут, -2003-335 с.
6. *Наказ МОУ № 219 від 01.07.2002., Про затвердження Керівництва з експлуатації автомобільної техніки в Збройних Силах України., -1бс.*

УДК 423.13

**Молнар Р.**

*Військова академія(м. Одеса)*

### **РОЗРОБКА ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНИХ ПРОПОЗИЦІЙ ДЛЯ ЗБІЛЬШЕННЯ СТІЙКОСТІ РУХУ ВІЙСЬКОВИХ АВТОМОБІЛІВ ПІД ЧАС ПЕРЕВЕЗЕННЯ РІДИННИХ ВАНТАЖІВ ПО ГРУНТОВИМ ТА ПІЩАНИМ ДОРОГАМ**

*Важливою складовою частиною якісного виконання завдання що пов'язане з перевезенням рідин на військових автомобілях а також для забезпечення зменшення дорожньою транспортних подій відіграє стійкість автомобіля. Стійкість тісно пов'язана з керованістю і залежить від координат центра мас автомобіля ( $a, u, h_g$ ), колії  $B$  і бази  $L$  автомобіля, поперечного крену кузова або вантажної платформи, поперечного і поздовжнього кутів ухилу дороги, бічного вітру, швидкості автомобіля, кута  $\theta$  повороту керованих коліс та ін. Розробка організаційно-технічних пропозицій для збільшення стійкості руху військових автомобілів під час перевезення рідинних вантажів по ґрунтовим і піщаним дорогам розвитку процесу прогнозування курсової стійкості руху автомобіля.*

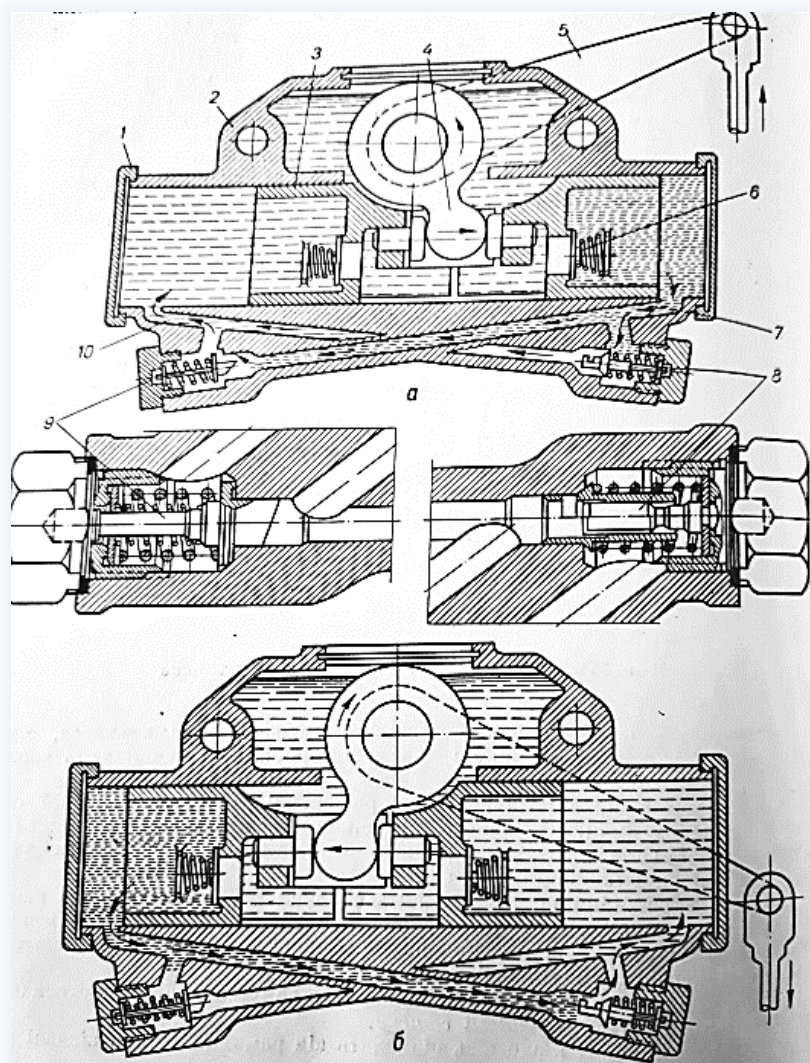
**Ключові слова:** *моделювання, забезпечення, система, стани.*

**Постановка проблеми.** *Порушення стійкості автомобіля виражається в довільній зміні напрямку руху його перекиданні або ковзанні шин по дорозі що підвищує можливість ДТП. Особливу актуальність набуває автотехнічне забезпечення під час ведення частинами і підрозділами бойових дій та локальних конфліктів, проведення маршів, антитерористичних та миротворчих операцій, оскільки в результаті інтенсивної експлуатації зростає кількість відмов, а значна частина агрегатів отримує бойові пошкодження від вогневого ураження.*

*Аналіз доступних в Інтернеті публікацій і фрагментів показує, що ключовим елементом військової логістики Збройних Сил України та зарубіжних армій автотехнічне забезпечення. Воно включає комплекс заходів, спрямованих на: зменшення випадків дорожньо-транспортних подій; запобіганню травмування водія та учасників дорожнього руху; своєчасного виконання завдання за призначенням яке забезпечує в свою чергу вчасне приведення в готовність до бойового застосування озброєння і військової техніки.*

**Мета статті** – розглянути етапи розробки моделі робочого процесу підвищення стійкості руху військових автомобілів під час перевезення рідинних вантажів по ґрунтовим і піщаним дорогам.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Прохідність автомобіля залежить від його конструктивних особливостей, стану покриття дороги або ґрунтовій поверхні, майстерності водія. Практика показує, що всі дороги з твердим покриттям і ґрунтовим при певній вологості втрачають свою якість проїжджуваності. Основна причина неможливості пересування технічно справного автомобіля по ґрунтовій дорозі недостатнє зчеплення коліс з ґрунтом. Поганий стан дороги, слабке зчеплення шин з дорожнім покриттям піщаним або ґрунтом одна із поширених причин аварій і катастроф. У створенні гарного зчеплення шин з дорогою велике значення мають форма і збереження малюнка протектора. Надійність зчеплення колеса з дорогою залежить також від швидкості руху автомобіля. Зі швидкості руху на дорогах всіх типів коефіцієнт зчеплення зменшується. Найінтенсивніше це зменшення проявляється на вологих і брудних дорогах. Один з основних способів підвищення коефіцієнта зчеплення при прохідності автомобіля в умовах бездоріжжя це застосовування шин зі знизеним тиском повітря і збільшеного профіля. Автомобілі, як правило, працюють в змішаних дорожніх умовах: бездоріжжі часто змінюється удосконаленим покриттям і навпаки. Тому виникла необхідність швидкої зміни тиску в шинах залежності від умов руху. Це завдання вирішується централізованим регулюванням тиску в шинах автомобілів підвищеної прохідності (ГАЗ-66, ЗІЛ-131 і ін.). Широкопрофільні і ародні шини, що встановлюються замість звичайних, підвищують прохідність автомобіля в період весняно-осінньої і зимою під час снігових заметів. Для підвищення стійкості автомобіля також можна спробувати інший метод збільшення стійкості автомобіля а саме систему яку використовують для круто схильних тракторів наприклад Гідравлічний поршневий амортизатор двобічної дії підвіски автомобіля.



**Рис 1.** Гідравлічний поршневий амортизатор двобічної дії підвіско автомобіля

Амортизатор (рис. 1) даного типу складається з чавунного корпусу 2 з кришками 1, валу з кулаком 4 і зовнішнім важелем 5, поршнів 3, з'єднаних між собою, і клапанів 6, 8 і 9. Бокові порожнини корпусу можуть сполучатися з центральною камерою через пластинчасті впускні клапани 6', які встановлені в отворах поршнів і вдержуються слабкими пружинами. Бокові порожнини сполучаються каналами, перекритими клапанами 8 і 9. Клапан 9 працює, коли вісь наближається до рами, тобто при стисканні ресори, і називається клапаном стиску. Клапан 8 працює, якщо вісь відходить від рами, тобто при віддачі ресори, і називається клапаном віддачі.

Всередину корпусу амортизатора через отвір, що закривається пробкою, заливають амортизаторну рідину (наприклад, 60% за вагою трансформаторного масла і 40% турбінного масла Л).

Амортизатор закріплюють на рамі автомобіля, і його важіль 5 з допомогою тяги, яка має у вушках гумові втулки, з'єднаний з передньою віссю або з заднім мостом.

При більшому і швидкому стисканні ресори, під дією тиску масла відкривається клапан 9 стиску до упору у велику пружину, і масло проходить через щілину, утворену косим зрізом головки клапана

В разі сильного і різкого стискання ресори тиск масла зростає настільки, що клапан 9 стиску відкривається повністю, стискаючи велику пружину, і пропускає масло в канал 10.

Після стискання ресора, намагаючись перейти в початкове положення відходить від рами, при цьому важіль амортизатора з валом і кулаком 4 повертається в інший бік, і поршні 3 переміщуються ліворуч (положення б). В результаті цього об'єм лівої порожнини зменшується і масло, яке було в лівій порожнині, переганяється по каналу 10 у праву порожнину.

При незначній віддачі ресори масло встигає проходити через лиски на стержні клапана 8, а при великому ході віддачі масло відкриває клапан 8, стискаючи його пружину, і проходить через відкритий клапан канал. Опір, який чинять клапан перетіканню масла в амортизаторі, забезпечує більш плавну роботу ресор, а коливання кузова швидко гасяться.

**Висновки.** Автомобілі які перевозять рідини здебільш оснащені цистерною, при їзді по ґрунтових і піщаних дорогах, стійкість автомобілю постійно змінюється у зв'язку коливаннями які з'являються при коливанні рідини у цистерні. Якщо використати систему яку приміняють до тракторів вказану вище а саме використання гідравлічний поршневий амортизатор двобічної дії підвіско автомобіля, то це дасть змогу збільшити стійкість автомобіля та більш плавну роботу ресор, а коливання цистерни швидко будуть гаситися таким чином стійкість автомобіля буде більше.

#### **Список використаних джерел**

1. Дем'янчук Б.О. *Основи автотехнічного забезпечення. Моделювання процесів* / Дем'янчук Б.О., Вернівський С.М., Меленчук В.М. *Навчальний посібник з грифом МОН.* – Одеса: Військова академія. – 2015. – 20-24, 70-74, 189, 192, 197-200 с.

2. Сухін О.В., Дем'янчук Б.О., Косенко А.В. *Модель процесів системи технічного забезпечення бойового застосування зразків озброєння. Системи озброєння і військова техніка.* 2019. № 4(60). С. 94-101. DOI: <https://doi.org/10.30748/soivt.2019.60.13>.

3. Свешников А.Г., Тихонов А.Н. *Теория функций комплексной переменной.* Москва: Наука, 1970. 304 с.

4. Анохін В.І. *Трактори та автомобілі. Підручник і навчальний посібник для вищих сільськогосподарських навчальних закладів Київ-1958.* – 439-442 с.

**Науковий керівник:** Петров Л., Військова академія (м. Одеса).

УДК 623.419

**Олейніков В.,**

**Герєга О.,** д.т.н., проф.

*Військова академія (м. Одеса)*

#### **ПРОГНОЗУВАННЯ ДЕГРАДАЦІЇ ЕЛЕКТРОННОГО ОБЛАДНАННЯ ЗЕНІТНИХ РАКЕТНИХ КОМПЛЕКСІВ МЕТОДАМИ ТЕОРІЇ ПРОТІКАННЯ**

*Запропонована система профілактики транзисторних схем системи управління зенітних ракетних комплексів, яка базується на дослідженні їх структури та властивостей методами теорії протікання. Зроблено припущення, що еволюція величини електричного опору транзисторних схем є показник їх деградації. Оцінки, які зроблені на базі проведених досліджень, показали, що критична імовірність працездатності таких схем становить 50÷59% початкової.*

**Ключові слова:** теорії протікання, прогнозування деградації електронного обладнання, критична імовірність.

**Постановка проблеми.** Як відомо, зенітні ракетні комплекси (ЗРК) ближнього радіуса дії призначені для знищення візуально спостережуваних повітряних цілей. ЗРК забезпечують стрілянину з місця і в русі зі швидкістю до 30 км/год по цілям на курсах, що є зустрічні та наздожени, при цьому зазвичай дальність ураження цілей – від 800 до 5000 м, висота ураження – від 25 до 3500 м [1, 2]. ЗРК оснащені електронною апаратурою, яка вимагає уважного ставлення, ретельного догляду, істотного обсягу профілактичних робіт. Рівень складності апаратури можна оцінити, хоча б по тому, що в її склад входить пристрій оцінки зони пуску, який автоматично виробляє дані для відпрацювання необхідних кутів попередження, та когерентно-імпульсний радіодальномір міліметрового діапазону хвиль, що забезпечує визначення дальності до цілі і радіальної швидкості мети, а також аналого-дискретне обчислювальний пристрій, який визначає межі зони пуску і кути попередження при пуску [1, 2].

Розробка науково обґрунтованої методики прогнозування деградації та відбраковування електронного обладнання є актуальним задачею. Метою статті, є саме така адаптація математичної теорії протікання [3-5], що призводить до покращення стану боєздатності зенітних ракетних комплексів.

*Про теорію протікання.*

Термін «протікання» – вільний переклад англійського слова percolation (просочування), вперше вжитого в 1957 році англійцями С. Бродбентом і Д. Хаммерслі [3] в зв'язку з введенням ними нового класу фізико-математичних задач. Ці задачі природно виникають при розгляді зв'язкових областей у випадковому лабіринті, що і призвело до назви цієї математичної теорії.

Розглянемо постановку найпростіших задач теорії протікання. Уявимо собі нескінченну просторову або плоску решітку, та назвемо зв'язками відрізки між найближчими вузлами решітки. Нехай по кожному зв'язку в обидві сторони може «протікати деяка рідина», так що кожен «змочений» вузол миттєво «змочує» все сусідні вузли (далі – без лапок). Різним чином вводячи в умови задач випадкові елементи, можна отримати різні задачі теорії протікання.

Розглянемо, на початок, так звану задачу зв'язків (bond problem). Припустимо, що кожен зв'язок може перебувати в двох станах: бути розірваним (і тоді він не пропускає рідину) або цілим. Нехай імовірність того, що довільний зв'язок цілий, є  $x$  і не залежить від стану інших зв'язків. Тоді маємо «ідеальний розчин» цілих і розірваних зв'язків. Концентрація (відносна частка) перших є  $x$ , а концентрація других  $1 - x$ . Картина розподілу цілих і розірваних зв'язків не змінюється з часом.

Після змочування одного вузла решітки можуть виникнути дві різні ситуації: вхідний вузол може змочити або скінченне, або нескінченне число вузлів. Яка з цих двох можливостей реалізується, залежить, звичайно, від частки цілих зв'язків решітки. Однак в силу випадкового розташування цілих і розірваних зв'язків істотним є вибір вхідного вузла. Для характеристики всієї системи в цілому зручно говорити не про конкретний вхідний вузол, а про імовірність того, що довільний вхідний вузол змочує нескінченне число вузлів. Дуже важливо, що в нескінченній решітці ця імовірність не залежить від конкретної реалізації, тобто від того, яким чином лягли цілі і розірвані зв'язки. Для заданої решітки вона залежить тільки від  $x$ , і ми будемо позначати її  $P^{(b)}(x)$  (індекс  $b$  вказує на те, що величина відноситься до задачі зв'язків). Маючи на увазі граничну поведінку  $P^{(b)}(x)$ , говорять, що при  $x < x_c$  протікання немає, а при  $x = x_c$  протікання виникає.

Існування певного значення порога протікання  $x_c$ , так само, як і самої функції  $P^{(b)}(x)$ , пов'язане з тим, що мова йде про нескінченну решітку, для якої все випадкові реалізації розірваних зв'язків із заданим значенням  $x$  з точки зору протікання еквівалентні. У цьому ж причина неаналітичності  $P^{(b)}(x)$  при  $x = x_c$ . Поряд з імовірністю змочити нескінченне число вузлів  $P^{(b)}(x)$ , можна говорити про імовірність  $P_N^{(b)}(x)$  того, що даний вузол змочує принаймні  $N$  вузлів, де  $N$  – велике, але скінченне число. Імовірність  $P_N^{(b)}(x)$ , зрозуміло, відмінна від нуля при всіх  $0 < x < 1$ ; імовірність  $P^{(b)}(x)$  виходить з  $P_N^{(b)}(x)$  граничним переходом при  $N \rightarrow \infty$ .

Розглянемо особливо важливий для нас приклад, в якому виникає задача зв'язків [3, 4]. Нехай проектується електричне коло, що представляє собою квадратну решітку, в вузлах якої розташовані елементи кола. Відомо, що вийшов з ладу елемент провокує вихід з ладу іншого елемента, що знаходиться від нього на відстані  $r$ , з імовірністю  $f(r)$ , де  $f(r)$  – функція, яка дуже швидко спадає. Потрібно знайти мінімальний період решітки, при якому один елемент, що вийшов з ладу, здатний зіпсувати лише скінченне число елементів, – тобто, відсутня небезпека «епідемії». З умови задачі

вочевидь, що контактами найближчих сусідів можна знехтувати, а частка контактів між найближчими елементами, що призводять до псування, дорівнює  $f(h)$ , де  $h$  – період решітки. Якщо таким контактам зіставити цілі зв'язки решітки, а іншим – розірвані, то ми приходимо до задачі зв'язків, причому  $x = f(h)$ . Тому шуканий мінімальний період  $h_{\min}$  визначається рівністю  $f(h_{\min}) = x_c$ .

Розглянемо другу основну задачу теорії протікання – задачу вузлів (site problem). У цієї задачі всі зв'язки вважаються цілими, а псуються вузли. Вузли можуть бути перекритими і неперекритими. Перекриті вузли не пропускають рідину, ні в яку сторону, і не можуть бути змочені і не змочують інші вузли. Позначимо через  $x$  частку неперекритих вузлів і через  $P^{(s)}(x)$  – імовірність того, що довільний вузол змочує нескінченне число вузлів (індекс  $s$  означає, що відповідна величина відноситься до задачі вузлів).

Задачі вузлів і зв'язків можна сформулювати мовою статистики кластерів, не використовуючи уявлення про розтікання рідини з одного вузла. Розглянемо це на прикладі задачі вузлів (рис. 1). Нехай випадковим чином частку  $x$  вузлів решітки пофарбували в чорний колір, а решта вузли – в білий. Будемо називати пов'язаними будь-які два чорних вузла, що є найближчими сусідами. Назвемо кластером сукупність чорних вузлів, пов'язаних один з одним як безпосередньо, так і за допомогою ланцюжків пов'язаних чорних вузлів.

Мовою кластерів динаміка виникнення протікання при збільшенні  $x$  виглядає наступним чином. При малих  $x$  все кластери невеликі. Однак у міру наближення до порогу протікання окремі кластери зливаються і середній розмір кластерів зростає. У точці  $x = x_c$  вперше виникає чорний нескінченний кластер. Він нагадує собою випадкову сітку і пронизує весь простір. У «порах» нескінченного кластера розміщуються скінченні ізолювані кластери (рис. 2).

Поняття нескінченного кластера дозволяє дати інше трактування імовірності  $P^{(s)}(x)$ . Так як, тільки вузли нескінченного кластера змочують нескінченне число вузлів, імовірність  $P^{(s)}(x)$  дорівнює відношенню числа вузлів, що належать нескінченному кластеру, до повного числа вузлів решітки. Іншими словами,  $P^{(s)}(x)$  є щільність нескінченного кластера. Зростання  $P^{(s)}(x)$  при видаленні від порогу протікання в сторону великих  $x$  означає, що нескінченний кластер, поступово приєднуючи скінченні кластери, з дуже «безтілесного» стає все більш густим. Середній розмір його «пір» поступово зменшується. Відповідно зменшується середнє число тих скінченних кластерів, які залишаються ізолюваними.

У задачі зв'язків таким же чином можна говорити про скінченні та нескінченні кластери з цілих зв'язків і пов'язаних ними вузлів. Величина  $P^{(b)}(x)$  знову має сенс відносини числа вузлів, що належать нескінченному кластеру, до повного числа вузлів решітки. Слід, однак, мати на увазі, що існує й інше визначення  $P^{(b)}(x)$ : за щільність нескінченного кластера  $P^{(b)}(x)$  приймають відношення числа його зв'язків до повного числа зв'язків решітки [3].

Прийнято вважати, що в системі не може існувати кілька нескінченних «чорних» кластерів, не пов'язаних один з одним. Це твердження здається правильним, хоча і не є строго доведеним. Воно ґрунтується на таких міркуваннях: припустимо протилежне, тобто допустимо, що в деякій області значень  $x_c < x < x_1$  існують два нескінченних кластера, які пронизують простір. Візьмемо значення  $x = x_c + \Delta / 2$ , де  $\Delta < x_1 - x_c$ . Відповідні цьому  $x$  два нескінченних кластера мають скінченну щільність і всюди знаходяться на скінченній відстані один від одного. Збільшимо  $x$  до значення  $x_c + \Delta$ , вводячи додаткові чорні вузли. Імовірність забудівлі цими вузлами будь-якої фіксованої перемички між двома нескінченними кластерами виявиться малими, але скінченними. У той же час число можливих перемичок між нескінченними кластерами нескінченно. Тому з достовірністю при  $x = x_c + \Delta$  обидва кластера виявляться пов'язаними в один, що суперечить вихідному припущенню, оскільки  $x_c + \Delta < x_1$ .

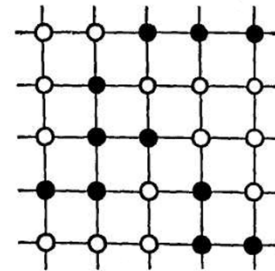


Рис.1. Кластери у задачі вузлів на квадратній решітці

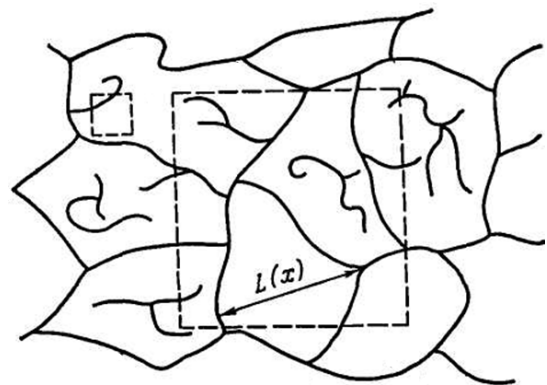


Рис. 2. Схематичне зображення кластерної системи



Використовуючи мову статистики кластерів, дамо формальне визначення  $P(x)$  та інших величин теорії протікання на прикладі задачі вузлів. Нехай  $n_s$  – число кластерів з  $s$  вузлів в нескінченній решітці, що припадає на один вузол решітки. Тоді сума  $\sum_s s n_s$  є частка вузлів решітки, що належать скінченним кластерам. Оскільки частка всіх чорних вузлів є  $x$ , частка вузлів решітки належать нескінченному кластеру дорівнює  $P(x) = x - \sum_s s n_s$ .

Другою важливою величиною теорії протікання є середнє число вузлів скінченного кластера (в англійській літературі – mean cluster size)

$$S(x) = \frac{\sum_s s^2 n_s}{\sum_s s n_s}.$$

Неважко бачити, що мова йде про зважене середнє: осереднюється число вузлів в кластері, якому належить даний вузол. Тому спрямовування  $S(x)$  до нескінченності при  $|x - x_c| \rightarrow 0$  означає ні те, що великих кластерів більше, ніж маленьких, ні навіть те, що великим кластерам належить переважна кількість чорних вузлів. Дійсно,  $\lim_{x \rightarrow x_c} \sum_s s n_s = x$ , отже, просте середнє  $\sum_s s n_s / \sum_s n_s$  залишається скінченим при  $x = x_c$ . Таким чином, основна частина чорних вузлів і при  $x = x_c$  знаходиться в кластерах з  $s \sim 1$ . Згідно чисельним розрахункам, при  $|x - x_c| \ll 1$  величина  $n_s$  як функція  $s$  поводить ся таким чином. Існує деяке критичне значення кількості вузлів в кластері  $s_c$ , яке росте при  $x \rightarrow x_c + 0$  і  $x \rightarrow x_c - 0$ :

$$s_c \sim |x - x_c|^{-\Delta}, \text{ де } \Delta > 0.$$

Сформулюємо задачі вузлів і зв'язків третім еквівалентним способом. Розглянемо решітку скінченного розміру, наприклад, квадрат, на кожній стороні якого міститься  $l$  вузлів. Нехай спочатку все вузли решітки білі. Будемо потім перефарбовувати в чорний колір випадково вибрані вузли, поступово збільшуючи частку перефарбованих вузлів  $x$ . При деякому значенні  $x = x_{cl}$  вперше виникне шлях по зв'язаних чорних вузлів з лівого боку квадрата на праву. Назвемо  $x_{cl}$  порогом протікання для скінченної решітки. Якщо повторити цю процедуру, то чорні вузли виявляться в інших позиціях і поріг протікання також буде, взагалі кажучи, іншим. Таким чином,  $x_{cl}$  є випадкова величина. Багато разів повторюючи описану процедуру, ми можемо обчислити середнє значення  $\langle x_{cl} \rangle$ . Поріг протікання, відповідний нескінченній системі, вочевидь, визначається виразом  $x_c = \lim_{l \rightarrow \infty} \langle x_{cl} \rangle$ .

У тривимірному випадку аналогічним чином можна говорити про протікання з будь-якої грані куба на протилежну. Інший варіант постановки задачі полягає в тому, щоб задавати  $x$  не як частку чорних вузлів, а як апіорну імовірність того, що даний вузол чорний. Для нескінченної решітки між цими двома визначеннями  $x$  немає різниці.

#### Електротехнічне застосування.

Як приклад протікання з грані на грань для задач зв'язків розглянемо електропровідність великого куба, в якому замість цілих зв'язків стоять однакові опори, що з'єднують сусідні вузли, а розірваним зв'язкам відповідає нескінченний опір, а напруга підводиться до плоских металевих контактів, які покривають дві протилежні грані куба. Рис. 3 ілюструє таку постановку задачі для двовимірного випадку.

Якщо куб досить великий, то його ефективна електропровідність  $\sigma(x)$  відмінна від нуля тільки при  $x > x_c^{(b)}$ . Згідно чисельним розрахункам, при  $x \ll x - x_c \ll 1$ ,  $\sigma(x) \sim (x - x_c)^t$ , де  $t$  – новий критичний індекс. Поведінка  $\sigma(x)$  при  $x > x_c^{(b)}$  становить інтерес для застосувань, пов'язаних з електропровідністю дискретних чи континуальних неупорядкованих систем. Вочевидь, що  $\sigma(x)$ , взагалі кажучи, не може бути обчислена на основі інформації про  $P^{(b)}(x)$ . Для знаходження  $\sigma(x)$  потрібно знати не тільки щільність, але і топологічну організацію нескінченного кластера.

Нами було проведено аналіз літературних джерел, і встановлено, що топологічна організація транзисторних схем найбільш нагадує гібрид решіток із квадратними та трикутними комірками. У випадку, що досліджується, потрібно скористатися результатами досліджень задач вузлів [4]: критичне (порогове) значення імовірності, що призводить до виникнення нескінченних кластерів, для

трикутної решітці – 50%, для квадратної – 59%. При цьому слід мати на увазі, що ця імовірність залежить від процентного складу квадратних та трикутних комірок у решітці (так зване, змішане протікання, графік якого у осях імовірності протікання окремо на цих решітках має вигляд кривобокої гіперболи).

**Висновок.** Вище ми розглянули три основні постановки задач вузлів і зв'язків: розтікання «рідини» з самочинного вузла на нескінченність, статистику кластерів і протікання крізь скінченну решітку. Ясно, що у всіх трьох випадках мова йде про одне й те ж критичне явище. Чисельні розрахунки порогів протікання в межах своєї точності підтверджують еквівалентність цих трьох постановок задачі в межі нескінченної системи. Одним з методів чисельного рішення задач теорії протікання є метод випадкових випробувань, або, як його називають, метод Монте-Карло. Він включає в себе практично всі розрахунки на комп'ютері, де істотно використовуються датчики випадкових чисел.

Основні ідеї і методи теорії протікання відпрацьовані та перевірені на дослідженнях решіткових задач. Крім них існують ще два великі класи задач теорії протікання: континуальні задачі і задачі на випадкових вузлах. Показано також [3-5], що за допомогою теорії протікання можна обчислювати електропровідність сильно неоднорідних середовищ і електричних мереж довільної конфігурації. Можна припустити, що еволюція величини електричного опору транзисторних схем, наприклад, системи управління ЗРК є показник їх деградації, індикатор того, що частина елементів або вся транзисторна схема потребує заміни. Оцінки, зроблені на базі досліджень, які були проведені методами теорії протікання, а саме, використовуючи статистику кластерів, дозволили встановити критичну імовірність нормальної роботи елементів транзисторних схем в інтервалі 50÷59% початкового стану.

#### Список використаних джерел

1. Трофименко П.С. *Бойова робота вогневих підрозділів артилерії. Навчальний посібник.* – Суми: Видавництво СумДУ, 2011. – 252 с.
2. *Словник ракетних і артилерійських термінів.* – Суми: ВІА, 2001. – 262 с.
3. Соколов И.М. *Размерности и другие критические показатели в теории протекания.* // *Успехи физических наук.* – 1986. – Т. 150, вып. 2. – С. 221-255.
4. Shklovskii B.I., Efros A.L. *Electronic Properties of Doped Semiconductors.* – Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1984. – 388 p.
5. Герега А.Н. *Моделирование кластерных структур в материале: силовые поля и дескрипторы.* // *Физическая мезомеханика.* – 2013. – Т. 16, № 5. – С. 87-93.

УДК 614.84

Оленів М.,

Коваленко Я.

Військова академія (м. Одеса)

### РОЗРОБКА ПРОПОЗИЦІЙ ДЛЯ ПРИСКОРЕННЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ ВІЙСЬКОВОГО АВТОМОБІЛЬНОГО МАЙНА В РАЙОН БОЙОВИХ ДІЙ ПІДРОЗДІЛІВ ДЕСАНТНО-ШТУРМОВИХ ВІЙСЬК

*В роботі розглядається підхід до дослідження прискорення транспортування автотехнічного забезпечення військових частин.*

**Ключові слова:** *можливості, бойове застосування, черговість доставки.*

**Поставлення проблеми.** Аналіз системи автотехнічного забезпечення показав, що задачі завчасного забезпечення засобами автотехнічного забезпечення в ряді випадків не можуть бути вирішені без застосування повітряного транспорту. Тому, все більшого значення набуває повітряний транспорт, на який не впливають гірські перешкоди, степові і лісові масиви, де мережа наземних шляхів сполучення розвинена слабо, а просування поза доріг ускладнено чи неможливо. Доставка матеріальних засобів військам в таких умовах іншими видами транспорту, крім повітряного, може бути несвоєчасно, а в деяких випадках і взагалі неможливо [1-3].

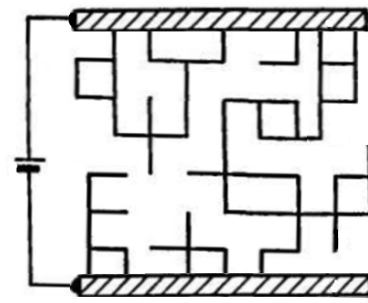


Рис. 3. Випадкова сітка резисторів, які є включеними між двома електродами

**Мета статті** полягає в оцінці визначення можливостей з транспортування автотехнічного забезпечення в умовах бойового застосування військової частини та черговості їх доставки авіатранспортом.

**Виклад основного матеріалу.** В умовах сучасних бойових дій театри бойових дій можуть швидко змінюватись як за напрямком та інтенсивністю, так і за характером дій та рельєфу місцевості. Сучасні бойові дії характеризуються швидкістю пересування, зміною зброї та обстановки. А у важко прохідних умовах забезпечення може бути не достатнім, не своєчасним, а в деяких випадках взагалі відсутнім.

У гірських районах мережа автомобільних доріг, залізничних шляхів слабо розвинена, автомобільні дороги мають малу місткість та зміни рельєфу, ґрунту що ускладнює процес пересування військ та підрозділів забезпечення. В умовах гірської місцевості швидкість пересування військової техніки зменшується до 10-15 км/год., а величина добового переходу становить до 200-250 км, а деколи, навіть, і менше, тим самим знижуючи ефективність та швидкість пересування та забезпечення. У табл. 1 наведено дані про можливості військової техніки з подолання підйомів.

У важко прохідних ділянках місцевості необхідно: уникати масового скупчення особового складу, техніки в обмежених районах, перевалах, ущелинах, та не допускати втягування значних сил в скупчення, в гірських проходах та ущелинах; раптово захоплювати гірські дороги, перевали, гірські проходи та інші важливі об'єкти у тилу противника; вміло організувати подолання завалів та загороджень на шляху, завчасно та всебічно підготовлювати війська до виконання дій у складних гірських умовах.

Таблиця 1

#### Можливості техніки з подоланням підйомів

Крутизна підйому, град.	Допустимість підйому	
	для гусеничних машин	для колісних машин
до 5	Долаються легко	Долаються
5 – 10	Долаються	Долаються важко
10 – 20	Долаються важко	Долаються дуже важко
20 – 30	Долаються дуже важко	
Більше 30	Недоступні	Недоступні

Вдалим прикладом використання авіа-транспортування являються об'єднані збройні сили НАТО, які останнім часом все більше уваги приділяють вантажним гелікоптерам. Командування НАТО вважає, що швидкий маневр силами і засобами завдяки повітряних поставань може значно вплинути на хід бойових дій. Що ж стосується транспортної авіації країн НАТО, то зараз налічується більше 2900 літаків, з них транспортні літаки ВВС складають з 1500 од., транспортні літаки цивільної авіації – 1400 од. Сполучені Штати мають найбільш сильну транспортну авіацію, яка налічує 1150 літаків, майже половина з них є стратегічними транспортними літаками. В планах подальшого нарощування можливостей сухопутних військ провідних країн світу, доставка техніки і засобів постачання значне місце відводиться гелікоптерам.

Згідно програми реорганізації сухопутних військ США, весь вертолітний парк перспективних дивізій об'єднується в бригади армійської авіації, в якій повинно бути 146 вертольотів різного призначення, в тому числі і транспортно-десантні. Крім того, у якості засобів та сил посилення дивізія може отримати роту транспортно-десантних вертольотів (36 шт.). В складі армійського корпусу також введена бригада армійської авіації, яка має, крім вертольотів розвідки та вогневої підтримки, 48 транспортно-десантних вертольотів СН-47 і 83 вертольоти загального призначення VH-60A. Якщо врахувати, що багатоцільовий вертоліт VH-60A "Блік Хок" з успіхом може використовуватися для транспортування вантажів, то можна зробити наступний висновок: США продовжують нарощувати можливості своїх сухопутних військ по підвозу матеріальних засобів по повітрю. Завдяки цьому інженерно-саперний батальйон армії США витрачав на будівництво польового аеродрому 1-2 – місяці замість 3-3,5 місяця в період війни в Кореї. Нині цей термін скорочено до 5-10 днів.

Щодо підрозділів ДШВ ЗС України та їх АТЗ, то вони укомплектовуються близько 200 автомобілями, що в два рази більше, ніж бронетанкової техніки. Крім того, у бригаді маєтись близько 120 різних причепів. Всю автомобільну техніку бригади можливо поділити на три групи. Основна

автомобільна частина бригади складає ГАЗ-66, ГАЗ-66Б, УАЗ-452А, МТ-10, які можуть десантуватися парашутним способом. Автомобілі цієї групи призначенні для різних видів забезпечення бойових дій бригади у тилу противника. Десантуються на парашутних платформах П-7 з літака Іл-76МД з парашутною системою МКС-5-128М. Для позначення й відшукування платформи, що приземлилась, застосовується спеціальна апаратура: передатчик сигналів (закріплюється на платформі) та пошуковий приймач (знаходиться у екіпажа).

Наявність у бригаді табельної повітряно-десантної техніки дозволяє десантувати усі бойові машини, міномети, ППО та протитанкові засоби, а також до 50 автомобілів. Такої кількості автомобілів цілком достатньо для забезпечення бойових дій десанту у тилу противника.

До другої групи можливо віднести автомобілі та причеми, які можливо десантувати тільки посадочним способом. Загалом це автомобілі ЗІЛ-131 й всі причеми.

До третьої групи можливо віднести авто, які не дозволяють десантувати їх ніяким способом. Це спеціальні автомаїстерні (МРС, МТО, АЦ9-КраЗ-260, АЦ5,5-Урал-4320), автомобільні крани та інші. Недесантуєма автомобільна техніка після вильоту десанту зосереджується у назначеному їй районі та застосовується в рішенні задач забезпечення бойових дій десанту (під керівництвом автомобільної служби).

Аналіз науково-дослідних робіт провідних країн світу щодо подальшого використання повітряного транспорту для забезпечення військ дозволяє виділити три основних напрямки: вдосконалення засобів повітряного транспорту і засобів доставки вантажу, вдосконалення системи базування повітряного транспорту, удосконалення процесу обробки вантажу.

Характер бойового застосування парашутно-десантної бригади, її організаційно-штатна структура сприяє на оснащення бригади автомобільної техніки, організацію автомобільної служби, а також і на організацію автотехнічного забезпечення.

Кількість доставлених у військову частину засобів автотехнічного забезпечення є важливим параметром, характеризуючим ці можливості системи доставки. Однак, система доставки засобів автотехнічного забезпечення функціонує в умовах цілого ряду випадкових факторів, які в кінцевому підсумку впливають на її можливості.

$$P = P_{N_{\text{ТР}}}[t_g(N_{\text{ТР}}) \leq t_{\text{пл}}],$$

де  $P_{N_{\text{ТР}}}$  – ймовірність своєчасної доставки;

$N_{\text{ТР}}$  – кількість засобів АТЗ, що потрібно транспортувати;

$P_{N_{\text{ТР}}}t_g$  – час, витрачений на доставку  $N_{\text{ТР}}$  засобів АТЗ;

$t_{\text{пл}}$  – встановлений час на доставку;

Для обчислення  $P_{N_{\text{ТР}}}$  використані статистичні методи моделювального процесу випробувань випадкової величини  $t_g$  можна отримати ряд її значень:  $t_{g1}, t_{g2}, t_{g3}, \dots, t_{gn-1}, t_{ng}$ . Функціонування системи доставки. В результаті розрахунків для  $n$  незалежних

На основі теореми Чебишева статистичним аналогом математичного значення або очікування випадкової величини  $t_g$  буде середнє арифметичне статистично середнє:

$$t_g = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_{g1},$$

а аналогом середньо квадратичного відхилення статистичної дисперсії:

$$\sigma_{t_g} = \sqrt{D_{t_g}},$$

$$D_{t_g} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (t_{gi} - \bar{t}_g)^2,$$

де  $t_{gi}$  – значення випадкової величини.

Для вирішення більшості практичних завдань приймають нормальний закон розподілу часу доставки при розрахунку ймовірності своєчасної доставки необхідних кількостей засобів автотехнічного забезпечення. Тому, ймовірність своєчасної доставки може бути визначена залежністю:

$$P_{N_{\text{ТР}}} = \frac{1}{2} [\Phi(\frac{t_{\text{пл}} - t_g}{\sigma_{t_g}}) + 1],$$

де  $t_g$  – математичне очікування часу доставки.

Вибраний критерій ефективності системи доставки засобів автотехнічного забезпечення відображає складний взаємозв'язок багатьох факторів, впливає на її функціонування і відповідає всім вимогам, висунутим до критеріїв ефективності складної системи.

З викладеного виходить, що безпосередньо систему доставки необхідно оцінювати за критерієм  $P_{N_{тр}}$ . Вплив системи доставки на ефективність системи визначається у відповідності із структурною схемою.

Проведені дослідження показали [3,4], що необхідно скорочувати прості літаків (вертольотів) на аеродромах (посадкових майданчиках) за рахунок впровадження комплексної механізації вантажно-розвантажувальних робіт, застосування пакетів з використанням піддонів та контейнерів. Найбільш раціонально застосовувати піддони розміром 1200x1600 мм, що дозволяє трудомісткість робіт порівняно з навантаженням вручну зменшити в 2,6-3 рази, а час – у 1,5-2 рази. При використанні вертольотів пакетування вантажів і контейнеризація дозволяє здійснювати доставку автомобільного майна на зовнішній підвісці, що істотно скорочує не тільки час вантаження і вивантаження, але і зменшує вірогідність пошкодження вертольотів вогнем противника при проведенні вантажно-розвантажувальних робіт.

Результати розрахунків показують, що використання вертольотів для доставки засобів АТЗ в умовах гірничо-лісистій місцевості дає вигоду у часі порівняно з наземним транспортом при плечах підвезення понад 16 км. При цьому доцільно в оперативно-технічній ланці доставку здійснювати на зовнішній підвісці, що дозволить підвищити ефективність використання вертольотів на 50-60%.

Вчення Закавказького військового округу колишнього Радянського Союзу і дослідження показали, що незважаючи на плановане проведення організаційних та відновлювальних заходів на транспортних об'єктах, затримка у перевезеннях матеріальних засобів наземними видами транспорту (в порівнянні з плановими термінами) може скласти від 3 до 6 діб. З цього випливає, що для своєчасної доставки матеріальних засобів військам необхідно використовувати повітряний транспорт. Практика показала, що вертольоти, навіть в найскладніших умовах, виконують завдання забезпечення з набагато більшим успіхом, ніж наземний транспорт.

Доставка повітряним шляхом зменшує вплив плечей підвозу, виключає залежність від стану доріг та їх завантаженості, а в наслідку цього забезпечує своєчасну доставку автотехнічних засобів.

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 та заданим часом.

Не в меншій мірі ефективність бойового застосування військ залежить від своєчасного і якісного проведення таких заходів АТЗ, як організація та проведення технічного обслуговування і ремонту несправного озброєння і техніки.

Таким чином, виникає необхідність вирішення таких важливих питань:

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

В системі відновлення озброєння і техніки найважливіша роль буде належати 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 озброєнні і техніці. В даний час в тактичній ланці відсутні штатні підрозділи технічної розвідки. Технічна розвідка ведеться особовим складом, що входять 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 показують, що органи технічної розвідки військової ланки повинні своєчасно охоплювати не менш 85% озброєння і техніки, які вийшли з ладу. 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 хід бойових дій;
- своєчасне забезпечення автомобільної техніки необхідними ЗІП і маневр ремонтними силами і засобами;
- організація технічної розвідки за всіма видами озброєння і техніки.

Особливо необхідним виявиться 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.

**Висновок.** Для збільшення ефективності автотехнічного забезпечення авіатранспортом, для підрозділів ДШВ в умовах бойових дій, ефективним буде використання транспортних вертольотів.

#### **Список використаних джерел**

1. Щуєнкін В.О., Ішутін І.С., Трезубенко 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.

2. Оленев 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.

3. Рогальський Д.О. Оленев В.М. Особливості автотехнічного забезпечення бойових дій частин підрозділів Високомобільних десантних військ.// Національна безпека України: актуальні проблеми та шляхи їх вирішення. Матеріали Третьої Всеукраїнської курсантсько-студентської науково-практичної конференції. 24.11.2017р., Одеса. 2017.- с. 93

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

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

УДК 623.437.4

**Пашенко В.,**

**Бабкіна К.**

*Військової академії (м. Одеса)*

### **РОЗРОБКА ПРОПОЗИЦІЙ ПО ПІДВИЩЕННЮ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВІЙСЬКОВОЇ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ З МЕТОЮ ЗБІЛЬШЕННЯ ПРОБІГУ АВТОМОБІЛЬНИХ ШИН ДО ЇХ СПИСАННЯ**

*В роботі наведено результати аналізу основних пропозицій по підвищенню ефективності експлуатації військової автомобільної техніки з метою збільшення пробігу автомобільних шин.*

**Ключові слова:** військова автомобільна техніка, експлуатація, технічне обслуговування, використання.

**Постановка проблеми.** Згідно статистики національної адміністрації з безпеки дорожнього руху України, більше 45% дорожньо-транспортних пригод відбувається саме через технічні несправності та порушення режимів експлуатації військової автомобільної техніки. Дана тема заслуговує уваги кожного водія, адже від неї залежать безліч необхідних для забезпечення безпеки дорожнього руху факторів, які безпосередньо впливають на керованість, гальмівний шлях, зчеплення з дорожнім покриттям, а також терміни експлуатації автомобільної техніки. Неувага до технічного стану автомобільних шин загрожує сумними наслідками. Дана робота дає змогу засвоїти знання та навички стосовно раціонального планування та організації експлуатації автомобільної техніки, методи збільшення ресурсу військової автомобільно техніки (далі – ВАТ) в ході її експлуатації та автомобільних шин, з'ясувати найголовніші експлуатаційні чинники впливу на термін використання автомобільної техніки.

**Мета статті** – на підставі аналізу відомих технічних рішень розробити пропозиції по підвищенню ефективності експлуатації ВАТ з метою збільшення пробігу автомобільних шин.

Завдання, що сприяють досягненню мети дослідження: розробки пропозицій щодо раціонального використання ВАТ з метою збільшення пробігу автомобільних шин до їх списання; організації раціональної експлуатації ВАТ у Збройних Силах України.

**Виклад основного матеріалу.** Експлуатація ВАТ – стадія життєвого циклу військової техніки з моменту прийняття її військовою частиною від заводу – виробника чи ремонтного підприємства, що є сукупністю введення в експлуатацію, а саме: приведення до відповідного ступеня готовності (підготовка) до використання за призначенням; підтримання відповідного ступеню готовності до використання (технічне обслуговування), використання за призначенням [5]

Використання автомобільної техніки (далі – АТ) – один з етапів експлуатації машини, упродовж якого вона застосовується за прямим призначенням із дотриманням встановлених технічних норм і правил та виконанням вимог безпеки [2].

Експлуатація АТ військової частини здійснюється на підставі річного плану експлуатації та ремонту АТ та місячних планів експлуатації та ремонту АТ військової частини (з'єднання) (далі – Річний план експлуатації, Місячний план експлуатації відповідно) [1].

Планування експлуатації і ремонту АТ у збройних силах України здійснюється у всіх військових частинах і включає розробку комплексу заходів з організації та забезпечення раціонального використання машин для виконання завдань бойової підготовки, бойової і мобілізаційної готовності, а також господарської діяльності військ [3].

З метою забезпечення надійного використання ВАТ у збройних силах України та вирішення питання підвищення ефективності експлуатації, необхідно розробити пропозиції стосовно раціонального планування заходів, які безпосередньо впливають на її організацію, а саме розробити програмне забезпечення для комплексного відпрацювання начальником автомобільної служби плануючих документів [3].

Вихідними даними для підготовки річного плану експлуатації є: план бойової підготовки та завдання командування, пов'язані з використанням АТ; наявність АТ військової частини за списком згідно зі штатом її технічний стан та запас моторесурсів до чергового ремонту; потреба у моторесурсах для забезпечення планів бойової підготовки та господарської діяльності на наступний рік; встановлений ліміт витрат пального, спеціальних рідин та експлуатаційних матеріалів; норми витрати моторесурсів АТ [3].

Річний план експлуатації військової частини (з'єднання) розробляється заступником командира військової частини з озброєння за участю інших заступників командира військової частини, начальників родів військ та служб, підписується начальником штабу військової частини, заступником командира військової частини з озброєння, заступником командира військової частини з тилу та затверджується командиром військової частини [3].

Річний план експлуатації розробляється на підставі розрахунків:

потреби в АТ та моторесурсах для виконання завдань бойової підготовки, що складається штабом військової частини разом з начальниками родів військ та служб за розділами плану бойової підготовки і категоріями особового складу, що навчається;

потреби в АТ та моторесурсах для забезпечення річного господарського плану, що розробляється за відповідними розділами річного господарського плану військової частини заступником командира військової частини з тилу разом з начальниками родів військ та служб [3].

Начальник автомобільної служби військової частини готує аналіз відповідності можливостей і потреб в АТ і моторесурсах військової частини, у якому визначає загальну кількість моторесурсів.

Аналіз погоджується з начальником штабу військової частини, із заступниками командира військової частини з озброєння та тилу.

При перевищенні потреб у моторесурсах, встановлених річними нормами, а також виділеного ліміту пального, за рішенням командира військової частини зменшується кількість машин на виконання окремих завдань і приводить витрачання моторесурсів та пального у відповідність до встановлених норм та лімітів [3].

Використання ВАТ поділяється на такі стадії:

введення в експлуатацію – подія, що фіксує готовність виробу до використання за призначенням, документально оформлена у встановленому порядку. Для спеціальних видів техніки до введення в експлуатацію додатково відносять підготовчі роботи, контроль, приймання і закріплення виробу за підрозділом експлуатації.

очікування використання за призначенням – перебування виробу у стані готовності до використання за призначенням, що передбачене нормативно-технічною документацією.

початок експлуатації – момент введення виробу в експлуатацію.

нормальна експлуатація – експлуатація виробів згідно з чинною експлуатаційною документацією.

зняття з експлуатації – подія, що фіксує неможливість або недоцільність подальшого використання за призначенням та ремонту виробу і документально оформлена у встановленому порядку.

кінець експлуатації – момент зняття виробу з експлуатації [2].

Етапи технічної експлуатації ВАТ:

зберігання при експлуатації (зберігання) – утримання виробу, що не використовується за призначенням у заданому стані у відведеному для його розташування місці із забезпеченням збереженості протягом заданого терміну.

транспортування при експлуатації (транспортування) – переміщення виробу у заданому стані із застосуванням, за необхідності, транспортних і вантажопідйомних засобів, що розпочинається із завантаження та закінчується розвантаженням у місці призначення.

технологічне обслуговування – комплекс операцій з підготовки виробу до використання за призначенням, зберігання, транспортування та приведення його у попередній стан після цих процесів, що не пов'язані із підтриманням надійності виробу.

ремонт – комплекс операцій для відновлення справного стану чи працездатності об'єкта та відновлення ресурсів об'єктів чи їх складових частин [4].

З метою збільшення експлуатації ВАТ необхідне технічне обслуговування, яке в свою чергу залежить від якісного діагностування техніки водіями.

Своєчасне та якісне технічне обслуговування є важливим елементом експлуатації машин, якісне виконання всіх умов технічного обслуговування забезпечує:

постійну готовність машини до використання;

безпеку руху;

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;

мінімальну витрату пального, змащувальних та інших експлуатаційних матеріалів.[4]

Технічне обслуговування машин включає заправку, очищення, миття (промивання), перевірку (технічне діагностування), підтягування кріплень, регулювання агрегатів, складальних одиниць, механізмів та приладів, змащувальні роботи, усунення несправностей (поточний ремонт).[4]

В польових умовах технічне обслуговування проводиться з використанням рухомих засобів технічного обслуговування та ремонту у порядку, встановленому командиром військової частини з урахуванням конкретних умов.

Під час технічного обслуговування за необхідністю замінюються фільтри, інші змінні деталі, усуваються виявлені недоліки [4]. Забороняється скорочувати обсяг і зменшувати тривалість робіт, що впливають на якість технічного обслуговування машин [4].

Машина, яка пройшла технічне обслуговування, повинна бути технічно справною, заправленою належними експлуатаційними матеріалами, чистою, відрегульованою, змащеною. Всі агрегати, складальні одиниці, механізми та прилади повинні бути надійно закріплені, нормально працювати і відповідати вимогам інструкції з експлуатації машини [4]

Ефективне використання АТ в сучасних умовах обумовлено рядом показників: її наявністю та укомплектованістю; технічним станом; рівнем забезпеченості матеріально-технічного забезпечення і майна; наявністю і рівнем підготовки спеціалістів автомобільної служби усіх рівнів [1].

Щоб покращити стан даних показників необхідно правильно та якісно організувати експлуатацію АТ, а саме: за можливістю оновлювати склад автомобільного парку; використовувати АТ лише за її прямим призначенням; підготовлювати техніку до відповідних кліматичних умов; поповнювати матеріальну забезпеченість етапів експлуатації; мати високий рівень підготовки та комплектність спеціалістів автомобільної служби усіх видів військ; зменшити кількість номенклатури керівних документів з експлуатації АТ.



Покращення та знання основ організації експлуатації АТ є необхідною умовою успішного виконання поставлених задач і збереження при цьому машин в справному стані для подальших дій.

Не менш важливим для ефективного використання ВАТ є дотримання вимог безпеки руху. Задля її реалізації необхідно проводити обслуговування за їх технічним станом, об'єктивно нормувати і прогнозувати їхній ресурс. Це дозволяє підвищити ефективність експлуатації і зменшити собівартість транспортних робіт.

**Висновки.** Аналіз властивостей експлуатації ВАТ показав, що на процес зношування автомобільних шин та терміни експлуатації АТ впливає чимало факторів, але більшість із цих факторів можливо та необхідно запобігти в ході використання, планування та технічного обслуговування АТ, так як найголовнішим фактором терміну експлуатації, є фактор обслуговування та якості експлуатації.

До цих факторів відноситься неналежна підготовка та некомпетентність водіїв, також непрофесійне відношення до своєї роботи зі сторони контролюючих органів та недостатні заходи економічної роботи на АТ, знову ж таки зі сторони водія.

Саме тому необхідно ввести пропозиції щодо комплексу заходів покращення експлуатації АТ, щоб досягнути збільшення її експлуатації.

В цілому, необхідно покращити: умови зберігання; догляд; умови експлуатації; стиль водіння.

Крім того доцільно використовувати програму Excel для відпрацювання плануючої документації, а саме річний план експлуатації та ремонту АТ і місячні плани експлуатації ремонту АТ військової частини.

Так як, на теперішній час планування техніки здійснюється за виділеним лімітом пального – розрахунок витрати моторесурсів здійснюється згідно фактичної його кількості.

Таким чином, ми досягнемо значної економії часу на відпрацювання плануючої документації (що для начальника автомобільної служби військової частини істотно важливо) та зразу ж у річному плані буде відображений ступінчастий вихід ВАТ в ремонт – капітальний (КР), середній (СР) та списання і кількість ТО-1 та ТО-2 для кожної одиниці АТ.

#### **Список використаних джерел**

1. Загальні положення по експлуатації озброєння і техніки – [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://studopedia.org/10-84945.html>.
2. Наказ МО України № 219 від 01.07.2002 р “Про затвердження Керівництва з експлуатації автомобільної техніки в Збройних Силах України”.
3. Навчальний посібник « Основи технічного забезпечення. Обґрунтування рішень» Дем'янчук Б.О. Малишкін О.В.
4. Навчальний посібник «Автотехнічне забезпечення управління моторесурсом і оновленням парку автомобілів» Дем'янчу Б.О., Маханьков В.А., Обертас В.Ф.
5. Експлуатація (техніки) – [Електронний ресурс] Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D0%BA%D1%81%D0%BF%D0%BB%D1%83%D0%B0%D1%82%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%8F\\_\(%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%BA%D0%B0\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D0%BA%D1%81%D0%BF%D0%BB%D1%83%D0%B0%D1%82%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%8F_(%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%BA%D0%B0)).

**Науковий керівник:** Купринюк О., Військова академія (м. Одеса).

УДК 623.418.2

**Петренко В.,**

**Коньков К.**

*Військова академія (м. Одеса)*

### **ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ УНІВЕРСАЛЬНОЇ ТУРЕЛЬНОЇ УСТАНОВКИ З ПКТ, ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ, СЛІДКУЮЧОЮ ТЕЛЕВІЗІЙНОЮ СИСТЕМОЮ І ОРГАНІЗАЦІЄЮ ЦИКЛУ ЗАМКНУТОГО ВОГНЮ**

*В статті розглянуто питання щодо удосконалення універсальної турельної установки з ПКТ, та застосування її для боротьби з БПЛА.*

**Ключові слова:** БпЛА, ПКТ, сервопривід, телевізійно слідкуючий пристрій, активні зенітні комплекси.

**Постановка проблеми.** В зоні проведення антитерористичної операції на Сході України продовжуються польоти безпілотних літальних апаратів (БпЛА) для ведення розвідки в інтересах артилерійських підрозділів як незаконних збройних формувань так і підрозділів російських збройних сил. Відомі факти, коли після обльоту БпЛА через нетривалий час були здійснені обстріли позицій підрозділів Збройних Сил України з артилерійського та танкового озброєння. Виходячи з цього боротьба з БпЛА являється одним із пріоритетних завдань.

**Мета статті** полягає в ознайомленні з сучасними досягненнями і напрямками розвитку засобів боротьби з БпЛА провідних держав, розробці підходу до боротьби з БпЛА, шляхом удосконалення універсальної турельної установки з пкт,електроприводом,слідкуючою телевізійною системою і організацією циклу замкнутого вогню.

**Виклад основного матеріалу.** Рекомендації щодо боротьби з БпЛА можна розділити на дві групи: організаційні та технічні заходи, а саме: розгортання в районі дії підрозділів спостерігачів, які б попереджали про появу БпЛА, здійснювали цілевказівки, маскування та дезорієнтації операторів БпЛА.

Для вибору варіанту протидії БпЛА необхідно провести ідентифікацію літального апарату. В ряді випадків розпізнавання БпЛА проводиться за їх силуетами (розмірами), що зазвичай дозволяє визначити їх призначення – проведення розвідки, ударні задачі, забезпечення бойових дій. Загальна класифікація БпЛА за організаційними ознаками представлена на рис. 1.



Рис. 1. Загальна класифікація БпЛА за організаційними ознаками

У відповідності до масштабу застосування та тактико-технічних характеристик БпЛА також можна поділити на 4 класи:

1 клас – взводний – мікро БпЛА включаються до екіпіровки солдата та забезпечує збір та передачу інформації на висоті польоту до 150 м, в радіусі дії до 8 км на протязі 50 хвилин з масою корисного навантаження 0,4 кг;

2 клас – ротні – міні БпЛА збирають та передають інформацію підрозділам, забезпечують цілевказівки на дальності до 16 км протягом 2 годин, мають масу корисного навантаження до 5 кг;

3 клас – батальйонні БпЛА мають більш широкий спектр задач, працюють на протязі 6 годин на дальності до 40 км, забезпечують підтримку зв'язку між окремими підрозділами, пошук встановлених мін, контроль радіаційної та біологічної обстановки, а також можуть злітати з непідготовлених майданчиків;

4 клас – бригадні БпЛА працюють від 18 годин до доби на дальності до 75 км, забезпечують топографічну зйомку, ретрансляцію, розвідувально-дозорні функції.

Перш ніж вирішувати, як краще і дешевше знищити БпЛА, його треба спочатку виявити і ідентифікувати. Як і всякий матеріальний об'єкт, БпЛА несе в собі демаскуючі ознаки, які видають його в навколишньому просторі, роблячи помітним для спостереження. Ступінь помітності визначається величиною його сигнатур в радіочастотному, інфрачервоному і видимому діапазонах, а також сигнатури акустичної. Сучасні легкі безпілотники мають сигнатури невеликої величини: БпЛА роблять з композитних матеріалів, пластика зі спеціальним фарбуванням і з особливою комбінацією шарів, їх невеликі бензинові і тим більше електричні двигуни мало випромінюють тепла і працюють майже безшумно.

Низькі значення показників ефективності ураження малорозмірних БпЛА активними зенітними засобами обумовлюють необхідність розробки і проведення комплексу спеціальних заходів щодо організації їх ураження активними засобами, а також проведення ряду заходів з протидії системам розвідки і вогневого придушення, наявними на борту БпЛА.

Такий перелік заходів може включати:

створення спеціальних груп із зенітних формувань, що включають різнотипні ЗРК, ЗАК, ЗПРК, ПЗРК, які мають порівняно високими розвідувальними і вогневими можливостями при виявленні та стрільби по малорозмірних цілям і призначені виключно для ураження БпЛА;

вдосконалення (модернізація) існуючих зразків зенітного озброєння в інтересах підвищення ефективності боротьби з малорозмірними цілями;

розробку перспективних зразків зенітного озброєння стосовно до вирішення специфічних завдань виявлення і ураження малорозмірних повітряних цілей, включаючи БпЛА;

розробка спеціалізованих комплексів і засобів боротьби з малорозмірними цілями, заснованих на застосуванні нетрадиційних видів зброї;

застосування комплексу «військових» заходів з протидії системам розвідки, управління і бойового застосування БпЛА.

Розвиток технологій дронів ставить перед арміями завдання впровадження новітніх засобів ППО щодо протидій БпЛА. Без повноцінного захисного купола оборони, здатного протистояти будь-якого різновиду БпЛА, питання безпеки всіх об'єктів, як і їх секретності, буде провалено.

Безпілотник можна «майже» вбити, якщо під час польоту порушити роботу його бортових датчиків, забити канали зв'язку, передачі даних і контролю, заглушити сигнали системи GPS, від чого БпЛА стає сліпим і безпорадним. Вбити його по-справжньому можна тільки фізично, знищивши ракетою, снарядом зі звичайної гармати, або променем лазерної гармати. Інформаційне придушення за допомогою систем радіоелектронної боротьби стандартними, добре відпрацьованими способами, а також за допомогою новітніх електронних технологій буде застосовуватися для будь-яких без винятку безпілотників.

При виборі засобів фізичного знищення потрібно мати справу з критеріями «вартість-ефективність».

Як зазначалося вище один із заходів протидії БпЛА є вдосконалення (модернізація) існуючих зразків зенітного озброєння в інтересах підвищення ефективності боротьби з малорозмірними цілями. Одним із способів вдосконалення варто розглянути можливість розробки універсальної турельної установки з ПКТ, електроприводом, слідкуючою телевізійною системою і організацією циклу замкнутого вогню.

На рис. 2. зображена функціональна блок схема даної установки.

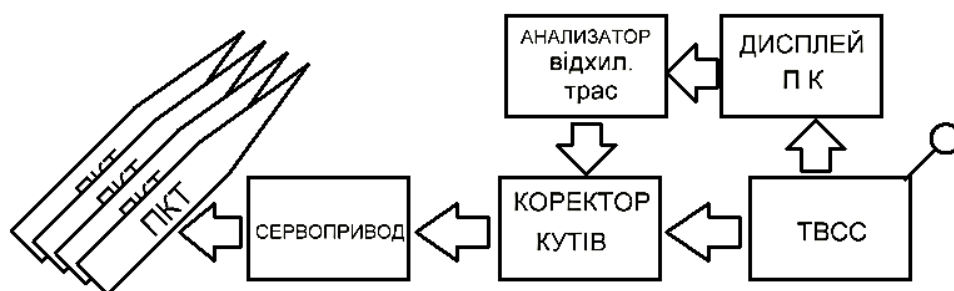


Рис. 2. Блок схема універсальної турельної установки з ПКТ

Установка складається:

- спарений ПКТ;
- сервопривід;
- коректор кутів;
- телевізійно-слідкуючий пристрій;
- дисплей ПК;
- аналізатор відхилення трас;

**Висновки.** Незважаючи на те, що новітні технології протидії БПЛА тільки зароджуються, проте вже чітко визначена послідовність стадій цього процесу: виявити; пізнати; знищити.

Перші два елементи в цьому ланцюжку на даний момент здебільшого відпрацьовані за рахунок вдосконалення існуючих технологій, проте, з'являються і специфічні рішення в цій сфері.

Результати проведення антитерористичної операції на сході України свідчить, що БПЛА вдосконалюються як типова зброя партизанських, диверсійно-терористичних війн. Сучасні воєнні конфлікти ведуться мобільними легкоозброєними підрозділами, які прагнуть завдати максимальної шкоди. Тому зняття протидії БПЛА повинні бути мобільними і компактними.

#### **Список використаних джерел**

1. Аналіз нападу БПЛА на арсенали (бази, склади) Збройних Сил України за період, з 2015 по 2019 рр. Озброєння командування Сухопутних військ ЗС України, вих. №116/10/468озбр, 22.02.2018. 4 с.
2. *Технічне забезпечення військ (сил)*. К.: НУОУ, 2015. 204 с.
3. *Коньков К., Крамской К. Електроніка та мікросхемотехніка, ч. 1,2. ВА м.Одеса 2019.*

**Рецензент:** *Єфимчиков О., к.т.н., доц., Військова академія (м. Одеса)*

УДК 629.3.014.7+629.3.022.4

**Петров Л.**, к.тех.н., доц.,

**Рабош О.**

*Військова академія (м. Одеса)*

### **РОЗРОБКА ПРОПОЗИЦІЙ ДО СТВОРЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ВІЙСЬКОВОГО АВТОМОБІЛЯ З НАКОПИЧЕННЯМ ЕНЕРГІЇ ОБЕРТАННЯ КОЛІСНОГО РУШІЯ**

*Підвищення якісних показників колісних рушіїв військових автомобілів є глобальною проблемою відомих автомобілебудівних фірм світу, а тому тема являється актуальною. Метою проведених досліджень є створення конструктивної пропозиції спрямованої на підвищення ККД колісних рушіїв військових автомобілей. Завданням проведеної роботи було встановлення взаємозв'язків конструктивних елементів колісного рушія і вплив їх на підвищення ККД.*

**Ключові слова:** *автомобіль, колісний рушій, методика, транспортний засіб, енергія, тяго-транспортна енергія.*

**Постановка проблеми.** При проведенні досліджень колісних рушіїв транспортних засобів використані наступні методики, які внесені в Реєстр методик проведення досліджень (введений Постановою Кабінету Міністрів України від 02.07.2008р. № 695 «Про затвердження Порядку атестації та державної реєстрації методик проведення досліджень» та Наказом Міністерства юстиції України від 02.10.2008р. № 1666/5 «Про затвердження Порядку ведення Реєстру методик проведення досліджень»): Методика дослідження шин вантажного автотранспорту, код 10.0.07; Експертне дослідження шин транспортних засобів», код 10.1.09; Методика експертного дослідження електронних пристроїв транспортних засобів з метою визначення параметрів їх руху, код 10.0.16; Методика дослідження впливу характеристик фрикційних пар гальмівних механізмів на стійкість руху автомобілів при гальмуванні, код 10.1.15; Методика експертного дослідження технічного стану автобусів категорії М2 і М3 (базові моделі «Богдан» А-092 та БАЗ-2215), код 10.0.07.

**Метою статті** є створення конструктивної пропозиції спрямованої на підвищення ККД колісних рушіїв військових автомобілей.

**Виклад основного матеріалу.** В статті розглянуто розвиток конструкцій перспективи розробки автомобільних технологій спрямованих на зменшення витрат енергії у зв'язку з виконанням ними роботи. Приведені особливості конструктивних схем автомобільних технологій. Проаналізовані переваги та

недоліки таких технологій. Запропонована схема колісного рушія, яка на даному етапі розвитку конструкцій автомобілів дозволить вирішити існуючу проблему за рахунок подвійної динаміки колісного рушія. Стаття призначена для спеціалістів в галузі технології переміщення автомобілів.

Світові автомобілебудівники спрямовують свої зусилля на удосконалення конструкції автомобілів для підвищення ефективності їх експлуатації. Одним із перспективних способів підвищення паливної економічності будівельно – дорожніх машин як циклічного, так і неперервної дії являється побудова гібридних машин і силових установок, (рис. 1) [2, с. 2]. Електричні гібриди широко використовуються в автомобільному транспорті і розробляються практично всіма видатними фірмами виробниками: BMW, Mercedes, Volvo. На будівельно-дорожніх машинах енергозберігаючі системи втілюються такими фірмами як Catapiller, Volvo і інш. В автомобілі Volvo FE Hybrid застосовується гібридна силова енергетична установка в вигляді дизельного двигуна і зворотної електромашини, які під дією системи керування можуть працювати як разом, так і окремо [1, с. 11–14]. При цьому перемикання між режимами роботи здійснюється автоматично відповідними елементами системи управління. Силова енергетична установка (рис. 1) транспортного засобу нового покоління Volvo FE Hybrid включає в себе: дизельний двигун D; зчеплення; коробку перемінних передач (КПП). I-Shift (I); систему MDS в вигляді зворотного електротехнічного комплексу, яке містить в своїй основі функціональні можливості стартера (електродвигуна G постійного струму) і генератора E; блок PMU управління енергетичною установкою, яка координує роботу її основних частин; блок В акумуляторів.

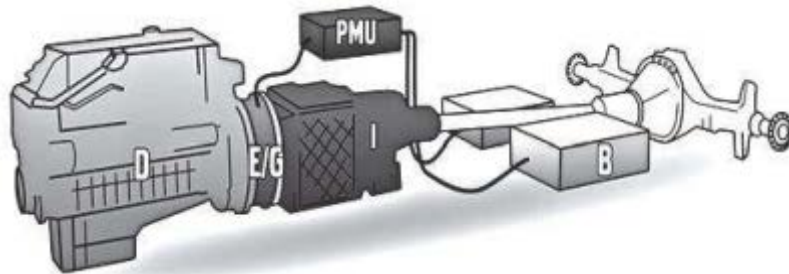


Рис. 1. Схема гібридного привода Volvo

Економічність і надійність експлуатації автомобіля Volvo FE Hybrid, а також його безпека для навколишньої середовища свідчать об ефективності гібридної технології, яка використовується в його конструкції.

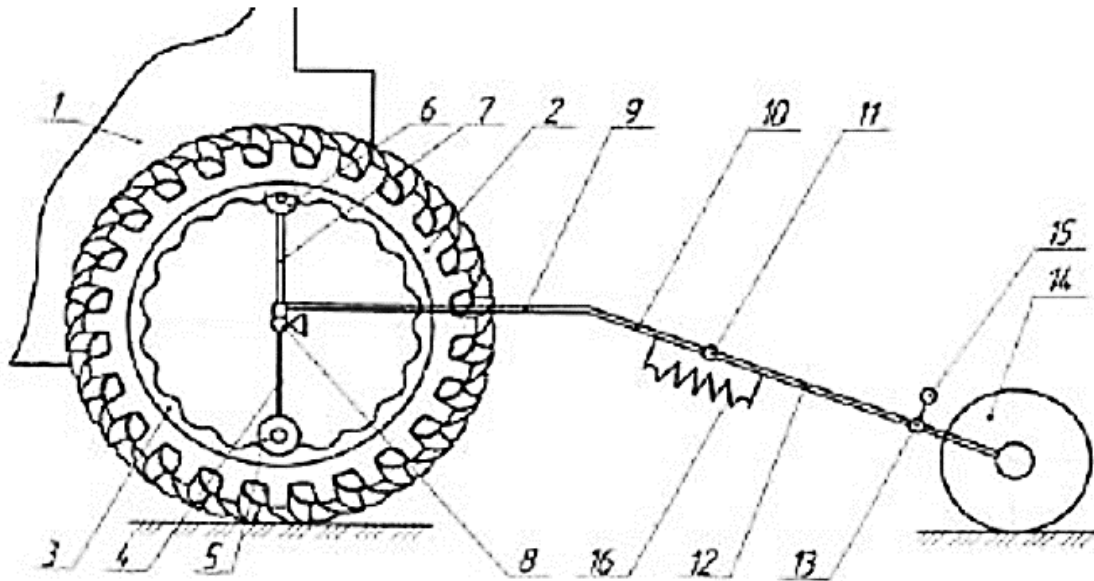
Спосіб переміщення тягово – транспортної системи за допомогою поштовху колісного рушія в зоні його стиснення та осередку обертання може бути виконаний за конкретним прикладом (рис. 2) [3, с. 1]. Запропонований спосіб включає тягово – транспортну систему 1, до колісного рушія 2 за допомогою гребінки 3, важеля 4 та динамічної ваги 5 і підтримуючого ролика, які за допомогою важеля 4 та ланки 7 шарнірно закріплені на осі 8, на якій закріплений колісний рушій. До ланки 7 жорстко приєднаний важіль 9 з загнутим кінцем 10. До зігнутого кінця 10 горизонтальним шарніром 11 під'єднано важіль поштовху 12. Важіль поштовху за допомогою вертикального шарніру 13 опирається на опорну поверхню керуючим колесом 14. На вертикальній осі співвісно закріплено стабілізатор стійкості 15. Загнутий кінець 10 важеля 9 кінематично за допомогою пружини розтягу 16 зв'язано з важелем поштовху 12.

Спосіб переміщення тягово – транспортної системи за допомогою поштовху колісного рушія в зоні його стиснення та осередку обертання здійснюють таким чином.

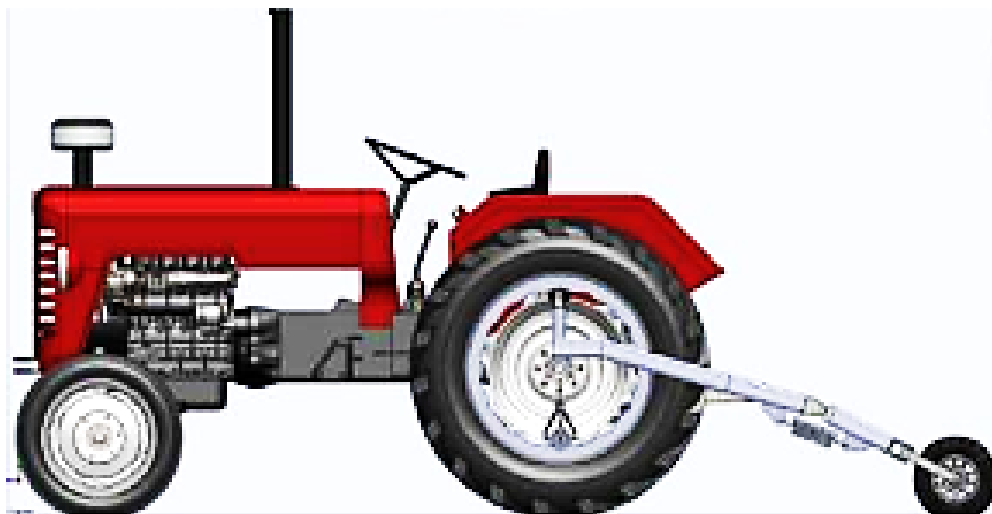
При здійсненні процесу переміщення тягово – транспортної системи 1 колісний рушій 2 починає обертати в напрямку руху проти годинникової стрілки і за допомогою гребінки 3 динамічна вага 5 відхиляється в тому ж напрямку, важіль 4 вигинається, накопичуючи при цьому потенціальну енергію. Одночасно з цим жорстко поєднаний важіль 9 з загнутим кінцем 10 відхиляється вгору, пружина 16 стискається, а керуюче колесо 14 наближається до колісного рушія 2 за допомогою важеля поштовху 12, який повертається в горизонтальному шарнірі 11. При виконанні таких операційних дій ланка 7 та підтримуючий ролик 6 стабілізують заданий рух важеля 9 відносно динамічної ваги 5, а вертикальний шарнір 13 із стабілізатором стійкості 15 забезпечують копіювання руху відносно поздовжньої осі тягово – транспортної системи 1. У процесі руху тягового – транспортної системи 1 динамічна вага 5, яка відхилена на величину висоти гребінки 3 під дією вивільнення енергії стиснутої пружини розтягу 16 отримує силу поштовху. Сила поштовху

передається за допомогою загнутого кінця 10 жорстко приєднаного важеля 9 та ланки 7. Одночасно, підтримуючий ролик 6 перекочується по диску, забезпечує ланку 7 зайняти вертикальне положення. В подальшому процес повторюється.

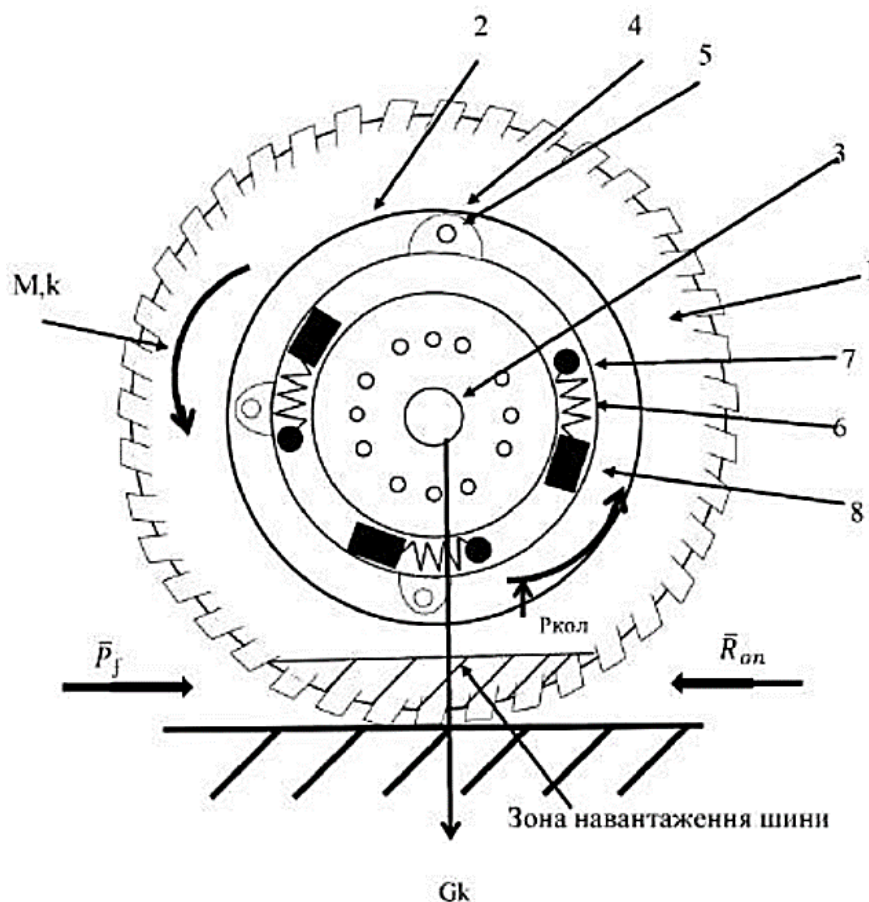
Запропонований спосіб тягово – транспортної системи за допомогою поштовху колісного рушія в зоні його стиснення та осередку обертання нами був реалізований у макетному зразку (рис. 3) [3, с. 4].



**Рис. 2.** Спосіб переміщення тягово-транспортної системи за допомогою поштовху колісного рушія в зоні його стиснення та осередку обертання



**Рис. 3.** Макетний зразок способу переміщення тягово-транспортної системи за допомогою поштовху колісного рушія в зоні його стиснення та осередку обертання



**Рис. 4.** Колісний рушій з подвійним динамічним навантаженням

1 – Шина, 2 – диск, 3 – ступиця, 4 – ухо, 5 – футорка, 6 – пружина, 7 – жорстке кріплення пружини, 8 – динамічна вага

Коефіцієнт тяги колісного рушія з подвійним динамічним навантаженням будемо оцінювати згідно запропонованої формули формули:

$$\varphi = \frac{R_{оп} + P_{кол} - P_f}{G_k}$$

де,  $R_{оп}$  – реакція опорної поверхні;

$P_{кол}$  – колове навантаження колісного рушія;

$P_f$  – опір коченню колісному рушію

$G_k$  – вертикальне навантаження на колісний рушій.

**Висновки.** В статті розглянуто розвиток конструкцій перспективи розробки автомобільних технологій спрямованих на зменшення витрат енергії у зв'язку з виконанням ними роботи. Приведені особливості конструктивних схем автомобільних технологій. Проаналізовані переваги та недоліки таких технологій. Запропонована схема колісного рушія, яка на даному етапі розвитку конструкцій автомобілів дозволить вирішити існуючу проблему за рахунок подвійної динаміки колісного рушія. Стаття призначена для спеціалістів в галузі технології переміщення автомобілів.

**Список використаної літератури**

1. Балезин Н.М. Гібридний автомобіль Volvo FE HYBRID / Н.М. Балезин // Будівельні і дорожні машини. – 2014. – № 2. – С. 11–14.
2. Хмара Л.А., Холодов А.П. Перспективи побудови енергозберігаючих будівельно-дорожніх машин і удосконалення гідроакумулюючих систем. – Вестник ХНАДУ, вип. 65–66, 2014. С. 28–34.
3. Петров Л.М., Борисенко Т.М. «Спосіб переміщення тяглових транспортних систем за допомогою поштової механіки колісного рушія в зоні його стиснення та осередку обертання. 10.12.2013, Бюл. № 23.

УДК 623.455.1

Півень Є.,

Будур О.

Військова академія (м. Одеса)

## АНАЛІЗ УМОВ ФУНКЦІОНУВАННЯ БРОНЕБІЙНИХ КУЛЬ І СЕРДЕЧНИКІВ ПРИ ПРОБИТТІ ПЕРЕШКОДИ

При системному підході для повної характеристики бронейних сердечників куль як об'єктів конструювання, виготовлення і експлуатації слід відповідно враховувати їхні конструктивні, технологічні та експлуатаційні властивості. Найбільш важливими експлуатаційними властивостями стрілецької зброї є показники призначення і надійності. Призначення патронів з бронейними кулями полягає в ураженні живих і неживих, захищених, броньованих цілей.

**Ключові слова:** бронейна куля, патрон, сердечник, боеприпас.

**Постановка проблеми.** Для проведення аналізу умов функціонування бронейних сердечників при пробитті перешкоди необхідно:

оцінити кінематичні умови зустрічі кулі з перешкодою;

встановити характерні стадії процесу пробивання сердечником перешкоди;

визначити кінематику поведінки бронейного сердечника для кожної з характерних стадій пробивання перешкоди;

оцінити силові умови навантаження сердечника при взаємодії з перешкодою.

Рішення перерахованих завдань представляє велику складність, так як куля при підльоті до перешкоди здійснює складні рухи з відносно високими близько і надзвуковими швидкостями.

Для оцінки початкових кінематичних умов зустрічі кулі з перешкодою за доцільне використання зовнішньобалістичної математичної моделі Г.А. Даніліна і І.О. Мішаріна.

Наближене рішення інших завдань на якісному рівні можливо із застосуванням чисельних методів, зокрема методу скінченних елементів (МСЕ).

Високий ступінь складності технологічних вимог, що пред'являються до цього виду патронів, куль і сердечників, і технології їх виготовлення вимагає забезпечення високої надійності бронейних патронів, куль та сердечників. Для цього необхідно оцінити стан боеприпасів, які є в Збройних Силах України та проаналізувати можливості щодо їх вдосконалення.

**Метою статті** є аналіз умов функціонування бронейних куль при зустрічі і проникненні в перешкоду і розробка моделей міцності сердечників.

**Виклад основного матеріалу.** У процесі польоту в безповітряному просторі на кулю діє тільки сила тяжіння, яка спільно з початковою швидкістю і кутом кидання зумовлює форму траєкторії її польоту. При польоті в повітряному просторі на кулю діє додаткова зовнішня сила, сила опору повітря (рис. 1). Сила опору повітря є розподіленим навантаженням і інтегрально може бути додана в деякій точці на осі симетрії у вигляді сили  $R$ . Точку прикладання сили опору повітря як рівнодіюча розподіленого навантаження називають центром опору (ц.о.), а точку прикладання сили тяжіння – центром ваги (ц.в.) або центром мас (ц.м.). Сила опору повітря перешкоджає руху кулі і спрямована під деяким кутом.

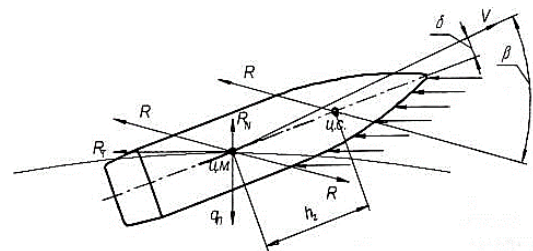


Рис. 1. Сили діючі на кулю в польоті

Механізм сукупної дії сили  $R$  може бути розкритий в такий спосіб. Докладаючи до центру тяжіння дві сили, рівні за величиною  $R$  і протилежно спрямовані паралельно їй. Розкладемо одну з них на дві складові: по дотичній до траєкторії ( $R_T$ ) і перпендикулярно до неї ( $R_N$ ). Отримали систему сил в центрі ваги:  $R_T$ ,  $R_N$ ,  $Q_P$  і пару сил  $R$ , що діють на певному плечі і створюють перекидаючий кулю момент в площині креслення.

Сила  $R_T$  називається лобовим опором і викликає зменшення (гальмування) швидкості польоту кулі, в результаті чого низхідна гілка траєкторії коротша висхідної. Сила  $R_N$  називається підйомною силою. Сила тяжіння  $Q_P$  викликає зниження траєкторії польоту, а підйомна сила – її підвищення.



Політ кулі в повітрі стійкий, якщо кут  $\delta$  між віссю кулі та дотичною до траєкторії не збільшується з часом, а зменшується. Якщо цей кут під дією перекидаючого моменту зростає, то куля починає перекидатися, підставляючи потоку повітря то одну, то іншу сторону, в результаті чого відбувається втрата швидкості. В результаті такої нестійкості зменшується дальність польоту і різко погіршуються показники ефективності стрільби.

Для забезпечення стабілізації кулі на траєкторії використовують два способи стабілізації. Перший спосіб полягає в зміщенні центру опору (ц.о.) назад за центр ваги (ц.в.) за рахунок стабілізатора і обтяження носової частини. У цьому випадку момент  $M$  перестає бути перекидаючим і стає стабілізуючим.

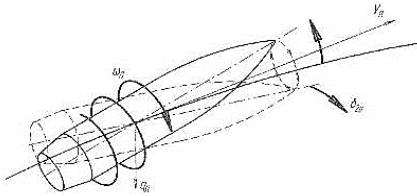


Рис. 2. Характер руху обертової кулі

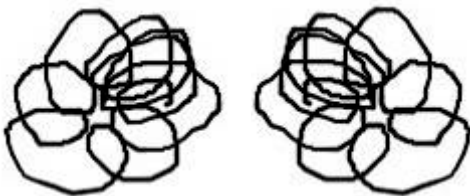


Рис. 3. Схеми правого (а) і лівого (б) обертань (деривації) кулі

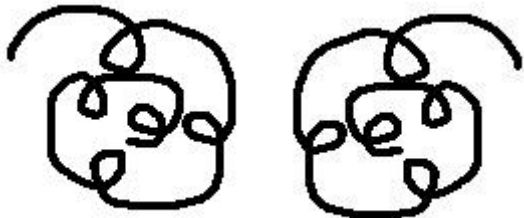


Рис. 4. Траєкторія центру мас сердечника при взаємодії з перешкодою для правого обертання (а) і лівого (б) обертань

Для подальшого моделювання процесу пробивання перешкоди, необхідно визначити кінематику руху кулі під час зустрічі з перешкодою. Для розрахунку необхідно скористатися формулами які наведені нижче.

$$C = \frac{i \cdot d^2}{q_n}, \quad (1)$$

де  $d^2$  – калібр кулі, мм;  $q_n$  – вага кулі, г;  $i$  – коефіцієнт форми кулі (0,9...1,1).

$$C \cdot X = D(V_C) - D(V_0), \quad (2)$$

де  $D(V_C)$ ,  $D(V_0)$  – функції швидкості, які визначаються за таблицями зовнішньо балістичних розрахунків [4].

$$C \cdot t = T(V_C) - T(V_0), \quad (3)$$

де  $T(V_C)$ ,  $T(V_0)$  – польотні функції швидкості, що визначаються за таблицями зовнішньо балістичних розрахунків [4].

Швидкість обертання кулі по вильоту з каналу ствола:

$$\omega_0 = \frac{V_0 \operatorname{tg}(\phi)}{d/2}, \quad (4)$$

де  $\phi$  – кут крутизни наріза.

Швидкість обертання кулі, в момент часу  $t$ :

$$\omega = \omega_0 e^{-0,0598 \frac{d^{4/5}}{2q} \int_0^t V^{4/5} dt}, \quad (5)$$

де  $V$  – швидкість кулі в момент часу  $t$ .

Нижче наведено розрахунок необхідних для подальшого моделювання параметрів.

На підставі полігонних випробувань, за початкову швидкість приймаємо  $V_0 = 740$  м/с, відстань  $X = 200$  м, вага кулі  $q_n = 7.9$  г,  $d = 7.62$  мм, довжина кулі  $l = 28$  мм, кут крутизни нарізів каналу ствола  $\varphi = 6^\circ$ .

$$C = \frac{7,62^2 \cdot 10^{-6} \cdot 10^3}{7,9 \cdot 10^{-3}} = 7,35$$

$$D(V_C) = 7,35 \cdot 200 + 7800 = 9270$$

За таблицями зовнішньо балістичних розрахунків знаходимо,  $V_0 = 590$  м/с.

Для отриманих значень швидкостей, знаходимо значення польотних функцій швидкостей  $T(V_C) = 8.6354$ ,  $T(V_0) = 5.9371$ .

$$t = \frac{8,6354 - 5,9371}{7,35} = 0,36 \text{ с}$$

$$\omega_0 = \frac{2 \cdot 740 \operatorname{tg}(6)}{7,62 \cdot 10^{-3}} = 2,04 \cdot 10^4 \text{ 1/сек.}$$

На дистанції  $X = 200$  м, куля буде обертатися зі швидкістю:

$$\omega = 2,04 \cdot 10^4 \cdot e^{-0,0598 \frac{7,62 \cdot 10^{-3} (28 \cdot 10^{-3})^{4/5}}{2 \cdot 7,9 \cdot 10^{-3}} \int_0^{0,36} 590^{4/5} dt} = 1,851 \cdot 10^4 \text{ 1/сек.}$$

При аналізі взаємодії жорсткого сердечника з перешкодою умови його функціонування розглядаємо за такими основними ознаками:

- масі і формі головної частини сердечника;
- куту і швидкості зустрічі з перешкодою;
- співвідношенням міцності властивостей сердечника і перешкоди;
- співвідношенням товщини перешкоди і діаметра сердечника;
- видом контурного закріплення плити перепони.

Інтегральною величиною, яка враховує масу сердечника і форму його головної частини, може виступати аналог балістичного коефіцієнта (1):

$$C_C = \frac{i_C \cdot d_C^2}{q_C}, \quad (6)$$

де  $i_C$ ,  $d_C$ ,  $m_C$  – відповідно коефіцієнт форми, діаметру і маси сердечника.

На відміну від балістичного, цей коефіцієнт повинен враховувати гальмівну дію опору матеріалу перепони впроваджуваного в неї сердечника.

Відношення  $\frac{m_C}{d_C^2}$  називають поперечним навантаженням. Поперечне навантаження сердечника буде тим більше, чим більше маса сердечника і менше його діаметр. Отже, при однаковому діаметрі сердечників, поперечне навантаження буде більше у довгого сердечника. Сердечник з більшим поперечним навантаженням при рівних швидкостях переміщення в перешкоді має більшу кінетичну енергію, що визначає великі можливості по збереженню сталості початкових швидкостей зустрічі і збільшення товщини бронепробиття.

З аналізу умов гідродинамічної подібності випливає, що коефіцієнт форми сердечника  $i_C$  також залежить від безрозмірних геометричних: відносної висоти головної частини  $\frac{h_{1C}}{d_C}$  і відносного радіуса кривизни  $\frac{R_C}{d_C}$  або головної частини сердечника  $\beta_C$ , тобто:

$$i_C = f\left(\frac{h_{1C}}{d_{1C}}, \frac{R_{1C}}{d_{1C}}, \beta_C\right), \quad (7)$$

За параметром поперечного навантаження  $\frac{mc}{d_c^2}$ , слід розрізняти умови функціонування для сердечників із середніми (15...25 кг/дм<sup>2</sup>), малими (менше 15 кг/дм<sup>2</sup>) і великими навантаженнями (більше 25 кг/дм<sup>2</sup>).

За безрозмірними геометричними параметрами, що впливає на коефіцієнт форми сердечника  $i_c$ , можна виділити сердечники: середньої кривизни  $R_c / d_c = 2,0...3,0$ , малої –  $R_c / d_c < 2,0$ , великий –  $R_c / d_c$  більше 3,0.

У залежності від кута зустрічі відрізняються нормальні та похилі удари, за визнанням початкової швидкості зустрічі з перешкодою – дозвукові та надзвукові швидкості.

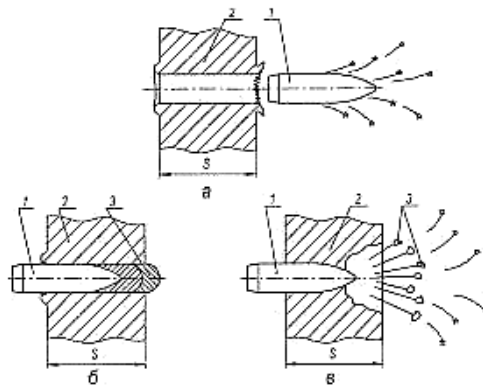
За відношенням до характеристик міцності, наприклад, за межами поточності матеріалів сердечника  $(\sigma_{0,2})_C$  та перешкодами  $(\sigma_{0,2})_{PP}$  виділимо випадки пробивання перешкоди низької  $\frac{(\sigma_{0,2})_C}{(\sigma_{0,2})_{PP}} < 1,0$ , середньої –  $\frac{(\sigma_{0,2})_C}{(\sigma_{0,2})_{PP}} \approx 1,0$  і високої – міцності.

За відносною товщиною перешкоди розглядаються випадки пробивання перешкоди тонкої –  $\frac{S_{PP}}{d_c} \leq 0,8$ , середньої ( $0,8 \leq \frac{S_{PP}}{d_c} \leq 1,2$ ) та великої товщини  $\frac{S_{PP}}{d_c} \geq 1,2$ .

Для штатних зразків бронебійних куль патронів стрілецької зброї найбільш характерні наступні умови функціонування: при поперечному навантаженні – із середніми та великими; по безрозмірним параметрам – подовжені середні та великі кривизни; за кутом зустрічі – нормальний і похилий; за швидкістю зустрічі з перешкодою – навколосвукові; за міцністю перешкоди – низької міцності; за відносною товщиною перешкоди – з малою, середньою та великою товщиною; за умовами контурного закріплення – з жорстким защемленням перешкоди (плит).

При забезпеченні умов має значення абсолютна величина характеристик механічних властивостей броні (низької, середньої та високої міцності НВ) за результатами публікацій. Найбільша протидія показує броня середньої твердості з руйнуванням у вигляді, так званого прокола (рис. 5, а). Для броні низької твердості характерний цей же вид руйнування. Руйнуванню передують значуща за величиною пластична деформація в приконтактній зоні пробиваємої бронеплити. У деяких випадках пробивання броні середніх та високих твердостей її руйнування відбувається у вигляді утворення уламків з тильної сторони плити (рис. 5, в).

Пробиття броні високої твердості супроводжується утворенням пробки (рис. 5, б) за схемою пробивання в процесах штампування.



**Рис. 5.** Схема пробиття броні:

а – прокол; б – вибивання «пробки»; в – з утворенням тильного відколу; 1 – куля; 2 – броня; 3 – уламки

Іноді реалізується комбінований механізм руйнування бронеплит.

На підставі відомих положень про схему дії сил і кінематики руху кулі на траєкторії і результатів моделювання за методикою Г.А. Даніліна і І.О. Мішаріна зовнішньо балістичних характеристик кулі в кінці траєкторії, при зустрічі з перешкодою виділені імовірні наступні стадії пробивання перешкоди:

- початкова нестационарна стадія впровадження сердечника в перешкоду;
- поточна стадія впровадження та формування кратера в бронеплиті;
- стадія формування опуклості на тильній стороні бронеплити і початок руйнування;
- стадія руйнування тильної сторони бронеплити.

Передбачуваний характер зміни відносної швидкості  $V_c/V_0$  і прискорення  $a_c / VC_2$  показані на рис. 6 і 7 відповідно.

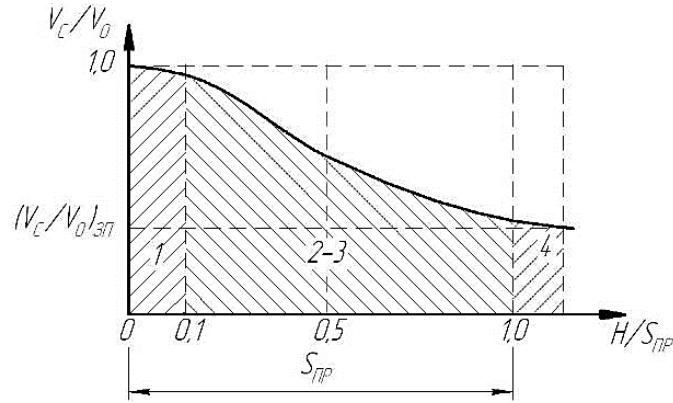


Рис. 6. Схема зміни швидкості  $V_c$  в межах виділених стадій процесу пробивання бронеплити

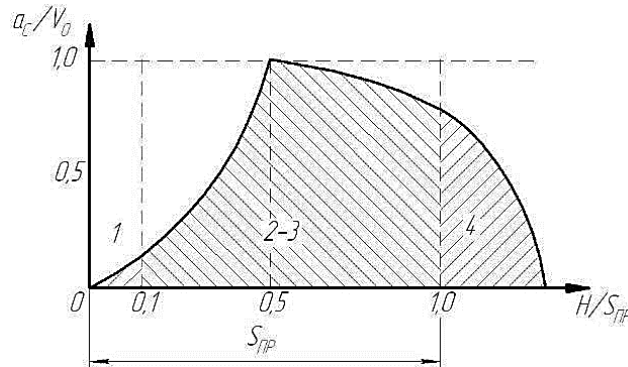


Рис. 7. Схема зміни прискорення  $a_c$  в межах виділених стадій процесу пробивання бронеплити

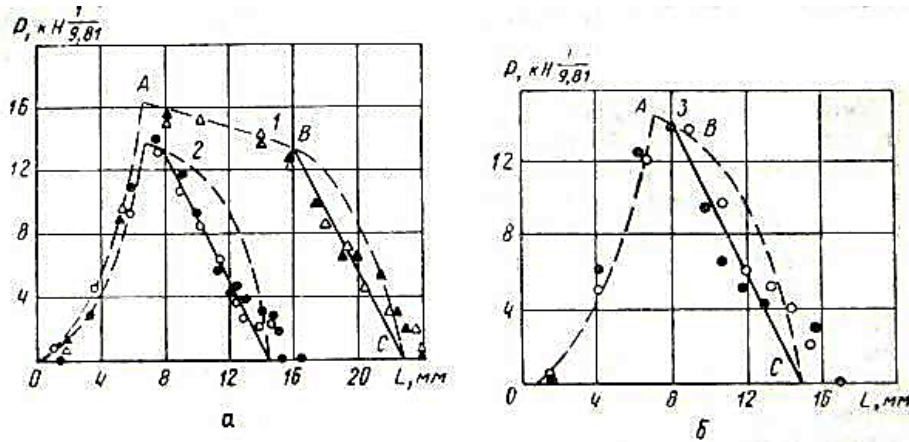


Рис. 8. Залежність сили опору від глибини впровадження в плиту сердечника оживальної форми

$$a - \frac{R}{d} = 1,$$

плита зі сталі Ст3,  $b = 12$  мм,  $v_0 = 535$  м / с,  $m = 9.35$  г;

$$б - \frac{R}{d} = 2,$$

плита зі сталі Ст6,  $b = 12$  мм,  $V_0 = 620$  м / с,  $m = 9.35$  г (дві серії дослідів)

Як слідує з представлених схем, на першій стадії швидкість руху сердечника залишається приблизно відповідною швидкості зустрічі, на другій і третій стадіях відбувається монотонне зниження швидкості до рівня заперешкодної швидкості вильоту.

Наявність перерахованих стадій і їх особливості будуть залежати від виділених вище за певними ознаками умов функціонування.

Як уже було відзначено вище, для вирішення поставлених нами завдань, найбільш доцільним є використання методів математичного моделювання, зокрема метод МКЕ.

Основна ідея методу кінцевих елементів полягає в тому, що будь-яку безперервну величину (переміщення, температура, тиск і т.п.) можна апроксимувати моделлю, що складається з окремих елементів (ділянок). На кожному з цих елементів досліджується безперервна величина апроксимується кусково-неперервною функцією, яка будуватиметься на значеннях досліджуваної безперервної величини в кінцевому числі точок розглянутого елемента.

Апроксимуючі функції найчастіше вибираються у вигляді лінійних, квадратичних або кубічних поліномів. Для кожного елемента можна підбирати свій поліном, але поліноми підбираються таким чином, що б зберегти безперервність величини уздовж границь елемента. Цей поліном, пов'язаний з даним елементом, називають «функцією елемента».

Таким чином, при використанні МКЕ рішення крайової задачі для заданої області шукається у вигляді набору функцій, визначених на деяких підгалузях (кінцевих елементах).

Для моделювання процесу пробивання перешкоди за допомогою МКЕ, використовувалися наступні вихідні дані:

- швидкість зустрічі сердечника з перешкодою – 590 м/с;
- кут зустрічі сердечника з перешкодою – 10°;
- матеріал перепони – сталь Ст3 в відпаленому стані (рис. 9, а);
- матеріал сердечника – сталь У12А в загартованому стані (рис. 9, б);
- калібр сердечника – 6.14 мм;
- товщини перешкоди – 4, 7, 10 мм.

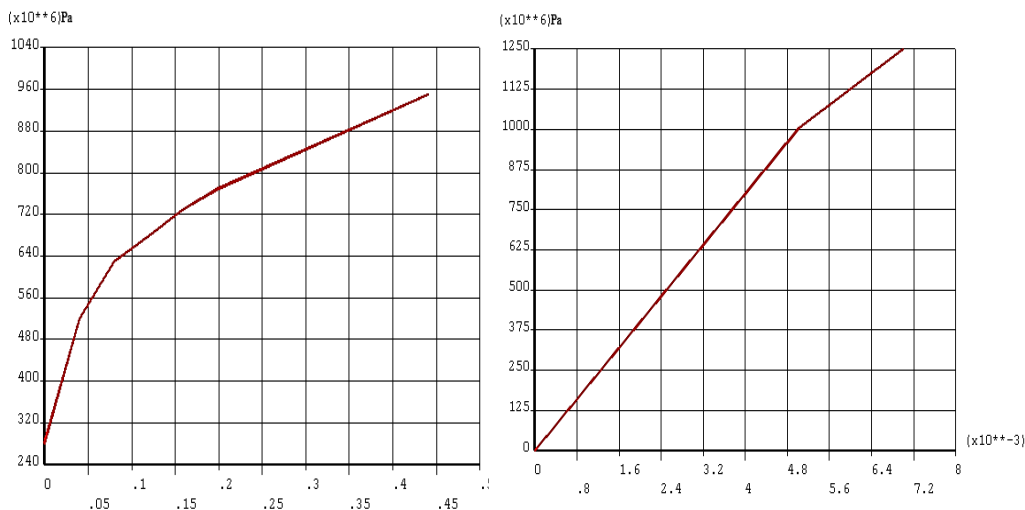


Рис. 9. Діаграма сі-єі: а – для стали Ст3. в відпаленому стані; б – для сталі У12А в загартованому стані

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), отримаємо формули відносної швидкості  $V_0$  в кінці роботи штовхачів в функції їх конструктивних характеристик. Щоб надійно відокремити бойову частину (БЧ), необхідно виконати умову  $V_0 \geq V_{тр}$ .

Допустивши і скориставшись рівняннями (7)... (11), отримали необхідні для цього значення розштовхуючої сили:

$$F_{отр} \geq \frac{R_{трч} R_{БЧ} - T_{БЧ} R_{рч}}{R_{трч} + T_{БЧ}} \cdot \frac{2L_0}{l_0}$$

Підставивши в вираз (9), отримали

$$F_{отр} = \frac{V_0^2 R_{трч} T_{БЧ}}{l_0 (R_{трч} + m_{БЧ})} = \frac{0,881^2 \cdot 510 \cdot 947,74}{0,2(947,74 + 510)} = 1286,77 \text{ Н.}$$

$$Q_4 = F_{11}^{21} + F_{12}^{21} + F_{22}^{21} = 0,145$$

**Висновки.** Виходячи з аналізу та розрахунків характеристик бронебійних сердечників куль як об'єктів конструювання, виготовлення і експлуатації слід відповідно враховувати їхні конструктивні, технологічні та експлуатаційні властивості. Вимога забезпечення високої надійності патронів цього виду, куль і відповідно сердечників характеризує високий ступінь складності технологічних вимог,

що пред'являються до цього виду патронів, куль і сердечників, і технології їх виготовлення. Тому технологічні властивості бронебійних патронів, куль і сердечників нерозривно пов'язані з експлуатаційними і забезпечують надійність боєприпасу.

Аналіз науково технічної літератури та проведені розрахунки показали, що основну увагу дослідники звертають на поведінку броньованої перешкоди і її руйнування при впровадженні безумовно жорсткого і міцного сердечника. При цьому як правило не розглядаються порушення бронездатності через руйнування самого сердечника. Практика полігонних випробувань свідчить про значну частку відмов бронебійних куль з цієї причини.

#### **Список використаних джерел**

1. Полежаев А. А., *Бронева защита корпусов и башен самоходных боевых машин*, ЦНИИ информации, 1976 г.,
2. Сагомонян А. Я., *Волновые задачи механики деформируемых сред (ч.1, 2)*, МГУ, 1990 г.
3. Сагомонян А. Я., *Динамика пробивания преград*, МГУ, 1988 г.
4. Данилин Г. А., *Основы проектирования патронов к стрелковому оружию: Учебник / Г.А.Данилин, В.П.Огородников, А.Б.Заволокин; БГТУ – СПб., 2005 г.*
5. Алмаметов Ф.З. *Расчетные и курсовые работы по сопротивлению материалов: Учеб. пособие для машиностроит. спец. Вузов / Ф.З. Алмаметов, С.И.Арсеньев, Н.А.Курицын, А.М.Мишин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2003 г.*
6. Миролюбов И. Н., *Сопротивление материалов. Пособие по решению задач*, С-Пб: Лань, 2004г.
7. Ионов В.Н. *Прочность боеприпаса при взаимодействии с преградой. – М.: Машиностроение, 1979 г.*
8. Степаненко В.А. *Диагностика и прогнозирование разрушения сталей и сплавов методами фрактографии*, Киев: Знание, 1991 г.
9. Клевцов Г.В. *Фрактодиагностика разрушения металлических материалов и конструкций*, М.: МИСиС, 2007 г.
10. Солнцев Ю.П., Пряхин Е.И. *Материаловедение, учебник для вузов*, С-Пб: Химиздат, 2002 г.
11. Агеев Н.П., Спинул Г.П. *Применение статистических методов для обработки результатов эксперимента и оценки точности технологических процессов*, Л: ЛМИ, 1982 г.

**Рецензент:** Сергеев О., к.т.н., доц. Військова академія (м. Одеса)

УДК 623.419

**Підгурний Н.,**

**Гергега О.,** д.т.н., проф.

Військова академія (м. Одеса)

#### **РОЗРАХУНОК ВТРАТ ЕНЕРГІЇ В ОСЕРДІ МАГНІТОПРОВІДІВ ЗРАЗКІВ РАО ПРИ ДОВІЛЬНИХ ТОКАХ НАМАГНІЧУВАННЯ**

У статті представлений практичний метод прогнозування втрат енергії в магнітних компонентах сердечників магнітопроводів зразків РАО при довільній формі струму намагнічування. Метод засновано на теорії Брокмейера і адаптовано до розрахунку втрат в осерді в умовах виникнення зсуву постійного струму. Метод дозволяє використовувати дані заводів-виготовлювачів трансформаторів, які отримані за вимірюваннями синусоїдальних струмів, для характеристики струму реальних форм, які виникають в імпульсних джерелах живлення, використання котрих призводить до підвищення надійності систем управління.

**Ключові слова:** магнітопровід, трансформатор, форма струму, намагнічування осердя.

**Постановка проблеми.** Розглянемо практичний метод прогнозування втрат енергії в магнітних компонентах сердечника магнітопроводів при довільній формі струму намагнічування на прикладі реактивних систем залпового вогню.

Реактивні системи залпового вогню, як відомо, – це багатозарядні пускові установки реактивної артилерії, призначені для посилення вогню військової артилерії по поразці живої сили і вогневих засобів, розташованих на значних площах. Основна гідність цих систем є висока вогнева потужність. Залповий вогонь реактивних систем завдає супротивнику великих втрат і справляє сильний психологічний вплив на особовий склад. Перевагами систем залпового вогню є також відносна простота конструкції, постійна готовність до дії, надійність у роботі і зручність в експлуатації.

Військові фахівці оцінюють сучасні реактивні системи залпового вогню як ефективний засіб підвищення бойових можливостей сухопутних військ. Вони забезпечують високу щільність вогню і раптовість вогневого нальоту, володіють високою мобільністю, разом з тим обслуговуються невеликою бойовою обслугою, що складається лише з двох-трьох осіб. Значення реактивних систем залпового вогню як засобів вогневої підтримки частин і підрозділів неодноразово підтверджувалося під час бойового застосування у військових конфліктах. Основними цілями для реактивних систем були позиції далекобійної артилерії, місця зосередження піхоти, а також окремі райони та об'єкти інфраструктури. Крім того, застосування касетних реактивних снарядів з осколково-кумулятивними бойовими елементами дає змогу вражати як легкоброньовану, так і добре захищену техніку. На сучасному етапі військове керівництво провідних країн світу розглядає модернізацію реактивних систем залпового вогню як один з перспективних напрямків її вдосконалення [1, 2].

У системах залпового вогню використовуються багатозарядні пускові установки, у яких реалізовані нові технічні рішення усіх структурних одиниць. Подальше удосконалення системи управління торкається також електричних елементів реактивних систем залпового вогню. Саме тому удосконалення окремих елементів цих систем є актуальним завданням.

**Метою роботи** є визначення способу підвищення ефективності керування електричними елементами систем залпового вогню.

**Виклад основного матеріалу.** Розглянемо можливості вдосконалення силових напівпровідникових пристроїв систем залпового вогню.

Досягнення в проектуванні широкосмугових силових напівпровідникових пристроїв на основі карбіду кремнію і нітриду галію, дозволили значно збільшити щільність потужності силових електронних перетворювачів [3, 4]. При збільшенні частоти перемикання, можна зменшити, як відомо, обсяг магнітних пристроїв (трансформаторів і котушок індуктивності), однак, зменшена площа поверхні цих магнітних пристроїв призводить до збільшення термічного опору і температурних напружень. В роботі [3] показано, що втрати енергії в магнітних пристроях перетворювачів силової електроніки вище, ніж в напівпровідникових пристроях. Тому точність оцінки втрат в осерді особливо важлива при розробці перетворювачів з високою щільністю потужності.

Таблиця даних про втрати в магнітних сердечниках, що надається виробниками, відображає відомості про втрати в них при синусоїдальних напруженнях. Однак при збудженні перетворювачів силової електроніки втрати в осерді генеруються через імпульси і напруги постійного струму. Тому значення втрат в осерді між наведеними в технічному описі і тими, що виникають в результаті порушення силових електронних перетворювачів, розрізняються. Одна з можливостей обліку цієї різниці полягає в використанні меандрової напруги, яка апроксимується синусоїдальною хвилею напруги. Важливо, що на точність цього методу впливає ситуація, коли форма хвилі збудження має компоненти зсуву постійного струму.

Недавні дослідження [4] дозволили розрахувати втрати в осерді індукторів фільтрів змінного струму, які викликані порушенням інвертора широтно-імпульсної модуляції (ШІМ). Однак квадратні форми напруги виявляються через амплітуду, частоту і коефіцієнт заповнення, що призводить до широкого діапазону умов тестування.

Таким чином, автори пропонують метод розрахунку втрат в осерді для збудження силового електронного перетворювача, використовуючи дані про синусоїдальних порушеннях втрати в осерді. Цей метод заснований на теорії Брокмейера [5] і адаптований для розрахунку втрат в осерді в умовах порушення зсуву постійного струму. Метод дозволяє зменшити кількість умов тестування втрат в осерді, оскільки вимагає тільки додавання характеристик зміщення постійного струму до даних про втрати в синусоїдально збудженому осерді, які надані виробниками. Щоб перевірити запропонований метод, втрати в осерді при синусоїдальному і квадратному збудженнях напруги спочатку вимірюються аналізатором В-Н (як відомо, це прилад, який вимірює магнітні характеристики змінного струму магнітних матеріалів, а саме вимірює щільність залишкового потоку і коерцитивної силу) з блоком збудження зсуву постійного струму [6]. Потім порівнюються значення, виміряні при збуджуючих квадратних напруженнях і обчислені значення з даних синусоїдальних порушеннях втрат в осерді. В окремі, втрати в осерді залізного порошкового сердечника з постійною напругою  $H_0 = 4000$  А/м були визначені як розраховані з похибкою 2,2%.

Метод розрахунку основних втрат базується на рівнянні Штейнмеца

$$P = k f^\alpha B^\beta, \quad (1)$$

яке дозволяє розрахувати втрати в осерді синусоїдального збудження, де  $P$  – це питомі об’ємні втрати в осерді, які виражаються у ватах;  $\alpha$ ,  $\beta$  і  $k$  – параметри рівняння,  $B$  – щільність потоку [3].

Однак в разі розрахунків втрат в осерді для перетворювачів силової електроніки виникає помилка обчислення, оскільки форми сигналів збудження перетворювачів силової електроніки сильно відрізняються від синусоїдальних збуджень напруги. Тому потрібно мати метод розрахунку втрат в осерді для перетворювачів силової електроніки, які порушуються через квадратні напруги з компонентами зсуву постійного струму. Крім того, якщо втрати в осерді, що виникають при порушенні перетворювачів силової електроніки можна розрахувати з використанням синусоїдальних даних про втрати збудженому осерді, які мають характеристики зміщення постійного струму, то кількість умов тестування втрат в осерді зменшується. Це можливо, оскільки цей метод потребує тільки додавання характеристики зміщення постійного струму до наданих значень втрат в осерді при синусоїдальних збудженнях.

Були розроблені різні методи розрахунку втрат в осерді [7]. Серед них, покращене узагальнене рівняння Штейнмеца (ПУРШ), яке використовується для розрахунку втрат в осерді при збуджуючих квадратних (або П-образних) напружень. Це рівняння може апроксимувати втрати в осерді при синусоїдальному порушенні для П-образного напруги, використовуючи модифікований параметр Штейнмеца  $k$  як показано нижче

$$P = \frac{1}{T_{sw}} \int_0^{T_{sw}} k_i \left| \frac{dB}{dt} \right|^\alpha \Delta B^{\beta-\alpha} dt \quad (2)$$

$$k_i = \frac{k}{(2\pi)^{\alpha-1} \int_0^{2\pi} |\cos \theta|^\alpha 2^{\beta-\alpha} d\theta} \quad (3)$$

де  $P$ ,  $B$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$  і  $k$  такі ж, як у рівнянні Штейнмеца (1),  $T_{sw}$  – період збудження і  $k_i$  є ключовими параметрами ПУРШ, яке апроксимує збуджуючу синусоїдальну напругу П-образним.

Як тільки з’являється П-образне збудження, визначаються втрати в осерді для одного періоду збудження, які можна виразити так:

$$Q_{\text{square}(abc)} = \int_a^c k_i \left| \frac{dB}{dt} \right|^\alpha \Delta B^{\beta-\alpha} dt = k_i \left\{ d_{ab} (2f_{ab})^\alpha (\Delta B_{\text{square}(abc)})^\beta + d_{bc} (2f_{bc})^\alpha (\Delta B_{\text{square}(abc)})^\beta \right\} T_{sw} = Q_{(ab)} + Q_{(bc)} \quad (4)$$

де  $d_{ab} = t_{ab}/T_{sw}$ ,  $d_{bc} = t_{bc}/T_{sw}$  – тривалість включення,

$f_{ab} = 1/2t_{ab}$ ,  $f_{bc} = 1/2t_{bc}$  – частота збудження,

$Q_{ab}$ ,  $Q_{bc}$  – сегментні втрати в осерді.

Втрати  $Q_{\text{square}(abc)}$  в осерді при П-образній напрузі збудження поділяється на втрати  $Q_{ab}$  і  $Q_{bc}$ , які відносяться до кожного сегменту зміни індукції  $dB/dt$  і розраховуються окремо. Цей метод називається кусочно-лінійною концепцією рівняння ПУРШ [7].

Рівняння Штейнмеца викликає помилку обчислення втрат в осерді за умови зміщення постійного струму. Це відбувається тому, що параметри рівняння  $\alpha$ ,  $\beta$  і  $k_i$  ПУРШ не змінюються в залежності від постійного струму  $H_0$ . Крім того, навіть якщо параметри міняються в залежності від зсуву постійного струму  $H_0$ , наприклад, в покращеному рівнянні помилка розрахунку втрат в осерді як і раніше виникає через параметра Штейнмеца  $\beta$ , а параметр  $k_i$  в значній мірі залежать від постійного зміщення  $H_0$ .

Тому в даному дослідженні пропонується метод розрахунку втрат в осерді без використання параметрів рівняння для врахування умов зміщення постійного струму. Втрати в осерді, що виникають із-за збудливого напруги, розраховуються шляхом звернення до даних синусоїдальних порушених втрат в осерді, які виражаються як  $Q_{\text{sin}}(\Delta B_{\text{sin}}, H_{0\text{sin}}, f_{\text{sin}})$ . Хоча в пропонованому методі все ще використовується кусково-лінійна концепція ПУРШ, розрахунки по теорії Брокмейера використовується замість параметра  $k_i$  для наближення результатів, отриманих при квадратному напрузі до результатів при синусоїдальній. Пряме посилання на синусоїдальні дані про втрати в



активній зоні без параметрів моделі втрат в осерді, таких як параметри ПУРШ, може підвищити точність розрахунку втрат в осерді. В роботі [8] показано, що незалежно від форми хвилі збудження, втрати в осерді однакові, якщо щільність потоку  $\Delta B$  та еквівалентна частота  $f_{eq}$  є пульсуючими. Це дозволяє запропонувати узагальнення теорії.

Припустимо, що втрати в осерді, що виникають із-за квадратної форми хвилі напруги в умовах порушення зсуву постійного струму, такі ж, як і з-за синусоїдальної форми хвилі напруги, коли пульсація щільності потоку  $\Delta B$ , еквівалентна частота  $f_{eq}$  і  $DC$ -зміщення (зсув постійного струму)  $H_0$  такі ж.

Еквівалентна частота синусоїдального сигналу щільності потоку, яка дорівнює частоті втрат в осерді цього сигналу щільності потоку [5], має бути виражена в такий спосіб

$$f_{eq(\sin)} = \frac{2}{\pi^2} \sum_{k=1}^K \frac{(B_k - B_{k-1})^2}{(B_{max} - B_{min})^2} \cdot \frac{1}{(t_k - t_{k-1})} \quad (5)$$

де  $k$  – це номери  $dB/dt$  сегментів.

Еквівалентні частоти синусоїдальної напруги збудження  $f_{eq(\sin)}$   $dB/dt$  сегментів, які відповідають квадрату напруги збудження визначаються як

$$f_{eq(\sin_{ab})} = \frac{2}{\pi^2} \left( \frac{1}{t_{ab}} + \frac{1}{t_{ab}} \right) = \frac{2}{\pi^2} \left( \frac{2}{2t_{ab}} + \frac{2}{2t_{ab}} \right) = \frac{8}{\pi^2} \frac{1}{2t_{ab}} \quad (6)$$

$$f_{eq(\sin_{bc})} = \frac{2}{\pi^2} \left( \frac{1}{t_{bc}} + \frac{1}{t_{bc}} \right) = \frac{2}{\pi^2} \left( \frac{2}{2t_{bc}} + \frac{2}{2t_{bc}} \right) = \frac{8}{\pi^2} \frac{1}{2t_{bc}} \quad (7)$$

$DC$  – зміщення  $H_0$  визначається як середнє значення за обсягом магнітного поля сигналів в  $dB/dt$  сегментах.

Після генерації пульсацій щільності потоку  $\Delta B_{square}$  і постійного зміщення  $H_{0square}$  прямокутного збудження напруги і еквівалентної частоти збудження синусоїдальною напругою  $f_{eq(\sin)}$ , втрати в осерді, порушені прямокутним напругою, можуть бути розраховані з використанням даних про втрати в осерді при порушенні синусоїдальної форми  $Q_{\sin}(\Delta B_{\sin}, H_{0\sin}, f_{\sin})$ .

Наприклад, втрати сегментного ядра  $Q_{(ab)}$  розраховується як половина перетину хвилі симетричною щільності потоку, що є еквівалентним половині втрат в осерді, які були отримані з використанням даних про втрати в осерді синусоїдального збудження  $Q_{\sin}(\Delta B_{square}, H_{0square}, f_{eq})$ . При проведенні розрахунку втрат в осерді з використанням даних при синусоїдальних порушеннях, втрати в осерді пульсації щільності потоку  $\Delta B_{square}$ ,  $DC$ -зміщення  $H_{0square}$  і еквівалентної частоти  $f_{eq}$ , використовуються значення, які отримані з квадратних сигналів щільності потоку. Таким же чином, обчислюються втрати в сегментному ядрі  $Q_{(bc)}$ . Тоді втрати в осерді, що виникають при квадратному напрузі збудження  $Q_{square(abc)}$  за один період збудження, дорівнюють

$$\begin{aligned} Q_{square(abc)} &= Q_{(ab)} + Q_{(bc)} \\ &= \frac{1}{2} Q_{\sin}(\Delta B_{square(ab)}, H_{0square(ab)}, f_{eq(\sin_{ab})}) \\ &\quad + \frac{1}{2} Q_{\sin}(\Delta B_{square(bc)}, H_{0square(bc)}, f_{eq(\sin_{bc})}) \end{aligned} \quad (8)$$

Важливо відзначити, що втрати в осерді повинні розраховуватися як для позитивних, так і для негативних змін  $dB/dt$ .

**Висновки.** Представлено метод розрахунку втрат в осерді для збудження силових електронних перетворювачів з використанням даних синусоїдальних порушень втрат в осерді. Цей метод, який є заснованим на теорії Брокмейера і кусочно-лінійної концепції, адаптує розрахунок втрат в осерді в умовах порушення зсуву постійного струму. Для перевірки запропонованого методу порівнювалися виміряні втрати в осерді при синусоїдальному і квадратному збудженнях напруги з порушенням із постійним струмом і обчислені значення втрат в осерді за даними синусоїдальних порушень втрат в осерді. У разі матеріалу сердечника із залізного порошку запропонований метод дозволяє розрахувати квадратну напругу і втрати в осерді, порушені постійним зміщенням, виходячи з даних

синусоїдальної напруги і втрати, порушені постійним зміщенням, з похибкою 2,2%. Цей результат означає, що кількість умов тестування втрат в осерді скорочується, оскільки цей метод потребує тільки додавання характеристик зміщення постійного струму до даних про втрати в осерді при синусоїдальному порушенні.

#### Список використаних джерел

1. Рой М.В. Реактивні системи залпового вогню. Основи будови та експлуатації артилерійської частини і реактивних снарядів. Суми: Військовий інститут артилерії при Сумському державному університеті, 2001.
2. Корольов В., Беляков В., Мельников В., Руденко К.. Аналіз сучасного стану реактивних систем залпового вогню та перспективні шляхи їхнього розвитку. // Геодезія, картографія і аерофотознімання, вип. 69, с. 123-128, 2007.
3. Mulder S. A.. Fit Formulae for Power Loss in Ferrites and their Use in Transformer Design. / PCIM '93 Europe Power Conversion Conference Proceedings, pp. 345-359, 1993.
4. Brockmeyer A., Paulus-Neues J. Frequency dependence of the ferrite-loss increase caused by premagnetization. // Applied Power Electronics Conference and Exposition 1997. APEC'97 Conference Proceedings 1997. Twelfth Annual, vol. 1, pp. 375-380, 1997.
5. Brockmeyer A. and L. Schülting. Modelling of Dynamic Losses in Magnetic Material. // EPE, pp. 112-117, 1993.
6. Dürbaum T. and M. Albach. Core Losses in Transformers with an Arbitrary Shape of the Magnetizing Current. // EPE Proc., vol. 1, pp. 1.171-1.176, 1995.
7. Severns R. HF core losses for non-sinusoidal waveforms. // HFPC, pp. 140-148, 1991.
8. S. Y. R. Hui and J. Zhu. Magnetic Hysteresis Modeling and Simulation using the Preisach Theory and TLM Technique. // PESC'94, pp. 837-842, 1994.

УДК 629.3.072+623.437.4

Підручний О.,

Ступак О.,

Артемов В.

Військова академія (м. Одеса)

### РОЗРОБКА ПРОПОЗИЦІЙ ДЛЯ ЕКСПРЕС ДІАГНОСТИКИ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ КОЛІСНИХ АВТОМОБІЛІВ

Стратегічно важливий вузол кожного автомобіля – це рульовий механізм, що використовується для зміни напрямку руху транспортного засобу. До складу рульового управління входить рульовий механізм та привід. Кермові механізми поділяються на 3 види: гвинт-гайка, рейка-сектор та черв'як-ролик. Від функціональності та справності рульового механізму залежить не тільки безпека транспортного засобу та пасажирів на дорозі, але і можливість повноцінного керування автомобілем. Саме з цієї причини потрібно регулярно здійснювати діагностику рульового управління, що дасть можливість вчасно виявити потенційно небезпечні моменти та взяти заходів щодо їх усунення.

**Ключові слова:** відновлення, ремонт колісних автомобілів, розвал колеса.

**Постановка проблеми.** Рульового керування – забезпечити водієві повний контроль над напрямком руху транспортного засобу. Система включає в себе рульовий механізм і рульовий привід.

**Метою статті** є розробка пропозицій щодо покращити діагностику рульового керування автомобільної техніки.

**Виклад основного матеріалу.** Рульовий механізм будь-якого автомобіля – це спосіб перетворення обертання колонки в поступальні рухи рульового приводу. Іншими словами, функції механізму зводяться до того, щоб повороти керма перетворилися в потрібні переміщення тяг і, зрештою, коліс.

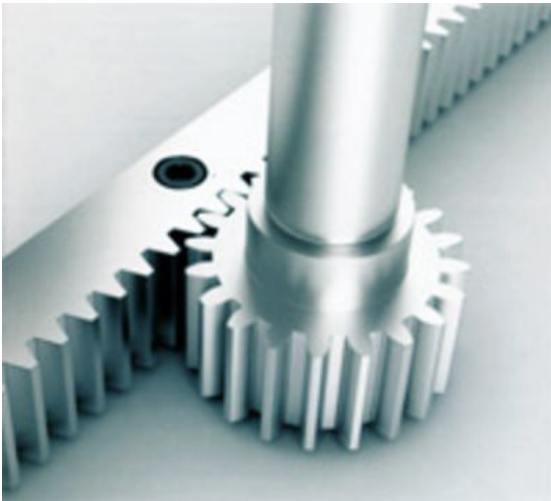


Пристрій рульового механізму є варіативним. В даний час воно представлено двома основними принципами – черв'ячним і рейковим, які відрізняються способами перетворення крутного моменту. Загальна будова рульового механізму черв'ячного типу включає в себе: пару деталей «черв'як-ролик»; картер зазначеної пари; рульову сошку.



**Картер** являє собою закритий корпус зі спеціальним мастилом, де в постійному зачепленні знаходяться черв'як і ролик. Черв'ячний рульовий механізм заснований саме на дії пари деталей «черв'як-ролик». Обертання черв'яка разом з колонкою призводить до ковзання і переміщення ролика по зубах черв'яка. Ролик, переміщаючись, передає поступальні рухи на рульову сошку, а потім на привід на колеса.

Схема дії механізму «черв'як-ролик» масово застосовується у вітчизняному автомобілебудуванні, зокрема при створенні так званої «класики» (задньопривідних автомобілів сімейства ВАЗ, «Москвич» і ГАЗ), а також при виробництві вантажних автомобілів. Рейковий рульовий механізм вважається більш зручним та сучасним. Він оптимальний з точки зору ремонту, і з позицій безпеки. Це своєрідний новаторський механізм рульового управління, який актуальний при виробництві більшості сучасних автомобілів.



Рейковий рульовий механізм складається з наступних вузлів: пари деталей «шестерня-рейка»; корпусу самого рейкового механізму, призначеного для кріплення і захисту деталей. Схема дії даного рульового механізму полягає у функціонуванні згаданої пари деталей «шестерня-рейка»: при повороті керма відбувається обертання шестерні, з'єднаної з колонкою. Обертальні рухи шестерні передаються рейці, яка здійснює поступальні рухи в горизонтальній площині вліво або вправо. Рейкові переміщення передаються далі допомогою рулевих тяг привода на керуючі колеса. Фахівці визнають простоту і оптимальність такого механізму. Таким чином, рейковий рульовий механізм, поряд з черв'ячним, являє собою одну з найважливіших підсистем, завдяки якій функціонує рульове управління автомобіля.

Мета підвищення точності вимірювань.

Пропонується використати пристрій [4], який містить датчики 1 і 2 зрушення напрямних коліс, формувач імпульсів 3, генератор 4 зовнішнього запуску, аналого-цифровий перетворювач 5, датчик кута повороту 6 рульового колеса, реєстратор 7 та блок живлення 8. Після установки датчиків 1, 2 і 6 включається генератор 4 зовнішнього запуску, що подає сигнал на аналого-цифровий перетворювач 5, початківець перетворювати сигнал від датчика 6 і припиняє перетворення сигналу після надходження сигналу від датчиків 1 або 2.

Пристрій містить датчики 1 і 2 зворушення напрямних коліс, формувач імпульсів 3, генератор 4 зовнішнього запуску, аналого-цифровий перетворювач 5, датчик кута повороту 6 рульового колеса, реєстратор 7 та блок живлення 8. Після установки датчиків 1, 2 і 6 включається генератор 4 зовнішнього запуску, що подає сигнал на аналого-цифровий перетворювач 5, початківець перетворювати сигнал від датчика 6 і припиняє перетворення сигналу після надходження сигналу від датчиків 1 або 2. На рис. 1 зображена блок-схема пристрою; 2 схема датчика кута повороту рульового колеса і його кріплення; на рис. 3 розріз А-А на рис. 2; на рис. 4 схема датчика зворушення направляючого колеса.

Пристрій (рис. 1) включає в себе дискретні датчики 1 і 2 зворушення напрямних коліс, формувач 3 імпульсів, генератор 4 зовнішнього запуску, аналого-цифровий перетворювач 5, датчик 6 кута повороту рульового колеса, реєстратор 7 і блок 8 живлення.

Датчик кута повороту рульового колеса (рис. 2 і 3) включає рухливий 9 і нерухомий 10 елементи, з'єднані гнучким зв'язком 11. Нерухомий елемент закріплюється за допомогою магніту 12 до кабіни машини, а рухомий за допомогою затискачів 13 на рульовому колесі 14. Залежно від конструкції рульового колеса положення затискачів 13 регулюється по радіусу і висоті, а також по

периметру кола переміщення шляхом застосування фігурних важелів 15 (фіг. 3), що мають відповідні прорізи. Фіксація затискачів 13 здійснюється сферичними гайками 16. Для фіксації фігурних важелів, доорпус рухомого елемента виконаний із верхньої 17 і нижньої 18 частин, з'єднаних віссю 19 і гвинтами 20, що забезпечують затиск важелів між частинами корпусу. Гвинт закріплюється у верхній частині корпусу за допомогою стопорного кільця 21 і втулки 22. У верхній частині корпусу є канавка, 23 для елемента гнучкого зв'язку.

Датчик зворушення направляючого колеса включає рухому 24 з упором 25 і нерухому 26 частини, черв'ячне колесо 27 з рейкою 28, пружину 29 і вимірювальний перетворювач 30 з рухомим елементом 31.

Пристрій працює наступним чином.

Встановлюється рульове колесо в положення, відповідне нульового значення датчика б кута повороту рульового колеса, потім до обох напрямних коліс встановлюються дискретні датчики 1 і 2 зворушення колеса так, щоб забезпечити їх спрацювання. Для цього упор 25 встановлюється так, щоб стиснулася пружина 29. За допомогою черв'ячної передачі 27-28 встановлюється положення вимірювального перетворювача 30 і його рухомого елемента 31 в зоні диференціального ходу, коли переміщення направляючого колеса призводить до появи сигналу на виході дискретних датчиків 1 або 2.

Після настройки датчиків 1 і 2 натискається кнопка «Пуск» генератора 4 зовнішнього запуску, в результаті чого видається одиночний імпульс, що надходить на вхід «Початок перетворення» аналого-цифрового перетворювача 5, доторий починає перетворювати сигнал, безперервно надходить з датчика б кута повороту рульового колеса на його вхід. Перетворення сигналу припиняється після надходження сигналу з датчика 1 або 2 зворушення напрямних коліс, який з'являється в момент зворушення одного з коліс. Сигнал одного дискретного датчика, наприклад, 1, через формувач 3 імпульсів надійде на вхід «Кінець перетворення» аналого-цифрового перетворювача 5, а останній віддасть результат вимірювання на реєстратор 7.

Реєстратор 7 фіксує результат вимірювання кута повороту колеса і видає команду на черговий пуск генератора 4 зовнішнього запуску, який знову видає одиночний імпульс на вхід «Початок перетворення» аналого-цифрового перетворювача 5, і вимір повторюється.

При наявності люфту в рульовій тязі друга управляюча колесо буде рушати пізніше першого і від датчика, наприклад 2, надійде ще один сигнал через формувач 3 імпульсів на аналого-цифровий перетворювач 5, який віддасть другий результат на реєстратор 7. Якщо першим рушить колесо з датчиком 2, тоді другий сигнал надійде від датчика 1.

В результаті будуть виміряні кут вільного ходу рульового колеса і кут, відповідний люфту в рульовій тязі.

**Висновки.** Одним з перших справ слід перевірити елементи рульового приводу та механізму. На щастя часи загального дефіциту пройшли, і є можливість придбати якісні деталі, а не ті численні підробки, які виходять з ладу через тиждень експлуатації, як це було в недавньому минулому. Вирішальну роль у довговічності деталей і вузлів автомобіля грають стиль водіння, стан доріг і своєчасне обслуговування. Все це впливає і на термін служби деталей рульового керування. Коли водій постійно смикає кермо, крутить його на місці, стрибав по ямах і влаштовує гонки по бездоріжжю – відбувається інтенсивний знос всіх шарнірних з'єднань приводу і деталей рульового механізму.

#### **Список використаних джерел**

1. <https://mehanik-ua.ru/leksiji-transmissiya-i-khodova-chastina/1503-rulovi-mekhanizmi-traktora-ta-avtomobilya.html>
2. <http://licey58.zp.ua/lesson/tema-rulove-keruvannya-budova-ta-princip-di%D1%97>
3. <https://ua-referat.com/>

*Діагностика\_технічне\_обслуговування\_та\_ремонт\_рульового\_механізму\_типу\_шестерня\_рейка.*

4. *Устройство диагностирования рулевого управления транспортного средства. Левин И.Е., Топилин Т.Е., Желяско И.М, Артемов В.А. Авторское свидетельство №1446517 (СССР) от 22.08.88*

УДК 623.437:629.332

**Піщиць Д.,  
Загородній В.***Військова академія (м. Одеса)*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ ВОЄННОГО АВТОМОБІЛЯ З ПРИЧЕПОМ У РІЗНИХ РЕЖИМАХ РУХУ**

*В роботі наведено результати аналізу основних методів підвищення показників безаварійності автомобільної техніки пов'язаних з вибором придатних до застосування та достатньо ефективних технічних засобів.*

**Ключові слова:** *стійкість, керованість, сили, дослідження.*

**Постановка проблеми.** стійкості воєнного автомобіля з причепом у різних режимах руху є одним з важливих чинників своєчасності виконання завдання підрозділом і частиною. Загальнодоступними стають новітні технічні засоби, які дозволяють покращити стійкість та керованість автомобіля з причепом. Ця інформація може дозволити суттєво покращити використання та експлуатацію техніки з причепом. Ці ж засоби принципово можуть дозволити підвищити стійкість і керованість автомобіля.

**Мета статті** – оцінка стійкості самого автомобіля з причепом, та сил що діють на них. Завдання, що сприяють досягненню мети дослідження: аналіз сучасних умов і вимог до конструктивних елементів автомобіля та причепу; вибір придатних до застосування та достатньо ефективних технічних засобів для збільшення показників стійкості та керованості; розробка пропозицій щодо впровадження новітніх технічних засобів в автомобільну техніку.

**Виклад основного матеріалу.** Стабільність автомобіля полягає в його здатності рухатися без перекидання і бічного заносу. важливість стабільності зростає при русі в дуже пересіченій місцевості, на слизьких дорогах, на крутих набогах шляху зниження тиску передніх коліс на дорозі також знижує поздовжню стійкість.

Керованість – це можливість точно слідувати напрямку руху, заданого водієм, концепції сталого розвитку та контролю тісно переплітаються і повинні розглядатися разом. Найпоширенішими причинами порушення стійкості і керованості автомобіля є побічні сили, які впливають на автомобіль. У русі бічні сили майже завжди присутні. Найчастіше вони генеруються відцентрою силою, коли автомобіль рухається по кривій. На повороті сторони змушує більшу швидкість автомобіля і тим менший радіус заокруглення дороги. А на прямій дорозі водії в обхід перешкод або ударів по дорозі тримають машину від руху в напрямку поворотів керма, і тут теж є відцентрові сили. Бічні сили також виникають при гальмуванні, коли колеса лівого і правого боку автомобіля мають різні сили зчеплення з дорогою (ліве колесо на сухому асфальті, і прямо на земній корі льоду або мокрому узбіччі). Різні коефіцієнти опору на колесах, різні сили, створені гальмівними механізмами, різний тиск повітря в шинах і їх знос, порушення коригувань переднього моста – все це породжує бічні сили. Нарешті, перетин і шорсткість дороги, вітер також є побічною силою.

У русі автомобіль утримується від бокових сил на дорозі силою зчеплення, яке використовується не тільки для створення сили тяги або гальмівної сили, він також забезпечує стійкість (на кермових колесах він все ще забезпечує зміну напрямку руху автомобіля при повороті керма). Якщо візуалізувати силу зчеплення, створеного на провідних колесах, він буде показаний найбільш чітко у вигляді кола з радіусом, що дорівнює його значенню. У цьому колі рукоятка може бути використана або для створення тяги або гальмівних сил, або для того, щоб тримати транспортний засіб на дорозі від дії бічних сил. Вектори створених сил не повинні виходити за межі кола. Якщо зчеплення перевищено силою тяги, то колеса буксирують, якщо гальмівна сила юз, а якщо бічні сили заносяться. У русі найчастіше відбувається поєднання бічних сил або з силою тяги, або з гальмівною силою, і сила зчеплення в таких випадках використовується для реалізації їх рівних. Надлишкова тяга над силою зчеплення виникає, коли частота обертання валу кривошипа (різке натискання на педаль управління дросельною заслінкою) різко збільшується, при різкому гальмі робочого гальма, різкому включенні зчеплення. У всіх цих випадках автомобіль втрачає стабільність. При русі по гребінцям на високій швидкості, колеса автомобіля на деякі хвилини втрачають контакт з дорогою. Повертаючись в зіткнення з дорогою, колеса ривком сприймають силу тяги, втрачену, поки вони знаходяться в повітрі. Як правило, на даний момент сила тяги набагато більша, ніж сила зчеплення, і автомобіль також втрачає стабільність. Проведемо аналіз основних

конструктивних елементів, від яких суттєво залежать експлуатаційні властивості автомобіля і в першу чергу його стійкість та керованість. До таких конструктивних складових автомобіля необхідно віднести: конструкцію приводу, підвіску, елементи демпфірування, напрямні елементи коліс, гальмо (гальмівна система) та рульове керування [1]. У практичному керуванні сили, що діють тільки в одному напрямку, у поздовжньому або поперечному, є надзвичайно рідкими, у більшості випадків відбувається накладення обох компонентів сил. Поздовжні й поперечні сили векторно складаються в так звану "результуючу", сумарну силу. Досить наочно й приблизно до практики ці співвідношення демонструє діаграма поздовжніх і бічних сил або коло Камма. Радіус кола представляє максимальну компоненту, складену з поздовжньої й бічної сили, переданих шиною на дорогу. На рис. 1 показані сили, що діють на колесо (шину).

Крім того, на автомобіль діють: (I) – момент рискання, який намагається повернути автомобіль навколо вертикальної осі, (II) – моменти сил інерції коліс, який намагається зберегти вже початий напрямок руху, сили інерції, які залежать від режимів руху автомобіля, а також інші сили, наприклад опору повітря. Сили бічного відведення "S" діють у поперечному напрямку (рис. 2), сили приводу й гальмування "B" діють у поздовжньому напрямку. При додаванні векторів цих двох сил одержуємо результуючу "G". Якщо складова не виходить за межі кола, шина тримає контакт із дорогою, рух стабільний. Якщо складова або одна із сил виходить за межі кола, шина переходить у ковзання, автомобіль втрачає стабільність.

Радіус кола визначається силою зчеплення колеса з дорогою. Сила, що забезпечує контакт шини з дорогою, залежить від дорожніх умов і стану шин (при гарному зчепленні радіус буде більше, при поганому – менше). Поки результуюча сила "G" перебуває в межах кола Камма, автомобіль у стабільному стані. Якщо результуюча сила "G" вийде за межі кола, автомобіль втрачає керованість.

На рис.3  $G = \max$ . Сила "G" передає максимально можливе зусилля

(стрілка „G" закінчується на колі). Якщо водій збільшить дію однієї із сил, колесо почне ковзати/блокуватися.

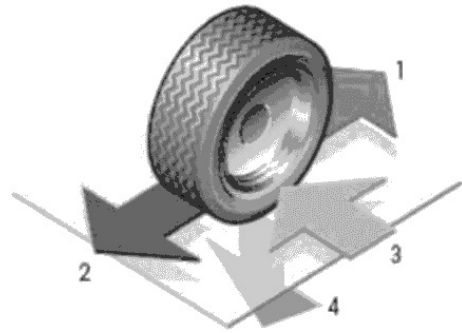
Якщо водій додасть газу, збільшується сила "B". У результаті вектор "G" буде закінчуватися за межами кола Камма.

Якщо  $S=0$ , колесо не зможе повертатися в вихідну позицію після повороту. Те ж відбудеться, якщо збільшиться сила гальмування.

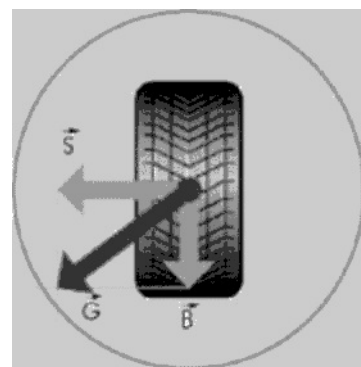
Якщо водій більше поверне рульове колесо, збільшиться сила "S". У результаті вектор "G" буде закінчуватися за межами кола Камма.

Сила "B" на рис.4 передає максимально можливе зусилля (стрілка "B" закінчується на колі).

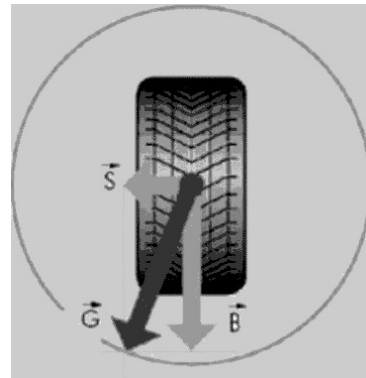
Інша сила передаватися вже не може. Всі дослідження, і розробки, спрямовані на підвищення активної безпеки автомобілів, зокрема їхньої стійкості та



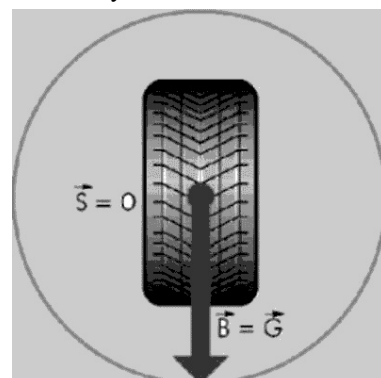
**Рис. 1** – Сили, що діють на колесо:  
1 – сила тяги, 2 – гальмівна сила, що протидіє силі тяги, 3 – сила бічного відведення, яка підтримує поворотність коліс, 4 – сила зчеплення, що є результуючою із сили тертя та сили тяжіння



**Рис. 2** – Схема дії сил у колі Камма



**Рис. 3** – Максимально можливе зусилля сили "G"



**Рис. 4** – Максимально можливе зусилля сили "B"

керованості можна розділити на три основних напрямки. Перший з них, це пошук технологічної системи керування, здатної задовольнити найвищі вимоги щодо керованості та стійкості автомобіля; другий – це розробка і впровадження інтелектуальних систем, які у змозі враховувати велику кількість факторів, що впливають на керованість та стійкість руху автомобіля, і на їх основі корегувати параметри руху автомобіля; третій – це кооперація між собою факторів, що впливають на керованість та стійкість руху автомобіля.

Протягом міжремонтних строків служби автомобільних доріг суттєво змінюються їх показники технічного рівня та експлуатаційного стану, відповідно, змінюються і характеристики режимів руху автомобілів і транспортних потоків. Найбільш відомі в теорії експлуатації автомобілів [2] наступні режими руху:

- тяговий режим руху,
- накат,
- гальмівний режим руху,
- гальмування двигуном,
- комбіноване гальмування.

Питання стійкості та керованості автомобілів через їх практичну важливість вивчалися багатьма дослідниками [1]. До цього часу розроблена теорія стійкості руху двохвісних автомобілів з передніми керованими колесами [3].

У роботах досліджуються окремі види стійкості автомобілів (курсова, траєкторна, поперечна) при впливі одного -двох зовнішніх чинників. Різноманітні зовнішні чинники по різному впливають на показники цих видів стійкості [5]. Рекомендації щодо зміни конструктивних параметрів автомобіля для поліпшення того або іншого виду стійкості досить різноманітні і часом суперечать вимогами по забезпеченню інших експлуатаційних властивостей, зокрема, плавності ходу і прохідності. Багатофакторні дослідження, що дозволяють комплексно оцінювати поперечну, курсову і траєкторну стійкість і плавність ходу, дають експрес-оцінку стійкості автомобіля в цілому, коли забезпечені усі види стійкості при будь-яких зовнішніх збуреннях. Комплексну оцінку наслідків прийнятих рішень у частині формування експлуатаційних властивостей дозволяє дати теорія загальних конструктивних рішень, що розкриває закономірності динаміки і статички автомобілів у взаємозв'язку з прийнятою конструктивною схемою [4]. Для постановки конкретних задач дослідження на основі логічного аналізу пропонується використовувати структурну схему дослідження системи з попередньо встановленими логічними зв'язками між її елементами [4]. У відповідності до структури системи взаємозв'язку загальних конструктивних рішень з експлуатаційними властивостями і зовнішніми

умовами руху при дослідженні керованості й стійкості автомобіля повинна вирішуватися задача вибору схеми рульового керування. Причиною механічної нестійкості будь-якого автотранспортного засобу на пружних у бічному напрямку колесах є бічне відведення шин, тобто відхилення вектора абсолютної швидкості центра колеса від середньої подовжньої площини його обертання.

Експериментальними дослідженнями, проведеними фірмами, що виготовляють шини ін., установлені залежності між бічними силами і кутами відведення. Здатність шини протидіяти відведенню оцінюють коефіцієнтом опору відведенню, що є рівним бічній силі, необхідній для кочення шини з кутом відведення  $1^\circ$  (1 рад). Дослідженнями встановлено:

1) характеристика відведення шин у загальному випадку нелінійна, причому найбільша нелінійність спостерігається при кутах відведення ( $8^\circ$ - $12^\circ$ ), при перевищенні цих значень має місце повне бічне ковзання шин ( $12^\circ$ - $20^\circ$ );

2) величина кута відведення змінюється в залежності від напрямку нахилу колеса до площини дороги при дії на нього бічної сили;

3) коефіцієнт опору відведенню залежить від великого числа факторів, основними з яких є: тип і конструкція колеса; внутрішній тиск повітря в шині, нормальне навантаження на колесо; величина радіальних і тангенціальних сил на колесі, характер їх прикладення та швидкість зміни; тип і стан дорожнього покриття; швидкість руху, форма траєкторії центра колеса;

4) найбільші значення кутів відведення при русі автомобіля в звичайних умовах по прямій і на повороті не перевищують  $5^\circ$ - $10^\circ$  ;

5) при малих кутах відведення коефіцієнт опору відведенню можна вважати постійним. Найбільше повно аналіз робіт з визначення характеристик взаємодії колеса з дорогою виконаний Литвиновим А.С. і Антоновим Д.А.

*Особливості керування автомобілем з причепом:*

а) щоразу перед початком руху автомобіля з причепом водієві необхідно перевірити стан кріплення зчіпного пристрою, фіксацію запобіжних ланцюгів і роботу світлової сигналізації (синхронізацію сигналів повороту і стоп-сигналів);

б) рух автомобіля із причепом треба розпочинати плавно, без ривків, прогрівши двигун;

в) перед початком руху водій повинен врахувати масу причепа і той факт, що прискорення в русі автомобіля із завантаженим причепом значно нижче від прискорення одиночного автомобіля. Це дуже важливо знати при перетині головної дороги на нерегульованих перехрестях;

г) під час виконання маневрів автомобілем з причепом водій повинен враховувати зміну динамічного коридору автопоїзда порівняно з одиночним автомобілем (рис.5).



Якщо не врахувати збільшення динамічного коридору при проходженні повороту дороги, це може спричинити зіткнення із зустрічним транспортним засобом або з'їзд в кювет, оскільки колеса автомобіля і причепа проходять криві з різними радіусами;

д) при наближенні до повороту дороги із зниженим коефіцієнтом зчеплення необхідно завчасно знизити швидкість руху легкового автопоїзда, оскільки гальмування на повороті може призвести до заносу, складування автомобіля з причепом і перекидання причепа;

е) керування автомобілем з причепом у населеному пункті утруднено інтенсивністю транспортного потоку, зменшенням дистанції між транспортними засобами, необхідністю постійного маневрування. Для виконання маневру перестроювання на сусідню смугу треба завчасно вмикати сигнал відповідного повороту і перестроюватися лише за наявності достатньої дистанції між транспортними засобами, яка перевищує довжину автомобіля з причепом не менш, як у 5 разів;

ж) особливу увагу слід приділити виконанню повороту праворуч на перехресті. Для попередження виїзду причепа на тротуар і скоєння наїзду на пішохода, водій автомобіля повинен дотримуватися бокового інтервалу до тротуару не менше 1-1,5 м. При цьому водій повинен постійно контролювати правий бік автомобіля, щоб попередити можливий наїзд на велосипедиста чи мотоцикліста, які можуть рухатися біля правого краю проїзної частини;

з) під час керування автомобілем з причепом водій повинен знати, що гальмовий шлях автопоїзда більше гальмового шляху одиночного автомобіля, оскільки інерційна сила причепа підштовхує автомобіль. Під час різкого гальмування автопоїзда сильні поштовхи причепа можуть спричинити занос автомобіля, тому використовувати його можна лише для запобігання дорожньо-транспортній події. Якщо стався занос причепа слід відпустити педаль гальмування, плавно збільшуючи швидкість, вирівняти автопоїзд. З метою попередження заносів не слід застосовувати гальмування на поворотах, при об'їзді перешкоди, при зустрічному роз'їзді;

и) під час руху на підйом потрібно завчасно вибрати таку передачу, щоб пройти його без перемикання передач. Починаючи рух на підйомі, щоб попередити скочування назад і складування автомобіля і причепа, треба завчасно частково відпустити педаль зчеплення ще до повного розгальмовування коліс;

к) перш ніж розпочати обгін, водій автомобіля з причепом повинен впевнитись, що дорога вільна на достатній відстані, оцінити швидкість руху транспортних засобів, щоб мати змогу безпечно завершити обгін з урахуванням габариту автопоїзда.

*Особливості керування в складних дорожніх умовах:*

Керування автомобілем з причепом у складних дорожніх умовах вимагає від водія особливої обережності: слизька дорога зменшує зчеплення шин з дорогою і в декілька разів збільшує небезпеку бокового заносу як під час гальмування, так і на поворотах, особливо на обледенілих дорогах.

Під час руху мокрою ґрунтовою дорогою може виникнути бокове ковзання коліс причепа, особливо на дорогах з поперечним ухилом.

Для попередження бокового заносу при переїзді перешкод, ям, канав тощо розгін треба розпочинати лише після того, як колеса причепа проїдуть перешкоду. Після проїзду ділянки дороги з калюжами обов'язково потрібно просушити гальмові колодки.



Під час обгону на дорозі покритій снігом потрібно уникати руху коліс по м'якому снігу, щоб уникнути затягування причепа в глибокий сніг. Для попередження затягування причепа в сніг на узбіччі при зустрічному роз'їзді необхідно зменшувати швидкість руху.

Для підвищення ефективності гальмування з самого початку керування автомобілем з причепом треба виробити звичку застосовувати гальмування двигуном на всіх дорогах, незалежно від складності дорожніх умов.

На траєкторію руху автомобіля з причепом насамперед впливають аеродинамічні фактори

Під час обгону довгомірного транспортного засобу, що рухається на великій швидкості, необхідно враховувати, що стиснене повітря в задній частині вантажного автомобіля притягує причіп, і це може бути причиною бокового зіткнення при малому боковому інтервалі, а в передній частині стиснене лобовим опором повітря відкидає причіп вліво.

При виїзді з дороги, що проходить через ліс на відкриту місцевість, за наявності вітру можуть виникати великі перепади тиску повітря, який може змістити автомобіль. Для попередження таких випадків потрібно сильніше утримувати кермо автомобіля.

Освоюючи рух автомобіля з причепом заднім ходом, необхідно чітко усвідомити, що для подачі причепа вправо кермо слід повертати вліво. Зчіпний пристрій автомобіля зміститься вліво і розверне причіп вправо. Після того як причіп почне рухатись в потрібному напрямку, необхідно повернути вправо, вирівняти автомобіль з причепом і завершити маневр.

*Режими руху та їх вплив на стійкість автомобіля*

Протягом міжремонтних строків служби автомобільних доріг суттєво змінюються їх показники технічного рівня та експлуатаційного стану, відповідно, змінюються і характеристики режимів руху автомобілів і транспортних потоків. Найбільш відомі в теорії експлуатації автомобілів [6] наступні режими руху:

- тяговий режим руху,
- накат,
- гальмівний режим руху,
- гальмування двигуном,
- комбіноване гальмування.

Кожен режим характеризується рівнянням руху, розв'язання якого в різних точках дороги при всіх відомих складових дозволяє знайти прискорення (уповільнення), швидкість руху автомобіля та інші параметри.

Кожен режим руху автомобіля характеризується рівнянням балансу сил або, як прийнято його називати, силовим балансом (1).

Тяговий режим:

$$P_k = P_i + P_f + P_w + P_j, \quad (1)$$

де  $P_k$  – сила тяги на ведучих колесах автомобіля в Н;

$P_i$  – сила опору руху на підйом з похилом  $i$ , Н;

$P_f$  – сила опору коченню, н;

$P_w$  – сила опору повітряному середовищу, Н;

$P_j$  – сила інерції, Н.

Режим руху накатом – рівняння (1), тільки  $P_k = 0$

Гальмівний режим руху – рівняння тільки в правій частині додається гальмівна сила  $P_{mk}$ .

Режим «гальмування двигуном» – рівняння (1), тільки в правій частині додається сила опору двигуна  $P_{md}$  що викликає уповільнення автомобіля.

Режим «комбіноване гальмування» – у рівняння (1) вводять і силу опору двигуна, і гальмівну силу.

Сила тяги і гальмівна сила регулюються водієм залежно від дорожньої обстановки, від значень більшості технічних параметрів дороги (згідно з проектом) і показників експлуатаційного стану, які є змінними величинами протягом всього життєвого циклу дороги.

Сумарну уповільнюючу силу при комбінованому гальмуванні в різних дорожніх умовах руху автомобіля можна виразити залежністю (2):

$$P_T = P_{mk} + P_{md} = zG + P_{md}, \quad (2)$$

де  $z$  – коефіцієнт гальмування автомобіля

Для двовісного автомобіля значення  $z$  (3)

$$z = \frac{b \cdot f_1 + a \cdot f_2}{L - h(f_1 - f_2)}, \quad (3)$$

де  $a$  і  $b$  відповідно розташування координати центру мас від передньої осі і задньої осі автомобіля, м;  
 $f_1$  і  $f_2$  – реалізовані зчеплення коліс на відповідній осі автомобіля (залежать від коефіцієнта зчеплення відповідної шини із дорожньою поверхнею і від конструкції шини, а також умов її експлуатації);

$L$  – колісна база автомобіля, м;

$h$  – висота розташування центру мас над поверхнею дороги, м;

Коефіцієнт гальмування може змінюватися в діапазоні від 0 до 0,9 залежно від виду автомобіля і його масо-габаритних параметрів. Максимальне значення коефіцієнта гальмування кожного автомобіля визначається зчипними властивостями шина-дорога і координатами розташування центру мас.

При заблокованих колесах реалізовані зчеплення дорівнюють коефіцієнту зчеплення ( $f_1 = f_2 = \varphi$ ).

Як правило, що на коротких спусках водій найчастіше гальмує тільки колісними гальмами, а на затяжних спусках додатково використовує гальмування двигуном.

Частина параметрів дороги, що впливають на режими руху, постійні — це параметри технічних умов, інші (параметри експлуатаційного стану, такі як показники рівності і зчипних властивостей) – змінні; їх обґрунтовують відповідно до розрахункових періодів експлуатації дороги.

У рівняннях режимів руху сили  $P_i$ ,  $P_f$  і  $P_m$  залежать, у першу чергу, від параметрів дороги:  $i$  – позовжнього похилу,  $f$  – коефіцієнта опору коченню,  $\varphi$  – коефіцієнта зчеплення. Сума сил  $P_j$  і  $P_f$  – це опір дороги:  $P_i = G_i$ ,  $P_f = G_f$ .

Коефіцієнт опору коченню  $f$  залежить від швидкості руху автомобіля, конструкції шини, типу покриття та його рівності. [6]:

$$f = f_0 + \alpha \cdot S_p \cdot v^2, \quad (4)$$

де  $f_0$  – коефіцієнт опору коченню при швидкості до 20 км/год;

$\alpha$  – коефіцієнт жорсткості підвіски автомобіля;

$S_p$  – показання поштовхоміра, см/км, які характеризують рівність проїзної частини;

$v$  – швидкість руху автомобіля.

Коефіцієнт зчеплення  $\varphi$  дорівнює:

$$\varphi = \varphi_{20} - \beta_\varphi (v - 20), \quad (5)$$

де  $\varphi_{20}$  – коефіцієнт зчеплення при гальмуванні зі швидкістю 20 км/год;

$\beta_\varphi$  – коефіцієнт зміни зчеплення залежно від швидкості.

Коефіцієнт опору коченню при малій швидкості  $f_0$  і коефіцієнт тертя  $\varphi_{20}$  у формулах (4) і (5) призначають залежно від типу покриття проїзної частини і залежно від пори року.

У будь-якому режимі руху є прискорення або уповільнення  $j = dv/dt$ . Тому рівняння кожного режиму – це диференціальне рівняння:

$$dv / dt = a \cdot v^2 + b \cdot v + c, \quad (6)$$

де  $a$  – коефіцієнт, що залежить від сили тяги й обтічності автомобіля, втрати енергії на нерівностях проїзної частини;

$b$  – коефіцієнт, що залежить від сили тертя колес автомобіля;

$c$  – коефіцієнт, що залежить від позовжнього похилу і коефіцієнта опору коченню.

Розв'язок рівняння (1.6) необхідний для побудови графіка швидкості, як результату моделювання руху автомобілів при проїзді конкретної ділянки дороги (при проектуванні або експлуатації).

Нескладно інтегрувати рівняння (6), але результат, як залежність швидкості від часу, малопридатний для побудови графіка швидкості. Необхідна залежність швидкості не від часу, а від відстані вздовж дороги. Тому розв'язувати рівняння руху автомобіля доцільно, наприклад, за схемою Ейлера (криволінійні відрізки на графіку швидкості замінені прямолінійними хордами, в межах яких прискорення (уповільнення)  $dv/dt$  – постійні):

$$v_2 = v_1 + \sqrt{2j \cdot \Delta s}, \quad (7)$$

де  $j$  – середня величина прискорення (уповільнення) ( $dv/dt$ ) на ділянці  $\Delta s$ ;

$v_1$  та  $v_2$  ~ відповідно швидкість на початку і в кінці ділянки  $\Delta s$ .

Середню величину прискорення (уповільнення) обчислюють залежно від параметрів дороги і вибраного водієм режиму руху на кожній ділянці  $\Delta s$ , послідовно знаходять значення  $v_2$  і в подальшому можемо побудувати графік.

**Висновки.** Труднощі реалізації даної схеми полягає в тому, що прискорення (уповільнення) залежить від середньої швидкості  $v_2$  на ділянці  $\Delta s$ , яка на початку розрахунку на кожній ділянці  $\Delta s$  невідома, відома тільки швидкість  $v_1$  а швидкість  $v_2$  потрібно знайти.

Ця труднощі подолана розв'язком за схемою Ейлера з перерахунком, в якій на першій ітерації приймають середнє значення швидкості на ділянці і початкове значення швидкості  $v_2$ , що дорівнює  $v_1$  а потім уточнюють  $v_1$  та  $j$  на кожній наступній ітерації.

Таким чином, на основі динамічних можливостей автомобіля, швидкість не повинна перевищувати максимально допустимі швидкості за умовами безпечності.

1. Пропозиції щодо удосконалення кермових механізмів військової автомобільної техніки шляхом застосування сучасних гідро, електро та комбінованих підсилювачів, що дає змогу зменшити зусилля на кермовому колесі завдяки створенню додаткового силового впливу на керовані колеса, а також шляхом застосування різноманітних електронних систем, зокрема і систем, що забезпечують зміну напрямку руху без втрати стійкості автомобіля.

2. Втручання різних систем контролю зчеплення коліс з дорогою дозволяє в різних критичних ситуаціях запобігти їх блокуванню, що сприяє збереженню курсової стійкості та керованості автомобіля.

Твердження про однозначність кругової траєкторії дійсно справедливе, якщо користуватися лінеаризованими рівняннями стаціонарних станів. Однак вихідні рівняння стаціонарних станів автомобіля містять, як показано вище, велику кількість нелінійностей.

Висвітленні у роботі результати не можна назвати вичерпними в плані постановки задачі, їх математичні моделі потребують уточнень і доповнень. Крім того, необхідно розглянути єдиний теоретичний підхід до обґрунтування конструктивних і експлуатаційних параметрів керування в складі колісного модуля з урахуванням факторів, які впливають на стійкість руху автомобіля.

#### Список використаних джерел

1. Сахно В.П., Автомобілі. Всеколісне керування./ Сахно В.П., Григорашенко О.В., Вакуліч А.В., Тімков О.М., Яценко Д.М. – Київ. Національний транспортний університет. 2013. – 200 с: іл.
2. Смірнова Н.В., Леонт ьєв Д.М. Аналіз режимів руху в задачах проектування та експлуатації автомобільних доріг/. Н.В. Смірнова, Д.М. Леонт ьєв // Авт омобільні дороги – Харьков:ХНАДУ, 2014. – № 5(241),
3. Певзнер Я.М. Боковой увод автомобиля / Я.М. Певзнер //Автомобильный мотор. 1939. – №4. С. 51-57.
4. Антонов Д.А. Расчет устойчивости движения многоосных авто-мобилей / Антонов Д.А. – М.: Машиностроение, 1984. – 164 с.
5. Экспериментальное исследование устойчивости автомобиля, управляемого водителем, при прямолинейном движении: труды семинара по устойчивости и управляемости автомобилей. – М.: НАМИ, 1969. – С. 26-38.
6. Литвинов А.С. Автомобиль: Теория эксплуатационных свойств / А.С. Литвинов, Я.Е. Фаробин. — М.: Машиностроение, 1989.- 240 с.

**Науковий керівник:** Мальцев О., д. тех.н., Військова академія (м. Одеса).

УДК 621.311:37.091.64

**Подольський В.,**

**Гордішевський Л.**

*Військова академія (м. Одеса)*

## **РОЗРОБКА НАВЧАЛЬНО-ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДУ ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕНЕРАТОРІВ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ ЗРАЗКІВ РАО**

*Метою даної роботи є висвітлення основних питань щодо розробки навчально-лабораторного стенду дослідження генераторів систем електроживлення 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, електроживлення, лабораторна робота.

**Постановка проблеми.** 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.

Одним з головних питань 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 (електроживлення 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.

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 елементною базою.

Створенням та модернізацією стендів з дослідження електроживлення займаються провідні ВНЗ України, але недостатньо приділено уваги стендам для дослідження електроживлення саме з використанням релейно-контакторних схем, що є невід’ємною складовою вивчення курсу теорії електроживлення

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.

МЕТОЮ досліджень є розробка структури та алгоритмів функціонування лабораторного стенду для досліджень різних режимів роботи генераторів з використанням сучасного мікропроцесорного реле.

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]

Генератори відносяться до первинних джерел живлення так як перетворюють механічну енергію в електричну.

Історично склалося що першими набули поширення як на зразках РАО так і на інших зразках військової та цивільної техніки генератори постійного струму.

З часом вони поступилися генераторам змінного струму з напівпровідниковим випрямлячем.

Останні більш надійні так як струм що генерується не проходить через електромеханічний контакт у вигляді щіток та колектору.

Генератори постійного струму нам цікаві як обернені електричні машини, в тому сенсі що при подачі на них струму вони можуть виступати в якості двигунів постійного струму.

МЕТОЮ дослідження є розробка структури та алгоритмів функціонування лабораторного стенду для досліджень різних режимів роботи генераторів з використанням сучасного мікропроцесорного реле.

Стенд повинен базуватися на основі лабораторного обладнання для дослідження генераторів систем електроживлення зразків РАО, динамічного гальмування, режиму противімкнення тощо.

Лабораторне обладнання складається зі стенду, на якому розташована релейно-контактна апаратура, електронні плати, лицьова панель, стільниця інтегрованого робочого столу, машинного агрегату, мікропроцесорне реле та вимірювальні прилади (вольтметри, амперметри та цифровий осцилограф).

На кафедрі “Електротехніки” вивчається така дисципліна як “Теорія електроприводу” в шостому та сьомому семестрі, загальна кількість дисципліни 120 годин з них 5 занять по 4 години 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 підгрупами по 2 курсанта (слухача, студента).

Важливо зазначити що навчальні стенди, вимоги законодавства та здоровий глузд вимагають використання елементів з живленням через гальванічну розв’язку з величиною вихідної напруги що не перевищуватиме 36 вольт.

Гальванічна розв’язка принцип ізоляції діючих частин електричних систем для запобігання протіканню між ними електричного струму. Не допускається ніякий металевий контакт. Енергія чи інформація може бути передана іншим шляхом: через ємнісний бар’єр, електромагнітними хвилями або оптичними, акустичними чи механічними засобами. Гальванічна розв’язка використовується, коли два або більше електричних кіл повинні обмінюватися інформацією, але їхні «землі» можуть бути під різними потенціалами. Це є ефективним методом боротьби з небажаними паразитними сигналами, які проникають через спільні ділянки «земляного» провідника. Гальванічна розв’язка використовується також для безпеки, запобігаючи враженню людей електричним струмом.

Питання забезпечення лабораторними стендами актуальне для майже всіх вищих навчальних закладів. Одним з шляхів вирішення питання є закупівля стендів що випускаються промисловістю.

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 2021 року ситуація має наступний вигляд:

Стенд лабораторний «Дослідження двигуна і генератора постійного струму» НТЦ-06.13, дозволяє проводити наступні лабораторні роботи:

Дослідження двигуна постійного струму з незалежним збудженням методом холостого ходу.

Дослідження двигуна постійного струму методом короткого замикання.

Дослідження природних механічної та електромеханічної характеристики двигуна постійного струму.

Дослідження регульовальної характеристики двигуна постійного струму.

Дослідження робочих характеристик двигуна постійного струму.

Дослідження штучних механічної та електромеханічної характеристик при введенні додаткового опору в ланцюг якоря.

Дослідження штучних механічної та електромеханічної характеристик двигуна постійного струму при зміні напруги на якорі.

Дослідження штучних механічної та електромеханічної характеристик двигуна постійного струму. при ослабленні потоку збудження.



ТОВ "СПЕКТРО ЛАБ"  
04074, м.Київ, вулиця Новозабарська, будинок № 2/6  
Тел.: (044) 223-80-75 факс (044) 223-36-85

КОМПЛЕКСНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЛАБОРАТОРІЙ

Комерційна пропозиція № 299 від 05 лютого 2021 р.

Військова академія (м. Одеса)

№	Товар	Кількість	Ціна з ПДВ	Сума з ПДВ	Термін поставки
1	Лабораторный стенд «Электрические машины» НТЦ-06.03	1 шт	132 216,00	132 216,00	60 днів
2	Стенд лабораторний «Асинхронний електродвигун з МПСУ» НТЦ-06.11 (0,55кВт)	1 шт	219 464,00	219 464,00	60 днів
3	Стенд лабораторний «Асинхронний електродвигун з МПСУ» НТЦ-06.11 (90Вт)	1 шт	164 976,00	164 976,00	60 днів
4	Стенд лабораторний "Синхронний електродвигун і генератор з МПСУ (0,55 кВт)" НТЦ-06.12	1 шт	226 184,00	226 184,00	60 днів
5	Лабораторный стенд "Синхронный электродвигатель и генератор с МПСУ (90Вт)" НТЦ-06.12	1 шт	158 172,00	158 172,00	60 днів
6	Стенд лабораторний "Двигатель и генератор постоянного тока (0,55кВт)" НТЦ-06.13	1 шт	224 168,00	224 168,00	60 днів
7	Стенд лабораторний "Двигун і генератор постійного струму (0,90Вт)" НТЦ-06.13	1 шт	161 476,00	161 476,00	60 днів
8	Лабораторный стенд «Трансформаторы» НТЦ-06.14	1 шт	143 136,00	143 136,00	60 днів
9	Стенд лабораторний "Двигун постійного струму послідовного збудження з МПСУ (0,55 кВт)" НТЦ-06.15	1 шт	217 896,00	217 896,00	60 днів
10	Стенд лабораторний "Двигатель постоянного тока последовательного возбуждения с МПСУ (90Вт)" НТЦ-06.15	1 шт	147 056,00	147 056,00	60 днів

Разом з ПДВ: 1 794 744,00  
Сума ПДВ: 299 124,00

Всього наименовань 10, на суму 1 794 744,00 USD.

Один мільйон сімсот дев'яносто чотири тисячі сімсот сорок чотири долари 00 центів  
У т.ч. ПДВ: Двісті дев'яносто дев'ять тисяч сто двадцять чотири долари 00 центів

Умови продажу:

З повагою та надією на взаємовигідне співробітництво

Дослідження генератора постійного струму з незалежним збудженням. методом холостого ходу.

Дослідження навантажувальної характеристики генератора постійного струму.

Дослідження зовнішньої характеристики генератора постійного струму.

Дослідження характеристики самозбудження генератора постійного струму з паралельним збудженням генератора постійного струму.

Дослідження зовнішньої характеристики генератора постійного струму.

Лабораторних робіт.

Дослідження перехідних процесів пуску і гальмування двигуна постійного струму.

Дослідження перехідних процесів двигуна постійного струму при зміні навантаження, можливо проводити тільки в режимі діалогу підєднавши до стенду персональний компютер з необхідним програмним забезпеченням. 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 нинішній 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/>

УДК 423.18

**Подуфалова Л.**

*Військова академія(м. Одеса)*

### **РОЗРОБКА ПРОПОЗИЦІЙ ЩОДО ЗБІЛЬШЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ЕВАКУАЦІЇ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ПІД ЧАС БОЙОВИХ ДІЙ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМИ “MULTILIFT”**

*Евакуація автомобільної техніки, озброєння і воєнної техніки є складовою частиною автотехнічного забезпечення бойової діяльності військ, а саме, етапом відновлення. Тому, збільшення можливостей евакуації є актуальним, особливо в реальності сьогодення, під час ведення Операції об'єднаних сил. Використання системи «multilift» дає можливість збільшити обсяги евакуації під час бойових дій майже у два рази.*

**Ключові слова:** відновлення, евакуація, ремонт, «multilift», бойові дії.

**Постановка проблеми.** Евакуація автомобільної техніки, озброєння і воєнної техніки на її базі є складовою частиною автотехнічного забезпечення бойової діяльності військ, а саме, етапом відновлення, що в подальшому визначає підтримку бойової готовності під час бойових дій. Проте, для евакуації автомобільної техніки в польових умовах використовується застарілі евакуаційні засоби, що потребують модернізації або заміни на більш сучасні зразки. Також, є потреба впровадження нового підходу до евакуації автомобільної техніки в польових умовах для зменшення часу на евакуацію та збільшення можливостей евакуації, тому що наявні засоби не справляються з потребами в евакуації.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Новим підходом до евакуації техніки є застосування на автомобілях сучасної системи “Multilift” для збільшення можливостей евакуації під час бойових дій та зменшення затрат і часу на евакуацію, використовуючи при цьому техніку, яка не використовувалась під час бойових дій раніше, тобто стояла.

Система «мультиліфт» є вантажно-розвантажувальним механізмом, який має гідравлічний привід і гак, захоплюючий пристрій. Пристрій самонавантаження дозволяє оптимізувати процес навантаження-розвантаження, а саме: мінімізувати час простою, використовуючи одну й ту ж саму машину для різних видів робіт.

Промисловість України представила автомобіль з системою “Multilift” на виставці модернізованої військової техніки у м. Києві. Розроблений на основі спільного рішення Міністерства оборони України «Щодо порядку проведення визначальних відомчих випробувань спеціалізованого броньованого вантажного автомобіля, виготовленого на шасі автомобіля МАЗ-6317, з метою визначення можливості прийняття його в експлуатацію у Збройних Силах України.

Крім перевезення боєприпасів, автомобіль може використовуватись для транспортування спеціального обладнання та вантажів. Також його можна використовувати як евакуатор пошкодженої техніки.

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми.** Особливу актуальність набуває технічне обслуговування і ремонт машин під час ведення частинами і підрозділами бойових дій та локальних конфліктів, проведення маршів, антитерористичних та миротворчих операцій, оскільки в результаті інтенсивної експлуатації зростає кількість відмов, а значна частина агрегатів отримує бойові пошкодження від вогневого ураження. У таких умовах відновлення автомобільної техніки є основним джерелом поповнення її втрат. Постає питання щодо збільшення можливостей евакуації, тому, що можливості евакуації не відповідають потребам, особливо в реальності сьогодення, під час ведення Операції об'єднаних сил.

**Мета** – розглянути тенденції впровадження системи «multilift» на автомобільній техніці з метою підвищення можливостей евакуації в ході ведення бойових дій.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Автотехнічне забезпечення бойових дій є складовою частиною технічного забезпечення бойових дій і спрямоване на забезпечення боєздатності Збройних сил України.

Технічне і автотехнічне забезпечення підготовки і здійснення бойових дій, перш за все, відновлення озброєння і військових автомобільних засобів і заходи, що безпосередньо з цим пов'язані, є важливішим комплексом заходів, що направлені на приведення пошкоджених зразків озброєння і військової техніки у готовність до використання з поверненням їх до строю.

Це досягається якісною організацією відновлення військової автомобільної техніки в бойових (польових) умовах – як одного з головних джерел поповнення підрозділів і військових частин озброєнням і військовою технікою. Відновлення автомобільної техніки включає: технічну розвідку, евакуацію і ремонт (відновлення працездатності) автомобільної техніки, доведення її до справного або працездатного стану, передачу пошкодженої автомобільної техніки, що не відновлюється силами і засобами ремонтно-відновлювального органу військової частини засобам начальника вищого органу військового управління, повернення і введення до строю, при необхідності постановку її на зберігання.

Евакуація полягає у витягуванні застряглих, засипаних, затонулих і підйомі перекинутих зразків автомобільної техніки з проведенням необхідних підготовчих робіт, буксируванні або транспортуванні з району (місця) бойових дій (з-під вогню противника), яким загрожує захоплення противником, у найближчі укриття зразків автомобільної техніки, що вийшло з ладу, доставляння їх у ремонтно-відновлювальний орган військової частини, на збірний пункт пошкоджених машин, на шляхи евакуації, у райони (місця) передачі ремонтного фонду автомобільної техніки засобам начальника вищого органу військового управління, в місця відвантаження, завантаження (залізнична станція, порт, пристань, аеродром) на транспортні засоби.

Евакуація автомобільної техніки здійснюється силами і засобами військової частини, евакуаційними групами і замиканням похідних колон, а також евакуаційними засобами, що виконують завдання в інтересах ремонтно-відновлювального органу військової частини і попутним автомобільним транспортом.

Основними завданнями евакуації є:

- швидкий вивід автомобільної техніки, що підлягає відновленню із-під вогню противника у найближчі укриття, із району (місця), якому загрожує захоплення противником, із району (зони) ураження засобами масового ураження;

- своєчасне доставляння автомобільної техніки, що вийшло з ладу, на збірний пункт пошкоджених машин або до іншого місця ремонту, в район відновлення боєздатності підрозділів, а також в район (місця) передачі засобам начальника вищого органу військового управління або в місця відвантаження, завантаження (залізнична станція, порт, пристань, аеродром тощо);

- витягування застряглої, засипаної, затопленої, а також підйом перекинутої автомобільної техніки.

Основними евакуаційними роботами, що виконуються є: буксирування або транспортування, а також витягування застряглої (засипаної, затопленої, перекинутої) автомобільної техніки.

Організація евакуації автомобільної техніки включає:

- визначення передбаченої кількості автомобільної техніки, що потребує евакуації;
- визначення імовірного рубежу (району) найбільшого зосередження автомобільної техніки, що потребує евакуації;

- вибір і підготовку району (місця) розміщення евакуаційних підрозділів і шляхів евакуації автомобільної техніки, що вийшло з ладу;



– визначення порядку і термінів евакуації та постановку завдань евакуаційним підрозділам.

Під час бойових дій (маршу) на підставі фактичних даних про наявність, розміщення і стан автомобільної техніки, що потребує евакуації, уточнюється порядок їх евакуації і завдання евакуаційним підрозділам..

Висока бойова готовність підрозділів військової частини залежить від організації ремонту автомобільної техніки. У свою чергу, організаційні форми і методи ремонту автомобільної техніки повинні враховувати характер сучасного бою, а також роль і місце підрозділів військової частини в вирішенні тактичних та оперативно-тактичних завдань

Організація ремонту автомобільної техніки залежить насамперед від прийнятої підсистеми ремонту, характеру та обсягу ремонтно-відновлювальних робіт, а також від обраного методу ремонту.

Підсистема ремонту автомобільної техніки є організаційною основою, яка визначає і регламентує всі роботи з ремонту автомобільної техніки.

Підсистема ремонту автомобільної техніки повинна забезпечувати:

- зниження працездатності ремонтно-відновлювальних робіт та скорочення часу перебування автомобільної техніки в ремонті;
- економію запасних частин і матеріалів, що необхідні при ремонті зразків автомобільної техніки;
- рівномірне завантаження ремонтно-відновлювального органу у відповідності з призначенням і виробничими можливостями;
- постійну інформованість командира військової частини про технічний стан автомобільної техніки.

Ремонт в умовах бойових дій має мету привести пошкоджену (несправну) автомобільну техніку в працездатний стан, а по можливості і в справний стан або відновити ресурс автомобільної техніки, що не має або має недостатній запас.

В залежності від характеру пошкодження, складності і трудомісткості робіт можуть проводитись наступні види ремонту: для автомобільної техніки – поточний, середній і капітальний; для агрегатів – поточний і капітальний.[1]

На даний момент потреба в евакуації при наступі становить 124 одиниці техніки, а можливості в евакуації становлять 48 одиниць техніки, а саме на 39% задовільняючи потребу в евакуації.Тобто, постає проблема у невідповідності потребам евакуації. На даний момент уже прийнято рішення замінити взвод евакуації на роту евакуації, що дає змогу виконувати весь обсяг евакуації.

Але, є інший шлях вирішення проблеми. З метою підвищення можливостей евакуації пропонується розглянути систему «Multilift». Дана система представляє з себе вантажно-розвантажувальний механізм з гідравлічним приводом і гаковим загарбним пристроєм. Система призначена для навантаження, розвантаження і транспортування різних типів змінних кузовів:

- офісно-побутових контейнерів;
- спеціальних контейнерів;
- вагонів і цистерн;
- також може бути встановлена на різні шасі вантажних автомобілів;

Пристрій самонавантаження дозволяє оптимізувати процес навантаження-розвантаження, а саме: мінімізувати час простою, використовуючи одну й ту ж саму машину для різних видів робіт.

Головний елемент гакового захоплення системи – це підйомна рама виконана у вигляді Г-образної балки, на кінці якої змонтований гак, зображений на рисунку1, який чіпляє за дишло змінний кузов. Г-подібна балка системи мультіліфт шарнірно закріплена на рамі системи і виконує в ході навантаження або розвантаження напівкруговий рух щодо гакового загарбного пристрою.[4]



Рис. 1. Гаковий погрузчик з телескопічною стрілою системи «Multilift»

Завдяки кінематиці “Multilift” дозволяє піднімати і завантажувати на автомобіль змінні кузова різного призначення масою до 30 т. Після навантаження на автомобіль, кузов закріплюється спеціальними гідравлічними фіксаторами. Які дозволяють використовувати автомобіль як самоскид, розвантажуючи через борт вантаж, що знаходиться в змінному носії.[4]

Дана система використовується у Збройних силах провідних країн світу для підвищення ефективності системи логістики, наприклад: вантажний автомобіль постачання Logistics Vehicle System Replacement (LVSR) (Америка, морська піхота), вантажний автомобіль MAN HX 77( Англія), вантажний автомобіль MAN HX 77( Англія), вантажний автомобіль Iveco 410E42 8X8 LHD( Італія).[7]

Промисловіть України уже представила автомобіль з системою “Multilift”на виставці модернізованої військової техніки у м. Києві, показано на рис. 2.



Рис 2. Загальний вигляд автомобіля з системою «Multilift» на базі МАЗ-6317

Розроблений на основі спільного рішення Міністерства оборони України: «Щодо порядку проведення визначальних відомчих випробувань спеціалізованого броньованого вантажного автомобіля, виготовленого на шасі автомобіля МАЗ-6317, з метою визначення можливості прийняття його в експлуатацію у Збройних Силах України» [3].

Крім перевезення боєприпасів, автомобіль може використовуватись для транспортування спеціального обладнання та вантажів. Також його можна використовувати як евакуатор пошкодженої техніки.

При аналізі типової схеми розміщення роти ремонту автомобільної техніки на збірному пункті пошкоджених машин та організації виробничого процесу середнього ремонту машин, яка наведена на рис.3, розглянуто скриті можливості автомобільної техніки [1].

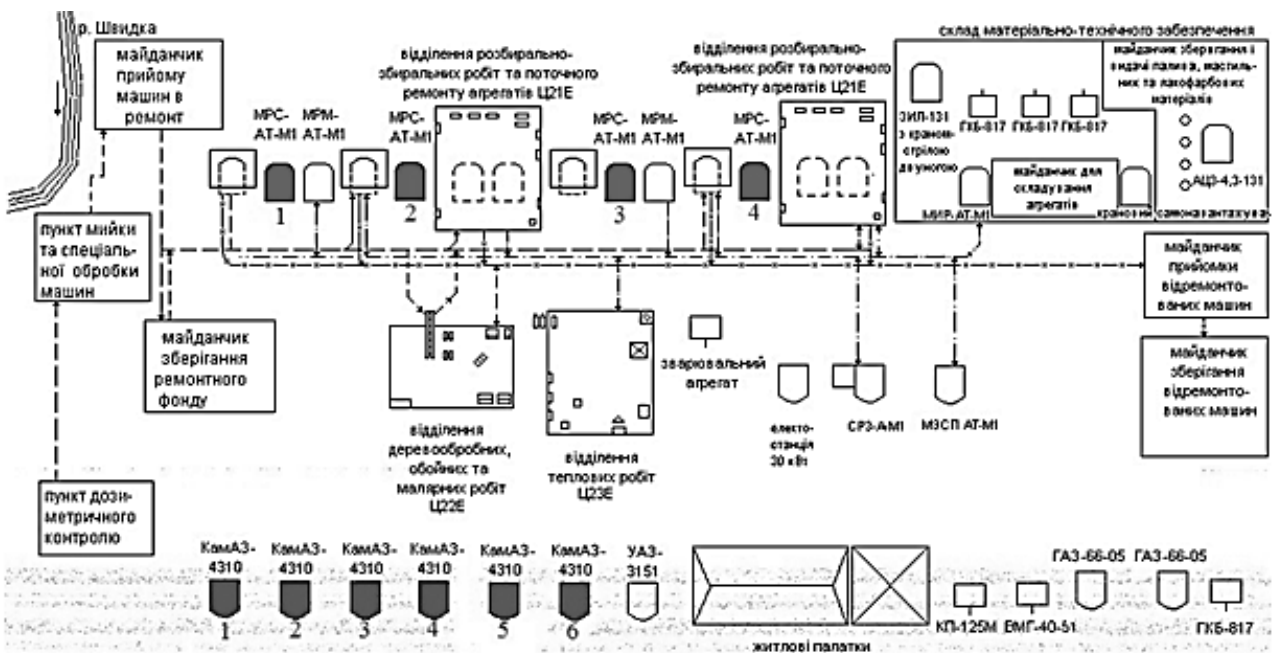


Рис. 3. Схему розміщення роти ремонту автомобільної техніки на збірному пункті пошкоджених машин та організації виробничого процесу середнього ремонту машин

На даній схемі ми бачимо розміщення ПАРМ-3М1 та організацію виробничого процесу середнього ремонту машин на місцевості. Чорним маркером позначено ремонтні майстерні МРС-АТ-М1 на базі автомобіля ЗИЛ-131 з лебідкою, які розміщені стаціонарно, але якщо встановити систему гакового навантажувача, то можна використовувати автомобільне базове шасі для евакуації пошкодженої автомобільної техніки. Також чорним маркером позначена автомобільна техніка на базі КамАЗ-4310 з лебідкою, яка транспортує майно роти та обладнання ПАРМ-3М1 до місця проведення ремонту в польових умовах та після розгортання знаходиться на місці очікування. Якщо використовувати систему «мультиліфт», то ми зможемо за допомогою палет розвантажити матеріальну частину та виконувати завдання по евакуації техніки. Для перевезення палет ввести у штат додатковий автомобіль, наприклад на базі МАЗ-6317. Таким чином результатом розрахунків можливості евакуації збільшуються з 39% на 77% від потреби евакуації, а саме 96 одиниць техніки.

**Висновки.** Автотехнічне забезпечення бойових дій є складовою частиною технічного забезпечення бойових дій і спрямоване на забезпечення боєздатності Збройних сил України.

Евакуація автомобільної техніки, озброєння і військової техніки на її базі є складовою частиною автотехнічного забезпечення бойової діяльності військ. Об'єктами евакуації являються машини, які втратили рухомість в результаті застрягання, перекидання, завалення або затоплення, пошкодження або відсутності екіпажу.

Від можливостей евакуації під час бойових залежить те, на скільки швидко відбудеться відновлення та повернення машин до строю, яке в свою чергу впливає на бойову готовність підрозділів.

Використання системи «мультиліфт» на автомобільній техніці дає змогу вантажоперевезення змінних контейнерів модулів різного призначення, а також здійснювати перевезення пошкодженої техніки. Таким чином збільшується можливість евакуації майже у два рази, при цьому не збільшуючи штат, а використовувати додатковий автомобіль для перевезення палет.

Плюси використання системи «мультиліфт»:

повне використання можливостей автомобілів (відсутність простою), як перевезення вантажів, так і засіб евакуації;

можливість евакуації автомобілів з втраченою рухомістю або неможливістю (підрив на фугасі) – тобто застосування перевезення;

Мінуси використання системи «мультиліфт»:

у разі пошкодження (втрати) автомобіля неможливо виконати завдання по перевезення майна роти із збірного пункту пошкоджених машин;

у разі переміщення збірному пункті пошкоджених машин знижуються можливості щодо переміщення не відремонтованих пошкоджених машин (або платформа або контейнер с майном);

#### **Список використаних джерел**

1. Дем'янчук Б.О. *Основи автотехнічного забезпечення. Моделювання процесів* / Дем'янчук Б.О., Вернівський С.М., Меленчук В.М. *Навчальний посібник з грифом МОН.* – Одеса: Військова академія. – 2015. – 20-24, 70-74, 189, 192, 197-200 с.

2. *Основи автотехнічного забезпечення. Моделювання процесів* Посібник, Військова Академія, 2016 рік.

3. <https://www.ukrmilitary.com/2017/08/armored-bogdan-maz-6317-multilift.html>

*Спеціалізований вантажний броневий автомобіль для перевезення боєприпасів з мультиліфтом. 2017*

4. <http://www.inruscom.com/catalog/4/328> Система мультиліфт для погрузки, розгрузки и транспортировки контейнеров.

5. [http://www.liftcar.com.ua/files/Multilift\\_Catalog](http://www.liftcar.com.ua/files/Multilift_Catalog) Крюковые погрузчики Haib Multilift.

6. А.Алексеев *Умная военная логистика: войсковые транспортные средства. 25.01.2017.*

**Науковий керівник:** Шелухін С., к.тех.н.,

**Рецензент:** Петров Л., к.тех.н., Військова академія(м. Одеса)

УДК 321.01/02

**Поліщук В.,****Самуйлік М.,** к.пед.н., доц.*Одеський державний аграрний університет*

### **ЕКОНОМІЧНА БЕЗПЕКА АГРАРНИХ ПІДПРИЄМСТВ ЯК ЗАСІБ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАЦІОНАЛЬНИХ ІНТЕРЕСІВ**

*У роботі надається аналіз економічної безпеки аграрних підприємств, які є основою агропромислового комплексу та мають стати рушійною силою української економіки, що є запорукою національної безпеки. Розглядаються складові економічної безпеки в сучасних умовах кризового стану, як внутрішні так і зовнішні. Пропонуються шляхи їх подолання.*

**Ключові слова:** економічна безпека, економічна безпека аграрних підприємств, сільськогосподарські підприємства, ринок сільськогосподарських земель, криза, агропромисловий комплекс, модернізації економічної безпеки

**Постановка проблеми.** Діяльність аграрних підприємств постійно знаходиться під впливом дії як внутрішніх так і зовнішніх ризиків і загроз. Для того, щоб їх мінімізувати необхідно постійно турбуватися про власну економічну безпеку. Для успішної господарської діяльності, для сталих економічних показників, треба намагатися уникати непередбачуваних ризиків. Найбільш дієвим способом уникнення непередбачуваних ризиків є саме належно створена та ефективно працююча політика по забезпеченню економічної безпеки підприємства.

**Актуальність проблеми.** У сучасних умовах поширення світових глобалізаційних процесів, активного просування України до європейської інтеграції та стрімкого загострення конкуренції на всіх світових ринках постала проблема забезпечення дієвого захисту національних інтересів держави на всіх напрямках її діяльності і, насамперед в аграрній галузі, яка має визначальний вплив на економічний та соціальний розвиток держави. Національні виробники агропромислового комплексу опинились в досить скрутному становищі. Світовий ринок висуває їм все більші вимоги до сільськогосподарчої продукції. Виникла нагальна проблема оновлення ресурсного потенціалу, модернізації виробництва, що не можливо зробити без забезпечення економічної безпеки аграрних підприємства та запровадження ринку землі в Україні.

**Метою статті** є розгляд економічної безпеки аграрних підприємств як засобу забезпечення національних інтересів, що зумовлює, по-перше, виявлення та порівняння різних підходів до визначення поняття та значення економічної безпеки для суспільства. По-друге, дослідження основних компонентів забезпечення економічної безпеки аграрних підприємств в сучасних умовах кризового стану.

**Виклад основного матеріалу.** У сучасній науковій літературі досить значна увага приділяється питанню економічної безпеки підприємств. Автори намагаються визначитися з теоретичними та методологічними основами даного питання, розглядають можливі загрози та виклики. Дослідженню економічної безпеки підприємств присвячені роботи таких учених, як О.М. Бурлака, Ю.М. Барташевська, Т.Г. Васильців, В.М. Геєць, Є.С. Жураківський, В.О. Козловський, Г.Ф. Мазур, Н.В. Прус, Г.А. Смоквіна, В.І. Ткачук, М.І. Яремова. Термін «економічна безпека» отримав офіційний статус у резолюції Генеральної Асамблеї ООН 1985 року, яка мала назву «Міжнародна економічна безпека»[1]. У резолюції підкреслено, що економічна безпека пов'язана із захищеністю економіки країни від зовнішніх та внутрішніх несприятливих факторів, які можуть порушувати нормальний процес відтворення, погіршувати рівень життя населення і викликати загострення соціальної напруги у суспільстві. Існують різноманітні наукові підходи до визначення самого терміна «економічна безпека», що говорить про відсутність єдиного розуміння його сутності. Так, Н. В. Прус вважає – це захист діяльності підприємства проти економічних злочинів, стан захищеності від внутрішніх і зовнішніх загроз, а також ефективне використання ресурсів [2, с. 675]. Т. Г. Васильців стверджує, що поняття «економічна безпека» є системним, складним і характеризується такими інтегральними економічними категоріями, як конкурентоспроможність, життєздатність, фінансова стійкість, ризикостійкість підприємства [3, с. 15]. Ю.М. Барташевська відмічає, що сучасні підприємства змушені функціонувати в умовах нестабільності, глобалізації та мінливого зовнішнього середовища. За цієї ситуації захист виробництва від розвитку зовнішніх і внутрішніх загроз означає його економічну безпеку як у кризові періоди, так і в стабільному економічному середовищі та вимагає певних ресурсів, потенціалу [4, с. 189]. Г.А. Смоквіна відмічає, що ефективна діяльність промислових підприємств залежить від багатьох факторів: фінансових, інформативних, екологічних втрат,

підвищення продуктивності праці, конкурентоспроможності, зниження ризиків, пов'язаних з інвестиційною та виробничою діяльністю. Саме ці фактори впливають на економічну безпеку підприємства, яка може забезпечити стійке функціонування та розвиток суб'єкта господарювання [5, с. 232]. Більш системно трактує економічну безпеку підприємства В.М. Геєць. Він вважає, що економічна безпека суб'єкта господарювання є складною динамічною системою, яка забезпечує стійке функціонування і розвиток підприємства за допомогою своєчасної мобілізації і найбільшого раціонального використання трудових, фінансових, техніко-технологічних та інших ресурсів підприємства в умовах дії зовнішніх і внутрішніх загроз [6]. Значно менше уваги приділяється дослідженню економічної безпеки аграрної галузі. Як стверджують у своїй монографії Козловський В.О., Мазур Г.Ф., Жураківський Є.С., що сутність поняття «економічна безпека аграрної галузі» можна охарактеризувати як цілісну сукупність економічних і ділових відносин економічних агентів (держави, регіонів, агропідприємств, домогосподарств тощо), яка забезпечує цілісність і стійкість аграрної галузі до потенційних загроз і є спроможною зменшити або усунути дестабілізуючі фактори чи за певних умов трансформувати їх у конкурентні переваги з метою досягнення продовольчої безпеки держави [7]. Ми погоджуємось із науковцями В.І. Ткачуком і М.І. Яремовою, що складовими економічної безпеки сільськогосподарських підприємств виступають кадрова, фінансова, технологічна, правова, інформаційна виробнича безпека, енергетична, екологічна, правова та ринкова безпеки [8]. Гарантом ринкової безпеки є створення ринку землі в Україні. Земля – фундамент, на якому базується державність України, політична незалежність і національна безпека. Українські землі складають значну частину світових чорноземів (до 12 %) та забезпечують нам вагомий аграрний потенціал. Варто нагадати, що однією із економічних причин всіх світових війн, майже не єдиною, були землі. Їх територія приваблювала інтереси багатьох держав. Тому вимоги щодо продажу сільськогосподарських земель досить часто можна було почути у наполегливих кредиторів та в заявах міжнародних партнерів. Україна, після отримання незалежності наділила селян землею сільськогосподарського призначення, але формування ринкових відносин не відбулось. Земля є продуктом природи і як будь-який інший засіб виробництва виступає товаром, що зумовлює необхідність формування ринкових відносин, в основу яких покладено право приватної власності на землю. Для цього, після отримання незалежності, Україна запровадила земельну реформу, але належних правових умов на той час не мала. Суперечливі бізнес-інтереси привели до тимчасової заборони продажу земель сільськогосподарського призначення. В Україні почав діяти мораторій на продаж землі. Це питання залишалось і залишається одним із найбільш дискусійних. Мораторій запроваджували на п'ять років із прагненням зупинити хаос на ринку землі. Ринок лише починав формуватися. Незадовго до того відбулося розпаювання наділів в Україні. Верховна рада України щороку продовжувала дію мораторію на продаж землі, пояснюючи бажанням захистити власників від недобросовісних покупців. Як наслідок – більшість земель сільськогосподарського призначення залишалися поза ринковим обігом. Розпочав формуватися тіньовий ринок, який діє і сьогодні. Не легітимізовані відносини навколо землі, виникли та існують незалежно від мораторію З однієї сторони заборонявся легальний продаж земель, що було порушенням права власності. Але з іншої сторони, громадянин, який мав пай, був позбавлений можливості його продати, мав можливість здати його за безцінь в оренду. Створені різноманітні схеми неофіційного продажу земель, були вигідними певному колу осіб. Запровадження ринку землі в Україні є найбільш суперечливою реформою, що зіткнула інтереси і бажання різних соціальних сил, як внутрішніх так і зовнішніх. Прийняття нового закону, який скасовує дію мораторія на продаж землі, може значно зняти протиріччя, що існують в Україні тривалий час [9]. З червня 2021 року скасовується мораторій на продаж аграрної землі, крім земель державної власності. Новий закон, який скасовує дію мораторію і має запровадити ринок землі в Україні, повинен вирішити питання створення механізму купівлі-продажу української землі. Ринковий шлях розвитку української економіки передбачає необхідність залучення земельних ресурсів до економічного обігу, що неможливо без права власників землі її відчужувати. Земля є основним національним багатством держави та вимагає від неї особливої охорони, що забезпечує існування останньої певним правовим механізмом, який передбачає встановлення обмежень для права власності на землю. В Україні це впливає із статті 41 Конституції України, яка стверджує, що використання власності не може завдавати шкоди правам, свободам та гідності громадян, інтересам суспільства, погіршувати екологічну ситуацію і природні якості землі [10]. Необхідність обмеження права власності на землю є головною умовою існування ринку землі в розвинених країнах і визначає права та обов'язки власників і землекористувачів. У світовій практиці при регулюванні обігу землі

використовуються такі види обмежень: розмір землеволодінь, які можуть перебувати в одного власника; переважне право на придбання землі для окремих осіб; орендні відносини (термін та ціна оренди); зміна призначення землі; обмеження для іноземців чи для певної категорії населення у володінні землею [11, с. 83-84]. Метою встановлення обмежень є забезпечення суспільних інтересів при використанні землі, а також достатньої ефективності використання з погляду більшості населення. Після прийняття нового закону, головне завдання України – створення цивілізованих ринкових земельних відносин, що є надзвичайно складним та вимагає в першу чергу виправити спотворену тіньовим ринком корупційну ситуацію довкола одного з найбільших ресурсів України. Прийнятий закон ураховує, в певній мірі, світовий досвід регулювання обігу землі. Згідно із законом про ринок землі, її вільний обіг стосуватиметься лише ділянок, що належать пайовикам. За півтора роки українці отримають право купувати не більш як 100 гектарів в одні руки, а з 2024 року до 10 тисяч гектарів зможуть купувати юридичні особи. При цьому не може продаватися земля, що перебуває у власності держави або у комунальній власності. Закон передбачає переважне право для орендарів на придбання земельної ділянки сільськогосподарського призначення. Іноземці отримають право на придбання української землі лише після затвердження відповідної норми на референдумі. Встановлюється обов'язковий безготівковий розрахунок за сплату ціни земельних ділянок сільськогосподарського призначення. Безготівкова форма розкриває джерело походження коштів. Юридичні особи до 2024 року змушені будуть виводити свій бізнес з тіні та легалізувати кошти. Таким чином, з одного боку, власники паїв отримують право вільно розпоряджатися своєю землею. А з іншого – в умовах корупції в країні та ігнорування законів частина власників можуть незаконно бути позбавлені свого права на землю. Знайдуться ті, хто захоче його обійти. Дотримання встановлених норм можливо при наявності дієвого механізму функціонування прийнятих правових норм регулювання. Що є досить складним завданням для України, одним з серйозних викликів для нинішньої влади. Бідність більшості населення є суттєвою перешкодою становлення справедливого ринку земельних ресурсів. Практично всі країни східної Європи, що приєдналися до Європейського Союзу, досить успішно пройшли лібералізацію ринку землі. Тому парламентарі України мають можливість для вивчення досвіду та створення якісних законів. Але земельний устрій історично формувався в європейських країнах іншим шляхом, без колгоспів і розпаювання. Тому нам не можна в цьому питанні повністю орієнтуватися на захід. Україна володіє значним земельним потенціалом, який може розглядатися як конкурентна перевага. Але його практична реалізація вимагає впровадження ефективної моделі ринкових земельних відносин, відповідно до умов сучасної жорсткої міжнародної конкуренції. Таким чином в умовах глобальної економіки та інтеграції України у світові процеси саме агропромисловий комплекс може стати рушійною силою української економіки. Створення цивілізованого ринку землі є надзвичайно складною справою. Як свідчить зарубіжний досвід, децентралізація влади також може з різних сторін вплинути на розвиток аграрної галузі України. Децентралізація влади відбувається досить напружено, постійно виникають різні проблеми, особливо в питаннях забезпечення населення першочерговими життєвими благами.

**Висновки.** Таким чином під економічною безпекою аграрних підприємств розуміється такий стан підприємств, який характеризується стійкістю до внутрішніх та зовнішніх загроз, здатністю забезпечити реалізацію власних економічних інтересів, ефективно функціонувати та розвиватися в умовах конкуренції та господарського ризику. Передумовою стійкого розвитку аграрного підприємства є формування ним власної системи економічної безпеки. В умовах політичної, економічної та соціальної кризи, що панує в даний час в Україні, потрібно завчасно враховувати, щоб упередити можливі негативні наслідки децентралізації влади та створення ринку землі. Створення ефективного ринку сільськогосподарських земель в Україні залишається питанням стратегічної важливості, від реалізації якого залежить динаміка соціально-економічного розвитку АПК, земельних відносин, та національної економіки в цілому.

#### **Список використаних джерел**

1. Резолюції 40-ї сесії Генеральної Ассамблеї ООН (1985 год).  
URL: <http://www.un.org/ru/ga/40/docs/40res.shtml>.
2. Прус Н.В. Система економічної безпеки підприємства. Поняття, сутність, принципи. Глобальні та національні проблеми економіки. 2014. Вип. 2. С. 675–679.
3. Фінансово-економічна безпека підприємств України: стратегія та механізми забезпечення: монографія / за ред. Т.Г. Васильціва. Львів, 2012. 386 с.

4. Барташевська Ю.М. Економічна безпека підприємства: фактори впливу та шляхи забезпечення / Ю.М. Барташевська // Економіка і суспільство. – 2016. – №7. – с. 189 – 194.

5. Смоквіна Г.А. Сучасні підходи до оцінки економічної безпеки промислового підприємства: теоретичний досвід і практичне використання / Г.А. Смоквіна // Бізнес-Інформ. – 2015. – № 11. – с. 231–239.

6. Моделювання економічної безпеки: держава, регіон, підприємство: монографія / за ред. В. М. Гейця. Х.: ВД «ІНЖЕК», 2006. 240 с.

7. Козловський С. В., Шаульська Л. В., Козловський В. О., Мазур Г. Ф., Жураківський Є. С. К 59 Економічна безпека аграрної галузі України в умовах інституційних трансформацій: Монографія. – Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2019. – 254 с.

8. Ткачук В. І., Яремova М. І. Економічна безпека аграрних підприємств. Ефективна економіка. 2019. № 6. URL:<https://doi.org/10.32702/2307-2105-2019.6.12>

9. Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо умов обігу земель сільськогосподарського призначення: Закон України від 31.03.2020. Документ 552-ІХ. / Верховна Рада України. Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2020, № 20, ст.142.

10. Конституція України: Закон України від 28 червня 1996 р. №254/96-ВР (зі змінами й доповненнями) / Верховна Рада України. Відомості Верховної Ради України. 1996. № 30. ст. 141.

11. Хомутенко В., Волкова О. Ринок землі в Україні: передумови та наслідки. // Економіст № 11(301).– С. 83-86.

*Рецензент: Макуха С., к.е.н., доц., Одеський національний економічний університет*

**УДК 629.331**

**Походня С.**

*Військова академія (м. Одеса)*

#### **ДОЦІЛЬНІ ШЛЯХИ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАВДАННЯ СТАТИСТИЧНОГО ПРОГНОЗУВАННЯ ДИНАМІКИ ЗМІН ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВТОМОБІЛІВ З МЕТОЮ СВОЄЧАСНОГО ЗБІЛЬШЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ТЕХНІЧНОЇ ГОТОВНОСТІ ЇХ ПАРКУ**

*В роботі проведено дослідження автомобільної техніки окремого військового парку автомобільної техніки, аналіз змін за часом коефіцієнта готовності і залишкового нормованого ресурсу кожного зразка автомобільної техніки та парку в цілому. Це дозволить спрогнозувати і наочно побачити відхилення рівня отриманих параметрів технічного стану техніки від потрібних та дозволить визначити заходи для покращення результатів її експлуатації.*

**Ключові слова:** статистичне прогнозування, коефіцієнт технічної готовності парку, технічний стан, залишковий нормований ресурс зразків автомобілів.

**Постановка завдання.** Необхідним є створення плану своєчасного оновлення парку автомобілів у військовій частині, тому що без цих заходів ефективно автотехнічне забезпечення практично не можливе. Крім того, на жаль, не існує загальноприйнятої для практичного застосування методики на основі аналізу і прогнозування динаміки зміни за часом коефіцієнта технічної готовності парку військових автомобілів. Для вирішення указанного завдання доцільним є аналіз та обговорення методу прогнозування динаміки змін технічного стану автомобільного парку.

**Мета та завдання.** На першому етапі необхідно обрати метод прогнозування динаміки змін за часом коефіцієнта готовності кожного із зразків сукупності автомобілів однієї марки в автомобільному парку військової частини, з метою більш обґрунтованої стабілізації на потрібному рівні коефіцієнта технічної готовності автомобілів військового парку, шляхом застосування адекватної моделі для вирішення задач статистичного прогнозування указанного коефіцієнта готовності кожного зразка, під час попереднього визначення їх коефіцієнтів оперативної готовності та узагальнення отриманих результатів на всі автомобілі однієї марки в автомобільному парку військової частини.

**Виклад основного матеріалу.** Метою прогнозування динаміки змін технічного стану автомобіля (зменшення коефіцієнту його готовності або нормованого залишкового ресурсу) є обґрунтоване за термінами та обсягами планування своєчасного оновлення парку або прийняття заходів для ремонту або списання автомобілів [1, с. 208]

Науковою базою статистичних методів прогнозування є прикладна статистика і теорія прийняття рішень. Методи використання (для прогнозування) функціональних залежностей передбачають вихід із заданого часового ряду дискретних величин функції до позначень функції, що виявляються визначеними в кінцевому числі точок на осі часу перспективного інтервалу експлуатації.

При цьому часовий ряд часто розглядається в рамках тієї чи іншої ймовірнісної моделі, вводяться інші фактори (незалежні змінні) крім часу. Основні розв'язувані завдання – інтерполяція. Найбільш часто використовується метод найменших квадратів при декількох факторах.

Оцінювання точності прогнозу (зокрема, за допомогою довірчих інтервалів) – необхідна частина процедури прогнозування; зазвичай використовують ймовірнісно-статистичні моделі відновлення залежності. [1, с. 208]

Найкращим при цьому є прогноз і оцінювання точності прогнозу за допомогою довірчих інтервалів за методом максимальної правдоподібності.

Експериментальні оцінки вказаної динаміки вважаються проблемними через непередбаченість адекватного відтворення ситуації з оцінкою залишкового нормованого ресурсу (пробігу) зразка до капітального ремонту або до списання, в ситуації, що є близькою до реальної.

Відсутність перевічених реальним досвідом початкових даних про розподіл параметрів випадкових процесів, що стосуються щорічних варіантів витрати ресурсу зразку озброєння або військової техніки, а саме, його залишкового остаточного ресурсу, – все це знижує цінність результатів такого моделювання.

Метод статистичного прогнозування динаміки зменшення (за часом експлуатації зразка) рівня коефіцієнта готовності зразків автомобілів (військової техніки) заснований на побудові ймовірнісної моделі, що є адекватною реальній ситуації, якщо діють узагальнені чинники, які сприяють, і чинники, які перешкоджають успішному збереженню коефіцієнта готовності зразка.

Метод передбачає отримання експериментальних даних про фактичне значення цього показника зразка в дискретні моменти часу, наприклад, за наслідками річних звітів по експлуатації техніки в частині, тобто на ретроспективному інтервалі часу. На цьому етапі виявляється експериментально закономірність зміни коефіцієнта готовності зразка по обмеженій кількості реальних даних.

Також метод містить обчислення максимально правдоподібних оптимальних оцінок параметрів результуючого тренду залежності рівня коефіцієнта готовності від часу експлуатації на перспективному інтервалі часу і обчислення дисперсії й оптимальних оцінок параметрів цього тренду по сукупності усіх дискретних експериментальних даних також на ретроспективному інтервалі часу.

Саме тому далі доцільно окреме вирішення завдань аналізу та прогнозування і залишкового ресурсу транспортних засобів, і рівня їх коефіцієнта готовності, і рівня узагальненого показника технічного стану, який є *добутком залишкового ресурсу та коефіцієнта готовності* транспортного засобу.

**Адекватна ймовірнісна модель зменшення коефіцієнта готовності автомобільної техніки.** Розв'язання задачі об'єктивного прогнозування динаміки зміни рівня показника технічного стану зразку автомобільної техніки за наслідками спостереження фактичної зміни цього параметра в дискретні моменти ретроспективного інтервалу часу зазвичай пов'язане з відомими труднощами.

Невизначеності випадкового і антагоністичного характеру пов'язані з важко передбачуваним набором причин і чинників. Деякі з них сприяють збереженню коефіцієнта готовності будь-якого зразка автомобіля за часом експлуатації, а інші чинники перешкоджають збереженню цього показника.

Для розв'язання окремої важливої задачі оцінки готовності зразків військової автомобільної техніки в частині, а також для з'ясування фізичного змісту показника готовності зразків, доцільно побудувати ймовірнісну модель *основних станів підсистеми* забезпечення готовності деякого транспортного засобу до маршу частини. Це потрібно для з'ясування кількісного змісту терміну «коефіцієнт готовності» транспортного засобу.

Протягом бойових дій у кожній конкретній ситуації (в залежності від бойової обстановки) значення коефіцієнта технічної готовності для частини встановлюються командиром частини або старшим начальником по службі на заданому рівні [2, с. 230].

Звичайно, його величину в частині визначають за допомогою відношення:

$$K_{\text{тг}} = M_{\text{г}} / M_{\text{с}}, \quad (1)$$

де  $M_{\text{г}}$  – кількість готових до застосування (справних) машин в частині;

$M_{\text{с}}$  – загальна кількість машин в частині за списком.



Показники, які характеризують якість технічного стану зразка у виді його *коефіцієнта готовності*:

$$K_r = T_0 / (T_0 + T_b);$$

$$K_{нт} = T_b / (T_0 + T_b). \quad (2)$$

де  $T_b$  – середня витрата часу на відновлення ВАТ;

$T_0$  – середній час перебування ВАТ у стані готовності до застосування.

Ці показники є добре відомими коефіцієнтом готовності,  $K_r$ , і коефіцієнтом неготовності,  $K_{нт}$ , транспортного засобу до застосування за призначенням.

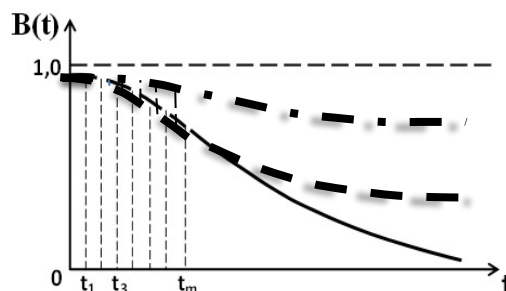
Показник у складі критерію (4), по-перше, визначає перевагу можливостей, що сприяють успіху відновлення зразків через пошкодження їх супротивником або через відмови зразків, над факторами, що заважають цьому успіху, по-друге, цей нормований показник сприяє зменшенню помилок розрахунків, які виникають через невизначеність щодо дій противника.

Тепер перейдемо до побудови моделі процесу зміни коефіцієнта готовності транспортних засобів за часом їх експлуатації.

Експериментальні оцінки вказаної динаміки вважаються проблемними через недоцільність адекватного відтворення ситуації з оцінкою середнього часу напрацювання на відмову і середнього часу відновлення зразка, що відмовив, в ситуації, що є близькою до реальної.

Отже, метод статистичного прогнозування динаміки зменшення (за часом експлуатації зразка) коефіцієнта готовності зразка заснований на побудові імовірнісної моделі, адекватно реальній ситуації, якщо діють узагальнені чинники, які сприяють, і чинники, які перешкоджають успішному збереженню параметра готовності зразка до бойового застосування.

З розгляду параметрів аналізу і прогнозування нормованого залишкового ресурсу витікають деякі важливі особливості для ефективного використання моделі, яка адекватно віддзеркалює процес зміни за часом цього часткового показника стану військових транспортних засобів.



**Рис.1.** Залежність витрати ресурсу до моменту часу (суцільна лінія – без впливу на збереження ресурсу; штрихова лінія – з незначним впливом на збереження ресурсу; штрихпунктирна лінія – із значним впливом на збереження ресурсу)

Завдання, що потребують моніторингу динаміки змін залишкового ресурсу транспортних засобів. Перелік завдань містить наступні необхідні дії: [2, с. 230].

- проаналізувати фактори, які у мирний час і в умовах бойових дій суттєво впливають на зміни за часом рівня залишкового ресурсу зразків військової автомобільної техніки через щоденні витрати їх ресурсу за пробігом;

- вибрати адекватну модель розвитку реального процесу зменшення за часом показника залишкового нормованого ресурсу (пробігу) кожного із зразків автомобільної техніки;

- вибрати метод визначення параметрів тренду процесу змін рівня показника залишкового нормованого ресурсу для прогнозування динаміки змін ресурсу за даними ресурсу автомобілів на ретроспективному інтервалі їх експлуатації;

- оцінити достовірність результатів прогнозування динаміки змін показника залишкового нормованого ресурсу зразків автомобілів в умовах невизначеності випадкового характеру;

- сформулювати рекомендації для практичного застосування методики обґрунтування рішень щодо оновлення парку військової автомобільної техніки в умовах їх реального стану і невизначеності випадкового типу.

Залишковий нормований ресурс для кожного автомобіля можна визначити за формулою:

$$B(t) = \frac{B_0 - B_B}{B_0}, \quad (3)$$

де  $B_0$  – норма напрацювання, яка визначається заводом, км;

$B_B$  – витрачений ресурс за час експлуатації, км.

Наукова новизна методики – в подальшому розвитку методу екстраполяційного прогнозування динаміки зменшення залишкового нормованого ресурсу зразків військової автомобільної техніки; метод, на відміну від відомих, заснований на застосуванні ймовірнісної моделі розвитку реальних процесів зміни показника залишкового нормованого ресурсу зразка і на застосуванні модифікованого методу для визначення параметрів тренду процесу зменшення ресурсу кожного зразка по рівням цього показника ресурсу зразків автомобільної техніки в дискретні моменти часу на ретроспективному інтервалі часу експлуатації транспортних засобів. Це дозволяє визначити нормовані рівні втрат і вигащів під час прийняття рішень про оновлення парку автомобілів військової частини.

Для розрахунку залишкового нормованого ресурсу всього парку потрібно звести отримані дані до середнього значення по роках експлуатації та на основі цього побудувати графік. На основі отриманих даних та графіку ми можемо визначати, через скільки років потрібно виконати заміну автомобілів парку.

**Висновки.** Пропонований метод враховує об'єктивне прогнозування чинників процесу, що сприяють і перешкоджають реалізації ефекту збереження рівня коефіцієнта готовності. Він заснований на застосуванні ймовірнісної моделі, яка є адекватнішою, ніж відома.

Метод дозволяє прогнозувати (по обмеженій сукупності експериментальних даних) динаміку зменшення за часом рівня коефіцієнта готовності зразка в довільний заданий момент часу його експлуатації, а також дозволяє визначати момент часу, при якому цей показник технічного стану досягає деякого заданого або допустимого рівня.

В практичному застосуванні методу доцільно отримувати так само відомості по кожному зразку експлуатованої автомобільної техніки військової частини. Ця інформація дозволить ухвалювати більш обгрунтовані рішення, що стосуються корекції планів експлуатації, а також рішення, що спрямовані на своєчасне оновлення зразків, рівень технічної готовності яких наближається до гранично допустимого рівня його зниження через природні процеси його фізичного старіння.

Розрахунки параметрів функції прогнозних значень показника технічного стану у вигляді коефіцієнта готовності зразка принципової складності не представляють, проте, є достатньо громіздкими. Тому розробка і застосування програмного продукту, реалізованого для цих розрахунків на персональній ЕОМ, дозволить прогнозувати *тренд і його довірчі інтервали* протягом декілька хвилин.

#### Список використаних джерел

1. Дем'янчук Б.О. *Основи технічного забезпечення. Обгрунтування рішень* / Б.О. Дем'янчук, О.В. Малишкін. Навчальний посібник з грифом МОН. – Одеса: Військова академія. – 2014 – 208 с.
2. Дем'янчук Б.О. *Автотехнічне забезпечення. Управління ресурсом і оновленням парку автомобілів*/ Дем'янчук Б.О., Маханьков В.А., Обертас В.Ф. Навчальний посібник. – Одеса: Військова академія. – 2017. – 230 с.

**Науковий керівник:** Дем'янчук Б., д.тех.н., проф.,

**Рецензент:** Угольніков О., к.фіз.-мат.н., доц., Військова академія (м. Одеса).

УДК 621.833-047.58

Риштун П.,

Ісмаїлова Н., д.т.н., проф.

Військова академія (м. Одеса)

#### ТРИВИМІРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЗУБЧАТОГО ЗАЧЕПЛЕННЯ АРТЕЛЕРІЙСЬКОГО ОЗБРОЄННЯ

Основне призначення 3D моделювання – надання наочного уявлення про фізичні властивості досі неіснуючого об'єкта, а також для створення прототипів виробів і створення об'ємної анімації виробу. Таким чином 3D-моделювання можна використати при проектуванні механізму наведення артилерійського озброєння, де потрібна оцінка фізичних і технічних особливостей ще до його створення в оригінальному розмірі, матеріалів і комплектації.

**Ключові слова:** 3D-модель, креслення, відрізок, фігура, інтерфейс, команда, зубчасті шестерні механізму наведення.

**Постановка проблеми.** У числі головних переваг висококласних САПР в проектуванні військової техніки – це можливість віртуального параметричного тривимірного моделювання деталей і складальних вузлів будь якої зубчастої передачі артилерійського озброєння, наприклад: механізму наведення будь якого зразка артилерійського озброєння повна асоціативність, що забезпечує миттєве отримання. Безпомилкових аксонометричних і двовимірних проєкційних зображень створених моделей реальних виробів забезпечує високу стандартну якість конструкторської документації. Комп'ютерні технології дозволяють змодельовати будь який виріб до створення креслеників або дослідних зразків зубчастого зачеплення в вузлах військової техніки. Основним документом у цьому випадку є об'ємна комп'ютерна модель [1] в 3D-системі, де в її об'ємності і полягає одна з головних переваг. Модель можна повертати та змінювати масштаб перегляду конструкції за своїм бажанням. 3D-моделі – невід'ємна складова якісних презентацій та технічної документації, де є – основа для створення прототипу виробу. 3D-моделі можуть створюватись вручну або автоматично, у тому числі за допомогою 3D-сканера.

Створення тривимірних моделей має низку переваг, серед яких [2]:

- можливість розгляду моделі з будь-якої точки;
- автоматична генерація основних і додаткових видів на площині;
- побудова перерізів на площині;
- реалістичне тонування;
- інженерний аналіз;
- витяг характеристик, необхідних для виробництва.

Є багато різних програм для 3D-моделювання. Розглянемо деякі з них. Blender – програма для 3D моделювання, включає в себе велику кількість розвинених інструментів створення графіки та підтримує скульптурне моделювання, об'єктний режим. У цій програмі є можливість створення 3D анімації і рендеринга, підтримуються векторні шрифти і графічні примітиви які здатні моделювання скульптур тривимірно. З переваг можливо виділити приємний інтерфейс програми, великий набір 3D ефектів, розвинені засоби моделювання комп'ютерної графіки, постійні оновлення від офіційного сайту, можливість зберігання всіх даних в один файл. Другою програму розглянемо AutoCAD – світовий лідер в області систем автоматизованого проектування, популярний серед архітекторів, інженерів і дизайнерів. Містить гнучкі і потужні інструменти для 2D і 3D моделювання. У Autodesk Autocad є потужні засоби тривимірного проектування можливість створення довільних форм, збереження робіт в різних форматах, великий вибір динамічних блоків, імпорт креслень з формату PDF, опція виведення на друк по 3D принтера, дозволяє працювати з декількома проєктами одночасно, параметричні креслення, підтримка шрифтів TrueType та гнучкі інструменти для створення документації до проєктів. З переваг також можливо виділити робочий простір з можливістю індивідуального налаштування, інтеграція з Microsoft Excel, потужний функціонал на тлі аналогів, комфортний процес проектування і креслення, стабільні оновлення від офіційного сайту Autodesk.

Також розглянемо один із аналогів у 3ds Max, який відкриває необмежені можливості для створення тривимірної графіки і анімації. Має можливість тонкої настройки джерел світла, спільної роботи над проєктом, управління властивостями матеріалів і об'єктів, широкий набір візуальних ефектів і фільтрів, вбудований конструктор розширених рейдерів, обробка фотореалістичних зображень, підтримується підключення плагінів і скриптів, потужні інструменти для роботи зі складними сценами, використання поверхонь Безье і фрагментів з високою роздільною здатністю, модуль Mental Ray для рендеринга і композитинга на високій швидкості. З переваг це підтримка полігонального моделювання, реалістичні ефекти з динамікою, настроюються одиниці виміру, величезна бібліотека матеріалів, симуляція води, вогню, диму, вітру і так далі, регулювання глибини і різкості зображення, просунуті механізми розрахунку фізики рухів, широке використання в сфері створення ігор, запуск одночасно декількох робочих процесів, отримання тривимірних моделей високої якості, автоматичні оновлення від офіційного сайту розробника.

*Приклад 3D моделювання існуючого креслення механізму наведення гармат.*

Досить часто 3D модель це креслення яке має можливості для креслення на прикладі програми Autodesk Autocad. Autocad має можливість побудови великі кількості примітивів, таких як відрізок, полілінія, круг, прямокутник, дуга

Розглянемо побудови простої 3D моделі 2-х шестерень за існуючим кресленням (рис. 1).

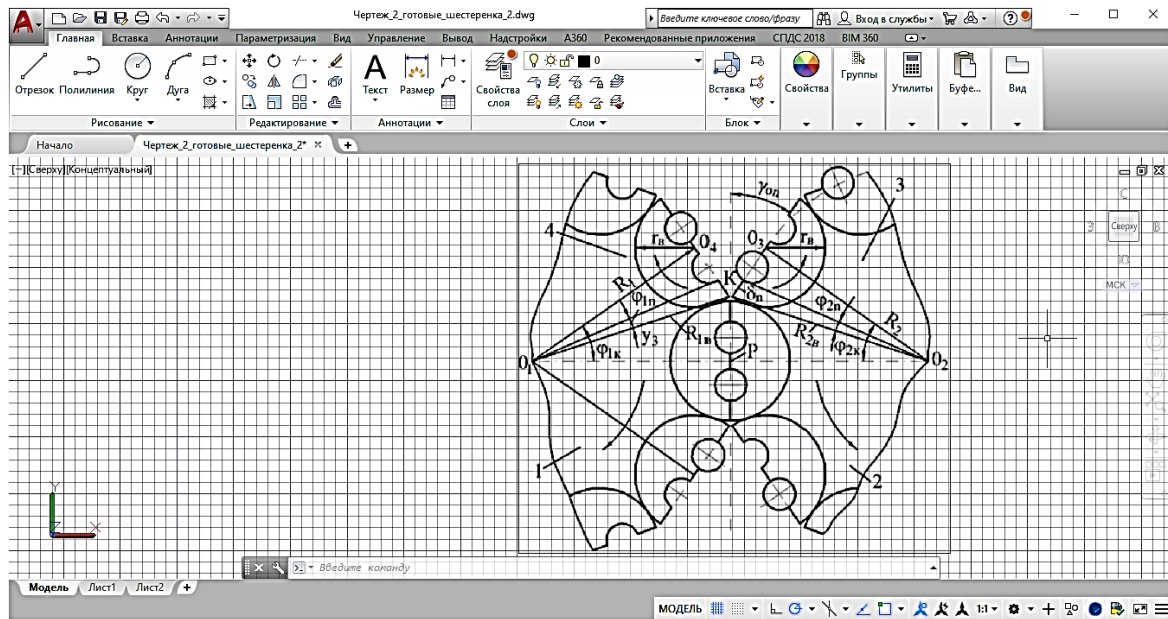


Рис. 1. Зубчастий механізм наведення (плоске зображення)

Розглянувши креслення почнемо побудову з центрального круга, для цього на панелі креслення виберемо круг, потім позначимо центр круга і напишемо радіус. Після цього отримаємо готовий круг с потрібним нам радіусом. Обидві шестерні мають по 12 сторін (рис.1), через що кожна наступна сторона знаходиться від попередньої під кутом в 30 градусів. Через що для побудови наступної сторони проводимо від нижньої частини круга 2 відрізка по радіусу під кутом в 30 градусів і так само відмічаємо 2 маленькі круги. Отримуємо чверть зубчастої шестерні механізму наведення (рис 2).

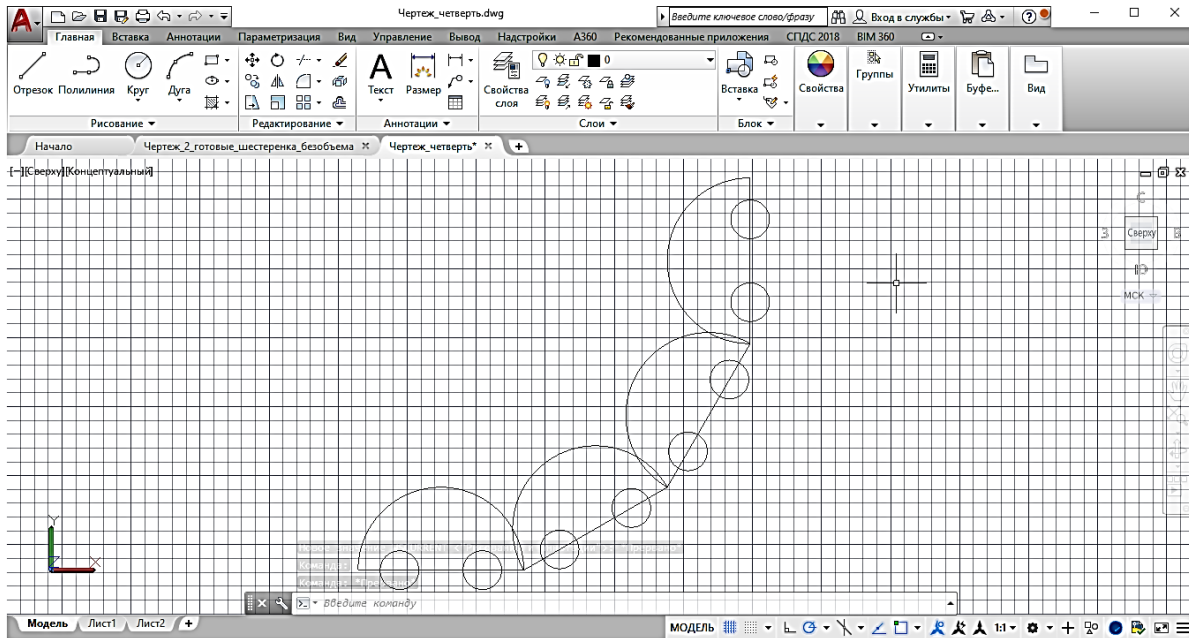


Рис. 2. Чверть зубчастої шестерні

Отримавши повну чверть зрозуміло (рис. 2), що інші чверті однакові і можливо скопіювати існуючу частину. Виділимо потрібні об'єкти, у нашому випадку все креслення, і потім позначимо лінію віддзеркалювання вибравши початок і кінець лінії. Після цих дій отримаємо половину шестерні, зробивши дзеркало ще раз на половині отримаємо повну шестерню (рис. 3).

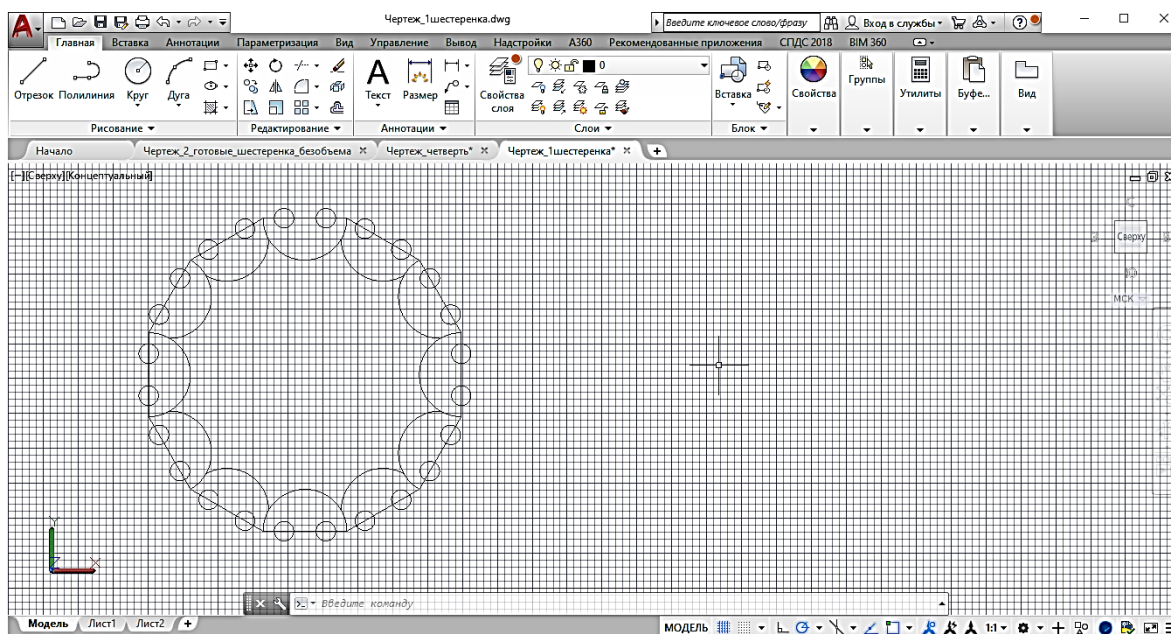


Рис. 3. Ціла шестерня

Потрібно отримати другу шестерню, робимо дзеркало повної шестерні. Після цих дій отримаємо повне креслення деталі (рис. 4).

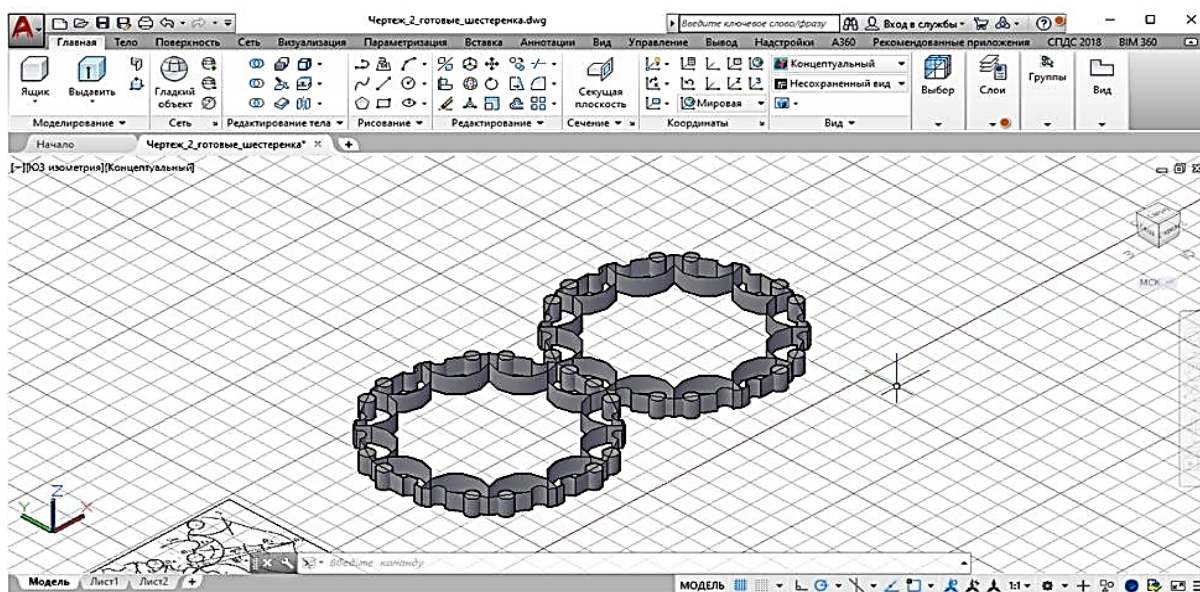


Рис. 4. Повне креслення зубчастого зачеплення механізму наведення

Далі для отримання 3d моделі потрібно замкнути всі фігури для правильного отримання 3d моделі. Для таких цілей використовується команда контур. Вибравши команду контур вибираємо всі фігури обравши будь-яку точку в центрі фігури. Після цього можливо отримати повну 3d модель за допомогою команди «видавить». Після вибору команди потрібно виділити повну все креслення і ввести висоту моделі, отримаємо готову 3d модель (рис. 5).

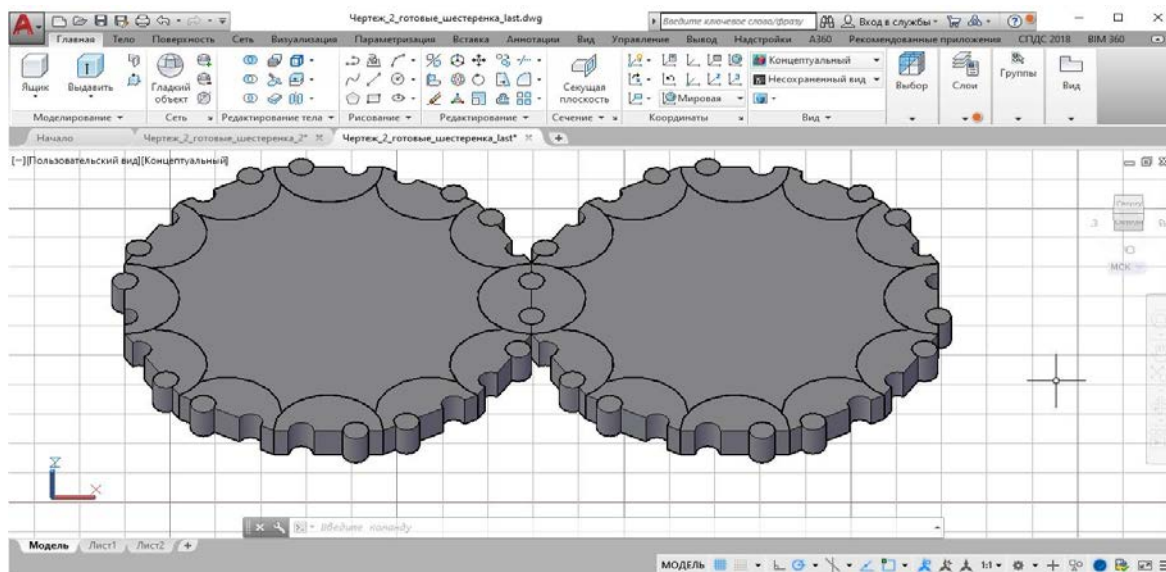


Рис. 5. Готова 3d модель

**Висновки.** В статті були розглянуті деякі програми для 3d моделювання. Проаналізувавши можливості програм біла обрана програма Autocad для моделювання і розглянутий приклад створення 3d моделі за існуючим кресленням зубчатої шестерні механізму наведення гармат з обзором основних команд і можливостей Autocad.

#### Список використаної літератури

1. Ванін В. В., Перевертун В. В., Наджернична Т. О. Комп'ютерна інженерна графіка в середовищі AutoCAD: навч. посібник. К.: Каравела, 2006. – 336 с.
2. Веселовська, Г. В., Ходаков В. Є., Веселовський В. М. Комп'ютерна графіка: навч. посібник для студентів вищих навчальних закладів. Херсон: ОЛДІ-плюс, 2011. – 584 с.

УДК 007.52:623.4

Рудичик А.,

Тригуб В.,

Беліков В., к.т.н., доц.

Військова академія (м. Одеса)

### ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ АВТОНОМНИХ ПЛАТФОРМ НАЗЕМНОЇ БОЙОВОЇ РОБОТИЗОВАНОЇ ТЕХНІКИ НАТО ЗБРОЙНИМИ СИЛАМИ УКРАЇНИ

У статті подано аналіз конструктивних особливостей само- і дистанційно керованих автономних платформ, що використовуються сухопутними військами країн НАТО в якості головного структурного елемента архітектури наземних модульних військових роботів бойового і спеціального призначення. Показано, що для досягнення максимального ефекту такі платформи повинні створюватися за модульними схемами з відкритою архітектурою. Принцип відкритої архітектури об'єкта, що має бути запроєктовано, забезпечує не тільки значну адаптивну варіативність конструкцій, а й досягнення максимальної тривалості строків їх фізичного і морального зносів. Наведені приклади конструктивних варіантів подібних платформ підвищеної прохідності мультимодального типу, які були запропоновані науковими співробітниками Військової академії (м. Одеса) та ЦНДІ ОВТ (м. Київ).

**Ключові слова:** наземні військові роботи, модульні транспортні платформи, відкрита архітектура платформ і роботів, автономні приводні модулі, опорно-приводні колеса, електрохімічні джерела енергії, літій-іонні акумулятори, паливні елементи, суперконденсатори.

**Постановка проблеми.** Відомо, що перехід до найсучасніших систем озброєння, військової та спеціальної техніки у всіх країнах високого військово-промислового і військово-технологічного потенціалів зараз проводиться в умовах обов'язкового впровадження в бойову практику військ

відповідних само- і дистанційно керованих роботизованих агрегатів і комплексів. До цих країн, безперечно, належить Україна, – одна з небагатьох країн світу, що володіє розвиненими сучасними авіа-, танко і суднобудуванням.

Разом з тим слід вказати на те, що, на жаль, до теперішнього часу в нашій країні відсутні роботизовані наземні системи озброєння, військової та спеціальної техніки, які могли б, нехай і в одиничних зразках, відповідати, а, тим більше, конкурувати з подібною технікою передових у військовому відношенні країн, до яких, в першу чергу, відносяться дружні нам країни НАТО.

Ця стаття показує, що в Україні вже є серйозний теоретичний наробок по темі, в якому беруть участь вчені нашої Академії. При цьому слід зазначити ту суттєву обставину, що стан виробничої бази українського військово-промислового комплексу в даний час цілком здатен забезпечити широкі можливості практичної реалізації технічних рішень, що вже досягнути в цьому напрямку фахівцями і оборонною промисловістю передових зарубіжних країн.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Хоча новітні зразки наземного роботизованого озброєння, військової і спеціальної техніки активно розробляються в багатьох зазначених вище країнах, проте особливої уваги тут заслуговують останні розробки відомої німецької фірми оборонного комплексу Rheinmetall RG з Дюссельдорфа з філіями в зарубіжних країнах [1].

Протягом двох останніх років співробітники цієї фірми спільно з розробниками її канадського філії, польськими та естонськими колегами представили на ринок значну кількість нових конструктивних модифікацій цієї техніки. Особливий інтерес її потенційних споживачів представляє серійна версія само- і дистанційно керованих наземних роботизованих транспортних агрегатів Mission Master, розробленого і виробленого Rheinmetall Canada [2, 3].

У 2019 Rheinmetall Canada в процесі передачі замовникам публічно показав у Відні перші нові зразки серійної системи Mission Master. Принципова відмінність цих само- і дистанційно керованих наземних роботизованих транспортних агрегатів Mission Master від вихідної моделі комерційної платформи полягає в повному переході від джерел енергії у вигляді бензинових ДВС до електричних силових агрегатів з електрохімічними джерелами енергоживлення.

Європейські та інші потенційні споживачі таких агрегатів безпілотного військового наземного транспорту UMGV (Unmanned Military Ground Vehicle) розглядають їх, в основному, як роботизовані бойові комплекси для безпосередньої підтримки солдатів, тобто хочуть мати автономні транспортні платформи супроводження для доставки і поповнення запасів, боєприпасів, рюкзаків особистого складу і евакуації поранених з поля бою.

У той же час в збройних силах країн Близького Сходу і Азії більш затребувані само- і дистанційно керовані наземні роботизовані платформи з ракетно-артилерійським озброєнням для безлюдного виконання вогневих завдань. При цьому, в обох випадках, UMGV розглядаються як витратні об'єкти, в зв'язку з чим їх вартість стає визначальним параметром при переговорах з потенційними армійськими споживачами.

Внаслідок цього Rheinmetall Canada дуже обережно використовувала систему зовнішнього бронювання і застосовувала її тільки в тих частинах конструкції, де це було життєво необхідно, тобто для захисту систем командування, управління і зв'язку.

Як вже було зазначено вище, одним з основоположних принципів запропонованого нами підходу до конструювання українських зразків подібних типів озброєння, бойової та спеціальної техніки, є створення їх за модульною схемою з відкритою архітектурою.

Те, що такі системи роботизованою військовою технікою проектується в даний час на основі модульних принципів побудови технічних систем, вже давно не викликає сумніву, так як модульні методики застосовується досить широко і кваліфіковано.

Принцип відкритої архітектури, вперше використаний фірмою ІВМ в процесі створення персональних комп'ютерів, починає застосовуватися в інших технічних системах тільки з самого недавнього часу.

Найбільш просте визначення принципу відкритої архітектури в застосуванні до комп'ютерної техніки та її використання полягає в тому, що це такий тип архітектури комп'ютера або архітектури програмного забезпечення, при якому користувач на основі певного базового набору функціональних блоків-модулів може самостійно доповнювати і змінювати функціонально-блоковий склад комп'ютера шляхом простого додавання, оновлення або заміни компонентів без порушень загальної функціональної завершеності системи в цілому [6].

При цьому в результаті проведення кожного такого простого додавання, оновлення або заміни компонентів, кінцевий інтегральний функціональний блок-модуль, яким стає система, перетворюється у блок-модуль вищого рівня складності в даному виді технічного продукту.

Аналіз цього визначення означає в застосуванні його до досліджуваних у цій статті само- і дистанційно керованих наземних роботизованих транспортних агрегатів, так само як і авіаційної та морської автономної бойової робототехніки, показує, що воно потребує суттєвого принципової коригування.

Це пояснюється тим, що в більшості випадків в технічному визначенні вже закладено суттєвий прогностичний потенціал, тобто воно дозволяє передбачити не лише нові конструктивні різновиди аналізованих об'єктів, але і можливі розширення їх експлуатаційних властивостей.

Так, наприклад, з визначення не випливає, що кожен елемент базового набору функціональних блоків-модулів також може мати модульну структуру, тобто розглядатися як функціональний блок-модуль більш високих рангів у порівнянні зі своїми елементарними функціональними блоками-модулями, що його утворюють, і, отже, також мати відкриту архітектуру.

Крім того, в той час, як просте механічне об'єднання інтегральних функціональних блоків-модулів в комп'ютерній техніці не надає системі нову якість, механічне об'єднання двох транспортних платформ за допомогою гнучких шарнірних зв'язків призводить до різкого якісного підвищення прохідності і маневреності, сприяючи зростанню живучості такої роботизованою бойової техніки.

З урахуванням зазначених вище міркувань, в наступному розділі авторами запропоновані відповідні конструктивні удосконалення само- і дистанційно керованих наземних роботизованих транспортних платформ Mission Master.

**Виклад основного матеріалу.** З урахуванням коректувань попереднього розділу, технічна сутність структурного принципу побудови технічних систем з відкритою архітектурою може бути визначена як спосіб поновлення і заміни морально і фізично застарілих функціональних блоків-модулів не тільки всій периферії комплексу, а й елементів, що входять в базовий набір інтегральних функціональних блоків-модулів вищого рівня модульності.

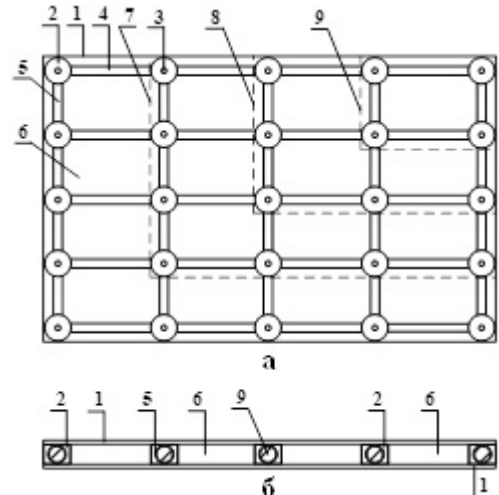
На основі застосування подібних методів удосконалення бойової техніки Збройних Сил України її розробники і виробники отримають можливість максимально швидкого впровадження у війська конструктивне нових лінійок само- і дистанційно керованих наземних транспортних платформ для систем роботизованого озброєння, військової і спеціальної техніки.

Про справедливості такого висновку свідчать міркування про вимоги до нових БПЛА типу Reaper авторитетного американського військового фахівця – директора служби спостереження і розвідки ВПС США бригадного генерала Джона Рауха. Він вважає, що сучасна швидкоплинна еволюція в технологіях по створенню перспективних безпілотників в кінцевому рахунку призведе до створення нових платформ, які з часом замінять навіть новітній Reaper [5].

Проектування на основі відкритої архітектури, на думку Дж. Рауха, «дозволить розробникам швидко інтегрувати до складу бойового комплексу нову зброю і технології, причому негайно в міру їх появи».

Модульна технологія конструювання військових само- і дистанційно керованих наземних роботизованих транспортних платформ заснована на тому, що головним елементом базового набору її функціональних блоків-модулів є верхня плоска площадка, на якій за допомогою механічних і магнітоелектричних фіксаторів жорстко або з можливістю зрушень і поворотів закріплені всі інші елементи базового і периферійного наборів інтегрального функціонального блоку-модуля вищого рівня складності. В цьому випадку принциповим моментом використання методу відкритої архітектури, запропонованим авторами статті, є застосування каркасно-модульної конструкції зазначеної верхньої плоскою майданчика на основі жорсткого сітчасто-вузлового каркаса АРМОД [7].

Приклад виконання конструктивної схеми прямокутного елемента жорсткого сітчасто-вузлового каркаса АРМОД представлений на рис. 1.



**Рис. 1.** Конструктивна схема прямокутного елемента жорсткого сітчасто-вузлового каркаса АРМОД з комірками з круглих прецизійних труб: а – вид зверху; б – вид збоку



Перехід до модульно-каркасного способу конструювання само- і дистанційно керованих наземних транспортних платформ для систем роботизованого озброєння, військової і спеціальної техніки, що розроблений і запропонований науковцями науково-дослідної лабораторії (інноваційних технологій і роботизованих комплексів) наукового Центру Військової академії (м. Одеса) та ЦНДІ ОВТ МО України (м. Київ) у 2020 році [7].

Каркасно-модульне проектування основних функціональних блоків-модулів зазначеної вище наземної бойової роботизованою техніки, що представляє собою одну з методик структурно-технологічного конструювання складних технічних об'єктів, побудовано на двох фундаментальних теоретичних обґрунтуваннях, а саме, – принципах математичної теорії симетрії та принципі пропорції [8-10].

Відомо, що математична теорія симетрії в найзагальнішому фізичному плані зіставляє структуру об'єктів з їх фізичними властивостями. Так, з узагальнення принципу Неймана-Міннегероде-Кюрі (МНК) на фізичні властивості технічних об'єктів, слід, що групи симетрії останніх визначають групи симетрії їх фізичних властивостей [8].

Принцип пропорції, який розуміється в даному в справжніх матеріалах випадку, як рівне, однакове, однорідне зміна мірності, свідчить про динаміку структурних змін досліджуваних тут технічних об'єктів в особі агрегатів наземної бойової роботизованою техніки [9; 10].

Суттєвим доповненням до двох зазначених вище принципів моментів є використання приписів Державного стандарту ГОСТ 8032-84 – Переважні числа і ряди переважних чисел. Відповідно до ГОСТ 8032-84 співвідношення між основними модульними лінійними розмірами, а саме, довжиною  $L_{\text{пл}}$  і шириною  $B_{\text{пл}}$  досліджуваного в справжніх матеріалах головного функціонального блоку-модуля платформ багатофункціональних рухомих наземних військових роботизованих агрегатів і установок – верхнього плоского елемента вибрано на основі принципу «золотого перетину» (ЗП), тобто

$$\frac{L_{\text{пл}}}{B_{\text{пл}}} = 1,618 \quad (1)$$

Висока механічна жорсткість цього конструктивного агрегату забезпечена завдяки застосуванню одно- або двоплощинного модульного трубчастого каркаса, конструкція якого спільно розроблена науковими співробітниками Військової академії (м. Одеса) та ЦНДІ ОВТ (м. Київ) [7].

Функціональними блоками-модулями нижчого, нульового рівня тут є мірні відрізки прецизійних міцних тонкостінних труб металевих або композитних труб 4 і 5 круглого або прямокутного профілів і замкові елементи 2 з отворами 3 для болтів кріплення, яких на малюнку 5 не вказано. Показані на малюнку 5 мірні відрізки прецизійних труб 4 і 5 мають один і той же круглий поперечний переріз. Вони виконані в двох типорозмірах, відносини довжин яких повинні повністю відповідати формулі (1). Представлений на малюнку 5 прямокутний елемент жорсткого сітчасто-вузлового каркаса АРМОД складається з плоских сітчастих елементів-комірців 6, причому їх сторони 4 і 5 утворені жорсткими прямолінійними стрижнями-модулями, закріплені в його модульних вузлах-замках 2, які, в свою чергу, жорстко закріплені за допомогою болтових з'єднань з однієї або двох сторін на плоских суцільних листових монтажних функціональних блоках-модулях 1 першого рівня.

Відповідно до принципів модульного конструювання технічних об'єктів, викладеними в [11; 12], жорсткі прямолінійні стрижні 4 і 5, що утворюють сторони комірців 6 каркасу, визначаються як функціональні блоки-модулі самого нижчого, елементарного – нульового рівня. До такого ж, елементарного, нульового рівня слід віднести вузли-замки 2. Таким чином, сітчасті конструктиви каркасу, що утворюють комплект прямолінійних стрижнів-сторін 4 і 5 комірців і складових вузлів-замків 2 фіксації кінців стрижнів-сторін комірців 6, являють собою збірні функціональні блоки-модулі першого рівня.

Очевидно, що в зазначеному випадку каркас АРМОД повинен розглядатися вже як функціональний блок-модуль другого рівня.

Якщо комірці жорсткого сітчасто-вузлового каркаса АРМОД мають прямокутну в плані форму, то ставлення довжин модульних стрижнів-боків уздовж координатних осей  $X$  і  $Y$  –  $\frac{l_x}{l_y}$  запропоновано зробити рівним  $\frac{l_x}{l_y} = 1,618$ , –що відповідає пропорції золотого перетину (ЗС) [9, 10]. Як показано у [9; 10], ця пропорція забезпечує високий рівень структурної і функціональної досконалості комбінації цілого і його частин в науці, техніці і природі. У нашому конкретному випадку, пропорція ЗС забезпечує економію вихідних матеріалів при кадруванні формату комірців 6 каркаса АРМОД у зазначеній

пропорції, підвищує ергономічність технічного об'єкта, обладнаного таким каркасом, що не тільки знижує рівень виробничих і експлуатаційних витрат запропонованого військового об'єкта в цілому, а й збільшує його живучість на полі бою.

Відповідно до основоположних принципів математичної теорії симетрії заповнення площини рівними фігурами без пропусків і проміжків можливо виключно на основі багатокутних геометричних фігур-комірців, які назвалися паралелономами. Найпростіші комірці-паралелонони можуть мати тільки два види – прямокутників і правильних шестикутників. Останні використовуються в тих випадках, коли в сітчасто-вузлових каркасах необхідно виконати круговий отвір для установки баштових елементів озброєння платформ [7].

Наявність жорсткого модульного каркасу, комірці якого утворені порожнистими прецизійними трубчастими елементами дозволяє розміщувати у внутрішніх порожнинах сторін комірців 6 акумуляторні джерела електроенергії, виконані у вигляді циліндричних функціональних блоків-модулів. Це не тільки забезпечує високий рівень їх механічної захищеності від зовнішніх впливів, але і сприяє гарному тепловідведення при роботі батареї під навантаженням. На додаток до цього досягається зниження загальної маси акумуляторів, які встановлюються безпосередньо всередині комірців 6 каркасу. Очевидно, що трубчасті прецизійні стрижні 4 і 5 прямокутних комірців 6 каркасу з розміщеними в них електрохімічними акумуляторними джерелами електроживлення переходять з нульового рівня модульності на перший, підвищуючи, в свою чергу, на один щабель рівень інтегральної модульності конструктиву платформи.

Проведемо розрахунок величини електроенергії, яка може бути накопичена в акумуляторах труб каркаса платформи, що має габарити

$$L_{\text{КР}} = 2400 \text{ мм}; B_{\text{КР}} = 1500 \text{ мм.}$$

Внутрішній діаметр зазначених труб покладемо рівним  $d_{\text{ТР}} = 40 \text{ мм}$  при товщині стінки  $\Delta_{\text{СТ}} = 3 \text{ мм}$ .

Сумарні довжини труб для розміщення акумуляторів по координатним осях X і Y розраховуються за формулами

$$l_{\text{ХС}} = N_{\text{Х}} l_{\text{Х}} = 20 \times 520 = 10400 \text{ мм} = 104 \text{ дм} \quad (2)$$

$$l_{\text{YS}} = N_{\text{Y}} l_{\text{Y}} = 20 \times 300 = 6000 \text{ мм} = 60 \text{ дм} \quad (3)$$

Сумарна довжина всіх труб по обидва координатними осями

$$L_{\text{ХYS}} = l_{\text{ХС}} + l_{\text{YS}} = 104 + 60 = 164 \text{ дм} \quad (4)$$

Розрахунковий сумарний внутрішній обсяг труб каркаса для розміщення циліндричних акумуляторів

$$V_{\text{ТРС}} = \frac{\pi}{4} L_{\text{ХYS}} l_{\text{Х}} d_{\text{ТР}}^2 = 0,785 \times 164 \times 0,4^2 = 20,6 \text{ дм}^3 \quad (5)$$

Таблиця 1

Питомі показники енергетичного потенціалу сучасних літій-іонних акумуляторних батареї на основі літію

Тип АК батареї	Літій-метал (вогнебезпечна)	Літій-іонна з вуглецевим анодом (безпечна)	Літій-іонна з силікон- композитним анодом (безпечна)	Літій-іонна з зверхтонким літійсвим анодом и твердим електролітом (максимально безпечна)
кВтгод/кг	0,1—0,2	0,20—0,25	0,25—0,30	0,4—0,5
кВтгод/дм <sup>3</sup>	0,2—0,3	0,6	0,7	1,2

На основі даних таблиці 1 отримуємо, що розрахункові значення кількостей електроенергії, які здатні накопичити кожна з трьох останніх модифікацій літій-іонних акумуляторів, відповідно складають: (12,4; 14,4; 24,7) кВтгод.

Згідно з наявними відомостями, в даний час створені і масово виробляються широкорегульовані електричні двигуни постійного струму з неодимовими постійними магнітами з рекордно високими масогабаритними показниками. Ціна цих двигунів в комплекті з малогабаритними перетворювачами і

необхідними датчиками не перевищує \$300 за трьохкіловаттний двигун. При цьому маса самого двигуна знаходиться в межах трьох кг. Розрахункова сумарна маса кожного з чотирьох автономних тягових функціональних блоків-модулів для платформи вантажопідйомністю від 300 до 600 кг становить 60 кг. Розрахункова сумарна маса платформи дорівнює 520 кг. Разом з масою вантажопідйомності — до 1120 кг. При русі по рівній дорозі з розрахунковою швидкістю 30 км / год (8,33 м / с) і коефіцієнті тертя 0,05 (підшипники кочення) розрахункова потужність дорівнює

$$P_2 = G_{\text{пл}} g f v = 1120 \times 9,81 \times 0,05 \times 8,33 = 4,6 \text{ кВт} \quad (6)$$

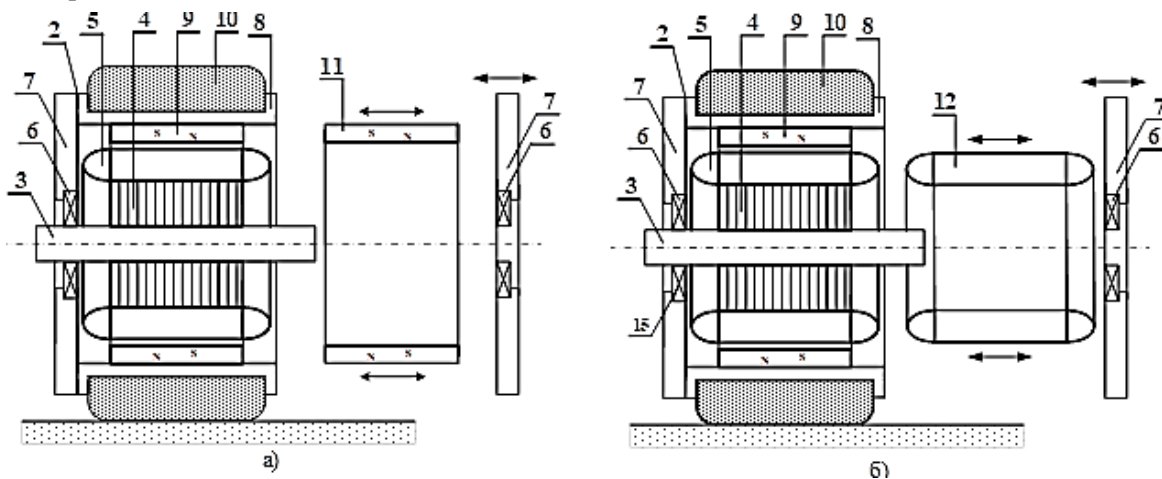
Електрична енергія, що витрачається протягом однієї години, складе

$$W_{\text{пл}} = P_2 t = 4,6 \times 1,0 = 4,6 \text{ кВтч} \quad (7)$$

Максимальний запас електричної енергії в літій-іонних акумуляторах, розміщених тільки в трубах одноплосинного каркаса платформи, згідно з даними таблиці 1, дорівнює 24,7 кВтгод.

При русі вгору під кутом 12 градусів до горизонту величина розрахункової потужності складе 23,6 кВт, що при тій же швидкості протягом години зажадає витрати 23,6 кВтгод електричної енергії.

Другим характерним прикладом використання модульних методів конструювання на основі принципу відкритої архітектури, що запропонований в цій статті для технічних об'єктів типу бойових роботизованих платформ, є конструктивне виконання вбудованих в обіддя опорно-приводних коліс широкорегульованих тягових електродвигунів оберненого типу з високоенергетичними постійними магнітами для створення основного магнітного поля збудження. В цьому випадку з'являється можливість реалізації зміни параметрів двигунів на основі заміни функціональних блоків-модулів нижчого рівня.



**Рис. 2.** Приклади заміни функціональних блоків-модулів у вбудованих в обіддя опорно-приводних коліс звернених тягових електричних двигунів безпосереднього, прямого приводу:

- а) заміна блоків-модулів постійних магнітів порушення основного магнітного поля;
- б) заміна блоків-модулів якорної обмотки управління на статорі двигуна

Тяговий електродвигун електромеханічного повнопривідного рушія модульної платформи, що вбудоване в обід 8 опорно-привідного колеса 2, змонтований на його нерухомому валу 3. На ньому жорстко закріплений феромагнітний магнітопровід 4, який несе змінний функціональний блок-модуль 5 з якорної обмоткою 5 керування. Остання з допомогою підвідних провідників підключена до джерела електроенергії через її перетворювач, які на малюнку 6 не показані. На підшипниках кочення 6 встановлені суцільні бічні кришки 7 коліс 2, що забезпечують герметизацію внутрішньої порожнини приводного двигуна. На бічних кришках 7 жорсткого феромагнітного обідю 8 опорно-привідного колеса 2 на ковзній посадці фіксований циліндричний змінний функціональний блок-модуль 9 постійних високоенергетичних магнітів створення основного магнітного потоку. В даний час завжди в широкому асортименті габаритів є високоенергетичні постійні магніти з магнітними індукціями (0,33; 0,85-0,95; 1,0-1,2) Тл для ферит-барієвих і ферит-стронцієвих магнітів, самарій-кобальтових магнітів і магнітів в композиції залізо-неодим-бор, відповідно. Змінний блок постійних магнітів позначений позицією 11.

На малюнку 6 б показана технологія заміни функціонального блоку-модулю 5 якорної обмотки змінним функціональним блоком-модулем 12.

Прості розрахунки показують, що на основі трьох взаємозамінних блоків-модулів 11 постійних магнітів і, відповідно, трьох взаємозамінних блоків-модулів 12 якірної обмотки можна отримати дев'ять варіантів вбудованих приводних двигунів опорно-приводних коліс автономних тягових модулів рушія само- і дистанційно керованої бойовий роботизованою платформою.

**Висновки.** Модульна методика конструювання технічних систем на основі принципу відкритої архітектури набуває особливу специфіку в ході її використання для створення і практичної експлуатації військових само- і дистанційно керованих роботизованих платформ сучасних систем озброєння, військової і спеціальної техніки в екстремальній бойовій обстановці.

Ці особливості полягають в тому, що основний конструктив платформи і всі сполучні механічні вузли фіксації виконані з порожнистих трубчастих елементів, що представляють собою найпростіші модулі нульового рівня. Крім виконання функцій жорстких складових частин структури осередків каркасів ці елементи необхідно використовувати в якості контейнерів електрохімічних акумуляторів або швидкозарядних конденсаторів великої ємності; функціональні блоки-модулі платформи подібних систем озброєння, військової і спеціальної техніки повинні розроблятися як повністю автономні конструктиви з потенційною можливістю їх самостійної експлуатації; кожен функціональний блок-модуль повинен володіти мінімально можливим числом зв'язків для з'єднання з іншими функціональними блоками-модулями; жорстке кількісне обмеження номенклатури функціональних блоків-модулів військових само- і дистанційно керованих роботизованих платформ має гарантувати реалізацію такого безлічі компоновальних варіантів їх платформ, яке максимально відповідає різноманіттю їх бойових та спеціальних завдань; принцип відкритої архітектури військових технічних об'єктів допускає монтаж інтегральних функціональних блоків-модулів модульних платформ сучасних роботизованих систем озброєння, військової і спеціальної техніки з наявного числа функціональних блоків-модулів в місцях безпосереднього зіткнення з противником, повинен проводитися технічним персоналом середньої ланки.

Тягові двигуни багатофункціональних платформ сучасних роботизованих систем озброєння, військової і спеціальної техніки повинні бути забезпечені автономними компонентами блоків тягових рушіїв зі здвоєними опорно-приводними колесами. Приводні електродвигуни зверненого виконання вбудовані в обіддя цих коліс.

Постійні магніти високої енергії в приводних двигунах, забезпечують можливість їх переважання по моменту і струму, в 8-10 разів перевищують їх номінальні значення. Обладнані такими рушіями платформи незамінні при необхідності їх руху в найважчих умовах бездоріжжя і подолання серйозних дорожніх перешкод.

Нові принципи створення мультимодальної транспортної техніки дозволяють обладнати багатофункціональні платформи сучасних роботизованих систем озброєння, військової і спеціальної техніки мультикоптерами або іншими апаратами подібного типу для виконання, крім власних, безпосередніх тягових функцій.

#### **Список використаної літератури**

1. Rheinmetall RG. [Електронний ресурс]. Режим доступу [www.reinmetall.rg.com](http://www.reinmetall.rg.com)
2. Немцы показали своих боевых роботов в деле. [Електронний ресурс]. Режим доступу [warspot.ru](http://warspot.ru)
3. Rheinmetall Unvelis its New Miffion Master — Armed. [Електронний ресурс]. Режим доступу [www.defenseworld.net](http://www.defenseworld.net)> news
4. Армия США получит дроны для доставки бойцам боеприпасов на поле боя. [Електронний ресурс]. [www.aerodigest.ru](http://www.aerodigest.ru) > 2021/01
5. «Мрачный жнец» с открытой архитектурой – ВПК.name. [Електронний ресурс]. [Vpk/name](http://Vpk/name) > Новые разработки
6. Что такое открытая архитектура ИВМ. [Електронний ресурс]. [on-line-teaching.com](http://on-line-teaching.com) > 03\_IVM\_architectura
7. Жорсткий сітчасто-вузловий каркас АРМОД – базовий конструктивний елемент систем модульного бронювання бронетанкового озброєння і техніки, і само- і дистанційно керованих багатофункціональних платформ наземних бойових роботів// Патент України № 145747 від 28.12.2020 р., Бюл. № 24. – Беліков В.Т., Гуляк О.В., Чепков І.Б., Яглінський В.П., Гончарук А.А., Ковалішин С.С., Давидовський Л.С.
8. Шубников А.В., Кошпик В.А. Симметрия в науке и искусстве. – Москва: Наука, 1972. – 340 с.; ил.
9. Шевелев И.Ш. Принцип пропорции. – Москва: Стройиздат, 1986, – 200 с., ил.

10. Шевелев И. Ш., Марутаев М. А., Шмелёв И. П. *Золотое сечение: Три взгляда на природу гармонии.* — Москва: Стройиздат, 1990. — 343 с.; ил.

11. Верховятницкий Л.Д., Латинский В.С. *Справочник по модульному конструированию радиоэлектронной аппаратуры.* — Ленинград: Судостроение, 1983, — 232 с., ил.

12. Аверьянов О.И. *Модульный принцип построения станков с ЧПУ.* — Москва: Машиностроение, 1987, — 232 с., ил.

УДК 623.462.12

Собко М.,

Босній О.

Військова академія (м. Одеса)

### РОЗРОБКА ВИМОГ ДО БАЛІСТИЧНИХ РАКЕТ КЛАСУ «ЗЕМЛЯ-ЗЕМЛЯ» З ДАЛЬНІСТЮ ДІЇ ДО 150 КІЛОМЕТРІВ

В статті розглянуто сучасні технічні потреби до проектування тактичних ракет та їх методи вдосконалення, а також розглянуто переваги та недоліки різних типів балістичних ракет, які використовуються в різних провідних країнах. Також в статті розглянуто умови експлуатації та доцільність використання тактичних ракет в сучасних реаліях ведення бойових дій. Запропоновано напрямки розробки та впровадження тактичних ракет для використання в Збройних Силах України.

**Ключові слова:** балістична 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.

**Мета статті.** Незважаючи на наявність розробок, проблема підвищення ефективності розробок 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.** Для початку нам необхідно розглянути класифікацію балістичних ракет. За типом керування, ракети поділяються на керовані балістичні ракети та некеровані балістичні ракети.

Керованою балістичною ракетою називається безпілотний літальний апарат, обладнаний ракетним двигуном та 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 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 150 км. В операціях вони використовуються в інтересах оперативних командувань. Оперативно-тактичні ракети мають дальність пуску до декількох сотень кілометрів. Ці ракети застосовують в інтересах великих військових з'єднань. Стратегічні ракети мають дальність пуску від декількох сотень до декількох тисяч кілометрів та застосовуються у випадках крайньої необхідності з метою враження цілей поза межами території країни.

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;

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.

В комбінованої СУ, поряд з автономною інерційною СУ, використовується GPS. Система управляє польотом ракети за допомогою системи глобального позиціонування, що надходять з супутникових ретрансляторів. У разі відмови автономної інерційної СУ, політ забезпечує система управління за допомогою GPS, але точність ураження при цьому дещо зменшується.

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, що пред'являються до ракети, визначають її основні характеристики: дальність пуску, могутність дії у цілі і надійність.

Дальність пуску. Виходячи із завдань, виконуваних тактичними ракетами, діапазон їхньої дальності пусків, має бути до 150 кілометрів.

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.

Ракети призначені для доставки в район цілі БЧ, що мають різні бойові заряди. Вражаючими факторами таких 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 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 цілі 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 цілі можна знищити однією ракетою з самонавідними бойовими елементами. Однак наявні в даний час ракети мають досить велике розсіювання, у зв'язку з чим запитана 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 заводських випробувань.

Збереження бойового заряду в польоті, і безвідмовне спрацьовування підіривників гарантує його надійну 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%.

Також необхідно розглянути ряд характеристик, які необхідно враховувати під час експлуатації тактичних ракет. До них входять: експлуатаційні вимоги; час на підготовку до пуску; уніфікація ракет і наземного устаткування; умови транспортування; метрологічні умови застосування; фізико-географічні умови застосування; виробничо-економічні вимоги; вибір та обґрунтування схеми ракети.

Під експлуатаційними розуміють вимоги, які забезпечують збереженість ракети при транспортуванні, зберіганні, а також дозволяють здійснити надійний пуск ракети у заданому режимі та часу.

Вимогу мінімального часу на підготовку до пуску важко недооцінювати. Виконання цієї вимоги забезпечує постійну бойову готовність.

Уніфікація ракет і наземного обладнання включає те, щоб конструкція ракет дозволяла робити пуск з установок як можна більшого типу. Виконання цієї вимоги має забезпечити надійний пуск ракети.

Транспортабельність ракет і ракетного комплексу в цілому має бути високою. Вона залежить від розмірів ракети, її маси і міцності, чутливості елементів ракети до тряскі 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 засобів та перевантажувальних пристроїв (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 герметизації 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 пристосованість 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.

Ракетний комплекс повинен функціонувати за будь-яких реально можливих метеорологічних умовах. 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 схеми ракети передбачає вирішення таких завдань: вибір типу двигуна; вибір типу старту; вибір конструктивно-компонувальної схеми; вибір конструкційних 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 перевагами: 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 взаємодії ракети з напрямною. Крім того, тип старту в значній мірі зумовлює значення початкового тягоозброєння. При похилому старті тягоозброєність двигуна повинна бути більше, ніж при вертикальному старті.

Для проектованої ракети доцільно вибрати вертикальний старт, оскільки дальність пуску становить 150 км, звідки напрашується висновок про те, що маса ракети що проектується буде незначною.

**Висновки.** В статті було розглянуто вимоги до тактичних ракет, які 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.М. д.т.н., проф., заслужений діяч науки і техніки України.

**Рецензент:** Кнауб Л. д.т.н., проф., Військова академія (м. Одеса)



УДК 623.41+629.064.3

Соколов О.,

Умінський С., к.і.м., доц.

Військова академія (м. Одеса)

## РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЙ ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ДЕТАЛЕЙ ГІДРАВЛІЧНИХ СИСТЕМ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТАЛООРГАНІЧНИХ СПОЛУК

*Створення та впровадження в ремонтне виробництво високоефективних процесів відновлення і зміцнення деталей дозволить вирішити проблему забезпеченості запасними частинами, підвищити надійність вузлів гідроприводу в цілому. З метою забезпечення високих показників при експлуатації гідрофікованих машин, необхідно вирішувати проблему відновлення зношених деталей з одночасним підвищенням експлуатаційних властивостей відновлюваних поверхонь.*

**Ключові слова:** *гідроциліндри, хімічна парофазна металоорганічна металоорганічні сполуки, метод хімічного газофазного осадження, карбідохромові покриття.*

**Постановка проблеми.** Розробляемі технології повинні відрізнятися низькою енергоємністю, малими капітальними вкладеннями на реалізацію впровадження і високою ефективністю з точки зору зміцнення відновлюваних поверхонь.

До прецизійних пар відносяться різноманітні за конструкцією і функціональністю рухливі вузли, виконані з дотриманням високої точності геометричних параметрів. Ці вузли виконують функції чутливих елементів в механізмах автоматичного регулювання тиску і витрати рідини, а також витіснювальних елементів в силових пристроях.

Виклад основного матеріалу. Основними вимогами, що пред'являються до прецизійних пар і визначальними є їх працездатність, висока стабільність малих сил тертя і хороша герметичність, тобто наявність мінімальних, що не змінюються в процесі роботи витоків робочої рідини через зазори між деталями. Ці вимоги забезпечуються високою якістю поверхонь, елементів що сполучаються. Одним з найбільш навантажених вузлів гідроприводу є гідроциліндри робочого обладнання, при цьому технічний стан зазначених вузлів визначає не тільки екологічність і ефективність експлуатації техніки, а й ресурс всіх агрегатів приводу в цілому. Це пов'язано з тим, що штоки гідроциліндрів, маючи значний хід і взаємодіючи періодично з зовнішнім середовищем, сприяють проникненню забруднень в робочу рідину [2;3]. Порушення працездатності гідроциліндрів пов'язано з впливом на них різноманітних факторів, що призводять до зносу, деформацій, корозії або інших видів ушкодження робочих поверхонь деталей. Близько 70% несправностей пов'язано з впливом на робочі поверхні абразивних частинок, які, перебуваючи у робочій рідині або проникаючи в гідроциліндр через ущільнювачі, каталізують процес зношування. При цьому основні відмови агрегатів є наслідком виникнення ризиків на робочих поверхнях штоків, різноманітних пошкоджень елементів ущільнювачів і зношування напрямних втулок [2;3]. Наявність дефектів, слідів корозії та абразивного зношування на поверхні значно прискорює процес руйнування ущільнень. З метою збільшення ресурсу ущільнень гідроциліндрів необхідно застосовувати при їх виробництві якісні матеріали та максимально знизити швидкість зношування поверхонь напрямних втулок і штоків.

Аналіз робіт, присвячених дослідженням процесу руйнування деталей гідроциліндрів, свідчить про те, що основною причиною руйнування поверхонь штоків і напрямних втулок є абразивне, корозійно-механічне і утомлююче зношування. При цьому найбільш інтенсивно протікає процес абразивного зношування. Основними причинами активації процесу абразивного зношування є підвищена запиленість повітря, забруднення робочої рідини і недостатня поверхнева твердість деталей. Причиною руйнування поверхонь деталей рухливих сполучень є абразивне зношування, викликане забрудненнями робочої рідини. Основним компонентом маси, що забруднює робочу рідину, є кварцовий пил (твердість кварцового пилу (11 000 МПа) значно перевершує поверхневу твердість основних деталей, яка знаходиться в межах 7 500 МПа). Застосовувані сьогодні в способи поверхневого зміцнення не можуть забезпечити високу стійкість до дії абразивних частинок. Для отримання високих значень зносостійкості мікротвердість деталей повинна бути близька до 17-000 МПа. Найбільш перспективним способом в області отримання поверхонь із заданими фізичними і механічними властивостями є CVD-метод металоорганічних з'єднань. Даний спосіб дозволяє з мінімальними витратами реалізувати процес отримання різноманітних по фізичних, хімічних і механічних властивостей функціональних покриттів [3;4].

Хімічна парофазна металізація (CVD-метод) це процес отримання металевих покриттів шляхом розкладання певних хімічних речовин на нагрітої підкладці. До речовин, здатних виділяти чисті метали під дією певного виду енергії, відносяться металоорганічні сполуки (наприклад, карбоніли, що мають зв'язок метал-вуглець), а також певні неорганічні сполуки (наприклад, галогени) [3, 4]. Рівень сучасного розвитку хімії металоорганічних сполук (МОС), дає можливість отримувати широку гаму різних за хімічним складом і властивостями функціональних CVD-покриттів. При порівнянні CVD-процесу з іншими методами отримання металевих покриттів: з гальванічним осадженням, лазерним та газопорошковим наплавленням, дифузійною металізацією, плазмовим і газополуменевим напиленням, і ін., можна виділити наступні переваги: висока щільність покриттів, яка забезпечується специфічним механізмом формування шару (при розкладанні МОС атоми металу шикуються впритул один до одного, створюючи матеріал, який має практично теоретичну щільність); можливість отримання покриттів з високими значеннями поверхневої твердості (до 32 000 МПа); можливість металізації деталей, що мають складну форму, що забезпечується рівномірністю розподілу концентрації парів МОС в обсязі реакційної камери; швидкість формування покриттів, до 10 мкм / хв; порівняно низькі температурні режими металізації (від 70 до 650°C); можливість отримання покриттів на неметалевих матеріалах (пластмасах, кераміці, гумі та ін.); висока чистота одержуваної поверхні ( $R_a$  в межах від 2,5 до 0,32 мкм); відносно висока міцність зчеплення покриття з підкладкою, яка досягає 260 МПа; екологічність процесу (процес може бути реалізований в замкнутому циклі); висока рівномірність формування шару (при утворенні покриттів металізуюча поверхня знаходиться в обсязі газової суміші, що містить пари МОС, молекули якого безперервно переміщуються в обсязі реакційної камери і вступають у взаємодію з усіма поверхнями підкладки, що володіють необхідною температурою для розкладання даного МОС) [3, 4].

Для отримання карбідохромових покриттів, що мають високу міцність зчеплення (до 110 МПа), необхідно в якості попередньої обробки підкладки застосовувати шліфування з чистотою поверхні  $R_a = 1,25$  мкм, крім того, формування початкового шару покриття (перші 1-10 нм) необхідно виконувати при температурі підкладки, що дорівнює 400°C, далі температура може бути знижена. Величина залишкових напружень в покриттях зростає зі збільшенням температури процесу і товщини одержуваного шару. Покриття з мінімальними (менше 5МПа) значеннями внутрішніх залишкових напружень формуються в діапазоні температур від 200 до 300°C. Оптимальні співвідношення факторів для нанесення зносостійких карбідохромових покриттів на деталях гідравлічних систем наступні: температура МОС 60°C; температура деталі від 200 до 250°C. При нанесенні одношарового CVD-покриття потрібно нанесення хромового підслою (товщиною 1 – 5 мкм) при температурі підкладки 400°C і температурі МОС 40°C. При нанесенні багатшарових CVD-покриттів (наприклад нікель-карбідохромових або нікель-залізо-карбідохромових) в одному процесі, роль адгезійного підшару виконує перший шар покриття.

#### **Висновки.**

1. Ефективним напрямком в області відновлення і зміцнення деталей гідравлічних систем є метод хімічного газофазного осадження карбідохромових покриттів і комплексних покриттів типу нікель-залізо-карбід хрому.

2. Для отримання високої міцності зчеплення покриття з підкладкою (90-110 МПа), перед металізацією необхідно виконувати спеціальну підготовку поверхні, яка полягає в механічній обробці (шліфування) із забезпеченням 7 класу чистоти ( $R_a1,25$ ) з подальшим хімічним травленням деталей в 10% розчині сірчаної кислоти (температура 70 ° C), промиванням у гарячій (60-70 ° C), і холодній воді. Після чого деталі просушують, монтується на навішення і протягом однієї години поміщаються в реакційну камеру для нанесення покриття.

3. Відновлення деталей, що мають значний знос (при необхідності нанесення покриття з товщиною більше 0,1 мм), доцільно виконувати із застосуванням багатшарових покриттів, при цьому на початковому етапі необхідно використовувати дешеві реагенти на основі нікелю і заліза (для відновлення основної геометрії), а завершальний карбідохромовий шар (товщиною 35-45мкм) забезпечить необхідні експлуатаційні властивості.

#### **Список використаних джерел**

1. Орлов Б.В. Пристрої і проектування стволів артилерійських знарядь / Б.В. Орлов, Е.К Ларман, В.Г. Маліков. – М.: Машинобудування, 1976. – 432 с.

2. Бахтіаров, Н. І. Підвищення надійності роботи прецизійних пар / Н. І. Бахтіаров, В. Є. Логінов, Н. І. Лихачов. – М.: Машинобудування, 1985. – 286 с.

3. Крагельський, І.В. *Основи розрахунків на тертя і знос* / І.В. Крагельський, М.Н. Добичін, В.С. Комбалу. – М.: Машинобудування, 1977. – 526 с.: Ил.

4. Козирева, Л.В. *Застосування CVD-методу металоорганічних сполук нікелю при створенні композиційних матеріалів і покриттів* / В.В. Козирев, Л.В. Козирева, М.М. Чупятюв. // *Технологія машинобудування*. – 2008. – №2 (68). – С. 5-8.

УДК 623.437.4

Суханюк М.

Військова академія (м. Одеса)

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЦИЛІНДРО-ПОРШНЕВОЇ ГРУПИ ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ

Значення коефіцієнта корисної дії (ККД) двигуна внутрішнього згорання повністю залежить від його типу і конкретної конструкції. Загальна світова практика автомобілебудування спрямована на підвищення якісних показників використання будь-якого ДВЗ, а завдання дослідження пов'язане з унікальними за змістом напрямками модернізації для підвищення ККД конкретного двигуна автомобіля, який перебуває зараз в експлуатації і потребує модернізації. Тому дослідження елементів модернізації циліндро-поршневої групи цього двигуна внутрішнього згорання є актуальним.

**Ключові слова:** двигун, поршень, клапани, коефіцієнт корисної дії.

**Постановка завдання.** Розробити заходи, щодо модернізації двигуна внутрішнього згорання для підвищення якості його використання.

**Мета статті:** полягає у дослідженні згідно з планом наукової роботи, можливі заходи по підвищенню коефіцієнта корисної дії двигуна внутрішнього згорання шляхом модернізації циліндро-поршневої групи. В статті необхідно розробити зміст заходів для модернізації двигуна внутрішнього згорання, з метою підвищення потужності поршневого двигуна без газової турбіни.

**Виклад основного матеріалу.** Будь-який автомобільний двигун внутрішнього згорання призначений для того, щоб змусити автомобіль рухатись. Принцип роботи такого двигуна полягає в перетворенні енергії, яка виділяється при згоранні палива в певну рушійну силу, тобто перетворення теплової енергії в кінетичну.

В загальному можна виділити два види автомобільних двигунів: поршневі, в яких весь робочий процес відбувається в циліндрах, і безпоршневі, наприклад, газотурбінні. На переважній більшості сучасних автомобілів встановлені саме поршневі двигуни, саме вони досліджуються далі.

Розглянемо два види двигунів – бензинові та дизельні. В перших займання палива відбувається від електричної іскри і називається примусовим, у других – від стискання паливо-повітряної суміші, внаслідок чого вона дуже сильно нагрівається і вибухає.

Автомобільні двигуни мають досить складну будову. Вони складаються з різних механізмів та систем: кривошипно-шатунного механізму, механізму газорозподілу, системи охолодження, системи мащення, системи живлення, а в бензинових двигунах ще й системи запалювання. [1]

Велика кількість фахівців з розробки двигунів ведучих закордонних фірм напрямки розробки спрямовують на підвищення ККД. З цією метою використовують різноманітні технологічні можливості з розробки двигунів внутрішнього згорання.

**Основні напрямки розвитку технологій підвищення якості використання двигунів внутрішнього згорання.** На сьогоднішній день навіть у сучасних двигунів ККД становить близько 20%, що занадто мало. Тобто лише близько 2 літрів бензину з 10 залитого в бак витрачається на створення обертового робочого моменту на валу двигуна, решта просто вилітає в трубу, переходить у теплову енергію, трансформується в детонації, витрачається на сили тертя та інерції в механізмах і т.д. Тим не менш вже сформувалася загальна думка ефективного двигуна внутрішнього згорання. При цьому поршні двигуна і відповідно робочі камери мають досить обмежені розміри. Серед безлічі характеристик різних механізмів в автомобілі вирішальне значення має ККД двигуна внутрішнього згорання.

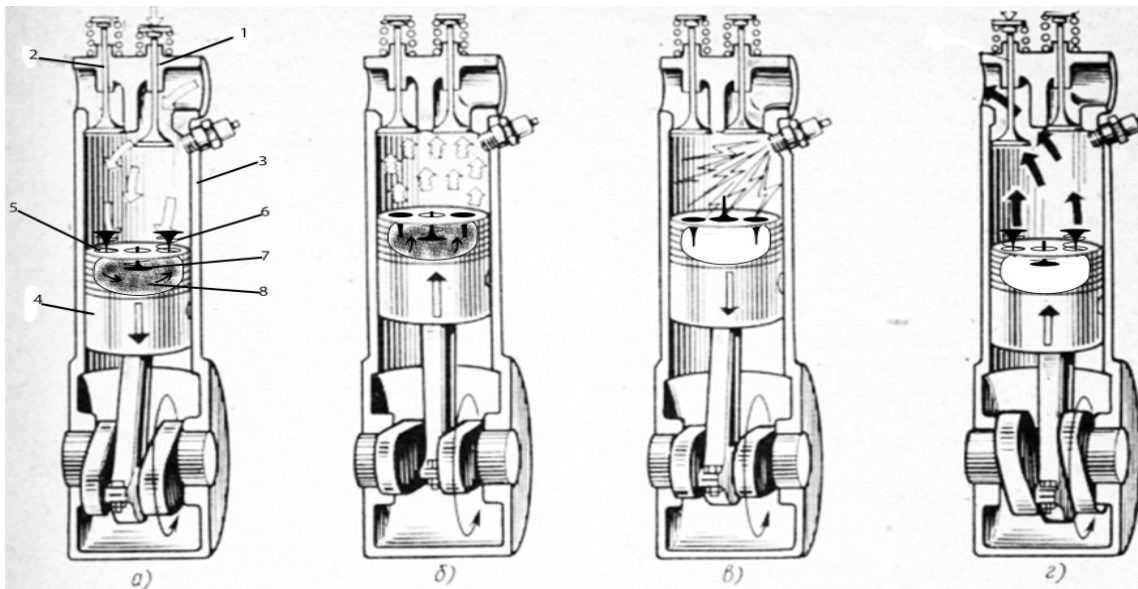
Ефективний ККД двигуна залежить від різних механічних втрат на різних стадіях роботи. На втрати впливає рух окремих частин мотора і виникає при цьому тертя. Це поршні, поршневі кільця і різні підшипники. Ці деталі викликають найбільшу величину втрат, становлять приблизно 65 % від їх загальної кількості. Крім того, втрати виникають від дії таких механізмів, як насоси, магнето та інші, які можуть дійти до 18 %. Незначну частину втрат становлять опори, що виникають в паливній системі під час процесу впуску і випуску.

**Порівняння ККД двигунів – бензин і дизель.** Якщо порівнювати між собою ККД бензинового і дизельного двигуна, то слід зазначити, що перший з них недостатньо ефективний і перетворює на корисну дію всього 25-30 % виробленої енергії. Наприклад, ККД стандартного дизеля досягає 40 %, а застосування турбонаддува і проміжного охолодження підвищує значення до 50 %.

Обидва двигуна, незважаючи на схожість конструкції, мають різні види сумішоутворення. Тому поршні карбюраторного мотора працюють при більш високих температурах, що вимагає якісного охолодження. З-за цього теплова енергія, яка могла б перетворитися в механічну, розсіюється без всякої користі, знижуючи загальне значення ККД.

Для того щоб підвищити ККД бензинового двигуна, вживаються певні заходи. Наприклад, на один циліндр можуть встановлюватися два впускних і впускних клапана, замість конструкції, коли розміщується один впускний і один впускний клапан. Крім того, в деяких двигунах на кожну свічку встановлюється окрема котушка запалювання. Управління дросельною заслінкою у багатьох випадках здійснюється за допомогою електроприводу, а не звичайним тросом. Для дизельного двигуна властивою є помітна ефективність.

Дизель є однією з різновидів двигунів внутрішнього згорання, в якому займання робочої суміші здійснюється в результаті стиснення. Тому тиск повітря в циліндрі набагато вище, ніж у бензинового двигуна. Порівнюючи ККД дизельного двигуна з ККД інших конструкцій, можна відзначити найбільш високу ефективність саме дизельного двигуна.



**Рис. 1.** Схема роботи модернізованого двигуна внутрішнього згорання з його підвищеним якісним використанням.

**Елементи розрахунку змісту модернізації двигуна внутрішнього згорання.** З метою виявлення якісних показників роботи бензинового двигуна зі зміненою конструкцією поршня були прийняті для розрахунку основні вхідні параметри двигуна. За прототип було взято двигун ЗМЗ-406.

З метою позитивного впливу модернізації двигуна на індикаторний ККД, нами було проведено розрахунки ККД реального двигуна (1) та двигуна з конструктивним удосконаленням циліндро-поршневої групи (ЦПГ). При визначенні індикаторного ККД бензинового двигуна ЗМЗ-406 нами було використано допоміжне рівняння Б.С. Стечкина відносно залежності ККД  $\eta_i$  від основних параметрів робочого процесу [2]

$$\eta_i = \frac{l_0 p_i}{H_u} \frac{\alpha}{\eta_v \rho_0}, \quad (1)$$

де  $l_0$  – кількість повітря, теоретично необхідного для повного згорання палива, з проведених розрахунків встановлено, що  $l_0 = 14,965$  к/моль;

$p_i$  – дійсний індикаторний тиск, з розрахунку дорівнює 1,08 МПа;

$\alpha$  – коефіцієнт надлишку повітря, було прийнято 0,9;

$H_u$  – найнижча теплота згорання, було прийнято 36,0 МДж/кг;

$\eta_v$  – коефіцієнт наповнення, який було прийнято з розрахунків 0,9;

$\rho_0$  – густина заряду на впуску, з розрахунків було встановлено  $\rho_0 = 1,169 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ .

З метою дослідження впливу елементів модернізації ДВЗ на ККД в цілому, нами проведено розрахунки щодо ефективності цього впливу. Для цього нами було встановлено основна залежність ККД від параметрів робочого тіла:

$T_0$  – температура робочого тіла, [K];

$\varphi_1$  – коефіцієнт дозарядки.

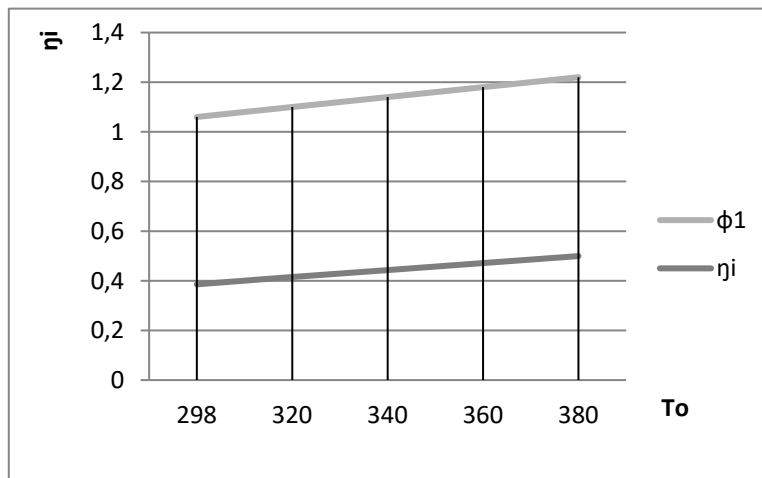
Ці розрахунки приведені в таблиці 1.

Таблиця 1

**Розрахунок впливу параметрів робочого тіла на ККД елементів модернізації ЦПГ**

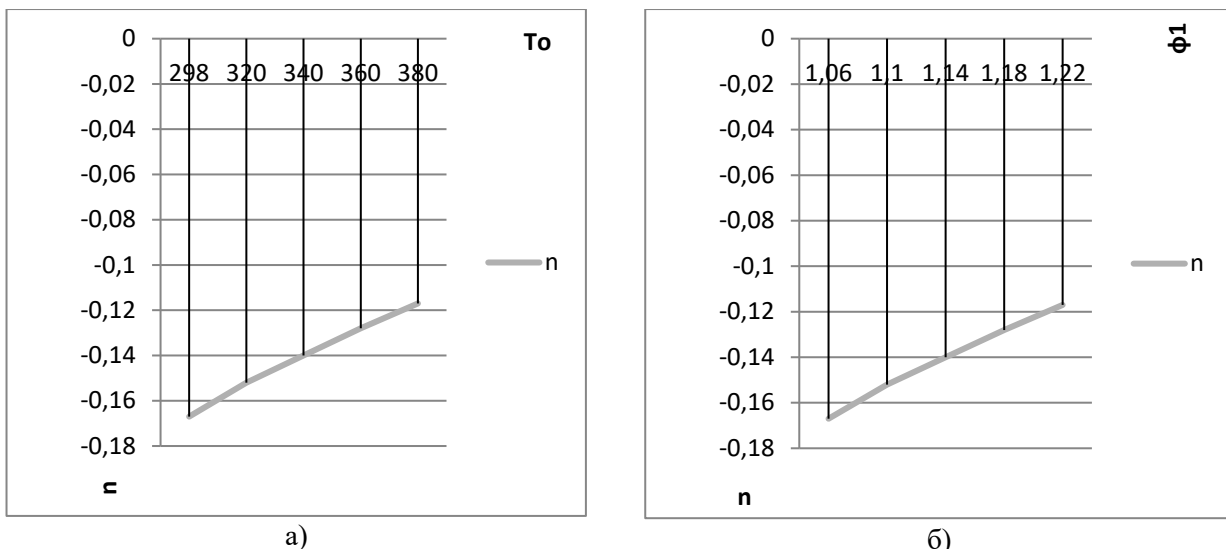
$T_0$	298	320	340	360	380
$\varphi_1$	1,06	1,1	1,14	1,18	1,22
$\eta_i$	0,3857	0,4156	0,4433	0,4713	0,4995

На рис. 2 показано графічну залежність ККД від змінених параметрів робочого тіла елементів модернізації ЦПГ.



**Рис. 2.** Вплив параметрів (температури або коефіцієнта дозарядки) робочого тіла на ККД з модернізованою ЦПГ

Було проведено теоретичні розрахунки щодо функціональної залежності ККД від змінення параметрів робочого тіла, попередньо вказаних на графіку, рис. 2 та степеневу залежність від цих параметрів.



**Рис. 3.** Степенева залежність ККД від параметрів робочого тіла; а) від температури, б) від коефіцієнту дозарядки

**Висновок.** На основі теоретичного дослідження узагальнено та наведено спосіб модернізації циліндро-поршневої групи для підвищення коефіцієнту корисної дії двигуна. Були проведені розрахунки впливу зміни параметрів робочого тіла на підвищення ККД модернізації циліндро-поршневої групи, які показали вдосконалення технічних методів підвищення ККД.

Графічна залежність ККД елементів модернізації двигуна від змінення параметрів робочого тіла показує, що чим більша температура робочого тіла, тим вищий ККД. А також на підвищення ККД впливає коефіцієнт дозарядки. Впровадження зміни конструкції ЦПГ дозволить нам змінити показник ККД в більшу сторону, тим самим збільшити потужність двигуна, що призведе до підвищення динамічності автомобіля.

В результаті досліджень отримано Патент України на корисну модель №139997 «Спосіб підвищення ККД двигуна внутрішнього згорання “Турбулент Петрова”», зареєстрований в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі 10.02.2020 року.

#### **Список використаних джерел**

1. Двигуни внутрішнього згорання. Теорія [Текст]: Підручник / В.Г. Дяченко; за ред. А.П.Марченка. – Харків: НТУ “ХПІ”, 2008. – 488 с.
2. Авт омобильные двигат ели: Курсовое проект ирование: учеб. Пособие / М.Г. Шат ров, И.В. Алексеев, С.Н. Богданов и др., под ред. М.Г. Шат ров. – М.: Издат ельский цент «Академия», 2011. – 256 с.
3. Двигун ЗМЗ-4062.10: керівницт во по ремонт у – м Заволж я, Заволзький мот орний завод, 1995.
4. Чист яков В.К. Динамика поршневых и комбинированных двигат елей внут реннего сгорания. – М.: Машиност роение, 1989.

**Науковий керівник:** Петров Л.

**Рецензент:** Козлов М., Військова академія (м.Одеса)

УДК 623.419

**Суханюк М.**

Військова академія (м. Одеса)

### **РОЗРОБКА МЕТОДУ ПРОГНОЗУВАННЯ ПРОЦЕСУ ЗМІН ПОКАЗНИКІВ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВТОМОБІЛЬНИХ БАЗОВИХ ШАСІ**

В штаті військових частин Збройних Сил України значну долю парку складають автомобілі старих зразків. Цю автомобільну техніку можна вважати застарілою, яка має недостатній рівень технічного стану, що визначається коефіцієнтом готовності зразка та його нормованим залишковим ресурсом за пробігом. Але на теперішній час не існує надійних методів суттєвого збільшення ймовірності готовності до застосування автомобільної техніки й АБШ, перш за все, за їх зносом, тобто фактичним фізичним станом. Тому саме визначення динаміки зменшення рівня готовності зразків шасі озброєння на перспективному інтервалі експлуатації підкреслюють необхідність прогнозування достатнього рівня, перш за все, запасу ресурсу за пробігом, з метою збереження маневрених можливостей озброєння військової частини в сучасних умовах.

**Ключові слова:** автомобільне базове шасі, готовність, ресурс, технічний стан.

**Постановка завдання.** Досвід переконливо свідчить, що в країні, яка має недостатнє фінансування на розвиток ОВТ, необхідно ретельно розробляти методи прогнозування зміни технічного стану ОВТ за часом експлуатації, окремо, автомобільних базових шасі, задля забезпечення якісного виконання бойових задач. Визначення необхідності високого рівня надійності транспортного засобу протягом завданого часу оперативного застосування озброєння; необхідність достатнього рівня запасу ресурсу за пробігом, з метою збереження маневрених можливостей озброєння в сучасних умовах; обмеженість публікацій і методичних рекомендацій для достовірного вирішення технічної задачі статистичного прогнозування змін технічного стану за часом експлуатації – все це спричиняє необхідність постановки та вирішення даного завдання.

Визначення динаміки зменшення рівня готовності зразків шасі озброєння на перспективному інтервалі експлуатації підкреслюють наступні фактори:

– по-перше, необхідність високого рівня надійності транспортного засобу протягом завданого часу оперативного застосування озброєння;

– по-друге, необхідність достатнього рівня запасу ресурсу за пробігом, з метою збереження маневрених можливостей озброєння під час маршу на значні відстані в сучасних умовах;

– по-третє, обмеженість публікацій і методичних рекомендацій для достовірного вирішення науково-технічної задачі статистичного прогнозування, через типові складності організаційного, методичного та інформаційного забезпечення цього вирішення [1; 3]

**Метою статті** є розробка методу визначення динаміки зміни показників технічного стану автомобільних базових шасі, шляхом визначення параметрів прогнозного тренду процесу зменшення показника готовності та залишкового нормованого ресурсу автомобільних базових шасі..

**Виклад основного матеріалу.** Бойова та повсякденна діяльність військових частин й підрозділів постійно пов'язана з масовим використанням автомобільної техніки. На автомобілях, гусеничних машинах, транспортерах-тягачах, спеціальних шасі й причепах встановлюються: озброєння, засоби бойового, технічного й тилового забезпечення.

Автомобільна техніка використовується для перевезення особового складу та вантажів, буксирування артилерійських систем, встановлених на ній ракет, іншого озброєння, апаратури й обладнання. Вона використовується в різних кліматичних й дорожніх умовах, у будь-який час року й доби. У зв'язку з удосконаленням конструкції автомобільної техніки, яка забезпечує різні потреби збройних сил, значно збільшилась її вантажопідйомність, прохідність, швидкість, надійність та інші експлуатаційні показники. Разом з тим нова автомобільна техніка, яка надходить на укомплектування частин і підрозділів, постійно ускладнюється, у конструкції машин з'являються нові прилади, механізми й агрегати. Все більшого поширення набувають електронні прилади, автоматичні механізми та агрегати.

Сучасний бій ведеться у високому темпі об'єднаними зусиллями підрозділів та частин усіх родів військ та видів збройних сил і потребує від військовослужбовців умілого застосування озброєння, бойової та спеціальної техніки, повного напруження моральних та фізичних сил, непохитної волі до перемоги, залізної дисципліни, організованості та бойової виучки. Він характеризується рішучістю, високою маневреністю, напруженням та швидкоплинністю, швидкими та різкими змінами обстановки.

Як відомо, підтримання необхідного ступеня надійності автомобільної техніки в процесі її експлуатації забезпечується системою технічного обслуговування і ремонту. Метою цієї системи згідно з ГОСТ 28.001-83 є управління технічним станом виробів протягом їх терміну служби або ресурсу до списання, що дозволяє забезпечити: заданий рівень готовності виробів до застосування за призначенням та їх працездатність у процесі експлуатації, мінімальні витрати часу, праці та коштів на виконання ТО і ремонту виробів. Традиційно ця система базується на виконанні планових профілактичних робіт після напрацювання певного часу (система планово-попереджувальних ремонтів) [1].

На сьогодні розроблена велика кількість інформаційних систем, методів і засобів контролю технічного стану й діагностування АТ. Їх широке впровадження створює умови для реалізації нової технології експлуатації автомобілів з урахуванням технічного стану.

Метою прогнозування динаміки зменшення коефіцієнту готовності будь-якого автомобільного базового шасі (АБШ) є необхідність отримання об'єктивної інформації для обґрунтованого планування і своєчасного його відновлення або прийняття заходів для ремонту й поновлення парку цього базового шасі. Яке є важливим засобом для забезпечення маневрених можливостей, наприклад, реактивного обладнання значної вогневої потужності, що змонтована на цьому шасі.

Завдання, що потребують моніторингу динаміки змін технічного стану АБШ містить наступні необхідні дії:

– проаналізувати фактори, які у мирний час і в умовах бойових дій суттєво впливають на зміни за часом технічної готовності, наприклад, БМ-21, через щоденні витрати її ресурсу за пробігом;

– вибрати адекватну модель розвитку реального процесу зменшення за часом показника технічної готовності зразка її АБШ;

– вибрати метод визначення параметрів тренду процесу змін рівня показника технічної готовності для прогнозування динаміки змін ресурсу за даними ресурсу АБШ на ретроспективному інтервалі його експлуатації;

– оцінити достовірність результатів прогнозування динаміки змін показника залишкового нормованого ресурсу цього зразка в умовах невизначеності випадкового характеру;

– сформулювати рекомендації для практичного застосування методики обґрунтування рішень щодо оновлення парку зразків в умовах їх реального стану і невизначеності випадкового типу.

Наукова новизна цієї методики полягає в тому, що можна застосовувати, в подальшому метод максимальної правдоподібності прогнозування динаміки зменшення показника готовності зразків військової автомобільної техніки, Цей метод, на відміну від відомих, заснований на застосуванні ймовірнісної моделі розвитку реальних процесів зміни показника готовності зразка, тобто на застосуванні модифікованого методу для визначення параметрів тренду процесу зменшення показника технічного стану кожного зразка по рівням цього показника. Це дає підстави для вдалого прийняття рішень про оновлення парку цих зразків у військової частині.

Показниками готовності зразків техніки до застосування, а саме, показниками технічного стану, що розповсюджені на практиці, є наступні: по-перше, коефіцієнт готовності; по-друге, нормований залишковий ресурс.

Першим з них, загальним показником готовності будь-якого технічного об'єкта до застосування, який визначено Державним стандартом України № 2860 – 94, є відношення [1]

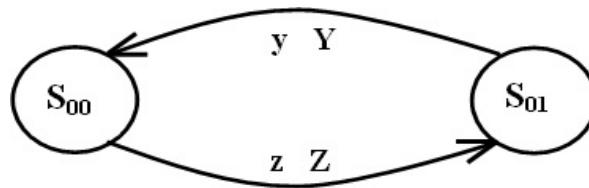
$$K_r = T_0 / (T_0 + T_1), \tag{1}$$

де  $T_0$  – середній час напрацювання на відмову зразка АБШ;

$T_1$  – середня витрата часу на ремонт цього об'єкту, у разі його відмови.

В нашому випадку, цей показник є результатом аналізу процесу функціонування зразка базового шасі протягом його експлуатації, у разі представлення цього процесу у виді графа станів і переходів.

В цьому графі переходи здійснюються з ймовірностями  $Y$  та  $Z$  та інтенсивностями переходів  $y$  та  $z$ . В даному разі завдання полягає у визначенні ймовірностей  $P_{00}$  та  $P_{01}$  перебування зразка бази в типових умовах у станах: готовому та неготовому (рис.1) [3].



**Рис. 1.** Представлення процесу функціонування зразка базового шасі озброєння протягом його експлуатації у виді графа переходів з інтенсивністю  $y$  або  $z$  і з ймовірностями переходів  $Y$  та  $Z$

На рис. 1 показані стани:  $S_{00}$  – перебування зразка базового шасі у стані «готовності до застосування»;  $S_{01}$  – перебування зразка у стані «неготовності до застосування», тобто перебування у стані відновлення.

Завданням аналізу є: визначення узагальненого показника ефективності функціонування системи підготовки зразка базового шасі до застосування за призначенням, наприклад, у вигляді:

$$E_\phi = P_{00} / P_{01} \tag{2}$$

Для визначення ймовірностей перебування зразку у кожному стані, готовності або неготовності, згідно до *правилу контурів*, доцільно створити систему диференціальних рівнянь, що описують процес переходів зразка із стану в стан, у вигляді:

$$\frac{dP_{00}(t)}{dt} = yY P_{01} - (zZ) P_{00} \tag{3}$$

$$\frac{dP_{10}(t)}{dt} = zZ P_{00} - (yY) P_{01} .$$

Далі доцільно отримати рішення диференційних рівнянь (3) відносно ймовірностей  $P_{00}$  і  $P_{01}$  у наступному вигляді:

$$P_{00}(t) = [yY P_{01}] \frac{\{1 - \exp[-zZt]\}}{zZ} \tag{4}$$

$$P_{01}(t) = [zZ P_{00}] \frac{\{1 - \exp[-yYt]\}}{yY}$$



Рівняння системи (4) є лінійно залежними, тому для вирішення системи відносно ймовірностей  $P_{00}$  і  $P_{01}$ , необхідно використати також умови нормування ймовірностей перебування зразка з урахуванням повній групі станів зразка бази у вигляді

$$P_{00}(t) + P_{01}(t) = 1, \quad (5)$$

В результаті перетворень системи (4) рівнянь, з урахуванням (5), отримаємо ймовірності перебування зразка шасі озброєння у відповідних станах: «готовності»; «неготовності», а саме:

$$P_{00}(t) = \frac{\alpha y Y}{zZ + yY\alpha}; \quad P_{01}(t) = \frac{zZ}{zZ + yY\alpha}; \quad \alpha = 1 - \exp(-zZt) \quad (6)$$

де позначено

**Приклад.** Ураховуємо, що  $y$  – це інтенсивність переходу, яка дорівнює  $1/T_1$ , а  $z$  – інтенсивність переходу, яка дорівнює  $1/T_0$ ; ймовірності безумовних переходів зразка шасі в різні стани, природне, дорівнюють:  $Y \cong 1$ ;  $Z \cong 1$ ; а під час великого протягу застосування за призначенням, тобто  $t$  – великого, додатковий параметр  $\alpha$  дорівнює:  $\alpha \cong 1$ .

За цих умов, отримаємо рівні ймовірностей, що кількісно характеризують складові ефективності функціонування зразка (див. (1)), які доцільно назвати відповідно *коефіцієнтом готовності* та *коефіцієнтом неготовності* зразка шасі. Це однозначно не суперечить Держстандарту № 2860–94 у вигляді [1]:

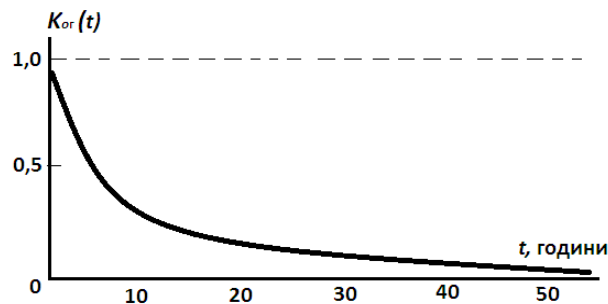
$$P_{00} = T_0 / (T_0 + T_1) = K_{\Gamma}; \quad (7)$$

$$P_{01} = T_1 / (T_0 + T_1) = K_{\text{нг}}; \quad (8)$$

На практиці часто використовують і коефіцієнт готовності (6), і його складові, а саме, величину середнього часу  $T_0$  на відмову для кількісного визначення показника, а саме, *коефіцієнта оперативної готовності* шасі озброєння протягом заданого часу використання зразка у вигляді

$$K_{\text{ор}}(t) = [T_0 / (T_0 + T_1)] \cdot \exp(-t/T_0) \quad (9)$$

Зміни за часом цього показника, що призначений для надійного сприяння маневреності озброєння, показано на рисунку 2.



**Рис. 2.** Відоме відображення динаміки зміни за часом тренда показника оперативної готовності базових шасі озброєння протягом часу бойового застосування озброєння

Нажаль, цей показник оперативної готовності автомобільних базових шасі, як правило, не є адекватним процесу, що спостерігається на практиці.

В якості більш адекватного, мабуть, доцільно застосовувати *тренд*, згідно до процесу, розвиток якого за часом експлуатації здійснюється під впливом двох протидіючих сукупностей факторів. Мова йде про безліч факторів, які не сприяють збереженню технічного стану шасі, та факторів, які сприяють його збереженню.

Важливо підкреслити, що саме такий, по суті, показник деградації технічного стану об'єкту, що обговорюється, тренд, сприяв би більш об'єктивному віддзеркаленню двох не зовсім рівноцінних складових технічного стану об'єкту: і показника *оперативної готовності* зразка, і *нормованого залишкового ресурсу* цього зразка. Обґрунтованість цього підходу до моделювання процесів різної природи витікає з однакової передумови про розвиток двох різних процесів, але завжди під впливом саме протидіючих факторів.

Розв'язання задачі об'єктивного прогнозування динаміки зміни коефіцієнта готовності зразка озброєння або військової техніки за наслідками спостереження фактичної зміни цього параметра в дискретні моменти ретроспективного інтервалу часу зазвичай пов'язане з відомими труднощами.

У відомій літературі найчастіше це завдання вирішується за допомогою імітаційного моделювання. Проте, відсутність перевірених реальним досвідом початкових даних про розподіл параметрів випадкових процесів, що стосуються варіантів відмов і ремонту зразку озброєння або військової техніки – все це знижує цінність результатів такого моделювання.

Метод статистичного прогнозування динаміки зменшення (за часом експлуатації зразка) коефіцієнта його готовності заснований на різних етапах вирішення завдання прогнозування показників технічного стану зразка як функції часу.

Також для практичного визначення вихідних даних для прогнозування, доцільно щорічно обчислювати і будувати в системі координат  $P, t$  рівні коефіцієнта готовності зразка шасі, шляхом визначення середнього часу напрацювання його на відмову і середнього часу витрат часу на його ремонт після відмов.

Величини помилок оптимального оцінювання параметрів прогнозного тренду повністю впливають на ширину смуги довірчих інтервалів результатів прогнозування змін коефіцієнта оперативної готовності шасі за часом до застосування зразка за призначенням.

Довірчу смугу рівня указанного показника технічного стану зразка в конкретні моменти часу доцільно побудувати, шляхом визначення трьох трендів: оптимального тренда і двох довірчих границь його можливого положення в площі координат  $P, t$  за допомогою двох параметрів оптимального тренду і трьох середньоквадратичних значень помилок оптимального оцінювання методом максимальної правдоподібності, які доцільно взяти з різними знаками, у виді [3]:

$$\begin{aligned} \text{а) } P_0 &= P_0^* ; \alpha = \alpha^* ; \\ \text{б) } P_0 &= P_0^* + 3\sigma_p ; \alpha^* - 3\sigma_\alpha ; \\ \text{в) } P_0 &= P_0^* - 3\sigma_p ; \alpha^* + 3\sigma_\alpha . \end{aligned} \quad (10)$$

Умови для побудови довірчої смуги необхідно прийняти з урахуванням знаку оптимальних параметрів, з метою отримання смуги максимальної ширини, тобто з метою одержання найбільш гарантованого прогнозного результату дослідження динаміки змін за часом коефіцієнта оперативної готовності базового шасі за часом застосування зразка шасі. Результати прогнозування і побудови довірчої смуги цього показника надані на рисунку 3.

Отримані результати показують, що негативні фактори, що заважають збереженню коефіцієнта оперативної готовності базового шасі на потрібному рівні, впливають на динаміку змін цього показника найбільшим чином.

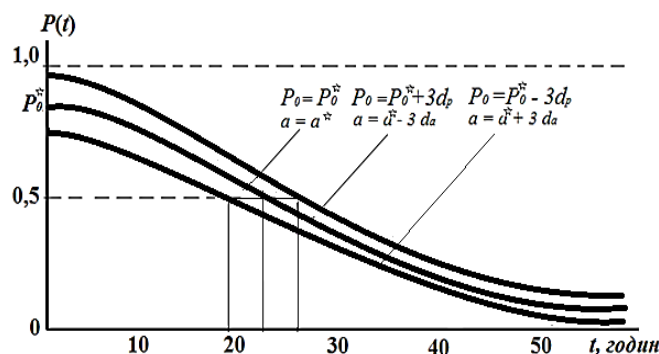


Рис. 3. Результати прогнозування і побудови довірчої смуги коефіцієнта оперативної готовності базового шасі озброєння

Крім того, принципово необхідно здійснення додаткових більш ефективних заходів, що спрямовані на збереження не тільки надійності озброєння і військової техніки, але, перш за все, на збереження маневреності кожного зразка озброєння.

Вирішенню завдання прогнозування сприяють різні методи, наприклад, метод екстраполяції, метод найменших квадратів (середньо квадратичних помилок прогнозу), метод максимальної правдоподібності, які відрізняються складністю і рівнем точності визначення прогнозних параметрів.

Оцінки параметрів кожним із (указаних останніми) методів по точності мало відрізняються.

Однак, метод максимальної правдоподібності є найбільш точним. Він відрізняється також найбільшою складністю під час розрахунків, тому що потребує використання всієї інформації, що отримана на ретроспективному інтервалі часу спостереження за зміною коефіцієнта готовності та нормованого залишкового ресурсу зразка АБШ. Тому на практиці частіше застосовують метод екстраполяції.

Тобто за даними спостереження щорічних величин рівня залишкового нормованого ресурсу зразка шасі на ретроспективному інтервалі часу в даній статті отримано тренд його ймовірної зміни за часом в майбутньому, на перспективному інтервалі часу, та помилки прогнозування саме за допомогою методу екстраполяції.

Експериментально-розрахунковий метод прогнозування процесу змін показників технічного стану базових шасі озброєння засновано на застосуванні більш адекватних, в порівнянні з відомими, антилогістичних моделях деградації технічного стану кожного зразка АБШ за часом його експлуатації.

Одержані результати спрямовані на удосконалення достатньо нескладного, ефективного апарата для прогнозування очікуваних змін станів важливих зразків спеціальних транспортних засобів через їх фізичний знос.

Відомо, що прогнозування за даними змін технічного стану базових шасі техніки сприяє визначенню часу критичного рівня показника їх готовності. Метою є визначення заходів для своєчасного збільшення цього показника. [3]

**Висновки.** Підсумки розглянутого методу прогнозування процесів на основі досвідних даних для практичного отримання прогнозного тренду і результатів визначення моменту часу під час прийняття рішень про подальшу експлуатацію або списання зразка бази і оновлення парку цих баз, після узагальнення одержаної інформації, є наступними:

1. Метод дозволяє прогнозувати динаміку зменшення за часом рівня показників технічного стану зразків базових шасі в довільний заданий час їх експлуатації, а також дозволяє визначати момент часу, при якому цей показник технічного стану досягає деякого заданого або критичного рівня;

2. Пропонований метод прогнозування враховує об'єктивне протиборство чинників процесу, які одночасно і сприяють, і перешкоджають реалізації ефекту збереження і коефіцієнтів оперативної готовності, і показників залишкового нормованого ресурсу базових шасі озброєння. Саме ці данні нескладно узагальнити для більш обґрунтованого планування оновлення парку.

3. Важливо підкреслити, що, з метою економії часу на чисельні розрахунки, особливо в умовах багатой кількості об'єктів у конкретній військовій частині, які необхідно постійно підтримувати в готовому до застосування стані, є не тільки визначення оптимальних прогнозних параметрів, визначення довірчих інтервалів тренда процесу змін за часом коефіцієнта оперативної готовності базового шасі озброєння, – все це є доцільним здійснювати за допомогою комп'ютерного програмного продукту.

#### **Список використаних джерел**

1. ГОСТ 28.001-83. Система технічного обслуговування і ремонту техніки. Основні положення.

2. LXXVII Наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету. –К.: НТУ, 2021.

3. Дем'янчук Б. О. Основи автотехнічного забезпечення. Управління ресурсом та оновленням парку військових автомобілів: навчальний посібник / Б. О. Дем'янчук, В. А. Маханьков, В. Ф. Обертас – Одеса: Видавництво Військова академія (м. Одеса), 2017. – 230 с.

4. Перспективи розвитку озброєння і військової техніки Сухопутних військ: Збірка тез доповідей П'ятої Всеукраїнської науково-технічної конференції (Львів, 15-17 трав. 2012 р.) – Л.: Вид-во АСВ, 2012. – 378 с.

5. Основи військової логістики. Прогнозні моделі забезпечення. Під ред. Гуляк О.В./ О. В. Гуляк, Б. О. Дем'янчук, О. М. Маслій, Д. В. Лисовенко, В. А. Маханьков, В. Ф. Обертас – Одеса: 2019. – 262 с.

**Науковий керівник:** Дем'янчук Б., д.тех.н., проф.,

**Рецензент:** Мальцев О., д.тех.н., проф., Військова академія (м. Одеса).

УДК 623.4.083.13

Тарченко Р.,  
Іванов Т.

Військова академія (м. Одеса)

### РОЗРОБКА МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ КУМУЛЯТИВНИХ СНАРЯДІВ

У статті проаналізовано методики, щодо розрахунку параметрів функціонування кумулятивних боєприпасів в системі забезпечення боєприпасами Збройних Сил України. Також розглянуто вимоги щодо забезпечення безвідмовного спрацювання кумулятивного снаряду в умовах бойового використання. Було оцінено будову та принцип дії кумулятивних снарядів, з метою подальшої детальної оцінки факторів функціонування кумулятивних боєприпасів та можливі подальші напрямки, щодо впровадження результатів наукового прогресу в розвиток будови та тактико-технічних характеристик кумулятивних снарядів.

**Ключові слова:** кумулятивний заряд, кумулятивний снаряд, кумулятивний струмінь, бронезахист, броньобійність, кумулятивна воронка.

**Постановка проблеми.** У ході проведення сучасних бойових дій кумулятивні снаряди зарекомендували себе, як один з найкращих засобів для ураження та знищення броньованої техніки противника, живої сили в ній та ураження різного роду захисних споруд. Розвиток бронезахисту бойової техніки зумовлений відповідним розвитком засобів ураження, призначених для знищення цієї броні.

На даний момент, у провідних країнах світу здійснюється активний розвиток бронезахисту за рахунок використання вибухових пластин та елементів динамічного захисту з метою зменшення вражаючої дії на броню та збільшенню приведеної броні з її подальшим зміцненням для захисту екіпажів.

Розробка методики розрахунку параметрів функціонування кумулятивних боєприпасів, дозволить оцінити можливі напрямки щодо збільшення вражаючої дії даних снарядів та подальшого ураження сучасних зразків броньованої техніки при веденні різного роду бойових дій.

**Мета статті** – дослідити вимоги до розрахунку та методики розрахунку параметрів функціонування кумулятивних боєприпасів та розробити можливі шляхи, щодо покращення як вимог так і методик для більш ретельного контролю проектування, дослідження та виробництва кумулятивних боєприпасів.

**Виклад основного матеріалу.** Кумулятивні снаряди призначені для ураження броньованих рухомих і нерухомих цілей стрільбою прямою наводкою з гармат середнього калібру.

Кумулятивні снаряди, на відміну від броньобійних, пробивають броню не за рахунок кінетичної енергії, а за рахунок ефективного використання енергії вибухової речовини кумулятивного заряду. (рис.1).

Кумулятивний ефект був відкритий ще в 1864 році генералом М.М. Боресковим і практично використовувався у саперній справі. В кумулятивних снарядах він почав використовуватися з 30-х років ХХ ст., що дозволило в роки Великої Вітчизняної війни використовувати для боротьби з танками противника не тільки гармати, а і гаубиці, які мали невисоку швидкість польоту снарядів.

Досвід показує, що характер руйнування броні залежить не лише від потужності вибухової речовини і його маси, але і від форми і положення розривного заряду стосовно броні в момент вибуху.

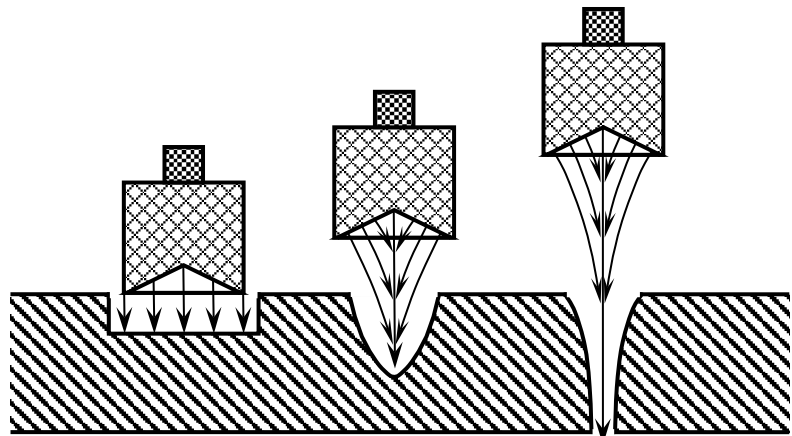


Рис. 1. Схема дії кумулятивного заряду

Якщо в розривному заряді зробити кумулятивну воронку, то такий заряд зробить більше заглиблення в броні. Якщо ж такий заряд підірвати на деякому віддаленні від броні, то він зробить ще більше заглиблення в броні. Це пояснюється тим, що ударна хвиля вибуху отримує напрямок зосередження в бік перешкоди і при деякому віддаленні від неї встигає сформуватися в ущільнений кумулятивний струмінь.

Таким чином, суть кумулятивного ефекту полягає у фокусному зосередженні енергії вибуху в заданому напрямку, тобто у створенні концентрованого ущільненого газового потоку в ділянці кумулятивної воронки.

Для підвищення щільності газового потоку, а отже, і руйнівної дії кумулятивного заряду та снаряду, в кумулятивну воронку встановлюють металеве облицювання з червоної міді або з її сплавів.

Дія кумулятивних снарядів полягає в наступному. Під час підриву розривного заряду починається процес перетворення вибухової речовини в хвилю детонації. На фронті цієї хвилі практично миттєво утворюються продукти детонації, які рухаються за хвилею детонації. При досягненні хвилею детонації кумулятивної воронки продукти детонації почнуть поширюватись у просторі майже перпендикулярно до її поверхні. Якщо ж кумулятивна воронка покрита металевим облицюванням, то під дією високих тисків, які дорівнюють сотням тисяч атмосфер, матеріал облицювання стає схожим на нестискувану рідину, а її частинки переміщуються разом із продуктами детонації, збільшуючи щільність потоку.

Продукти вибуху й частинки облицювання з її поверхні прямують до осі, де при ударі один з одним утворюють кумулятивний струмінь невеликого діаметру спрямований вздовж осі, і мають щільність, близьку до щільності матеріалу облицювання, температуру близько  $1000^{\circ}\text{K}$  і швидкість – 10–15 км/с. До кінця формування кумулятивний струмінь має довжину  $l_{\text{кк}}$  і найбільші пробивні здатності. Потім струмінь поступово розтягується і руйнується. До складу кумулятивного струменя входить до 25% матеріалу облицювання, решта 75% його утворюють пест, який переміщується за струменем разом з продуктами детонації з відносно невеликою швидкістю (1–2 км/с).

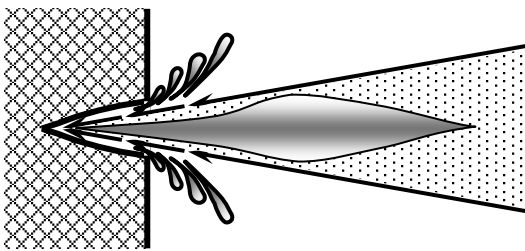


Рис. 2. Дія кумулятивного струменя

При зустрічі кумулятивного струменя, який рухається з надзвуковою швидкістю, з бронею у результаті гальмування, кінетична енергія струменя перетворюється в потенціальну енергію тиску дуже великої сили, яка дорівнює тисячам, а іноді і десяткам тисяч атмосфер, в залежності від потужності заряду, що і забезпечує пробивання броні (рис. 2).

У цьому випадку взаємодію кумулятивного струменя з бронею можна розглядати як взаємодію струменя нестискуваної рідини з рідинним середовищем, тобто під час пробивання броні її матеріал вимивається все новими ділянками кумулятивного струменя з утворенням спочатку конічного кратера, а потім наскрізного отвору. З цього можна зробити висновок, що кумулятивний струмінь є вражаючим фактором. Вражаюча дія за бронею забезпечується спільною дією кумулятивного струменя, газоподібних продуктів детонації розривного заряду і металевими частинками броні.

Характеристикою дії кумулятивних снарядів, як і дії бронебійних снарядів, є найбільша товщина броні, що пробивається, для визначення якої користуються формулою академіка Лавренть'єва (1):

$$b = l_{\text{кк}} \sqrt{\frac{\delta_{\text{кк}}}{\delta_{\text{п}}}} \cos \alpha \quad (1)$$

де,  $l_{\text{кк}}$  – довжина кумулятивного струменя;

$\delta_{\text{кк}}$  – густина кумулятивного струменя;

$\alpha$  – кут зустрічі кумулятивного струменя;

$\delta_{\text{п}}$  – густина матеріалу перешкоди.

Для обертальних снарядів густина кумулятивного струменя зі збільшенням швидкості обертання снаряда зменшується, оскільки струмінь перебуває під дією відцентрових сил.

Довжина кумулятивного струменя залежить від форми й площі поверхні кумулятивної воронки. Очевидно, що зі збільшенням калібру снаряда довжина кумулятивного струменя збільшується.

Крім того, зі зменшенням кута зустрічі кумулятивного струменя з поверхнею перешкоди бронебійність зменшується. Варто зазначити, що кумулятивні снаряди не дають рикошету струменя при невеликих кутах зустрічі з бронею.

Таким чином, ефективність дії кумулятивних снарядів залежить від їх конструкції, потужності вибухової речовини, будови кумулятивного вузла, способу стабілізації снаряда, властивостей перешкоди і кута зустрічі з нею і не залежить від швидкості снаряда в момент зустрічі з перешкодою.

Звичайно кумулятивні снаряди комплектуються головними підіривниками з високою чутливістю, одноманітністю та швидкістю дії.

Будова підіривника та головної частини снаряда повинна забезпечувати при заданій швидкості  $V_c$  зустріч кумулятивного струменя з перешкодою в момент завершення її формування. Відстань між основою кумулятивної воронки і поверхнею перешкоди в цей момент називається фокусною відстанню  $F$ . Якщо рахувати спрацювання детонаційного вузла як миттєвий фактор і формування кумулятивного струменя в цей же проміжок часу, то можна визначити найвигіднішу довжину головної частини снаряда (2).

$$L_{\Gamma} = F + V_c * t_n \quad (2)$$

де  $t_n$  – час дії підіривника.

Ефективність дії кумулятивного струменя знижується зі зміною швидкості зустрічі снаряда з перешкодою та часу дії підіривника. Тому підіривники кумулятивних снарядів повинні відрізнятися високою одноманітністю дії, а стрільба ними повинна вестися тільки з тими бойовими зарядами, які вказані в Таблицях стрільби. Як правило, це спеціальні бойові заряди. Для передачі вибухового імпульсу від головного підіривника до капсуль-детонатора з детонатором, який знаходиться на дні снаряда, в розривному заряді по його осі є циліндричний отвір з центральною трубкою. Розривний заряд разом з усіма його деталями називають кумулятивним вузлом.

Основні характеристики кумулятивних снарядів наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Характеристики кумулятивних снарядів

Тип снаряда	$L$ , клб	$\sigma$ , клб	$\alpha$ , %	$C_q$ , кг/дм <sup>3</sup>	$C_o$ , кг/дм <sup>3</sup>
Кумулятивний	3,5–5,0	1/17–1/12	10–17	7–13	0,8–2,8

З таблиці 1 випливає, що кумулятивні снаряди за своїми конструктивними характеристиками близькі до фугасних снарядів і на відміну від них мають дещо меншу товщину корпусу і коефіцієнт наповнення вільного об'єму у головній частині снаряда і в кумулятивній воронці розривного заряду. За способом стабілізації в польоті кумулятивні снаряди поділяються на обертальні та необертальні.

Обертальні кумулятивні снаряди складаються з таких основних елементів:

- головного підіривника;
- корпусу з пригвинтною головою;
- кумулятивного вузла у складі: розривного заряду, металевго облицювання, центральної трубки, капсуль-детонатора з детонатором, запобіжного конусу;
- трасера.

Головний підіривник вгвинчується в нарізне вічко головної втулки і має високу стабільність дії.

Корпус – тонкостінний сталевий з потовщенням стінок до донної частини, чим забезпечується міцність при стрільбі. Дно корпусу має нарізне вічко під трасер. Пригвинтна головка – сталева тонкостінна оживальної форми з нарізним вічком під підіривник.

Розривний заряд – з пресованих шашок флегматизованого гексогену або тєну з кумулятивною воронкою.

Металево облицювання конічної або сферичної форми з міді або її сплавів, але може бути з цинку, заліза або сталі.

Центральна трубка зберігає підіривний заряд від руйнування і забезпечує одноманітність передачі вибухового імпульсу від головного підіривника на капсуль-детонатор з детонатором, розміщеним у донній частині розривного заряду.

Запобіжний конус зберігає металеве облицювання від руйнування при дії підричника і внутрішню порожнину центральної трубки від потрапляння до неї сторонніх предметів.

Трасер полегшує спостереження за кумулятивним снарядом під час коригування вогню.

Необертальні оперені кумулятивні снаряди за будовою аналогічні до обертальних снарядів, але додатково мають такі елементи – стабілізуючий пристрій, плаваюче кільце з ведучим пояском.

Стабілізуючий пристрій забезпечує аеродинамічну стійкість снаряда у польоті і складається з корпусу з трасером і пір'їн, які розкриваються після вильоту снаряда із ствола під дією відцентрових сил і сили опору повітря.

Плаваюче кільце з мідним ведучим пояском забезпечує обтюрацію порохових газів при пострілі. Плаваюче кільце закріплене в проточці корпусу снаряда і при пострілі вільно повертається відносно нього.

Під час руху снаряда по каналу ствола він під дією сил інерції осідає, підтискуючись до плаваючого кільця, що викликає повертання снаряда за рахунок тертя між плаваючим кільцем і корпусом снаряда. Це повертання підтримується і в польоті завдяки наявності косих зрізів на пір'їнах стабілізатора. Таке обертання оперених снарядів збільшує щільність стрільби.

Броньбійність необертальних кумулятивних снарядів значно вища, ніж обертальних. Так, обертальні кумулятивні снаряди пробивають броню товщиною до 2 клб, а необертальні – до 4 клб.

Таким чином, при відносній простоті будови і виготовлення кумулятивні снаряди мають добру броньбійну дію при стрільбі з гармат, які мають невеликі початкові швидкості снарядів. У цьому полягає їх основна перевага. До недоліків кумулятивних снарядів належать обмеження дальності стрільби і можливість слабкої дії по екранованій броні.

Поліпшення дії кумулятивних снарядів досягається за рахунок удосконалення конструкції кумулятивного вузла, застосування необертальних оперених снарядів, поліпшення конструкції підричника і підвищення дальності і кучності стрільби.

Крім того, кумулятивні снаряди мають і порівняно добру осколочну дію, а тому вони можуть використовуватись проти особового складу противника, а також неброньованої та легкоброньованої техніки противника, але у виключних випадках. З метою збільшення осколочної дії, деякі снаряди мають товстостінний сталевий захисний конус.

**Висновки.** В даній статті було розглянуто параметри функціонування кумулятивних снарядів, принципи, якими досягається робота даних снарядів, їх принцип дії та часткові характеристики кумулятивних снарядів.

Кумулятивні снаряди мають досить специфічні параметри функціонування, в першу чергу конструктивні. Конструкція кумулятивного снаряду має дозволяти йому здійснювати кумулятивну дію та вражати броню з її подальшим пробиттям та нанесенням пошкоджень внутрішнім модулям техніки та особовому складу, що знаходиться в ній.

Також необхідно враховувати тактико-технічні характеристики цілі до якої планується застосування кумулятивного снаряду. Метал, з якого виготовлений динамічний захист та власне броня, кут нахилу, наявність вибухових панелей також накладають певну специфіку у використанні кумулятивних снарядів. Врахування усіх чинників, які впливають на функціонування кумулятивного снаряду дозволить розкрити всі його можливості та знайти можливі напрямки, щодо впровадження результатів наукового прогресу в галузі виробництва вітчизняних кумулятивних боєприпасів.

#### **Список використаних джерел**

1. Средства поражения и боеприпасы: Учебник / А. В. Бабкин, В. А. Велданов, Е. Ф. Грязнов и др.; Под общ. ред. В.В. Селиванова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008. – 984 с.
2. Физика взрыва / Под ред. Л. П. Орленко. – Изд. 3-е, переработанное. – В 2 т. Т. 1. – М.: Физматлит, 2002. 832 с.
3. Кобылкин И.Ф., Селиванов В. В., Соловьев В. С., Сысоев Н. Н. Ударные и детонационные волны. Методы исследования. 2-е изд., переработанное и дополненное. М.: Физматлит, 2004.
4. Інтернет-посилання «Кумулятивное действие снарядов» <https://studfile.net/preview/5082433/page:26>

УДК 623.445

**Тихонюк І.***Військова академія (м. Одеса)***АКТИВНИЙ ЗАХИСТ ТАНКІВ: ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ**

*На озброєнні багатьох армій світу знаходяться танки, оснащені різними комплексами активного захисту. Динамічний захист різко підвищує захищеність танків від кумулятивних боєприпасів. Дана стаття присвячена огляду активного захисту броньованої техніки та дотримування рекомендації щодо його подальшого вдосконалення та застосування.*

**Ключові слова:** динамічний захист, танк, броня, протитанкові засоби, електродинамічний захист, електротермохімічний захист.

**Постановка проблеми.** Як свідчить досвід бойових дій останніх десятиліть, сучасний танк на полі бою є бойовою одиницею, спроможною самостійно вирішувати тактичні завдання. Крім покращених бойових можливостей (здійснення ефективного пострілу в русі у складних умовах, збільшення віддалі пострілу та ін.), до нього висуваються вимоги з інших військово-прикладних областей, як-то: інтеграції в єдину АСУ, оснащення активно-пасивними системами виявлення та цілевказування, оснащення системами захисту, навігаційного забезпечення. Це дозволяє стимулювати пошук оптимальних науково-технічних рішень в інших напрямках, пошуків кооперацію між різними виробниками, науковими установами та сподіватися на переозброєння, врешті-решт, танкових і механізованих підрозділів Сухопутних військ Збройних Сил (ЗС) України передовими національними зразками бронетехніки [1]. Танк – броньована бойова машина на гусеничному шасі, зазвичай з гарматним основним озброєнням. Але не зважаючи на могутній броньований захист, на даний час існують протитанкові засоби, здатні вивести його зі строю.

На ранніх етапах розвитку танкобудування іноді випускалися танки з виключно кулеметним озброєнням, а після Другої світової війни експериментували зі створенням танків з ракетним озброєнням. Відомі варіанти танків з вогнеметом.

Основною відмінністю танка від інших гусеничних бойових машин з гарматною зброєю є можливість швидко переносити вогонь у широких межах кутів піднесення та горизонтальних кутів. У переважній більшості випадків таку можливість реалізовано за рахунок встановлення гармати на башті, що обертається у горизонтальній площині, хоча є нечисленні винятки (в унікальному шведському танку Strv-103 для наведення гармати використовується поворот і нахил корпусу за допомогою регульованої гідропневматичної підвіски, на перших зразках гармата встановлювалася у спонсонах на бортах корпусу). Самохідна артилерійська установка може бути вельми схожа з танком конструктивно, але призначена для вирішення інших завдань: знищення танків супротивника із засідки чи вогневої підтримки військ з закритої вогневої позиції, а через те має інший баланс броні та озброєння.

Танки завдяки своїм бойовим якостям є фактично незамінними елементами бойових порядків. Та, попри свою потужність та універсальність, танки потребують постійного вдосконалення, зокрема й їхнього захисту.

Ідея розробки і застосування систем додаткового захисту бронетехніки виникла у конструкторів ще в кінці 1940-х років. В Радянському Союзі у кінці 1950-х років за її втілення (за принципом «контрвибуху») взялися фахівці Центрального конструкторського бюро спортивної мисливської зброї. І лише у 1978 році ними була розроблена система активного захисту «Дрозд» [5].

Та на її випробування знадобилося ще чимало часу: у 1982-1983 рр. комплекс був успішно перевірений в польових умовах, після чого його почали встановлювати на танках Т-55А (масово вироблялися на заводі імені Малишева у Харкові).

Таким чином, цей український танк став першим в світі, оснащеним комплексом активного захисту.

На озброєнні багатьох армій провідних країн світу знаходяться танки, оснащені різними комплексами динамічного захисту. Динамічний захист (ДЗ) значно підвищує захищеність танків від кумулятивних боєприпасів. Однак довелося зіткнутися з низькою живучістю динамічного захисту. Дана стаття присвячена аналізу живучості динамічного захисту танків.

**Актуальність проблеми.** Останні дослідження сучасних комплексів активного захисту в основному направлені на протитанкові гранати і ракети. Це цілі великі і досить повільні, вразити їх не так вже й складно. Багато розмов йде про створення активного захисту наступного покоління.



Удосконалення бронейних снарядів ударної дії і широке поширення ефективних кумулятивних бронейних засобів, оснащення сучасних армій ядерною і ракетною зброєю, підвищують вимоги до захисту танка. Поява тандемних боєприпасів ще більш ускладнило завдання захисту бойових машин.

Проблема захисту також ускладнюється тим, що нищівну силу сучасних протитанкових засобів засновано на різних фізичних принципах і для протидії їм від захисту танка потрібні виключно високі і різноманітні властивості.

Бронювання будь-якого танка є комплексом компромісів, і, поряд із зонами максимального захисту містить досить великий відсоток ослаблених зон, які неминучі в рамках існуючої класичної компоновки. Традиційно основні танки мають максимальний захист в діапазоні курсових кутів  $\pm 30^\circ$ , що обумовлено досвідом попередніх військових конфліктів [8].

Для забезпечення непробиття в даний час є дуже багато різних типів комбінованої броні. Також високий рівень додаткового захисту танка забезпечується комплексами динамічного захисту.

У багатьох публікаціях оцінюється забезпечення комплексного захисту танків з методологічних позицій, розглядаються питання комплексного захисту основних бойових танків різних країн світу. Наводяться відомості про системи комплексного захисту серійних і перспективних зразків. Оцінюється стан і тенденції розвитку як традиційних, так і нових систем захисту. Розглядаються різні підходи до вирішення проблем щодо підвищення ефективності комплексного захисту.

Комплексний захист розглядається в широкому розумінні, охоплює захист і від протитанкових засобів, і від зброї масового ураження (ЗМУ).

**Метою статті** є огляд активного захисту броньованої техніки (БТ) ЗС України та армій провідних країн світу.

Визначити переваги і недоліки та сформулювати загальні вимоги до перспективних зразків активного захисту та порядку його застосування.

**Виклад основного матеріалу. Аналіз останніх конструкторських розробок і модернізації ДЗ.** Останні дослідження у радянському танкобудуванні намітила чітку тенденцію необхідності установки ДЗ на танках. Останніми в СРСР застосували ДЗ на танках фахівці «Уральського вагобудівного заводу». Взявши за основу конструкції ВДЗ розробки ВАТ «Спецмаш» і ХКБМ, був впроваджений вбудований динамічний захист (ВДЗ) для танка Т-72, а в подальшому і для Т-90.

У той же час конструктори закордонних танків до теперішнього часу кінцево не визначились з необхідністю установки ДЗ. Відомо, що, крім Ізраїля, модульна ДЗ встановлена на танках Франції («Леклерк»), Німеччини («Леопард-2А5», «Леопард-2А6»), Польщі (РТ-91 «Твардий», РТ-91М «Горила») та ін. США спочатку появи (Explosive reactive armour ERA – вибухова реактивна броня) ERA, припускаючи непробійність броньованого захисту своїх танків, відмовилося від впровадження ДЗ на танках «Абрамс» М1А1/А2. Однак після аналізу результатів бойових дій іракської війни, у пресі опубліковано повідомлення про необхідність установки ДЗ на танках, вироблених у США навіть в останні роки. Модульність танків «Леклерк» і «Леопард-2» підвищує рівень ремонтоздатності.

З впровадженням ВДЗ живучість конструкцій ДЗ вітчизняних танків зростає. Однак, її рівень не задовольняє ні замовників, ні розробників танків.

Подальші розробки Харківського конструкторського бюро з машинобудування захисних схем і конструкції ДЗ призвели до створення нової за принципом дії ВДЗ. Цей ВДЗ був розроблений в 1998 році для елементів динамічного захисту (ЕДЗ), які отримали найменування пристрої кумулятивного захисту (ПКЗ). ПКЗ присвоїли індекси ХСЧКВ-34 і ХСЧКВ-19. Розробником ПКЗ є ДП «Базовий центр критичних технологій «Мікротек» (ДП «БЦКТ Мікротек»). Це український захист, який не має аналогів в світі, була впроваджена ХКБМ на українські танки виробництва останніх років: Т-84, «Ятаган», БМ «Булат» і БМ «Оплот».

Розглянемо аналіз захисту одного з основних танків БМ «Оплот».

Броньовий захист – це сукупність виготовлених зі спеціальних сталей деталей корпусу і башти танка, що забезпечують захист екіпажу і внутрішнього обладнання танка від ракетно-артилерійського вогню противника, ударної хвилі, теплового та світлового випромінювання ядерних вибухів [2].

Динамічний захист (ДЗ) (англ. Reactive armour – реактивна броня) – захисний пристрій, принцип дії якого полягає в тому, що вмонтована між броньованих листів (пластин) речовина впливає на зниження ефективності пробивної здатності снаряду (ракет), шляхом поглинання частини його енергії (рис.1).

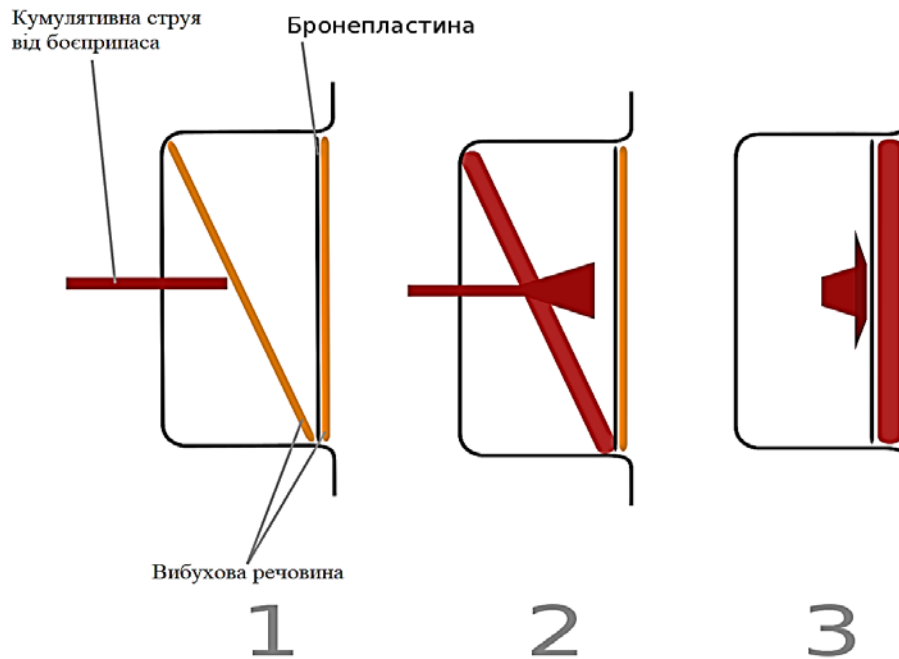


Рис. 1. Будова динамічного захисту

Існує багато різних пристроїв, де реалізується принцип динамічного впливу на протитанкові засоби (ПТЗ), що відрізняються різними варіантами конструкції та використовуваними джерелами енергії.

Речовина, що розміщується між листів, може бути вибуховою речовиною (ВР) ERA – не вибуховою та комбінованою в кілька шарів (перший ряд містить ВР розміщену між сталевими листами, а другий пасивний контейнер – з іншим високоенергетичним матеріалом).

Елементи динамічного захисту можуть розміщуватися або в спеціальних броньованих контейнерах на зовнішній поверхні танка (навісний динамічний захист) або вмонтованими прямо усередині броньованих вузлів, тобто бути складовою частиною комбінованої броні (вбудований динамічний захист). Навісний ДЗ призначений для зниження ефективності тільки від ураження кумулятивними снарядами, тоді як вбудований ДЗ є універсальним, та діє проти всіх типів протитанкових снарядів.

Корпус і башта танка БМ «Оплот» виготовлені з високоміцної протиснарядної броньової сталі з оптимальним поєднанням міцності, твердості і в'язкості.

Високі механічні властивості і бронестійкості сталей досягнуті за допомогою легування сталі певною кількістю таких хімічних елементів, як хром, молібден, нікель, марганець, кремній, ванадій та ін., а також певною термічною обробкою і зміцненням металу в результаті прокату броньових листів.

Підвищення протиснарядних і протикумулятивних властивостей броньовим сталям надають також зниження вмісту сірки і фосфору в металі і додаткове видалення шкідливих домішок електрошлаковим переплавом.

Для запобігання пробиття корпусу та башти боєприпасами з тандемними бойовими частинами, застосована протитандемний вбудований динамічний захист (ПТВДЗ) нового покоління «Дуплет», споряджений пристроями кумулятивного захисту (ПКЗ) українського виробництва типу ХСЧКВ різних модифікацій.

Танк має комбіновану систему захисту, що включає багат шарову протиснарядну броню, комплекс активного захисту (КАЗ) – «Заслін», вбудований комплекс динамічного захисту (КДЗ) «Дуплет» (Ніж-2) і комплекс оптико-електронної протидії (КОЕП) – «Варта».

Комплекс динамічного захисту «Ніж» в Україні почали розробляти у 1997-му після виникнення проблем з поставками в Пакистан танків Т-80УД, оснащених ДЗ «Контакт-5». Патент належав російському НДІ «Стали», який незадовго до підписання контракту між Україною й Пакистаном отримав міжнародний патент на цю систему динамічного захисту і затребував у заводу ім. Малишева оплату в розмірі 55 млн доларів за її використання, що на той час становило близько 10% загальної вартості контракту. У відповідь на «дружній» жест росіян, у Харкові розробили власний комплекс динамічного захисту «Ніж», ефективність якого порівняно з «Контактом-5» зросла у 2,5 рази.

Випробування модульного динамічного захисту «Дуплет» відбувалося шляхом обстрілу танка БМ «Оплот» із застосуванням вітчизняних і зарубіжних бронебійно-підкаліберних снарядів (БПС). Французький снаряд OFL 120F1 танка АМХ-56 Леклерк (бронепробиття – 700 мм) випустили з відстані 100 метрів. Після спрацювання «Дуплету» він втратив бойову здатність на 100% і залишив на броні лише вм'ятину глибиною 20 мм.

Випробування виконували багаторазово з аналогічним результатом. Навіть за стрільби з мінімальної дистанції вітчизняним чи зарубіжним БПС не вдалося пробити зовнішню плиту башти «Оплота» й дістатися до пакета комбінованого наповнювача.

Кардинальна відмінність ПТВДЗ від ВДЗ, що застосовуються, полягає в багат шаровому чергуванні елементів динамічного захисту з комбінованими елементами пасивного захисту.

ПТВДЗ призначена для забезпечення захисту танка БМ «Оплот» від ураження ПТЗ типу кумулятивних снарядів (КС), протитанкових керованих реактивних снарядів (ПТКРС), кумулятивних гранат, кумулятивно-осколкових бойових елементів (КОБЕ) типу М42 і М46, що викидаються з касетних артилерійських снарядів (КАС) типу М483 і М864 і касетних авіаційних бомб (КАБ), як зі звичайними, так і з тандемними кумулятивними бойовими частинами (БЧ), а також бронебійних підкаліберних снарядів (БПС) типу ЗВБМ17 «Манго».

Щодо динамічного захисту на озброєнні країни агресора Росії. Нещодавно Росія представила танк Т-90М «Прорыв».

Одним з аспектів модернізації Т-90М «Прорыв» став новий динамічний захист «Релікт», який традиційно позиціонується у Росії, як найкращий у світі. Проте так само заявлялось і про інший російський захист «Контакт-5», який у реальних бойових умовах вдалось оцінити українським військовим на Донбасі.

Як заявляють винахідники ДЗ «Релікт» це є найкращий захист танків для сучасних типів протитанкових снарядів, але великою негативною стороною даного ДЗ є його вартість відмінно від його прашура «Контакт-5» [6].

Ізраїльський комплекс активного захисту Trophy, яким оснащується бронетехніка Армії оборони Ізраїлю і Сухопутних військ США, погано відображає удар сучасних російських протитанкових засобів, заявив ТАСС на виставці ISDEF у 2019 джерело у військово-промисловому комплексі Ізраїлю. «Комплекс Trophy показав свою високу ефективність при відображенні одиночних запусків протитанкових ракет і реактивних гранат, в тому числі здійснених з різних напрямків. Однак комплекс активного захисту поки що не пристосований для протистояння запуску двох або трьох протитанкових засобів, здійснених з мінімальним інтервалом – саме за таким принципом працюють новітні російські системи, наприклад модернізований комплекс «Корнет» і одноразові гранатомети», – сказав співрозмовник. Джерело нагадало, що самохідний протитанковий комплекс «Корнет-ЕМ» здатний запускати пару ракет в одному промені з мінімальним часовим інтервалом, а одноразовий гранатомет РПГ-30 оснащений імітатором ракети, який випускається відразу перед пуском основного заряду. Комплексу Trophy ще тільки належить навчитися ефективно боротися з протитанковими засобами, що функціонують за цією схемою [10].

Загальний принцип дії ПТВДЗ полягає в спрацюванні першого броньового шару і шару ПКЗ після впливу на них лідируючого передзаряду тандемного боєприпасу, повної або часткової ліквідації його впливу. А потім спрацюванні наступних шарів (броньових, композитних і ПКЗ) ПТВДЗ, після впливу на них основного заряду тандемного боєприпасу або сердечників кінетичних боєприпасів, і повної або часткової ліквідації їх впливу (рис. 2). Залишковий вплив ПТЗ ліквідує пасивний захист танка БМ «Оплот».

Танк БМ «Оплот» має комбіновану систему захисту, що включає в себе пасивну броню, протитанковий вбудований динамічний захист і ряд інших систем, що підвищують виживаність танка на полі бою.

Модульна конструкція ПТВДЗ «Дуплет» не потребує обслуговування, безпечна в користуванні і передбачає швидку заміну елементів захисту при модернізації або пошкодженні.

Отже як висновок, ми бачимо, що ДЗ потребує сучасного вдосконалення для подальшого захисту танків.

Імовірно сучасні танки під час застосування ДЗ можуть забезпечити захист до 1350 мм по ходу снаряда із застосуванням ДЗ, що явно не досить для перспективи, подальше зростання захисту можливе тільки у випадку значного зростання щільності захисного матеріалу, відповідно і маси танка, шасі яких вичерпали можливості по збільшенню навантаження.



**Рис. 2.** Принцип дії вбудованого динамічного захисту

Розвиток бронетанкової техніки майбутнього тісно пов'язаний з використанням нових типів броні, оскільки зростає необхідність радикально збільшити захист танків від засобів ураження майбутнього, при цьому зі зниженням маси самого танка. Одним з шляхів є подальша розробка динамічного захисту, який ще має деякий потенціал, а рішення включають, різні варіанти електродинамічної і так званої «розумної» броні.

Зараз також ведуться розробки перспективних систем активного захисту, осколково-фугасні бойові елементи, що використовують як контрбоеприпас, який дозволить боротися з будь-яким кумулятивним боеприпасом, у тому числі тандемним, що має великий час затримки спрацьовування основного заряду, а також, дозволить ефективно впливати на оперені бронепробійні снаряди (БПС) танкових гармат, проте вирішенні проблеми забезпечення точного спрацьовування контрбоеприпасів по високошвидкісних снарядах є тяжким завданням. Експерименти, проведені впродовж останніх років, показали принципову можливість створення активного захисту, здатного захистити танки, у тому числі від оперених БПС.

### **Розробки в області постановки активного захисту на легкоброньовану техніку**

Проведений аналіз досліджень і публікацій щодо розвитку та використання броньованих автомобілів показав, що вони створюються переважно на базі шасі автомобілів багатозначного призначення (АБП) та виконують завдання з перевезення особового складу, вогневої підтримки дій тактичних мобільних груп, які знаходяться у відриві від основних сил, а також виконання спеціальних, розвідувальних, пошуково-рятувальних завдань. Вони також інтенсивно використовуються в ході проведення миротворчих операцій для виконання завдань з бойової охорони, супроводження колон, патрулювання конфліктних зон, тощо [4].

Досвід використання АБП у воєнних конфліктах останніх десятиріч, зокрема у зоні проведення АТО на сході України, показав невідповідність тактико-технічних характеристик, технічної готовності окремих типів АБП характеру завдань, які фактично вирішуються.

Однією з причин зазначеної невідповідності є низький рівень захищеності АБП та особового складу від ураження стрілецькою зброєю, осколками фугасів, мін. Такі обставини призвели до створення в ініціативному порядку, як підприємствами промисловості так і волонтерськими організаціями багатьох варіантів імпровізованих броньованих автомобілів.

У наш час ДЗ використовується в основному тільки на танках, але якщо розглянути проблематику захисту броньованих машин (БМ) та самохідних артилерійських установок (САУ), бачимо результат випробувань і постає завдання щодо посилення захисту, на допомогу приходить комплект активного захисту (КАЗ).

Саме розробки українсько-радянських конструкторів були дебютними на шляху розвитку технології активного захисту бронетехніки. США натомість досі доводиться закуповувати ці системи у своїх партнерів, і то не без проблем. У 2017 році Мініборони США повідомило, що танки «Абрамс» M1A1/A2 оснастять ізраїльськими системами Trophy, а бойові машини піхоти Bradley – системою Iron Fist від Israel Military Industries.

Однак спроба установки КАЗ Iron Fist на БМП Bradley виявилася невдалою: у машин не було достатнього запасу енергії для живлення численних датчиків, виникли ризики збоїв апаратури та зростання витрат палива. Випробування системи на навчаннях також не показали її великої ефективності саме на бронетехніці США.

Комплекс активного захисту (КАЗ) «Заслон», створений Державним підприємством «Базовий центр критичних технологій «МІКРОТЕК», призначений для захисту окремих рухомих і стаціонарних об'єктів від всіх типів ручних протитанкових гранатометів, протитанкових керованих і некерованих ракет, артилерійських кумулятивних і бронебійних снарядів зі швидкостями підльоту до цілі 70-1200 м/с. КАЗ «Заслон» має систему виявлення з мінімально необхідним радіусом дії, добре завадозахищений, малопомітний і високоефективний на полі бою.

КАЗ «Заслон» має автономну модульну структуру і без істотних внесень в конструкцію може бути встановлений на будь-які танки, легкі і важкі броньовані машини і стаціонарні об'єкти. Установка КАЗ «Заслон» на бронетехніку не збільшує габаритів носія. Загальна вага системи залежить від необхідного рівня захисту, тобто від кількості встановлюваних на об'єкт модулів (зазвичай від 3 до 6) при вазі одного модуля від 50 до 130 кг.

Комплекс активного захисту «Заслон» при установці на танк складається з пульта управління в башті, а також модулів захисту, в кожному з яких знаходиться по два боєприпаси з уражаючими елементами. На танку розміщується кілька таких модулів, при цьому чотири з них розміщуються на надгусеничних нішах танка, що забезпечує прихованість такої установки. У самому боєприпасі, окрім уражаючих елементів, також знаходиться радар виявлення цілі, що працює в міліметровому діапазоні. А в самому броньованому корпусі модуля, що забезпечує захист блоку КАЗ від куль стрілецької зброї і осколків, знаходиться і висувний пристрій. Його електродвигуни висувають боєприпаси з похідного в бойове положення після приведення системи в робочий режим екіпажем танка (рис. 3).

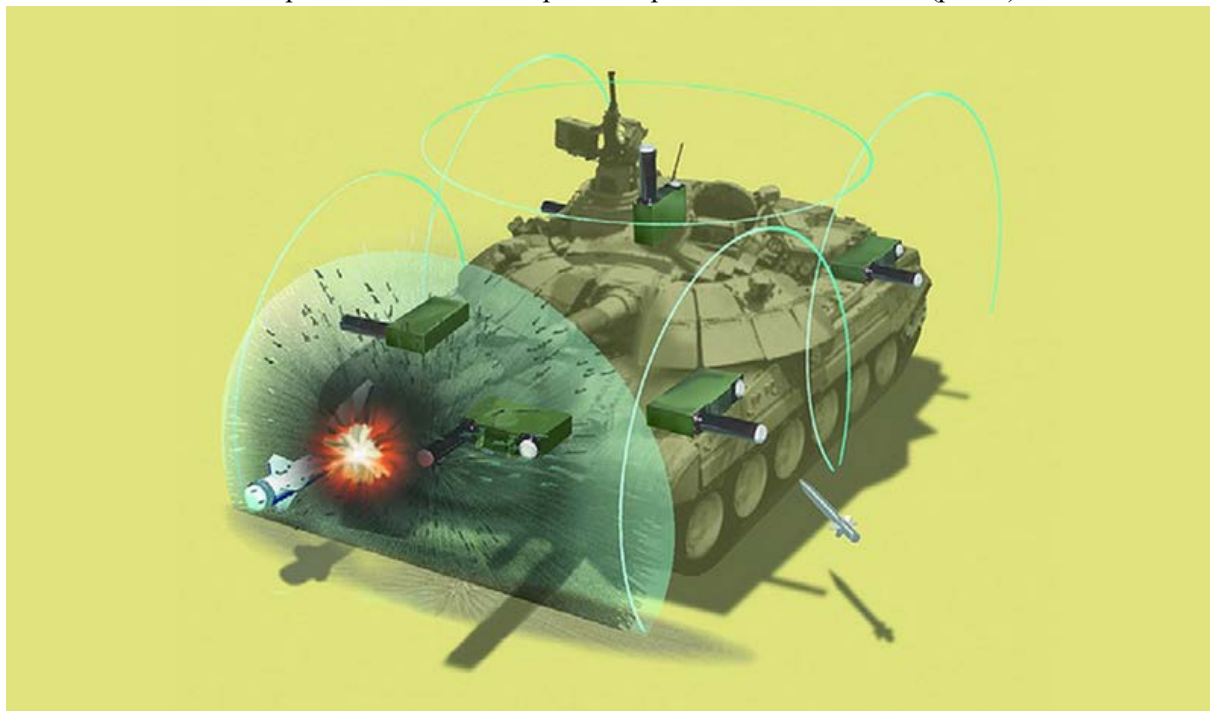


Рис. 3. Принцип роботи КАЗ «Заслон»

Після включення комплексу радар виявлення цілі кожного боєприпасу безперервно випромінює сигнал на дистанцію приблизно 2-2.5 м. Радарний датчик пропонує охоплення в 150-180 градусів по азимуту і с -6 до +20 градусів по висоті, і в разі появи в цій області атакуючого об'єкта здійснюється підриг захисного боєприпасу, який створює кругове уражувальне поле високошвидкісних осколків. Після підригу одного боєприпасу з модуля в бойове положення висувається другий.

Модулі КАЗ «Заслон» мають боєприпаси захисту, які не потребують вистрілювання назустріч цілі. Це забезпечує «Заслону» вигравш у часі реакції на загрозу і можливість перехоплення високошвидкісних цілей. Так, швидкодія «Заслону» порівняно з «Ареною» становить 0.001-0.005 проти 0.07 секунди. Під впливом вибухової хвилі і високошвидкісних осколків боєприпасів захисту

«Заслону» кумулятивні снаряди противника детонують або змінюють траєкторію. А атакуючі боєприпаси з цільним металевим корпусом в осколковій хмарі КАЗ «Заслон» змінюють свою траєкторію і або проходять поза зоною об'єкта, що захищається, або зустрічаються з основним бронюванням під кутом, що зводить нанівець здатність уражуючого елемента заподіяти шкоду танку. КАЗ «Заслон» забезпечує захист об'єкта від атакуючих зверху протитанкових засобів ураження.

Важливою особливістю захисту «Заслону» є можливість його комплексування з динамічним захистом. Система «Заслону» також може бути використана і для захисту легких броньованих машин. Більш того, вже перевірено ефективність їх захисту від простих бронебійних і бронебійних підкаліберних снарядів малокаліберних гармат. Полегшений активний захист «Заслону-Л» представляє собою знімні модулі разового використання. Два модуля розміщуватиметься на верхній лобовій частині БМП-3 і два – по бортах у вбудованому варіанті. Полегшений «Заслон» ефективний проти гранат РПГ-7 і РПГ-9 і протитанкової керованої ракети (ПТКР) [11].

Отже підприємство «Укроборонсервіс» виготовляє КАЗ, який можна використовувати для посилення захисту легкоброньованої техніки. Є перелік бойових машин які в подальшому потребують встановлення КАЗ. З основної використаної техніки в наш час в зоні ООС є бойові машини піхоти: БМП-2, БМП-1. Бойові машини піхоти (БМП) призначені для оснащення механізованих частин і підрозділів, підвищення їх маневрових і вогневих можливостей в бою, особливо щодо боротьби з броньованими цілями противника, забезпечення захищеності особового складу від ЗМУ, а також підвищення можливостей військ по подоланню водних перешкод. БМП-2 має захист тільки від патронів до калібру 12,7. Інші же патрони та снаряди без проблеми можуть пробити листи броні бойової машини. Тому доцільно було б встановити КАЗ на БМ для захисту особового складу.

Основними місцями, які потребують захист є: борти машини, вони мають лише 13мм броні; башта потребує допоміжного захисту по причині розташування бойового комплексу в башті данної машини; двигун знаходиться в передній частині машини за 20мм бронелістом.

Також доцільно посилити захист багатоцільового тягача легкоброньованого (МТЛБ). МТЛБ знаходиться на озброєнні багатьох країн світу, і безпосередньо виконує завдання в зоні бойових дій. Створений для транспортування (перевезення) людей та вантажів, також широко використовується в ролі артилерійського тягача (у деяких частинах використовується для перевезення особового складу моторизованих стрілецьких підрозділів, хоча і не призначався для цієї ролі, на відміну від прийнятих раніше на озброєння БТР-60). МТЛБ оснащений тонкою бронєю яка захищає лише від куль, тому можна розглянути доцільність оснащення активним захистом даний вид озброєння. В основному МТЛБ використовується для буксируємої артилерії та виконання завдань в зоні бойових дій.

Основними місцями, які потребують захист є бортові та лобові частини тягача для захисту особового складу який знаходиться в машині.

2С1 «Гвоздика» – радянська 122-мм САУ на базі шасі МТЛБ, яка призначена для знищення живої сили, артилерійських батареї, ДЗОТів, а також для забезпечення проходів в мінних полях і польових загородженнях. Серійне виробництво почалося на Харківському тракторному заводі ім. С.Орджонікідзе з 1971 року і тривало до початку 90-х років ХХ століття. В часи СРСР завданням самохідної артилерії було обстріл противника та зміна позиції, тому що через 20 хвилин після першого пострілу противник може нанести удар у відповідь на постріл з САУ. Але в наші часи ці розрахунки досягаються значно швидше, за секунди можна визначити місце розташування артилерійської батареї, тому постає проблема захисту САУ.

САУ 2С1 і 2С3 мають доволі тонку броню, яка захищає їх від куль та осколків, тому в той же час є доцільним встановлення активного захисту на техніку. САУ возять с собою доволі не малий боскомплект 2С1 – 40шт (122мм постілів); 2С3 – 46шт (152 мм постілів).

Тому, основні частини яким потрібне посиленій броні захист є: башта САУ в якій безпосередньо знаходяться боєприпаси; бортах САУ (як і у вище сказаному МТЛБ).

Серед нових броньованих машин розглянемо бойову броньовану машину (ББМ) «Козак-2» (рис. 4).



Рис.4. Спеціалізований броньований автомобіль «Козак-2»

Спеціалізований броньований автомобіль «Козак-2». Панцерний захист спеціалізованих автомобілів 5 класу (ПСЗА-5) призначений для перевезення особового складу, зразків озброєння, військових вантажів і майна всіма типами доріг і місцевості; проведення тактичних операцій, таких як патрулювання, супроводу транспортних засобів під час виконання спеціальних завдань; передачі розпоряджень і забезпечення зв'язку; вогневої підтримки особового складу в бою, а також для захисту вантажу, особового складу від вогню стрілецької зброї калібром 7,62 мм, осколків боеприпасів і мін. Функції забезпечення ЗС України броньованим автомобілем «Козак-2» ПСЗА-5 покладені на Центральне автомобільне управління ЗС України [12].

Броньований автомобіль розроблений на основі Спільного рішення Міністерства внутрішніх справ (МВС) України «Щодо проведення державних випробувань броньованого автомобіля для перевезення особового складу «Козак-001» від 14 липня 2015 року.

Основна відмінність розробленого у 2015 році броньованого автомобіля «Козак-2» від автомобіля «Козак-001» полягає у вищому рівні броньового захисту – корпус має рівень захисту 5 класу (ПСЗА-5) проти ПСЗА-4 у «Козак-001». «Козак-2» пройшов державні випробування згідно з наказом МВС України від 08.09.2015 р. та визначальні відомчі випробування за окремим дорученням заступника Міністра оборони України від 06 січня 2016 року та наказу директора Департаменту озброєння та військової техніки Міністерства оборони України від 13 січня 2016 року.

За результатами випробувань, 27 червня 2016 року, броньований автомобіль прийнятий на озброєння Національної гвардії України. Також проходить випробування і експлуатується Державною прикордонною службою.

Як ми бачимо автомобіль призначений для захисту екіпажу і вантажу, особового складу від вогню стрілецької зброї калібром 7,62 мм, осколків боеприпасів і мін, але вже достатньо широко використовується в зоні ООС.



**Рис.5.** Випробування бронемашини на протимінну стійкість

Машина дуже добре себе зарекомендувала, але має недоліки щодо захисту, зрозуміло що автомобілю не можна надати броню такою ж товщиною як і танку. Але для цієї машини ми можемо встановити КАЗ «Заслон», який також призначений для захисту легкоброньованої техніки. Отже, як висновок ми можемо зазначити доцільність застосування активного захисту – для окремого переліку броньованих автомобілів, які знаходяться на озброєнні ЗС України.

### **Розробки в області електромагнітної і електротермохімічного захисту**

Робота над електромагнітним захистом почалася в СРСР в інституті гідродинаміки імені Лаврентьєва в кінці 1970-х років і проводилася в США в «Максвелл Лабораторізі» в Каліфорнії і франко-німецькому науково-дослідному інституті Сент-Луїс в 1980-і роки. Активно розробки ведуться і в наші дні.

У звичайному випадку, електромагнітна броня має дві розставлені на досить великій відстані пластини, одна з яких з'єднана з конденсаторною батареєю високої напруги, а інша заземлена. Коли при ударі кумулятивний струмінь пробиває пластини, вона діє між ними як замикач і ініціює розряд електричної енергії, який викликає великий імпульс струму в ній. Це створює магнітомеханічні нестійкості в струмені, що призводить до її руйнування і різко знижує її пробивну спроможність.

Електромагнітна броня призначена для захисту проти сердечників підкаліберних снарядів, а також проти кумулятивних струменів. Як і у випадку з кумулятивним струменем, проходження через сердечники дуже великих електричних струмів також викликає нестабільність і розширення, що може привести до руйнування підкаліберних снарядів.

Зараз існують кілька підходів до створення електромагнітного захисту. Безпосередня електризація і електромагнітний пуск металевих пластин, електротермічний захист, заснована на піролізації в плазму робочого матеріалу. Вони діляться за принципом активації на самоактивуючі (безпосередня електризація, електротермічний захист) і не самоактивуючі, які впливають на атакуючий боеприпас попередньо виявивши його за допомогою радара або матриці (металеві пластини, «розумна броня»). Існують способи захисту, які об'єднують кілька принципів [5].

Також існують розробки так званої «розумної броні», яка може використовувати електроенергію для метання бойових елементів, все це ми розглянемо в даному матеріалі.

Конструкції навісного динамічного захисту засновані на принципі руйнування кумулятивного струменя тонкими металевими пластинами, розташованими під кутом до кумулятивного струму і метаючими продуктами детонації вибухової речовини при взаємодії кумулятивного струменя з пробиваючою перешкодою під кутом 60-70° від нормалі до перешкоди і оптимальних параметрах елементів динамічного захисту глибина пробиття кумулятивною струменем перепони може бути зменшена на 60-80% однак при зменшенні кута підходу від нормалі ефективність такого захисту різко падає.

Недоліком конструкцій динамічного захисту подібного типу є те, що не забезпечується в цілому високий рівень протикумулятивної дії незалежно від кутів підходу кумулятивного струменя до перешкоди і присутній ВР значної маси, що розміщується на поверхні об'єкту. Ці недоліки усуваються при використанні електродинамічної захисту.

Один з варіантів конструкції захисту (з декількома шарами бойових елементів «пристрій електродинамічної захисту тандемного типу») (рис.6), запропоноване НДІ Спеціального Машинобудування і НДІ Сталі містить імпульсне джерело електричної енергії 1, з'єднаний з утворенням електричного кола з бойовим елементом, розміщеним перед об'єктом, що захищається 5, в електричний ланцюг послідовно включені за допомогою провідників 6 з малим опором один або кілька аналогічних додаткових бойових елементів, розміщених між основним бойовим елементом і об'єктом, що захищається 5. Бойові елементи виконані у вигляді двох електродів 2 і 3, розділених діелектриком 4.

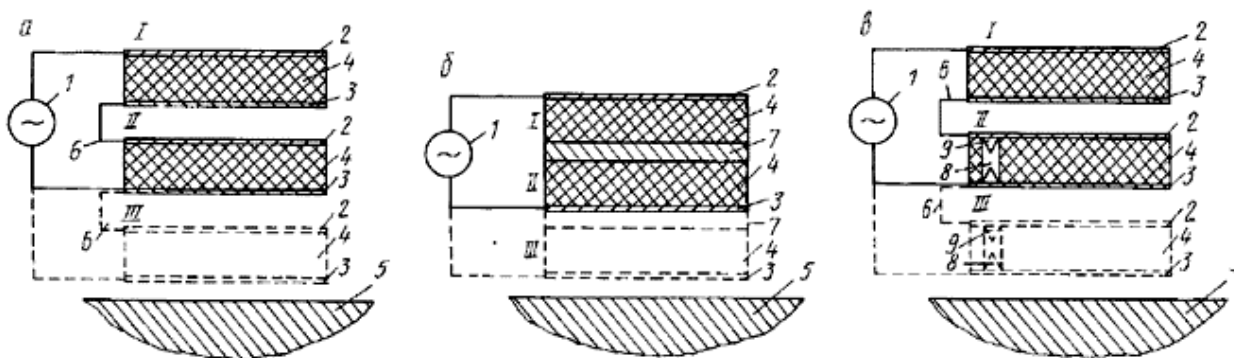


Рис 6. Принцип дії першого варіанту захисту

Електроди основного і додаткового бойових елементів, звернені один до одного, можуть бути попарно об'єднані з утворенням єдиного бойового елемента, з розміщеними в масиві діелектрика проводять роздільниками. У масиві діелектрика 4 додаткових бойових елементів можуть бути утворені наскрізні канали 8, що з'єднують електроди 2 і 3 і мають на їх звернених один до одного сторонах загострених виступи 9.

Інший варіант пристрою електродинамічної захисту (рис.7) (з використанням бойового елемента і метання пластини), тих же розробників, містить конденсаторну батарею 1 з'єднану з елементом електродинамічної захисту, виконаним у вигляді металевих пластин 2 і 4, розділених діелектриком 3, при цьому між конденсаторної батареєю 1 і однієї з пластин включений плоский індуктор 6, встановлений на основний броні 5. на стороні індуктора 6, зверненої до елементу електродинамічної захисту, встановлена додаткова пластина 7, яка при включенні індуктора 6 метастеється назустріч вражаючому елементу.

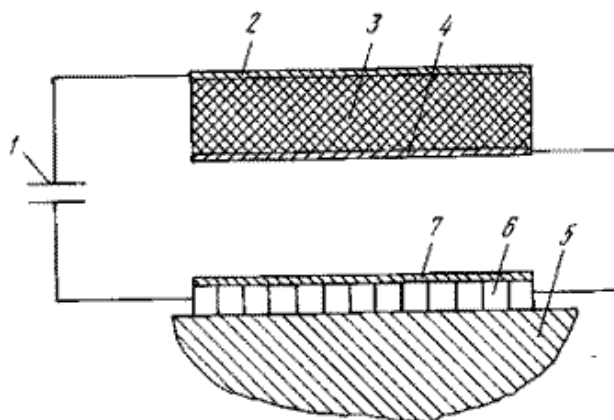


Рис 7. Принцип дії другого варіанту захисту



### «Розумна» броня

Потреба в системі попередження та управління, привела до розвитку «розумної» броні («Smart armour»), яка була предметом інтенсивних досліджень в Західних країнах.

Для реалізації системи «розумної броні» необхідно: визначення ударів, їх логічна обробка, розпізнавання загрози і управління відповідними механізмами удару у відповідь.

Розроблено ряд типів датчиків, всі з яких здатні виявляти поява повного спектру типів ударів, які становлять загрозу сучасним бойовим броньованим машинам (Рис.8). Демонструвалися групи робочих датчиків, засновані на трьох різних методах. Електричні контактні датчики використовувалися на основі майларської (Mylar) фольги, на якому надруковані малюнки металізації, розділені на дискретні області [6].

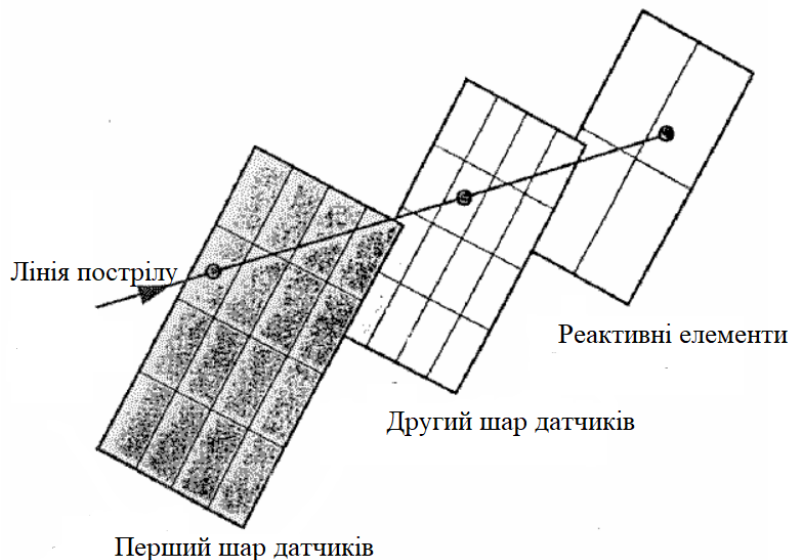


Рис 8. Типова матриця датчиків

Використовувалися також оптичні аналоги цієї електричної фольги, що включають сітки з оптичних волокон. Вони функціонували шляхом контролю ослаблення проходить світлового випромінювання вниз по волокну, коли воно розірвано. У третьому типі датчиків використовувався полівінілідендіфторид п'єзоелектричного полімеру. Дискретизовані листи цього матеріалу генерували напруги, коли піддавалися впливу, які контролювалися.

Реалізовані системи «розумної» броні здатні розрахувати траєкторію снаряда через схему броні, яка використовує місцезнаходження ударів на двох шарах датчиків, розміщених перед основною бронєю машини. Був створений логічний блок, який збирає інформацію від груп датчиків і виконує необхідну обробку, щоб визначити приблизно очікуване місце удару. Було показано, що необхідний розрахунок може бути виконаний протягом декількох мікросекунд. Для порівняння засоби нападу проходять цю відстань за 50-60 мікросекундами. Отже, можна було виготовити системи «розумної» броні, використовуючи наші методи пасивного виявлення при розміщенні датчиків на відстані не більше півметра від корпусу машини.

Ці системи здатні розпізнавати різні класи загрози на основі їх габаритів і швидкості. Швидкість засіб атаки визначається шляхом вимірювання тимчасової затримки між ударами на двох шарах датчиків, відстань між якими відомо. Кількість пошкоджених ділянок на кожному шарі датчиків показує площа поперечного перерізу. Величина виробленого сигналу зв'язується з фізичними габаритами снаряда, а час наростання сигналу зі швидкістю снаряда. Цей матеріал може також використовуватися в цілях безпеки і відключення запобіжного пристрою.

Блок «розумної» броні здатний управляти відповідною реакцією на снаряд, що атакує спрямований в область системи броні, в якій випробовується цей удар. Показано, що ця реакція може здійснюватися в межах часу між ударом по датчикам і досягненням засобом нападу основний броні.

Інтенсивно досліджувалися електромагнітний пуск оборонних елементів і безпосередня електризація снаряда противника. Безпосередня електризація надзвичайно ефективна проти кумулятивного удару, а електромагнітний пуск оборонних елементів або виконавчих органів в даний час вважається особливо перспективним для захисту від снарядів кінетичної дії.

**Висновки.**

1. Проведено аналіз захищеності танків часу СРСР, та на їх прикладі розглянуто типовий активний захист танків.
2. Розглянуті переваги і недоліки динамічного захисту зразків бронетехніки, який стоїть на озброєнні в ЗС України та арміях провідних країн світу.
3. Надано загальну інформацію про український КАЗ «Заслон» та його перспективи застосування у майбутньому.
4. Розглянута проблема відсутності активного захисту на легкоброньованій техніці.
5. Розглянута броня майбутнього, яка в найближчий час буде встановлена на новітні танки.
6. Результати проведеного аналізу повністю підтверджуються результатами розробки в області електродинамічної і електротермохімічного захисту.
7. Результати проведеного аналізу розробки вітчизняних конструкцій електродинамічного і електротермохімічного захисту мають практичне і теоретичне значення, як для розробників бронетанкової техніки, так і військово-технічних фахівців, що займаються удосконаленням конструкції бронезахисту танків.

**Список використаних джерел**

1. *Перспективи розвитку озброєння та військової техніки Сухопутних військ: аналіз поглядів учасників спеціалізованої ВНТК* // Е. В. Лучук, В. Ю. Тимчук, М. В. Чорний / *Військово-технічний збірник*, (3)-2010. – С. 112-118. <https://doi.org/10.33577/2312-4458.3.2010.112-118>.
2. *Анализ живучести динамической защиты отечественных танков* / Костин Ю.Н., Даньшин Ю.А., Дураченко В.В., Горожанин Ю.Г., Афонский П.В. // *Транспортне машинобудування. Механіка та машинобудування*, 2014. – № 1. – С. 92-101.
3. Дідур О. *Російська гордість «Володимир» проти НАТО та України* / О. Дідур. [Електронний ресурс]. – [Режим доступу]: <https://armyinform.com.ua/2019/12/rosijska-gordist-volodymyr-proty-nato-ta-ukrayinu/>.
4. Артюх А. *«Ніж» рятує українські танки* / А. Артюх. [Електронний ресурс]. – [Режим доступу]: <http://nova.net.ua/nizh-riatuie-ukrainski-tanky/>.
5. Артюх А. *Активний захист танків: історія і перспективи розвитку технології* / А. Артюх. <http://nova.net.ua/aktyvnyi-zakhyst-tankiv-istoriia-i-perspektyvy-rozvytku-tekhnologii/>.
6. Катков О. *Замість «Армати» російські елітні танкові підрозділи почали отримувати чергову модернізацію Т-72, яку Кремль назвав Т-90М «Прорыв»*. [Електронний ресурс]. – [Режим доступу]: [https://defence-ua.com/weapon\\_and\\_tech/](https://defence-ua.com/weapon_and_tech/).
7. *Защита танков* / В.А. Григорян, Е.Г. Юдин, И.И. Терехин и др.; Под ред. В.А. Григоряна. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – 327 с.
8. *Теория и конструкция танка*. – Т. 10. Кн. 2 *Комплексная защита*. – М.: Машиностроение, 1990. – 208 с.
9. Тарасенко А. *Комплексная защита бронетанковой техники. Украинский подход* // *Техника и вооружение*. – 2007. – №2. – с. 10-16, – №3. – с. 34-38.
10. ВТС «Невський БАСТИОН» А.В. Карпенко [Електронний ресурс]. – [Режим доступу]: <http://nevskii-bastion.ru/trophy/>.
11. «Укроборонсервіс» *Комплекс активного захисту «Заслон»* [Електронний ресурс]. – [Режим доступу]: <https://uos.ua/produksiya/sistemi-zashchiti/49-kompleks-aktivnoy-zashchiti-zaslon>.
12. *Ukrainian Military Pages Броневий автомобіль «Козак-2» (2015)* [Електронний ресурс]. – [Режим доступу]: <https://www.ukrmilitary.com/2015/10/kozak-2-2015>.

**Науковий керівник:** Кравчук О., к.т.н., с.н.с.

**Рецензент:** Гончарук А., к.т.н., с.н.с.

УДК 623.421.3

Топченко А.,

Масліч Н., к.т.н., доц.

Військова академія (м. Одеса)

**ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК 122 ММ. ГАУБИЦІ Д-30**

*В статті розглянуто питання щодо несправностей, ремонту вузлів та агрегатів даного зразка озброєння, можливі затримки при стрільбі та способи їх усунення.*

**Ключові слова:** Д-30, відкат, недокат, казенник, противідкотні пристрої

**Постановка проблеми.** До весни 2014 року на озброєні ЗСУ знаходилося близько сотні зразків гаубиці Д -30, до 50 систем перебували в навчальних підрозділах і закладах; та основна більшість перебували на зберіганні у різному ступені ремонтпридатності в Оржеві, Шепетівці та інших місцях. Але, на основі досвіду збройного конфлікту на сході України, максимально ефективно використавши досвід інших країн можна дійти висновку, що артилерія у військовому протистоянні продовжує відігравати важливу роль. Склад гаубиць Д-30 не тільки відновлений, але і збільшений і на сьогодні сягає близько двохсот. Проблема аналізу основних несправностей вузлів та агрегатів, способів та методів їх усунення є актуальною за рахунок власного виробництва із залученням машинобудівного потенціалу економіки України

**Мета статті.** Аналізі основних несправностей, можливих затримок та ремонт 122 мм. гаубиці пов'язаних з динамічними навантаженнями під час бойових дій та при транспортуванні гаубиці Д -30 та її сучасних світових модифікацій з метою розробити концепції організації виробництва в Україні, враховуючи при цьому можливість існуючого виробничого потенціалу і наявного технологічного обладнання машинобудівних заводів України.

**Виклад основного матеріалу.** Д-30 (Індекс ЦРАО 2А18) – буксирувана гаубиця калібру 122-мм, створена за радянських часів в кінці 1950-х років та прийнята на озброєння СРСР на початку 1960-х, ймовірно, що при її створенні були використані напрацювання німців часів Другої світової війни.

Вона перебуває на озброєнні 35 країн, без урахування країн колишнього СРСР. Належить до числа наймасовіших артилерійських систем післявоєнного періоду.

У гаубиці застосовано роздільно-гільзове заряджання. Конструкція лафета гаубиці забезпечує круговий обстріл при кутах піднесення ствола від  $-5^{\circ}$  до  $+18^{\circ}$ , та кутах піднесення від  $-7^{\circ}$  до  $+70^{\circ}$ .

Тяговий засіб гаубиці — автомобіль Урал-4320 найбільша допустима швидкість якого на асфальтовому або бетонному покритті – 80 км/год.

Модифікації гаубиці за радянських часів: Д-30 — базова модель гаубиці; Д-30А/2А18М — модернізований варіант; Д-30А-1/2А18М-1 — варіант гаубиці Д-30А з напівавтоматичним посилювачем снаряду; САУ 2С1 «Гвоздика» — самохідна артилерійська установка на базі шасі МТ-ЛБ. Має гармату 2А31 створену на основі гаубиці Д-30.

Світові модифікації 122 мм гаубиці Д-30: АМХ-Д30 Vulcano (Перу); «Тиран» (Ліван); «Semser» (Ізраїль); «Тип-85» та «Тупе-96» (Китай); SP-122 (Єгипет); D-30J (Югославія); «Саддан» (Ірак); «Халифа» та «Халифа-1» (Судан)

Серед можливих затримок та несправностей гаубиці при стрільбі можна виділити:

1. Збільшення / зменшення довжини відкату ствола (норма 730 – 930 мм); в зимові часи – замерзання рідини в гальмах відкату, як наслідок – короткі відкати; течія рідини з противідкатних пристроїв під час стрільби

Рекомендації щодо усунення – перші один-два пострілу зробити на зменшеному заряді. При стрільбі на кутах підвищення стежити за роботою блокування; при стрільбі на граничних кутах підвищення на багnistому чи м'якому ґрунті стежити, щоб не було удару казенника об ґрунт; при інтенсивній стрільбі стежити, щоб були відкриті вікна на люльці для охолодження противідкатних пристроїв.

2. Несправності затвору – не працює утримувач снаряду; при заряджанні знаряддя затвор не закривається або закривається неенергійно; осічка затвору.

Методи усунення несправностей: прочистити гніздо, замінити пружину із ЗПП, замінити заряд; розібрати ударний механізм, вичистити та змастити деталі.

3. Несправності механізмів наведення та врівноважуючого механізму: туго працює механізм наведення; туго працює наведення при збільшенні і зменшенні кутів підвищення ствола; туго працює підйомний механізм при збільшенні (зменшенні) кутів підвищення ствола; Падіння тиску у врівноважуючому механізмі.

Способи усунення несправностей: після стрільби зробити чистку, видалити бруд з сектора та шестерні валу, змастити механізми передач, відрегулювати гвинтом тиск в зрівноважуючому механізмі.

4. Несправності ствола: хиткість дульного гальма, послаблення кріплення дульного гальма.

Усунення несправностей: необхідно зачистити пази дульного гальма та руби, замінити шпонку; зняти стопорний дріт, вигвинтити болти, зняти фіксатора, догвинтити гайку та знову застопорити її фіксатором.

5. Витік рідини з гальма, з накатника.

Усунення: піджати сальникове набивання або замінити його. Якщо теча не припиниться, гальмо відкоту відправити до капітального ремонту. Замінити комір. Замінити кільця. Догвинтити або замінити замочний вентиль.

**Висновок:** Підтримка гаубиці в справному стані забезпечується наступним технічним обслуговуванням: 1) контрольний огляд; 2) поточне обслуговування; 3) технічне обслуговування №1; 4) технічне обслуговування №2; 5) сезонне обслуговування, що проводиться у встановлені терміни.

#### Список використаних джерел

1. <https://republic.com.ua/article/ukrainskiy-arsenal-gaubitsyi-d-30.html>
2. [https://uk.wikipedia.org/wiki/122-%D0%BC%D0%BC\\_%D0%B3%D0%B0%D1%83%D0%B1%D0%B8%D1%86%D1%8F\\_%D0%94-30](https://uk.wikipedia.org/wiki/122-%D0%BC%D0%BC_%D0%B3%D0%B0%D1%83%D0%B1%D0%B8%D1%86%D1%8F_%D0%94-30)
3. <http://www.dogswar.ru/forum/viewtopic.php?f=9&t=369>
4. 122мм гаубиця Д-30 (2А18М) Технічний опис та інструкція з експлуатації.

*Рецензент:* Кнауб Л., д.т.н., проф., Військова академія (м. Одеса)

УДК 623.486:681.5

**Трусов Б.,**

**Головань А.,** к.н.т., доц.

**Будур О.**

*Військова академія, (м. Одеса)*

#### СИСТЕМА ОХОРОНИ АРСЕНАЛІВ, БАЗ, СКЛАДІВ З БОЄПРИПАСАМИ

*Захист периметра – особливо важливий елемент комплексу заходів безпеки військових арсеналів, об'єктів військово-промислового комплексу і т. д. Системи охорони периметрів дозволяють отримати найбільш ранню інформацію про проникнення порушника на територію, що захищається, на підставі якої приймаються попереджувальні та оперативні заходи щодо своєчасної нейтралізації можливих протиправних дій на об'єкті, що охороняється. Тому периметрові засоби – головна складова частина всіх комплексів технічних засобів охорони, що є основою будь-якої системи фізичного захисту об'єкта.*

**Ключові слова:** арсенал, база, склад, боєприпаси, периметр.

**Постановка проблеми.** Актуальність роботи обумовлена необхідністю розробки рекомендацій щодо проектування охоронних систем на основі застосування сучасних технологій. Периметрові засоби виявлення займають особливе місце в системі технічних засобів охорони і по ряду інших причин. Перш за все, умови їх експлуатації відрізняються великою різноманітністю і широким діапазоном впливу кліматичних і геолого-географічних факторів, на багатьох об'єктах існують численні перешкоди техногенного характеру: акустичні та вібраційні – від транспорту, електромагнітні – від електроустаткування і ліній електропередачі. Безпосередньо в зоні контрольованої засобами виявлення, можуть активно діяти і різні біологічні об'єкти – тварини, птахи.

Таким чином, «корисний» сигнал від порушника виникає в умовах величезного числа зовнішніх дестабілізуючих факторів. Причому діапазон основних характеристик корисних сигналів і перешкод, як правило, перекриваються, що викликає необхідність застосування складних і витончених алгоритмів їх обробки. Важко знайти інші галузі приладобудування, в яких має місце таке розмаїття збігаються в часі факторів перешкод. Тому саме периметрові засоби охорони визначають сьогодні науково-технічний потенціал розробників на ринку охоронних технологій.

Різноманітність умов застосування периметрових засобів виявлення роблять практично неможливим використання будь-якого одного або декількох типів апаратури. Вибір найбільш оптимального комплексу засобів виявлення для охорони периметра визначається також конфігурацією і конструкцією периметрової огорожі, наявністю і розмірами так званої «зони відчуження», поведінковими

моделями потенційного порушника: його можливостями подолання кордону який охороняється, характером зовнішніх факторів, техногенними умовами роботи системи охорони, вимогами до замаскованих сигналізаційних систем, ну і, природно, фінансовими можливостями замовника. Ці умови і визначають необхідність створення широкої номенклатури периметрових засобів виявлення.

Кожен об'єкт має тільки йому притаманні умови утримання і охорони, і він повинен бути забезпечений всім необхідним різноманітністю засобів виявлення порушника. Модифікацій і видів засобів виявлення повинно бути стільки, скільки є видимим можливих варіантів захисту конкретних об'єктів від конкретних вторгнень. З іншого боку, різноманітність периметрових засобів – одна з умов підвищення ефективності систем фізичного захисту за рахунок можливості багатоваріантного проектування, створення елементів несподіванки і невизначеності в системі захисту для потенційного порушника. В даний час на ринку охоронних технологій пропонуються сотні датчиків, заснованих на різних фізичних принципах дії, як вітчизняного, так і зарубіжного виробництва.

У зв'язку з підвищенням загрози скоєння терористичних актів, диверсійних дій з боку противника та інших загрозливих факторів, найбільш вразливим та небезпечним для Збройних Сил є спроба диверсії на арсеналах, базах або складах. Вони вважаються частинами підвищеної небезпеки тому що на них зберігається чимала кількість ракет та боєприпасів, і вторгнення ворога на технічну територію є неприпустимим завданням. Як показує досвід на протязі 18 років після вибухів на арсеналах, ми повинні удосконалювати та проектувати нові, та більш безпечні охоронні системи які дозволять нам уникати даних подій в подальшому.

**Мета статті** полягає в розробці рекомендацій щодо проектування охоронних систем на арсеналах, базах та складах. Тому 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.

**Виклад основного матеріалу.** *Периметр – перша лінія захисту об'єкта.*

Периметр – зовнішній контур (межа) території, що захищає об'єкт, несанкціоноване подолання якого повинно викликати сигнал тривоги із зазначенням (можливо, більш точним) місця подолання.

До цілей захисту периметра відноситься охорона людей, будівель, споруд і майна. Саме від цілей захисту залежить визначення простору загроз, де може статися несанкціоноване втручання і може бути організований терористичний або кримінальний акт.

Захист територій великої площі – задача досить складна, перш за все, завдяки протяжності периметра. У ряді випадків великі об'єкти мають всередині периметра ще додаткові для захисту локальні зони – найбільш важливі і відповідальні центри – зосередження матеріальних цінностей або життєво важливих пунктів.

Навіть при патрулюванні території своєчасне виявлення факту проникнення в зону що охороняється не завжди можливо. Тому для охорони периметрів до сьогодні використовувалися різного роду інженерні споруди, наприклад кріпосна стіна, рів з водою і перекинутий через нього підйомний міст. Згодом для захисту периметра методи охорони змінювалися, вбираючи в себе нові досягнення інженерної думки, то функції, виконувані системою, в цілому залишилися незмінними: 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.

Периметральна межа об'єкта є найкращим місцем для раннього детектування вторгнення, тому що порушник взаємодіє в першу чергу з фізичним периметром і створює обурення, які можна зареєструвати спеціальними датчиками. Якщо периметр являє собою огорожу у вигляді металевої решітки, то її доводиться перерізати або долати зверху; якщо це стіна або бар'єр, то через них потрібно перелізти; якщо це стіна або дах будівлі, то його потрібно зруйнувати; якщо це відкрита територія, то її потрібно перетнути.

Всі ці дії викликають фізичний контакт порушника з периметром, який надає ідеальну можливість для електронного виявлення, тому що він створює певний рівень вібрацій, що містять специфічний звуковий «образ» вторгнення. При певних умовах порушник може уникнути фізичного контакту з периметром. В цьому випадку можна використовувати «об'ємні» датчики вторгнення, зазвичай грають роль вторинної лінії захисту [5].

Доцільно розглядати периметр об'єкта, що охороняється в тривимірній системі координат. Координата «Х» може представляти напрямок, перпендикулярний огорожі периметра з зонами попереджувальними, що загороджують, сигналізують або загороджувально – сигналізують. Координата «Y» при цьому позначає напрямок уздовж огорожі периметра з зонами доступу і постами охорони. Координата «Z» може вказувати висоту огорожі і додаткових пристроїв, конструкцій з сигналізують елементами, що ускладнюють дії порушника.

Напрямок «Z» – не тільки висота периметра, але в більшій мірі саме основна перешкода для порушника при спробах звершення несанкціонованих дій (НСД). Саме огорожа перешкоджає вільному проходу на територію і змушує порушника вдаватися до різних способів його подолання (перелаз, підкоп або пролом огорожі). Міцність і стійкість огорожі до різного роду НСД (дію різними механізмами, таранними навантаженнями, вибуховими речовинами) забезпечують в першу чергу його конструкція і матеріал. Посилення захисту здійснюється установкою на висоті огорожі периметра додаткових механічних колючих, гостроріжучих засобів або застосуванням спільно з ними сигналізуючих систем, електрошокових пристроїв.

Напрямок «У» – довжина периметра. Саме в цьому напрямку встановлюються технічні засоби захисту та охорони периметра (ТЗЗОП) і розміщуються основний (центральный) вхід і в'їзд на територію у вигляді контрольно-пропускного пункту (КПП), додаткові (допоміжні) пункти аналогічного призначення (пункти доступу), а також можливі пункти спостереження (вишки).

При організації пунктів доступу повинні вирішуватися такі основні завдання забезпечення:

- захист поста охорони і зв'язку з підрозділами по периметру і на території об'єкта;
- захист від несанкціонованого проходу відвідувачів або проїзду автотранспорту;
- контроль ситуації в зоні пункту охорони;
- отримання встановленої режимом охорони службової і тривожної інформації з охоронних зон периметра об'єкта;
- передача службової і тривожної інформації за встановленим протоколом;
- виконання регламенту з контролю та управління доступом;
- зберігання та облік інформації, що надійшла (в рамках встановлених вимог).

У зв'язку з підвищенням загрози скоєння терористичних актів приймаються суворі заходи по обмеженню доступу до під'їзду на об'єкт. Спочатку були рекомендовані бетонні блоки, розташування яких не давало прямого руху до проїзду на територію. Потім з'явилися антитерористичні перепони у вигляді висувних блоків-розподільників та багатофункціональних висувних систем, антипроривні дорожні блокувальні пристрої (леза або болларди).

Найбільшу складність представляє напрямок «Х». Це пов'язано з широкими можливостями по вибору і застосуванню різних технічних рішень, створення рубежів охорони і зон постійного або періодичного спостереження. Саме в цьому напрямку необхідно обґрунтовувати створення зон попереджувальних перед огорожею (зона перегороджують) і після (зона сигналізують).

Розгляд осі «Х» може бути представлено для категорій об'єктів. Зазвичай – поділ всіх передбачуваних об'єктів захисту на дві групи: функціональної небезпеки і функціональної значущості.

Перша група могла б мати дві категорії: об'єкти захисту потенційної (категорія 1) і підвищеної небезпеки (категорія 2). Друга група функціональної значущості могла б мати 4 категорії:

- об'єкт державного значення (категорія 3);
- об'єкт значення регіонального або суб'єкта Федерації (категорія 4);
- об'єкт особливого значення (категорія 5);
- об'єкт цивільного значення (категорія 6).

При проходженні порушником двох перших зон (що запобігає і огорожувальної) вирішальне значення має сигналізуюча або загороджувально-сигналізуюча зона за огорожею. Саме з цими зонами пов'язані основні питання щодо створення кількості рубежів охорони і за вибором технічних засобів для кожного кордону.

*Рівні системи захисту і охорони периметра.*

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 ТС АТПКЗ поза об'єктом (перед огорожею), на його периметрі і всередині території.

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 ТС АТПКЗ 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. 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 ТСЗОП поза об'єктом (перед огорожею) і на його кордоні і оптимальним в окремих зонах на периметрі, на контрольно-пропускних пунктах і на території.

З огляду на вищесказане, можна розділити об'єкти і за рівнями СЗОП. Перший рівень може бути обов'язковим для об'єктів 1-й і 2-ї категорій з попереджувачими діями служб охорони і безпеки (час реагування має бути менше або дорівнює періоду подолання системи захисту передбачуваним порушником). Цей рівень також може бути застосований для окремих об'єктів категорії 5.

Другий рівень може бути обов'язковим для окремих об'єктів категорій 3-5. Третій рівень захисту буде в цьому випадку обов'язковим для об'єктів категорії 6 і залишилися категорій 3-5. Другий і третій рівні можуть мати встановлений час після прибуття на місце порушення, рівне або трохи більше, ніж розрахунковий час з подолання системи захисту передбачуваним порушником. Рівні захисту встановлюються при визначенні категорії об'єкта [4].

#### *Функціональні зони охорони периметра.*

При організації периметрової охорони об'єкта його внутрішня територія (площа під охороною) повинна бути умовно розділена на кілька функціональних зон: захисна, зона виявлення, спостереження, стримування, ураження, в яких розташовуються відповідні технічні засоби.

Найважливіша зона – захисна – може розглядатися як захист від усіх способів можливого проникнення: перелаз, пролом і підкоп.

При захисті від пролому можуть розглядатися конструкції:

- протитаранні з максимальною стійкістю до пролому;
- 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 перегороджують.

Зона виявлення (ЗВ) – зона, в якій безпосередньо розташовуються периметрових СО, виконують автоматичне виявлення порушника і видачу сигналу «Тривога». Розміри зони в поперечному перерізі можуть змінюватися від декількох сантиметрів до декількох метрів.

Зона спостереження (ЗС) – призначена для стеження за допомогою технічних засобів (телебачення, радіолокація і т.д.) за обстановкою на підступах до кордонів зони, що охороняється і в її просторі, починаючи від рубежів.

Зона фізичного стримування (ЗФС) призначена для затримання порушника при просуванні до мети або під час втечі. Організовується за допомогою інженерних загороджень, що створюють фізичні перешкоди при переміщенні зловмисника. Інженерні загородження являють собою різні види зборів, козирків, спіралей з колючої стрічки і дроту, ровів, механічних затримуючих перешкод і т.п.

Слід зазначити, що в багатьох випадках ЗВ і ЗФС поєднуються.

Зона засобів фізичної нейтралізації і поразки (ЗНП) – призначена відповідно для нейтралізації і поразки зловмисників. У більшості випадків розташовується в ЗВ і ЗФС. У цій зоні розміщуються засоби фізичного впливу, які в загальному випадку підрозділяються на електрошокові, сліпучі (спалахи), приголомшуючі, задушливі, що обмежують можливість вільного переміщення (швидко застигаюча піна), засоби нейтралізації і поразки – вогнепальна зброя, мінні поля і т.д.

**Вимоги до побудови технічної системи і охорони периметра.**

При побудові технічної системи захисту і охорони периметра (ТСЗОП) в першу чергу встановлюється функціональне призначення об'єкта, його привабливість для здійснення несанкціонованих дій (НСД). Далі встановлюється ряд можливих загроз, а також дій чи характеристик передбачуваного порушника. Визначення цілей захисту необхідно в розробці моделі об'єкта і ТСЗОП.

До основних характеристик моделі відносяться:

- можливі канали проникнення на об'єкт;
- ймовірні способи подолання технічних засобів захисту (ТЗЗ) і охорони (ТЗО);
- встановлення кількості рубежів захисту і охорони;
- визначення ймовірності виявлення порушників технічними засобами, встановленими на рубежах охорони, а також надійності цих засобів;
- виявлення інформованості, підготовленості, їх потужності та оснащеності порушників.

Процес боротьби з погрозами може бути представлений трьома етапами: запобігання, виявлення і ліквідація наслідків загроз. Запобігання та виявлення загроз може вирішуватися ТСЗОП, а їх ліквідація – справа відповідних служб охорони і безпеки. Для одних об'єктів завданням ТСЗОП є недопущення скоєння порушником диверсії, тобто порушник повинен бути виявлений і нейтралізований на підступах до мети. На інших об'єктах допускається здійснювати затримання порушника під час або після проникнення на територію, що охороняється. При виконанні подібних завдань різним може бути час прибуття служб охорони або безпеки до місця вторгнення порушника на зону об'єкта. Завдання ТЗОП встановлюються при розгляді характеристик і властивостей передбачуваних порушників. У першому випадку час прибуття має бути менше або дорівнює часу подолання огорожі і рубежів захисту порушником, у другому воно може бути більше, але не більше встановленого організаційними заходами. Цілком очевидно, що сили охорони об'єктів в цих випадках мають неоднаковий запас часу для нейтралізації порушника і що рівень захищеності периметра не може бути однаковий для різних за призначенням і функцій об'єктів.

Основним показником ефективності в цілому системи захисту і охорони периметра є можливість своєчасного припинення несанкціонованого доступу порушників в послідовності: попередження, виявлення, ускладнення, припинення несанкціонованого доступу і затримання осіб, які беруть участь у вчиненні (сприяють вчиненню) несанкціонованого доступу.

Комплекс ТСЗОП повинен забезпечувати необхідний рівень ефективності для передбачуваних «моделей» порушників, маршрутів руху і способів здійснення несанкціонованого доступу. При цьому необхідно забезпечувати: виявлення спроби вчинення несанкціонованого доступу на всьому периметрі об'єкта; запобігання і / або припинення несанкціонованого доступу на всіх ділянках; периметра в межах встановленого часу; блокування порушників.

Ці завдання можуть вирішуватися: складом, кількістю, умовами розміщення пристроїв захисту і охорони в поєднанні з діями служб охорони і безпеки щодо запобігання і ліквідації порушень; встановленням мінімально допустимого часу реагування – служб охорони на сигнали тривоги; зовнішнім спостереженням за зонами, що охороняються; застосуванням систем контролю і управління доступом і охоронних телевізійних засобів.

При цьому необхідно враховувати:

- функціональне призначення об'єкта, його привабливість для звершення НСД;
- місце розташування об'єкта (наявність поруч інших будівель, населеність території, доступність підходу до огорож території об'єкта);
- розміри, протяжність і конфігурацію периметра, межі охоронних зон і рубежів охорони;
- наявність водного кордону або межі, розташованої поблизу піднесеної, гірській місцевості;
- умови розміщення предметів фізичного захисту;
- режим роботи об'єкта;
- види і способи охорони.

Кожен з наведених факторів значною мірою визначає і встановлює вимоги до ТСЗОП.

**Висновки.** Тактика захисту периметра може бути відкритою і прихованою. Відкрита тактика передбачає відсутність спеціальних заходів щодо скритності розміщення технічних засобів охорони об'єкта. При цьому використовуються кошти, що мають характерні візуально-розпізнаючі чутливі елементи. Для загороджувальних ТЗО – це спеціальні конструкції полотна або козирка огорожі,



закріплені на полотні огорожі або козирка, кабелі та датчики, сполучні коробки. Для інших ТЗО – це характерні стійки приймачів, система проводів і т.д. При відкритій тактиці захисту потенційний порушник бачить, що периметр добре укріплений, і може відмовитися від підготовки і виконання своєї акції. «Цілеспрямований» порушник, природно, буде намагатися обійти чутливі зони ТЗО.

Прихована тактика вимагає застосування ТЗО, у яких чутливі елементи або відкрито не видно, або вони замасковані під місцеві предмети. Найбільшу прихованість забезпечують пасивні ТЗО без характерних випромінювань в простір, які можуть бути виявлені спеціальними приладами. Звичайно, при виборі даної тактики слід враховувати складність забезпечення прихованості ТЗО на периметрі, пов'язану з більшою, як правило, вартістю укритті ТЗО і з додатковими, часто досить істотними, витратами на маскування ТЗО. а також з необхідністю прийняття організаційних та інших заходів для виключення витоку інформації від персоналу об'єкта, яка зведе на ні всі заходи по прихованості ТСО і підступи до зовнішньої огорожі об'єкта і від злодіїв.

#### Список використаної літератури

1. Журнал «Атоміум» // Наука і техніка, № 1 (5), 2003, с. 78-83.
2. Інформаційний бюлетень «Терна Info» № 31, май 2006.
3. Журнал «Облаштування & Ремонт» // Безпека та охорона № 3, 2005.
4. Журнал «Системи безпеки» // Охоронні системи та засоби керування системами №3, 2007 р
5. Журнал «Спеціальна техніка» // Пристрої для безпеки та охорони приміщень №3, 1999.
7. Лисий В. М. Інтегровані системи фізичного захисту.// Системи безпеки, зв'язку і телекомунікації, 1999, № 29, с. 16.
8. Журнал Спеціальна техніка » //Периметрова охоронна сигналізація. № 5,2003 р.

УДК 623.45:623.485

**Турчанов В.,**

**Кушнар'ова Г.,** к.т.н., доц.

*Військова академія (м. Одеса)*

#### ОБГРУНТУВАННЯ РОЗРАХУНКІВ ТЕХНІЧНИХ СПОРУД ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ ЗРАЗКІВ РАО ТА БОЄПРИПАСІВ

*Розроблена методологія розрахунку та проектування залізобетонних фортифікаційних споруд в умовах зберігання зразків РАО та боєприпасів.*

**Ключові слова:** ЖВАБС, РАО, БП, міцність, пробивання, НП.

**Постановка проблеми.** Найголовнішою задачею арсеналів, баз, складів є забезпечення зберігання і підтримання високого рівня технічного стану зразків РАО, технічного стану запасів боєприпасів, а також постійної готовності до виконання робіт у будь-який час доби та у будь-якій обстановці.

На протязі 18 років з 2002р. на Україні відбувалися пожежі та вибухи на арсеналах, складах та базах артилерійських снарядів. При цьому із – за пожерів була евакуйоване населення міст, де відбувалися аварії, зруйновані споруди, в яких зберігалися зразки РАО та боєприпасів.

**Мета статті.** Визначити найбільш доцільне для використання приміщення для здійснення зберігання зразків РАО та боєприпасів необхідно розробити новітні рекомендації для військ щодо створення (побудови) надійних оборонних споруд, які відповідають всім сучасним вимогам і враховують діючі стандарти армії НАТО.

**Виклад основного матеріалу.** В сучасному світі існує багато військових конфліктів. Дуже важливо зберегти більшість особового складу, озброєння та військової техніки від усіх засобів ураження противника. Захист військ від різних видів зброї забезпечується проведенням цілого ряду заходів, серед яких найбільш ефективним є інженерне обладнання місцевості: до якого відносять фортифікаційне обладнання опорних пунктів, позицій і районів розташування підрозділів. Застосування різних типів відкритих і закритих фортифікаційних споруд в достатній кількості на позиціях і в районах розташування військ дає можливість знизити втрати особового складу та техніки до мінімальних розмірів та забезпечити збереження боєздатності частин і підрозділів.

Найбільш надійний захист від звичайних засобів ураження забезпечують захисні споруди, які зводяться шляхом котловинних або підземних робіт, що забезпечують захист не тільки від механічної дії засобів ураження (удару, вибуху, надлишкового тиску), а і від отруйних і радіоактивних речовин, запальних засобів, бактеріальних аерозолів і проникаючих іонізуючих випромінювань [1].

Відповідно до чинних нормативних документів необхідно на всіх етапах при проектуванні і будівництві враховувати цілу низку факторів, які дозволяють забезпечити: надійність, довговічність, економічність споруд. Для цього потрібно виконувати прогноз зміни характеристик слабких ґрунтових умов ділянки будівництва, що в ряді випадків може призвести до збільшення навантаження під час експлуатації та необхідності більш швидкого введення споруд у експлуатацію.

Зараз в сучасному світі використовують 3D принтери при будівництві. Використовують відомі матеріали (ґрунт, пісок з різноманітними добавками) з яких друкують макети будинків. Наприклад, італійський робототехнік Енріко Діні створив принтер D-Share і надрукував макет двоповерхового будинку. Матеріали макету будинку був пісок і неорганічний компаунд. Міцність отриманого матеріалу вчені зіставляють із залізобетоном.

Інститут Архітектури Каталонії використовував для друку споруди на 3D принтері ґрунт з добавками. Цей матеріал має властивості розтягу у три рази більше ніж у глини.

Дослідницька інженерна команда армії США надрукувала великий будинок всього за 21 годину. Будівля барачного типу є результатом трирічної програми армії США “Army Construction Engineering Research” (ACES) з лабораторією в Шампані, Іллінойс (рис.1,2).



**Рис.1.** Процес роботи будівельного 3D принтера



**Рис. 2.** Казарма, що надрукована на 3D принтері

Будівля схожа на звичайний будинок та вимагає менше енерговитрат на опалення та охолодження. ACES скорочує кількість використовуваних будівельних матеріалів в два рази і дозволяє друкувати з використанням місцевих матеріалів. Зменшення потреби в робочій силі становить 62%, в порівнянні з будівництвом фанерних конструкцій [2].

Таким чином, в сучасних реаліях, надійні фортифікаційні споруди мають першорядне значення – створюють реальну можливість забезпечення безпеки війська на належному рівні (необхідну розрахункову ступінь захисту) і забезпечують лінію оборони.

Особливості функціонування арсеналів, баз і складів для зберігання зразків РАО та боєприпаси, вимагає особливої уваги до питань живучості, під яким слід розуміти здатність органу зберігання виконувати свої функції в об'ємі не нижче встановленого рівня як у мирний, так і в воєнний час. Місця зберігання зразків РАО та боєприпасів (склади, сховища, кімнати для зберігання зброї, приміщення (шафи, ящики) з особистою зброєю, ставниці) обладнуються електрозвуковою і світловою (крім шаф з особистою зброєю, ставниць) сигналізацією, яка має працювати і в разі відключення промислової електромережі, з прихованим виводом сигнальних пристроїв на пульт до чергового частини – від кімнати для зберігання зброї, від ставниці у вартовому приміщенні (загальна кімната) [3].

В сучасних умовах, коли Україна прагне вступу до НАТО, актуального значення набуває необхідність вивчення досвіду провідних армій НАТО та удосконалення існуючого та знову набутого практичного досвіду Збройних Сил України.

На протязі 18 років з 2002 р. відбувалися вибухи на складах зберігання артилерійських снарядів в таких містах: Артемівськ (склад корпусу); м.Новобогданівка (5000 тисяч вагонів); м.Лозова (14000 тисяч вагонів); м.Сватово (склад сектору); м.Балаклея (арсенал); населений пункт Новоянісоль Донецької області (польовий склад 56 омпбр); м.Калинівка (арсенал); м.Ічня (арсенал).

Під час аварії та пожег були евакуйовані населення цих міст та найбільш близько розташованих сел. Були зруйновані житлові будинки, об'єкти інфраструктури, промисловості та соціальні сфери.

У наслідок катастроф, аварій гинуть люди, багато людей отримують поранення. Пожежа на складі в Балаклії відбулася 23 березня 2017 року. У наслідок катастрофи загинула 1 жінка ще 4 особи поранені. Були пошкоджені 256 будівель, у тому числі 231 житловий будинок (114 приватних і 117 багатоквартирних), 22 об'єкти інфраструктури та промисловості, 12 об'єктів соціальної сфери, у тому числі 2 школи й 2 дитячі садки. 29 березня 2017 року Кабінет Міністрів України виділив 100 млн. грн. на відновлення інфраструктури Балаклії та району. Значно гіршими стали наслідки для обороноздатності країни, пов'язані з дефіцитом боєприпасів.

Коротке ознайомлення з основними типами споруд польової фортифікації вказує на те, що арсенал технічних засобів зміцнення місцевості в умовах сьогодення досить широкий та різноманітний. При правильному та своєчасному застосуванні він в змозі забезпечити рішення задач щодо захисту військ від сучасних засобів ураження на полі бою.

Для зберігання майна на АБС існують різні типи складських споруд: сховища з кондиціонуванням повітря; опалювані сховища; неопалювані сховища;

навіси, закриті з одного-трьох боків або відкриті;

майданчики відкритого зберігання.

*Сховище з кондиціонуванням повітря* – споруда, що має спеціальне устаткування, що забезпечує регулювання значень параметрів кліматичних чинників в заданих межах.

*Опалюване сховище* – споруда, обладнана системами опалення і вентиляції для підтримання температури і відносної вологості повітря в заданих межах і забезпечує захист майна від впливу атмосферних опадів, вітру, пилу, піску, сонячної радіації та різких температурних перепадів. Опалюване сховище може бути обладнано вентиляцією як природною, так і штучною.

*Неопалюване сховище* – споруда, обладнана для зберігання майна і забезпечує його захист від атмосферних опадів, сонячної радіації, пилу, піску, вітру, різких перепадів температури і відносної вологості зовнішнього повітря. Неопалюване сховище обладнується додатковими пристроями для забезпечення природної вентиляції.

*Навіс* – споруда напівзакритого типу (покрівля на опорах зі стінами чи без них), що охороняє майно від прямого впливу опадів та частково від сонячної радіації.

*Майданчик відкритого зберігання* – відкрита ділянка території, пристосована та обладнана для зберігання майна, але яка не забезпечує захисту їх від впливу навколишнього середовища. Майданчик відкритого зберігання використовується як тимчасове місце зберігання боєприпасів, до вивільнення місць у сховищі.

Підлога навісів від середини до країв повинні мати нахил 1 – 2°. У разі підвищення підлоги над поверхнею землі менше ніж на 0,2 м навколо навісів повинні вириватися водовідвідні канали (кювети). Дахи повинні бути з достатнім напуском, що захищає від затікання води в штабель.

Знову споруджені навіси повинні будуватися з негорючих матеріалів. Дерев'яні конструкції існуючих навісів повинні оброблятися вогнезахисним сумішшам, а місця їх дотику з ґрунтом – антисептиком в установлені терміни [4].

Залізобетонні захисні фортифікаційні споруди мають велике розповсюдження в загальній оборонній системі багатьох держав. В першу чергу завдяки високій міцності та довговічності таких споруд. У таких спорудах відмічена певна специфіка роботи бетону в умовах високошвидкісних ударів

Тому необхідно розробити методологію розрахунку та проектування залізобетонних елементів та конструкцій в умовах високошвидкісних ударних навантажень [5].

*Для залізобетонних споруд визначають вид та клас бетону.*

Для призначення виду і класу бетону та умов армування повинні бути розраховані:

геометричні параметри розрахункової стіни або перекриття фортифікаційної споруди: розрахунковий проліт; висота; товщина;

параметри вогневої зброї, вогнепальний вплив, якої повинно витримувати захисне покриття: швидкість підходу боєприпасу до захисної товщі; маса боєприпасу; калібр снаряду; висота головної частини снаряду

До побудови будь-якої споруди, а особливо фортифікаційної споруди необхідно провести інженерно-геологічну розвідку місцевості, на підставі результатів якої, потрібно уточнити місце возведення споруди та його тип і вирішити питання організації робіт і складання плану споруди.

*Визначення необхідної товщини захисних конструкцій.* Для визначення товщини захисних конструкцій необхідні такі дані:

геометричні параметри розрахункової стіни або перекриття фортифікаційної споруди;

параметри вогневої зброї, вогнепальний вплив, якої повинно витримувати захисне покриття; клас та тип бетону, із заданими фізико – механічними характеристиками; схема та параметри армування, що планується.

*Встановлюється вплив армування на міцність бетону.*

Динамічні характеристики бетону вибраного класу та типу знаходяться за формулами:

- коефіцієнт динамічного зміцнення при розтязі

$$DEF = DEF_c^{2/3};$$

- розрахунковий опір стиску при встановленому динамічному впливі

$$f_{c,d} = DEF \times f_c;$$

- розрахунковий опір розтягу при встановленому динамічному впливі

$$f_{ct,d} = DEF \times f_{ct};$$

- модуль деформацій при встановленому динамічному впливі

$$E_{c,d} = E_c \cdot DEF_c^2;$$

- деформаційні характеристики

$$\varepsilon_{cl,d} = \varepsilon_{cl} \cdot DEF_c;$$

Коефіцієнти динамічного зміцнення арматурної сталі необхідно визначати за графіком, наведеним на рис.3.

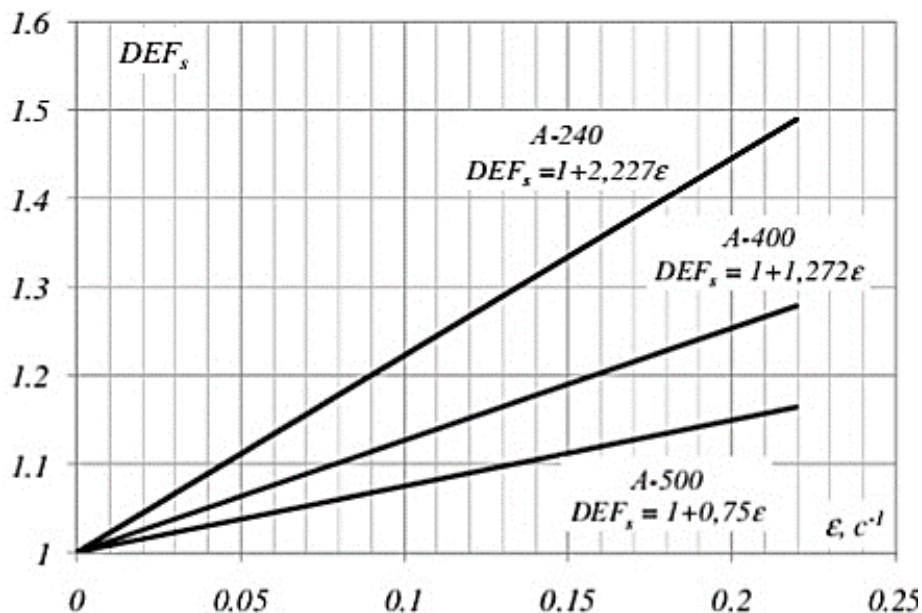


Рис. 3. Зміна коефіцієнта зміцнення арматурної сталі залежно від швидкості зміни деформації  
Встановлюється вплив армування на міцність бетону.

Якщо всі умови виконуються, то вважається, що вид і клас бетону вірний. За невиконання умови необхідно збільшити товщину захисного покриття та повторити розрахунок.

**Висновок.** На основі всього викладеного можна стверджувати, що дана тема розрахунків безпечних споруд для збереження зразків РАО та БП залишається актуальною, а тому потребує подальшого всебічного та глибокого дослідження.

#### Список використаних джерел

1. Військові фортифікаційні споруди: підручник / С.І. Дяков, О.Л. Колос, А.А. Верстівський та ін. - Львів: НАСВ, 2018. - 318 с. - ISBN 966-2699-78-4.
2. Робота Т.В./Сучасні проблеми фортифікаційних споруд для збройних сил України – Збірник тез доповідей, 5 Всеукраїнської науково-практичної конференції “Спільні дії військових формувань і правоохоронних органів держави: 13-14 вересня 2018р. –Військова академія (м.Одеса), с.81-83.
3. Українська радянська енциклопедія: у 12 т. / гол. ред. М.П. Бажан, редкол.: О.К. Антонов та ін. - 2-ге вид. – К.: Головна редакція УРЕ, 1974 – 1985 р.

4. Українська радянська енциклопедія: у 12 т. / гол. ред. М.П. Бажан, редкол.: О.К. Антонов та ін. – 2-ге вид. – К.: Головна редакція УРЕ, 1974 – 1985 рр.

5. Бабич Е.М., Кочкаръов Д.В., Філіпчук С.В. Основні положення розрахунку захисних фортифікаційних споруд./ Рівне: НУВГП. – 2019 – с.72-80

*Рецензент: Лебедєв Б., к.т.н., доц., Військова академія (м. Одеса)*

УДК 355.411

Угольніков О., к.ф.-м.н., доц.

Войтович Б.

Військова академія (м. Одеса)

## ВПРОВАДЖЕННЯ НОВІТНІХ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ЗБІЛЬШЕННЯ ПОКАЗНИКІВ БЕЗАВАРІЙНОСТІ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ НА МАРШІ

*В роботі наведено результати аналізу основних методів підвищення показників безаварійності автомобільної техніки, пов'язаних з вибором придатних до застосування та достатньо ефективних технічних засобів.*

**Ключові слова:** *марш, безаварійність, технічні засоби, глобальна навігаційна система.*

**Постановка проблеми.** Безаварійність автомобільної техніки (АТ) на марші є одним з важливих чинників своєчасності виконання завдання підрозділом і частиною. Загальнодоступними стають новітні технічні засоби, які дозволяють отримувати інформацію про стан оточуючого середовища та місцезнаходження АТ. Ця інформація може дозволити суттєво покращити показники безаварійності автомобільної техніки на марші у разі її застосування при впровадженні в автомобілі новітніх технічних засобів. Ці ж засоби принципово можуть дозволити підвищити живучість автомобільних колон на марші та зменшити втрати у разі нападу противника на колону.

**Мета статті:** на підставі аналізу відомих технічних рішень розробити пропозиції щодо впровадження новітніх технічних засобів для збільшення показників безаварійності автомобільної техніки на марші.

Завдання, що сприяють досягненню мети дослідження:

- аналіз сучасних умов і вимог до автотехнічного забезпечення підготовки і здійснення маршу частин і підрозділів;
- вибір придатних до застосування та достатньо ефективних технічних засобів для збільшення показників безаварійності автомобільної техніки;
- розробка пропозицій щодо впровадження новітніх технічних засобів в автомобільну техніку.

**Виклад основного матеріалу.** Марш – організоване пересування підрозділів у колонах по дорогах і колонних шляхах для своєчасного виходу в призначений район або на зазначений рубіж. Він може здійснюватися в передбаченні вступу в бій або поза загрозою зіткнення з противником.

Під маршовими можливостями підрозділів прийнято розуміти спроможність їх до пересування своїм ходом з одного району до іншого в установлений час із збереженням боєздатності. В усіх випадках марш повинен здійснюватися з максимально можливою для даних умов швидкістю. Залежно від завдань та умов обстановки підрозділи можуть здійснювати марш із тилу до фронту (при переміщенні з глибини до району бойових дій), уздовж фронту (при перегрупуванні), в різні періоди року і доби, в умовах різної прохідності місцевості та за будь-якої погоди. Марш здійснюється приховано, як правило, вночі або в інших умовах обмеженої видимості, а в ході бойових дій та в глибокому тилу своїх військ – і вдень. Маршрути руху не повинні проходити через великі населені пункти, вузли доріг, тіщини, поблизу залізничних станцій (портів, аеропортів). У всіх випадках командир повинен забезпечити прибуття підрозділів у призначений район або на вказаний рубіж своєчасно, в повному складі й готовності до виконання бойового завдання.

Головними показниками маршу є:

- середня швидкість руху;
- величина добового переходу;
- загальна протяжність маршруту.

Середня швидкість руху на марші та величина добового переходу залежать від одержаного завдання, вміння командирів водити колони, технічного стану машин, стану маршрутів, пори року та доби, погодних умов, рівня підготовки водіїв (механіків-водіїв), а також від організації та забезпечення маршу.

Послідовність та зміст роботи командира:

- вивчає по карті маршрут руху, його протяжність та прохідність, умови здійснення маршу, рубежі і час можливої зустрічі з противником, місця і час привалів, а також місця, час і порядок дозаправлення техніки, харчування особового складу та поповнення запасів матеріальних засобів, які витрачаються в ході маршу;

- оцінює маршові можливості штатних та приданих підрозділів;

- визначає допустимі швидкості руху та розмір дистанції між машинами з метою захисту від високоточної зброї по ділянках маршруту та розраховує час руху по кожному з них;

- оцінює характер місцевості, умови захисту і маскування в районах привалів, денного (нічного) відпочинку і зосередження;

- визначає обсяг інженерного обладнання районів та проводить розрахунки;

- визначає порядок спостереження та підтримання зв'язку в ході маршу.

Для забезпечення високих показників безаварійності автомобільної техніки, в тому числі й на марші, пропонуються та втілюються в практику сучасні системи та засоби запобігання зіткненням.

Наприклад, в [1] запропонована система безпеки автотранспортних засобів при русі в колонах, яка включає в себе: блок збору первинної інформації, інформаційно-обчислювальний блок та інформаційно-виконавчий блок, при цьому блок збору первинної інформації містить блок задання режиму "головна машина, машина в колоні", радар поздовжнього руху об'єктів класу "технічний зір", радар поперечного руху об'єктів (відеосенсор), датчик наявності перешкод в "мертвій зоні", аналізатор розпізнавання типів перешкод на шляху прямування автотранспорту (автомобіль, велосипед/мотоцикл, пішоход, нерухомий предмет), датчик нічного бачення, датчик контролю габаритної ширини рухомого автомобіля спереду, автономний блок пам'яті, супутниковий навігатор; інформаційно-обчислювальний блок містить блок живлення, блок "включення/відключення" всієї системи, веб-камеру з переговорним пристроєм в кабіні водія, накопичувач інформації про перешкоди по ходу руху автотранспорту, інформаційно-аналітичний блок управління і контролю, автономний блок пам'яті. Система забезпечує контроль дистанції та швидкості автотранспортних засобів, що встановлюються старшим колони в автоматичному режимі, контролюються показники функціонального стану водія, а у випадку наростання їх критичних відхилень та відхилень параметрів руху автоколоні і кожного автомобіля в автоколоні, появи перешкод перед автомобілем, відбувається автоматична безпечна зупинка із збереженням безпеки автотранспорту та дорожнього руху з включенням світлової та звукової сигналізації на автотранспортних засобах, що знаходяться у складі колони з попередженням про це інших учасників дорожнього руху.

Таким чином, запропонована в [1] система безпеки автотранспортних засобів при русі в колонах базується на контролі заданих старшим колони параметрів руху, постійному автоматичному моніторингу таких параметрів руху, як збереження траєкторії руху всієї колони, дистанція між автомобілями, швидкість кожного автомобіля в колоні в залежності від швидкості головного (першого) автомобіля, контроль поздовжнього та поперечного руху об'єктів на шляху руху автоколоні, підтримка дистанції та швидкості автотранспорту за рахунок функції «автопілот», що задається і контролюється дистанційно старшим колони, наявність перешкод та розпізнавання типів перешкод на шляху прямування автоколоні, контроль функціонального стану водія з передачею інформації старшому колони; все це дозволяє значно підвищити рівень безпеки автотранспортних засобів при русі в колонах та знизити кількість ДТП.

Згідно даних шведської страхової компанії Folksam, у Швеції рівень завдання шкоди людям в сучасних автомобілях Volvo нині на 60 відсотків нижче у порівнянні з середнім сучасним автомобілем. Це досягається за рахунок використання нової архітектури SPA, яка дозволяє досягти значних покращень як у випадку зіткнення, так і для впровадження інноваційних функцій допомоги водієві, які забезпечують можливість його уникнення. Архітектура SPA покликана полегшити інтеграцію передових функцій, дозволяючи швидко впроваджувати нові технології в таких областях як мікропроцесорне обладнання, датчики і камери [2]. Ця архітектура є системою із чотирьох основних компонентів – це динамічні характеристики автомобіля, безпека, кузов та інформаційно-розважальні засоби. Водій всебічно оточений технологіями, які захищають його та забезпечують

контакт із зовнішнім світом. Водій і пасажери повністю оточені рішеннями, які забезпечують продумане поглинання енергії незалежно від типу зіткнення. Компанія постійно вдосконалює технології безпеки, такі як ремені безпеки, система захисту від плітьових травм, подушки безпеки і надувні завіси. В автомобілях на базі нової архітектури SPA переднатяжувачі ременів безпеки забезпечують утримання людей в сидіннях до і в процесі зіткнення, своєчасно забезпечують натяг ременів безпеки, щоб утримати людей в сидіннях під час зіткнення.

Автоматичний адаптивний круїз-контроль (Adaptive Cruise Control (ACC)) для автотранспортних засобів на автомагістралях передбачає застосування радіолокаційних датчиків в автомобілі. Метою цього застосування є одночасне керування швидкістю руху і відстанню до транспортного засобу попереду на основі заданої необхідної швидкості через помірне втручання в управління двигуном і гальмування [3].

В [4] проведено аналіз існуючих розробок та конструктивних особливостей систем запобігання зіткненням автомобілів. Розглянуті пристрої технічного зору, які розробляються у світі та втілюються в автомобілях. Вони можуть бути виконані із застосуванням різних фізичних полів та принципів побудови. Відомі радіолокаційні, оптичні, лазерні, ультразвукові, інфрачервоні та телевізійні пристрої.

Радіолокаційні пристрої, які вже згадувалися раніше, мають переваги в умовах поганої видимості. Вони не втрачають працездатності вночі, в тумані, під час помірної дощу та при задимленості. Їх застосування забезпечує точне вимірювання дистанції між двома автомобілями та підтримання заданої дистанції. Принципово система може автоматично управляти й двигуном автомобіля, на якому вона встановлена, для підтримання потрібних параметрів руху. Однак такі системи мають суттєвий недолік, пов'язаний з необхідністю випромінювання радіохвиль у простір. Таке випромінювання може демаскувати колону, тому застосування радіолокаційних пристроїв має бути обмеженим відповідно до умов пересування колони з урахуванням можливостей засобів радіотехнічної розвідки противника.

До активних засобів технічного зору, які є джерелами випромінювання, також належать лазерні локатори, які до того ж можуть бути шкідливими для оточуючого середовища, та ультразвукові локатори (сонари). Тому при виборі засобів технічного зору важливо брати до уваги можливості їх виявлення засобами технічної розвідки противника.

До пасивних засобів технічного зору можна віднести оптичні, телевізійні й інфрачервоні засоби технічного зору. Вони є більш прихованими для виявлення засобами розвідки противника, але, на відміну від активних засобів, не дозволяють точно визначати дистанцію між автомобілями.

Слід відзначити телевізійні системи, які можуть використовувати інфрачервоне (ІЧ) випромінювання. Такі системи дозволяють оглядати дорогу, її узбіччя і автомобіль, який рухається попереду. Система може застосовуватись вночі, при поганій видимості вдень, в разі засліплення фарами та при русі в тумані. Завдяки наближенню вигляду зображення до оптичного вони можуть суттєво допомагати водіям для попередження зіткнень автомобілів.

Супутникові навігатори також можуть розглядатись як пасивні засоби визначення координат. Рішенням уряду США з 1 травня 2000 року режим вибіркового доступу (SA – Selective Access) був відключений, при цьому точність визначення координат складає до 3-10 метрів, що дозволяє розглядати застосування глобальної навігаційної системи (GPS) як додаткового засобу для забезпечення безаварійності автомобільної техніки на марші [5]. Можливості такої системи щодо забезпечення безаварійності потребують додаткового, більш поглибленого дослідження і можуть бути, наприклад, пов'язані із вибором оптимального маршруту руху колони в умовах напруженого трафіку в місті.

Таким чином, проведений стислий аналіз технічних засобів, які можуть застосовуватись для збільшення показників безаварійності автомобільної техніки на марші. Відомі джерела вказують, що сучасні технічні засоби при їх системному застосуванні можуть запобігати зіткненням автомобілів при русі у складі колони, а також покращити можливості своєчасного виявлення перепон на шляху руху.

**Висновки.** Сучасний розвиток технологій і наявний досвід розробки технічних засобів зору у світі принципово дозволяють створювати автоматичні системи безпеки автомобільної техніки на марші. Для запобігання зіткненням автомобілів при русі у складі колони можуть застосовуватись технічні засоби зору різної фізичної природи. При створенні системи безпеки військової автомобільної техніки на марші необхідно здійснити вибір і раціональне комплексування таких засобів, виходячи з обмежень, які накладаються не тільки природними умовами та технічними характеристиками автомобільної техніки, але й повинні урахувати можливості технічними засобами розвідки противника з викриття колон.

**Список використаних джерел**

1. Дем'янчук Б.О. Основи технічного забезпечення. Обґрунтування рішень: навчальний посібник з грифом МОН / Б.О. Дем'янчук, О.В. Малишкін. – Одеса: Військова академія. – 2014. – 240 с.
2. Дембовский Б. М. Развитие тактики в локальных войнах и вооруженных конфликтах второй половины XX столетия: Навчальний посібник. / Б. М. Дембовский, В.В. Стрижевський. – К.: НАОУ. – 2001. – 250 с.
3. Наказ МОУ від 24.12.2010 р. № 690 “Про затвердження Тимчасового керівництва з обліку військового майна у Збройних Силах України”.
4. Стратегічний оборонний бюлетень України на період до 2015 року (Біла книга України). – К.: Аванпост-прім, 2004. – 96 с.
5. Бойові документи з управління технічним забезпеченням. Частина 1. Навчальний посібник. – К.: КІСВ, 1996. – 121 с.

УДК 697.94+681.88

**Цебеняк М.,****Букарос А.,** к.т.н., доц.*Військова академія (м. Одеса)***МОДЕЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНИХ РЕЖИМІВ УСТАТКУВАННЯ  
АВТОМАТИЗОВАНИХ ЗВУКОМЕТРИЧНИХ КОМПЛЕКСІВ**

*В роботі проведено дослідження систем стабілізації температури повітря спеціального устаткування автоматизованих звукометричних комплексів при дії зовнішніх збурень засобами комп'ютерного моделювання. Запропоновано структурну схему імітаційної моделі системи кондиціонування повітря. У якості прикладу, при різних температурах навколишнього середовища, проведено дослідження динамічних властивостей системи кондиціонування повітря апаратного контейнеру автоматизованого звукометричного комплексу АЗК-7.*

**Ключові слова:** автоматизований звукометричний комплекс, система кондиціонування повітря, АЗК-7.

**Поставлення проблеми.** «Стратегія національної безпеки України» передбачає оснащення Збройних Сил України високотехнологічними зразками озброєння і військової техніки (ОВТ). Складові перспективних і існуючих зразків ОВТ (апаратні машини зенітно-ракетних, звукометричних та радіолокаційних наземних комплексів, бойові пости та інформаційні системи кораблів тощо) використовують високочастотне мікропроцесорне обладнання і силову електроніку. Існуючі централізовані системи охолодження і кондиціонування, системи охолодження апаратних машин бойових наземних комплексів недосконалі: мають низькі енергетичні показники, створюють шуми і вібрації, використовують застарілі принципи керування і стабілізації параметрів, не завжди забезпечують необхідні режими охолодження, що унеможливило високоефективне використання ОВТ у складних експлуатаційних умовах. Підвищена чутливість радіоелектронної апаратури, використовуваної в складних зразках ОВТ, до умов експлуатації вимагає точної підтримки в апаратних приміщеннях параметрів мікроклімату: температурного режиму, рівня вологості, чистоти повітряних потоків тощо.

Деякі з вказаних параметрів можуть підтримуватися в необхідних межах системами вентиляції і кондиціонування повітря (СКП). Забезпечити високу якість роботи СКП, яка є однією з ключових складових систем життєзабезпечення об'єктів озброєння і військової техніки, неможливо без використання сучасних засобів автоматичного керування.

СКП досить широко поширені на об'єктах та спорудах військового призначення: військові частини та шпиталі, польові мобільні приміщення, апаратні зв'язку та керування, транспортні засоби тилового забезпечення. Найбільший інтерес з точки зору керування представляють СКП, які працюють в широко мінливих польових умовах, та від ефективності роботи яких суттєво залежить боєздатність військ. Прикладом таких систем можуть слугувати сучасні СКП автоматизованих звукометричних комплексів (АЗК) [1].

Одним із завдань автоматизації роботи СВКП передбачає розробку і реалізацію ефективних систем керування холодопродуктивністю кондиціонера. Створення таких систем досить ускладнено значною мінливістю динамічних властивостей СКП, як об'єкта керування. Аналіз таких властивостей при проектуванні СКП можливий за допомогою засобів імітаційного моделювання і використання законів фізики. Саме тому розробка простих і ефективних для практичного застосування в озброєнні і військовій техніці імітаційних моделей СКП є актуальним.



**Мета статті** полягає у вирішенні науково-практичної задачі удосконалення систем стабілізації температури повітря спеціального устаткування АЗК при дії зовнішніх збурень шляхом створення імітаційної моделі, що дозволить ураховувати зміни коефіцієнтів теплопрохідності і параметрів навколишнього середовища.

Мета досягається теоретичним та комп'ютерним дослідженнями імітаційної моделі СКП АЗК, розробкою методики визначення основних параметрів додаткових ланок керування, що дозволить інтегрувати такі ланки в існуючі системи.

**Виклад основного матеріалу.** Найбільш простий спосіб стабілізації температури повітря охолоджуваного об'єкту, який використовується в СКП, – зміна середнього значення витрати холодильного агента (ХА) шляхом періодичного вмикання і вимикання компресора.

Необхідність стабілізації температури повітря в приміщенні, а, отже, і температури кипіння ХА обумовлена тим, що при заданих теплових навантаженнях, компресор кондиціонера повинен підтримувати величину тиску всмоктування достатню для повного відведення пари з випарника.

Очевидно, що при двохпозиційному регулюванні роботи компресора температура кипіння змінюється в заданих межах, і її середнє значення дорівнюватиме необхідному.

Цикл роботи кондиціонера при двопозиційній управлінні складається з двох ділянок:

- неробочий (компресор відключений, температура ХА підвищується);
- робочий (компресор працює, температура ХА знижується).

Диференційне рівняння, що описує динаміку температури кипіння на робочій ділянці циклу [2]:

$$T_{\text{вр}} \frac{dt_0(\tau)}{d\tau_p} + t_0(\tau) = t_{0\text{вст}}, \quad (1)$$

де  $T_{\text{вр}} = \frac{C_{\text{в}}}{(k_{\text{в}} \cdot F_{\text{в}})_{\text{п}} + a}$  – постійна часу випарника на робочій ділянці циклу;

$t_0$  – температура кипіння ХА, °С;

$t_{0\text{вст}}$  – температура кипіння ХА, що встановилася;

$\tau_p$  – час роботи компресора;

$C_{\text{в}}$  – сумарна теплоємність металу випарника й киплячого ХА, Дж/°С;

$k_{\text{в}} \cdot F_{\text{в}}$  – коефіцієнт теплопрохідності випарника, Вт/°С [3];

$a$  – постійна, що визначається за паспортним даними компресора.

Температура кипіння ХА, що встановилася, у свою чергу визначається як:

$$t_{0\text{вст}} = \frac{(k_{\text{в}} \cdot F_{\text{в}})_{\text{п}} \cdot t_{\text{п}} - c}{(k_{\text{в}} \cdot F_{\text{в}})_{\text{п}} + a}, \quad (2)$$

де  $t_{\text{п}}$  – температура охолоджувального об'єкту (приміщення), °С;

$c$  – постійна, що визначається за паспортним даними компресора.

Диференційне рівняння, що описує динаміку температури кипіння на неробочій ділянці циклу [2]:

$$T_{\text{внр}} \frac{dt_0(\tau)}{d\tau_{\text{нр}}} + t_0(\tau) = t_{\text{п}}, \quad (3)$$

де  $T_{\text{внр}} = \frac{C_{\text{в}}}{(k_{\text{в}} \cdot F_{\text{в}})_{\text{нр}}}$  – постійна часу випарника на неробочій ділянці циклу;

$\tau_{\text{нр}}$  – час зупинки компресора.

Диференційне рівняння, що описує динаміку температури охолоджуваного обладнання (приміщення) на робочій ділянці циклу:

$$T_{\text{пр}} \frac{dt_{\text{п}}(\tau)}{d\tau_p} + t_{\text{п}}(\tau) = t_{\text{пвст}}, \quad (4)$$

де  $T_{\text{пр}} = \frac{C_{\text{п}}}{k_{\text{н}} \cdot F_{\text{н}} + (k_{\text{в}} \cdot F_{\text{в}})_{\text{п}}}$  – постійна часу охолоджуваного обладнання (приміщення) на робочій ділянці циклу;

$t_{п\text{вст}}$  – температура охолоджуваного обладнання (приміщення), що встановилася;  
 $k_n \cdot F_n$  – коефіцієнт теплопровідності стін приміщення, Вт/°С;  
 $C_n$  – теплоємність охолоджуваного приміщення, Дж/°С.

Температура охолоджувального об'єкту (приміщення), що встановилася, у свою чергу визначається як:

$$t_{п\text{вст}} = \frac{k_n \cdot F_n \cdot t_n + (k_b \cdot F_b)_p \cdot t_0}{k_n \cdot F_n + (k_b \cdot F_b)_p}, \tag{5}$$

де  $t_n$  – температура зовнішнього середовища, °С.

Диференціальне рівняння, що описує динаміку температури охолоджуваного обладнання (приміщення) на неробочій ділянці циклу:

$$T_{пнр} \frac{dt_n(\tau)}{d\tau} + t_n(\tau) = t_n, \tag{6}$$

де  $T_{пнр} = \frac{C_n}{k_n \cdot F_n + (k_b \cdot F_b)_{пнр}}$  – постійна часу охолоджуваного обладнання (приміщення) на неробочій ділянці циклу.

Аналіз рівнянь (1), (3), (4) і (6) показує, що в СКП одночасно йдуть два взаємозалежні процеси зміни температури кипіння й повітря охолоджуваного обладнання (приміщення), які досить точно можна описати аперіодичними законами [4], як показано на рис. 1.

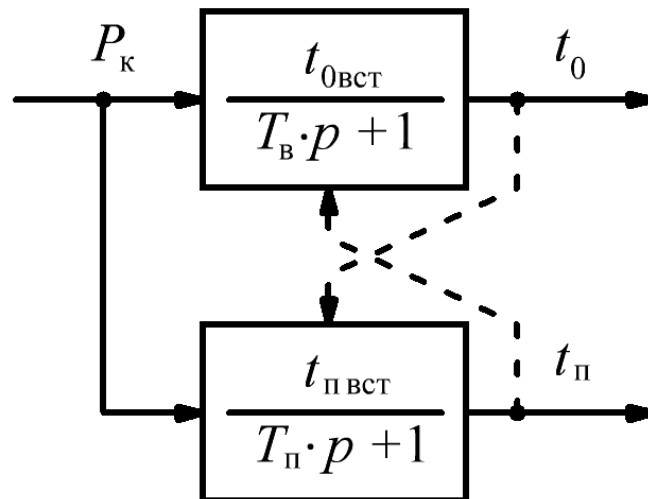
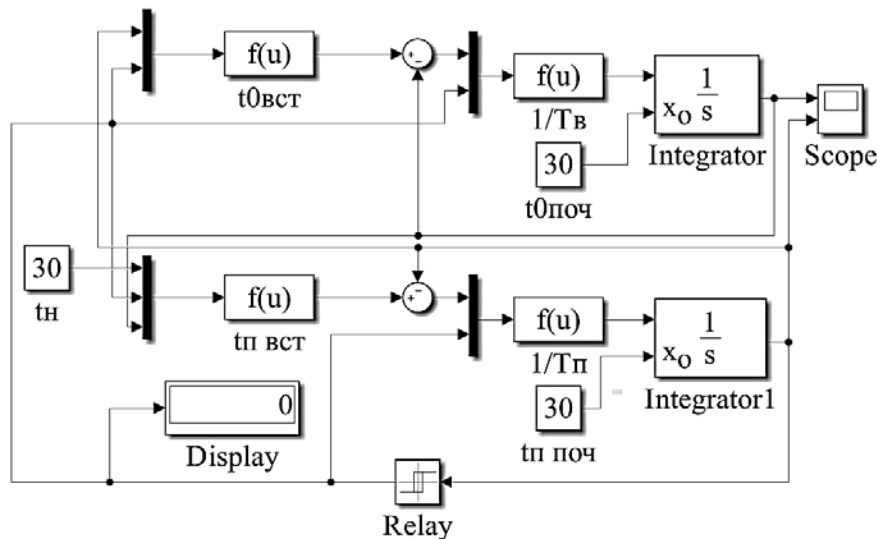


Рис. 1. Структурна модель СКП

На рис. 1 передатні функції випарника й охолоджуваного приміщення мають змінні коефіцієнти передачі й постійні часу. Постійна часу  $T_b$  може приймати значення  $T_{вр}$  або  $T_{внр}$ , а постійна часу  $T_n - T_{пр}$  або  $T_{пнр}$  залежно від відносної потужності стискування компресора  $P_k$ , яка може приймати значення  $P_k > 0$  (компресор включений) і  $P_k = 0$  (компресор виключений).

Реалізація структури, показаної на рис. 1, у будь-якому загальновідомому середовищі моделювання не викликає труднощів, якщо отримані передатні функції представити у вигляді інтеграторів, охоплених одиничними негативними зворотними зв'язками. Розглянемо побудову імітаційної моделі СКП на прикладі середовища моделювання Matlab/Simulink (рис. 1).



**Рис. 2.** Імітаційна модель СКП при двохпозиційному регулюванні температури

На рис. 2 наведена імітаційна модель СКП із двопозиційним регулюванням температури повітря охолоджуваного об’єкту (приміщення) та прийняті наступні позначення:

- $t_n$ ,  $t_{0пoch}$ ,  $t_p поч$ , відповідно, блоки завдання температури навколишнього середовища  $t_n$ , початкового значення температури кипіння  $t_{0пoch}$  й повітря охолоджуваного приміщення  $t_p поч$ ;
- $t_{0вст}$ ,  $t_p вст$ , відповідно, блоки розрахунку значень, що встановилися, температури кипіння  $t_{0вст}$  по формулі (2) 2 та температури повітря охолоджуваного об’єкту (приміщення)  $t_p вст$  по формулі (5);
- $1/\Gamma_b$ ,  $1/\Gamma_p$ , відповідно, блоки розрахунків постійної часу випарника  $\Gamma_b$  й охолоджуваного об’єкту (приміщення)  $\Gamma_p$  для робочої й неробочої ділянки циклу роботи СКП;
- Integrator, Integrator1 – блоки-інтегратори з можливістю завдання початкового значення вихідного сигналу;
- Relay – блок, що імітує двопозиційне реле температури;
- Scope – блок побудови залежностей температури кипіння й повітря охолоджуваного об’єкту (приміщення) у функції часу.

Моделювання на основі структурної схеми імітаційної моделі, наведеної на рис. 4, проведено для СКП апаратного контейнеру АЗК-7 холодопродуктивністю 2,5 кВт з паспортними даними:

- теплоємність випарника  $C_b = 40$  кДж/°С;
- теплоємність обладнання апаратної  $C_p = 100$  кДж/°С;
- коефіцієнти теплопровідності випарника: на робочій ділянці циклу  $(k_b \cdot F_b)_p = 60$  Вт/°С, на неробочій ділянці циклу  $(k_b \cdot F_b)_{np} = 32$  Вт/°С;
- коефіцієнт теплопровідності огорожень контейнеру  $k_n \cdot F_n = 50$  Вт/°С;
- постійні коефіцієнти характеристики компресора:  $a = 35$  Вт/°С,  $c = 1,3$  кВт;
- температура охолоджувального обладнання  $t_p = 19...21$  °С;
- початкова температура випарника й охолоджуваного об’єкту (приміщення) прийнята рівній температурі навколишнього середовища.

На рис. 3 наведені отримані залежності температури кипіння й повітря охолоджуваного об’єкту (приміщення) при температурі навколишнього середовища 30 і 35 °С за модельний час, що відповідає трьом годинам.

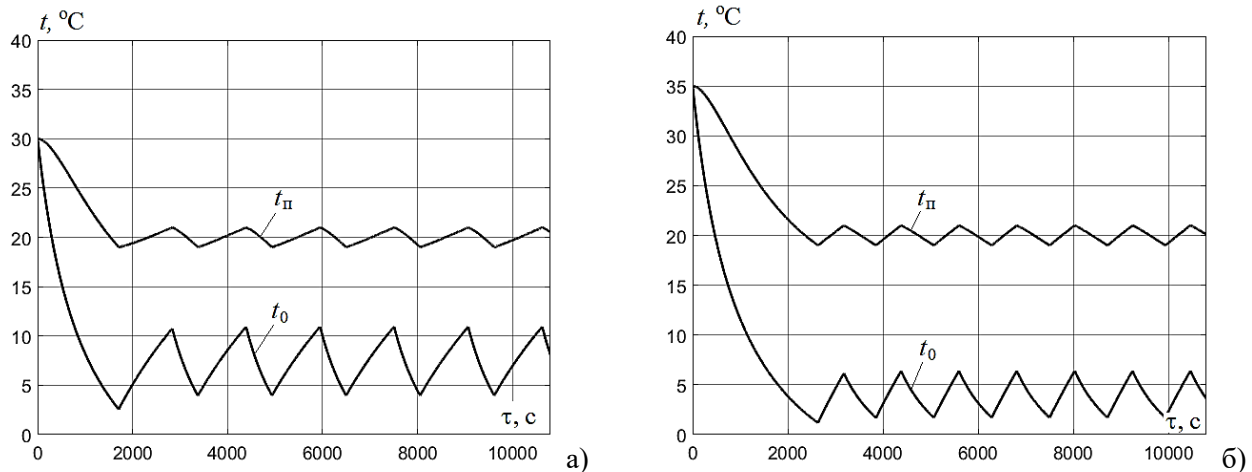


Рис. 3. Перехідні процеси в СКП:  
а) при  $t_n = 30\text{ }^\circ\text{C}$ ; б) при  $t_n = 35\text{ }^\circ\text{C}$

Аналіз рис. 3 показує, що при температурі навколишнього середовища  $30\text{ }^\circ\text{C}$  коефіцієнт робочого часу компресора становить 0,35, причому за годину відбувається в середньому 2 вмикання та вимкання компресора. При підвищенні температури навколишнього середовища на  $5\text{ }^\circ\text{C}$  коефіцієнт робочого часу компресора збільшується в 1,5 рази і становить 0,55, частота вмикань також збільшується до 3 разів на годину.

При теплових навантаженнях близьких до номінальних процес охолодження здійснюється швидше, чим процес утеплення (рис. 3, а). Це пов'язане в першу чергу зі зменшеною постійною часу випарника  $T_{вп}$  і охолоджуваного об'єкту (приміщення)  $T_{пр}$  на робочій ділянці циклу за рахунок збільшеного коефіцієнта теплопровідності випарника  $(k_v \cdot F_v)_p$  в порівнянні з неробочою ділянкою циклу.

З підвищенням температури навколишнього середовища зменшується час циклу роботи СКП за рахунок більш швидкого процесу утеплення приміщення і випарника (рис. 3, б). При цьому зростає температурний напір між випарником і охолоджуванним об'єктом (приміщенням), що приводить до підвищення навантаження на компресор і помітному зростанню споживання електроенергії.

**Висновок.** Проведені дослідження термодинамічних властивостей СКП на прикладі апаратного контейнеру АЗК-7 показали адекватність отриманої моделі реальним температурним режимам охолоджуваного обладнання та кондиціонера. Розроблена модель дозволяє проводити аналіз основних властивостей СКП, як об'єкта керування, в польових режимах роботи з врахуванням мінливого характеру параметрів, як самої системи, так й навколишнього середовища, і може бути основою для проектування замкнених систем керування холодопродуктивністю таких систем.

#### Список використаних джерел

1. Основи аеріальської розвідки: навч. посіб. / А.М. Кривошеєв, А.І. Приходько, В.М. Петренко. – Суми: Сумський державний університет, 2014. – 393 с.
2. Букарос А.Ю. Моделювання температурних режимів систем кондиціонування повітря військового призначення / О.А. Онищенко, А.Ю. Букарос, О.Ю. Сергєєв, Т.С. Обнявко, Л.В. Лебедева // Збірник наукових праць Військової академії (м. Одеса). – Одеса: Військова академія, 2020. – № 1 (13) ч.ІІ. – с. 101-109.
3. Онищенко О. А. Расчет коэффициента теплопроводности малых холодильных установок / О. А. Онищенко, Л. В. Мельникова // Электротехнические и компьютерные системы. – № 6(82), 2012. – С. 95-98.
4. Сорока К.О. Теория автоматического управления. Навчальний посібник. – Харків: ХНАМГ, 2006 – 187 с.

УДК 629.3.026.12

**Чемериський. Д.**

Військова академія (м. Одеса)

**УДОСКОНАЛЕННЯ ВПЛИВУ ПЕРЕДАВАЛЬНИХ ЧИСЕЛ ТРАНСМІСІЇ НА ТЯГОВО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ВІЙСЬКОВИХ АВТОМОБІЛІВ**

*В роботі розглядається підхід до удосконалення передавальних чисел трансмісії на тягово-експлуатаційні властивості.*

**Ключові слова:** трансмісія, передавальні числа, тягово-експлуатаційні властивості, удосконалення.

**Постановка проблеми.** На сьогоднішній день ЗС України виконують великий обсяг завдань за допомогою автомобільної техніки, яка в свою чергу є застарілою – це вимагає віддати пріоритет у вирішенні питання підвищення ефективності передавальних чисел трансмісії, адже вони є необхідними для військових автомобілів. Удосконалення цієї складової проблематичним в ЗС України. Тому що передавальні числа трансмісії які впливають на тягово-експлуатаційні властивості які передаються від двигуна через вузли і агрегати на ведучі колеса мають значні втрати, що в свою чергу зменшує потужність автомобіля у ході виконання завдання. Тому об'єктом дослідження є передавальні числа трансмісії.

**Виклад основного матеріалу.** Удосконалення трансмісії на автомобільному транспорті та прагнення підтримувати її працездатності обумовлюють створення прогресивних агрегатів трансмісії для отримання збільшення передавальних чисел і збільшення потужності. Сучасні трансмісії автомобілів мають механічні передачі крутного моменту, гідравлічні і електронні системи.

Одна з основних характеристик трансмісії авто – передавальне число коробки передач. Передавальне число – це не що інше як відношення числа зубів веденої шестерні до числа зубів ведучої (КПП або редуктора). На практиці це виглядає наступним чином. Якщо одна (ведена) шестерня має 60 зубів, а інша (ведуча) – 30, то передавальне число даної пари дорівнює 2 (60:30). Даний механізм дозволяє збільшувати або зменшувати величину моменту.

Правильно підібране передавальне число коробки передач є запорукою злагодженої роботи всієї трансмісії. При його виборі варто керуватися, перш за все, потужністю і моментними характеристиками двигуна, а також розмірами коліс і, безумовно, особистісними побажаннями водія. Змінюючи передаточне число, можна зменшити або збільшити величину крутного моменту. Це здійснюється зміною числа зубів на кожній з шестерень.

Чим вище значення даного числа, тим «могутнішою» і «коротшою» буде передача, а значить, мотор набагато швидше буде викручувати необхідну кількість обертів, при цьому набір швидкості здійснюється так само швидко, але виникає потреба в більш частому перемиканні передач, і, отже, максимальне значення швидкості на кожній передачі буде трохи зменшеною. Підвищення передаточного числа сприяє більш стрімкому прискоренню.

Зменшення ж значення передавального числа призводить до збільшення максимальної швидкості, проте це добре тільки в тому випадку, коли двигун має достатній запас потужності. Але це негативно позначається на розгінній динаміці авто. При звичайній їзді кількість обертів повинно знаходитися в межах 2-2,5 тисячі, це значення можна побачити на тахометрі, як тільки обороти перевищують дане значення, а вам при цьому ще необхідно набрати швидкість, потрібно перейти на більш підвищену передачу. Безумовно, перемикання передач, має бути тільки послідовним.

**Передачі автомобіля.** У КПП будь-якого типу є кілька передач. Серед них виділяють нижчі, одну пряму і вищі (одну або дві). КПП позашляховиків і тягачів мають додаткові понижуючі передачі, вони забезпечують збільшення крутного моменту. Чим нижче рівень, тим вище її передавальне число і тим вона «коротша». Нижчі передачі в більшості МКПП – перші три. Вони, забезпечуючи більшу тягу, призначені для зрушення з місця, повільної їзди, розгону. Потім ми перемикаємось на пряму передачу – четверту. П'ята, підвищена або «довга» – для руху на високій швидкості. Однак вона не може забезпечити потрібний крутний момент, коли ми їдемо в гору або збираємося когось обігнати. Необхідно перейти на нижчу передачу: четверту або навіть третю.

На автомобілі ЗІЛ-131 встановлена механічна, трехвальная, триходова, п'ятиступінчаста коробка передач з двома синхронізаторами для включення другої і третьої, четвертої та п'ятої передач. Вона має п'ять передач для руху вперед і одну для руху назад. П'ята передача пряма. Передавальні числа: 1 передача – 7,44; 2 передача – 4,10; 3 передачі – 2,29; 4 передача – 1,47; 5 передача – 1,00; передача зх – 7,09

**Механічний ККД трансмісії.** Механічний коефіцієнт корисної дії трансмісії залежить від кількості і властивостей її елементів:

–  $k$  – кількість пар циліндричних шестерень, через які передається крутний момент на певній передачі;

–  $l$  – кількість пар конічних гіпоїдних шестерень;

–  $m$  – кількість карданних шарнірів;

–  $p$  – кількість шліцьових з'єднань у трансмісії.

Числове значення ККД механічної трансмісії  $\eta_T$  дорівнює:

$$\eta_T = 0,98k \cdot 0,971 \cdot 0,995m \cdot 0,999p$$

Втратами енергії в підшипниках агрегатів трансмісії зневажаємо. Для визначення  $\eta_T$  необхідно накреслити кінематичну схему трансмісії.

**Визначення кількості передач і передаточних чисел трансмісії автомобіля.** За умови забезпечення заданої максимальної швидкості руху автомобіля визначають мінімальне передаточне число трансмісії, яке дорівнює:

$$u_{T \min} = (\omega_{\max} \cdot r_k) / V_{\max}$$

де  $\omega_{\max}$  – максимальна частота обертання колінчастого вала двигуна, с<sup>-1</sup> (для карбюраторного автомобіля  $\omega_{\max} = \omega_{N \text{об}}$ ; легкового автомобіля і автобуса –  $\omega_{\max}$ ; для дизельного двигуна

$$\omega_{\max} = \omega_N);$$

$r_k$  – кінематичний радіус колеса ( $r_k \approx r_g \approx r_{ст}$ ), м;

$V_{\max}$  – максимальна швидкість руху автомобіля, м/с.

При наявності в трансмісії коробки передач, додаткової коробки передач і головної передачі:

$$u_{T \min} = u_{k \min} \cdot u_{dk \min} \cdot u_o$$

де  $u_{k \min}$  – мінімальне передаточне число коробки передач (при застосуванні тривальної коробки передач з останньою прямою передачею –  $u_{k \min} = 1$ ;

в автомобілях з двовальними коробками передач  $u_{k \min} = 0,7 \dots 0,95$ ; в механічних трансмісіях з додатковою коробкою  $u_{k \min} = 0,71 \dots 0,82$ ); при відсутності додаткової коробки вважають  $u_{dk \min} = 1$ ;

$u_{dk \min}$  – мінімальне передаточне число додаткової коробки ( $u_{dk \min} = 0 \dots 1,3$ );

$u_o$  – передаточне число головної передачі.

Прийнявши, враховуючи призначення і умови експлуатації автомобіля, що проектується,  $u_{k \min}$  та  $u_{dk \min}$ , визначимо передавальне число головної передачі:

$$u_o = u_{T \min} / (u_{k \min} \cdot u_{dk \min})$$

Максимальне передаточне число трансмісії  $u_{T \max}$  визначають за умови подолання автомобілем найбільшого сумарного опору дороги  $\psi_{\max}$ :

$$u_{T \max} = (\psi_{\max} \cdot G_a \cdot r_{гд}) / (M_{k \max} \cdot \eta_T)$$

де  $\psi_{\max}$  – максимальне значення коефіцієнта сумарного опору дороги;

$\psi_{\max} = 0,25 \dots 0,3$  – для всіх типів автомобілів, призначених для міжміських сполучень;

$\psi_{\max} = 0,35 \dots 0,45$  – для інших вантажних автомобілів;

$\psi_{\max} = 0,45 \dots 0,55$  – для всіх типів автомобілів підвищеної прохідності;

$r_{гд} \approx r_{ст}$  – динамічний радіус колеса, м;

$M_{k \max}$  – максимальний крутний момент двигуна, Н\*м;

$\eta_T$  – ККД механічної трансмісії.

Отримана величина  $u_{T \max}$  повинна бути перевірена за умови зчеплення ведучих коліс з опорною поверхнею:

$$u_{T \max} \leq (G_{зч} \cdot r_{гд} \cdot \phi_p) / (M_{k \max} \cdot \eta_T)$$

де  $G_{зч}$  – сила тяжіння від маси автомобіля, що припадає на ведучі колеса:

$G_{зч} = G_1$ ,  $G_{зч} = G_2$  – для автомобілів з колісною формулою 4x2 відповідно передньоприводних і задньоприводних;

$G_{зч} = G_2 + G_3$  – для автомобілів з колісною формулою 6x4;

$G_{зч} = G_a$  – для повноприводних автомобілів;

$20 \phi_p = 0,4$  – розрахункове значення коефіцієнта зчеплення.

При виконанні нерівності знайдено величину **итр тах** можна використовувати в подальших розрахунках, якщо ж вона не виконується, слід зменшити обране значення  $\psi$  тах і відповідно, вказати дорожні умови, в яких автомобіль може експлуатуватись. Максимальне передаточне число трансмісії дорівнює:

$$\text{итр тах} = \text{ук тах} \cdot \text{удк тах} \cdot \text{ио}$$

де  $\text{ук тах} = \text{ук1}$  – передаточне число першої передачі коробки передач;

$\text{удк тах} = 1,9...2,3$  – максимальне передаточне число додаткової коробки передач. Враховуючи результат, отриманий з виразу, який відповідає нерівності, з формули отримуємо значення передаточного числа першої передачі коробки передач:

$$\text{ук1} = \text{итр тах} / (\text{удк тах} \cdot \text{ио})$$

Число передач коробки передач залежить від типу, питомої потужності і умов експлуатації автомобіля, що проектується.

Коробки передач легкових автомобілів мають, як правило, 4 або 5 ступенів; вантажних автомобілів вантажопідйомністю 3...10т – 5 або 6 ступенів, вантажопідйомністю більше 10 т – 8...20 ступенів (разом з подільником або додатковою коробкою передач); автомобілів-тягачів – 4 або 5 ступенів з двоступінчастою головною передачею.

Передаточні числа проміжкових передач підбирають за умови забезпечення оптимальних показників тягово-швидкісних і паливно-економічних властивостей автомобіля.

Найчастіше їх підбирають за законом геометричної прогресії, згідно якого кількість передач визначається з виразу:

$$n = ((\lg \text{ук min} - \lg \text{ук тах}) / \lg q) + 1$$

Гіперболічний ряд забезпечує рівність діапазонів швидкостей при розгоні, що є надзвичайно важливим для автомобіля, який проектується.

В коробках передач вантажних автомобілів, які мають підвищуючу передачу, значення її передаточного числа підбирається в межах 0.6...0.8.

Остаточні передаточні числа коробок передач уточнюють при виборі параметрів зубчастого зачеплення в процесі проектування коробки передач.

Обчислені значення параметрів двигуна і трансмісії використовуються в подальших розрахунках експлуатаційних властивостей автомобіля і складових елементів автомобіля, що проектується.

**Висновки.** Аналізуючи інформацію, яка викладена у статті, можемо зробити висновки, що в подальшому розвитку в машинобудуванні прогресивно розвивається. Тому нам як автомобілістам потрібно йти в ногу з розвитком, щоб мати картину наскільки автомобільна техніка ускладнюється і автоматизується в різних напрямках.

Розглядаючи передавальні числа трансмісії, отримуємо розуміння що це дуже складна система для руху автомобілів і підняття потужності автомобілів. Взявши за приклад коробку передач автомобіля ЗІЛ-131 які застосовуються в Збройних Силах України можна зробити висновки що дана коробка передач є застарілою в сучасних умовах автомобільної індустрії і потребує оновлення.

#### **Список використаних джерел**

1. Сахнов В.П. Математична модель для визначення тягово-швидкісних властивостей автомобіля при використанні двигунів різної потужності. / Сахно В.П., Корпач О.А. // Управління проектами, системний аналіз і логістика. – К.: НТУ – 2011. – Вип. 9. – С. 165-171

2. Кондрашкин А.С. Методика расчета передаточных чисел трансмиссии легкового автомобиля / Кондрашкин А.С., Умняшкин В.А., Филькин Н.М. // Автомобильная промышленность – 1986. – №2. – С. 16-17

3. Пилипчук М.М. Оптимизация ряда передаточных чисел трансмиссии грузового автомобиля средней грузоподъемности при переоборудовании его на дизель: Автореф. дис. канд техн. наук: 05.22.02 / Укр. трансп. ун-т. – К., 1997 – 24 с

**Науковий керівник:** Меленчук В.

УДК 614.84

Чернишов С.,

Верламов О.

Військова академія (м. Одеса)

### ВИЗНАЧЕННЯ ЕКСПЛАТАЦІЙНОЇ ШВИДКОТІ 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 маршу, 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:

$$t_g(N_{\text{ТР}}) = K_p(t_3 + t_m + t_p) + (K_p - 1)t'_m, \quad (1)$$

де  $t_3$  – 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  $t_3$ ,  $t_m$ ,  $t_p$ , і  $K_p$  визначається залежність:

$$t_3 = \frac{N_{\text{ТР}}}{K_{\text{СП}}} t^{(1)}_3, \quad (2)$$

де  $K_{\text{СП}}$  – кількість засобів завантаження;

$t^{(1)}_3$  – час завантаження одного предмета;

$$t_m = \frac{X_S}{V_S}, \quad (3)$$

де  $X_S$  – довготривалість маршруту доставки;

$V_S$  – середня швидкість руху транспорту;

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

де  $K_{\text{СП}}$  – кількість засобів для розвантаження;

$t^{(1)}_p$  – час розвантаження одного предмета;

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

де  $N_T$  – 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  $t_g(N_{tr})$ , 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.

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

де  $P_{\beta}$  – відносна довжина маршруту по дорозі;

$m$  – кількість категорій доріг, по яким відбувається марш;

$V_{\beta}$  – максимальна швидкість руху, яка визначається тяговими можливостями базових машин;

$f_E$  – функції, що впливають на рухливість транспортів ( $E=1, n$ ).

Дамо коротку характеристику функції  $f_E$ .

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

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

де  $V_{\beta\beta}$  – максимально доступна швидкість руху.

$f_2$  – функція виявлення умов відомості:

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

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

$f_3$  – функція виявлення кваліфікації водіїв:

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

де  $\Delta V_k$  – втрати швидкості руху за рахунок недостатньої кваліфікації водіїв;

$V_m$  – 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.

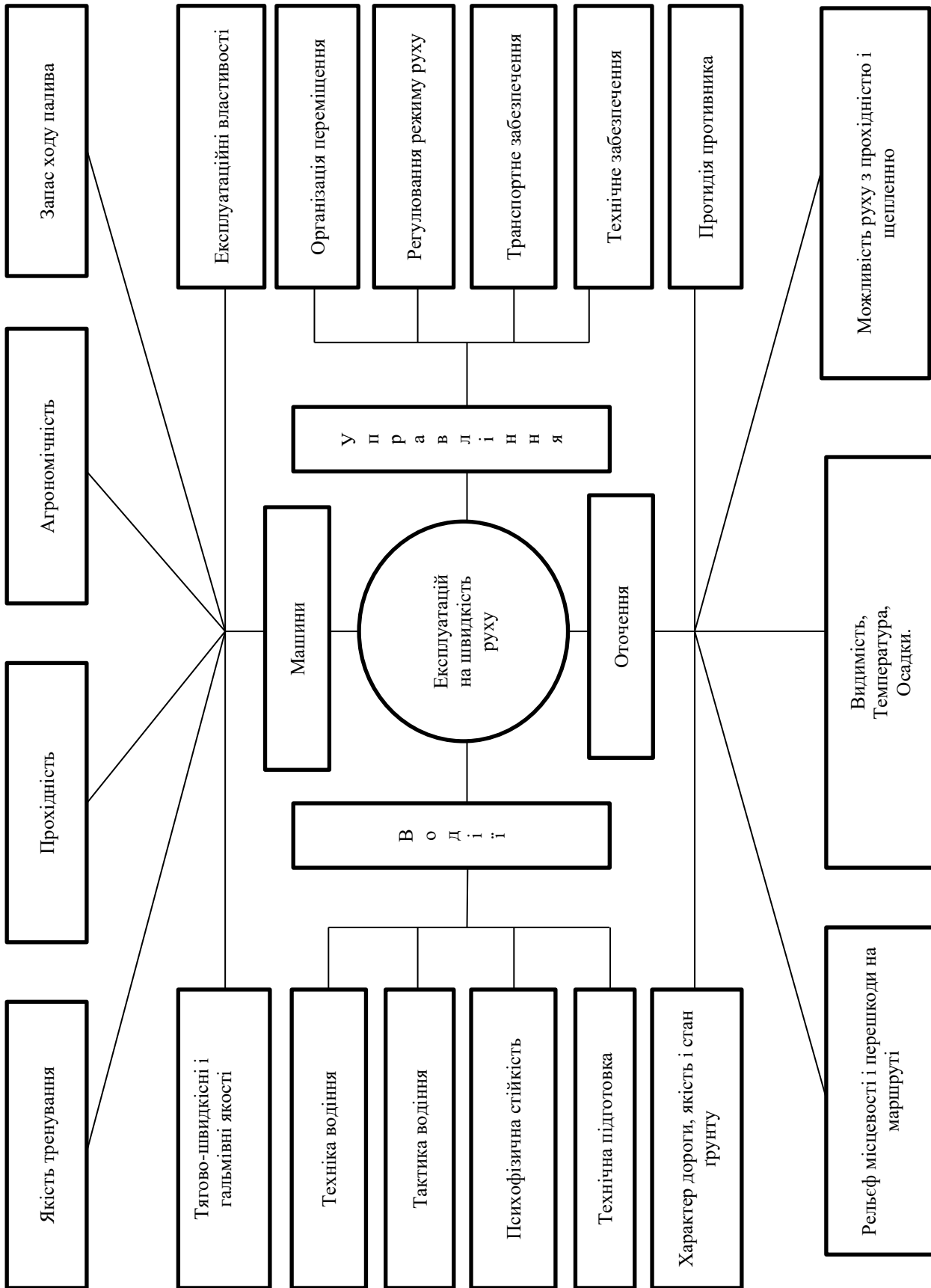


Рис.1 Фактори що впливають на експлуатаційну швидкість руху.

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  $f_3$  ( $\Theta=1,7$ ), 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.

**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 маршу 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. Щусьнін 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, степові та лісистих, місцевості / С.М. Хаба, В.М Оленєв // 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:** Оленєв В., к.військ.н., проф.

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

УДК 623.451.4.083.1

**Шабанов К.,**

**Малишкін О.**

Військова академія (м. Одеса)

### РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСОБІВ УРАЖЕННЯ ОСКОЛКОВОЇ ДІЇ

У статті розглядаються основні характеристики осколкового поля або потоку вражаючих елементів на одиницю площі цілі, що вражається, яка знаходиться під довільним кутом по відношенню до осі основного боєприпасу.

**Ключові слова:** характеристика осколкового поля, вражаючі елементи, засіб ураження.

**Постановка проблеми.** Сучасне ведення бойових дій неможливе без постійного удосконалення та модернізації зразків озброєння та засобів ураження до них, розроблення нових типів та їх полігонних випробувань. Останнє десятиріччя ХХ століття й початок ХХІ століття ознаменувались припиненням протистояння військово-політичних блоків, підпорядкованих наддержавам, та зміною міжнародної обстановки, звичайні засоби ураження (ЗУ) та боєприпаси (БП) залишаються основним фактором утримання та збройного впливу в можливих міжрегіональних та локальних конфліктах. Цей фактор підтверджується подіями на сході України, адже більшість бойових дій проводилися з урахуванням артилерійського озброєння і різних типів боєприпасів до них.

Сучасний стан загроз щодо суверенітету і територіальної цілісності України, насамперед триваюча агресія Російської Федерації, потребують упровадження необхідних способів протидії їм, удосконалення підходів до формування військово-технічної політики держави з урахуванням нагальної необхідності оновлення наявного озброєння та військової (спеціальної) техніки.

Пропонована стаття має за мету частково доповнити ці невиважені дані й спробою надати цілісну й систематизовану картину, перспектив та тенденцій їх розвитку з усією різноманітністю зв'язаних з цим науково-технічних, конструкторсько-технічних, конструкторсько-технологічних й експлуатаційних проблем.

**Мета статті** визначити основні методи підвищення характеристик ефективності засобів ураження осколкової дії і розробка шляхів підвищення їх бойової (вогневої) ефективності.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Аналіз літератури [1, 2] та матеріалів публікацій [3; 4] свідчить, що питанням дослідженням осколкової дії засобів ураження приділяється достатня увага та розкриваються можливі шляхи їх підвищення. Знання осколковості засобів ураження необхідно для оцінки ефективності вражаючої дії по типовим цілям і визначення безпечних умов їх застосування. Ці методики детально описані у статті Шутова П. і Єфанова В. «Методика автоматизації процесу випробувань авіаційних боєприпасів» [9]. В наш час, коли на сході країни тривають бойові дії, перед військовими фахівцями і всіма підприємствами Укроборонпрому поставлена проблема підвищення ефективності дії зразків ракетно-артилерійського озброєння (РАО), що розробляються, модернізуються або модифікуються. У зв'язку з цим, постає задача необхідності підвищення, за умови зниження фінансових витрат, розробки ефективності застосування існуючих засобів ураження осколкової дії, які дозволять реалізувати спосіб афективного ураження цілей противника.

Поява в останнє десятиріччя потоку відкритої інформації для спеціалістів в галузі розробки, випробувань та експлуатації озброєння та військової техніки в більшості допомогло при підготовці й виданню цієї статті [5;7].

Таким чином, аналіз сучасного стану та тенденцій розвитку засобів ураження дає змогу дійти висновку, що у провідних країнах світу проводяться роботи з дослідження дії ефективності осколкових засобів ураження.

**Викладення основного матеріалу.** Поняття засоби ураження (далі – ЗУ) і боєприпаси (далі – БП) взаємопов'язані, а є досить умовним їх можна поділити з урахуванням визначень, наведених у військовому енциклопедичному словнику і військово-технічній літературі наступним чином:

Боєприпаси – технічні пристрої, переважно некеровані і застосовуються при виконанні бойового завдання у множині кількості (у терміна «БП» немає одиниці).

При оцінці ефективності дії БП враховуються всі види вражаючої дії: механічна (пробивна, ріжуча), фугасна, ініціююча, запальна. Залежно від характеру вражаючої дії по цілі розрізняються БП осколкової, фугасної, кумулятивної, бронебійної, бетонобійної і запальної дії. Більшість БП основного призначення мають комбіновану вражаючу дію: осколково-фугасна, кумулятивно-осколкова, бронебійно-запалювальна, фугасно-запалювальна та ін. Ступінь вражаючої дії, його достатність для виведення цілі з ладу це предмет фізичних досліджень, які проводяться в детермінованих умовах, наскільки це можливо. При проведенні розрахунків ефективності дії враховується вплив випадкових факторів, поділюваних зазвичай на групи. Випадкові фактори, які проявляються на етапі безпосередньої дії БП по цілі, визначають умовну ймовірність ураження при спрацьовуванні його у фіксованій точці з координатами  $x, y, z$  (на поверхні цілі або в її околиці  $P(A|x, y, z)$ ). Функція  $G(x, y, z) = P(A|x, y, z)$  називається координатним законом ураження (КЗУ). Характеристики випадкових факторів, що впливають на стан точки спрацьовування (розсіювання траєкторії польоту, помилки наведення і управління, помилки спрацьовування неконтактного підричника), визначають щільність розподілу точки спрацювання  $(x, y, z)$ . Ймовірність поразки цілі одним пострілом обчислюється за інтегральною формулою повної ймовірності:

$$W_1 = \iiint_D G(x, y, z) f(x, y, z) dx dy dz \quad (1)$$

з інтеграцією по максимальній області  $D$  спрацьовування, в якій можливе ураження цілі, тобто  $D = \{x, y, z: G(x, y, z) > 0\}$ . Це загальна схема розрахунку основного показника ефективності дії по ЕЦ. Її реалізація сильно залежить від характеру області можливих поразок  $D$ . З цієї причини незалежно від характеру вражаючої дії всі БП з точки зору оцінки ефективності поділяються на ударні і дистанційні.

Ударними називають БП, які можуть вражати ціль тільки при безпосередньому попаданні в неї (наприклад, бронебійні та бетонобійні).

Дистанційні БП можуть вражати ціль не тільки при прямому попаданні в неї, але і при розриві на деякій відстані від мети. Розрізняють два типи дистанційних БП: безпосередньої і осколкової дії.

Боєприпаси безпосередньої дії створюють в межах точки розриву суцільне поле розподілу вражаючого фактора (наприклад, через надлишковий тиск на фронті ударної хвилі), рівень якого знижується в міру віддалення від точки розриву.

Боєприпаси осколкового типу вражають ціль при спрацьовуванні в межах цілі за рахунок створення поля вражаючих елементів (ВЕ), потрапляння яких в вразливий агрегат цілі може чинити на нього механічну руйнівну (пробиття), запалювальну або ініціюючу дію. В силу неоднорідності вразливого агрегату (ВА) і впливу великого числа факторів на процес пробиття ураження носить випадковий характер, а його вірогідність  $p(q, v)$  залежить від маси вражаючих елементів (ВЕ) і швидкості зустрічі ВА з ціллю. Методи обчислення ймовірності ураження цілі осколковим полем засновані на двох припущеннях: розподіл ВЕ в поле пояснюється законом Пуассона; для ураження ВА досить одного вдалого влучання в нього. Можна вважати, що ціль малих розмірів в порівнянні з характерними розмірами поля накривається однорідним полем ВЕ з щільністю, що залежить від координат точки підриву в цільовій системі координат  $\Pi(x, y, z)$ .

У будь-якому випадку поле вважається однорідним в межах кожного ВА, тобто  $\Pi_i(x, y, z)$ . – постійна щільність поля на  $i$ -м ВА. Таким чином, в  $i$ -му ВА з площею проекції на картинну площину  $S_i$ , потрапляє в середньому  $\dot{m}_1 = \Pi_i(x, y, z) p_i(q, v) S_i$ , «вражаючих» (або ефективних) елементів, а

ймовірність ураження визначається як ймовірність хоча б одного «вражаючого» попадання:  $G_i(x, y, z) = 1 - e^{-m_i}$ . Якщо для ураження цілі, що складається з  $n$  ВА, досить вивести з ладу хоча б один з них, КЗУ цілі розраховуються за формулою:

$$G(x, y, z) = 1 - \prod_{i=1}^n [1 - G_i(x, y, z)] = 1 - \exp(-\sum_{i=1}^n m_i) = 1 - \exp(-\sum_{i=1}^n P_i(x, y, z)) \quad (2)$$

В поле ВЕ з щільністю  $\Pi(x, y, z)$ , постійної на проекції цілі з сумарною площею проекцій всіх ВА цілі  $S_n = \sum_{i=1}^n S_i$  середнє число ефективних влучень у формулі (3) можна представити як добуток характеристик поля (щільності), цілі (площі) і дії ВЕ по даній цілі (імовірність її поразки одним ВЕ):

$$m_i = \sum_{i=1}^n m_i = \Pi(x, y, z) S_n P(q, v) \quad (3)$$

де  $P(q, v)$  – повна ймовірність ураження цілі одним потраплянням в неї ВЕ, якщо вважати ймовірністю попадання в  $i$ -й ВА його відносну площу  $S_i \vee S_n$  а  $P_i$  – умовною ймовірністю ураження цілі при попаданні ВЕ в  $i$ -й ВА.

$$S_y(q, v) = S_n P(q, v) = \sum_{i=1}^n p_i(q, v) S_i \quad (4)$$

Величина є найважливішою характеристикою уразливості даної цілі до дії ВЕ масою  $q$  і швидкістю зіткнення  $v$  і називається функцією уразливості цілі. В орієнтовних розрахунках функція уразливості повністю характеризує вразливість цілі і дає можливість обчислити КЗУ при відомих характеристиках поля ВЕ:

$$G(x, y, z) = 1 - e^{-\Pi(x, y, z) S_y(q, v)} \quad (5)$$

Повну ймовірність ураження цілі одним пострілом можна отримати за формулою (1) при відомому законі розподілу точок спрацьовування  $f(x, y, z)$ . Якщо ефективність оцінюється на проміжних етапах проектування, коли параметри розсіювання ще невідомі, користуються показником могутності дії – інтегралом КЗУ по області небезпечних розривів

$D_{o.p.} = \{x, y: G(x, y) > 0\}$ . Найчастіше цей спосіб оцінки могутності дії застосовується в разі розсіювання на площині:

$$S_{np} = \iint_{G(x, y) > 0} G(x, y) dx dy \quad (6)$$

Величина  $S_{np}$  з розмірністю площі називається наведеною площею поразки. За цим показником справедливо віддається перевагу тому варіанту конструкції, який має домінуючі значення КЗУ у порівнянні з усіма альтернативними варіантами. Однак така ситуація не типова, оскільки передбачає свідомо нерівноцінні варіанти. Наприклад, можна збільшити щільність поля за рахунок збільшення кількості ВЕ при відповідному зменшенні маси  $q$ . При цьому середнє число влучень ефективних ВЕ (а значить, і ймовірність ураження цілі) може зрости на малих промахах, де енергії ВЕ ще досить, щоб повна ймовірність  $P(q, v)$  знизилася несуттєво. Але легкі ВЕ щільність ефективних влучень вже менше, ніж в початковому варіанті. Порівняння за показником  $S_{np}$  в загальному випадку може суперечити результату порівняння за критерієм  $W_1$ , який враховує закон розподілу промахів.

Одним із шляхів підвищення ефективності осколкової дії ОФ снарядів – забезпечення оптимального осколкового спектра багатоцільового призначення в процесі вибухового руйнування корпусу (ВРК). Але реалізація цього шляху ускладнюється суперечливими тактико-технічними вимогами, що пред'являються до характеристик системи «ствол-снаряд» на різних етапах бойового застосування [4]. Так, вимога щодо збільшення максимальної дальності стрільби диктує необхідність підвищення параметрів процесів внутрішньої балістики, що розробляються артилерійських систем і, як наслідок посилення вимог до міцності корпусу снаряда при пострілі до рівня 700 МПа і вище, а також поліпшення його аеродинамічної форми шляхом подовження до 6 калібрів і більше. Це входить в протиріччя з вимогами по рівню ефективності осколкової дії снаряда, оскільки, як показує досвід, неминуче призводить до зниження інтенсивності ВРК і погіршення параметрів осколкової дії. Це викликає необхідність пошуку нових конструктивних схем осколково-фугасних (ОФ) снарядів, іншого складу сталей і матеріалів для виготовлення корпусів, що відповідають перерахованим вище вимогам,

натомість найбільш поширених ОФ снарядів з корпусами зі сталі С-60 і 40x1, мають незадовільні осколкові характеристики. Збільшення дальності стрільби досягається поєднанням на новому рівні давно відомих рішень – збільшення довжини стовбура, обсягу зарядної камери, поліпшення аеродинамічної форми снаряда. До того ж для зменшення негативного впливу "підсосу", що викликається розрідженням і завихренням повітря позаду польоту снаряда, використовується донна виїмка (збільшення дальності ще на 5-8%) або встановлюється донний газогенератор (збільшення до 15-25%). Для збільшення дальності польоту, снаряд може забезпечуватися невеликим реактивним двигуном – так званий активно-реактивний снаряд. Дальність стрільби вдається збільшити на 30-50%, але двигун вимагає місця в корпусі, а його робота вносить додаткові обурення в політ снаряда і збільшує розсіювання, тобто помітно зменшує влучність стрільби [1].

В рамках концепції «повітряно-наземної операції» в США і «боротьби з другими ешелонами» щодо збільшення глибини і ефективності ураження противника на всіх рівнях, фірмою «Space Reseach Corporation» під керівництвом відомого конструктора-артилериста Дж. Булла розроблені снаряди типу ERFB далекобійної форми довжиною близько 6 калібрів з початковою швидкістю близько 800 м / с, з готовими провідними виступами замість потовщення в головній частині, зміцненим провідним паском, що дало збільшення дальності на 12-15%. Для стрільби такими снарядами потрібно подовжити ствол до 45 калібрів, збільшити глибину і змінити крутизну нарізів. Дальність стрільби з перших збрарядь на основі розробок Дж. Булла (155-мм гаубиця CNH-45, буксирувана гаубиця G-5) вдалося довести до 39 км., снарядом газогенератором. У програмі 155-мм самохідного артилерійського комплексу ХМ 2001/2002 «Крусейдер» були закладені довжина ствола в 56 калібрів, дальність стрільби понад 50 кілометрів і роздільно-гільзове заряджання з так званими «модульними» змінними металевими зарядами [5]. Ця «модульність» дозволяє швидко набирати потрібний заряд, змінюючи його в широких межах, і володіє лазерною системою займання – своєрідна спроба наблизити можливості збраряддя на твердій металевій вибуховій речовині до теоретичних можливостей рідких металевих речовин.

Порівняно широкий набір змінних зарядів при збільшенні бойової скорострільності, швидкості і точності наведення дозволяє реалізувати обстріл однієї і тієї ж цілі по декільком зв'язаних траєкторіям – підхід снарядів до цілі з різних напрямків набагато підвищує ймовірність її поразки. І хоча програму «Крусейдер» згорнули, розроблені в її рамках боєприпаси можуть знайти застосування і в інших 155-мм снарядах. Далеко не вичерпані і можливості збільшення могутності дії снарядів у мети в межах тих же калібрів. Скажімо, американський 155-мм снаряд М795 забезпечений корпусом зі сталі поліпшеної ламкості, що дає при розриві менше занадто великих осколків з малою швидкістю розльоту і марною дрібною «пилу». У південноафриканському ХМ9759А1 це доповнено заданим дробленням корпусу (напівготові осколки) і детонатором з програмованої висотою розриву. 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 високу перевагу перед сталлю С-60, як по масово-чисельним характеристикам спектру, так і за характеристиками форми. Забезпечується приріст числа осколків для ТНТ, А-IX-2 і октогену 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 евтектоїдному 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 кругове осколкове поле, причому при стрільбі по наземних цілях з ударним розривом при кутах падіння, менших 90°, основна маса осколків 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). Одинцовим В.А. розроблений новий осколково-пучковий снаряд – боеприпас, який створює два поля поразки – кругове поле осколків корпусу і осьове поле (сніп) готових вражаючих елементів (патент МГТУ № 2368861). Фахівці вважають осколково-пучковий снаряд снарядом ХХІ століття. У зарубіжній літературі цей боеприпас отримав назву «Бауманський снаряд» (Baumanncharge) (8). Реалізація вимог по фугасній дії в рамках заданих масово-геометричних характеристик, в тому числі на основі застосування розроблених в останні роки вибухових складів (пластизольні, термобаричних та 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 балістичним характеристикам.

Таким чином, знання закономірностей процесів формування осколкового і фугасного полів ураження є джерелом науково-обґрунтованих рекомендацій і нових технічних рішень, що забезпечують виконання сучасних, технічних вимог БП осколкової дії і підвищення їх ефективності. До теперішнього часу проведено велику кількість досліджень осколкової, осколково-фугасної дії, фізики вибуху, поведінки матеріалів при інтенсивному динамічному навантаженні і теорії їх руйнування.

**Висновки.** На сьогоднішній день осколкові боеприпаси з осколковими полями кругового дії, зберігають свої позиції серед наземних боеприпасів. Основна сфера застосування – ураження живої сили противника на великих площах, нанесення шкоди соціально-побутової інфраструктури противника. 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 задане дроблення або готові вражаючі елементи. Закономірності процесу ВРК БП можуть бути використані при вдосконаленні і зазначеної номенклатури БП осколкової дії [5].

Таким чином, аналіз сучасного стану та тенденцій розвитку засобів ураження дає змогу дійти висновку, що у провідних країнах світу проводяться роботи з дослідження дії ефективності осколкових засобів ураження. Кооперація й інтеграція між фірмами та державами, залучення кваліфікованих кадрів і необхідне фінансування дали змогу в порівняно короткі терміни досягти значних успіхів щодо їх удосконалення. Враховуючи всі сучасні загрози, назріла нагальна необхідність впровадження у вітчизняні засоби ураження більш ефективні елементи.

#### **Список використаних джерел**

1. Бабкин А.В., Средства поражения и боеприпасы. / Бабкин А.В., Велданов В.А., Грязнов Е.Ф. М.:Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 984 с.: ил.
2. Кобылкин И.Ф., Ударные и детонационные волны. Методы исследования. 2-е изд., / Кобылкин И.Ф., Селиванов В.В., Соловьёв В.С., Сысоев Н.Н. перераб. и доп. М.: Физматлит, 2004.
3. Збірники інформаційних та інформаційно-аналітичних матеріалів. Періодичні видання 2014-2018 р.р.
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. Ольга Скороход, Цензор.НЕТ 19.01.2015. "Наша мета не злякати, не відігнати, а саме знищити противника". Інтерв'ю з артилеристом П. Марценюком. Режим вільного доступу в Інтернет: <http://censor.net.ua/r320360>.
6. 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>.
7. Осколочные боеприпасы — основноеогневоесредствопротивживойсилы. / О.Меликин [https://militaryarms.ru/boeprirasy/granaty/oskolochnye-boeprirasy/#h2\\_2](https://militaryarms.ru/boeprirasy/granaty/oskolochnye-boeprirasy/#h2_2)
8. Одинцов В.А. Метание и разрушениеоболочек продуктами детонации / В.А. Одинцов. – М.: ЦНИИИТИ, 1976. –144с.
9. Методика автоматизации процесса испытаний авиационных боеприпасов / Шутов П.В. Ефанов В.В.: <http://trudymai.ru/upload/iblock/8d1/8d1921b3644b855a0452cb9e3c24b29a.pdf?lang=ru&issue=75>

**Рецензент:** Нікул С. к.т.н., доц., Військова академія (м. Одеса)



УДК 623.41

Дем'янчук Б.

Шавейко В.

Військова академія (м. Одеса)

## МЕТОД ПОРІВНЯННЯ ПОТРІБНИХ І НАЯВНИХ РЕМОНТНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БОЙОВОГО ЗАСТОСУВАННЯ ОЗБРОЄННЯ *омбр*

Для підвищення швидкості відновлення шляхом узгодженого ремонту військової автомобільної техніки (ВАТ) під час застосування за призначенням пропонується методика скорочення часу на ремонт пошкоджених машин в підрозділах і військовій частині з застосуванням узгодженої роботи підрозділів для ремонту і зразків озброєння, і зразків базових шасі.

**Ключові слова:** озброєння, базові шасі, відновлення техніки в польових умовах, ремонтні можливості підрозділів.

**Постановка проблеми.** Прийнята стратегія ремонту в Збройних Силах України розрахована в основному на підтримання ОВТ в працездатному стані, які перебувають у безперервній або циклічній експлуатації не більше 15 років. Потреби першочергового прискореного ремонту важливого для успішних бойових дій озброєння та військової техніки в умовах обмеженого досвіду та рекомендацій для вирішення цього завдання системи автотехнічного забезпечення АТЗ бойових дій в сучасних умовах.

Спричиняється необхідністю першочергового та прискореного ремонту озброєння та військової техніки для технічного забезпечення бойових дій в умовах обмеженого досвіду та нестачі блокових ремонтних комплектів для вирішення цього завдання в системі технічного забезпечення бойового застосування озброєння і військової техніки в сучасних умовах.

**Метою статті** є розробка пропозицій для узгодженого комплексного ремонту зразків озброєння та їх базових шасі, що пошкоджені в бою під час застосування за призначенням.

Завдання роботи, виконання яких сприяє досягненню мети роботи:

- визначення і аналіз моделі процесу функціонування системи технічного забезпечення бойового застосування озброєння *омбр*;
- розробка і застосування метода порівняння потрібних і наявних ремонтних можливостей системи технічного забезпечення в *омбр*.

**Виклад основного матеріалу.** У залежності від спеціалізації сил і засобів, що залучаються для усунення пошкоджень або поломок, або відмов озброєння і базового шасі, ремонт зразка може бути комплексним або спеціалізованим. В частинах і з'єднаннях проводиться як правило комплексний ремонт озброєння з базовими шасі.

Комплексне технічне обслуговування та військовий ремонт базових машин у складі зразків озброєння проводяться під керівництвом і контролем начальників відповідних служб, у відомстві яких знаходяться зразки озброєння. Для допомоги у комплексному технічному обслуговуванні і військовому ремонті базових машин у складі зразків озброєння повинні виділятися сили та засоби відповідних підрозділів технічного обслуговування та ремонту озброєння і техніки. [2]

Організація ремонту включає:

- визначення передбачуваної кількості зразків озброєння та військової техніки (ОВТ), що вийшли з ладу, і ймовірного їх розподілу по видах ремонту (проводиться тільки в з'єднаннях);
- визначення ймовірних рубежів (районів) найбільшого виходу з ладу ОВТ;
- вибір та підготовку місць (районів) розгортання і шляхів переміщення відновлювальних засобів;
- визначення порядку і термінів ремонту ОВТ;
- постановку завдань ремонтно-відновлювальним органам.

Ремонт ОВТ в ході бойових дій (маршу) здійснюється силами і засобами ремонтно-евакуаційних і ремонтних груп (замикань похідних колон – при переміщенні своїм ходом), основними силами і засобами ремонтно-відновлювальних органів з'єднання (підрозділу), на які покладена завдання з проведення поточного (інколи, по деяких видах ОВТ, – і середнього) ремонту ОВТ з'єднання (підрозділу).

Необхідні умови для оперативного відновлення автомобільних базових шасі озброєння (з урахуванням сучасного бойового досвіду) представляються наступними.

1. Необхідно забезпечити достатню укомплектованість ремонтних частин і підрозділів по штатах воєнного часу і високу навчену фахівців-ремонтників для їх своєчасної підготовки до відновлення мобільних засобів в ході бойових дій.

2. У ремонтних підрозділах мають бути присутніми підготовлені фахівці з ремонту ракетно-артилерійського озброєння, по ремонту електросилового устаткування, по системах управління зброєю, автомобільної і бронетанкової техніки, засобів зв'язку і АСУ, особливо нових зразків озброєння, озброєння інженерних військ і техніки військ, радіаційно-хімічного і біологічного захисту, доцільно також залучення до ремонту представників промислових підприємств.

3. Устаткування рухливих засобів технічного обслуговування і ремонту має бути сучасним і повинно відповідати номенклатурі ремонтованої техніки.

4. Потрібні засоби для ремонту нових зразків техніки, потрібні фонди групових і експлуатаційних комплектів; має бути забезпечена відповідність номенклатури запчастин, що входять до складу ремонтних комплектів, характеру бойових ушкоджень агрегатів і агрегатів, які виходять з ладу з технічних причин.

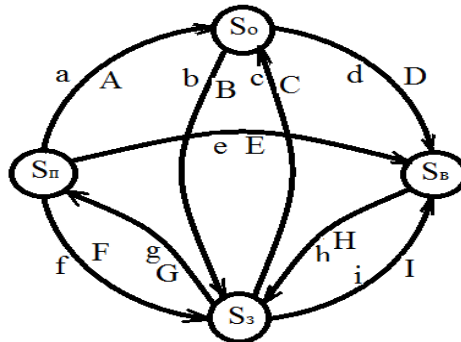
5. Підвезення військово-технічного майна в ремонтні органи повинне здійснюватися централізовано. [1 с. 52-53]

Оперативне відновлення можливе шляхом організації узгодженого комплексного ремонту фахівцями різних служби на своїх рухомих засобах ремонту.

Відомо, що безліч факторів, які впливають на результати технічного забезпечення бойового застосування озброєння супроводжуються невизначеністю дії противника, а також випадкового і природного характеру. Тому доцільний вихід з цієї ситуації – це зменшення розмірності проблеми шляхом розподілення видів завдань технічного забезпечення за допомогою загального показника, наприклад, ймовірності перебування системи технічного забезпечення бойового застосування озброєння в кожному стані при виконанні поставлених завдань [3].

Ці стани пов'язані між собою переходами між кожним із них. Кожен з переходів характеризується інтенсивністю і ймовірністю. Це уявлення системи є типовим графом станів і переходів системи технічного забезпечення в процесі її функціонування протягом забезпечення бойового застосування озброєння.

Варіант графа станів і переходів цієї системи в різні стани представлений на рис. 1 [3].



**Рис. 1.** Граф переходів системи технічного забезпечення бойових дій у стани: Sп – підготовки зразка ОВТ до застосування; Sз – бойового застосування зразка; Sв – відновлення зразка у разі його пошкодження; Sо – технічного обслуговування зразка до початку або протягом бойових дій

У процесі функціонування системи технічного забезпечення бойового застосування озброєння в часі система знаходиться в будь-якому стані з ймовірностями:

$P_{\text{п}}(t)$  – ймовірність перебування системи в стані підготовки;

$P_{\text{з}}(t)$  – ймовірність перебування системи в стані застосування зразка озброєння за призначенням;

$P_{\text{в}}(t)$  – ймовірність перебування системи в стані відновлення зразка після пошкодження;

$P_{\text{о}}(t)$  – ймовірність перебування системи в стані технічного обслуговування.

Ймовірність успішного ремонту зразка озброєння під час бойових дій є принципово необхідним завданням для підтримки бойової готовності військ.

**Обґрунтування практичного застосування методики комплексного ремонту ОВТ.** Ймовірність виконання завдання застосування зразка ОВТ за призначенням доцільно визначити у вигляді відношення загальної кількості непошкоджених зразків  $\bar{N}$  до загальної кількості зразків  $Nd$ , які беруть участь у бойових діях  $d$  діб. При цьому кількість непошкоджених зразків ОВТ визначається у відповідності з можливостями ушкоджень ОВТ відповідно з формулою

$$P_{ct} = \prod_{i=1}^3 P_i; P_1 = e^{-\alpha t}, P_2 = 1 - k_2, P_3 = 1 - k_3; \alpha = 1/L, \quad (1)$$

де  $L$  – середнє напрацювання зразка ОВТ (за часом) на відмову;

$k_2$  – середньодобова частина зразків ОВТ, які отримали бойові ушкодження;

$k_3$  – середньодобова частина зразків ОВТ, які отримали пошкодження через помилки складу.

Очікувана кількість пошкоджених зразків озброєння за видами причин пошкоджень дорівнює:

$$K_1 = N(1 - P_1)d; K_2 = N(1 - P_2)d; K_3 = N(1 - P_3)d, \quad (2)$$

де  $d$  – кількість днів бойових дій.

Кількість непошкоджених зразків ОВТ на момент часу  $t$  дорівнює:

$$\bar{N} = NK_y \{ \prod_{i=1}^3 P_i + P_b [1 - \prod_{i=1}^3 P_i] \} + NP_p P_t, \quad (3)$$

де  $K_y = 1 - P_p$  – коефіцієнт укомплектованості частини зразками ОВТ;

$P_b$  – ймовірність успішного відновлення зразків ОВТ, пошкоджених в різній мірі та відновлюваних і в польових умовах (при слабких пошкодженнях), тобто в частині ракетних військ, і на ремонтній базі (при середніх пошкодженнях), і на ремонтному підприємстві (при сильних пошкодженнях);

$P_p$  – ймовірність поповнення зразків ОВТ за рахунок резерву з баз зберігання, з виробництва та за рахунок перерозподілу ресурсів;

$P$  – ймовірність безвідмовної роботи зразків ОВТ резерву за час перебування їх в частині, тобто з моменту надходження до моменту  $t$ .

Отже, ймовірність події застосування ОВТ за призначенням дорівнює:

$$P_6 = [\bar{N}/N] = K_y \{ \prod_{i=1}^3 P_i + P_b [1 - \prod_{i=1}^3 P_i] \} + P_p P_t. \quad (4)$$

Ймовірність  $P_b = P_7$  успішного відновлення зразків ОВТ, пошкоджених в різній мірі та відновлюваних і в польових умовах (при слабких пошкодженнях), тобто на ремонтній базі (при середніх пошкодженнях), і на ремонтному підприємстві (при сильних пошкодженнях), обчислюється складніше. Вона дорівнює відношенню числа відновлених зразків ОВТ  $\bar{M}$  до загальної кількості  $M$  пошкоджених зразків ОВТ.

Добові виробничі можливості  $W$  підрозділів технічного забезпечення ремонтного підприємства доцільно визначити, з урахуванням обмежень по трудомісткості ремонтних робіт, у вигляді:

$$W = \sum_{j=1}^m \frac{n_j(t_p - t_\pi)}{n_{tj}(1+k_\alpha) \cdot (1+k_\beta)}, \quad (5)$$

де  $m$  – кількість ремонтних ділянок (підрозділів), які здійснюють відновлення зразків ОВТ, пошкоджених в слабких і в середніх ступеня, а також ремонтне підприємство для відновлення сильно пошкоджених зразків ОВТ;

$n_j$  – кількість ремонтників на  $j$ -ій ремонтній ділянці (у підрозділі);

$t_p$  – добовий фонд робочого часу, (більше 10 годин);

$t_\pi$  – втрати часу на згортання, евакуацію, обробку і розгортання пошкоджених зразків ОВТ;

$n_{tj}$  – трудомісткість робіт на  $j$ -ій ремонтній ділянці (у підрозділі);

$k_\alpha$  – відносне число використання фахівців з інших ділянок;

$k_\beta$  – коефіцієнт ускладнення умов ремонтних робіт (вночі – 0,15; в засобах захисту – 0,23; в умовах відбиття нападів противника – 0,15; при поєднанні зазначених умов – числа сумують).

Тому кількість зразків ОВТ, відновлених системою технічного забезпечення бойових дій за  $d$  днів, з урахуванням ймовірності  $P_p$  відмови в роботі (відносного середньодобового виходу з ладу) ремонтного обладнання, згідно (5) дорівнює

$$\bar{M} = \sum_{j=1}^m \frac{d \cdot n_j(t_p - t_\pi) \cdot (1 - P_p)}{n_{tj}(1+k_\alpha) \cdot (1+k_\beta)}. \quad (6)$$

Тепер обчислимо загальну кількість зразків ОВТ, які отримали яесь ушкодження. Згідно (1) ця кількість дорівнює:

$$M = Nd[1 - P_1 P_2 P_3] \quad (7)$$

Тоді шукана ймовірність  $P_7$  успішного відновлення зразків ОВТ, пошкоджених в різній мірі, згідно (6) з урахуванням (7) дорівнює:

$$P_7 = \bar{M}/M = \sum_{j=1}^m \left\{ \frac{d \cdot n_j(t_p - t_\pi) \cdot (1 - P_p)}{n_{tj}(1+k_\alpha) \cdot (1+k_\beta)} \right\} / \{Nd[1 - P_1 P_2 P_3]\} \quad (8)$$

Ці особливості методики здійснення ремонту, згідно до теоретичних оцінок, сприяють зменшенню витрат часу для повернення у стрій зразок ОВТ, що пошкоджена противником у середньої степені, у 2...3 рази.

**Висновки.** В роботі зроблено огляд і аналіз застосування узгодженого комплексного ремонту базових шасі зразків ОВТ, що пошкоджені в бойових умовах, зроблено вибір адекватного процесу вирішення задачі щодо застосування деяких служб для узгодженого комплексного ремонту зразка ОВТ.

Розроблену методику доцільно застосовувати при зазначених варіантах результату ходу бойових дій.

Під час дослідження отримані наступні конкретні результати вирішення завдання, що є важливими для застосування в реальних сучасних умовах. До цих результатів відносяться наступні:

1. Здійснено вибір підходу для вирішення проблематики питання узгодженого комплексного ремонту;
2. Розроблено методику узгодженого комплексного ремонту базових шасі зразків ОВТ, що пошкоджені в бойових умовах;
3. Ця методика може знайти місце на практиці та його правильного застосування у військових частинах в ході бою та у мирний час.

#### **Список використаних джерел**

1. Дем'янчук Б.О. *Автотехнічне забезпечення. Управління ресурсом і оновленням парку автомобілів: навчальний посібник* / Б.О. Дем'янчук, В.А. Маханьков, В.Ф. Обертас – Одеса: Військова академія (м. Одеса), 2016. – 250 с.

2. *Наказ МВС України від 19.12.2016 № 1313 “Про затвердження Положення про організацію експлуатації бронетанкового озброєння та техніки, іншого майна номенклатури бронетанкової служби Національної гвардії України”.*

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: ХУПС, вип. № 2(39), 2014. – С. 3 – 8.

**Науковий керівник:** д.тех.н., проф. Дем'янчук Б.

**Рецензент:** д.тех.н., проф. Мальцев О.

УДК 351.753.1

**Швестко А.,**

**Бордіян П.**

*Військова академія (м. Одеса)*

### **РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ВИСОКОЕФЕКТИВНИХ ПОРОХІВ ЛАКОВОГО ТИПУ ДО СТРІЛЕЦЬКОЇ ЗБРОЇ**

*Проведено дослідження закономірностей гранулювання пороху лаковим способом, який заключається в диспергуванні в водному середовищі лакової композиції на основі нітратів целюлози, яка відповідає складу пороху, та видаленні розчинника відгонкою із отриманої емульсії. В якості нітрат целюлозної основи використовувались застарілі порохи із боєприпасів, що утилізуються.*

*В результаті досліджень встановлені температурно-часові та гідродинамічні умови формування порохових гранул, визначені структурно-цілісні та балістичні (швидкість горіння) характеристики пороху. На підставі отриманих результатів розроблені рекомендації щодо режимів процесу гранулювання пороху лакового типу.*

**Ключові слова:** *лаковий порох, гранулювання, нітрат целюлози, швидкість горіння.*

**Постановка проблеми.** В зарядах патронів до стрілецької зброї використовуються дрібнозеренені порохи, основою яких є високоазотні нітрати целюлози (піроксиліни). В Україні такі порохи можуть виготовлюватись за технологією, заснованою на пресовому способі гранулювання. Сутність цієї технології заключається в пластифікації піроксиліну спирто-ефірним розчинником, формуванні методом прохідного пресування (екструзії) із приготованої пластичної маси порохових шнурів, їх різки та подальшим видаленням із отриманих порохових елементів розчинника. Така технологія є трудомісткою, має тривалий технологічний цикл, небезпечна і для дрібнозерених марок не забезпечує стійке отримання необхідних характеристик пороху. Технологія, заснована на лаковому способі гранулювання, дозволяє використовувати порохи різних марок з боєприпасів, що утилізуються, в якості сировини для дрібнозерених порохів, що використовуються в стрілецькій зброї.

**Актуальність проблеми:** Зважаючи на вказані недоліки за кордоном у виробництві дрібнозернистих піроксилінових порохів пресова технологія замінюється на більш прогресивну технологію, засновану на лаковому способі гранулювання. Різниця цієї технології заключається в повному розчиненні та диспергуванні отриманого лаку в водному середовищі з утворенням грубодисперсної емульсії. Подальша відгонка розчинника з дисперсного середовища емульсії приводить до його видалення із дисперсної фази, в результаті чого краплини лаку тверднуть з утворенням порохових гранул, які мають форму близьку до сферичної.

Для цієї технології характерні низькі трудовитрати, в декілька разів більш короткої, ніж у пресовій технології, технологічний цикл, відносна безпека основних операцій технологічного процесу, так як вони проводяться в водному середовищі. Отриманий в цьому випадку порох має ряд достоїнств за порівнянням зі штатним піроксиліновим порохом. Він характеризується більш високою сипучістю та насипною щільністю, що дозволяє підвищити точність дозування при споряджанні патронів та зменшити їх габарити та збільшити масу заряду при заданих габаритах патрону, більш високою стабільністю, в тому числі в умовах температурного градієнту. Порохи, виготовлені за цією технологією, отримали назву лакових порохів.

**Метою статті** є встановлення закономірностей гранулювання піроксилінового пороху лаковим способом і розробка на їх основі режимів отримання порохових гранул. Основними процесами, які визначають розмір, форму та щільність (структуру) отримуваних лаковим способом порохових гранул, є диспергування лакової композиції в водному середовищі та видаленні розчинника з дисперсної фази емульсії, що утворюється при диспергуванні лаку.

**Виклад основного матеріалу.** Основними процесами, які визначають розмір, форму та щільність (структуру) отримуваних лаковим способом порохових гранул, є диспергування лакової композиції в водному середовищі та видаленні розчинника з дисперсної фази емульсії, що утворюється при диспергуванні лаку.

Особливість диспергування лаку при гранулюванні пороху полягає в низькій дисперсності одержуваної емульсії, що пов'язано з необхідністю мати досить великі (порівняно з колоїдними частинками) гранули, розмір яких може досягати  $10^{-3}$  м. Така емульсія являє собою грубодисперсну систему і є вкрай нестійкою [1].

Для одержання емульсій використовуються різні способи і пристрої диспергування. Найбільше поширення мають механічні пристрої для змішування – мішалки [2].

У зв'язку з тим, що основа пороху – нітрати целюлози, будучи високомолекулярним з'єднанням, утворюють значно більш в'язкі розчини, ніж низькомолекулярні речовини, і являють собою складну реологічну систему, необхідно при диспергуванні враховувати поряд з силами когезії та міжфазного натягу також зсувні напруження всередині крапель лаку, які чинять опір дії потоку дисперсійного середовища.

Наведений у роботі [3] аналіз показує, що підвищення в'язкості рідини, що диспергується, призводить до послаблення коливальної дії на краплі турбулентних пульсацій потоку дисперсійного середовища. Очевидно, що це ускладнює диспергування і збільшує розмір крапель. Але для лакових композицій на основі нітратів целюлози такий висновок не однозначний, так як в'язкість ньютонівських рідин може залежати не тільки від їх фізичних характеристик і температури, але і від швидкості зсуву, який діє на краплі [4].

Згідно з існуючими уявленнями про утворення емульсій [2] одночасно з поділом крапель відбувається їх злиття (коалесценція), причому великі краплі мають тенденцію до поділу, дрібні – до злиття. Після певного часу перемішування встановлюється стан динамічної рівноваги, коли у всьому об'ємі дисперсної системи знаходиться статистично постійне число крапель різних розмірів. Очевидно, що зміщуючи рівновагу в ту чи іншу сторону, можна змінювати розмір крапель, а відповідно, при гранулюванні пороху, розмір одержуваних гранул. Але через утворення крапель різних розмірів гранули завжди будуть мати полідисперсний фракційний склад.

Підвищити стійкість емульсії порохового лаку можна шляхом введення в дисперсійне середовище ліофільних поверхнево-активних речовин – емульгаторів. В даному випадку найбільше поширення отримали високомолекулярні емульгатори білкового типу, такі як желатин, міздровий клей і інші. Такі емульгатори сорбуються на поверхні крапель лаку і створюють на ній захисний гідратний шар, який перешкоджає злиттю крапель, стабілізуючи цим емульсію. Зазначені емульгатори знижують також міжфазний натяг в емульсії, тим самим полегшуючи диспергування лаку і сприяючи утворенню крапель сферичної форми. Є відомості про застосування в якості емульгаторів у виробництві гранульованих нітратів целюлози інших речовин, таких як агар-агару,

гумірабіку, камеді (аравійської), полівінілового спирту, декстрину. Однак використання емульгаторів при гранулюванні нітратів целюлози не забезпечує повну стабільність водної емульсії лаку, для підтримки такої емульсії в дисперсному стані її потрібно безперервно перемішувати (турбулізувати).

В процесі диспергування лакової композиції формується не тільки розмір гранул. Багато досліджень показують, що умови диспергування певною мірою, через формування структури гранул, впливають на щільність гранул.

У загальному випадку серед факторів, що впливають на пористу структуру гранул, основними є властивості нітратів целюлози (в'язкість, молекулярно-масовий розподіл), хімічний склад гранул (наявність пластифікатора), вміст води у вихідному лаку, інтенсивність видалення розчинника з крапель лаку. Ці фактори проявляються на різних стадіях гранулювання. При диспергуванні лаку – це його вологовміст, яке може регулюватися введенням неорганічної солі в дисперсійне середовище.

Вода в лак може надходити як технологічна добавка при його готуванні або потрапляти в нього в процесі утворення емульсії. За даними, якщо не вживати заходів щодо зневоднення лаку в процесі диспергування, то вміст води в дисперсійній фазі емульсії може досягати 40%. Наявність води в краплях призводить до утворення пор в гранулах готового порошку, що знижує його щільність.

Утворення гранул нітратів целюлози при перемішуванні механічною мішалкою відбувається в процесі диспергування лаку у водному середовищі і подальшого затвердіння крапель, що сформувались. Розмір отриманих гранул визначається розміром крапель, який вони мають на момент втрати текучості в результаті видалення розчинника (з урахуванням усадки при затвердінні). Для управління цим процесом необхідно знати тривалість процесу формування крапель.

Експериментальне дослідження процесу формування крапель у часі проводили при диспергуванні лаку у водному середовищі за допомогою пропелерної мішалки. Проби емульсії, яка утворилася, відбирали скляною пробовідбірною трубкою і фотографували під мікроскопом з виведенням на комп'ютер. Досліди проводили у порівняльних умовах при різній частоті обертання мішалки, концентрації лаку, температури емульсії, модулі емульсії (масове відношення дисперсійного середовища і лаку). Швидкість горіння порошку визначали за результатами досліджень на дослідницькому стенді, який призначений для визначення внутрішньо балістичних характеристик порошку. Ці дослідження полягали в спалюванні порошку в манометричній камері (бомбі) з визначенням наростання в часі тиску газів, що утворилися  $P(\tau)$ .

Манометрична камера представляє собою товстостінний сталевий циліндр з різьбовим отвором в боковій стінці, в яке встановлюється відкалібрована п'єзоелектрична сенсорна система (датчик тиску). З одного торця камера закривається різьбовою пробкою, в якій закріплені електроди, з другого – встановлюються устрій для стравлювання газів. На електродах закріплені міст накаливання із ніхромового дротика, який служить для запалювання порошку.

При проведенні досліджень відкалібрована п'єзоелектрична сенсорна система генерує електричний заряд пропорційний вимірюваному тиску, який поступає на контрольно-вимірювальну апаратуру у складі: керуючий контролер, блок зарядового підсилювача, блок п'єзопідсилювача, блок аналогово-цифрового перетворювача, блок релейних каналів, блок ModBus інтерфейсу.

В результаті комп'ютерної обробки залежності  $P(\tau)$  в межах від  $\tau=0$  до часу повного згорання зразка порошку визначали інтенсивність газоутворення  $\Gamma$  і імпульс порохових газів  $I$ . Відповідно із співвідношення  $I = \frac{e_1}{u_1}$ , де  $e_1$  - половина товщини палаючого склепіння порохового елемента (для гранули сферичної форми її радіус), розраховували швидкість горіння при  $P=1 \text{ кгс/см}^2$  ( $9,8 \cdot 10^{-2} \text{ Па}$ ) (коефіцієнт швидкості горіння). Залежності інтенсивності газоутворення  $\Gamma(\psi)$  і імпульсу порохових газів  $I(\psi)$  від відносного об'єму частини порохового зерна, що згоріла  $\psi$ , дають оцінку балістичних властивостей порошку. Для забезпечення безпеки манометрична камера розміщується в кабіні, що виготовлена із листової сталі товщиною 8 мм.

Результати дослідження показали наступну якісну картину процесу диспергування лаку. При модулі емульсії  $m>1$  він проходить у кілька стадій. До початку перемішування лак і дисперсійне середовище знаходяться в розшарованому стані. Із запуском мішалки шар лаку ділиться на частини довільної форми, які потім дробляться на краплі з утворенням грубодисперсної емульсії типу "масло у воді". З продовженням перемішування краплі зменшуються і набувають форму, близьку до сферичної. Подальше диспергування лаку практично не впливає на розмір крапель, що свідчить про вихід процесу в рівноважний стан. Час виходу крапель на сталий розмір порівняно невеликий і залежить від умов диспергування. Експериментально встановлено, що при значеннях модуля емульсії, які наближаються до  $m=1$ , утворюється зворотна емульсія води в лаку, що не представляє інтересу для даної задачі.

Гранулометричний склад одержуваних у досліджах гранул визначали ситовим аналізом на наборі сит з розміром вічок сіток від 0,1 до  $2,0 \cdot 10^{-3}$  м за ДСТУ 3584-73. У зв'язку з тим, що великі гранули сприяють просіву гранул на ситах з більш дрібними вічками, аналіз проводили в такій послідовності. Пробу гранул, що аналізується, просіювали на ситі з вічками  $0,1 \cdot 10^{-3}$  м, потім залишок перекладали на наступне за крупністю вічок сито і т. д. Просів на кожному ситі продовжували до тих пір, поки при повторному просіві протягом 3 хв. прохід гранул не ставав менше 1% маси гранул, що знаходиться на ситі. Після закінчення розсіву кожен фракцію з відповідного сита і піддону зважували на лабораторних вагах. Сумарна маса всіх фракцій не повинна відхилятися від маси вихідної проби більш ніж на 2%. При обробці отриманих результатів сумарну масу всіх фракцій приймали за 100% і визначали відсотковий вміст кожної фракції.

Дані ситового аналізу використовувалися також для визначення середнього розміру гранул, як середнього еквівалентного їх діаметра, який обчислювався за формулою:

$$d_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^p d_i M_i}{\sum_{i=1}^p M_i}$$

Також були проведені дослідження щодо зміни характеристик порохів при їх нагріві і дослідження показало, що на вказані характеристики гранул здійснює інтенсивність нагріву емульсії при відгонці. При поступовому нагріві на початку відгонки ( $t=25^\circ\text{C}$ ) дисперсна фаза являє собою краплі лаку, які мають форму, близьку до сферичної. Вони стійкі і тривалий час не зливаються в пробовідбірній трубці. Такий стан дисперсна фаза зберігає до температури приблизно  $50-60^\circ\text{C}$ . При досягненні цієї температури різко збільшується інтенсивність злиття крапель, що, можна припустити, пов'язане з порушенням адсорбційного захисного шару, створюваного емульгатором на поверхні крапель, в результаті руху розчинника з крапель в дисперсійне середовище. Коли температура емульсії досягає приблизно  $70^\circ\text{C}$ , злиття крапель припиняється, що свідчить про початок їх затвердіння. Із завершенням відгонки етилацетату краплі повністю твердіють з утворенням гранул, що мають гладку глянсову поверхню. Середній розмір таких гранул при зазначених вище технологічних параметрах знаходиться в межах  $0,8-1,0 \cdot 10^{-3}$  м.

Однак, як показав мікроскопічний аналіз зрізів цих гранул, для них характерна пориста внутрішня структура, пори якої являють собою систему газових включень (бульбашок). Уявна щільність таких гранул знаходиться на рівні  $300 \text{ кг/м}^3$ . Пояснити утворення такої структури можна раніше виявленим явищем спінування дисперсної фази (крапель лаку) в момент початку відгону.

Для з'ясування причини цього явища були проведені досліди, в яких лак нагрівався в приладі (у відповідності з умовами закипання лаку в краплях використовувався прилад без капіляра) визначення температури кипіння рідин за методом Сиволобова. В результаті було встановлено, що закипання лаку, що супроводжується інтенсивним спінуванням, також відбувається при температурі  $68-72^\circ\text{C}$ . Це можна пояснити тим, що температура закипання лаку визначається температурою кипіння розчинника з урахуванням присутності в ньому води (адсорбційної і технологічної, що надходить з вихідними нітратами целюлози, у вигляді домішки – з етилацетатом), що підтверджується графіком залежності температури кипіння від вмісту води в лаку.

**Висновки.** Таким чином, в даній статті було розглянуто технології щодо вискоефективних порохів лакового типу для стрілецької зброї, а саме теоретичні аспекти в виборі порохів, як складових для майбутньої суміші для практичного використання у різноманітних зразках патронів для стрілецької зброї українського виробництва.

Переглянувши літературу та оцінивши всі теоретичні та практичні дослідження щодо порохів лакового типу, я дійшов до висновку, що використання порохів лакового типу для патронів для стрілецької зброї є досить прогресивним та має чіткий напрямок для подальших досліджень в даній галузі та майбутнього розвитку патронів для української зброї та можливої розробки патронів на експорт.

#### **Список використаних джерел**

1. Воюцкий С.С. Курс коллоидной химии/ С.С. Воюцкий. – М.: Химия, 1975. – 512 с.
  2. Ст ренк Ф. Перемешивание и аппарат ы с мешалками / Ф.Ст ренк. – Л.: Химия. – 1975. – 384с.
  3. Розенцвайг А.К. Характер дробления капель при перемешивании разбавленных эмульсий турбинными мешалками /А.К. Розенцвайг // Журнал прикладной химии № 6. – 1985. – С.631.
  4. Марченко Г.Н. Производст во нит рат ов целлюлозы. Физико-химические основы производст ва и переработ ки нит рат ов целлюлозы / Г.Н. Марченко, Л.В. Забелин. – М.:ЦНИИНТИ. – 1988. – 154с.
- УДК 629.113

**Швець М.**

*Військова академія, (м.Одеса)*

## **РОЗРОБКА МЕТОДИКИ УДОСКОНАЛЕННЯ ЗАХОДІВ ДЛЯ ЗБЕРЕЖЕННЯ ЗАЛИШКОВОГО НОРМОВАНОГО РЕСУРСУ ЗРАЗКІВ АВТОМОБІЛІВ ТРАНСПОРТНОЇ ГРУПИ ВІЙСЬКОВОЇ ЧАСТИНИ**

*В роботі проведено, огляд і аналіз методики управління експлуатацією та оновлення парку ВАТ, що відомі зараз в теорії і практиці, зроблено вибір найбільш прийнятого метода, адекватнішого процесу експлуатації та процесу бойового застосування транспортних засобів, в умовах дії і суттєвого впливу різних протидіючих факторів випадкового і антагоністичного типу. Розроблено методику статистичного прогнозування і дослідження динаміки зменшення показників технічного стану зразків ВАТ за рівнем величини залишкового нормованого ресурсу зразків транспортних засобів.*

**Ключові слова:** ресурс, залишковий моторесурс, діагностика, технічне обслуговування.

**Постановка проблеми.** При технічному обслуговуванні (ТО) і ремонті об'єктом ТО і ремонту є автомобіль, а засобами виконання – структурні елементи виробничо-технічної бази автотранспортних підприємств. Які прямі, так і непрямі витрати ресурсів пов'язані з об'єктом обслуговування. Більш надійні і довговічні автомобілі будуть мати більшу періодичність ТО і менше відмов. А ці властивості автомобіль одержує на етапі свого проектування і технологічного втілення рішень конструкторів, тобто на етапі виготовлення. Чим досконаліший автомобіль надходить до сфери експлуатації, тим менші будуть ресурсні витрати на проведення технічного обслуговування і ремонту. Різномасштабний характер має ресурсозбереження і в умовах виконання ТО і ремонту. Тут наслідки роботи з ресурсозбереження визначаються рівнем організації такої роботи, наявністю нормативно-правової бази, обґрунтованістю вибору технологічного процесу на виконання робіт, досконалістю економічних методик у вирішенні питань ресурсозбереження.

**Мета статті:** розробка методики удосконалення заходів для збереження залишкового нормованого ресурсу зразків автомобілів транспортної групи військової частини.

**Виклад основного матеріалу.** Ресурсозбереження поєднує два поняття. Перше поняття становлять ресурси як явище, а друге як процес стосовно цього явища. Під ресурсами розуміють матеріальні засоби, резерви, цінності, гроші і все інше, що може бути використано в разі необхідності. Зокрема, до ресурсів належать автомобілі, приміщення для їхнього обслуговування і ремонту, все технологічне та діагностичне обладнання, запасні частини та матеріали, інструмент, паливо тощо. Кожний із видів ресурсів має свої певні властивості, характеристики, завдяки яким визначається їхня придатність до використання у виробничому процесі.

Автомобільна техніка використовується у Збройних Силах України у мирний час лише за штатним призначенням та з дотриманням установлених технічних норм і правил у межах річних норм витрати моторесурсів. Застосування річних норм має за мету подальше покращення раціонального використання машин та скорочення витрат матеріальних і грошових засобів під час їх експлуатації.

Річні норми встановлюються на кожну штатну одиницю АТ залежно від групи експлуатації, призначення чи умов і характеру виконання завдань військовою частиною.

У річних нормах витрати моторесурсів АТ передбачено 5% резерву вищого керівництва для не передбачених планами бойової підготовки та господарської діяльності військ (сил). Тобто ця частина річної норми кожної марки машин не планується, не використовується у військовій частині але забезпечується ПММ.

Витрати моторесурсів на опробування машин тривалого зберігання здійснюється в обсязі, який передбачається Керівництвом зі зберігання автомобільної техніки і майна у Збройних Силах України. Аналіз результатів експлуатації різних зразків військових автомобілів протягом останніх десятиліть показує систематичне зниження рівня показника технічного стану автомобільних засобів у будь-якій частині.

Щорічну витрату моторесурсу військових автомобілів на стадії експлуатації протягом їх життєвого циклу, з моменту прийняття їх військовою частиною від підприємства-виробника до зняття з експлуатації, на практиці прийнято нормувати.



Наукове ефективне управління зберіганням ресурсу і поновленням парку транспортних засобів доцільно здійснювати за допомогою комп'ютеризованої методики на основі адекватної моделі і статистичного прогнозування процесів.

Розробка і впровадження методики ефективного моніторингу наявності та достатності моторесурсу автомобільної техніки, завдяки результатам наукового прогнозування, є умовою нормального управління своєчасним і оперативним поновленням парку цих автомобілів, що є особливо важливим результатом в умовах широкої номенклатури типів і великої кількості зразків цих автомобілів у військовому парку.

#### **Завдання для збереження залишкового нормованого ресурсу.**

Удосконалення ефективності управління витратами ресурсу і своєчасним оновленням транспортних засобів повинне бути спрямоване на весь автомобільний парк військової частини, тобто: на автомобілі багатопільового призначення; колісні тягачі; багатовісні спеціалізовані колісні шасі; багатовісні важкі колісні тягачі; автомобільні базові шасі, які призначені не тільки для встановлення (монтажу) озброєння, але і засобів управління, спеціальної техніки, рухомих засобів ремонту та ТО автомобільної техніки, які змонтовані, як правило, на колісних шасі.

Аналіз результатів експлуатації різних зразків спеціалізованих військових автомобілів протягом останніх десятиліть показує систематичне зниження рівня показника технічного стану автомобільних засобів у будь-якій частині через відсутність найважливіших 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, стало збільшення динаміки бойового протистояння свідчать про необхідність зростання вимог до технічного стану цих засобів, яка безпосередньо впливає на бойову ефективність цього озброєння у кожному сучасному бою, що, у свою чергу, 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.

Відомо, що вирішення завдання об'єктивного прогнозування тренду процесу зниження рівня показника моторесурсу конкретного зразка, перш за все, результат прогнозування рівня цього показника на будь-який час залежить від багатой кількості факторів. Таке завдання відноситься до класу погано визначених завдань через його залежність від випадкової невизначеності.

Щорічний рівень показника залишкового нормованого ресурсу конкретних зразків автомобільної техніки, який визначає начальник служби – це є лише сукупністю реальних випадкових вихідних даних для розв'язання відомої військово-технічної задачі. Методики її ефективного розв'язання, тобто науково обгрунтованого використання вихідних статистичних даних, що використовуються на практиці, зараз існують, але невизначеності випадкового характеру, які під впливом протидіючих факторів спричиняють нестаціонарний характер зменшення показника залишкового нормованого ресурсу (пробігу) кожного із сукупності спеціалізованих автомобілів військової частини – все це потребує побудови моделі, що адекватно описує процес зміни цього показника, з подальшим застосуванням прийнятого апарата статистично оптимального прогнозування тренду цього процесу, а також потребує зусиль і прийомів з метою нового вирішення відомого науково-технічного завдання прогнозування в умовах суттєво нелінійного характеру вказаного тренду.

Саме тому необхідно:

- запропонувати адекватну модель динаміки зменшення залишкового ресурсу зразків ВАТ за часом під впливом протидіючих факторів, один з яких сприяє зберігання, 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;

- обгрунтувати 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.

Таким чином, необхідність теоретичного розв'язання відомого науково-технічного завдання, що спрямоване на обґрунтування рішень на практиці щодо своєчасного поновлення парку спеціалізованих автомобільних засобів, і відсутність відомих ефективних методів для цього підкреслюють необхідність вирішення вказаної сукупності задач даної статті.

Технічні заходи та засоби що включають у себе технологічне обладнання зон, цехів та дільниць з відповідними його технічними характеристиками, технологію виготовлення деталей різного призначення та відновлення експлуатаційних властивостей деталей, вузлів, агрегатів та автотранспортних засобів у цілому; технологію обслуговування засобів рухомого складу, технологічного та діагностичного обладнання; технічні засоби та методи визначення якості виробів, ремонту і технічного обслуговування автомобілів та технологічного обладнання.

Технологічні засоби й заходи обираються і здійснюються на основі відповідних показників, які можуть бути згруповані в експлуатаційні, конструкційні, технологічні, використання засобів.

Організаційні заходи і засоби включають у себе виробничу структуру підприємства; нормативно-правову базу для забезпечення виробничих процесів; підготовку виробництва; форми підготовки виробничого процесу у просторі; підготовку виробничого процесу за часом і галузеву підготовку виробництва.

Кожна з організаційних сфер характеризується своїми показниками. Підготовка виробництва характеризується складністю і тривалістю підготовки циклу виробництва; виробнича структура підприємства, цеху, дільниці.

Економічні засоби та заходи включають у себе планово-економічні структури автопідприємств, грошові засоби, виробничо-технічну базу та основні фонди як питання їх ефективного використання, методи матеріального стимулювання роботи з ресурсозбереження.

Головним показником оцінки економічних засобів та заходів вважають мінімум вартості сукупної продукції за певний період.

**Висновок.** В роботі зроблено огляд і аналіз методів управління експлуатацією та оновленням парку ВАТ, що відомі зараз в теорії і практиці, зроблено вибір найбільш прийняттого метода, адекватнішого процесу експлуатації та процесу бойового застосування транспортних засобів, в умовах дії і суттєвого впливу різних протидіючих факторів випадкового і антагоністичного типу.

Розроблено методіку статистичного прогнозування і дослідження динаміки зменшення показників технічного стану зразків ВАТ за рівнем величини залишкового нормованого ресурсу зразків транспортних засобів.

Під час дослідження отримані наступні конкретні результати вирішення завдання, що є важливими для теорії та для практичного застосування в сучасних умовах відсутності науково-обґрунтованої стратегії стабільного функціонування системи оновлення застарілого в цілому парку транспортних засобів. До цих результатів відносяться наступні.

1. Здійснено вибір доцільної, перш за все, адекватної моделі розвитку реального процесу змін динаміки зменшення за часом технічного стану автомобілів протягом їх експлуатації у військової частині у виді показника залишкового нормованого ресурсу (за пробігом) зразків військової автомобільної техніки.

2. Розроблено метод статистичного прогнозування динаміки зменшення рівня показника залишкового нормованого ресурсу по вхідних даних експлуатації автомобілів на ретроспективному інтервалі часу з застосуванням методу екстраполяції для отримання оптимальних оцінок параметрів нелінійного тренду зменшення ресурсу за часом експлуатації.

3. В цілому, розроблена методіка може знайти на практиці застосування для моніторингу зменшення залишкового нормованого ресурсу зразків ВАТ та інших важливих технічних засобів транспорту різного типу, а також для обґрунтування рішень щодо поновлення парку автомобілів у військових частинах, з'єднаннях і в об'єднаннях.

#### **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. Б.О. Дем'янчук *Основи технічного забезпечення. Обґрунтування рішень* / Б.О. Дем'янчук, О.В. Малишкін, *Навчальний посібник з грифом МОН. – Одеса: Військова академія. -2014.-240 с.*

4. *Автотехнічне забезпечення. Управління ресурсом і оновлення парку автомобілів: навчальний посібник* / Б.О. Дем'янчук, В.А. Маханьков, В.Ф. Обертас – Одеса, 2016. – 250 с.

**Науковий керівник:** д-р техн. наук, професор Дем'янчук Б.

**Рецензент:** Обертас В., Військова академія (м. Одеса)

УДК 351.753.1

**Юсибов Р.,**

**Сиваков А.**

*Військова академія (м. Одеса)*

## **РОЗРОБКА ПРОПОЗИЦІЙ ЩОДО ПЛАНУВАННЯ СТУПІНЧАСТОГО ВИВОДУ ВІЙСЬКОВОЇ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ В ПЛАНОВИЙ РЕМОНТ АБО СПИСАННЯ**

*На утримання військової автомобільної техніки (ВАТ) у технічно-справному стані, що забезпечує ефективну та безвідмовну роботу, Збройні Сили України здійснюють великі ресурсні витрати. Це можна пояснити тим, що більшість автомобільної техніки створювалась ще в радянські часи, хоча її строки служби не розраховувались на такий великий час експлуатації. Цю техніку необхідно поступово та планово виводити у капітальний ремонт або списувати.*

**Ключові слова:** *плановий ремонт, списання, ресурс, технічний стан, оновлення парку, модернізація.*

**Постановка проблеми.** На даний час Збройні Сили України ведуть боротьбу проти агресора на сході України і захищають недоторканість та територіальну цілісність нашої країни, тому забезпечення високої бойової готовності військової автомобільної техніки є головним завданням автомобільної служби.

Технічний стан військової автомобільної техніки (яка в більшості випадків відпрацювала свій ресурс) та їх обладнання мають відповідати вимогам стандартів безпеки дорожнього руху та охорони навколишнього середовища, а також правил технічної експлуатації, інструкцій підприємств-виробників та іншої нормативно-технічної документації. Технічний стан є проблемним питанням через застарілість зразків ВАТ, слабку підготовленість особового складу та відсутність запасних частин і ремонтних комплектів.

**Актуальність проблеми.** В наш час більша частина ВАТ одночасно підходить до списання через свій вік, тому існує потреба в розробці комплексу заходів для підвищення бойової готовності військової автомобільної техніки шляхом створення методики контролю за залишковим ресурсом ВАТ та її технічним станом.

Вирішити цю проблему можливо за рахунок якісної роботи посадових осіб автомобільної служби, суворого дотримання графіка та якісного проведення заходів з технічного обслуговування, ремонту та діагностування, планування всебічних заходів автомобільної служби з навчання особового складу, накопичення автомобільного майна (АМ), експлуатації автомобільної техніки (АТ) а також впровадження нової методики прогнозування.

**Мета і завдання.** Розробка пропозицій щодо планування ступінчастого виводу військової автомобільної техніки в ступінчастий плановий ремонт та списання, шляхом аналізу літератури, вивчення проблеми, розробки методики (програми) щодо вирішення питань з планування.

**Виклад основного матеріалу.** Технічний стан машини визначається її справністю та надійністю (ресурсом до наступного середнього або капітального ремонту, повнотою і якістю технічного обслуговування (ТО) та ремонту, іншими факторами). До факторів, під впливом яких змінюється технічний стан автомобільної техніки, можна віднести дії кліматичних умов, старіння з часом, операції регулювання і налагодження в ході виготовлення або ремонту, заміну елементів, що вийшли з ладу і так далі.

Для визначення технічного стану військової автомобільної техніки існує ряд методів визначення та прогнозування технічного стану, а саме:

Метод експертних оцінок — один з основних класів науково-технічних методів прогнозування, який ґрунтується на припущенні, що на основі думок експертів можна збудувати адекватну модель майбутнього розвитку об'єкта прогнозування. Відправною інформацією при цьому є думка спеціалістів, які займаються дослідженнями й розробками в відповідній галузі.

Метод екстраполяції (статистичний) – це розповсюдження яких-небудь закономірностей або тенденцій досліджуваного об'єкта, які спостерігаються на певному часовому інтервалі, на інший часовий інтервал. Основна його функція – прогностична.

Метод моделювання – це метод, що ґрунтується на основних положеннях теорії подібності й складається з формування моделі об'єкта дослідження, проведення експериментальних досліджень і перерахування добутих значень із моделі на натуральний об'єкт.

Метод максимальної правдоподібності (метод найбільшої вірогідності) – це метод оцінювання невідомого параметра шляхом максимізації функції правдоподібності. Він ґрунтується на припущенні про те, що вся інформація про статистичну вибірку міститься у цій функції. Оцінка максимальної правдоподібності є популярним статистичним методом, який використовується для створення статистичної моделі на основі даних, і забезпечення оцінки параметрів моделі. Метод максимальної правдоподібності відповідає багатьом відомим методам оцінки в області статистики.

Методи діагностики автотранспортних засобів підрозділяються на суб'єктивні і об'єктивні. В основі суб'єктивних методів лежать способи визначення технічного стану автомобіля по вихідних параметрах динамічних процесів. Однак отримання і аналіз інформації, а також прийняття рішення про технічний стан виконуються на основі органів чуття людини, що, природно, має досить високу похибку.

Планування виведення військової автомобільної техніки у плановий ремонт або списання безпосередньо залежить від комплексу заходів, які регламентують норми напрацювання (строки служби) до ремонту, технічне обслуговування і ремонт, контроль за технічним станом, зберігання, транспортування та списання.

В Збройних Силах України діє система попереджувально-планового ремонту та технічного обслуговування, що має на меті заздалегідь виявити або попередити несправність, для забезпечення високої бойової готовності ВАТ, але методу ступінчастого виводу ВАТ у плановий ремонт та списання як такого не існує, сам облік та регулювання за експлуатацією ВАТ ведеться в планах ремонту та експлуатації АТ, тому це питання потрібно детально проаналізувати.

Начальник автомобільної служби (НАС) військової частини відповідає за технічний стан військової автомобільної техніки, раціональне її використання, обслуговування, ремонт та безаварійну експлуатацію а також планування цих заходів. Крім того, НАС відповідає за:

- своєчасну організацію відправки в ремонт автомобільної техніки і отримання її з ремонту;
- планування витрати моторесурсів відповідно до квартального ліміту трат пального, вживати заходів щодо недопущення перевитрат пального;
- контроль за роботою складів – відповідно автомобільного майна.

Планування НАС відображається в:

- річному плані експлуатації та ремонту автомобільної техніки, який створюється на основі плану бойової підготовки військової частини на рік та інших керівних документів, а також інших завдань, які лежать перед частиною;
- місячному плані експлуатації та ремонту автомобільної техніки, який створюється на основі річного плану;

Планування та облік використання машин здійснюється у військових частинах у межах Річних норм витрат моторесурсів автомобільної техніки на мирний час та виділених лімітів пального, визначених Інструкцією, яка затверджена наказом Міністра оборони України [1].

Планування використання, технічного обслуговування та ремонту машин має забезпечити бойову готовність, бойове чергування, виконання планів бойової підготовки та господарської діяльності військових частин, раціональне та безаварійне використання машин і економне використання пального.

НАС зобов'язаний в повному обсязі відпрацьовувати плани експлуатації та ремонту, контролювати виконання всіх заходів з ТОіР та їх якість, проводити методичні заняття з особовим складом або з командирами, правильно та своєчасно відпрацьовувати документацію. В підсумку ступінчасте виведення АТ в плановий ремонт та списання, з дотриманням вище перерахованого, дозволить НАС визначити час, коли автомобільна техніка вийде на списання, чим зможе контролювати парк АТ, що дозволить частково змінювати (списувати) техніку, і отримувати нові зразки ВАТ без надмірного навантаження на військову частину. Адже якщо одночасно на списання вийде занадто велика кількість автомобілів, військова частина не зможе виконувати завдання за призначенням, або це буде з ускладненнями, у зв'язку з чим підтримання високої бойової готовності буде під питанням.

**Сучасний стан ВАТ у ЗСУ.** Згідно з [2], практично відразу після здобуття незалежності чиновники в погонах почали «оптимізувати» автопарк, при цьому тисячі автомобілів були продані приватним особам, щось пішло за кордон. Водночас техніка, що знаходилася на зберіганні, погано обслуговувалася і морально старіла. В результаті, коли знадобилося цю техніку застосувати, сотні автомобілів елементарно не змогли завестися. Мало того, розкрилися численні випадки прямого розкрадання техніки та запчастин. На сьогодні основу парку угруповання ЗСУ на Донбасі становлять ще радянські вантажівки: дизельні Урал-4320, КамАЗ-4320, КрАЗ-255, КрАЗ-260 і бензинові ГАЗ-66, ЗІЛ-131, УАЗ-3151. Нова техніка до війни закуповувалася в дуже обмежених кількостях і практично була відсутня.

Автомобільна техніка української армії на Донбасі піддавалася обстрілу, підривалася на мінах, для захисту водіїв і техніки широко застосовували основне та додаткове бронювання, засоби індивідуального захисту – бронезилети, навішені на бортах кузовів і дверях кабін, різні захисні елементи з підручних матеріалів – сталевих листів, мішків із землею або навіть колод (автору доводилося бачити на заповорошених дорогах Донбасу і таку екзотику).

Від самого початку боїв як армія, так і Національна гвардія, а тим більше, добровольчі батальйони почали відчувати дефіцит справних машин практично всіх типів. І тому не дивно, що ще на початку літа 2014 року в транспортних колонах щоразу частіше почали з'являтися «мобілізовані на військову службу» цивільні автомобілі. А після подій літа, де було втрачено багато техніки, на фронт взялися відправляти все, що тільки можливо: шкільні автобуси (особливо багато було передано в добровольчі батальйони), а також колишні колгоспні «газони» і навіть взяті зі складів Держрезерву ЗІЛ 157.

Крім того, стала проблемою застарілість ремонтних засобів, які були неспроможні відремонтувати та провести ТО новітніх зразків АТ, а також техніки, яка прийшла від національної галузі України, через відсутність уніфікації та можливості ремонтувати тільки зразки ВАТ, які були прийняті на озброєння ще в часи радянської армії.

Застаріла ВАТ не підлягає діагностуванню новітніми методами, способами та приладами, через відсталість від наукового прогресу в автомобільній галузі. В наш час на новітній ВАТ можливо за допомогою електроніки в лічені хвилини перевірити працездатність всіх систем, датчиків і т. ін., що, в свою чергу, не можна провести на застарілих зразках ВАТ, через що збільшується час діагностування.

Водночас перспективи отримання нової автомобільної техніки для армії є – у країні функціонує потужний Кременчуцький автомобільний завод (КрАЗ), у якого є всі можливості для забезпечення силових структур сучасними, потужними вантажівками в будь-якій кількості, в будь-якій комплектації і з будь-якими компоновальними рішеннями. Це, в свою чергу, дає змогу говорити про наявність достатніх перспектив переходу української армії з автомобілів Урал і КамАЗ на вітчизняні автомобілі КрАЗ, що явно сучасніші. Слід зазначити, що перші партії автомобільної техніки військового призначення розробки і виробництва ВАТ «Авто-КрАЗ», зокрема КрАЗ-6322 «Солдат» (6х6), КрАЗ-5233BE «Спецназ» (4х4), багатоцільові шасі і броневантажівки КрАЗ «Кугуар» і КрАЗ «Спартан» уже надійшли на озброєння підрозділів ЗСУ, які беруть участь в операції на Донбасі. Нині йдеться про пошук заміни для ГАЗ-66 та УАЗ-469.

**Оновлення зразків ВАТ.** Згідно з джерелом [3], основним засобом забезпечення тактичної та оперативної рухомості частин і підрозділів армії залишається військова автомобільна техніка. Її широко застосовують для розв'язання різноманітних завдань: транспортування озброєння й техніки, буксирування причіпних систем різного призначення, перевезення особового складу та військово-технічних вантажів. Також вона є базою під монтаж комплексів ОВТ, спеціального обладнання та рухомих засобів обслуговування й ремонту. Відповідно від її досконалості безпосередньо залежить рівень бойової готовності війська.

До складу військової автомобільної техніки (ВАТ) входять автомобілі, спеціальні колісні шасі, гусеничні машини, транспортери й тягачі, трактори, причепа та напівпричепа. Загалом нині у ЗС налічується близько 218 марок і моделей автомобільної техніки. І це зумовлює певні складнощі в забезпеченні їх запчастинами, виконанні технологічних процесів з ТОіР, оснащенні військ ремонтно-технологічним і діагностичним обладнанням, підготовці водіїв і фахівців-ремонтників.

Нині в основі автомобільного парку ЗСУ – технічно застаріла автомобільна техніка, виготовлена ще за радянських часів. Найчисельнішими марками автопарку ЗСУ є УАЗ-3151,-469, ГАЗ-66, ЗІЛ-131, Урал-4320, КамАЗ-4310 та їхні модифікації. Причому виробництво ГАЗ-66 та ЗІЛ-131, які становлять значну частину цього автопарку, взагалі припинено, а авто УАЗ, Урал і КамАЗ випускає агрегатор.

Аналіз стану та досвід застосування автомобілів у районі проведення ООС на Донбасі виявив їхню значну технічну недосконалість, застарілість, велику кількість марок, відсутність уніфікованих сімейств і невідповідність сучасним вимогам і світовим тенденціям розвитку ВАТ.

Звісно, в армії є сучасні вітчизняні зразки, наймасовіші з них: КраЗ-6322, -5233, -6446, «Богдан» (МАЗ)-6317, -5316, -6425, «Богдан-2351». За останні шість років прийнято на озброєння та допущено до експлуатації 19 зразків військової автомобільної техніки, а саме, прийнято на озброєння броньований автомобіль «БАРС-8»; спеціалізований броньований автомобіль «КОЗАК-2»; броньовану бойову колісну машину «КОЗАК-2М1»; броньовану медичну машину МТ-ЛБ С.

Крім того, допущено до експлуатації спеціалізований броньований автомобіль «ВАРТА» (нині проходить державні випробування); спеціалізований броньований автомобіль «НОВАТОР»; автофургон броньований Renault Sherpa Light Scout; спеціалізовані броньовані «Козак 001», «Козак 2М» і «Козак 3»; автомобіль КраЗ-6322-ВР; автомобільне шасі КраЗ-63221-ВР; автомобіль КраЗ-5233ВЕ-ВР; автомобільне шасі КраЗ-5233НЕ-ВР; авто «Богдан-6317» і «Богдан-5316»; сідельний тягач «Богдан-6425»; автомобілі «Богдан-6317-ВР», «Богдан-2351», Renault Midlum D14 Night 300 Е3; важковозний напівпричіп транспортний КВС3-5001. Слід зазначити, що до початку ООС на озброєнні та постачанні ЗСУ не було зразків броньованих колісних машин.

Військова автомобільна техніка потребує вдосконалення. Основою процесу має стати розроблення перспективного Типажу військової автомобільної техніки ЗСУ з подальшими етапами реалізації концептуальних засад розвитку:

- розроблення легкого багатоцільового автомобіля та його модифікацій (колісної формули 4×4 вантажопідйомністю 0,75-1,5 т) як для перевезення особового складу та дрібних вантажів, так і для монтування ОВТ;
- розроблення легкого сімейства авто колісної формули 4×4 і 6×6 вантажопідйомністю 2-4 т;
- завершення розроблення сімейства автомобілів колісної формули 4×4, 6×6, 8×8 вантажопідйомністю 6-25 т;
- розроблення гусеничного багатоцільового броньованого тягача;
- розроблення сімейства броньованих на автомобільних шасі;
- розроблення перспективних рухомих засобів техобслуговування, ремонту та евакуації зразків ОВТ.

Необхідно замінювати й кузови-фургони, які широко використовують для монтажу військової техніки, різноманітного обладнання, засобів техобслуговування й ремонту ОВТ та контрольно-перевірочної апаратури на кузовах-контейнери. Водночас це уможливить оперативну заміну шасі авто, зменшить штатну чисельність авто в розташуванні у пунктах постійної дислокації, збільшить термін служби обладнання.

Бажано не забувати й про розроблення та використання автопричепів (напівпричепів) для сімейств уніфікованих автомобілів та сідельних тягачів, як і автономних напівпричепів зі змонтованим ОВТ.

Варто поступово зменшувати кількість базових моделей у новому типажі ВАТ з високим ступенем поагрегатної уніфікації із застосуванням модульного принципу конструювання й компонування.

Крім цього, розроблення автомобілів з комбінованими (гібридними) силовими установками та трансмісіями дасть змогу підвищити автономність дій, а головне – зменшить імовірність виявлення (помітності) від технічних засобів розвідки та наведення високоточної зброї, особливо це актуально для машин розвідувальних та аеромобільних підрозділів і машин підрозділів Сил спеціальних операцій.

Розробляти автомобілі з підвищеною захищеністю доцільно через: запровадження конструктивних рішень з підвищення захищеності, що не призводять до збільшення спорядженої маси авто; встановлення додаткових захисних елементів кабіни чи броньовані кабіни для захисту екіпажу.

Слід упроваджувати інформаційно-керуючі системи автоматизації процесів управління двигуном і трансмісією, що дає змогу значно заощаджувати паливе та збільшити прохідність й експлуатаційний ресурс зразків.

**Досвід залучення транспортних засобів для потреб збройних сил з національної економіки України.** Згідно з [4], нестабільна політична ситуація в Україні протягом 2013–2014 років призвела до того, що задля збереження територіальної єдності й суверенітету в нашій державі, Президент України та Верховна Рада вимушені були розпочати антитерористичну операцію на Донбасі. Наслідком активізації боротьби із загарбниками стало прийняття низки законів, які сприяють

вчиненню опору збройними силами України щодо дій агресора. Одним із таких законодавчих актів є прийнятий Верховною Радою та підписаний Президентом України Закон «Про внесення змін в деякі законодавчі акти України щодо вдосконалення оборонно-мобілізаційних питань під час проведення мобілізації» № 4785. Цей Закон, зареєстрований у сесійній залі Верховної Ради 2 вересня 2014 року, дозволив залучати транспортні засоби як суб'єктів господарювання, так і громадян для евакуації населення з зони антитерористичної операції, інженерних робіт, підвезення матеріальних засобів, особового складу, боєприпасів та взагалі всебічного забезпечення.

Закон передбачав, що суб'єктам господарювання та громадянам, засоби яких залучені, компенсуються вартість надання послуг і розмір фактичних (понесених) витрат за рахунок коштів, що виділяються з бюджету на ліквідацію наслідків надзвичайної ситуації або усунення загрози її виникнення. У регіонах України розпочалася мобілізацію автотранспорту, тільки у Одеській області було мобілізовано приблизно 300 автомобілів: вантажівки, автобуси, бортові машини, мікроавтобуси для перевезення особового складу. Крім того, у інших областях автомобільний транспорт також використовувався для потреб армії. Наприклад, у Херсонській області з початку першого додаткового призову було мобілізовано більш ніж 100 одиниць техніки.

При цьому дії закону поширювались на центральні органи виконавчої влади, інші державні органи, місцеві держадміністрації, органи місцевого самоврядування, підприємства, установи та організації незалежно від форми власності, а також громадян – власників транспортних засобів.

Проте дія закону не поширювалась на дипломатичні представництва та консульські установи іноземних держав, представництва закордонних і міжнародних організацій, іноземців та осіб без громадянства.

Від передачі транспортних засобів і техніки військових формувань під час мобілізації, могли звільнитися підприємства, установи та організації у зв'язку з виконанням ними встановлених мобілізаційних завдань при наявності укладеного з Міністерства оборони договору на виконання мобілізаційних завдань, а також за умови, що їх транспортні засоби і техніка задіяні у виробничому процесі виконання мобілізаційних завдань.

Крім цього, від передачі транспортних засобів і техніки військовим формуванням при мобілізації звільнились також підприємства, установи та організації, в яких висока суспільна потреба.

Результати постачання транспортних засобів і техніки національної економіки Збройними Силами України та іншим військовим формуванням під час проведення часткової мобілізації свідчать про недосконалість системи комплектування зазначеними засобами і технікою в умовах сьогодення, неспроможність у повному обсязі та в установлені планом строки забезпечити потребу в них ЗСУ та інших військових формувань під час проведення мобілізаційного розгортання.

Незважаючи на заходи, які були вжиті, під час проведення кожної черги часткової мобілізації виникали проблеми та мали місце недоліки, що вплинули на виконання завдань із постачання транспортних засобів і техніки національної економіки у повному обсязі.

Як свідчить аналіз комплектування ЗСУ транспортними засобами і технікою національної економіки під час проведення часткової мобілізації, основна причина такого стану полягає у тому, що на сьогоднішній день таке комплектування здійснюється одним способом – вилученням із національної економіки за встановленими лімітами вилучення (відчуження) транспортних засобів і техніки у регіонах відповідно до відсоткових норм вилучення за галузями національної економіки на період мобілізації.

**Висновок.** Підводячи підсумок стає зрозуміло, що більшість зразків військової автомобільної техніки, якими оснащені Збройні Сили України або повністю витратили свій ресурс, або знаходяться на межі його використання. Такий стан – це результат багаторічного ігнорування керівництвом країни та Міністерства оборони основних напрямів військово-технічної політики з оновлення парку ВАТ, а також організації експлуатації ВАТ та планового ремонту. Наслідком є те, що з початком приведення військової техніки до боєздатного стану (зняття зі зберігання) попередні показники оцінки рівня справності не підтвердились.

Основними причинами такого незадовільного стану стали фактори: низька надійність зразків ВАТ, невиконання заходів технічного обслуговування і ремонту, незнання особовим складом порядку та правил експлуатації ВАТ, допуск до експлуатації ВАТ непідготовленого особового складу, недотримання встановлених нормативними документами правил експлуатації та утримання ВАТ на зберіганні, а також відсутності алгоритму ступінчастого виводу ВАТ в плановий ремонт та списання, який повинен забезпечити контроль за технічним станом ВАТ, а також в повному обсязі реалізації планово-попереджувальної системи ТОiP в життя.

Для підтримання ВАТ в справному стані, необхідно суворо дотримуватись всіх вимог, які визначаються керівною документацією заводу-виробника, керівництва з експлуатації й методичних рекомендацій, вчасного та якісного проведення технічного обслуговування ТО, поточного, середнього та капітального ремонту. В підсумку, військова автомобільна техніка підійшовши до списання, за рахунок попередньо вчасно та якісно проведених заходів з технічного обслуговування і ремонту ТОіР, може зберегти свій технічний стан для подальшого використання, не залежно від попередньо напрацьованих років.

Рішенням цієї проблеми є створення програми, що полегшить роботу начальника автомобільної служби з питання організації заходів планового ремонту та списання, що дозволить прогнозувати майбутній стан ВАТ.

### **Список використаних джерел**

1. Наказ Міністра оборони України від 01.07.2002 №219 “Керівництво з експлуатації автомобільної техніки в Збройних Силах України”.
2. Сучасний стан ВАТ у ЗСУ [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://cheline.com.ua/news/mens-club/avtomobilna-tehnika-pid-chas-vijni-na-donbasi-18543>
3. Оновлення зразків ВАТ [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://armyinform.com.ua/2020/10/avtopark-vijska-potrebuje-novyh-konej-unifikacziyi-ta-skorochennya-nomenklatury/>
4. Мобілізація ВАТ до ЗСУ.[Електронний ресурс] Режим доступу: Мобілізація авто: все, що потрібно знати підприємцям | Checkpoint
5. Дем'янчук Б.О. Автотехнічне забезпечення. Управління ресурсом і оновленням парку автомобілів: навч. пос. / Дем'янчук Б.О., Маханьков В.А., Обертас В.Ф. Одеса: Військова академія, 2016. – 238 с.
6. Дем'янчук Б.О. Основи автотехнічного забезпечення. Моделювання процесів.: навч. пос. / Дем'янчук Б.О., Верпівський С.М., Меленчук В.М. Одеса: ВА, 2015. – 391 с.

**Науковий керівник:** Угольніков О., к.фіз.-мат.н., доц., Військова академія (м. Одеса)

УДК 623.454.2

**Якименко І.**

**Сініло Ю.**

Військова академія (м. Одеса)

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИЧИН ЗНИЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТА СТАБІЛЬНОСТІ РОБОТИ ДЕТОНАЦІЙНИХ ЛАНЦЮГІВ**

В статті розглядаються причини зниження надійності та стабільності роботи детонаційних ланцюгів, які застосовуються в боєприпасах. Досліджуються питання щодо усунення недоліків та підвищення працездатності детонаційних ланцюгів.

**Ключові слова:** детонаційний ланцюг, вибухова речовина, боєприпаси, капсуль-детонатор, електродетонатор, засоби ініціювання, інертні вибухові речовини, бризантні вибухові речовини, засоби ураження, вибуховий ланцюг, піротехнічна сполука, детонуючий шнур.

**Постановка проблем.** Одна з найважливіших задач детонаційного ланцюга (далі – ДЛ) – це передача імпульсу для спрацювання вибухової речовини (далі – ВР), який не завжди може бути стабільним при спрацюванні ракет і боєприпасів. Причиною цього є великий термін зберігання боєприпасів (далі – БП) та їх елементів (підричників, капсульних втулок та ін.).

На даний час на базах та арсеналах Збройних Сил України зберігається велика кількість БП, які мають великий термін зберігання, що впливає на працездатність ДЛ.

Питання зниження надійності та стабільності роботи ДЛ у Збройних Силах України не досліджувалися взагалі, що призводить до не спрацювання боєприпасів під час ведення бойових дій. Тому стає питання дослідити причини зниження працездатності ДЛ.

Аналіз недосконалості елементів ДЛ та причин зниження надійності системи ініціювання (далі – СІ), яка впливає на стабільність роботи БП, є актуальною проблемою, тому що термін зберігання БП з кожним роком збільшується, що призводить до небезпечності використання БП.

На більшості арсеналах, базах і складах Збройних Сил України зберігаються БП, термін зберігання яких перевищує граничні терміни зберігання.



**Мета статті** – розглянути причини зниження надійності та стабільності роботи ДЛ, систем передачі детонаційного імпульсу та систем ініціювання ДЛ. Опрацювати методики подовження термінів зберігання вибухових речовин (далі – ВР), які застосовуються в тих чи інших БП різних видів та калібрів.

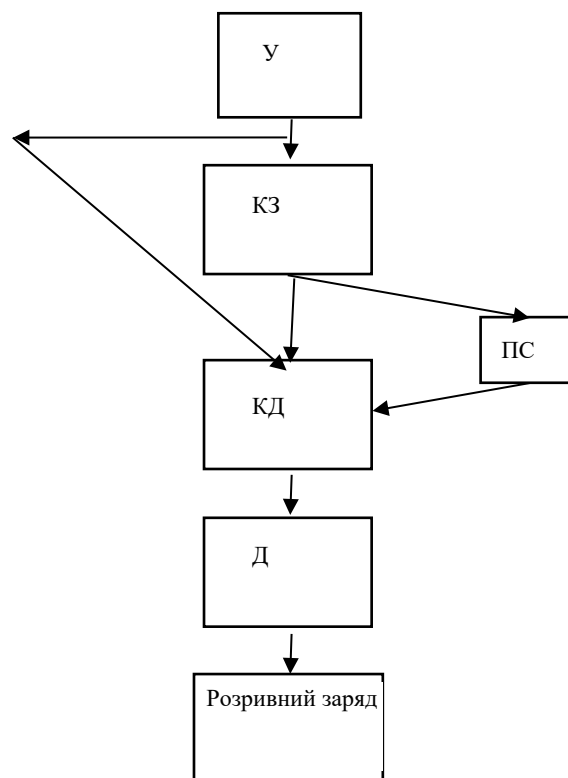
**Виклад основного матеріалу.** Вибухова речовина – це хімічні сполуки або суміші речовин, здатні в певних умовах до надзвичайно швидкого (вибухового) хімічного перетворення, яке поширюється з виділенням газоподібних продуктів великої температури. У ВР міститься величезний запас енергії, який виділяється під час вибуху. Високу потужність вибуху ВР, їх нищівну дію визначає переважно швидкість розкладу ВР або детонація. Залежно від швидкості вибуху і потужності ВР змінюється і характер дії вибуху на навколишнє середовище.

Система передачі детонаційного імпульсу (далі – СПДІ) – одна з головних систем будь-якого вибухового пристрою, який призводить в дію БП. При цьому повинно відбуватися виконання команди від керуючого сигналу, щоб виділення енергії в детонаційному режимі було максимальним та чітким для передачі детонаційного імпульсу (далі – ДІ).

Під загальним терміном засобів ініціювання (далі – ЗІ), розуміються пристрої, що діють від певного виду простого зовнішнього імпульсу (теплого, механічного та ін.) і виділяють енергію у вигляді ударної хвилі для ініціювання початку детонації в зарядах ВР. За характером дії ЗІ поділяють: на засоби детонації та засоби запалювання. Засоби детонації здійснюють безпосередній початок детонації в зарядах, де спрацьовує основний заряд ВР. Детонуючий шнур (далі – ДШ) грає велику роль в цьому процесі. Завдяки шнуру відбувається детонація на значні відстані – від місця ініціювання за допомогою капсуль-детонатору (далі – КД) або електродетонатору (далі – ЕД).

До засобів запалювання належать капсулі-запалювачі ударної і наколеної дії, електрозапалювальні, вогнепровідні шнури і допоміжні засоби для їх одиночного або групового запалювання: запалювальні патрони; піропатрони; електрозапалювальні патрони і трубки; гніт запалювальний (тілючий), проміжні детонатори (тротиллові та інші шашки).

Для виготовлення ЗІ застосовують інертні вибухові речовини (далі – ІВР) і деякі бризантні вибухові речовини (далі БВР), а також порохи, зокрема, димні. Детонацію БВР на практиці одержують (на противагу ІВР) тільки імпульсом ударної хвилі достатньо високої інтенсивності, яка утворюється під час детонації заряду ІВР або іншої БВР, з великою швидкістю.



**Рис. 1.** Схема детонаційного вогневого ланцюга

У – Ударник, КЗ – капсуль запалювач, ПС – пороховий сповільнювач, КД – капсуль детонатор, Д – детонатор.

Усі ВР являють собою хімічно малостійкі системи, котрі під впливом зовнішнього імпульсу прагнуть до переходу в більш стійкі. За швидкістю і характером розрізняють три форми хімічного перетворення ВР, а саме:

- термічний розпад – це порівняно повільна хімічна реакція, що відбувається у всьому об'ємі ВР, швидкість якої визначається температурою навколишнього середовища;
- горіння ВР виникає від сильного місцевого нагрівання ВР, яка вище за температуру її спалаху і відбувається у вузькій зоні;
- детонація – це хімічне перетворення, що зумовлене проходженням ударної хвилі.

З хімічно-індивідуальних ВР у ЗІ (капсулях детонаторів (далі – КД), електродетонаторів (далі – ЕД), ДШ використовують такі ВР як тен, гексоген, октоген та ін. Тротил у вигляді пресованих шашок застосовують як проміжний детонатор для ініціювання промислових вибухових речовин.

Порох – це тверда система, яка містить органічні і неорганічні сполуки, здатні стійко (без переходу у детонацію) горіти у широкому інтервалі зовнішнього тиску, при цьому виділяючи велику кількість газів. Порохи поділяються на: піроксилінові, нітрогліцеринові (балістичні), сумішеві твердопаливні (ракетні) та димні. У деяких ЗІ застосовують димний (чорний) порох у вигляді тонкої серцевини. У вогнепровідних шнурах він згорає відносно рівномірно з постійною швидкістю, а у великих зарядах протікає в режимі вибухового горіння.

Для початку детонації використовуються подовжені шнурові детонуючі заряди в еластичній або металевій оболонці і піротехнічне реле, які передають ДІ і підривають заряди БВР.

Головними вимогами для застосування ЗІ та їх елементів є надійність і безпека експлуатації протягом встановленого гарантійного терміну, що на даний час являє собою проблему. Ці вимоги для кожного з видів ЗІ та їх елементів конкретизуються. Багато з них належать до нормативів якості, які встановлені у відповідній технічній документації (ДСТУ, ТУ та ін.). У Збройних Силах України досі використовуються ГОСТ Радянського Союзу, щодо випробування порохів та ВР.

Основні вимоги до ІВР і БВР, які використовуються у ЗІ:

- досить великий запас потенційної питомої теплової енергії та висока швидкість її виділення при детонації для одержання ініціюючого імпульсу необхідної потужності за мінімальної маси їх зарядів.
- чутливість до механічних і теплових впливів, гарна сипкість і спресованість для безпечного і продуктивного технологічного використання їх у виробках;
- вологості і температурні стійкості до  $\pm 50$  °С в умовах експлуатації;
- припустима токсичність.

Таблиця 1

Витяг із переліку вибухових речовин, якими споряджені боєприпаси, та термінів їх безпечного зберігання

Найменування ВР	ГТЗ/згідно НТД, років	Обмежено після зберігання, років	Заборонено після зберігання, років
Тротил ГОСТ В 7059-73	20	30	40
Гексоген ГОСТ В 20395-74	20	30	40
ТЕН ГОСТ В 22321-77	10	25	35
Октоген ОСТ В 84-1344-76	20	30	40
Тетрил ГОСТ В 7725-76	15	25	35
А-ІХ-1 ОСТ В 84-636-72	15,20 – в виробках	25	35
А-ІХ-3 ОСТ В 84-636-72	15	20	25
А-ІХ-2 ОСТ В 84-1067-75		30	40
А-ІХ-20 ОСТ В 84-1067-75		30	40
А-ІХ-2ГТУ В 84-520-152-76		30	35
Димний порох ГОСТ 1028-79	30	40	50
Балліститний порох ОСТ 84-1259-76	25	35	40
Піроксиліновий порох ОСТ В 84-2232-85	50, з добавками та флегматиз.-25	50 30	70 40
Балліститний порох ОСТ В 84-1958-81	18	30	40
Октоген ОСТ В 84-1344-76	20	30	40

**Примітка:** В даній таблиці показані ВР, які зазвичай використовуються в боєприпасах.

ВР, як конструкційний матеріал має здатність вибухати. Для сумішей на основі октогена які більш частіше використовуються у БП при швидкостях деформації  $\epsilon = 200... 500 \text{ c}^{-1}$  та діапазоні температур  $-20... + 80 \text{ }^\circ\text{C}$ , значення негативних тисків в УХ  $P_{ух}$  у хвилі розрідження (ВР)  $p_{вр}$ , при яких спостерігається руйнування ВР, наведені нижче:

ВР	$P_{ух}$ , ГПа	$p_{вр}$ , ГПа
ТНТ	0,37	0,07
ТГ50	0,44	0,14
ОФА	1,35	0,40

До джерел зародження і розвитку ініціювання та поширення детонації в зарядах в складі вогневих ланців, засобів ураження (далі – ЗУ), слід віднести п’ять основних категорій недосконалості, а саме:

- системно-методологічні недоліки розробки та проектування ВЛ, ЗУ, БП та їх елементів;
- технологічні недоліки виготовлення та збірки деталей ВЛ;
- технологічні недоліки спорядження зарядів ВР;
- наслідки експлуатаційних та функціональних впливів на ВЛ в складі ЗУ та БП до санкціонованого підриву (зберігання, перевезення, заряджання та інш.);
- функціональні недоліки роботи уніфікованих штатних елементів конструкції ЗУ та БП, джерела ініціювання та передачі детонаційного імпульсу.

Засоби детонації (ЗІ та трансляції детонаційного імпульсу) призначені для генерації достатньо потужного вибухового імпульсу, необхідної для збудження детонації в заряді БВР мають класифікацію яка наведена нижче.

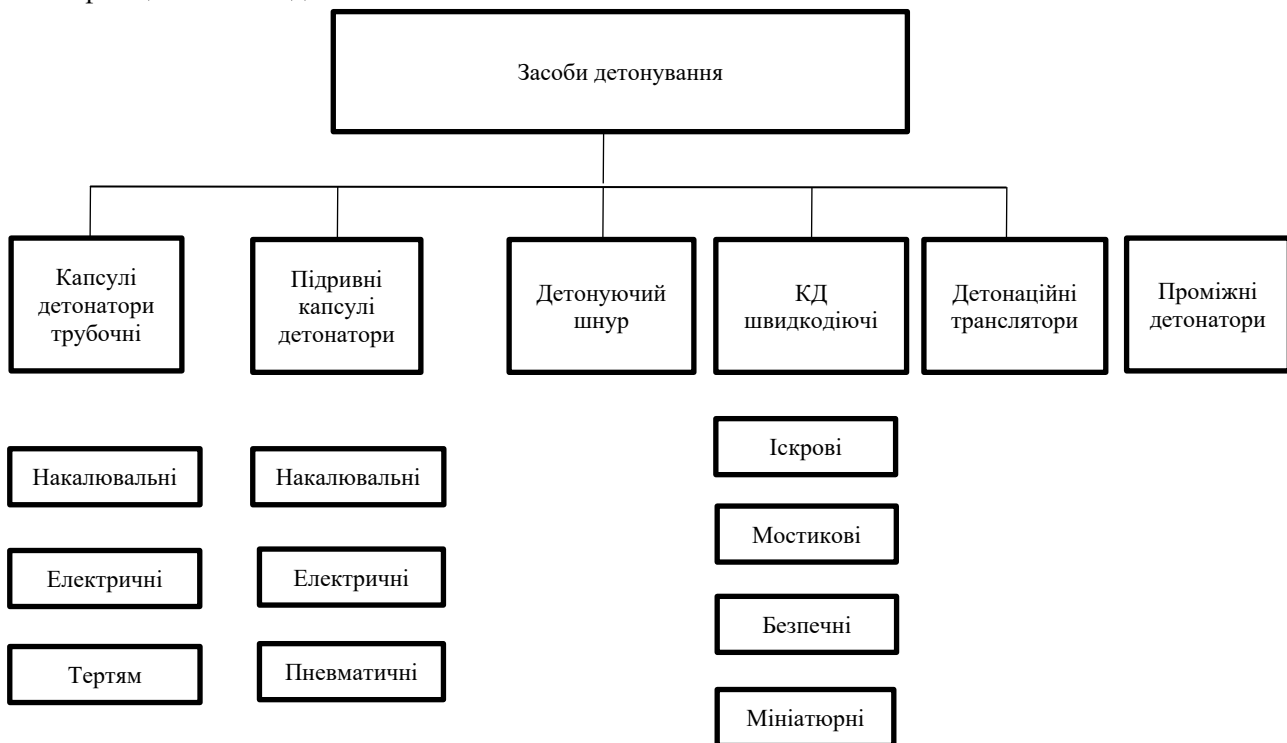


Рис.2. Класифікація засобів детонування

При ініціюванні КД променем вогню ДШ відбувається ініціювання заряду ВР. Для підриву серії зарядів вогнем використовують займісті патрони, за допомогою яких одночасно запалюють до 36 кінців ДШ, які розміщені у зарядах ВР. Для підриву зарядів у певній послідовності використовують кінці ДШ різної довжини.

Ключовими характеристиками основних засобів детонування є: час спрацювання (час від моменту надходження імпульсу на спрацювання до моменту виходу ударної хвилі на торець корпусу детонатору) та ініціююча здатність.

Таким чином, основними характеристиками спрацювання засобів ініціювання є: час спрацювання, амплітудно-часові та просторово-часові характеристики вихідного імпульсу.

Навіска ВР, яка приймає початковий імпульс, є основним джерелом появи моменту спрацювання та просторово-часових характеристик вихідного імпульсу детонатору. Другими словами, вся невизначеність та просторово-часовий розкид закладені саме в процесі ініціювання горіння та переходу його в детонацію. Ініціююча здібність детонаторів визначається по масі БВР. На практиці досить небезпечно і технологічно не зручно мати унітарний засіб вибуху великих габаритів та мас. По цій причині усі засоби ініціювання детонації працюють на межі своєї ініціюючої здібності.

**Висновки.** Визначальним фактором підвищення стабільності характеристик вражаючої дії ЗУ та БП є якість роботи елементів ВЛ. Якість функціонування ВЛ залежить від симетрії та регулярності поверхні фронту детонаційної хвилі. Велику роль для підвищення стабільності та надійності роботи має ВР, яка входить в состав БП. На арсеналах, базах та складах зберігання ракет та боєприпасів на майданчиках відкритого зберігання та у сховищах без температурно – вологісного режиму значно скорочує терміни зберігання БП. Внаслідок цього можливо зробити висновки, що основними показниками які впливають на якість функціонування елементів ВЛ є:

- терміни зберігання ракет та БП;
- конструктивні недоліки ВЛ;
- технологічні недоліки виготовлення деталей;
- функціональні недоліки штатних засобів детонування;

Наукове дослідження причин зниження якості функціонування ВЛ є перспективний напрямком у Збройних Силах України та має практичний напрямок при організації зберігання ракет та боєприпасів.

#### **Список використаних джерел**

1. Средства поражения и боеприпасы / А.В. Бабкин [и др.] М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. 984 с.
2. Современные средства поражения бронетанковой техники: учебное пособие для вузов / М.С. Воротилин [и др.] М.: Изд-во Тула ГУ, 2005. 516 с.
3. Закусило Р.В., Кравець В.Г., Коробійчук В.В. Засоби ініціювання промислових зарядів вибухових речовин.
4. Коробійчук В.В., Соколовський В.О., Іськов С.С. Руїнування гірських порід та безпека вибухових робіт
5. Кобылкин И.Ф., Селиванов В.В., Соловьев В.С., Сысоев Н.Н. Ударные и детонационные волны. Методы исследования, 2-е издание.

УДК 623.45-044.963

**Яфаров Т.,**

**Бордіян В.**

Військова академія (м. Одеса)

### **ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРАХУНКІВ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ ОЦІНКИ ФУНКЦІОНУВАННЯ БЕТОНОБІЙНИХ ТА ПРОНИКАЮЧИХ БОЄПРИПАСІВ**

Для забезпечення ефективного виконання Збройними Силами України визначених завдань, вони повинні мати відповідні оборонні можливості. В сучасних умовах важко переоцінити модернізацію існуючого арсеналу і створення інноваційних виробів, адже воно продовжується в доступному для огляду майбутньому, швидкими темпами. Тому було проведено аналіз провідних світових зразків обґрунтувань розрахунків та характерних станів бетонобійних та проникаючих снарядів після взаємодії з перешкодою. Також деякі розрахунки проведено за емпіричними формулами Забудського – Майєвського і Березанської, з достатнім ступенем точності. З запропонованих розрахунків впливає, що крива балістичної межі розділяє зони пробиття і не пробиття перешкод. В статті запропоновано застосовувати різні методи в якості обґрунтування розрахунків залежностей оцінки функціонування бетонобійних та проникаючих боєприпасів.

**Ключові слова:** боєприпас, бетонобійний боєприпас, проникаючий боєприпас, ударна дія, кінетична дія, бетонна перепона з урахуванням фугасної дії, фюзеляжна точка підвіски тактичного винищувача.

**Постановка проблеми.** Навіть увянути собі сучасне будівництво без бетону неможливо, будь то зведення будівель або будівництво доріг. Бетон і залізобетон – це основа декількох галузей будівництва і машинобудування. Крім того, більшість наземних об'єктів ураження являють собою укріплені бетоном або залізобетоном об'єкти, такі як злітно-посадочні смуги, літакові укриття, командні бункери та інші. У зв'язку з цим розробка і розвиток нових видів бетонобійних та проникаючих засобів ураження є актуальними завданнями для збройних сил провідних світових держав. Адже забезпечення військової безпеки залишається як і раніше важливим завданням будь-якої держави.

Природно, що багато хто з них інтенсивно використовуються в цілях забезпечення безпеки, а саме, в військово-технічній галузі, в результаті чого були створені найрізноманітніші засоби ураження і боеприпаси як для збройних сил, так і для інших силових структур. І хоча останнє десятиліття ХХ ст. і початок ХХІ ст. ознаменувалися припиненням протистояння військово-політичних блоків, очолюваних наддержавами, і зміною міжнародної обстановки, в умовах збройної агресії, звичайні засоби ураження і боеприпаси в доступному для огляду майбутньому залишаться основним фактором стримування і вогневого впливу в можливих міжрегіональних конфліктах і локальних війнах. Окрім цього, слід звернути увагу на той факт, що за роки незалежності України не було створено жодного новітнього зразка бетонобійного та проникаючого боеприпасів.

Нажаль цей світовий тренд, поки що обходить Україну. Але, у рамках програми Durandal створений універсальний перехідник, що дозволяє використовувати стандарти НАТО при обґрунтуванні розрахунків залежностей оцінки функціонування боеприпасів у різних державах, які дають можливість створення зразків бетонобійних та проникаючих боеприпасів для захисту своєї країни від збройної агресії. Виходячи з цього, можна стверджувати що дана тема є актуальною на сьогоднішній день.

**Мета статті** полягає в аналізі сучасних іноземних зразків конструкції та принцип дії основних типів бетонобійних та проникаючих боеприпасів в провідних світових державах. А також перспективних конструкцій бетонобійних і проникаючих БП які використовувалися в провідних країнах світу для знищення цілей. Розгляд розрахункових залежностей оцінки функціонування бетонобійних і проникаючих БП, які дозволяють визначити основні параметри ударної (проникаючої) дії (глибину проникнення в ґрунт і товщину пробиваємої бетонної перепони), відкольні ефекти при проникненні, рикошет, а також характеристики фугасної дії в бетоні, радіус зони руйнування і сумарну товщину пробиваємої бетонної перепони з урахуванням фугасної дії.

**Виклад основного матеріалу.** Боеприпаси, дія яких заснована на використанні енергії удару з подальшим впровадженням в перешкоду і вибухом бойового заряду на заданій глибині, утворюють клас ударно-проникаючих БП, до яких можуть бути віднесені проникаючі і бетонобійні боеприпаси. Вони призначені для ураження глибоко розташованих в товщі землі або добре захищених шарами сталі і бетону об'єктів. До об'єктів ураження відносять такі групи цілей: фортифікаційні споруди (вогневі споруди, наглядові та командні пункти), стартові позиції ракет (шахти пускових установок, пункти управління пуском), аеродромні об'єкти (ангари для літаків, паливно-мастильних матеріалів), склади (звичайних і ядерних боеприпасів), військово-промислові підприємства (виробничі підприємства, енергетичні споруди) і політико-адміністративні об'єкти. Об'єкти ураження, як правило, являють собою багатошарові, рознесені перепони складної конструкції.

Характеристики цих матеріалів змінюються в широкому діапазоні. Тільки для виготовлення шахти пускових установок застосовується бетон марок 35-600. Марка відповідає межі міцності (в кгс / см<sup>2</sup>) при стисненні стандартного кубика з бетону з довжиною ребра 200 мм (міцність кубика / С). Залежно від марки цементу і використовуваного заповнювач (граніт, базальт, сталеві ошурки – сталь-бетон, полімерне просочення – полімер-бетон) міцність бетону на стиск може досягати 80... 100 МПа.

Показниками, які характеризують явище проникнення боеприпасу у перешкоду, є:

- довжина шляху проникнення по траєкторії ( $I_{\text{пр}}$ );
- глибина проникнення ( $H_{\text{пр}}$ ).

При цьому:

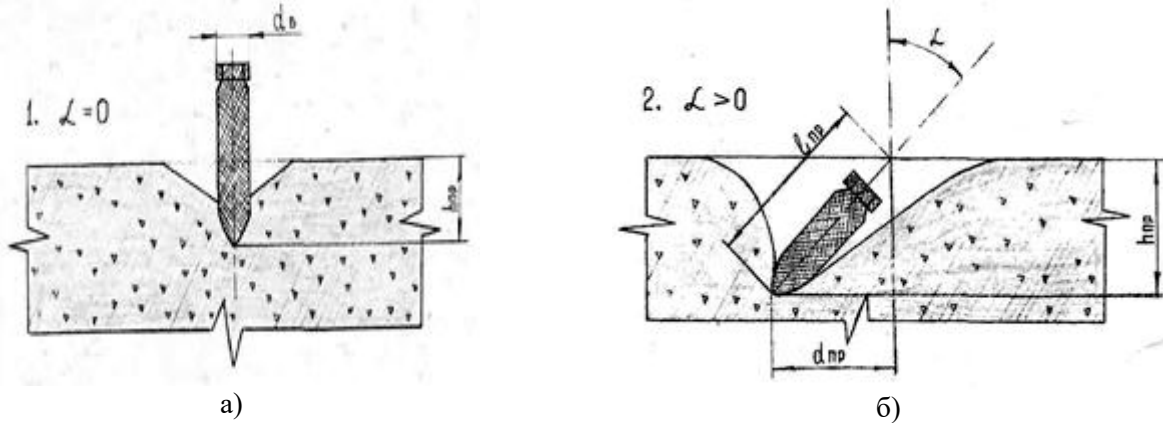
$$H_{\text{пр}} = I_{\text{пр}} \times \cos \alpha \quad (1)$$

де  $H_{\text{пр}}$  – проекція довжини проникнення,

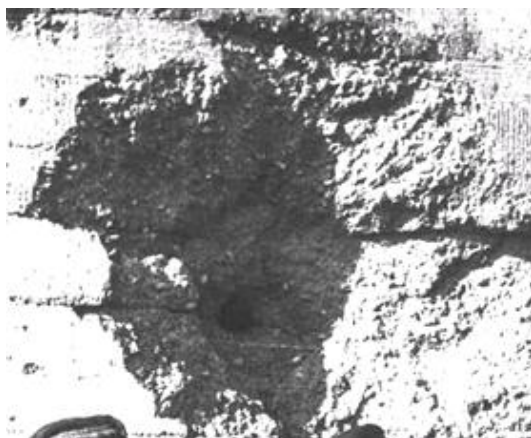
( $I_{\text{пр}}$ ) на нормаль до поверхні перешкоди.

$\cos \alpha$  – кут зустрічі боеприпаси з перешкодою ( кут зустрічі боеприпаси з перешкодою (кут між поздовжньою віссю боеприпаси та нормаллю до перешкоди у місці контакту).

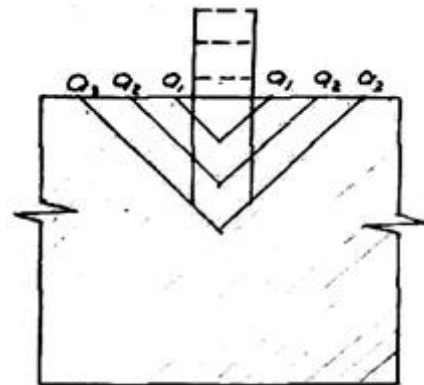
Внаслідок удару та послідуючого за цим проникненням боєприпасу у матеріал перешкоди на її поверхні утворюються ударна воронка та циліндричний канал. При проникненні у бетон покріплення траєкторії не спостерігається, боєприпаси зупиняється у циліндричному каналі, який він утворив. При зіткненні з самою перешкодою, завдяки міцному корпусу, заряд пробиває перешкоду і вибухає за нею. Матеріал перешкоди у граничних з каналом шарах зазнає пружних та пластичних деформацій. (Рис. 1. а; б.)



**Рис. 1.** Схеми проникнення боєприпасу у бетон:  
а – по нормалі до перешкоди; б – під деяким кутом



а)



б)

**Рис. 2.** Ударна воронка у бетонній перешкоді від дії бетонобійного боєприпасу:  
а- загальний вигляд; б – схема її утворення

Форма ударної воронки залежить від маси боєприпаси та кута зустрічі боєприпаси з перешкодою. Процес проникнення боєприпасу у матеріал перешкоди досить складний. Боєприпас, потрапляючи у бетон по нормалі, руйнує навколишній матеріал. Виколуючи його по утворюючих конусів. Внаслідок цього у бетоні утворюється характерне конусоподібне заглиблення. Основну роботу проводить за рахунок кінетичної енергії і фугасного заряду, діючи в два етапи. Спочатку основним завданням є пробиття перешкоди. Другий етап- вибух всередині.(іноді з уповільненням). Для визначення глибини проникнення ( h пр) використовують формулу (1), а для визначення довжини шляху проникнення по траєкторії ( I пр)- емпіричною формулою:

$$I \text{ пр} = \Pi \Pi 2 K_{\text{пр}} (P/ d \text{ б}^2 ) V 0 \tag{2}$$

Формула (1) називають «інженерною» або «Березанською формулою», оскільки вона була отримана у 1913 році інженерами у ході експериментальних досліджень на острові Березань на Чорному морі. Результат розрахунків по цій формулі дають добру сходиність з експериментальними даними при швидкості зустрічі  $V = 1000 \text{ м/с}$ . У формулі (1) прийняті позначення:

- $\Pi \Pi 2$  – коефіцієнти форми та діаметру боєприпаси;
- $K_{\text{пр}}$  – коефіцієнт опору середовища проникненню;
- $d \text{ б}^2$ - діаметр боєприпаси;
- $V 0$  – швидкість зустрічі боєприпаси з перешкодою;

Слід зазначити, що боеприпаси здатен проникати у перешкоду з бетону при  $V 0^3 150, 200 \text{ м/с}$ . Якщо дані для визначення коефіцієнтів  $I$  відсутні, то можна прийняти:

- для бетонобійних бойових частин  $I_1 = 1,3$ ;
- для фугасних( проникаючих) авіабомб  $I_1 = 1,0$ ;
- під час проникнення в ґрунт або деревину  $I_1 = 1,0$ .

Міністерства оборони США, Великобританії, Німеччини і Франції на початку 90-х років сформулювали вимоги до боеприпасів з підвищеною проникаючою здатністю. Такі боеприпаси потрібні для ураження важливих підземних об'єктів противника, захищених залізобетонними перекриттями товщиною до 6 м. У даний час у достатній кількості виробляються боеприпаси тільки одного типу, здатні уражати подібні об'єкти. Це BLU-113, що входять до складу керованих авіаційних бомб (КАБ) GBU-28 і 38 (маса 2 130 кг ), що можуть розміщатися на під фюзеляжній точці підвіски тактичного винищувача F-15E і у відсіку озброєння стратегічного бомбардувальника B-2A. Таким чином, керівництво названих збройних сил названих країн зацікавлено в створенні нових, більш легких боеприпасів цього типу, що дозволить застосовувати їх і з інших носіїв, які мають обмеження по масі і розмірах БП, розташовуваних на пілоні.

В даний час фахівці фірми "Thomson-Thorn" ведуть роботи зі створення нового зривника MENTF (Multi Effect Hard Target Fuze) з урахуванням досвіду, накопиченого в ході створення зривника HTSF. Лабораторні дослідження підтвердили, що глибина проникнення бетонобійних боеприпасів у перешкоду залежить головним чином від швидкості співударення, фізичних параметрів взаємодіючих тіл (щільність, твердість, поріг міцності і т.д.), параметра  $M/S$  (співвідношення маси БЧ і площі поперечного перерізу).. Американські фахівці пішли шляхом удосконалення унітарних бетонобійних бойових частин (УББЧ). Новий зривник відрізняється меншими розмірами і вартістю, а також більш широкими можливостями використання. Як підкреслюють західні експерти, БЧ BROACH може ефективно застосовуватися як з низьких, так і із середніх висот. Технологія виробництва ТББЧ BROACH припускає істотне варіювання її масогабаритних характеристик. Зокрема, створені три варіанти БЧ: з діаметром 450 мм (для оснащення авіаційних керованих ракет великої дальності класу «повітря-земля» «Scalp» і «Storm Shadow»), 300 мм (варіант керованої авіаційної касети AGM-154C JSOW без суббоеприпасу) і 127 мм (під 155-мм артилерійський снаряд). Діаметр третього варіанта БЧ дозволяє використовувати BROACH у ракетній зброї, запуск якої здійснюється з пускової установки безвідкотного типу. Унітарна бетонобійна бойова частина AUP-3 (BLU-116/B) розроблена в 1997 році за замовленням ВПС США американською корпорацією "Локхід-Мартін" для встановлення на КАБ GBU-24 і крилату ракету повітряного базування AGM-86D. Корпус баєвих частин виконаний з високоміцної нікель-кадмієвої сталі і при подібних із БЧ BLU-109/B масо-габаритних характеристиках характеризується майже вдвічі більшою проникаючою здатністю. У його донної частини розташований зривник FMU-157/B HTSF. На думку розроблювачів, наявність невеликої маси ВР, що міститься в корпусі БП, має підвищити його проникаючу здатність і звести до мінімуму збиток навколишньому середовищу у випадку влучення вибухового пристрою в підземні склади хімічної, біологічної і ядерної зброї. Бойова частина J-1000 створена в 1995 році за замовленням ВПС США для установки на КР AGM-158 JASSM і інші ракети класу "повітря – земля". Корпус виконаний з металевого сплаву на основі вольфрамової сталі. Боеприпаси використовуються для



Рис. 2. Ізраїльська бетонобійна бомба Elbit MPR-500

оснащення КАБ «Paveway» зі підривник EMU-143 A/B або FMU-152B. Підривник FMU-152B може бути запрограмований у польоті пілотом на підземний або повітряний підрив. Незважаючи на солідний вік, ці бомби виробляються і досі – лише у 2020 американська армія закупила понад 4200 таких бойових частин на понад 146 мільйонів доларів, а у 2021-му заплановано купити ще на 70 мільйонів.

Також слід зазначити, що на озброєнні ще однієї країни з розвинених ВПК, Ізраїлю, раніше були проникаючі бомби тільки американського виробництва. Але потім взялися за розробку власної зброї

цього класу. Першим зразком став виріб MPR-500 від компанії Elbit Systems. Він має обтічний посилений корпус, його маса – 230 кг. Є супутникова система наведення. Бомба здатна пробити до 1 м залізобетону або 4 покриття між поверхнями. Після пробиття перешкоди забезпечується суцільне ураження живої сили в радіусі 23-25 м з розльотом окремих осколків до 80-100 метрів. Elbit MPR-500 виробляється серійно, вже відомо і про випадки бойового застосування цих бомб (Рис. 2.)

Якщо ж проаналізувати та взяти до уваги, зразки бомб, які є на озброєння країни-агресора, то варто зазначити, що в останні десятиліття надійшли кілька типів бетонобійних бомб з різними характеристиками і можливостями. Вироби, які мають ВКС Росії, здатні вражати заглиблені споруди та злітно-посадочні смуги. Авіабомба БетАБ-500 – це виріб завдовжки 2,2 м діаметром 330 мм і масою 480 кг. На її основі створено бомбу БетАБ-500У з ракетним прискорювачем. У хвостовій частині її корпусу є заряд твердого палива, що забезпечує розгін при падінні. За рахунок прискорювача довжина бомби збільшилася до 2,5 м, маса – до 510 кг, але заряд зменшили до 45 кг. Обидва вироби, як заявлено, здатні пробивати більше 1,2 м залізобетону і понад 3 м ґрунту. Та попри деякі переваги, назвати російські розробки сучасними було би великим перебільшенням. Тим паче, під час «бойових випробувань» в Сирії ці бомби показали сумнівну надійність.



Рис. 3. Бетонобійна бомба ВКС РФ

Українська армія, на жаль, поки не володіє такими авіаційними боєприпасами (та й не має перед собою завдань, які ці снаряди вирішують). Тим не менше, ми маємо деякі нові розробки, якими можемо похвалитися. Так, у 2018 році ТОВ Науково-Виробнича Фірма «Адрон» представило на виставці «Зброя та Безпека-2018» свої нові розробки для створення коригованих бомбових пострілів, а також нові термобаричні бойові частини для них. А в липні 2020 року стало відомо про те, що компанія «СпецОборонМаш» розробляє нові засоби ураження для застосування з безпілотників. Підприємство завершило розроблення одного з таких зразків – некерованої авіаційної бомби, випробування якої мали б початися найближчим часом. «Вага бомби – 4,2 кг, довжина – близько 45 см, бойова частина – уламково-фугасна з кумулятивним ефектом. Підривач БЧ має різні режими підриву – над поверхнею, на поверхні або після заглиблення. Діаметр бомби по бойовій частині – 80 мм, а діаметр у зоні кільцевого стабілізатора – 110 мм. На одній зі сторін боєприпасу розміщений роз'єм датчика сходу бомби з виконавчим механізмом для відділення від носія.

Що стосується самого обґрунтування розрахунків залежностей оцінки функціонування бетонобійних та проникаючих боєприпасів, то слід звернути увагу на той факт, що глибина ураження перепони проникаючим БП складається з глибини його проникнення в результаті кінетичної дії (ударної дії) і розміру зони руйнування, утвореною при вибуху заряду ВР (фугасної дії). Для проникаючих БП основним є ударна дія. Характер проникнення БП в перешкоду багато в чому визначає умови зустрічі БП з перешкодою, при яких кут зустрічі між вектором швидкості і нормаллю до поверхні перепони не дорівнює нулю. При цьому кут атаки (між вектором швидкості і віссю тіла) зазвичай відрізняється від нуля і може не знаходитися в площині польоту тіла. Ці умови призводять до того, що опір середовища в різних точках поверхні проникаючого тіла виявляється неоднаковим. В результаті вектор результуючої сили опору середовища не збігається з віссю симетрії тіла, траєкторія його руху викривляється і може представляти просторову криву.



При просторовому прониканні рух тіла з шістьма ступенями свободи може бути описано рівняннями руху твердого тіла в загальному випадку. Рівняння його руху – це рівняння руху центру мас  $C$  тіла і обертального руху навколо нього:

$$m \frac{d v_c}{dt} = F \quad (3)$$

$$\frac{d K_C}{dt} = M \quad (4)$$

де  $m$  – маса тіла;

$d(v_c, K_C)$  – швидкість центру мас  $C$  тіла і його кінетичний момент;

$F$  і  $M$  – сила опору середовища і її момент відносно центру мас  $C$  тіла.

Дані рівняння утворюють систему звичайних диференціальних рівнянь, яка може бути вирішена чисельним інтеграцією, наприклад методом Рунге – Кутта. При цьому силові фактори, викликані опором ґрунту  $F$  і її моментом  $M$ , визначаються інтегруванням виразів для нормального про "і дотичного  $\tau$ " питомих опорів проникненню по всій поверхні тіла з урахуванням можливості відсутності контакту частини його поверхні з середовищем:

$$F = \int_{S_K} (\sigma_n n + \tau_n \tau) ds \quad (5)$$

$$M = \int_{S_K} \rho (\sigma_n n + \tau_n \tau) ds \quad (6)$$

$F$  і  $M$  – сила опору середовища і її момент відносно центру мас  $C$  тіла

де  $n$  і  $\tau$  одиничні вектори нормалі і дотичній в даній точці поверхні тіла, причому напрямком одиничного вектора дотичної  $\tau$  збігається з напрямком проекції вектора  $V$  на площину, дотичну до поверхності тіла в даній точці  $ds$  -елементарна площадка в околиці даної точки;  $S_K$  - поверхню тіла, що знаходиться в контакті з ґрунтом;

$\rho$  – радіус-вектор даної точки поверхні тіла щодо його центру мас.

Для визначення силових факторів необхідно знати розподіл нормального  $\sigma_n$  і дотичного  $\tau_n$  питомих опорів середовища по поверхні проникаючого тіла. Незалежно від його форми питомі опору  $\sigma_n$ , і  $\tau_n$  "в будь-якій точці поверхні тіла, що знаходиться в контакті з перешкодою, є функціями фізико-механічних властивостей середовища і проекції швидкості  $V$  розглянутої точки на вектор нормалі до поверхні тіла в цій точці. У загальному вигляді ці функції для більшості ґрунтів записуються однаково:

$$\sigma_n = A v_n + B u_n + C; \quad (7)$$

ще  $A$ ,  $B$ ,  $C$  – коефіцієнти, що характеризують властивість середовища чинити опір проникненню;  $\rho$  – коефіцієнт тертя матеріалу перепони про корпус тіла.

Коефіцієнти  $A$ ,  $B$ ,  $C$  в залежності можуть визначатися різними способами. Можливий шлях отримання цих коефіцієнтів через стандартні фізико-механічні характеристики (щільність, стисливість, кут внутрішнього тертя, зчеплення, пористість, модуль зсуву) аналітичне або чисельне рішення задач проникнення з позицій механіки суцільного середовища. Можливе знаходження зазначених коефіцієнтів на підставі обробки експериментальних даних по проникненню в перепони.

При проведенні оціночних розрахунків проникання в ґрунти і бетон можна скористатися простими залежностями для визначення коефіцієнтів  $A$ ,  $B$ ,  $C$  через коефіцієнти властивостей в відомих емпіричних формулах Забудського – Майєвського і Березанської.

У зв'язку з тим, що бетон має відмінні практично на порядок межі міцності при стисненні і розтягуванні, при пробитті тілами бетонної перепони в останній можуть відбуватися руйнування у вигляді тильного і лицьового відколів. Відкольна воронка істотно впливає на силу опору і кінематику проникнення (особливо при русі тіла в лицьових і тильних шарах перепони), так як фізико-механічні характеристики зруйнованого бетону в відкольних воронках значно відрізняються від характеристик незруйнованим бетону. Тому одним із способів обліку характерного руйнування бетонної перепони стала зміна коефіцієнтів  $A$ ,  $B$  і  $C$  для бетону в лицьових і тильних шарах перепони на коефіцієнти  $A_d$ ,  $B_d$ ,  $C_d$ . На підставі аналізу результатів чисельного рішення задачі механіки суцільного середовища і даних експериментальних досліджень співвідношення між коефіцієнтами можуть бути представлені в наступному вигляді:  $A_d=0,77A$ ;  $B_d=0,42B$ ;  $C_d=0,39C$ .

Заміна коефіцієнтів відбувається для частинок матеріалу перепони, які перебувають в лицьових і тильних зонах руйнування, розміри яких для перепон товщиною більше 3-4 діаметрів БП наступні:

$$\frac{D_{\tau}}{d} = 7 \dots 9; \frac{H^{\tau}}{d} = 2; \frac{H_F}{d} = 1.5 \quad (8)$$

де  $D_{\tau}$  – діаметр зони лицьового відколу;

$d$  – діаметр проникаючого тіла;

$D$  – діаметр зони тильного відколу;

$H^{\tau}$  – товщина зони тильного відколу характеристики руху БП в процесі його проникнення (координати, швидкість, осьова і бічна сили) знаходяться з рішення системи рівнянь, яка включає в себе рівняння руху записані в проекціях на осі рухомої і пов'язаної з тілом системах координат, і кінематичні рівняння, що зв'язують рухливу і нерухому, пов'язану з перешкодою, системи координат.

Для оцінки проникаючої дії (в основному глибини проникнення) використовуються емпіричні залежності, серед яких найбільш відомі формули Забудського – Майєвського і Березанської (після її удосконалення отримала назву формули Анії). При визначенні глибини проникнення приймається допущення про прямолінійний рух БП в перешкоді.

Формула Забудського – Майєвського має наступний вигляд:

$$h = \frac{2m}{\alpha_1 b_1 \pi d^2} \log(1 + b_1 \sigma_0^2) \cos \alpha_{\tau} \quad (9)$$

де  $h$  – глибина проникнення боєприпасу, щодо лицьової поверхні перепони;

$m$  – маса боєприпасу;

$d$  – діаметр БП, м;

$\sigma_0$  – швидкість зустрічі БП з перешкодою, м / с;

$\alpha_{\tau}$  – кут зустрічі з перешкодою, відлічуваний від нормалі до поверхні перепони;

$\alpha_1 b_1$  – коефіцієнти властивостей перешкоди.

Формула Анії:

$$h = K K_1 \frac{m}{d^2} \sigma_0 \frac{\cos(n \alpha_0)}{\sqrt{\cos \alpha_0}} \quad (10)$$

де  $h$  – глибина проникнення боєприпасу, щодо лицьової поверхні перепони;

$K_1$  – коефіцієнт форми головної частини снаряда;

( $K = 1,3$  – для снарядів далекобійної форми,  $K = 1,0$  для снарядів недалекобійної форми);

$m$  – коефіцієнт, що характеризує здатність снаряда до зміни його траєкторії в перешкоді

( $m = 1,82$  – для снарядів далекобійної форми,  $m = 2,62$  – для снарядів недалекобійної форми);

Глибина проникнення снарядів визначається за умови, що снаряди позалицяються і проникненні в перепони зберігають міцне стан (не руйнуються і не деформуються).

**Висновок.** Виконано огляд новітніх та сучасних боєприпасів відомих іноземних країн, а також розглянуто чимало способів та різних методів в якості обґрунтування розрахунків залежностей оцінки функціонування бетонобійних та проникаючих боєприпасів, оцінено їх переваги та недоліки. Також хотілося б відмітити, що в умовах динамічно та геополітично зміненої обстановки яка викликана збройною агресією щодо України, бетонобійні та проникаючі боєприпаси продовжують залишатися вагомим аргументом, як при веденні війни традиційними методами, так і при проведенні антитерористичних операцій. Але тішить одне, що загальна характеристика сучасних звичайних засобів ураження зводиться до того, що при всій своїй фантастичній руйнівній силі вони не роблять такого згубного впливу на навколишнє середовище, як ядерна зброя. Переосмислення основної доктрини ведення сучасної війни на сході України привело до розуміння необхідності щодо впровадження та створення новітніх зразків боєприпасів, які нададуть можливість конкурувати на міжнародній арені з провідними державами світу. Тому 21-е століття все частіше називають «епохою безконтактних війн». Але за прогнозами військових фахівців, війни навряд чи стануть менш згубними.

#### Список використаних джерел

1. Засоби ураження і боєприпаси: Навчальний посібник /А.В.Бабкін,С752 В.А.Велданов, Е.Ф. Грязнов та ін.; за ред. В.В. Селіванова.- М.- Видавництво МГТУ ім. М.С. Баумана,2008.- 468 -506с.
2. Д 36 Артилерійське озброєння і боєприпаси: навчальний посібник /А. Й. Дерев'янчук, М.Б. Шелест.- Суми: Видавництво Сум ДУ, 2010.
3. Інтернет ресурс:[https:// studopedia.com.ua](https://studopedia.com.ua)

## 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, відображати як загальнонаукові, так і спеціальні методи наукового пізнання, правомірність, містити принципово новий матеріал, наводити вагомий і переконливий докази на користь обраної теми та тематики 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  $\rho$ , 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.

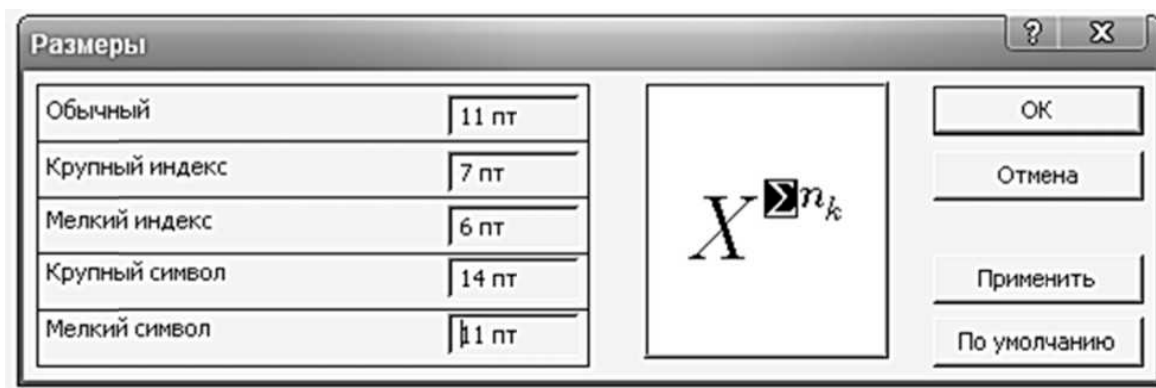


Рис. 1. Параметри для розмірів шрифту в Microsoft Equation

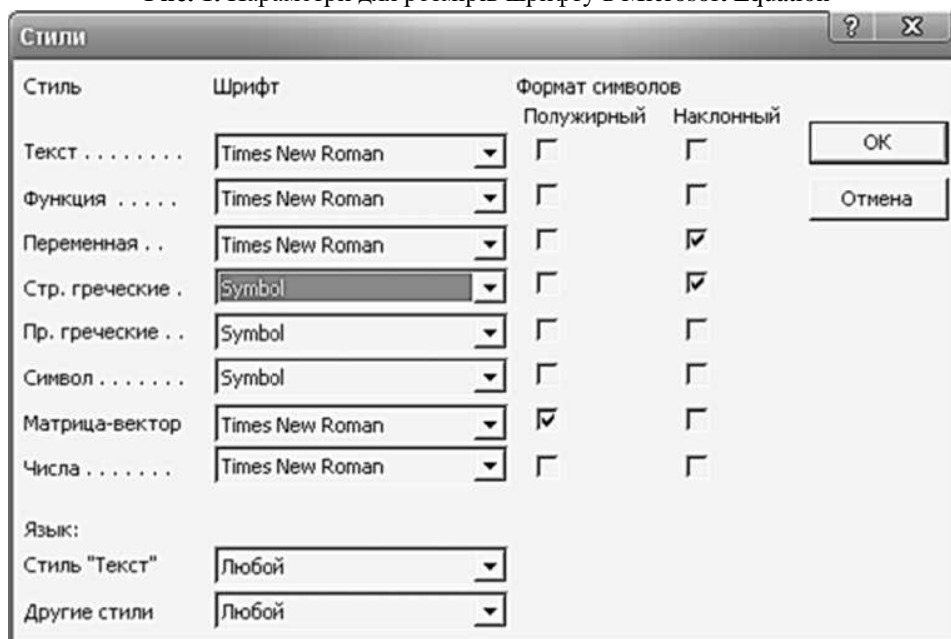


Рис. 2. Стили та гарнітури в Microsoft Equation

Забороняється використовувати для набору формул графічні об'єкти, кадри й таблиці.

Наприклад:

Значення суми квадратів відхилень визначають за виразом:

$$Q_x = \left[ \sum_{ij}^{pq} (\sum_k^n X_{ijk})^2 \right] / n - H, \quad (1)$$

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 кожному 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

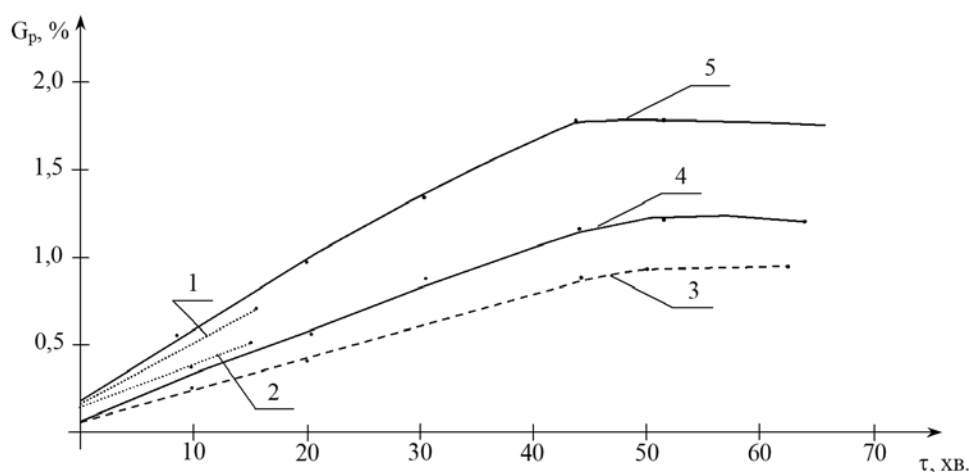
Рисунки, діаграми і графіки створюються чорно-білими. Допускається використання діаграм і графіків Microsoft Excel у градаціях чорного. Максимальний розмір поля рисунку за шириною не має перевищувати 160 мм.

На кожному рисунку 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. 3.** 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 e-mail: *conference\_nauka@vaodesa.mil.gov.ua* 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 4

Редактори *Лісовенко Д.В., Набок В.К., Франчук Ю.В.*

Комп'ютерна верстка *Труш С.Й.*

Адреса редакції: 65009, м. Одеса, вул. Фонтанська дорога, 10, Військова академія (м. Одеса)  
Тел.: (0482) 63-76-60,  
E-mail: conference\_nauka@vaodesa.mil.gov.ua

*Надруковано з готового оригінал-макета  
у друкарні Військової академії (м. Одеса)*

---

Підписано до друку 07.05..2021 р.  
Формат 297x420/2. Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman.  
Авт.арк. – 12,63. Обл.вид.арк. –12,73. Друк.арк. – 139. Ум.друк.арк. – 31,97.  
Замовлення № 145 РВВ ВА 2018. Наклад 100 прим.

65009, м. Одеса, вул. Фонтанська дорога, 10  
Військова академія (м. Одеса)  
[www.vaodessa.org.ua](http://www.vaodessa.org.ua)

---