ISSN 2706-7386

ДЕРЖАВНИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ
ВИПРОБУВАНЬ І СЕРТИФІКАЦІЇ
ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

НАУКА НАБЛИЖАЄ ПЕРЕМОГУ
ТА ЗБЕРІГАЄ ЖИТТЯ!

# ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

ДЕРЖАВНОГО НАУКОВО-ДОСЛІДНОГО ІНСТИТУТУ
ВИПРОБУВАНЬ І СЕРТИФІКАЦІЇ
ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

ВИПУСК 4 (6)

**ISSN 2706-7386**

**ДЕРЖАВНИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ
ВИПРОБУВАНЬ І СЕРТИФІКАЦІЇ
ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ**

# ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

ДЕРЖАВНОГО НАУКОВО-ДОСЛІДНОГО ІНСТИТУТУ
ВИПРОБУВАНЬ І СЕРТИФІКАЦІЇ
ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

ВИПУСК № 4(6) 2020

Науково-теоретичний та науково-практичний
збірник наукових праць

**2020**

УДК 623(062.552)

З-41

Рекомендовано до друку науково-технічною радою Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки (Протокол № 25 від 30.12.2020 року).

**Збірник наукових праць** Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки / ДНДІ ВС ОВТ. – Чернігів: Брагинець О.В., 2020. – Вип. № 4(6). – 107 с. **–** ISSN 2706-7386.

Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки спрямований на висвітлення проблемних питань наукового та науково-технічного характеру у галузі створення, випробування, оцінки відповідності озброєння та військової техніки і пошук шляхів їх вирішення.

Збірник буде корисним для курсантів (студентів); науковим та науково-педагогічним працівникам закладів вищої освіти; інженерам та науковим працівникам у галузі створення, випробування та оцінки відповідності озброєння та військової техніки.

**Редакційна колегія**

**Головний редактор:**

**Башинський В.Г.** – доктор технічних наук, старший науковий співробітник, заслужений діяч науки і техніки України, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, академік Академії технологічних наук України.

**Заступник головного редактора:**

**Дмитрієв В.А.** – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, член-кореспондент Академії технологічних наук України.

**Члени редакційної колегії:**

**Бурсала О.Л.** – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник;
**Денисов О.І.** – доктор технічних наук, професор, Заслужений діяч науки і техніки;
**Космач О.П.** – кандидат технічних наук;
**Кукобко С.В.** – кандидат технічних наук;
**Ляшенко В.А.** – кандидат технічних наук.
**Нікітченко В.І.** – кандидат технічних наук;
**Павленко А.Г.** – кандидат технічних наук;
**Сапон С.П.** – кандидат технічних наук, доцент;
**Сиза О.І.** – доктор технічних наук, професор;

**Відповідальний секретар:**

**Аркушенко П.Л.** – кандидат технічних наук.

**Editor-in-Chief:**

**Bashinskyi Volodymyr –** Dr.Sci.(Eng.), Senior Research Scientist, Honored Worker of Science and Technology of Ukraine, The Laureate of State Prize of Ukraine in Science and Technology, Member ATS Ukraine.

**Deputy Editor-in-Chief:**

**Volodymyr Dmytriiev –** Ph.D.(Eng.), Senior Researcher, The Laureate of State Prize of Ukraine in Science and Technology, Corresponding member of ATS Ukraine.

**Editorial Board:**

**Alexander Bursala** – Ph.D.(Eng.), Senior Researcher;
**Alexander Denisov –** Dr.Sci.(Eng.), Professor, Honored Worker of Science and Technology;
**Aleksandr Kosmach** – Ph.D.(Eng.);
**Sergey Kukobko –** Ph.D. (Eng.);
**Volodymyr Liashenko** – Ph.D. (Eng.).
**ViktorNikitchenko –** Ph.D. (Eng.);
**Anatoliy Pavlenko** – Ph.D. (Eng.);
**Sergey Sapon –** Ph.D.(Eng.), Assistant;
**Olga Sizaya** – Dr.Sci.(Eng.), Professor;

**Executive Managing Editor:**

**Pavlo Arkushenko** – Ph.D.(Eng.).

**Публічність та доступ:** Збірник зберігається в загальнодержавній реферативній базі даних Державної бібліотеки ім. Вернадського "Україніка наукова", індексується на платформі Open Journal Systems (OJS) у Crossref, Google Scholar та включений у міжнародну базу даних наукових журналів Index Copernicus. Збірник має повністю відкритий доступ: https://dndivsovt.com.

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 23995-13835Р від 19.06.2019

**ЗМІСТ**


***Андрушко М.В., Шейн І.В., Ратушний С.В.***
Обґрунтування загальних вимог до бортових інформаційно-вимірювальних комплексів та реєструючих систем для проведення випробувань автомобільної та бронетанкової техніки 4

***Башинський В.Г., Пєвцов Г.В., Опенько П.В., Козир А.Г.***
Аналіз сучасних інформаційних аспектів ймовірного сценарію розвитку воєнного конфлікту з Російською Федерацією 12

***Березняк А.М., Дудник Т.Г., Закутько О.М.***
Основні результати спеціальних вертольоту Ми-2МСБ, оснащеного дослідною системою стрілецького озброєння та серійною системою некерованого ракетного озброєння 26

***Бутенко О.М., Цуря Е.І., Гордєєв С.М.***
Щодо створення дистанційно керованих бойових модулів для легких броньованих автомобілів 33

***Голуб В.М., Бурсала О.Л., Чуприна В.М.***
Методологічний підхід до визначення тренду змін показників надійності авіаційної техніки на прикладі вертольотів державної авіації 42

***Корнієнко І.В., Корнієнко С.П., Камак Д.О., Казначей С.М., Жирна О.В.***
Щодо можливих функціональних компонент інформаційної системи супроводження випробувань ОВТ Збройних Сил України 52

***Олійник Р.М., Цілина С.В., Єрмоленко О.В.***
Удосконалення оптико-електронних засобів для підвищення ефективності бойового застосування бронетанкового озброєння в умовах обмеженої видимості 62

***Пилипенко О.І., Колесник Д.М., Березняк А.М.***
Розвиток конструкцій зубців і зубчастих коліс авіаційних редукторів 70

***Приходько С.М., Лаппо І.М., Добришкін Ю.М.***
Розробка загальних вимог до термобарокамери 81

***Рудніченко С.В., Камак Ю.О., Нестеренко С.О., Геращенко М.М.***
Теоретико-множинні моделі безпілотного авіаційного комплексу для прогнозування показників безвідмовності 87

***Стригун В.В., Барвінок Р.Д., Білоус О.В., Толмачов В.Ю.***
Вдосконалення методичного апарату випробуваннь навігаційної апаратури споживачів глобальних навігаційних супутникових систем з використанням імітатора навігаційних сигналів 95

**Вимоги до оформлення статті у Збірник наукових праць ДНДІ ВС ОВТ** 103

**Алфавітний покажчик** 106

*Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. 2020. Вип. № 4(6)*
*ISSN 2706-7386*
УДК 629.7.051 DOI: 10.37701/dndivsovt.6.2020.01

***Андрушко М.В., Шейн І.В., Ратушний С.В.*** *Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*

# ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАГАЛЬНИХ ВИМОГ ДО БОРТОВИХ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ ТА РЕЄСТРУЮЧИХ СИСТЕМ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТА БРОНЕТАНКОВОЇ ТЕХНІКИ

*Бортові інформаційно-вимірювальні комплекси та реєструючі системи призначені для забезпечення контролю параметрів як систем та агрегатів дослідного зразка так і зразка автомобільної та бронетанкової техніки в цілому, для отримання якісних і кількісних характеристик для оцінки їх відповідності технічним вимогам технічного завдання.*

*В статті розглянуто обґрунтування загальних вимог до бортових інформаційно-вимірювальних комплексів та реєструючих систем для проведення випробувань автомобільної та бронетанкової техніки.*

***Ключові слова:*** *загальні вимоги, відповідність, отримання, вимірювальна інформація.*

**Постановка проблеми.** В якості об’єктів випробувань дуже часто виступають створені (модернізовані) зразки автомобільної та бронетанкової техніки Збройних Сил України та інших військових формувань. Дуже часто постає питання про параметри та характеристики тих чи інших вузлів і агрегатів дослідних об’єктів під час проведення їх випробувань. Проведений аналіз показав, що на сьогоднішній день актуально постає потреба в наявності універсального бортового інформаційно-вимірювального комплексу. Метою дослідження ставилось обґрунтування загальних вимог до бортових інформаційно-вимірювальних комплексів та реєструючих систем для застосування у випробуваннях автомобільної та бронетанкової техніки.

**Викладення основного матеріалу.** Багаторічний досвід випробувань складних систем і комплексів озброєння та військової техніки (ОВТ), як вітчизняної так й іноземної розробки, проведення наукових досліджень з розвитку і удосконалення системи та методів випробувань ОВТ, керівних і нормативно-технічних та нормативно-методичних документів показує, що дуже часто постає питання необхідності малогабаритного сучасного інформаційно-вимірювального комплексу.

Універсальний бортовий інформаційно-вимірювальний комплекс модульного типу повинен забезпечувати збір, перетворення та реєстрацію на бортовий накопичувач параметричної (аналогової та цифрової), дискретної, аудіо та відео інформації від бортових систем дослідних зразків ОВТ при проведенні випробувань [1].

Особливе місце займають системи збору і обробки інформації у випробуваннях автомобільної та бронетанкової техніки. Це пов’язано з необхідністю отримання в ході експериментів кількісної інформації про характеристики зразка та його систем на підставі об’єктивної оцінки великої кількості значень фізичних величин, які визначаються дослідним шляхом. Незважаючи на суттєву різницю в технічних характеристиках та способах застосування різних видів бронетехніки, інформаційне забезпечення їх випробувань має багато спільного.

З інформаційної точки зору випробування зразків бронетехніки являють собою процес отримання, перетворення, реєстрації і обробки вимірювальної інформації, що створюється бортовими системами дослідних зразків ОВТ. Весь комплекс технічних вимірювальних засобів (наземні засоби вимірювань, системи бортових вимірювань, системи траєкторних вимірювань, системи телеметрії) за допомогою апаратури єдиного часу, засобів збору і обробки вимірювальної інформації, управління та зв’язку об’єднуються в єдиний

*© Андрушко М.В., Шейн І.В., Ратушний С.В., 2020*

*ISSN 2706-7386*

інформаційний вимірювально-обчислювальний комплекс, який в свою чергу дозволяє дати об'єктивну оцінку характеристикам та властивостям об'єкту випробувань в цілому.

Система бортових вимірювань (СБВ) являє собою сукупність різноманітної вимірювальної апаратури та допоміжного обладнання, що утворює систему [2].

До складу СБВ можуть входити:

різноманітні електронні накопичувачі інформації;
апаратура магнітного запису;
цифрова апаратура різного призначення;
бортова апаратура радіотелеметрії;
апаратура відеозапису;
фотографічна апаратура;
світлопроменеві осцилографи;
оптичні і механічні самописці;
бортова апаратура системи єдиного часу;
первинні перетворювачі (датчики);
вимірювальні перетворювачі (нормалізатори, модулі);
електричні вимірювальні ланцюги;
комутаційна апаратура;
блоки живлення, командні прилади, пульти управління.

Проведений аналіз дає можливість у відповідності до методик випробувань сучасних зразків автомобільної та бронетанкової техніки всі вимірювальні параметри згрупувати в наступні групи вимірювальної інформації:

швидкісні характеристики (по осям $O_x$, $O_y$, $O_z$);
перевантаження (по осям $O_x$, $O_y$, $O_z$);
прискорення (по осям $O_x$, $O_y$, $O_z$);
просторове положення (по координатам $X$, $Y$, $Z$);
напрямок;
температура;
вологість;
переміщення;
кути повороту;
оберти;
вібрація;
акустичний шум;
датчики витрат (рідин, газів);
тиск (розрідження);
напруга;
струм;
концентрація газів;
запиленість;
рівень освітленості;
фізіологічні дані (температура, частота серцебиття)
разові команди подій;
зображення та інше.

Для забезпечення вимірювання, збору та реєстрації визначених груп параметрів застосовуються відповідні датчики, засоби узгодження, збору та реєстрації, обробки, налагодження, градуювання та контролю [3].

Отже, проведений аналіз напрямків, об'єктів випробувань, їх основних технічних і фізичних характеристик дозволяє запропонувати загальні вимоги до бортових інформаційно-вимірювальних комплексів та реєструючих систем, які викладені нижче.

Цільове призначення.

Бортові інформаційно-вимірювальні комплекси та реєструючі системи (БІВК РС)

*ISSN 2706-7386*

призначені для забезпечення контролю параметрів як систем та агрегатів дослідного зразка, так і зразка автомобільної та бронетанкової танкової техніки в цілому для отримання якісних і кількісних характеристик з метою оцінки їх відповідності технічним вимогам технічного завдання (тактико-технічного завдання).

Склад зразка.

БІВК РС повинні мати у своєму складі:

модулі збору, перетворення, реєстрації вимірювальної інформації;

бортові накопичувачі інформації;

мобільний дистанційний пристрій зчитування інформації з накопичувача на ПЕОМ та оперативної обробки вимірювальної інформації;

програмно-апаратний комплекс обробки, програмування та функціональної діагностики;

спеціалізоване програмне забезпечення;

комплект монтажних частин;

комплект запасних інструментів та приладів (ЗІП);

комплект експлуатаційно-технічної документації.

Основні завдання.

Основними завданнями БІВК РС є:

забезпечення збору, перетворення та реєстрації на бортовий накопичувач параметричної (аналогової та цифрової), дискретної, аудіо та відео інформації від датчиків (первинних перетворювачів) та бортових систем автомобільної та бронетанкової техніки при проведенні випробувань;

одночасно з записом інформації на накопичувач, підготовка та передача інформації у відповідні системи у форматі, який забезпечує її подальше транслювання по телеметричним бездротовим каналам на пункти управління (обробки) при проведенні випробувань.

Об’єкти (цілі) дій.

В якості об’єктів випробувань можуть виступати створені (модернізовані) зразки автомобільної та бронетанкової техніки Збройних Сил України та інших військових формувань.

Умови бойового застосування.

Не передбачено.

Можливості зразка.

БІВК РС повинні забезпечувати:

а) застосування універсальних (модульних) систем, які можуть масштабуватися під конкретні задачі;

б) прийом, перетворення та безперервний запис на бортовий накопичувач параметричної, аудіо-, відео інформації у вигляді:

1) аналогових сигналів:

– напругою від 0 до 6,3 В постійного струму;

– напругою від 0 до 42 В постійного струму;

– напругою від 0 до 100 мВ постійного струму;

– напругою від 0 до 40 В змінного струму 400 Гц;

– напругою від 0 до 150 В змінного струму 400 Гц;

– амплітудою від 0,2 В до 4,5 В змінного струму від 0,3 кГц до 3,3 кГц;

– амплітудою від 2 В до 31 В синусоїдальної частоти від 7 Гц до 100 Гц;

– амплітудою від 0,2 В до 4,5 В синусоїдальної частоти від 0,3 кГц до 3,3 кГц;

– електричного опору від 0 до 210 Ом;

– напруги калібрувальної;

2) разових команд:

– напругою від 4 В до 33 В постійного струму;

– напругою від 9 В до 33 В постійного струму;

– напругою від 15 В до 33 В постійного струму;

*ISSN 2706-7386*

– імпульсів тривалістю до 10 мкс напругою від 4 В до 33 В;

– напругою “+12 В”, “+24 В” для включення блоку реєстрації;

3) цифрових потоків у вигляді послідовного 16-розрядного коду, або в форматах ARINC, ІКМ (PCM), Ethernet, MIL-STD 1553, CAN;

4) аудіо сигналів від ларингофонів, мікрофонів, суміжних систем контролю;

5) відео сигналів від цифрових камер спостереження;

6) мати гнучкий вибір частоти дискретизації (опитування).

Параметри синхронізації параметричної, службової, цифрової, аудіо і відео інформації та поточного часу визначаються Розробником та узгоджуються Замовником.

в) запис відміток часу від вбудованого електронного годинника-календаря 1 раз/с для звукової та відеоінформації і 2 рази/с для параметричної інформації;

г) формування та запис службової інформації (час, дата у форматі UTC і номер рейсу та бортовий номер);

д) зберігання зареєстрованої інформації незалежно від наявності електроживлення;

е) зчитування зареєстрованої інформації, без демонтажу БІВК РС зі зразка автомобільної та бронетанкової техніки, за допомогою спеціалізованих наземних пристроїв обробки на базі переносного персонального комп’ютера або гаджету;

ж) збереження інформації на бортові накопичувачі під час копіювання на наземні засоби перезапису та обробки;

з) обробку інформації за допомогою систем обробки інформації (порядок зчитування і обробки визначається засобами, що застосовуються та описуються їх експлуатаційною документацією);

і) проведення вбудованого самоконтролю і формування сигналів справності вузлів та блоків, а також узагальненого сигналу справності БІВК РС в цілому;

к) накопичення інформації за останні 24 годин експлуатації дослідного зразка автомобільної та бронетанкової техніки і її збереження (незалежно від наявності електроживлення) після впливу та дії зовнішніх факторів на БІВК РС.

Порядок підключення джерел інформації, кількість реєструємих сигналів кожного виду та їх конкретні абсолютні значення, частота опитування, розміщення інформації в блоках пам’яті і інше залежить від варіантів виконання СБВ Розробником за вимогами Замовника.

БІВК РС повинні мати відкритість інтерфейсів та забезпечувати приймання значень вимірювальної інформації у вигляді послідовного 16-розрядного коду або іншими форматами: ARINC, ІКМ (PCM), Ethernet, MIL-STD 1553, CAN з наступними технічними характеристиками:

– високошвидкістні лінії передачі-приймання інформації зі швидкістю не менше 100 кбіт/с ± 1,0 кбіт/с;

– вхідний опір лініями зв’язку для приймання послідовного коду не менше 15 кОм.

Кількість приймаємих слів у вигляді 16-розрядного послідовного коду і швидкість приймання інформації визначаються згідно протоколу інформаційної взаємодії із взаємодіючими системами.

Крім того, БІВК РС повинні забезпечувати:

– приймання сигналів типу “Разова команда” визначених видів. Вхідний опір по лініям зв’язку для приймання разових команд не менше 12 кОм;

– запис параметричної та мовної інформації на бортові накопичувачі ємністю не менше 16 Гб;

– запис на всі види інформації зовнішньої синхронізуючої разової команди “МІТКА” (+12 В, +24 В);

– синхронізований запис параметричної та аудіо-, відеоінформації в режимі реального часу.

Формат запису параметричної, відео та аудіо інформації повинен забезпечувати відображення на екрані монітора ПЕОМ системи обробки зареєстрованої інформації, міток

*ISSN 2706-7386*

часу і разової синхронізуючої команди "МІТКА", а також прослуховування (перегляду) записаної аудіо (відео) інформації.

Час готовності БІВК РС до роботи:

– при температурі від 0 до +60 °С не більше 10 с;

– при температурі від 0 до мінус 60 °С не більше 15 с.

Час безперервної роботи БІВК РС на борту зразка автомобільної та бронетанкової техніки – не менше 12 годин. При цьому час безперервного запису інформації – не менше 10 годин.

БІВК РС повинні забезпечувати формування та реєстрацію наступних службових параметрів:

– астрономічний час (рік, місяць, число, години, хвилини, секунди);

– номер зразка від 0 до 999;

– індикацію просторового положення та поточних координат зразка;

– номер вправи (випробування) від 0 до 99.

У БІВК РС повинно бути передбачено перетворення інформації в формат, що придатний до передачі даних по телеметричному каналу на пункти контролю та обробки інформації.

Вимоги до Програмно-апаратного комплексу обробки, програмування та функціональної діагностики.

Програмно-апаратний комплекс обробки, програмування та функціональної діагностики повинен бути розроблений на базі захищеного ноутбука з програмним забезпеченням та інтерфейсом типу Notebook і мати гнучкі форми виводу результатів обробки інформації [4].

Повинно забезпечуватися здійснення обробки зареєстрованої БІВК РС інформації, програмування (перепрограмування) порядку їх роботи в залежності від заданого Переліку реєструємих параметрів (сигналів), здійснення поглибленого контролю технічного стану та функціональної діагностики за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення пристрою, а саме:

– обробку та запис на архівні носії і розповсюдження інформації, що зареєстрована бортовим накопичувачем системи;

– контроль якості зареєстрованої інформації;

– перевірку працездатності каналів кожного модуля шляхом імітації аналогових, частотних, цифрових сигналів та разових команд, а також аудіо та відеосигналів;

– контроль функціонування БІВК РС на зразку;

– контроль параметрів випробуваємого зразка в режимі реального часу при опробуванні двигунів;

– градуювання каналів на борту об'єкта випробувань;

– ведення оперативного архіву записаної інформації;

– ведення архіву тривалого зберігання;

– ведення електронного каталогу архівів;

– забезпечення доступу споживачів до електронного каталогу;

– забезпечення споживачів оперативною інформацією;

– копіювання даних з архіву.

Вимоги до електроживлення.

БІВК РС повинні бути розраховані на живлення від бортової мережі електропостачання постійного струму з номінальною напругою 12/24 В ±10%.

Увімкнення БІВК РС на борту зразка автомобільної та бронетанкової техніки повинне здійснюватися шляхом подачі напруги від бортової мережі електропостачання. Значення напруги живлення повинні бути у межах від +12,0 В до +24,0 В.

БІВК РС повинні мати індикатор ввімкнутого стану.

Споживана потужність від бортової мережі електропостачання постійного струму не повинна перевищувати 50 Вт.

*ISSN 2706-7386*

БІВК РС повинні забезпечувати працездатність при перервах в електроживленні до 80 мс.

Вимоги щодо радіоелектронного захисту.

Електромагнітна сумісність повинна забезпечуватись у всьому діапазоні експлуатаційних умов.

Рівні електромагнітних завад, які створюються системою, не повинні перевищувати рівнів за всіма видами електромагнітних завад для електронного обладнання.

Вимоги щодо радіоелектронного захисту та завадозахищеності можуть уточнюватися на етапі розробки робочо-конструкторської документації.

Вимоги до комплекту ЗІП.

Одиночний комплект ЗІП (ЗІП-О) повинен забезпечити працездатність виробу протягом гарантійного періоду експлуатації.

Запасні частини, інструменти і приладдя, що входять до комплектів ЗІП, повинні відповідати технічним умовам, паспорту або мати сертифікат. Гарантійний строк запасних частин повинен бути не менше ніж гарантійний строк основного обладнання.

Вимоги до експлуатаційних документів.

Експлуатаційні документи повинні відповідати національним стандартам України, Єдиній системі конструкторської документації та оформлені згідно правил виконання експлуатаційних документів.

Вимоги до гарантій виробника (постачальника).

Постачальник БІВК РС забезпечує виконання гарантійних зобов'язань відповідно до укладеного договору на поставку.

Гарантійний термін експлуатації БІВК РС повинен складати не менше 12 місяців з моменту передачі кінцевому споживачу.

Строк гарантійного ремонту при настанні гарантійного випадку та отримання постачальником рекламацій не повинен перевищувати 45 діб. Рекламації стосовно якості виробів пред'являються протягом строку дії гарантійних зобов'язань.

БІВК РС повинні відповідати вимогам міжнародних, національних стандартів та нормативних документів, що діють в Україні щодо електричної, екологічної, пожежної безпеки та охорони праці.

Вимоги до метрологічного забезпечення.

Метрологічне забезпечення виробу повинно відповідати вимогам нормативних документів з метрологічного забезпечення.

Зразок повинен комплектуватися засобами вимірювальної техніки (ЗВТ) та вимірювального контролю, які повинні бути внесені до військового класифікатора предметів постачання ВК.001-2000, або аналогічними за технічними характеристиками та мати можливість проведення повірки та поточного ремонту метрологічною службою замовника, періодичність проведення робіт з метрологічного обслуговування повинна бути узгоджена з періодичністю обслуговування основного зразка.

Експлуатаційна документація на виріб (складові її частини) повинна містити перелік параметрів, які підлягають вимірюванню та контролю під час експлуатації, а також перелік засобів вимірювальної техніки (з зазначенням меж вимірювань, похибок вимірювань тощо), порядок метрологічного обслуговування ЗВТ та методики контролю параметрів, що вимірюються (контролюються).

Вимоги до транспортування.

БІВК РС повинні зберігати працездатність після транспортування в упаковці виробника всіма видами транспорту відповідно до правил перевезення, що діють на цих видах транспорту.

БІВК РС повинні витримати транспортування у споживчій тарі підприємства-виробника будь-яким видом транспорту на будь-яку відстань.

Разом з тим, БІВК РС повинні бути:

*ISSN 2706-7386*

стійкими, міцними та сталими щодо впливу зовнішніх факторів;

стійкими до впливу синусоїдальної вібрації одної частини у діапазоні частот від 1 Гц до 500 Гц з амплітудою віброприскорення 98 м/с$^2$ (10g).

БІВК РС повинні мати можливість як автономної роботи, так і бути сумісними з існуючими та перспективними системами (засобами), мати можливість підтримки дротових та бездротових міжстанційних засобів інформаційної комунікації, що використовують стандартні засоби та протоколи зв'язку.

Конструкція БІВК РС повинна забезпечити максимальне використання стандартизованих, уніфікованих і запозичених вузлів, деталей, конструктивних елементів, а також конструкторська, експлуатаційна та ремонтна документація до неї повинні бути виконанні у відповідності до вимог діючих стандартів та галузевої нормативно-технічної документації.

Найменша змінна одиниця обладнання повинна бути виконана у вигляді легкоз'ємної зборочної одиниці (блочно-модульного виконання).

Елементи, які в процесі експлуатації потребують заміни або виконання регулювання, повинні мати мінімальну кількість органів управління, регулювання та контролю. Апаратура повинна проєктуватися з умовою забезпечення можливості її експлуатації при мінімально необхідній кількості засобів контролю.

**Висновок.** Таким чином, з метою підвищення якості проведення випробувань нових і модернізованих зразків автомобільної та бронетанкової техніки, в статті проаналізовано потреба в наявності універсального бортового інформаційно-вимірювального комплексу та реєструючих систем, його характеристики, запропоновані пропозиції щодо складу та загальні вимоги до комплексу та його складових.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Малогабаритная система бортовых измерений для летных испытаний воздушных судов малой размерности: учебник для вузов [Електронный ресурс]. / А. Брагин, А. Лукьянов. – Режим доступу: http://www.cta/ru/.

2. Теоретические основы испытаний и экспериментальная отработка сложных технических систем: учебное пособие / Л.Н. Александровская, В.И. Круглов, А.Г. Кузнецов и др. – Москва: "ЛОГОС", 2003. – 736 с.

3. Обґрунтування методів аналізу, обробки та узагальнення вимірювальної інформації отриманої під час випробувань зразків ОВТ: звіт про НДР / Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки; керівник: С.В. Ратушний; відп. викон.: К.В. Андрєєв і інші. – Чернігів: ДНДІ ВС ОВТ, 2018. – 137 с. – Інв. № 2035.

4. Дослідження шляхів створення системи об'єктивного контролю БпАК та застосування у Збройних Силах України: звіт про НДР / Державний науково-дослідний центр Збройних сил України; керівник: С.В. Ратушний; відп. викон.: М.В. Андрушко і інші. – Чернігів: ДНВЦ, 2017. – 102 с. – Інв. № 1614.

**Андрушко Микола Васильович**
старший науковий співробітник Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0001-5454-778X
+380987885476

**Mykola Andrushko**
Senior Researcher of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0001-5454-778X
+380987885476

*ISSN 2706-7386*

**Шейн Ігор Владиславович**
науковий співробітник Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0003-4640-0205
+380974628138

**Ратушний Сергій Васильович**
провідний науковий співробітник Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0003-1567-0501
+380971741466

**Ihor Shein**
Researcher of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0003-4640-0205
+380974628138

**Sergei Ratushny**
Lead Researcher of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0003-1567-0501
+380971741466

## SUBSTANTIATION OF GENERAL REQUIREMENTS FOR ON-BOARD INFORMATION MEASUREMENT AND RECORDING SYSTEMS FOR TESTS OF AUTOMOTIVE EQUIPMENT AND ARMOURED VEHICLES

**M Andrushko, I Shein and S Ratushny**

*On-board information measurement and recording systems are designed to control the parameters of both systems and units of the prototype and the sample of automotive equipment and armored vehicles in general, to obtain qualitative and quantitative characteristics to assess their compliance with technical requirements of the request for proposal.*

*The universal modular type on-board information-measuring system must provide acquisition, conversion and registration on the on-board drive of parametric (analog and digital), discrete, audio and video information from on-board systems of armament and military equipment (AME) sample during tests.*

*A special place is occupied by data collection and processing systems during automotive equipment and armored vehicles tests. This is due to the need to obtain during experiments quantitative information about the characteristics of the sample and its systems on the basis of an unbiased evaluation of a significant number of values of physical quantities, which are determined experimentally. Despite the significant difference in the technical characteristics and methods of application of different types of armored vehicles, the information support of their tests has lots in common.*

*From the technical point of view, tests of armored vehicles are a process of obtaining, converting, registering and processing of measuring information generated by on-board systems of AME test sample. The whole complex of engineering measurements instruments (ground measuring instruments, on-board measuring systems, trajectory measurement systems, telemetry systems) using common time equipment, means of acquisition and processing measuring information, control and communication is combined into a single information measuring and computing complex, which in turn allows giving an unbiased evaluation of the characteristics and features of the test object as a whole.*

*In order to improve the quality of testing of new and upgraded sample of automotive equipment and armored vehicles, the need for a universal on-board information measurement and recording systems, its characteristics are analysed, proposals for the composition, as well as general requirements were introduced.*

***Keywords:*** *general requirements, compliance, obtaining, measurement information.*

*Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. 2020. Вип. № 4(6)*
*ISSN 2706-7386*
УДК 355/359 DOI: 10.37701/dndivsovt.6.2020.02

***Башинський В.Г.*** *Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*
***Пєвцов Г.В.*** *Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба*
***Опенько П.В.*** *Національний університет оборони України імені Івана Черняховського*
***Козир А.Г.*** *Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*

# АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ АСПЕКТІВ ЙМОВІРНОГО СЦЕНАРІЮ РОЗВИТКУ ВОЄННОГО КОНФЛІКТУ З РОСІЙСЬКОЮ ФЕДЕРАЦІЄЮ

*Початок XXI століття охарактеризувався появою нового виду воєн – інформаційних, коли перемога здобувається не за рахунок знищення збройних сил і економіки противника, а через вплив на його морально-психологічний стан. У сучасних конфліктах все частіше використовуються методи, засновані на комплексному застосуванні політичних, економічних, інформаційних та інших невоєнних заходів, що реалізуються з опорою на військову силу. Сукупність цих методів реалізує концепцію гібридної війни, провідною ідеєю якої є досягнення політичних цілей з мінімальним військовим впливом на противника за рахунок застосування сучасних інформаційних технологій з опорою на "м'яку силу" і "тверду силу". Особливістю такої війни є те, що вона ведеться замасковано з використанням переважно нелінійних тактик і націлена не на захоплення усієї території країни, хоча не виключається взяття під контроль окремих територій, а на отримання патронату над державою, який досягається через вплив на населення, політикум, бізнес, силові структури. Яскравим прикладом реалізації концепції гібридної війни є дії Російської Федерації (далі – РФ) проти України. В той же час, "гібридна політика" РФ не обмежується межами України. "Гібридна політика" РФ охоплює також Європу та США, ЄС та НАТО.*

*З метою аналізу розвитку конфлікту між Україною та РФ у перспективі до 2035 року був проведений аналіз розвитку інформаційного аспекту взаємовідносин між Україною та іншими впливовими регіональними та світовими акторами щодо розвитку ситуації довкола України.*

*При підготовці прогнозу був використаний інструментарій сценарного аналізу, а саме: проведений аналіз основних впливових чинників, які дозволили визначити тенденції регіонального розвитку до 2035 року. Даний аналіз дає можливість розробити опорний сценарій розвитку ситуації за умови, коли ситуація навколо України за визначений час суттєво не зміниться; визначені основні чинники, які є складнопрогнозованими і неколініарними.*

*Ключові слова: національна безпека, інформаційна безпека, воєнний конфлікт, інформаційна війна.*

**Постановка проблеми.** Актуальність дослідження обумовлена необхідністю формування сценаріїв інформаційного протистояння з РФ з метою пошуку шляхів мирного врегулювання та завершення воєнного конфлікту.

Основою для прогнозування варіантів розвитку інформаційного аспекту воєнного конфлікту з РФ є аналіз подій та тенденцій в інформаційному просторі навколо України.

За прогнозами російських аналітичних центрів, напруженість міжнародної обстановки (в тому числі і для України) збережеться на всю середньострокову перспективу. Основними трендами в цих дослідженнях визначені:

виникнення нових економічних і військово-політичних центрів сили в особі Китаю, Індії, Бразилії, Індонезії, РФ, Мексики та ін.;

послаблення панування західної локальної цивілізації досить швидко супроводжуватиметься ростом військового й іншого насильства у світовій політиці з її боку;

військова сила повернеться в якості визначального чинника лідерства західної локальної людської цивілізації і ліквідації залишків самостійності інших локальними людськими цивілізаціями у світовій політиці;

євразійську військово-політичну інтеграцію в області військово-політичної обстановки слід розглядати як необхідну умову збереження російської євразійської

*© Башинський В.Г., Пєвцов Г.В., Опенько П.В., Козир А.Г., 2020*

*ISSN 2706-7386*

локальної людської цивілізації і розвитку Євразійського економічного і військово-політичного союзу;

багатополярність у майбутньому дозволить скоротити кількість конфліктів ідентичності і протистояння усередині окремих локальних цивілізацій. При цьому масштаб і інтенсивність зіткнень між окремими локальними цивілізаціями збільшиться.

Виходячи з трендів розвитку міжнародної безпеки у середньостроковій перспективі, визначених російськими аналітичними центрами, можна зробити висновок, що РФ розглядає війну як визначальний чинник у майбутніх міжнародних відносинах. Її інформаційна політика, в майбутньому, матиме виключно агресивний характер.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** За оцінками ООН, конфлікт на Сході України, "є одним з самих смертоносних в Європі з часів Другої світової війни". Більш ніж за шість років війни на Донбасі загинуло понад 13 тис. людей, близько 30 тис. поранені, близько 1,8 млн. жителів Донбасу і Криму стали внутрішніми переселенцями. Окуповано 17 тис. км$^2$ Донецької і Луганської областей, разом з Кримом це складає 43,7 тис. км$^2$ – тобто 7,2 % території України. Залишається неконтрольованими 409,7 км українсько-російського кордону. Україна зазнала величезних фінансово-економічних втрат. Так, 27 % промислового потенціалу Донбасу незаконно переміщено до РФ, включно з обладнанням 33 місцевих промислових гігантів.

Через збройний конфлікт на Сході України, воєнно-політичну нестабільність на Близькому Сході, боротьбу за вплив на світові фінансові та енергетичні потоки посилюється глобальна воєнно-політична нестабільність. Провідні держави збільшують розміри воєнних витрат, активізують розробку нових зразків озброєння, підвищують інтенсивність військових навчань.

Саме тому формування та розвиток безпекового середовища у світі відбувається під впливом таких головних тенденцій:

посилення суперечностей щодо поділу сфер впливу між світовими центрами сили, збільшення їх агресивності, непоступливості, прагнення порушити на свою користь воєнно-стратегічну рівновагу, зокрема загострення протистояння між США та РФ;

загострення безпекової ситуації в країнах Близького Сходу та Північної Африки, активізація релігійного екстремізму та поширення ідей радикального ісламу в країнах Центральної Азії, суперечності між азіатсько-тихоокеанськими державами щодо належності острівних зон;

сучасна криза та невизначеність засад нової системи міжнародної безпеки, послаблення ролі міжнародних безпекових інститутів, спроби посилити роль воєнної сили поза наявними механізмами міжнародної безпеки;

перенесення ваги у воєнних конфліктах на асиметричне застосування воєнної сили, не передбаченими законом збройними формуваннями, зміщення акцентів у веденні воєнних конфліктів на комплексне використання воєнних і невоєнних інструментів (економічних, політичних, інформаційно-психологічних тощо), що принципово змінює характер збройної боротьби;

порушення норм і принципів міжнародного права, закріплених у Статуті ООН, Заключному акті Наради з безпеки та співробітництва в Європі 1975 року та інших міжнародних договорах;

послаблення законодавчих обмежень щодо застосування воєнної сили державами за межами власної території;

глобальні кліматичні зміни, зменшення запасів природних ресурсів, дефіцит питної води, продуктів харчування, посилення міграційних процесів, а також зростання ризиків виникнення масштабних надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру;

розширення масштабів тероризму, піратства, інших явищ, пов'язаних із застосуванням збройного насильства.

*ISSN 2706-7386*

До того ж в Доктрині інформаційної безпеки України визначено, що актуальними загрозами національним інтересам та національній безпеці України в інформаційній сфері залишається:

здійснення спеціальних інформаційних операцій, спрямованих на підрив обороноздатності, деморалізацію особового складу Збройних Сил України та інших військових формувань, провокування екстремістських проявів, підживлення панічних настроїв, загострення і дестабілізацію суспільно-політичної та соціально-економічної ситуації, розпалювання міжетнічних і міжконфесійних конфліктів в Україні;

проведення державою-агресором спеціальних інформаційних операцій в інших державах з метою створення негативного іміджу України у світі;

інформаційна експансія держави-агресора та контрольованих нею структур, зокрема шляхом розширення власної інформаційної інфраструктури на території України та в інших державах;

інформаційне домінування держави-агресора на тимчасово окупованих територіях;

недостатня розвиненість національної інформаційної інфраструктури, що обмежує можливості України ефективно протидіяти інформаційній агресії та проактивно діяти в інформаційній сфері для реалізації національних інтересів України;

неефективність державної інформаційної політики, недосконаліть законодавства стосовно регулювання суспільних відносин в інформаційній сфері, невизначеність стратегічного наративу, недостатній рівень медіа-культури суспільства;

поширення закликів до радикальних дій, пропаганда ізоляціоністських та автономістських концепцій співіснування регіонів в Україні.

Актуальними гібридними загрозами для України в інформаційній сфері є:

постійне використання РФ в офіційній (МЗС РФ) та політичній площині спеціальних наративів та інформаційних ярликів з метою делегітимізації української влади (“партія війни”, “київська хунта”, “бандерівці”, “фашисти”, “нацисти”);

формування РФ каналів інформаційно-пропагандистської роботи із дискредитації української влади за цільовими групами;

відкрите і приховане використання демократичних норм та процедур країн ЄС, а також США й інших країн-партнерів для інформаційної дискредитації України та її спроб формувати міжнародну підтримку протидії російській агресії;

політичні та лобістські заходи на Заході, які використовуються РФ для формування сумніву у правильності позиції країн ЄС щодо продовження санкційного впливу на Кремль, а також для легітимізації анексії Криму;

розширене використання Кремлем інформаційних каналів РПЦ – УПЦ МП із створенням нових пропагандистських та дезінформаційних потоків на Україну з метою деморалізації та дезорієнтації населення, зниження його резистентного потенціалу агресору;

використання українських телевізійних каналів та інших медіа для трансляції проросійських наративів у дозованому вигляді чи під опозиційними гаслами;

переважне використання громадянами України російських соціальних мереж (навіть попри заборону в Україні) для спілкування та отримання/поширення інформації;

поширення інформаційних продуктів з використанням регіональної, етнонаціональної, мовної та іншої партикулярної ідентичності серед громадян України для формування ліній розколу в суспільстві, нав’язування відчуття дискримінації та незахищеності, підготовки соціальної бази для протестів та провокацій;

формування ізольованої соціально-культурної та інформаційної реальності на окупованих територіях України, блокування доступу жителів цих територій до українського інформаційного контенту;

*ISSN 2706-7386*

використання українських експертів та лідерів думок для формування негативного інформаційного образу українського експертного середовища, делегітимізації основних доказів російської агресії.

Тому, в роботі інформаційний аспект воєнного конфлікту з РФ розглядається як безпосереднє протистояння сторін в інформаційній війні, спрямованій:

з російського боку – на утримання населення України у своїй системі координат, що повністю відповідає цілям РФ щодо України;

з нашого боку – на формування національної ідеї, сутність якої може полягати в єдності України з цивілізованим "західним" світом, встановленні європейської ("західної") системи цінностей і повному розриві з російською імперською ідеологією.

**Мета статті** – визначення на основі методу сценарного прогнозування варіантів розвитку інформаційних аспектів ймовірного сценарію розвитку воєнного конфлікту з РФ в середньостроковій перспективі (до 2035 року).

**Виклад основного матеріалу.** Україна впродовж значного історичного періоду входила до складу Росії (СРСР). Тому, РФ продовжує розглядати її як частину власних геополітичних проєктів.

Об'єктами інформаційного впливу в Україні є:

інформаційна інфраструктура держави;

свідомість, воля та почуття військовослужбовців та різних верств цивільного населення, особливо у період виборів та кризових ситуацій;

системи прийняття управлінських рішень в політичній, економічній, соціальній, науково-технічній сферах та у сфері забезпечення безпеки та оборони країни;

критично налаштований контингент (опозиція, дисиденти, криміналітет тощо) як засіб посилення кризи в українському соціумі.

При цьому основним об'єктом впливу в інформаційній війні проти України є цивільне населення, що "визволяється від української хунти і фашистів" з метою нагнітання масової істерії і спротиву законній владі та підтримки дій агресора.

На сьогодні демократичний розвиток України залишається недостатньо стабільним і її належність до європейської політичної традиції досі ставиться під сумнів.

Тож дискредитація проєвропейських еліт, соціальна дестабілізація може зумовити відмову України від демократичного курсу, а в перспективі – й поставити під сумнів саму державність. Саме це вікно можливостей РФ використовує, перш за все, для інформаційного впливу на Україну, у дискурсі підтримуючи теми ностальгії за Радянським Союзом, міфи про специфічний зв'язок Києва та Москви та єдину історію, стереотип Росії як "старшого брата", "захисника" тощо.

У російських ЗМІ набирає обертів новий меседж – "захід відвернувся від України". Формується думка про байдужість США і країн Євросоюзу щодо подальшої долі України, нібито Україна без допомоги Росії перестане існувати як держава – і політично, і економічно, зрештою, Україна сама повинна повернутися до РФ.

Позитивні аспекти у протидії інформаційному впливу.

1. РФ в інформаційній війні активно використовує релігійний чинник. УПЦ (МП) проводить цілеспрямовану і системну політику щодо деструкції автокефального статусу Православної Церкви України та відповідно політики національної єдності в Україні.

Зберігається стала тенденція до зростання довіри українського суспільства до православних церков україноцентричної спрямованості, а також підтримки автокефалії Православної Церкви в Україні, яка продовжує своє становлення як офіційно визнана Константинополем і розширює кількість приходів.

2. Зростання трудової міграції українців до європейських країн, передусім до Польщі та зменшення трудової міграції до РФ.

*ISSN 2706-7386*

Українці-мігранти потрапляють в європейське інформаційне поле, що певним чином зменшує прямий інформаційний вплив на них з боку РФ.

3. Достатньо високий рівень патріотичного піднесення українського народу, що демонструє великі самоорганізаційні можливості населення.

Це один з небагатьох параметрів, що відзначається як поліпшення, – єднання народу стало істотно вище.

4. В Україні формуються декілька позитивних меседжів, спрямованих на об'єднання країни: гуртування народу навколо ідеї досягнення миру.

Негативні аспекти у протидії інформаційному впливу.

1. Недостатня спроможність українського уряду здійснювати стратегічні комунікації, а також відсутність питання медійної грамотності громадян у політичному порядку денному (Україна має деякі політичні рішення в цій площині, але вкрай недостатні).

2. Відсутність єдності в українському політикумі, які навіть перед лицем війни не об'єднуються, а "топлять" один одного на різноманітних ток-шоу. Це допомагає РФ домагатися більшого успіху, ніж за допомогою зброї, нацьковуючи одні групи людей на інші, провокуючи громадянську війну, а Україна цьому практично не перешкоджає.

3. Сьогодні чимало українських громадян під впливом ворожої пропаганди стали на бік агресора, підтримують або виправдовують його. Незважаючи на війну, майже половина населеня України відноситься до РФ позитивно, переважно за рахунок Сходу країни, але "братська любов" до агресивного сусіда характерна і для жителів інших регіонів країни. До того, в Україні 21% населення позитивно ставляться і до керівництва РФ. Різке падіння позитивного ставлення до 30% відбулося лише після Криму і Донбасу. А коли активні бойові дії закінчилися – знову зросло, і зараз до РФ гарно ставиться майже 50% українців.

Найвищим індекс результативності меседжів російської пропаганди є у Донецькій області – 50, а також у Луганській – 38 (контрольовані Україною території). Після Донецької та Луганської областей найбільш схильні підтримувати російську пропаганду Харківська та Одеська області.

Спостерігається тенденція до зменшення показника позитивного ставлення жителів країни-агресора до України на фоні відсутності у них почуття провини перед Україною.

4. Нехтування мовним фактором безпеки в Україні, слабка мовна політика української влади. Ключовий напрям російської інформаційної експансії – мовний – досі залишається без належної відповіді з українського боку. Серед україномовних рівень підтримки незалежності України – найвищий. Тим часом російськомовні громадяни – чи не єдина соціальна група, в якій рівень підтримки незалежності суттєво менший за 50%.

Загалом, російськомовні вразливіші до впливу російської пропаганди у 2,5 рази за україномовних. Україномовні громадяни довіряють російській пропаганді значно менше за російськомовних, бо не мають жодних підстав сприймати її як "рідну". Цей факт пояснює, чому серед україномовних практично нема сепаратистів, а також свідчить, що між мовою, якою говорить українське населення, та державною безпекою є чітка зрозуміла кореляція.

5. Більш впливовими провідниками кремлівських наративів в Україні є національні мас-медіа, які здебільшого зорієнтовані на подачу негативної інформації – "стратегія негативу". Негативна інформація стала частиною віртуальної реальності багатьох українців.

Олігархічна природа українського медійного простору створює сприятливі умови для російського інформаційного впливу. Альянси (більш чи менш стійкі) між бізнесово-політичними групами в Україні і в РФ дають Кремлю можливість впливати на редакційну політику національних і локальних ЗМІ, підконтрольних цим групам.

При цьому, 72% українців дізнаються новини переважно з українських телеканалів та Інтернет-ЗМІ (43% тільки дивляться ТБ, 29% також користуються Інтернетом). 22% регулярно звертається і до українських, і до російських джерел інформації (з них 9% – тільки телеглядачі). 6% практично не цікавиться новинами з жодних із перерахованих ЗМІ.

*ISSN 2706-7386*

6. Соціальні мережі активно використовуються для інформаційних маніпуляцій, розповсюдження фейків, формування викривленого сприйняття у людей. Найпопулярніша соціальна мережа в Україні – Facebook. Дана соціальна мережа, як і YouTube, використовує розумну стрічку. Facebook акумулює дописи з усіх акаунтів друзів та тих сторінок, на які людина підписалася. Те, що найбільш ймовірно зацікавить користувача, Facebook показує йому першочергово. Тож, інформаційний месседж, який вкинутий до мережі, швидко поширюється серед певної групи користувачів. YouTube з 2019 року розпочав боротьбу з відео, які містять мову ворожнечі, але гігантський обсяг інформації, який потрапляє на дану платформу, повністю очистити від фейків неможливо. Месенджер Telegram є безумовним лідером щодо розповсюдження фейкової інформації, що обумовлюється анонімністю публікацій. Telegram-канали стали першоджерелом псевдоінсайдів та зливів інформації. Зараз функціонують цілі сітки анонімних каналів.

7. Майже відсутня трансляція українських телеканалів у Донецькій і Луганських областях (передусім на окупованих територіях) та досить ефективна пропагандистська робота там російських телеканалів. Спостерігатиметься негативна тенденція до збільшення на цих територіях людей, які прагнуть до відокремлення від України чи, як мінімум, до максимальної автономії.

На сьогодні спостерігається тенденція до збільшення РФ інформаційних заходів більш слабкої інтенсивності та уникнення у своїх інформаційних акціях різких висловлювань.

В якості каналу комунікації з боку Кремля здебільшого залучаються суб’єкти “м’якої сили” – російські вчені, діячі мистецтва, релігійні діячі та інші.

Спостерігається загальна тенденція до поступової втрати людьми довіри як до українських (особливо на Півдні та Сході країни) так і до російських ЗМІ. Люди співставляють картинку в телевізорі з тією, яку бачать з вікна. І коли ці реальності не співпадають, вони перестають довіряти ЗМІ.

Основою некласичних форм реалізації російської агресивної політики є дестабілізація суспільно-політичної обстановки в країні, використання протестного потенціалу місцевого населення, дискредитація на міжнародній арені, вплив на політичну, економічну, енергетичну, соціальну, фінансову та інші сфери життєдіяльності країни. В основі цих форм лежать способи та технології інформаційної боротьби, про які зазначали в своїх офіційних виступах Путін, Шойгу, Герасімов, а також знайшли своє відображення у Воєнній доктрині РФ. Для реалізації своїх планів у складі збройних сил РФ були створено війська та сили інформаційних операцій (Рис.1):

Управління інформаційного протиборства ГОУ ГШ ЗС РФ (планування);

відділення інформаційного протиборства оперативних відділів армій та флотів (армій: 6, 20, 49, 58, 2, 41, 5, 29, 35, 36; флотів: Балтійського, Чорноморського, Північного, Тихоокеанського);

центри зарубіжної воєнної інформації і комунікації ГШ ЗС РФ (Південний військовий округ – Ростов-на-Дону, Західний військовий округ – Санкт-Петербург, Центральний військовий округ – Єкатеринбург, Східний військовий округ – Хабаровськ) та з початком анексії Криму Група зарубіжної воєнної інформації Чорноморського флоту (Севастополь);

відділи та центри інформаційного протиборства військових округів;

окремі загони психологічних операцій (Виконавці);

до проведення заходів інформаційної боротьби широко залучаються ЗМІ: “Первый канал”, “Россия 1”, “Россия 24”, “РИА Новости”, “РТР Планета”, “Звезда”, “НТВ”, “Россия сегодня”, “Аргументы и факты”, “Московский комсомолец”, “Коммерсант”, “RT”, “Sputnik”, “Российская газета”, “ВПК” та інші;

також набули широко використання інтернет центри – так звані фабрики тролів, що розташовані у Санкт-Петербурзі, Калінінграді, Бєлгороді, Рязані, Єкатеринбурзі, Хабаровську.

*ISSN 2706-7386*



Рис.1. Складові військ та сил інформаційних операцій РФ

Проаналізуємо вплив РФ на російське суспільство. В російському інформаційному впливі для виправдання агресії РФ проти України та окупації частини її території актуальними використовуються теми антиамериканізму, євроскептицизму, ксенофобії та гомофобії.

Головними меседжами російської пропаганди є: Майдан був організований США, в результаті прийшли до влади націоналісти, які загрожували російськомовному населенню України, Крим вдалось врятувати, а в Донецьку люди повстали, і власне хунта, яка прийшла до влади, бореться зі своїм народом, в Україні іде громадянська війна, а РФ допомагає братньому народу.

Водночас російські провідні мас-медіа створюють позитивну картинку віртуальної реальності: в РФ все добре – є тут і ефективний менеджер-президент, є й досягнення.

Тепер розглянемо вплив РФ на європейську спільноту. РФ за допомогою ЗМІ та своїх агентів впливу переконує світ, що Україна сама винна у конфлікті, порушує права російськомовних, намагається їх ізолювати від РФ та насильно затягти в Європу.

Така антиукраїнська риторика переважну більшість західних обивателів не конче обурює, бо російські меседжі спрямовані не проти його країни.

Існує тенденція до зростання під впливом російської пропаганди чисельності європейців, які вважають, що певним регіонам України варто надати право і можливість відокремитися, що уряду його спокійної заможної країни ні в якому разі не слід устрявати в російсько-український конфлікт та підтримувати санкції проти РФ, жертвуючи добробутом і наражаючись на небезпеку.

На підставі вищевикладеного можна визначити дві групи чинників, які визначають інформаційний аспект воєнного конфлікту РФ з Україною.

Перша група (відношення провідних країн світу та міжнародних безпекових організацій до України):

відношення провідних країн світу до України;

відношення провідних країн світу до РФ;

відношення (сприйняття конфлікту) міжнародних безпекових організацій до України;

відношення (сприйняття конфлікту) міжнародних безпекових організацій до РФ;

*ISSN 2706-7386*

ступінь присутності російських (проросійських) інформаційних джерел (ЗМІ, впливові особи, політичні партії, громадські організації тощо) в інформаційному просторі провідних країн світу;

ступінь присутності українських (проукраїнських) інформаційних джерел (ЗМІ, впливові особи, політичні партії, громадські організації тощо) в інформаційному просторі провідних країн світу;

ступінь впливу російських (проросійських) інформаційних джерел (ЗМІ, впливові особи, політичні партії, громадські організації тощо) на рішення міжнародних безпекових організацій;

ступінь впливу українських (проукраїнських) інформаційних джерел (ЗМІ, впливові особи, політичні партії, громадські організації тощо) на рішення міжнародних безпекових організацій;

сприйняття провідними країнами світу української та російської спільної історії (за версією України чи РФ);

рівень підтримки провідними країнами світу факту створення Української Православної Церкви та автокефалії (незалежності від РПЦ);

захищеність інформаційного простору провідних країн світу від кібератак російських (проросійських) хакерів;

спільність історії, культури, мистецтва України з провідними країнами світу;

спільність історії, культури, мистецтва України з РФ;

наявність та активність російської діаспори в провідних країнах світу;

наявність та активність української діаспори в провідних країнах світу.

Друга група (сприйняття населенням України державної інформаційної політики):

сформованість національної ідеї РФ;

сформованість національної ідеї України;

ступінь самоідентифікації громадян України;

єдність поглядів громадян України на питання релігії (підтримки створення Української Православної Церкви та автокефалії);

єдність поглядів громадян України на питання мови (провідного статусу української мови у всіх регіонах України);

рівень життя населення в РФ;

рівень життя населення в Україні;

можливість етнічних конфліктів в Україні;

можливість етнічних конфліктів в РФ;

сили і засоби, які РФ використовує (може залучити) до інформаційної кампанії проти України;

сили і засоби, які Україна використовує (може залучити) до забезпечення власної інформаційної боротьби та інформаційного впливу на РФ;

захищеність інформаційного простору РФ від інформаційних впливів;

захищеність інформаційного простору України від інформаційних впливів;

наявність та активність проросійських сил в Україні;

наявність та активність проукраїнських сил в РФ;

авторитет та рівень довіри населення України до керівництва держави, державних інститутів та складових сектору безпеки і оборони України;

авторитет та рівень довіри населення РФ до керівництва держави, державних інститутів та силових структур РФ;

втомленість населення України від воєнного конфлікту;

втомленість населення РФ від конфлікту.

Обрані комплексні чинники дають можливість отримати один базовий і чотири похідних сценарії розвитку ситуації (Рис.2).

*ISSN 2706-7386*




Рис.2. Сценарії розвитку конфлікту між Україною та РФ

Основою для прогнозування варіантів розвитку інформаційного аспекту воєнного конфлікту з РФ є чітке визначення змісту інформаційних кампаній (операцій), які РФ проводить сьогодні проти України та проти світової спільноти.

Інформаційний вплив Російської Федерації на Україну (Базовий сценарій "Повільний рух"), характеризується збереженням недостатньо стабільного демократичного розвитку України та ставлення під сумнів її належності до європейської політичної традиції при збереженні нинішнього рівня підтримки України країнами ЄС та США.

Основною тезою є "Україна впродовж значного історичного періоду входила до складу РФ (СРСР)". Тому, РФ продовжує розглядати її як частину власних геополітичних проєктів.

Відповідно до значень найбільш визначальних чинників базового сценарію "Повільний рух", інформаційний аспект російсько-українського конфлікту може бути описаний чотирма похідними сценаріями розвитку ситуації (Рис.3), а саме:

Сценарій №1: "Незалежність" (позитивний).

Що буде відбуватися:

вступ України до ЄС та НАТО;

довіра суспільства до влади виросте;

довіра у світі до України ще більше зросте;

в українському суспільстві сформована національна ідея;

РФ втратить вплив на інформаційний простір України та світових лідерів;

інформаційний простір України захищений від інформаційних впливів РФ;

воєнний конфлікт між РФ та Україною закінчиться.

Кінцевим результатом цього сценарію є впевнений зріст стабільного демократичного розвитку України (вступ України до ЄС та НАТО) при збільшенні рівня довіри й підтримки України світовою спільнотою та захищеності інформаційного простору України від інформаційних впливів РФ.

Сценарій № 2: "Балансування на канаті" .

Що буде відбуватися:

*ISSN 2706-7386*

Україна не є членом НАТО, ЄС;

Україна не є членом ЄАС, ЄАЕС, СНД, ОДКБ;

підтримка європейської спільноти щодо західної орієнтації України практично втрачена;

підтримка населенням України інформаційної політики держави щодо західної орієнтації України достатньо висока;

мала місце широкомасштабна агресія проти України, яка є загрозою міжнародній та регіональній безпеці. Військовий конфлікт триває;

інформаційний простір України крім окупованих територій – захищений.

Фінальний результат цих подій: дестабілізація демократичного розвитку країни на фоні широкомасштабної агресії проти України та практичної втрати підтримки європейської спільноти щодо західної орієнтації України.

Сценарій №3: "Малоросія" (негативний).

Що буде відбуватися:

Україна відмовляється від вступу у ЄС та НАТО;

в українському суспільстві не сформована національна ідея;

російська мова, так само як і українська, визнається державною;

відбувається делегітимізація Православної Церкви України;

Україна втрачає довіру у світового суспільства внаслідок чого допомога та підтримка від інших держав буде заблокована;

РФ повністю контролює інформаційний простір України та впливає на формування цінностей українського народу;

воєнний конфлікт закінчиться;

Україна стає сателітом РФ.

Наслідком цього сценарію буде руйнація демократичного розвитку України (Україна стає сателітом РФ), Україна втрачає довіру у світового суспільства, внаслідок чого допомога та підтримка від інших держав буде заблокована;

Сценарій №4: "Руський мир" (введення російських "миротворців")

Що буде відбуватися:

населення України не підтримує державну інформаційну політику;

в більшості регіонів України виникли та поширюються рухи опору населення офіційній владі;

суспільно-політична обстановка в Україні частково дестабілізована;

національна ідея в українському суспільстві несформована;

РФ має значний вплив в українському інформаційному просторі;

НАТО та керівництво окремих країн продовжують підтримувати державну політику України, спрямовану на європейську та євроатлантичну інтеграцію;

РФ ввела в південно-східні регіони України свої військові частини та позиціонувала їх як миротворчі сили.

Як результат, не дивлячись на продовження підтримки державної політики України, спрямовану на європейську та євроатлантичну інтеграцію, з боку НАТО та керівництва окремих країн, спостерігається зріст дестабілізації суспільно-політичної обстановки в Україні при введенні на тимчасово окуповані території так званих "миротворчих сил" РФ.

*ISSN 2706-7386*

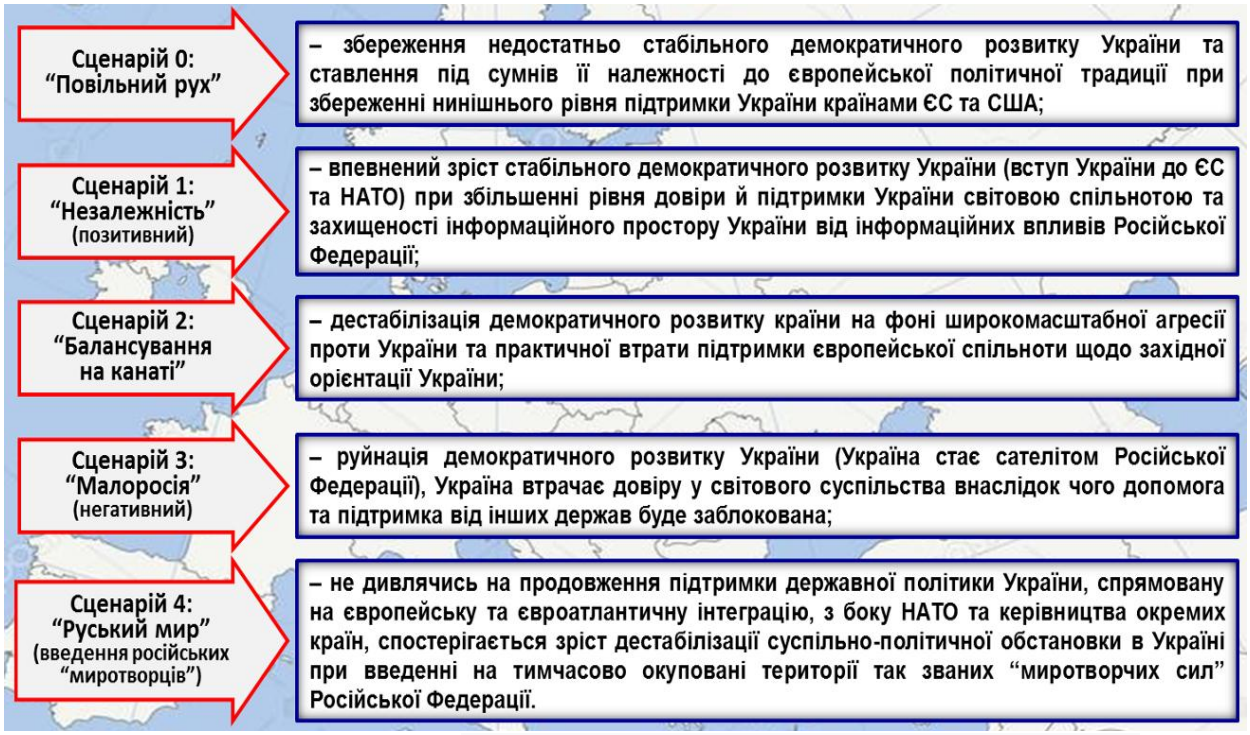



Рис.3. Основні аспекти сценаріїв розвитку конфлікту між Україною та РФ

Таким чином, ситуація, що склалася, містить передумови декількох варіантів майбутнього розвитку політичної ситуації довкола України в умовах збройної агресії РФ. Однак, вочевидь, на найближчі роки це майбутнє буде обмежено двома ключовими константами – широкомасштабна збройна агресія і остаточне врегулювання політичної ситуації між Україною та РФ.

**Висновки:** У статті авторами визначені дві найбільш впливові групи чинників, які визначають інформаційний аспект воєнного конфлікту РФ з Україною: відношення провідних країн світу та міжнародних безпекових організацій до України; сприйняття населенням України державної інформаційної політики.

На підставі проведеного дослідження визначено, що, по-перше, Україна у середньостроковій перспективі (до 2035 року) постійно буде знаходиться під інформаційним впливом РФ; по-друге, інформаційний простір України недостатньо захищений від інформаційних впливів РФ; по-третє, в українському суспільстві ще не сформована національна ідея. Саме тому, необхідно здійснювати комплекс заходів щодо забезпечення інформаційної безпеки України, реалізація якого дозволить створити умови для сталого та гарантованого задоволення національних інтересів держави, упередження та нейтралізації загроз національним інтересам та національній безпеці України в інформаційній сфері. Обрані комплексні чинники дали можливість отримати один базовий і чотири похідних сценарії розвитку ситуації.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Стратегія національної безпеки України, затверджена Указом Президента України від 14 вересня 2020 року № 392/2020.

2. Foresight 2018: systemic world conflicts and global forecast for XXI century / International Council for Science etc.; Scientific Supervisor M. Zgurovsky. – K.: NTUU "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", 2018. — 226 p.

3. Военная доктрина Российской Федерации, утвержденная Президентом РФ 25.12.2014 N Пр-2976.

4. Воєнна доктрина України, затверджена Указом Президента України від 24 вересня 2015 року № 555/2015.

5. Горбулін В. Тези до другої річниці російської агресії проти України: [Електроний ресурс]. – Режим доступу: https://docviewer.yandex.ua/view/.

6. Доктрина информационной безопасности Российской Федерации, утвержденная указом Президента РФ от 5.12.2016 №646.

7. Доктрина інформаційної безпеки України, затверджена Указом Президента України від 25 лютого 2017 року № 47/2017.

8. Долгосрочное прогнозирование развития международной обстановки: аналитич. доклад / А.И. Подберезкин [и др.]; рук. авт. коллектива А.И. Подберезкин; Моск. гос. ин-т междунар. отношений (ун-т) МИД России, Центр военно-политических исследований. — М.: МГИМО–Университет, 2014. — 105 с.

9. Драч І. Як облаштувати інформаційний простір // Людина і влада. – 2001. – №°1-2. – С. 68.

10. Золотухін Д.Ю. Біла книга спеціальних інформаційних операцій проти україни 2014 – 2018 / Д.Ю. Золотухін. – К., 2018. – 384 с.

11. Індекс інформаційного впливу Кремля: звіт ГО "Детектор Медіа" – Режим доступу: https://ms.detector.media/mediaprosvita/research/indeks_informatsiynogo_vplivu_ kremlya/.

12. Концепция внешней политики Российской Федерации, утвержденная указом Президента РФ от 30.11.2016 №640.

13. Нам потрібно газет багато і різних. Але своїх, українських // Незалежний погляд. – 1998. – 27 червня.

14. О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года, утвержденные указом Президента РФ от 7.05.2018 №204.

15. Прогноз социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2036 года, министерство экономического развития РФ, 2016.

16. Стратегическое прогнозирование международных отношений : кол. монография; под ред. А.И. Подберезкина, М.В. Александрова; [А.И. Подберезкин и др.] // Моск. гос. ин-т междунар. отношений (ун-т) М-ва иностр. дел Рос. Федерации, Центр военно-политических исследований. — М.: МГИМО–Университет, 2016. — 743 с.

17. Стратегия национальной безопасности Российской Федерации, утвержденная указом Президента РФ от 28.06.2014 №683.

18. Стратегия пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 февраля 2019 г. № 207-р.

19. Стратегічний оборонний бюлетень України, введений в дію Указом Президента України від 6 червня 2016 року № 240/2016.

20. Стратегія кібербезпеки України, затверджена Указом Президента України від 15 березня 2016 року № 96/2016.

21. Стратегія розвитку оборонно-промислового комплексу України на період до 2028 року, схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 20 червня 2018 р. № 442-р.

22. Форсайт та побудова стратегії соціально-економічного розвитку України на середньостроковому (до 2020 року) і довгостроковому (до 2030 року) часових горизонтах; наук. керівник проекту акад. НАН України М.З. Згуровський // Міжнародна рада з науки; Комітет із системного аналізу при Президії НАН України; Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"; Інститут прикладного системного аналізу МОН України і НАН України; Світовий центр даних з геоінформатики та сталого розвитку; Фундація "Аграрна наддержава". — Київ : НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського", Вид-во "Політехніка", 2016. — 184 с.

23. Інформаційно-аналітичні матеріали до проекту попереднього опису майбутнього безпекового середовища "Майбутнє без пекове середовище 2030. Аналіз стратегічного передбачення". – К.: ЦНДІ ЗСУ, 2019. – 37 с.

24. Гібридні загрози Україні і суспільна безпека. Досвід ЄС і Східного партнерства: аналітичний документ [Текст]. – Київ, 2018. – Режим доступу: https://www.civic-synergy.org.ua/wp-content/uploads/2018/04/blok_XXI-end_0202.pdf.

**Башинський Володимир Георгійович**
доктор технічних наук, старший науковий співробітник, заслужений діяч науки і техніки України, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, начальник Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0003-1712-7772
e-mail: dndivs@ukr.net

**Пєвцов Геннадій Володимирович**
доктор технічних наук, професор, заслужений діяч науки і техніки України, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, заступник начальника Харківського національного університету Повітряних Сил з наукової роботи, Харків, Україна
https://orcid.org/0000-0002-0426-6768
e-mail: pgvn@ukr.net

**Опенько Павло Вікторович**
кандидат технічних наук, начальник науково-дослідного відділу інституту авіації та протиповітряної оборони Національного університету оборони України ім. Івана Черняховського, м. Київ, Україна
https://orcid.org/0000-0001-7777-5101
e-mail: pavel.openko@ukr.net

**Volodymyr Bashynskyi**
Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher, Honored Worker of Science and Technology of Ukraine, The Laureate of State Prize of Ukraine in sphere of science and technology, Chief of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0003-1712-7772
e-mail: dndivs@ukr.net

**Hennadii Pievtsov**
Doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Worker of Science and Technology of Ukraine, The Laureate of State Prize of Ukraine in sphere of science and technology, Deputy Head of Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University in Science, Kharkiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0002-0426-6768
e-mail: pgvn@ukr.net

**Pavlo Open'ko**
Candidate of Technical Sciences, the Head of the Scientific-research Department of the Aviation and Air Defence Institute of the National Defence University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovskyi, Kyiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0001-7777-5101
e-mail: pavel.openko@ukr.net

*ISSN 2706-7386*

**Козир Антон Григорович**
кандидат технічних наук, начальник науково-дослідного відділу Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0002-1888-2553
e-mail: kozyrwork@ukr.net
+38093-766-41-00

**Anton Kozyr**
Candidate of Technical Sciences, Chief of Section of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0002-1888-2553
e-mail: kozyrwork@ukr.net
+38093-766-41-00

## ANALYSIS OF CURRENT INFORMATIONAL ASPECTS OF PROBABLE SCENARIO FOR THE DEVELOPMENT OF A MILITARY CONFLICT WITH THE RUSSIAN FEDERATION

**V Bashynskyi, H Pievtsov, P Open'ko and A Kozyr**

*The beginning of the XXI century was characterized by the emergence of a new type of war – information one, when victory is achieved not by destroying the armed forces and the economy of the enemy, but through the impact on his moral and psychological condition. In modern conflicts, methods based on the integrated application of political, economic, informational and other non-military measures based on military force are increasingly used. The combination of these methods is implemented in the concept of hybrid warfare, the leading idea of which consists in achieving political goals with minimal military influence on the enemy through the use of modern information technology based on "soft power" and "hard power". The peculiarity of such a war is that it is conducted in disguise using mostly non-linear tactics and is not aimed at capturing the entire territory of the country, although it is possible to take control of partial territories, but to obtain patronage over the state, which is achieved through influence on the population, politics, business, law-enforcement agencies. A striking example of the implementation of the concept of hybrid war is the actions of the Russian Federation (hereinafter - Russia) against Ukraine. At the same time, Russia's "hybrid policy" is not limited to Ukraine. It also covers Europe and the United States, the EU and NATO.*

*In order to analyze the development of the conflict between Ukraine and Russia in the period up to 2035, an analysis was made on the development of the information aspect of relations between Ukraine and other influential regional and world actors on the development of the situation around Ukraine.*

*In preparing the forecast, the tools of scenario analysis were used, namely: the analysis of the main influencing factors, which allowed determining the trends of regional development until 2035. This analysis makes it possible to develop a baseline scenario for the development of the situation, provided that the situation around Ukraine over time will not change significantly; the main factors that are difficult to predict and non-collinear are identified.*

***Keywords:*** *national security, information security, military conflict, information warfare.*

*Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. 2020. Вип. № 4(6)*
*ISSN 2706-7386*
УДК 623.7 DOI: 10.37701/dndivsovt.6.2020.03

***Березняк А.М., Дудник Т.Г.*** *Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*
***Закутько О.М.*** *Командування Сухопутних військ Збройних Сил України*

# ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ВИПРОБУВАНЬ ВЕРТОЛЬОТУ Ми-2МСБ, ОСНАЩЕНОГО ДОСЛІДНОЮ СИСТЕМОЮ СТРІЛЕЦЬКОГО ОЗБРОЄННЯ ТА СЕРІЙНОЮ СИСТЕМОЮ НЕКЕРОВАНОГО РАКЕТНОГО ОЗБРОЄННЯ

*Представлені в узагальненому вигляді результати спеціальних випробувань вертольоту Ми-2МСБ, оснащеного дослідною системою стрілецького озброєння калібру 12,7 мм (у складі з серійними кулеметами НСВТ-12,7) та серійною системою некерованого ракетного озброєння (НАР типу С-8). Розглянуті основні можливості вертольоту Ми-2МСБ зі встановленою системою озброєння (у складі стрілецького та некерованого ракетного озброєння)*

***Ключові слова:*** *безпека польотів, вертоліт, кулемет, некероване ракетне озброєння, система озброєння, спеціальні випробування, стрілецьке озброєння, програма випробувань*

**Постановка проблеми.** До 2000-го року в Збройних Силах України використовувалися легкі вертольоти типу Ми-2 (виробництва Польщі), що залишилися в спадок від колишнього СРСР, (їх серійне виробництво було завершено у 90-х роках 20-го століття), після чого дані типи вертольотів були зняті з озброєння практично всіх силових відомств України та передані на площадки зберігання.

Військова агресія проти нашої Держави підняла проблему необхідності термінового оснащення практично всіх силових відомств України легкими вертольотами, оснащеними сучасними комплексами озброєння. Адже, відсутність забезпечення авіаційних підрозділів силових відомств України новітніми легкими військовими вертольотами, оснащених сучасним озброєнням, змусила для виконання різного роду транспортно-бойових завдань (перевезення військових загальною масою вантажів до 800…1000 кг та малих груп військовослужбовців загальною чисельністю до 6…8 осіб, евакуація одного-двох поранених, супроводження власних колон та ін.) залучати вертольоти типу Ми-8 та Ми-24. В багатьох випадках залучення даних типів середніх транспортно-бойових вертольотів приводило до неефективного використання людських і вкрай обмежених матеріальних ресурсів.

Іншим аспектом проблеми забезпечення вертолітною технікою ЗС України є те, що в нашій країні впродовж багатьох років пострадянського періоду, вертолітна авіація практично не розвивалася, як за політичними, так і за економічними умовами. Термінове ж оснащення ЗС України сучасними вертолітними комплексами можливе або за рахунок закупівлі на світовому ринку нової техніки, або доведення характеристик існуючих вертольотів до сучасних вимог шляхом модернізації та переозброєння. Складна ж фінансова-економічна ситуація, яка склалася на початок російської агресії в АР Крим і на сході України, фактично визначила єдиний можливий шлях розвитку вертолітної авіації України – модернізація і розширення бойових можливостей існуючого вертолітного парку. Для вирішення даної проблеми провідним вітчизняним підприємством України – публічним акціонерним товариством “Мотор Січ” (м. Запоріжжя) із залученням широкого кола вітчизняних підприємств, на замовлення Міністерства оборони України було виконано комплекс робіт

*© Березняк А.М., Дудник Т.Г., Закутько О.М., 2020*

*ISSN 2706-7386*

щодо оснащення вертольоту Ми-2МСБ системою озброєння (у складі стрілецького та некерованого ракетного озброєння).

**Викладення основного матеріалу.** Базовий вертоліт Ми-2 спочатку не планувався взагалі для виконання ударних завдань, проте після аналізу досвіду використання легких вертольотів в арміях країн НАТО, ще в колишньому СРСР з'явилася озброєна модифікація вертольоту Ми-2, яка могла бути обладнана:

- гарматою НС-23 і 6 кулеметами;
- гарматою НС-23 і 2 блоками типу УБ-16 (б/к – 16 НАР С-5);
- гарматою НС-23 і 4-ма зенітними ракетами "Стрела-2М";
- керованими ракетами "повітря-поверхня" – до 6-х Фаланга-М;
- 2-ма кулеметами і 4-ма протитанковими керованими ракетами "Малютка".

Основним недоліком ударної версії базової модифікації вертольоту Ми-2 став малий тактичний радіус дії, пов'язаний в першу чергу, з технічною недосконалістю двигунів ГТД-350. Фактична ж ремоторизація вертольоту Ми-2, що пов'язана із заміною двигунів ГТД-350 на сучасні вітчизняні двигуни АИ-450В для вертольоту Ми-2МСБ, відкрила нові можливості щодо оснащення його системою авіаційного озброєння.

В 2015…2018 роках Державним науково-дослідним інститутом випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки спільно з ПАТ "Мотор Січ", на замовлення Командування Повітряних Сил Збройних Сил України, в рамках НДР "Дослідження щодо обґрунтування оптимального складу комплексу авіаційного озброєння модернізованого вертольоту Ми-2" було визначено перелік засобів ураження, які можуть застосовуватися з вертольоту Ми-2МСБ, обґрунтовано найбільш оптимальний варіант оснащення вертольоту несучою фермою озброєння та визначені основні можливі варіанти бойового завантаження вертольоту Ми-2МСБ серійними і перспективними зразками озброєння, які включають в себе:

- стрілецьке озброєння (кулемет калібру 12,7 мм, чи гранатомет калібру 40 мм);
- некероване ракетне озброєння калібру 80 мм;
- кероване ракетне озброєння.

Окремі технічні пропозиції щодо створення комплексу авіаційного озброєння вертольоту Ми-2МСБ у складі системи некерованого ракетного озброєння (НАР типу С-8) та системи стрілецького озброєння були підтверджені експериментальними дослідженнями в рамках вказаної НДР.

За результатами даної НДР було прийнято "Спільне рішення Міністерства оборони України та ПАТ "Мотор Січ" про порядок виконання робіт з оснащення вертольоту Ми-2МСБ стрілецьким озброєнням калібру 12,7 мм (кулеметами НСВТ-12,7)", затвердженого Міністром оборони України (реєстраційний № 63/з від 02.01.2020), відповідно до якого було виконано комплекс робіт з оснащення вертольоту Ми-2МСБ системою озброєння у складі некерованого ракетного (НАР типу С-8) та стрілецького озброєння калібру 12,7 мм (кулеметами НСВТ-12,7).

В процесі проведеного комплексу робіт, Розробником (ПАТ "Мотор Січ") серійний вертоліт Ми-2МСБ був додатково обладнано (Рис.1):

– прицілом ПКВ;
– фермою підвіски озброєння;
– балковими тримачами БДЗ-МСБ;
– системою некерованого ракетного озброєння (НАР типу С-8);
– системою стрілецького озброєння (калібру 12,7 мм) (у складі з серійними кулеметами НСВТ-12,7);

*ISSN 2706-7386*

– системою керування зброєю.

Відповідно актуальною стала задача практичної перевірки ефективності впроваджених заходів та оцінки фактичних можливостей даного зразка ОВТ в умовах, максимально-наближених до реальної експлуатації та бойового застосування з вертольоту Ми-2МСБ НАР типу С-8 та стрілецького озброєння калібру 12,7 мм шляхом проведення спеціальних випробувань.

Спеціальні випробування вертольоту Ми-2МСБ, оснащеного дослідною системою стрілецького озброєння калібру 12,7 мм (у складі з серійними кулеметами НСВТ-12,7) та серійною системою некерованого ракетного озброєння (НАР типу С-8), були проведені випробувальною бригадою ДНДІ ВС ОВТ із залученням фахівців ПАТ "Мотор Січ" і 621 ГВП МО України на базах аеродрому "Півці" та 242 загальновійськового полігону Збройних Сил України. В процесі даних випробувань було виконано ряд оцінок та перевірок, основними з яких є (Рис.2):

- оцінка впливу несучих ферм озброєння, блоків Б8В8МСБ і установок стрілецького озброєння з встановленим кулеметами НСВТ-12,7 на льотно-технічні характеристики вертольоту та визначення навантажень в основних силових елементах планеру вертольоту і конструктивних з'єднаннях складових частин, системи некерованого ракетного озброєння;
- оцінка безпеки пуску НАР типу С-8 з вертольоту та бойового застосування кулеметів НСВТ-12,7, як з одного так і з обох бортів вертольоту;
- оцінка газодинамічної достатності двигунів АИ-450В при застосуванні з вертольоту бортового озброєння у всьому дозволеному діапазоні;
- оцінка безпеки застосування стрілецького озброєння при виконанні вертольотом Ми-2МСБ всіх можливих еволюцій;
- оцінка точності застосування бортового озброєння з вертольоту;
- експлуатаційні оцінки (технологічність, контролепридатність, зручність і можливість виконання всіх видів підготовок вертольоту до польотів та ін.).



Рис.1. Вертоліт Ми-2МСБ зав. № 546229079, оснащений системою авіаційного озброєння (у складі стрілецького та некерованого ракетного озброєння)

Фактично за Програмою випробувань було виконано 28 випробувальних польотів з загальним нальотом понад 19 годин та використанням 96 шт. НАР С-8КОМ і 7600 набоїв

*ISSN 2706-7386*

калібру 12,7 мм. В ході спеціальних випробувань було підтверджено відповідність основних характеристик вертольоту Ми-2МСБ, оснащеного системою авіаційного озброєння, вимогам "Технічного завдання на виконання робіт з дообладнання вертольоту Ми-2МСБ стрілецьким озброєнням калібру 12,7 мм в комплексі з серійною системою некерованого ракетного озброєння (НАР типу С-8)" та "Загальним вимогам до системи керування зброєю вертольоту Ми-2МСБ" (в частині, що стосується). Система озброєння вертольота Ми-2МСБ при проведенні випробувань забезпечила:

- блокування пуску ракет у ланцюгах пуску і блокування стрільби з кулеметів НСВТ-12,7 у ланцюгах стрільби у всіх передбачених експлуатаційною документацією випадках;
- пуск НАР типу С-8 з блоків Б8В8МСБ на всіх перевірених режимах при положенні перемикача в положеннях "ПО2", "ПО4" і "ПО8";
- стрільбу з кулеметів НСВТ-12,7 на всіх перевірених режимах при положенні перемикача в положеннях черга "КОРОТКАЯ", "СРЕДНЯЯ" і "ДЛИННАЯ";
- комплексне застосування некерованого ракетного (НАР типу С-8) та стрілецького озброєння (кулеметів НСВТ-12,7) з вертольоту;
- застосування озброєння вертольоту з обох бортів одночасно або з лівого та правого борту вертольоту окремо, відповідно до положення перемикача "ЛЕВ-ОБА-ПРАВ";
- аварійне скидання блоків Б8В8МСБ.

При цьому, кількість набоїв в черзі (за одне натискання командиром екіпажу бойової кнопки) при застосуванні стрілецького озброєння вертольоту, на кожний кулемет НСВТ-12,7 склала:

- черга "КОРОТКАЯ" – 10…12 набоїв;
- черга "СРЕДНЯЯ" – 25…28 набоїв;
- черга "ДЛИННАЯ" – 49…54 набоїв.

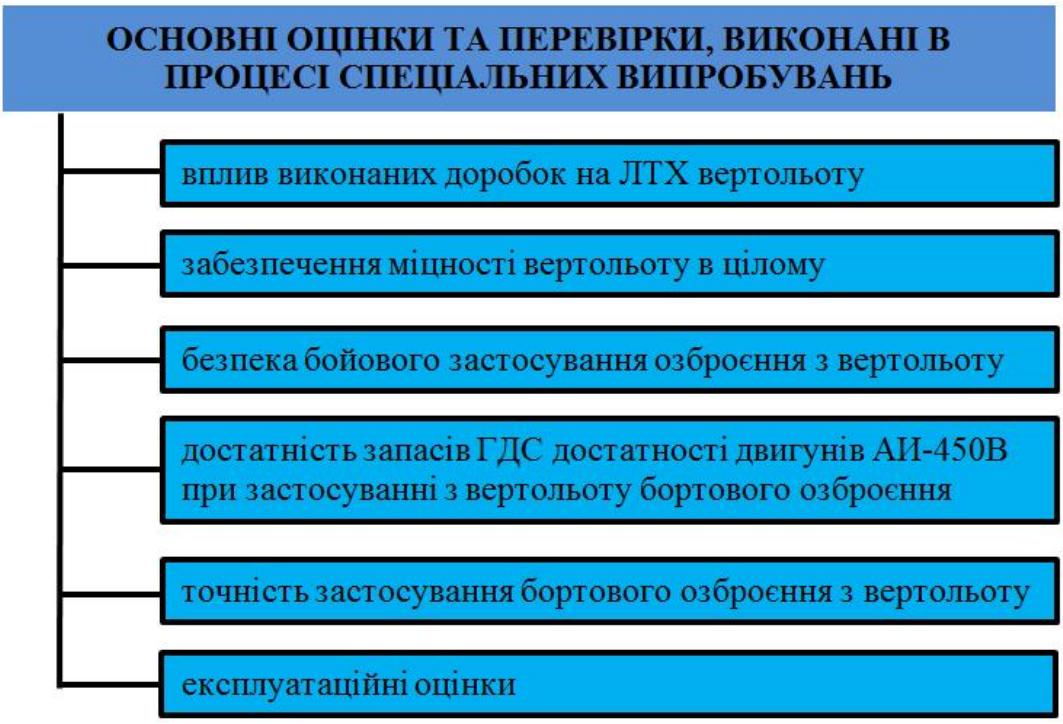



Рис.2. Основні оцінки та перевірки, які були виконані в процесі спеціальних виробувань вертольоту Ми-2МСБ зав. № 546229079, оснащеного системою авіаційного озброєння

Практичні результати випробувань показали, що найбільш ефективне застосування кулеметів НСВТ-12,7 з вертольоту Ми-2МСБ – стрільба короткими чергами на дальностях до

*ISSN 2706-7386*

цілі до 1000 м. На дальностях до цілі понад 1000 м найбільш ефективно вести "подавляючий" вогонь по цілі середніми та довгими чергами, що забезпечить можливість підлетіти до цілі на відстань, яка забезпечить ведення прицільного вогню.

Безпека бойового застосування стрілецького озброєння, комплексного застосування стрілецького і некерованого ракетного озброєння, а також застосування стрілецького озброєння з одного борту вертольоту, в ході випробувань, була підтверджена в повному обсязі на всіх передбачених режимах стрільби у всьому дозволеному експлуатаційному діапазоні висот та швидкостей польоту.

Безпека застосування кулеметів НСВТ-12,7 з вертольоту Ми-2МСБ при виконанні вертольотом еволюцій з:

- кутами пікірування до 20 градусів включно;
- кутами крену до 30 градусів (вліво та вправо) включно;
- одночасним досягненням кута пікірування до 20 градусів включно і кутами крену до 30 градусів (вліво та вправо) включно,

підтверджена в повному обсязі на всіх передбачених режимах стрільби у всьому експлуатаційному діапазоні висот та швидкостей польоту вертольоту.

За результатами обробки матеріалів випробувань було визначено, що тактичний радіус дії вертольоту Ми-2МСБ зі встановленою системою озброєння та ящиками для збору відпрацьованих ланок (в конструктивному виконанні, наданому на випробування) при злітній масі 3700 кг, на висоті польоту до цілі не вище 300 м при виконанні бойового завдання в районі цілі на протязі 5-ти хвилин та залишку палива на посадці 100 л складає (не менше):

- у варіанті бойового спорядження 2×Б8В8МСБ (б/к - 16 НАР) – 190 км;
- у варіанті бойового спорядження 2×НСВТ-12,7 (б/к - 600 набоїв) – 200 км;
- у варіанті бойового спорядження 2×Б8В8МСБ+2×НСВТ-12,7 (б/к - 16 НАР та 600 набоїв) – 155 км.

Результати спеціальних випробувань практично показали, що вертоліт Ми-2МСБ, оснащений системою авіаційного озброєння, додатково до функціональних завдань, визначених для базового вертольоту Ми-2МСБ, здатний забезпечити:

- навчання і підтримання навичок льотного складу по практичному застосуванню некерованого авіаційного озброєння і стрілецько-гарматного озброєння з усіх видів маневрування, визначених тактикою застосування армійської авіації;
- виконання окремих завдань з авіаційного супроводження колон військ на марші і ударних завдань зі знищення живої сили противника, одиноких неброньованих та легкоброньованих цілей типу автомобіль, БТР, БМП, катер і т.п.

За результатами спеціальних випробувань, вертоліт Ми-2МСБ, оснащений системою авіаційного озброєння (у складі системи некерованого ракетного озброєння (НАР типу С-8) та системи стрілецького озброєння (у складі з серійними кулеметами НСВТ-12,7)), після усунення недоліків, наведених у Акті спеціальних випробувань, рекомендовано допустити до експлуатації. Окрім того, для забезпечення подальшого розширення бойових можливостей вертольоту Ми-2МСБ рекомендовано провести спеціальні випробування вертольоту Ми-2МСБ при виконанні польотів вночі із застосуванням окулярів нічного бачення у складі групи та при бойовому застосуванні авіаційних засобів ураження (НАР типу С-8 та кулеметів НСВТ-12,7) за окремим Рішенням Командувача Повітряних Сил Збройних Сил України.

**Висновки.** Підтверджені за результатами спеціальних випробувань основні бойові та функціональні можливості у фактичних умовах експлуатації і їх оцінка заданим вимогам дають можливість, після усунення виявлених в процесі випробувань недоліків, допустити до

*ISSN 2706-7386*

експлуатації у всьому експлуатаційному діапазоні висот та швидкостей вертоліт Ми-2МСБ, оснащений системою авіаційного озброєння (у складі системи некерованого ракетного озброєння (НАР типу С-8) та системи стрілецького озброєння (у складі з серійними кулеметами НСВТ-12,7)).

Необхідно зазначити, що даний вертоліт Ми-2МСБ, додатково може застосовуватися для забезпечення навчання і підтримання навичок льотного складу по практичному застосуванню некерованого авіаційного та стрілецько-гарматного озброєння (з усіх видів маневрування) і виконанню окремих ударних завдань.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Дослідження щодо обґрунтування оптимального складу комплексу авіаційного озброєння модернізованого вертольоту Ми-2 (шифр "Жигалка"): звіт про НДР, наук. досл. робота / [О.Л. Шаповалов., А.М. Березняк, Є.В. Лайське та ін.]; ДНДІ ВС ОВТ. – Чернігів: ДНДІ ВС ОВТ, 2018. – 231 с. – Бібліогр.: с. 190–193.

*2.* Акт № 88/15101 – 043 дослідницьких випробувань вертольоту Ми-2МСБ з встановленим комплексом некерованого ракетного озброєння (НАР типу С-8) (тема № 15101-043, НДР шифр "Жигалка") : [узаг. рез-ти випробувань / упоряд.: А. Березняк, Є. Лайське]. – Чернігів: ДНДІ ВС ОВТ, 2018. – 229 с.

3. Акт 101/15101-043 дослідницьких випробувань вертольоту Ми-2МСБ оснащеного стрілецьким озброєнням (кулеметами НСВТ-12,7) (тема № 15101-043, НДР шифр "Жигалка"), затверджений Командувачем Повітряних Сил Збройних Сил України: [узаг. рез-ти випробувань / упоряд.: А. Березняк]. – Чернігів: ДНДІ ВС ОВТ, 2018. – 118 с.

4. Акт № 118/19013/1-043 спеціальних випробувань вертольоту Ми-2МСБ, оснащеного НАР типу С-8 (за 1-м етапом) (тема № 19013/1-043, шифр "Жигалка-С"): [узаг. рез-ти випробувань / упоряд.: Т. Дудник, А. Березняк]. – Чернігів: ДНДІ ВС ОВТ, 2019. – 395 с.

5. Акт № 134/20013/1– 004 спеціальних випробувань вертольоту Ми-2МСБ, оснащеного дослідною системою стрілецького озброєння калібру 12,7 мм (у складі з серійними кулеметами НСВТ-12,7) та серійною системою некерованого ракетного озброєння (НАР типу С-8) (тема № 20013/1-004, шифр "Жигалка-12,7"): [узаг. рез-ти випробувань / упоряд.: А. Березняк]. – Чернігів: ДНДІ ВС ОВТ, 2020. – 592 с.

**Березняк Анатолій Миколайович**
начальник науково-дослідного відділу Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
http//orcid.org/ 0000-0003-4081-9152
E-mail: berezniak80@ukr.net
+380509252149

**Дудник Тарас Григорович**
науковий співробітник Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0002-5885-7942
E-mail: ltg.dudnyk@gmail.com
+380674212948

**Anatoliy Berezniak**
Chief of Section of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
http//orcid.org/ 0000-0003-4081-9152
E-mail: berezniak80@ukr.net
+380509252149

**Taras Dudnyk**
Researcher of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0002-5885-7942
E-mail: ltg.dudnyk@gmail.com
+380674212948

*ISSN 2706-7386*

**Закутько Олександр Миколайович**
старший інженер-дослідник 484 літаючої авіаційно-технічної лабораторії Сухопутних військ Збройних Сил України, Київ, Україна.
https://orcid.org/0000-0003-3904-883X
E-mail: zakeroni9999@ukr.net
+380983107072

**Oleksandr Zakutko**
Senior Research Engineer, 484th Flying Aviation Technical Laboratory of the Land Forces, Armed Forces of Ukraine, Kyiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0003-3904-883X
E-mail: zakeroni9999@ukr.net
+380983107072

## THE MAIN TEST RESULTS OF THE MI-2MSB HELICOPTER EQUIPPED WITH THE EXPERIMENTAL SYSTEM OF SMALL ARMS AND SERIES-PRODUCED SYSTEM OF UNGUIDED MISSILE ARMAMENT

**A Berezniak, T Dudnik and O Zakutko**

*The summarized results of special tests of the Mi-2MSB helicopter equipped with the experimental system of 12,7 mm small arms (as a part with series-produced machine guns NSVT-12,7) and the serial system of unguided missile armament (NAR type C-8) are presented. The actual volume of assessments of inspections and work performed during the tests is given.*

*According to the results of processing the test materials, it was determined that the tactical range of the Mi-2MSB helicopter with the installed weapons system and boxes for collecting spent units (in the design provided for testing) at a takeoff mass of 3700 kg, at an altitude of not more than 300 m during combat mission in the area of the target for 5 minutes and the remaining fuel on the landing of 100 liters is (not less):*

*- version of combat equipment 2 × B8V8MSB (payload - 16 NAR) - 190 km;*

*- version of combat equipment 2 × NSVT-12.7 (payload - 600 rounds) - 200 km;*

*- version of combat equipment 2 × B8V8MSB + 2 × NSVT-12.7 (payload - 16 NAR and 600 rounds) - 155 km.*

*The results of special tests practically showed that the Mi-2MSB helicopter, equipped with an aviation weapon system, in addition to the functional tasks defined for the basic Mi-2MSB helicopter, is able to provide:*

*- training and maintenance of skills for flight crew in the practical application of unguided aviation weapons and gun armaments in all types of maneuvering, defined by the tactics of army aviation;*

*- accomplishment of certain tasks on air support of columns of troops on the march and fire missions on destruction of enemy manpower, single unarmored and lightly armored targets such as car, armored personnel carrier, infantry fighting vehicle, boat, etc.*

*The main combat and functional capabilities in the actual operating conditions confirmed by the results of special tests as well as their validation of specified requirements make it possible (after eliminating the shortcomings identified in the test), to allow operation of Mi-2MSB helicopter in the entire operating range of heights and speeds equipped with aircraft weapons as part of the unguided missile system (NAR type C-8) and small arms system (as part of the series-produced machine guns NSVT-12.7)).*

***Keywords**: flight safety, helicopter, machine gun, unguided missile weapon, weapon system, special tests, small arms, test program.*

*Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. 2020. Вип. № 4(6)*
*ISSN 2706-7386*
УДК 623.438.2 DOI: 10.37701/dndivsovt.6.2020.04

***Бутенко О.М., Цуря Е.І., Гордєєв С.М.*** *Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*

# ЩОДО СТВОРЕННЯ ДИСТАНЦІЙНО КЕРОВАНИХ БОЙОВИХ МОДУЛІВ ДЛЯ ЛЕГКИХ БРОНЬОВАНИХ АВТОМОБІЛІВ

*У статті проведений аналіз основних характеристик дистанційно керованих бойових модулів закордонного виробництва та легких броньованих автомобілів вітчизняного виробництва. Визначено основні варіанти комплектації та озброєння дистанційно керованих бойових модулів, які доцільно встановлювати на автомобілі вітчизняного виробництва. Проведено обґрунтування основних технічних характеристик перспективних модулів та можливостей розширення бойових та тактичних завдань легких броньованих автомобілів у складі підрозділів Збройних Сил України.*

***Ключові слова:*** *дистанційно керовані бойові модулі, бойова ефективність, критерії, легкі броньовані автомобілі, характеристики, тактичні завдання.*

**Постановка проблеми**

На сьогоднішній день підприємствами України розроблено багато легких броньованих автомобілів (ЛБА). Основним призначенням ЛБА є виконання задач загальновійськового бою та його забезпечення. Також ЛБА застосовуються для патрулювання на другій та третій лініях проведення операції об'єднаних сил (ООС), транспортування особового складу, знищення живої сили поза бойових порядків.

ЛБА в основному обладнані туреллю для ведення вогню з кулеметів калібру 7,62 мм або 12,7 мм, деякі автомобілі озброєні додатковою зброєю та протитанковими ракетними комплексами.

З метою розширення бойових можливостей ЛБА, підсилення їх вогневої потужності, враховуючи технічні особливості ЛБА, доцільно вищевказані автомобілі оснащати дистанційно керованими бойовими модулями (ДКБМ). Оснащення ЛБА ДКБМ призведе до підвищення вогневої потужності автомобілів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій**

Втрати особового складу американської армії при веденні бойових дій в Афганістані стали причиною розгортання програми Common Remotely Operated Weapon Station (CROWS), що направлена на закупівлю ДКБМ для оснащення бойових машин, які беруть участь у бойових діях [1].

В останнє десятиліття броньовані автомобілі стали особливо інтенсивно поступати на оснащення сухопутних військ, сил швидкого реагування і сил спеціальних операцій США, Великобританії, Франції, ФРН, Китаю і інших країн. Нині вони перебувають на озброєнні більшості аеромобільних і повітряно-десантних підрозділів НАТО. Загальною тенденцією розвитку легкої бронетехніки є посилення її ролі в забезпеченні мобільності військ, розширення її спеціальних ударних і тактичних властивостей [2].

Для забезпечення діяльності силових підрозділів країн НАТО здійснюється закупівля наступних ДКБМ:

США – на першому етапі RAVEN SRWS (виробник Recon Optical, США), в подальшому M151 PROTECTOR RWS та PROTECTOR CROWS II (виробник Kongsberg, Норвегія);

Великобританія – Enforcer (виробник Selex Galilleo, Великобританія) та Protector (виробник Kongsberg, Норвегія);

Німеччина – легкі та важкі модулі FLW 100 та FLW 200 (виробник Krauss-Maffei, Німеччина).

*© Бутенко О.М., Цуря Е.І., Гордєєв С.М., 2020*

*ISSN 2706-7386*

ДКБМ M151 PROTECTOR RWS та PROTECTOR CROWS II найбільш поширені в підрозділах американських військ. Вони встановлюються, як правило, в якості основного озброєння на бронетранспортерах Styker і бронеавтомобілях Humvee різних модифікацій [3].

Модуль монтується на даху бойової машини. Управління озброєнням здійснюється з робочого місця стрільця-оператора, обладнаного усередині корпусу бронеавтомобіля, в ручному режимі або з використанням системи управління вогнем. Винесена зброя дозволяє значно підвищити захищеність стрільця-оператора, а також поліпшити ергономіку бойового відділення (більше вільного простору, відсутність порохових газів тощо).

У складі ДКБМ використовуються 40 мм автоматичний гранатомет Мк19 Mod. 3, або 12,7 мм кулемет M2HB, або ручні кулемети M240B і M249 SAW калібрів 7,62 і 5,56 мм відповідно.

Додатково на модулі можуть монтуватися пускові установки димових гранат.

До складу оптико-електронних приладів включені: денний приціл – відеокамера зі змінюваною кратністю, нічні – тепловізійний HTWS і FLIR (інфрачервоний прилад з охолоджуваною матрицею чутливих елементів, лазерний далекомір) [4].

ДКБМ Enforcer випускається фірмою Selex Galilleo. ДКБМ будуть комплектуватися машини Panther у виконанні командно-штабних машин і машин зв'язку підрозділів британської армії. Зараз такі ДКБМ встановлені на танках Challenger 2, бойових машинах FV432 Mk 3 Bulldog, Mastiff і броньованих патрульних машинах Ridgback.

Бойові модулі Enforcer встановлені на машинах Panther, озброєних 7,62 мм кулеметом (передбачена також можливість установки 12,7 мм кулемета M2 або 40 мм автоматичного гранатомета з відповідними прицілами та приладами спостереження цілі). Це дозволяє командирові наводити зброю на ціль, використовуючи дисплей з плоским екраном і контролер ручного управління. В цілому бойовий модуль Enforcer встановлений більше, ніж на 500 машинах.

Фірма Selex Galilleo також розробила бойовий модуль Enforcer 2, який має ряд удосконалень, включаючи систему стабілізації і пристрій автоматичного супроводу цілі.

Підвищена точність стрільби ДКБМ, що забезпечує практично гарантоване ураження цілі з першого пострілу і вдосконалена система відображення зображення дозволяє командирові контролювати переміщення цілі до відкриття вогню (наприклад через дисплеї, вмонтовані в головний шолом). Такі системи також здатні контролювати цілі за допомогою електрооптичних пристроїв без наведення на ціль, коли вона не представляє небезпеку [3].

Іншим представником бойових модулів, який на даний час широко використовується в арміях іноземних країн, є розроблений німецькими конструкторами бойовий модуль FLW 100 виробництва фірми Krauss-Maffei Wegmann зі змінним озброєнням [5]. Бойовий модуль FLW 100 встановлюється на машинах типу Dingo 2 з колісною формулою 4×4 виробництва фірми KMW.

Бойовий модуль FLW 100 може керуватися за допомогою пульта дистанційного керування екіпажем машини, який знаходиться усередині броньованого корпусу, за допомогою монітору зі вмонтованими приладами денного і нічного бачення. Ще однією технічною особливістю системи є так звана гіроскопічна стабілізація, яка забезпечує надзвичайно точне управління і наведення на ціль, навіть при високій швидкості руху по пересіченій місцевості.

Крім того, бойовий модуль дозволяє швидко замінювати встановлене на ньому озброєння. Встановлена зброя (від кулеметів до автоматичних гранатометів) розпізнається автоматично, і бойовий модуль адаптує свої балістичні дані відповідно до особливостей конкретного типу зброї.

Бойовий модуль FLW 100 може бути озброєний 5,56 мм кулеметом MG4 або 7,62 мм кулеметом MG3. Без озброєння модуль FLW 100 має масу приблизно 80 кг. Бойовий модуль доволі легко стикується з корпусом при заміні озброєння, причому положення регулювання балістики виставляються автоматично.

*ISSN 2706-7386*

Засоби оптики включають кольорову відеокамеру з об'єктивом, що має перемінну фокусну відстань, тепловізор, який не охолоджується, і безпечний лазерний далекомір для точного ураження цілей на великих відстанях [4, 6].

**Мета статті** полягає у обґрунтуванні пропозицій щодо комплектації та складу ДКБМ для ЛБА вітчизняного виробництва з метою підвищення ефективності виконання автомобілями тактичних завдань.

**Виклад основного матеріалу**

ЛБА характеризуються високими швидкохідністю і прохідністю, наявністю озброєння і спеціального обладнання, підвищеною захищеністю. Вони обладнані протикульною та протимінною бронею, що забезпечує захист екіпажу.

Більшість ЛБА, що виробляються в Україні, мають наступні тактико-технічні характеристики:

маса (т)……..5,5-15;
екіпаж (чол.)……..……3;
десант (чол.)…….……4-8;
довжина (м)……...……до 8;
висота по корпусу (м)……..до 2,8;
висота з баштою (м)…….до 3,5.

Башти ЛБА в основному обладнані туреллю для встановлення кулеметів з можливістю ведення кругового обстрілу. Використання в конструкції ЛБА винесених ДКБМ, або платформ озброєння, є на теперішній час загальносвітовою тенденцією. Вона обумовлена бажанням захистити бойові розрахунки від вражаючих факторів впливу противника, удосконалити огляд поля бою і підвищити можливості ураження широкого спектру наземних і повітряних цілей [6].

Бойові модулі взагалі та полегшені ДКБМ вчасності займають значну нішу в системі озброєння сучасних сухопутних військ. На даний час на озброєнні Збройних Сил України не має полегшених ДКБМ. При цьому слід відмітити, що всі ДКБМ, які знаходяться на постачанні Збройних Сил України та підрозділів МВС і Державної прикордонної служби України виробництва України мають масу більш ніж 1500 кг і не можуть встановлюватися на легкі броньовані машини ("Козак", "Барс", "Варта" тощо).

Можливості по виконанню ЛБА бойових завдань та характеристики озброєння, яке буде входити до складу ДКБМ, напряму впливають на тактико-технічні вимоги до ДКБМ. Основними тактико-технічними вимогами до ДКБМ повинні бути:

дистанційне керування при виявленні і веденні вогню стрільцем;

захист стрільця від вогню противника;

пошук і виявлення малорозмірних цілей при наявності перешкод у будь-який час доби;

при веденні вогню різними видами озброєння – програмне відпрацювання даних для ведення вогню;

напівавтоматична перезарядка у разі осічки патрона (гранати);

врахування руху автомобіля і цілі, траєкторії польоту кулі (гранати, ракети), метеорологічної обстановки;

стабілізація озброєння при русі автомобіля;

забезпечення точносних характеристик (купчастості, дальності тощо) встановленого на ДКБМ озброєння в реальному масштабі часу [1].

З проведеного аналізу закордонних зразків ДКБМ, виходячи з переліку бойових завдань (типів цілей та специфіки районів застосування) ЛБА та з метою розширення бойових завдань, автомобілі доцільно оснастити ДКБМ в наступній комплектації:

опорно-поворотна башта, на якій розташовані декілька зразків озброєння;

*ISSN 2706-7386*

оптико-електронна система з пультом керування зброєю та оптико-електронним приладом (телевізійна камера, тепловізійна камера (як опція), лазерний далекомір, пульт керування);

стабілізатор озброєння;

система постановки пасивних перешкод;

приводи горизонтального та вертикального наведення.

Озброєння, яким оснащений ЛБА, застосовується в ближньому бою для вирішення великої кількості різноманітних вогневих задач. ДКБМ встановлений на ЛБА, як правило, застосовується для ураження цілей, що спостерігаються. Об'єктами ураження можуть бути окремі елементарні цілі (стрілець, БТР, автомобіль тощо) і групові об'єкти (група стрільців, вогневий розрахунок гармати, піхота на автомобілі, група БТР тощо).

Основні розміри елементарних цілей є: ширина – (0,5 – 7) м, висота – (0,3 - 3,0) м. Площа типових елементарних цілей складає (0,1 - 12,0) м$^2$.

При умові не ураження ЛБА можуть виконувати завдання щодо нанесення шкоди противнику. З урахуванням можливостей ведення вогню ефективність ураження об'єкта буде характеризуватись формулою:

$$W = P_в + P_а + Y, \tag{1}$$

де $P_в$ – імовірність виявлення об'єкта ураження, $P_а$ – імовірність виходу в атаку, $Y$ – імовірність знаходження об'єкту у небоєздатному стані за умови її ураження по типу А, В, С.

Імовірність виявлення об'єкта ураження залежить від дальності дії засобів виявлення $D_в$, часу, що необхідний для виявлення, характеристик помітності об'єктів та характеристик засобів виявлення. Вихідним показником в формулі для визначення ймовірності візуального виявлення наземних, повітряних та надводних об'єктів є середня дальність виявлення $\overline{D}_в$:

$$P_в = e^{-\frac{D_c}{D_в}}. \tag{2}$$

Показник атаки визначається можливістю виходу у визначену зону стрільби і прицілювання по цілі шляхом бойового маневрування. Імовірність виходу в атаку можна розраховувати за формулою:

$$P_а = 2F\varphi_{гр}, \tag{3}$$

де $F\varphi_{гр}$ – умовна функція розподілу кута візування цілі у момент виявлення.

Граничний кут візування цілі, що може бути компенсований шляхом розвороту ЛБА з максимальною кутовою швидкістю $\omega_{max}$:

$$\varphi_{гр} = arcsin\left[ min\left\{ \frac{\omega_{max} D_в}{2V + \omega_{max} D_c}; 1 \right\} \right], \tag{4}$$

де $D_в$ – дальність виявлення цілі, $D_с$ – дальність стрільби, $V$ – лінійна швидкість руху ЛБА при виконанні розвороту.

Ефективність ураження об'єктів при веденні вогню оцінюється середньою імовірністю $Y(t_{оп})$ находження об'єкту у небоєздатному стані за час операції $t_{оп}$ при заданій структурі ущербу $U_C, U_B, U_A$.

Ця імовірність визначається виразом:

$$Y(t_{on}) = Y_A(t_{on})U_A + Y_B(t_{on})U_B + Y_C(t_{on})U_C, \tag{5}$$

де $Y_{A,B,C} = min\left\{\frac{t_{A,B,C}}{t_{оп}}; 1\right\}$ – умовна імовірність знаходження елементарної цілі у небоєздатному стані за умовою її ураження по типу А, В, С, $t_A = 7$ діб, $t_B = 1$ доба, $t_C = 2$ години – оперативно-тактичні норми мінімального часу небоєздатності об'єктів при ураженні них по типу А, В, С [7].

При стрільбі по об'єктах, що спостерігаються, вогонь припиняють негайно, як тільки об'єкт вважається ураженим, і крім того, за можливістю вводять коректури у вихідні дані.

*ISSN 2706-7386*

Оскільки подія знищення об'єкту (однієї або заданій кількості елементарних цілей) настає випадково, то припинення стрільби, а отже, і витрачання боєприпасів також випадкові. У таких умовах критеріями бойової ефективності є середнє значення і середнє квадратичне відхилення витрачання боєприпасів.

Якщо за будь-якими причинами при стрільбі по елементарній цілі, що спостерігається, неможливо здійснити більше $n$ пострілів (обмежений запас боєприпасів, вихід цілі з-під обстрілу тощо), то середня витрата боєприпасів і середнє квадратичне відхилення цієї витрати розраховують за формулами відповідно:

$$M_N = \sum_{i=1}^{n} Q_{i-1}; \tag{6}$$

$$\sigma_N^2 = \sum_{i=1}^{n} (2i-1)Q_{i-1} - M_N^2, \tag{7}$$

де $Q_{i-1}$ – імовірність не ураження цілі $i-1$ пострілами, попередніми $i$ -му пострілу.

Величина

$$Q_{i-1} = 1 - P_{i-1}, \tag{8}$$

де $P_{i-1}$ – імовірність ураження цілі $i-1$ пострілами.

При незалежних пострілах, кожен з яких уражує ціль з імовірністю *p,* формули (6), (7) приймають вигляд:

$$M_N = \frac{P}{p}; \tag{9}$$

$$\sigma_N^2 = \frac{q}{p^2} - \frac{Q}{p}\left[2n-1+\frac{Q}{p}\right], \tag{10}$$

де $P$ – імовірність ураження цілі при $n$ пострілах ($P = 1-q^n$), $q$, $Q$ – імовірності не ураження цілі відповідно при одному і $n$ пострілах ($q = 1-p; Q = 1-P = q^n$).

Формули (9), (10) виражають середню витрату і середнє квадратичне відхилення витрати боєприпасів при обмеженому запасі $n$ незалежно від того чи уражена або не уражена ціль в результаті обстрілу, так як стрільба ведеться або до ураження цілі, або до витрати усіх $n$ боєприпасів.

При необмеженому запасі боєприпасів ($n \to \infty$) стрільба ведеться до ураження цілі. Тоді формули (9), (10) приймають більш простий вигляд:

$$M_N = \frac{1}{p}; \tag{11}$$

$$\sigma_N^2 = \frac{q}{p^2} = M_N(M_N - 1). \tag{12}$$

За формулами (11), (12) розраховують середню витрату і середнє квадратичне відхилення витрат боєприпасів на одну елементарну уражену ціль.

При стрільбі чергами, припинення вогню після ураження цілі запізнюється на певне число $\nu$ пострілів. У такому випадку характеристики витрати боєприпасів при незалежних пострілах і обмеженому запасі $n$ боєприпасів дорівнюють:

$$M_N = \frac{P}{p} + \nu; \tag{13}$$

$$\sigma_N^2 = \frac{q}{p^2} - \frac{Q}{p}\left[2(n-\nu)-1+\frac{Q}{p}\right], \tag{14}$$

де $P$ – імовірність ураження цілі при $n-\nu$ пострілах;

$$Q = 1 - P = q^{n-\nu}. \tag{15}$$

Середня витрата боєприпасів до ураження цілі ($n \to \infty$) у цьому випадку дорівнює:

$$M_N = \frac{1}{p} + v, \tag{16}$$

а середнє квадратичне відхилення витрати таке ж як при негайному припиненні вогню.

При веденні вогню по груповому об'єкту, якщо стрільба ведеться послідовно по кожній цілі до знищення $k$ цілей, що спостерігаються, однорідного групового об'єкта, то середня витрати боєприпасів і середнє квадратичне відхилення цієї витрати визначають по формулам відповідно:

$$M_{N,k} = kM_N, \tag{17}$$

$$\sigma_{N,k} = \sqrt{k\sigma_N}, \tag{18}$$

де $M_N$, $\sigma_N$ – характеристики витрачання боєприпасів до ураження однієї цілі.

Якщо число можливих пострілів по об'єкту обмежено так стрільбу доводиться припиняти незалежно від результату, то заподіяна шкода є випадковою величиною. Способи розрахунків таких критеріїв доцільно вибирати з урахуванням організації стрільби. Так, якщо по кожній елементарній цілі групового об'єкту вказано обмеження у витрачанні боєприпасів і ведеться окрема незалежна стрільба, то середнє число уражених цілей групового об'єкту у складі $k$ цілей ($M_r$) і середнє квадратичне відхилення цього числа ($\sigma_r$) розраховуються за формулою відповідно:

$$M_r = \sum_{j=1}^{k} P_j, \tag{19}$$

де $P_j$ – імовірність ураження $j$-й цілі за всю стрільбу ($j = 1,2, \dots k$).

$$\sigma_r^2 = \sum_{j=1}^{k} P_j(1 - P_j) + 2\sum_{i<j}(P_{ij} - P_i P_j), \tag{20}$$

де $P_{ij}$ – імовірність сумісного ураження $i$-й і $j$-й цілей [8].

Враховуючи бойові завдання, які виконують ЛБА, та характеристики типових цілей, з метою підвищення бойової ефективності засобів вогневого ураження ДКБМ доцільно оснастити наступним озброєнням: кулемет калібру 7,62 мм або 12,7 мм, 30 мм або 40 мм автоматичний гранатомет, система постановки завад, пускова установка ПТРК (як опція).

7,62 мм кулемет призначений для боротьби з живою силою та вогневими засобами противника. Дальність дійсного вогню по наземним та повітряним цілям складає 1000 м [9].

12,7 мм кулемет є потужною автоматичною зброєю та призначений для боротьби з легкобронюваними цілями і вогневими засобами, знищення живої сили противника та ураження повітряних цілей. Дальність дійсного вогню по легко броньованим цілям – 800 м, по відкритій живій силі, вогневим засобам та повітряним цілям – 1500 м [10].

Автоматичний гранатомет призначений для ураження живої сили і вогневих засобів противника, що розташовані поза укриттями, у відкритих окопах та за складками місцевості. Прицільна дальність автоматичного гранатомета складає – КБА-117 – 1700 м, УАГ-40 – 2200 м [11, 12].

ПТРК призначений для боротьби з броньованими та легкобронюваними цілями на відстанях (100 – 5000) м.

Оснащення ДКБМ на автомобілях вищевказаним озброєнням дасть змогу ефективно уражати елементарні цілі (стрілець, БТР, автомобіль тощо) і групові об'єкти (група стрільців, вогневий розрахунок гармати, піхота на автомобілі тощо) на дальностях більше 2 км.

З метою зменшення маси ДКБМ та спрощення конструктивних рішень при встановленні ДКБМ на ЛБА та з можливістю ефективно виконувати завдання сектор стрільби з озброєння може складати близько 270° при умові кругового огляду тактичної обстановки.

*ISSN 2706-7386*

Боєкомплект ДКБМ, встановленого на легкому броньованому автомобілі, при виконанні самостійних тактичних завдань має складати:

7,62 мм патронів різного типу дії – до 2500 шт.;

12,7 мм патронів різного типу дії – до 300 шт.;

постріли ВОГ-17 або 40 мм постріли до УАГ-40 – до 100 шт.;

ракети до ПТРК – 2-4 од.

Враховуючи вищевказану комплектацію та боєкомплект, маса ДКБМ може становити 250-350 кг.

З метою підвищення бойової ефективності ДКБМ та враховуючи характеристики аналогічних зразків [1, 4] система спостереження, наведення і стабілізації повинна мати наступні основні характеристики:

1. діапазон робочих кутів: у горизонтальній площині до 270°; у вертикальній площині від – 7° до + 60°;

2. швидкість наведення озброєння: з високою швидкістю в горизонтальній площині не менше 36º/с, з високою швидкістю у вертикальній площині не менше 30º/с, з низькою швидкістю в горизонтальній площині від 0,05º/с, серединна похибка стабілізації при русі машини зі швидкістю 25 км/год, при синусоїдальному впливі амплітудою 3° і періоді 2 с, не більше 5 т.д., швидкість уводу бойового модуля в вертикальному та горизонтальному наведенні не більше 25 т.д./хв.;

3. характеристики елементів ОЕП:

а) кольорова CCD телевізійна камера з подвійним полем зору: до 7° по горизонталі, до 6º по вертикалі (±10%) (широке поле зору), до 4° по горизонталі, до 3º по вертикалі (±10%) (вузьке поле зору), оптична вісь вузького поля зору телеканалу повинна співпадати з віссю далекоміра з похибкою не гірше 1', кратність масштабування зображення – не менше 4;

б) тепловізійна камера з полем зору: до 5° по горизонталі (± 10%), до 4º по вертикалі (± 10%), кратність електронного масштабування – 2;

в) далекомір лазерний (безпечний для очей) (передбачити можливість установки додаткового лазерного приладу для стрільби ракетами – опція): вимірювана дальність до цілі типу танк (фронтальна проекція 5×5 м) від 160 м до 7000 м, похибка визначення дистанції до цілі ±5 м, похибка визначення курсового кута обраного об'єкту ± 30 кут. хв.

Встановлення ДКБМ у такій комплектації на ЛБА дозволить ефективно виконувати достатньо великий перелік тактичних завдань.

**Висновки**

Виходячи з вищевикладеного, встановлення ДКБМ (у комплектації кулемет калібру 7,62 мм або 12,7 мм, 30 мм або 40 мм автоматичний гранатомет) на легкі броньовані автомобілі дозволяє значно підвищити ефективність ураження об’єктів з забезпеченням визначеного рівня безпеки.

Оснащення легких броньованих автомобілів ДКБМ може призвести до незначного зменшення внутрішнього корисного об’єму, збільшенням маси з одночасним значним підвищенням вогневої потужності автомобілів.

З урахуванням підвищення ефективності ураження типових цілей ДКБМ у вищевказаній комплектації підрозділи на ЛБА з ДКБМ при діях у складі оборонного угрупування доцільно використовувати як протидесантний резерв для знищення десантів, що висадилися, диверсійно-розвідувальних груп противника і незаконних збройних формувань самостійно або у взаємодії із загальновійськовим резервом, частиною (підрозділом) протиповітряної оборони і іншими силами.

Досвід воєнних дій і озброєних конфліктів останніх десятиліть та ООС показує, що підрозділи на ЛБА, у ряді випадків, здатні ефективно вирішувати бойові завдання в населених пунктах і на пересіченій місцевості. ЛБА з ДКБМ доцільно оснастити гірськопіхотні з'єднання і частини (підрозділи) для транспортування особового складу, зброї

і матеріальних запасів у гірський район для ведення ними наступальних бойових дій в пішому порядку.

ЛБА можуть знайти широке застосування при вирішенні завдань територіальної оборони. Таким завданнями можуть бути: охорона і оборона важливих військових і державних об'єктів і комунікацій; боротьба з диверсійно-розвідувальними силами противника; встановлення і підтримка режиму надзвичайного та воєнного стану на території України або в окремих її місцевостях, зонах (районах), на об'єктах, що охороняються, і в населених пунктах; охорона і супровід колон на маршрутах руху при евакуації і переміщенні цивільного населення.

Прогнозуючи вплив ЛБА на характер загальновійськового бою, можна передбачити, що масове їх впровадження у військові підрозділи сприятиме подальшому підвищенню мобільності бойових дій.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Московченко Л.В. Дистанционно управляемые боевые модули / Л.В. Московченко, Н.П. Кузин, А.С. Власов // Журнал Национальная оборона. – Вып. № 7/2012. – С. 40-41.

2. Weapon systems Handbook 2018. Americans army: today's modernization is tomorrow's readiness, P. 23.

3. Modern Tanks and AFVs: 1991-Present Armoured Fighting Vehicles. – 2019. – С. 187-195.

4. Легкие и средние дистанционно управляемые боевые модули M151 Protector RWS и PROTECTOR CROWS II [Електроний ресурс]. – Режим доступу: https://army-news.ru/2016/04/legkie-i-srednie-distancionno-upravlyaemye-boevye-moduli.

5. Хогг Я. Боеприпасы. Патроны, гранати, артиллерийские боеприпасы. – М.: Эксмо-Пресс, 2001. – С. 37-39.

6. Дистанционно управляемые боевые модули [Електроний ресурс]. – Режим доступу: https://army-news.ru/2014/01/distancionno-upravlyaemye-boevye-moduli-2.

7. Буравлев А.И. Критерии оценки эффективности огневого поражения в операции / А.И. Буравлев, В.А. Ерохин // Труды ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского. Серия: Авиационные робототехнические системы. – М.: Радиотехника, 2008. – Вип. № 8. – Т. 5. – С. 16-22.

8. Фендриков Н.М. Методы расчетов боевой эффективности вооружения / Н.М. Фендриков, В.И. Яковлев. – М.: Военное издательство МО СССР, 1971. – С. 23-33.

9. Руководство по 7, 62 мм пулеметам Калашникова ПК, ПКМ, ПКС, ПКМС, ПКБ, ПКМБ и ПКТ. – М.: Воениздат МО СССР, 1979. – С. 3-5.

10. Руководство по 12,7 мм пулемету "Утес" (НСВ-12,7). – М.: Военное издательство МО СССР, 1977. – С. 3-5.

11. Руководство 30 мм автоматическому гранатомету на станке (АГС-17). – М.: Военное издательство МО СССР, 1982. – С. 3.

12. Український гранатомет УАГ-40 створений за стандартами НАТО [Електроний ресурс]. – Режим доступу: https://armyinform.com.ua/2019/10/ukrayinskyj-granatomet-uag-40-stvorenyj-za-standartamy-nato.

**Бутенко Олександр Миколайович**
старший науковий співробітник науково-дослідного відділу Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https//orcid.org/0000-0001-9530-3001
e-mail: tbi35695@gmail.com

**Oleksandr Butenko**
Senior Researcher of Section of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https//orcid.org/0000-0001-9530-3001
e-mail: tbi35695@gmail.com

*ISSN 2706-7386*

**Цуря Едуард Іванович**
науковий співробітник науково-дослідного відділу Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https//orcid.org/0000-0002-0814-8697
e-mail: tsuria.ed@gmail.com

**Гордєєв Сергій Миколайович**
науковий співробітник науково-дослідного відділу Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0002-7171-7725
e-mail: gordeevsergey1969@gmail.com

**Eduard Tsuria**
Researcher of Section of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https//orcid.org/0000-0002-0814-8697
e-mail: tsuria.ed@gmail.com

**Sergey Gordeev**
Researcher of Section of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0002-7171-7725
e-mail: gordeevsergey1969@gmail.com

**OF CREATING REMOTELY CONTROLLED COMBAT MODULES FOR LIGHT ARMORED VEHICLES**
***O Butenko, E Tsuria and S Gordeev***

*The article substantiates the need to create a remotely controlled combat module to equip light armored vehicles (LAV) manufactured at domestic enterprises of the defense complex. The main purpose of LAV is to perform some of the tasks of combined-arms battle and its support, namely: the transportation of personnel, the elimination of enemy's manpower out of the battle formation, patrolling on the second and third lines of defense of the Joint Forces Operation.*

*NATO nations procure the following remotely controlled combat modules: United States - M151 Protector RWS and PROTECTOR CROWS II (manufactured by Kongsberg, Norway); United Kingdom - Enforcer (Selex Galilleo, UK) and Protector (Kongsberg, Norway); Germany - light and heavy modules FLW 100 and FLW 200 (manufactured by Krauss-Maffei, Germany).*

*Remote controlled combat modules occupy a significant niche in the arsenal of modern ground forces. At present, the Armed Forces of Ukraine do not have remotely controlled combat modules that can be used on light armored vehicles. When developing requirements for the remotely controlled combat module, it is advisable to consider the ability to perform basic combat missions by the light armored vehicles and the characteristics of the weapons that will be integrated into the remotely controlled combat module. Weapons that a light armored vehicle is equipped with are used in close combat to solve a large number of different fire missions. The remotely controlled combat module mounted on light armored vehicles is generally used to defeat the line-of-sight targets.*

*The characteristics of weapons that may be integrated into the remotely controlled combat module and the proposed ammunition load are considered.*

*In order to simplify design decisions when installing the remotely controlled combat modules on light armored vehicles and for the purpose of performing the task effectively, it is necessary to solve the problem of creating remotely controlled combat modules with a much smaller weight than existing models.*

*Integration of the aforementioned remotely controlled combat modules into light armored vehicles will allow carrying out tasks on reinforcement of checkpoints, force protection of troops, convoy and patrol, destruction of fortified enemy objects, reconnaissance, as well as interception and destruction of manpower and armored vehicles, outside of the battle formations. The bulk delivery of light armored vehicles to the troops will further enhance the mobility of the warfare. Light armored vehicles can be used extensively by air assault troops, mountain assault and motorized infantry formations, territorial defense units.*

***Keywords**: remotely controlled combat module, light armored vehicles, requirements, criteria, combat effectiveness, tactical tasks.*

*Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. 2020. Вип. № 4(6)*
*ISSN 2706-7386*
УДК 629.73:355.1 DOI: 10.37701/dndivsovt.6.2020.05

***Голуб В.М., Бурсала О.Л., Чуприна В.М.*** *Державний науково–дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*

# МЕТОДОЛОГІЧНИЙ ПІДХІД ДО ВИЗНАЧЕННЯ ТРЕНДУ ЗМІН ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ НА ПРИКЛАДІ ВЕРТОЛЬОТІВ ДЕРЖАВНОЇ АВІАЦІЇ

*Розглянуто послідовність оцінювання за новою методикою досягнутого рівня експлуатаційної надійності та безпеки польотів під час військової експлуатації вертольотів. Розроблено методологічний підхід до математичної обробки статистичної інформації за період 2016-2019 років щодо несправностей. Наведені дослідження щодо зміни рівня експлуатаційної надійності та безпеки польотів вертольотів. Визначено алгоритм розрахунку тренду зміни "параметра потоку відмов", показника рівня аварійності, на основі яких визначені прогнозні значення "верхньої контрольної межі надійності" та індикативні порогові показники безпеки польотів для окремих типів вертольотів.*

***Ключові слова:*** *цільові рівні надійності, безпека польоту, рівень аварійності, несправність, авіаційна техніка, параметр потоку відмов, тимчасова верхня контрольна межа надійності.*

**Вступ**. Надійність авіаційної техніки (АТ) – це властивість виконувати свої функції, зберігаючи протягом певного часу значення встановлених льотно-технічних і експлуатаційних показників в межах, які відповідають заданим режимам і умовам використання, технічного обслуговування, ремонту, зберігання та транспортування.

Відомо [1, 2], що надійність – це комплексна властивість, яка характеризується різними експлуатаційними показниками в залежності від призначення, часу та умов експлуатації АТ, одним із яких є безвідмовність.

На практиці дуже важливо, щоб АТ не тільки працювала безвідмовно протягом певного часу і в певних умовах експлуатації, але й в цілому зберігала б здатність виконувати задані функції протягом визначеного проміжку часу, незважаючи на наявність відмов і перерв у його роботі, пов'язаних, в основному, з їх усуненням і проведенням технічного обслуговування.

Підвищення експлуатаційної надійності (ЕкН) та безпеки польотів (БзП) - важлива задача забезпечення потрібного рівня бойової готовності АТ.

Основним носієм інформації про несправності АТ, що поступає до Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки (ДНДІ ВС ОВТ) з авіаційних частин, згідно методичних рекомендацій [3], є картки обліку несправностей (КОН), які складаються щомісяця, та донесення, які відображають експлуатаційні дані окремих типів повітряних суден (ПС) за кожне півріччя.

Ця інформація узагальнюється та обробляється за розробленою методикою [4, 5], а результати оцінювання показників надійності окремих типів ПС та їх функціональних систем за поточний рік видаються у вигляді щорічних інформаційних випусків [6, 7].

Необхідно відмітити, що достовірна статистична обробка емпіричних даних є актуальним завданням не тільки в моніторингу процесу експлуатації ПС Збройних Сил України, але й при визначенні тенденцій та напрямків модернізації озброєння та військової техніки (ОВТ), їх технічного обслуговування та ремонту.

Питання забезпечення високого рівня ЕкН та БзП потребують постійного моніторингу, бажано в автоматизованому режимі.

**Аналіз проблеми і постановка задачі дослідження.** Історично сформувався підхід до оцінки досягнутого рівня забезпечення ЕкН та БзП ПС, який побудований на аналізі достатньої маси даних статистики експлуатації ПС минулих періодів.

Відомо [8, 9], що результати щорічних спостережень за показниками надійності приймають випадкові значення, які знаходяться в межах певного довірчого інтервалу.

*© Голуб В.М., Бурсала О.Л., Чуприна В.М., 2020*

*ISSN 2706-7386*

Випадковість є характерною особливістю показників надійності АТ, при цьому єдиного показника, який був би прийнятним для усіх випадків спостереження, не існує.

Дуже важливо мати чітке уявлення про основні показники, які характеризують надійність АТ. Слід також враховувати відповідні кількісні показники, які отримують за допомогою методів теорії ймовірностей і математичної статистики, що призначені для вивчення випадкових величин і подій.

При експлуатаційних спостереженнях, як правило, не планують їх обсяг, а обробляють конкретні спостережувані статистичні дані за конкретний період експлуатації про відмови та пошкодження, які призводять до несправності. За результатами отриманих даних встановлюються точкові, граничні оцінки показників надійності, що відповідають спостережуваній довірчій ймовірності при заданій відносній помилці. Обов'язковою умовою досягнення високої надійності АТ в експлуатації є забезпечення систематичного обміну інформацією (результати реєстрації та збору даних про несправності) для обробки, аналізу та оцінки поточного стану надійності виробів АТ.

Така системна робота сприяє досягненню ефективної працездатності ПС, його авіаційних двигунів, систем та обладнання, забезпеченню їх безвідмовної (надійної) роботи в польоті і на землі.

Підтримання достатнього рівня безвідмовності в значній мірі залежить від доцільності призначення та проведення обов'язкових профілактичних робіт на АТ та інтервалів між видами технічного обслуговування ПС.

Крім того, необхідно враховувати особливості того, що ПС входять до групи об'єктів, працездатний стан яких постійно оновлюється. Процес експлуатації таких об'єктів можна представити як послідовність інтервалів працездатності, які перериваються інтервалами простою. Отже несправності, що виникають при експлуатації ПС за своїми наслідками та впливом на стан ПС є нерівнозначними. Ці показники можуть бути використані при реалізації алгоритмів контролю виходу їх поточних значень за попередньо встановлені контрольні межі.

Отже задача розробки методів, які дозволяли би визначати тренд змін показників надійності ПС за використанням експлуатаційних даних минулих періодів та встановлювати конкретні контрольні межі для цих показників, є достатньо актуальною.

**Метою статті** є визначення показників ЕкН та БзП за статистичними даними про несправності за період 2016-2019 років, що виникають в процесі експлуатації ПС, визначення тренду їх змін та встановлення контрольних меж для цих показників.

**Виклад основного матеріалу.** Експлуатаційна надійність і безпека польотів є найважливішими експлуатаційно-технічними характеристиками ПС, які схильні до впливу безлічі факторів, як нестійких, так і випадкових за своїм характером, що знаходяться, як правило, у тісних взаємозв'язках один з одним. Кількісне оцінювання їх рівня традиційно виконується за загальноприйнятими стандартизованими показниками (статистичними і ймовірнісними), при цьому використовуються здебільшого відомі фахівцям методи:

- розрахункові – при апріорному оцінюванні по фактору "повітряне судно" на етапі розробки і сертифікації типу ПС;
- статистичні – при апостеріорному оцінюванні та прогнозуванні за результатами випробувань і експлуатації;
- експертні – при апріорному оцінюванні та прогнозуванні за висновком фахівців.

На практиці оцінки показників надійності, отримані спочатку розрахунковими методами, уточнюються по мірі накопичення інформації про результати випробувань і експлуатації. До кінця експлуатації конкретного типу ПС оцінки показників наближаються до своїх істинних значень.

Для вироблення конкретних заходів забезпечення достатнього рівня ЕкН та БзП ПС важливо при визначенні середніх значень їх показників, які відображаються у підсумкових таблицях, мати достовірну оцінку поля розсіювання цих показників (дисперсії).

*ISSN 2706-7386*

Згідно методики [5] для оцінки надійності вертольота та його систем статистичні дані щодо несправностей групуються за системами відповідного виду спеціальності АТ: "вертоліт і двигун", "авіаційне озброєння", "авіаційне обладнання", "радіоелектронне обладнання". Проводиться розрахунок по кожній спеціальності граничних точкових показників:

- наліт на відмову та пошкодження, що виявлені в польоті та на землі $T_{c.}$, який характеризує рівень ЕкН конкретного типу ПС;

- наліт на відмову, що виявлена в польоті $T_{n.}$, яка характеризує рівень БзП конкретного типу ПС.

Дослідження тренду змін точкових граничних значень показників ЕкН та БзП дають можливість виявити слабкі місця у різних типів ПС, їх найменш надійні системи за спеціальностями та ранжувати їх за показниками надійності [9].

Технічними та організаційними засобами можна намагатися забезпечити більш високий рівень цих показників, проте повністю, стовідсотково зробити ПС безпечним є нереальним завданням, оскільки існує так званий "бар'єр надійності", який визначає неможливість реалізації різкого підвищення рівня надійності існуючих складних технічних систем. Проте цілком реально визначати тренд змін рівня надійності ПС, використовуючи значення річних поточних показників надійності за попередні терміни експлуатації (не менше трьох років) для обґрунтування необхідного комплексу організаційних і технічних профілактичних заходів.

Отже, одним із перспективних напрямків дослідження, на наш погляд, є визначення тренду зміни наступних поточних показників:

- "параметр потоку відмов - *z(t)*" при довірчій ймовірності $\beta$=0,95, що характеризує рівень ЕкН та розраховується як відношення загальної кількості відмов до загального обсягу нальоту ПС;

- "рівень аварійності - $R_{icao}$ ", який характеризує рівень БзП, враховує загальну кількість відмов, виявлених у польоті, що припадають на 100 год нальоту. Він розраховується за формулою:

$$R_{icao} = \left(\frac{n}{T}\right) \times 100,$$

де $n$ – загальна кількість відмов в польоті, од.;

$T$ – загальний обсяг годин нальоту, год.

При визначенні цих показників фактично враховуються наступні особливості умов експлуатації військових ПС:

- суттєва нерівномірність польотного навантаження;

- суттєва аперіодичність частоти використання різних типів ПС;

- значна кількість ПС мають напрацювання від 20 років й більше.

Також ці показники можна використовувати при реалізації алгоритмів контролю виходу поточних значень показників надійності ПС за попередньо встановлені контрольні межі, аналізуючи умови експлуатації попередніх періодів.

На базі показника *z(t)*, із урахуванням дійсних умов експлуатації різних типів ПС за попередні роки, можемо розрахувати так звану "верхню контрольну межу надійності" ($МН_{вк}$,) для майбутніх періодів [11].

Використовуючи тренд змін показника $R_{icao}$ можемо визначити індикативні порогові показники безпеки польотів, які необхідно контролювати в наступних періодах експлуатації ПС, згідно з концепцією "прийнятного рівня - (Acceptable level of safety performance (*ALoSP)*)" на основі принципу стандартного відхилення, що рекомендується Міжнародною організацією цивільної авіації (ІСАО) [12].

На прикладі вертольотів із урахуванням дійсних умов їх експлуатації за 2016 – 2019 роки проведено розрахунки показників *z(t) та* $R_{icao}$.

Враховуючи обмеженість статистики за ці роки, використовуємо показники експлуатації окремих вертольотів, що наведені у таблиці 1.

*ISSN 2706-7386*

Таблиця 1

Середні значення показників експлуатації та надійності вертольотів за 2016 – 2019 роки

| Найменування показників | Тип вертольота | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Ми-2 | Ми-8МТ(МТВ) | Мі -8МСБ-В | Ми-24 |
| Наліт за 2019 рік, год | 11 | 9135 | 4678 | 2493 |
| Параметр потоку відмов, *z(t)* | 0,090 | 0,026 | 0,034 | 0,038 |
| Рівень аварійності, $R_{icao}$ за 2019 | - | 0,426 | 0,534 | 1,123 |
| Наліт за 2018 рік, год | 908 | 9218 | 2244 | 2313 |
| Параметр потоку відмов, *z(t)* | 0,055 | 0,027 | 0,036 | 0,037 |
| Рівень аварійності, $R_{icao}$ за 2018 | 1,211 | 0,586 | 0,490 | 0,475 |
| Наліт за 2017 рік, год | 455 | 8072 | 2059 | 3520 |
| Параметр потоку відмов, *z(t)* | 0,055 | 0,029 | 0,024 | 0,026 |
| Рівень аварійності, $R_{icao}$ за 2017 | 1,099 | 0,483 | 0,486 | 0,568 |
| Наліт за 2016 рік, год | 1018 | 7082 | 2000 | 4340 |
| Параметр потоку відмов, *z(t)* | 0,016 | 0,015 | 0,041 | 0,016 |
| Рівень аварійності, $R_{icao}$ за 2016 | 0,688 | 0,409 | 0,750 | 0,323 |

Аналіз отриманих результатів показав, що за період 2016 – 2019 років за показником *z(t)* у 2019 р. порівняно з 2016 р. в середньому спостерігається зниження рівня експлуатаційної надійності. Але в той же час вертольоти типу Мі-8МСБ-В показали незначне зростання на 17,1%.

За результатами аналізу тренду зміни "параметру потоку відмов - *z(t)*" проведено розрахунки "верхньої контрольної межі надійності" ($МН_{вк}$,) для майбутніх періодів для різних типів вертольотів.

Послідовність розрахунків показника $МН_{вк}$ , аналіз отриманих результатів наведені в таблиці 2 та відображені на рисунку 1.

Розрахунок показника $МН_{вк}$, проведений за наступною формулою:

$$МН_{вк}, = m + k \times \sigma,$$

де: $m$ – середнє значення параметра *z(t)* за 2016 – 2019 роки;

$k$ – коефіцієнт, який зазвичай приймається в діапазоні 2 – 3 та визначає ширину довірчого інтервалу;

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{4}\sum_1^4 (n-m)^2};$$

$n$ – значення *z(t)* за рік.

Аналіз отриманих результатів дає можливість визначити прогнозні показники "верхньої контрольної межі" експлуатаційної надійності на 2020 рік для конкретних типів вертольотів у розрахунку на 100 годин нальоту :

- для вертольотів типу Ми-2 допустиме верхнє значення контрольної межі надійності буде складати не більше 10,6 відмов;
- для вертольотів типу Ми-8МТ(МТВ) – не більше 3,4 відмов;
- для вертольотів типу Мі-8МСБ-В – не більше 4,8 відмов;
- для вертольотів типу Ми-24 – не більше 4,7 відмов.

*ISSN 2706-7386*

Таблиця 2

Послідовність та результати розрахунку показника $МН_{вк}$,

| Рік експлуатації | Ми-2 | Ми-8МТ(МТВ) | Мі -8МСБ-В | Ми-24 | Середнє значення за всіма типами вертольотів |
|---|---|---|---|---|---|
| | Параметр потоку несправностей, *z(t)* | | | | |
| 2016 | 0,016 | 0,015 | 0,041 | 0,016 | 0,019 |
| 2017 | 0,055 | 0,029 | 0,024 | 0,026 | 0,028 |
| 2018 | 0,055 | 0,027 | 0,036 | 0,037 | 0,032 |
| 2019 | 0,090 | 0,026 | 0,034 | 0,038 | 0,031 |
| Послідовність розрахунку показника $МН_{твк}$ | | | | | |
| $m$ | 0,054 | 0,024 | 0.034 | 0.029 | 0,028 |
| $\sigma = \sqrt{\frac{1}{4}\sum_{1}^{4}(n-m)^2}$ | 0,026 | 0,005 | 0,007 | 0,009 | 0,006 |
| k | 2 | 2 | 2 | 2 | 2,5 |
| Значення $МН_{вк}$, | 0,106 | 0,034 | 0,048 | 0,047 | 0,043 |

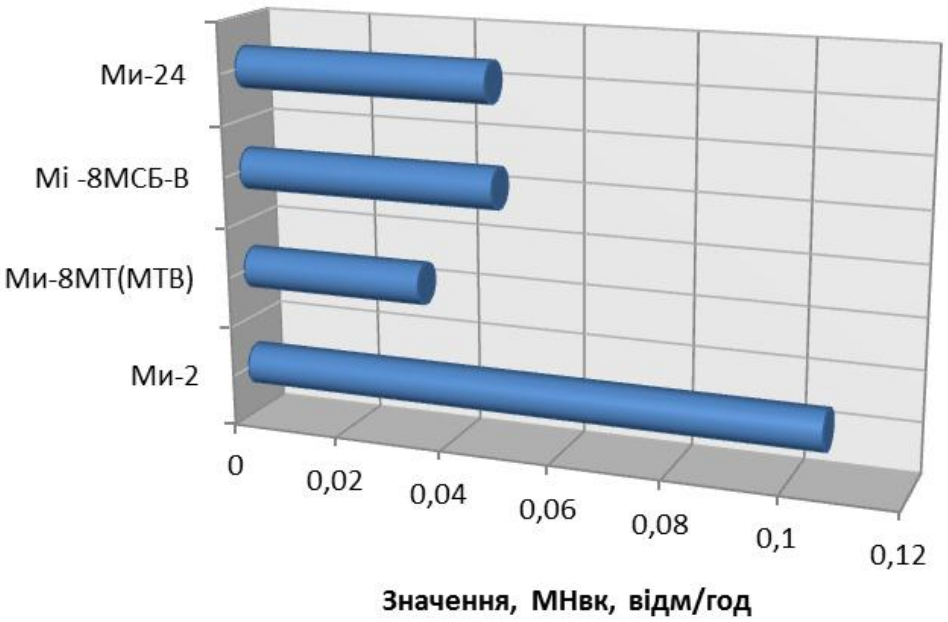



Рис.1. Значення показників "верхня контрольна межа надійності", $МН_{вк}$

Згідно концепції "прийнятного рівня "*ALoSP*" виділяється три рівні або "тригери" безпеки польотів:

- прийнятний рівень (Acceptable);
- цільовий рівень (Target);
- критичний рівень (Alert).

*ISSN 2706-7386*

Ці "тригери" розраховуються з урахуванням середнього значення статистичних наборів даних $R_{icao}$ (за 3 попередні роки) та стандартного (середньоквадратичного) відхилення (*SD*), за наступною формулою:

$$ALoSP = \text{m} + \beta \times SD,$$

де: $m$ – середнє значення параметра $R_{icao}$ за 2016 – 2019 роки;

$\beta$ – коефіцієнт, який приймається в діапазоні 1 – 3 та визначає рівень "тригеру";

$$SD = \sqrt{\frac{1}{3}\sum_1^4 (n-m)^2};$$

$n$ – поточне річне значення $R_{icao}$ за три попередні роки.

Прийнятний рівень забезпечення безпеки польотів – це встановлене значення показника "Acceptable", досягнення якого заплановано цілями програми забезпечення безпеки польотів як "прийнятне".

Цільовий рівень забезпечення БзП – це встановлене значення абсолютного показника "Target", досягнення якого відповідає цілям програми забезпечення безпеки польотів на певний період.

Критичний рівень забезпечення безпеки польотів – це встановлене значення показника "Alert", перевищення якого переводить значення рівня ефективності забезпечення безпеки польотів як "неприйнятне".

За результатами оцінювання "*ALoSP*", дуже важливим кроком є вироблення рекомендацій керівному складу щодо подальших дій в контексті організації управління безпекою польотів.

Проведемо аналіз сукупності показників $R_{icao}$ для вертольотів за період 2016 – 2019 роки, які зведені у таблицю 3.

Таблиця 3

Результати розрахунку показників "*ALoSP*"

| Рік експлуатації | Ми-2 | Ми-8МТ(МТВ) | Мі - 8МСБ-В | Ми-24 | Коефіцієнт рівня |
|---|---|---|---|---|---|
| | Рівень аварійності - $R_{icao}$ | | | | |
| 2016 | 0,688 | 0,409 | 0,750 | 0,323 | - |
| 2017 | 1,099 | 0,483 | 0,486 | 0,568 | - |
| 2018 | 1,211 | 0,586 | 0,490 | 0,475 | - |
| 2019 | - | 0,426 | 0,534 | 1,123 | - |
| Послідовність розрахунку показників "*ALoSP*" | | | | | |
| $m$ | 0,999 | 0,476 | 0,565 | 0,622 | - |
| $SD = \sqrt{\frac{1}{3}\sum_1^4 (n-m)^2}$ | 0,129 | 0,031 | 0,018 | 0,151 | - |
| Значення показників "тригерів" | | | | | |
| Acceptable | 1,128 | 0,507 | 0,583 | 0,773 | $\beta = 1$ |
| Target | 2,256 | 1,014 | 1,166 | 1,546 | $\beta = 2$ |
| Alert | 3,384 | 1,521 | 1,749 | 2,319 | $\beta = 3$ |

*ISSN 2706-7386*

Аналіз результатів, що наведені у таблиці 3 та відображені на рисунку 2, дає можливість на базі експлуатаційних даних визначити індикативні значення показників "тригерів" концепції "прийнятного рівня *ALoSP*" на 2020 рік для даних типів вертольотів.

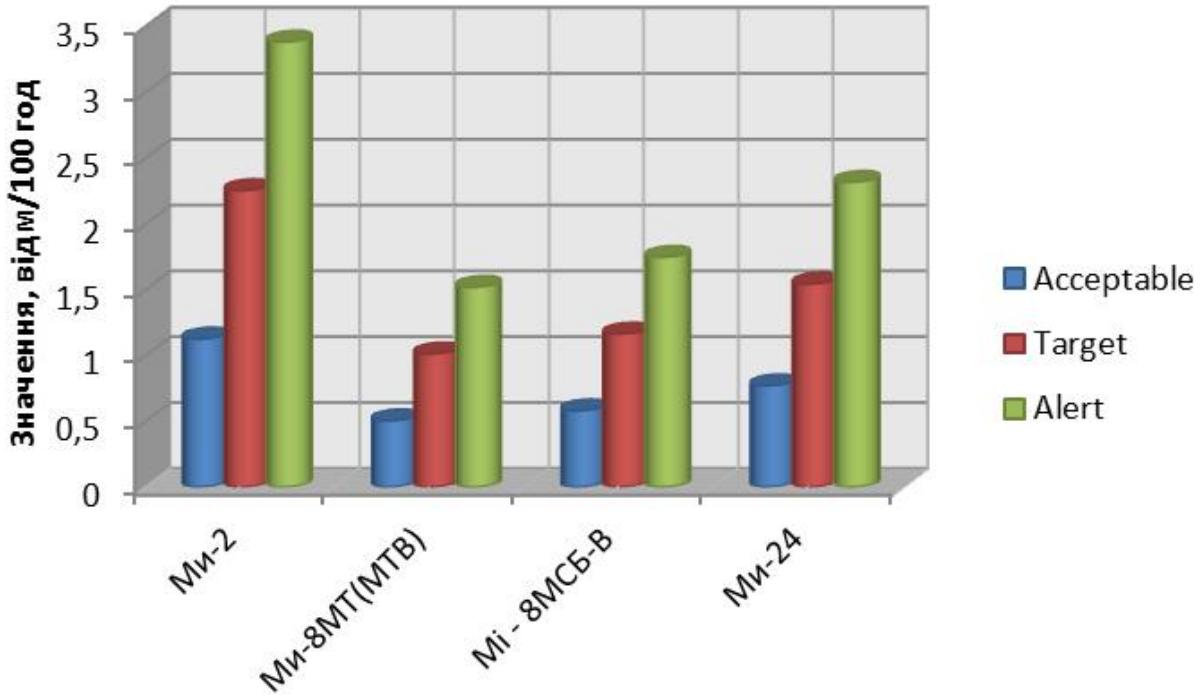



Рис.2. Значення показників "тригерів" ALoSP (Acceptable, Target, Alert)

Оцінювання ефективності забезпечення безпеки польотів та необхідність управлінських рішень проводиться виходячи із значень тренду $R_{icao}$ по відношенню до "тригерів" за наступним алгоритмом.

1. Якщо значення показника "тригера" відповідає прийнятному рівню "Acceptable" або "зеленому сектору", то додаткові заходи управління забезпеченням безпеки польотів (авіаційною системою) не потрібні.

2. Якщо значення показника "тригера" відповідає цільовому рівню "Target" або "жовтому сектору", то необхідні додаткові заходи управління забезпеченням безпеки польотів (авіаційною системою).

3. Якщо значення показника "тригера" відповідає критичному рівню "Alert" загрозливому (не прийнятному) або "помаранчевому сектору", необхідні негайні додаткові заходи управління забезпеченням безпеки польотів (авіаційною системою).

Якщо значення показника "тригера" перевищує критичний рівень "Alert", це означає що він знаходиться у "червоному секторі", отже необхідні негайні кардинальні заходи управління забезпеченням БзП (авіаційною системою).

Отже концепція "*ALoSP*" дає можливість визначити момент необхідності вироблення управлінських впливів на авіаційну систему, але вона потребує заходів адаптації до умов її застосування в авіації ЗС України.

Таким чином, на нашу думку, можна вважати представлені розрахунки спробою визначення деякого нормованого прогнозного інтервалу значень показників надійності на майбутній період експлуатації вертольотного парку України.

**Висновки.**

Основним носієм інформації про несправності АТ являються КОН, що складаються щомісяця, та донесення, що надаються два рази на рік та відображають експлуатаційні дані окремих типів ПС.

Проведений аналіз проблеми визначення тренду змін показників надійності вертольотів показав, що для достовірної оцінки необхідно:

- проводити постійний моніторинг безпеки польотів та загальних причин, які викликають появу несправностей ПС, їх систем і підсистем;
- визначити порядок вибору та періодичність перегляду кількісних граничних значень показників ефективності забезпечення БзП для кожного роду авіації (з урахуванням нальоту та особливостей задач, що виконуються), їх критичні та цільові рівні;
- визначити раціональний період для розрахунку середніх значень статистичних наборів даних ($R_{icao}$).

Реалізація даного методологічного підходу щодо визначення тренду змін показників надійності АТ різних типів вертольотів дає можливість розробляти прогнози рівня надійності ПС та встановлювати цільові значення, які необхідно підтримувати або покращувати з метою вдосконалення певної авіаційної системи.

Розроблені пропозиції щодо визначення показників надійності за рахунок збору та обробки інформації про технічний стан в період військової експлуатації ПС, дозволить ефективно керувати системами забезпечення надійності з метою підтримування високої бойової готовностідержавної авіації на заданому рівні, прогнозувати необхідність технічного обслуговування і ремонту та передбачати напрямки модернізації авіаційної техніки.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Воробьев В.Г. Надежность и техническая діагностика авиационного оборудования: учебник [Текст] / В.Г. Воробьев, В.Д. Константинов. – М: МГТУ ГА, 2010. – 440 с.

2. Прокофьев А.И. Надежность и безопасностьполетов: учеб. пособие для вузов гражданской авиации. [Текст]. – М.: Машиностроение, 1985. – 184 с.

3. Методичні рекомендації державної авіації щодо збору, аналізу і подання інформації про несправності авіаційної техніки (МРДА-02/16) [Текст]. – Київ. – 2016. – 104 с.

4. Голуб В.М. Проблеми аналізу експлуатаційної надійності авіаційної техніки / В.М. Голуб, О.Л. Бурсала, М.М. Жданюк // Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. – Чернігів: ФОП Брагинець О.В., 2019.– Вип. №1. – С. 61-64.

5. Голуб В.М. Аналіз методичних підходів до оцінювання надійності авіаційної техніки державної авіації за експлуатаційними даними [Текст] / В.М. Голуб, А.Г. Павленко, О.М. Чередніков, В.М. Чуприна // Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. – Чернігів: Брагинець О.В., 2019. – Вип. № 2. – С. 53-61.

6. Експлуатаційна надійність авіаційної техніки і безпека польотів за 2017 рік. Випуск. [Текст]. / О.Л. Бурсала, В.Т. Бояров, В.М. Голуб, М.М. Жданюк, Е Ф. Сідін. – Чернігів: ДНДІ ВС ОВТ, 2018. – 90 стор. – Табл. 40. – Рис. 26. – Бібл. 4 назв.

7. Експлуатаційна надійність авіаційної техніки і безпека польотів за 2019 рік. Випуск. [Текст]. / О.Л. Бурсала, В.Т. Бояров, В.М. Голуб, М.М. Жданюк. – Чернігів: ДНДІ ВС ОВТ, 2018. – 100 стор. – Табл. 34. – Рис. 27. – Бібл. 8 назв.

8. Гузій А.Г. Методологический поход к експертному прогнозированию уровня безопасности полетов/ А.Г. Гузій, А.А. Чуйко // Проблемы безопасности полетов. – М.: ВИНИТИ, 2006. – №10 – С. 10-18.

9. Голуб В.М. До питання аналізу експлуатаційної надійності та безпеки польотів повітряних суден. / В.М. Голуб, М.М. Жданюк, В.Т. Бояров, В.М. Чуприна, Е.Ф. Сідін // Тринадцята міжнародна науково практична конференція "Математичне та імітаційне моделювання систем МОДС 2019". До 100 – річчя Національної академії науки України. Київ – Чернігів – Жуків, 25-29 червня 2018 р. – Чернігів: ЧНТУ, 2018. – С. 379-381.

10. Соловйов В.І. Аналіз можливих шляхів вирішення задачі нормування надійності обладнання військових літальних апаратів для реалізації стратегії технічного обслуговування за станом [Текст]. / В.І. Соловйов, А.Г. Павленко, С.А. Копашинський // Труди університету. – К.: НУОУ, 2010. – №1 (91). – С. 139-143.

11. Чернявський В.М. Застосування параметричних методів для оцінки рівня надійності авіаційної техніки з низькою інтенсивністю експлуатації // Труди Харківського університету Повітряних Сил ім. І.Кожедуба. – Харків: ХУПС, 2012. – № 3. – С. 59-63.

12. Гончаренко Є.В. Щодо застосування концепції прийнятого рівня забезпечення безпеки польотів в суб'єктах авіаційної діяльності державної авіації / Є.В. Гончаренко, О.Р. Мартинюк // Збірник тез доповідей XVIII науково-технічної конференції "Створення та модернізація озброєння і військової техніки в сучасних умовах" Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. – Чернігів: Брагинець О.В., 2018. – С. 89-90.

**Голуб Володимир Маркович**
кандидат технічних наук, доцент, провідний науковий співробітник Державного науково – дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0002-7796-3054
+38097-684-64-51

**Бурсала Олександр Леонідович**
кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, начальник відділу Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0002-8523-8987
+38099-478-89-25

**Чуприна Володимир Михайлович**
доктор технічних наук, доцент, провідний науковий співробітник Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0003-4886-090X
+38068-131-66-06

**Volodymyr Golub**
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Lead Researcher of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0002-7796-3054
+38097-684-64-51

**Alexander Bursala**
Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, Chief of Section of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0002-8523-8987
+38099-478-89-25

**Volodymyr Chupryna**
Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Lead Researcher of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0003-4886-090X
+38068-131-66-06

*ISSN 2706-7386*

**METHODOLOGICAL APPROACH TO DETERMINATION OF THE TREND OF CHANGES IN AIRCRAFT RELIABILITY INDICATORS OF AVIATION EQUIPMENT ON THE EXAMPLE OF STATE AVIATION HELICOPTERS**

**V Golub, O Bursala and V Chupryna**

*The problem of flight tsafety , without regard to swift scientific and technical progress in industry of aviation equipment, become exceptionally sharp in our time. The statistical processing of empiric data is an actual task in monitoring of process of exploitation of propulsion MODULE of the Armed Forces of Ukraine and determination of tendencies of technical service and repair, directions of modernisation of armament and military equipment.*

*The article considers the approach of the systems to the evaluation of reliability and safety of flights in relation to accomplishment of combat missions and preventionof aviation accidents. A methodological approach to the mathematical processing of statistical information for the period 2016-2019 on malfunctions was developed. The quantitative evaluation of their level is conducted on the generally accepted standardized indexes (statistical and probabilistic), specific methodology was here used.*

*Index "parameter of failure flow" that characterizes the level of operating reliability and index "level of accident rate" that characterizes safety of flights were used in this methodology on ICAO recommendation.*

*Certain trends of changes of these indexes, the "upper control limit of reliability" and the considered conception of acceptable level of safety performance ( ALoSP) are expected for future periods for the different types of helicopters.*

*On the base of operating data, the prognosis indexes expected, "upper control limit of reliability" on 2020 for the specific types of helicopters. As expected, according to obtained results, for all types of helicopters the mean value of this index will make not more than 4,3 failures per 100 flight hours.*

*In accordance to conception of "acceptable level of "ALoSP" it is possible to distinguish three levels or "triggers" of flights safety : Acceptable level (Acceptable), special purpose level (Target), Critical level (Alert). These "triggers" are calculated taking into account the mean value of statistical sets of data about failures (for the last 3 years) and standard deviation that gives an opportunity to define the necessary additional measures of management to provide safety of flights.*

*Authors came to the conclusion that conception of ALoSP is suitable for the evaluation of efficiency to provide flights safety of aviation of the Armed Forces of Ukraine with implementation of necessary adaptation to the existent terms of application of UKR aviation.*

***Keywords:*** *special purpose levels of reliability, safety of flights, level of accident rate, malfunction, aviation equipment, parameter of failure flow, upper control limit of reliability.*

*Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. 2020. Вип. № 4(6)*
*ISSN 2706-7386*
УДК 519.872.4 DOI: 10.37701/dndivsovt.6.2020.06

***Корнієнко І.В., Корнієнко С.П.*** *Національний університет "Чернігівська політехніка"*
***Камак Д.О., Казначей С.М., Жирна О.В.*** *Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*

# ЩОДО МОЖЛИВИХ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ КОМПОНЕНТ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ СУПРОВОДЖЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

*У статті висвітлюється підходи до проєктування та практичної реалізації інформаційної системи супроводження проведення випробувань озброєння та військової техніки. Передбачається, що інформаційна система повинна автоматизувати всі процеси у випробувальній установі, які так чи інакше пов'язані з випробуваннями. Пропонується склад основних функціональних компонент інформаційної системи. Обґрунтовано необхідність введення в інформаційну систему управлінської компоненти для реалізації цільового підходу до управління випробувальною установою.*

*На основі узагальненої схеми проведення випробувань пропонується концептуальна модель інформаційної системи супроводження випробувань. Наводиться наближений склад окремих програмних модулів. Обґрунтовується доцільність застосування спіральної моделі проєктування програмного забезпечення для розробки комплексної повнофункціональної інформаційної системи супроводження випробування.*

*Очікується, що автоматизація планування, проведення та інших процесів, які супроводжують випробування, може суттєво вплинути на загальну ефективність організації і проведення випробувань, забезпечити належну якість одержаних результатів та сприяти зменшенню часових втрат на проведення випробувань.*

***Ключові слова:*** *автоматизація, випробування, інформаційна система, функціональні модулі, озброєння та військова техніка.*

**Постановка проблеми.** Підготовка і проведення випробувань зразків озброєння та військової техніки (ОВТ), обробка результатів досліджень, підготовка звіту про результати випробувань супроводжуються операціями надпевним інформаційним контентом доволі суттєвого обсягу і різнопланового характеру. Зазвичай такими операціями над інформацією, яка супроводжує всі процеси випробування, є пошук, формалізація, збирання, фільтрація, оброблення, перетворення, генерування, продукування, передавання тощо. На практиці, незважаючи на часткову автоматизацію при використанні ПЕОМ та стандартних офісних програм (переважним чином Microsoft Office), операції над великими обсягами інформації при випробуваннях потребують суттєвих трудовитрат та часових ресурсів. Проте в світі, і зокрема в Україні, є чимало прикладів вдалого впровадження інформаційних систем, де реалізовано принцип підтримки виробничих процесів, де більшість операцій над інформацією автоматизована якщо не повністю, то принаймні частково. Такі інформаційні системи, крім економії трудових і часових ресурсів організацій, одержали ще низку синергетичних властивостей, такі як підвищення ефективності управлінських рішень, налагодження оперативних комунікацій як всередині організації так і з зовнішнім оточенням, і що є чимало важливим для системи випробувань – убезпечення від помилок, пов'язаних з людським чинником.

Характерною особливістю операцій над інформацією, яка супроводжує проведення випробування (незважаючи на широкий семантичний спектр і різноплановість подібної інформації), є їх типовість, що визначається універсальними і типовими методичними підходами до підготовки і проведення випробувань ОВТ, які застосовуються у випробувальній організації. Типовість операцій є основою для їх алгоритмування, і, відповідно, з'являється можливість їх автоматизації з метою реалізації алгоритмів обробки інформації в інформаційній системі супроводу випробувань.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Наявність комплексу інформаційного забезпечення випробувальної діяльності передбачено у [1], склад якого передбачає сукупність нормативно-довідкової, технологічної та оперативної інформаційних баз даних з

*© Корнієнко І.В., Корнієнко С.П., Камак Д.О., Казначей С.М., Жирна О.В., 2020*

відповідною системою керування базами даних для організації підготовки та проведення випробувань. Проектування інформаційної системи супроводження випробувань ОВТ має бути регламентовано переліком національних, міждержавних та міжнародних стандартів щодо створення, впровадження та супроводження автоматизованих і інформаційних систем [2].

Опис процесів розробок і реалізації інформаційних систем супроводження проведення випробувань (ІС СПВ) наведені у низці праць: ІС СПВ бортової апаратури ракетно-космічної техніки [3], система менеджменту інформації лабораторії (LIMS LeoLAB) [4], база даних лабораторії (UNITESS DB) [5], база даних випробувань складних технічних пристроїв [6] тощо.

Слід зауважити, що нині чимала увага приділяється сфері імітаційних та віртуальних випробувань, наприклад [7-9]: використання подібних інформаційних систем і програмних модулів є корисним при досліджені впливу різноманітних руйнівних процесів на зразки ОВТ впродовж їх життєвого циклу.

Певні напрацювання авторів щодо розробки автоматизованої системи управління якістю випробувань ОВТ наведені у [10-11], де розглянуті окремі функціональні елементи, які можуть бути включені програмними модулями в інформаційну систему супроводження проведення випробувань ОВТ.

**Виділення недосліджених раніше частин загальної проблеми.** Попри наявні вказівки у керівних документах щодо функціонування інформаційних баз даних та програмно-апаратного комплексу керування базами даних, на даний момент відсутня цілісна інформаційна система супроводження проведення випробувань.

**Постановка задачі.** Враховуючи широкий спектр задач, що виникають при організації, плануванні, проведенні випробувань зразків ОВТ, обробці та оцінці результатів випробувань та підготовці звітів, та на основі аналізу функціонального складу існуючих автоматизованих та інформаційних систем, необхідно дослідити (розглянути) необхідний (можливий) перелік функціональних компонент, які повинна налічувати інформаційна система супроводження випробувань ОВТ.

**Основна частина.** Ступінь впровадження автоматизованих інформаційних систем визначається потребами організації в підвищенні її продуктивності за рахунок усунення рутинних повторюваних операцій та підвищення якості управлінських рішень. Основним функціональним призначенням інформаційної системи супроводження випробувань, відповідно до [1], є отримання інформації необхідного і достатнього обсягу для успішного вирішення задач з підготовки і проведення випробувань всього спектру зразків ОВТ.

Також у [1] наведений перелік основних завдань системи, що сприятимуть проведенню етапів підготовки, безпосередньо випробувань та обробки результатів досліджень. Класифікуємо наведений перелік за етапами випробувань (для зручності сприйняття результат класифікації наведений на рисунку 1).

З рисунку 1 видно, що основне застосування інформаційної системи відбувається на підготовчому етапі, що з першого погляду є цілком логічним, так як на цьому етапі розробляється вся документація, яка забезпечує методично-правильне та науково-обґрунтоване проведення випробувань. Проте, з огляду на можливості сучасних інформаційних систем, які використовуються в інших сферах організаційно-управлінської діяльності, можна стверджувати, що наведений перелік завдань є далеко не повним і його можна суттєво розширити для автоматизації задач організації і проведення випробувань ОВТ.

Виходячи з чисельних означень поняття інформаційна система (у тому числі з означення, наведеного в аналітичній праці [12] або [13]) можна побачити, що, як правило, спектр призначень інформаційних систем лежить у двох площинах:

1) автоматизація обробки та обміну даними, які одержані тим чи іншим способом, з метою скорочення часу та підвищення якості (семантичних та прагматичних властивостей) виробляємої нової інформації;

*ISSN 2706-7386*

2) автоматизація управлінської діяльності організації за допомогою комплексних інформаційних систем, які забезпечують прийняття обґрунтованих оптимальних (або принаймні раціональних) рішень та налагоджують тісну взаємодію окремих функціональних підрозділів організації.

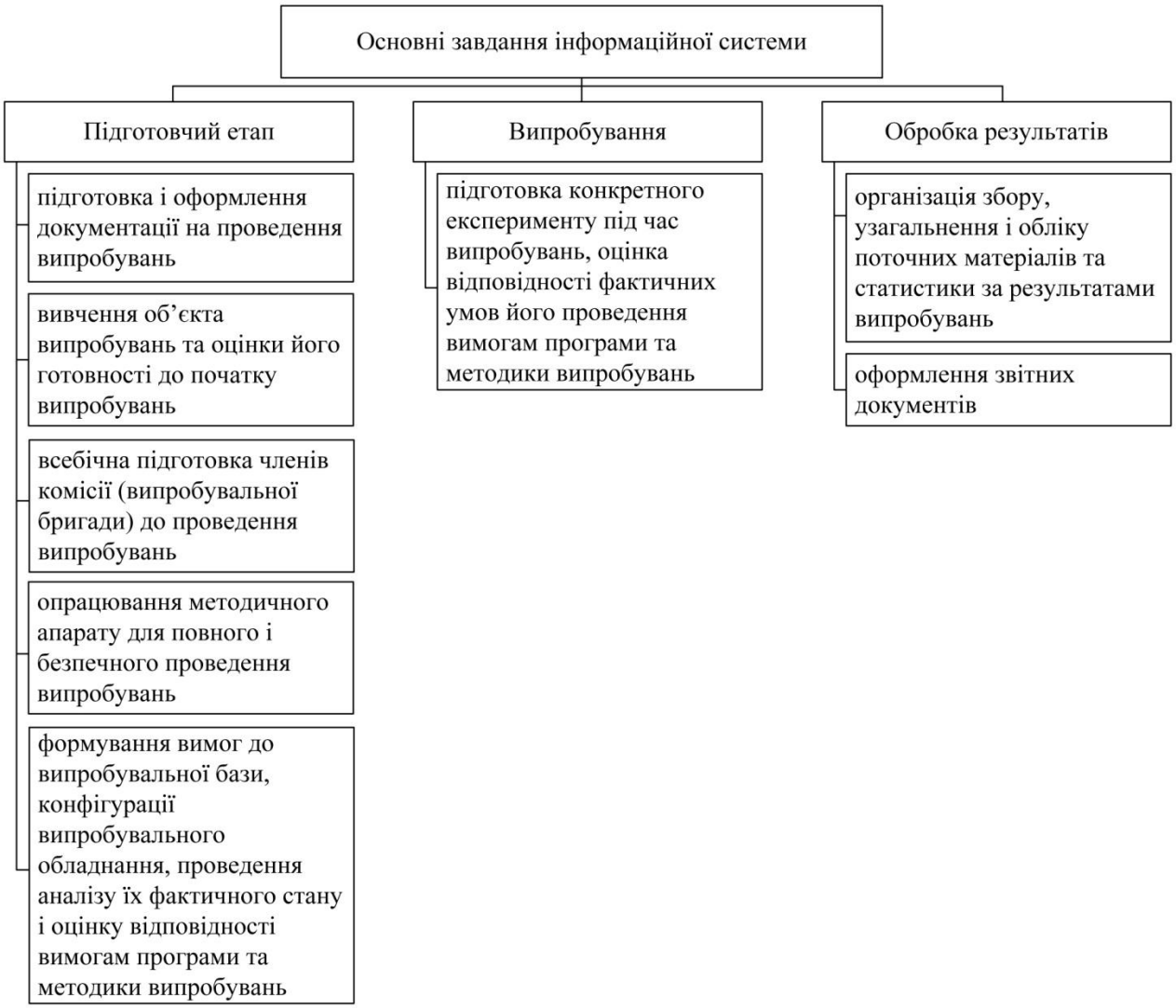



Рис.1. Розподіл завдань інформаційної системи
за етапами проведення випробувань (відповідно до [1])

При розгляді переліку задач інформаційної системи супроводження випробувань, що наведені у [1], і відображений (після його рекласифікації) на рисунку 1, видно, що автоматизація робіт здійснюється лише у питаннях обробки інформаційних ресурсів та науково-методичного супроводження випробувань, і не відображає можливу автоматизацію у площині управлінської діяльності організації. Проте, саме автоматизація управлінської діяльності організації забезпечує втілення цільового підходу до управління, який грунтується на принципах підпорядкування і спрямування всіх процесів у організації на досягнення головних цілей. При такому підході до автоматизації випробувальної діяльності, координації в єдиному інформаційному середовищі підлягають всі процеси, що так чи інакше стосуються проведення випробувань, а сама інформаційна система супроводження проведення випробувань буде представлена дещо складнішою архітектурою, ніж сукупність інформаційних баз даних об'єднаних системою керування базами даних [1]. В кінцевому рахунку, можна очікувати, що автоматизація управління випробувальною діяльністю сприятиме підвищенню ефективності функціонування випробувальної установи через певні синергетичні ефекти, такі як збільшення пропускної здатності потоку випробувальних

зразків ОВТ, підвищення якісного рівня проведення випробувань, підвищення коефіцієнта корисної дії випробувальної установи тощо.

Безумовно, при проектуванні і розробці інформаційної системи супроводження випробувань необхідно використовувати загальні принципи побудови складних технічних систем і загальні принципи функціонування інформаційних систем, одним з яких є відповідність структури і функціонального призначення інформаційної системи поставленим цілям організації (а в нашому випадку випробувальній установі). Вважаючи, що цільовим призначенням випробувальної установи є своєчасне і якісне проведення випробувань ОВТ, то підготовчий етап до робочого проектування інформаційної системи передбачає проведення глибинного аналізу всіх інформаційних процесів, що супроводжує проведення випробувань зразків озброєння та військової (спеціальної) техніки. Проте на початковому етапі, виходячи з керівних документів та наукових праць з окремих питань управління організацією і процесами випробувань ОВТ і спеціальної техніки, які наведені у [14-32], можна визначити початковий перелік функціональних компонент, які має налічувати інформаційна система супроводження випробувань ОВТ та сформувати концептуальну схему інформаційної системи супроводження випробувань.

Представимо стандартну схему проведення випробувань зразка ОВТ у дещо формалізованому і спрощеному виді – у вигляді ланцюга з послідовних операцій (Рис.2). Операції, що пов’язані з організаційними питаннями міжвідомчих узгоджень виведемо на даному етапі за рамки концептуальної схеми інформаційної системи супроводження випробувань. Таке припущення можливе, так як головною метою інформаційної системи супроводження випробувань є автоматизація інформаційних та управлінських процесів в середині випробувальної установи.

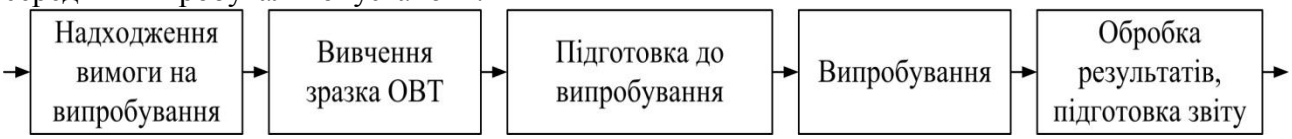


Рис.2. Спрощена схема проведення випробування

Наголосимо, що схема має значне спрощення, і наведені на рисунку 2 послідовні операції включають в себе чималий перелік організаційних та технологічних робіт, який є обов’язковим при проведенні випробувань, наприклад, підготовка до випробування включає питання організаційного та науково-методичного характеру, а саме аналіз існуючих методик випробування, за потреби їх коригування або розробку нових методик випробування параметрів та характеристик випробуваного зразка, розробку програми випробування, складання план-графіку випробування, проведення аналізу та перевірку спроможності для випробувань полігонно-випробувальної бази та метрологічного забезпечення випробувань, підготовку наказів на проведення випробування тощо.

Представлення процесу проведення випробування у вигляді ланцюга дозволяє сформувати концептуальну модель інформаційної системи супроводження випробувань у вигляді функціональних блоків (Рис.3).

Функціональне призначення компонент інформаційної системи зрозуміле з назв підсистем, а ступінь їх структурної складності може визначатися бажаним ступенем автоматизації операцій, які супроводжують процеси випробувань. На даному етапі розгляду проблеми створення інформаційної системи, перелічимо основні з програмних модулів, які, на думку авторів, забезпечуватимуть підвищення ефективності випробувальної установи при впровадженні інформаційної системи супроводження випробувань.

Підсистема менеджменту випробувань ОВТ може містити наступні елементи:

– модуль підтримки організаційних процесів (весь технічний супровід розробки й оформлення документації, реєстри необхідних документів, інтелектуальна підтримка заповнення документів, оперативна підтримка складання актів, листів відряджень, проектів наказів, супровід діловодства тощо);

*ISSN 2706-7386*

– модуль управління ризиками;
– модуль контролю за випробуваннями та реєстрації змін;
– модуль аналізу організаційних процесів та якості випробувань.

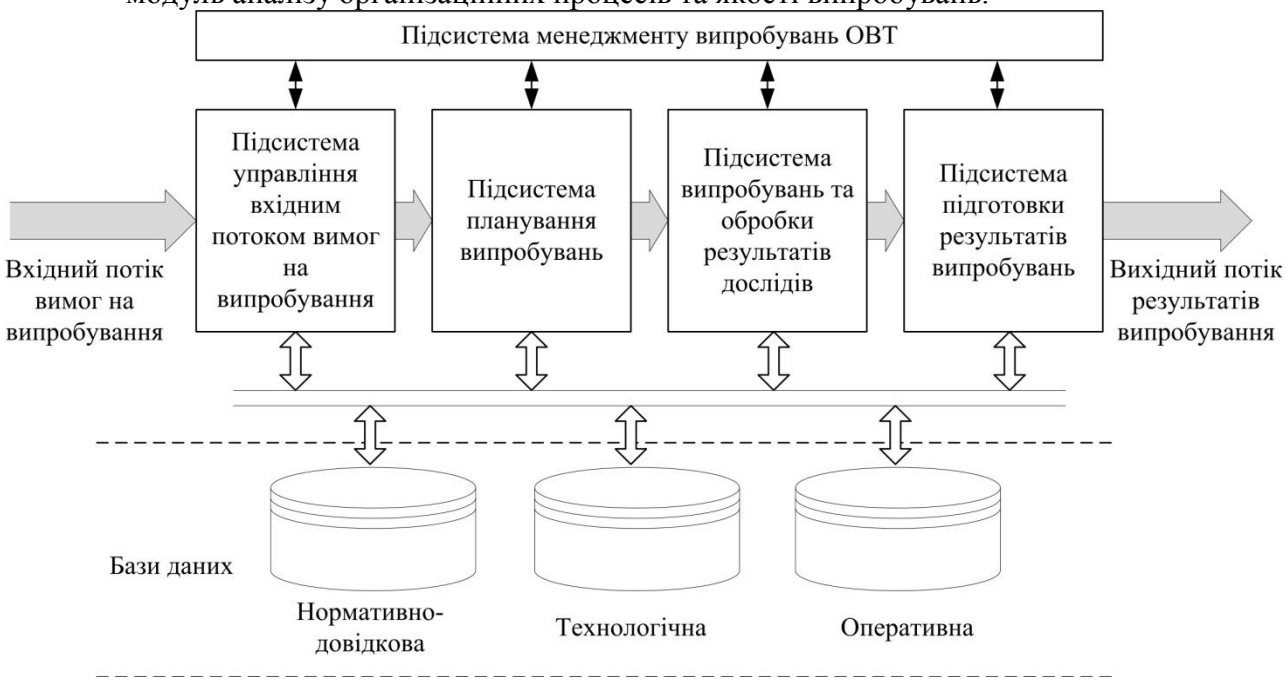



Рис.3. Концептуальна модель інформаційної системи супроводження випробувань ОВТ

Підсистема управління вхідним потоком має налічувати функціональні модулі:
– модуль класифікації зразків ОВТ, що надходять на випробування;
– модуль управління чергою;
– модуль прогнозування реального часу випробувань;
– модуль формування випробувальних бригад;
– модуль підготовки випробувальних бригад.
Підсистема планування випробувань:
– модуль пошуку, аналізу і розробки методик випробувань;
– модуль планування якості оцінок дослідів;
– модуль розробки програм випробувань;
– модуль складання план-графіків випробувань;
– модуль аналізу спроможності полігонно-вимірювального комплексу та метрологічної бази;
– модуль геоінформаційної підтримки випробувань.
Підсистема випробувань та обробки результатів дослідів:
– модуль збирання телеметричної та іншої вимірювальної інформації;
– мобільна компонента (додаток, застосування) супроводження програми випробувань і забезпечення якості;
– модуль статистичної обробки результатів випробувань і аналізу якості одержаних оцінок;
Підсистема підготовки результатів випробувань:
– модуль агрегування результатів випробування;
– модуль оцінки якості досліджуваного зразку;
– модуль автоматизованого складання звітної документації.
Вміст баз даних може складатися з наступних інформаційних складових.
Нормативно-довідкова база даних:
– база даних стандартів, норм, правил, технічних умов тощо;

– база даних оперативно-технічних вимог до зразків ОВТ;

– класифікатор ОВТ;

– база даних сучасних і перспективних зразків ОВТ, які стоять на озброєнні або розробляються для озброєння провідних країн світу;

– база даних методів, способів і методик вимірювання параметрів і характеристик зразків ОВТ;

– навчально-довідкова база даних.

Технологічна база даних:

– база даних підходів, методологій, методів, методик наукового пізнання навколишнього середовища в частині, що стосується випробувальної діяльності;

– база даних наявного метрологічного забезпечення і полігонно-вимірювальних комплексів та їх технічних характеристик;

– база даних аналітичних, імітаційних та віртуальних моделей та відповідного програмного забезпечення, які дозволяють уникнути натурного руйнівного випробування зразків ОВТ;

– база геоданих на території полігонно-вимірювальних комплексів.

Оперативна база даних:

– реєстр інженерів-випробувачів (матриця зайнятості, матриця компетенцій);

– поточна інформація про наявність посадових осіб;

– поточна інформація щодо зайнятості полігонно-вимірювальних комплексів та метрологічного обладнання;

– планова інформація про випробування зразків ОВТ;

– поточна інформація про хід випробувань.

Справедливо зазначити, що наведений перелік компонент не є вичерпним і може доповнюватись у процесі розвитку ідей автоматизації випробувальної діяльності інституту, та/або деталізації і декомпозиції функціональних задач випробувань при розробці гнучкої архітектури системи.

Вочевидь, що створення такої системи вимагатиме досвіду розробки і реалізації інформаційних систем та певних напрацювань (бажано у вигляді готових функціональних модулів), інакше результат розробки інформаційної системи піддається великому ризику, і ймовірність реалізації такої системи доволі низька. Застосування певних підходів теорії менеджменту проектами дозволяє зменшити ризики за рахунок застосування відомої спіральної моделі розробки і реалізації проектів [33], яка дещо збільшує час і витрати при розробці системи, але суттєво знижує ризики, пов’язані з створенням багатозадачної інформаційної системи складної конфігурації. До того ж передбачається створення і впровадження у дослідну експлуатацію прототипу, обмеженого за власним функціоналом, який є спрощеною моделлю проєктуємої інформаційної системи, але володіє набагато меншим ризиком неуспішної реалізації. Доведення інформаційної системи до повної функціональності передбачається при поетапному вдосконаленню створюваних прототипів.

**Висновки.** У статті розглянуто підхід до створення комплексної інформаційної системи супроводження проведенням випробувань ОВТ. В основу інформаційної системи покладено цільовий підхід до управління організацією. Запропоновано використання підсистеми менеджменту випробувань, що дозволить не лише використовувати інформаційні ресурси для підготовки і проведення випробувань ОВТ, а підпорядкувати всі процеси у випробувальній організації досягненню цільової мети – успішному виконанню державних завдань з випробування зразків ОВТ.

Очікується, що автоматизація планування, проведення та інших процесів, які супроводжують випробування, може суттєво вплинути на загальну ефективність організації і проведення випробувань, якість одержаних результатів та зменшення часових втрат на проведення випробувань.

*ISSN 2706-7386*

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Методичні рекомендації щодо організації наукової і науково-технічної діяльності у Збройних Силах України. Ч.4. Основи організації випробувань зразків (комплексів, систем) озброєння і військової техніки для потреб Збройних Сил України. – Київ: ВНУ ГШ ЗС України, 2020. – 63 с.

2. Перелік Національних стандартів України для створення, впровадження та супроводження автоматизованих і інформаційних систем [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/node/1469. – дата доступу: 05.12.2020.

3. Марченко И.П. Особенности информационного обеспечения автоматизированной системы сопровождения проведення квалификационньіх испытаний бортовой аппаратурьі ракетно-космической техники [Електронний ресурс] / И.П. Марченко, А.А. Андрашов, Т.Ю. Педе // Радіоелектронні і комп'ютерні системи, 2010, № 6 (47). – С 279-283. – Режим доступу: http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&Z21ID=&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/recs_2010_6_49.pdf.

4. Система менеджменту інформації лабораторії (LIMS LeoLAB) [Електронний ресурс]. – – Режим доступу: http://www.leonorm.lviv.ua/p/ukr/Leo_Lab.htm.

5. UNITESS DB – база данных лаборатории [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://unitess.ru/soft/unitess-db-baza-dannyh-laboratorii.html.

6. База данных испытаний (БДИ) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://nppmera.ru/baza-dannyix-ispyitanij.

7. Бондаренко В. Автоматизована система віртуальних механічних випробувань радіоелектронних засобів за їхніми геометричними комп'ютерними моделями [Електронний ресурс] / В. Бондаренко, В. Потурнак, Б. Гунько // Геометричне моделювання та інформаційні технології, № 1(3), квітень 2017. – С. 24-29. – Режим доступу: http://mdu.edu.ua/wp-content/uploads/gmit024.pdf.

8. Бондаренко В. Автоматизована система віртуальних прискорених механічних ресурсних випробувань конструкцій радіоелектронних засобів спеціального призначення [Електронний ресурс] / В. Бондаренко, Б. Гунько // Геометричне моделювання та інформаційні технології, № 1(5), квітень 2018. – С. 16-21. – Режим доступу: http://mdu.edu.ua/wp-content/uploads/gmit5-16.pdf.

9. Шевченко Ю.М. Розробка математичних моделей і комп'ютерних технологій для проведення віртуальних руйнівних випробувань оболонкових конструкцій / Ю.М. Шевченко, Н.Ф. Андрушко, М.О. Бабешко, М.В. Баняс, О.З. Галішин, П.Г. Дегтяренко, В.Г. Савченко, А.М. Тонконоженко, М.М. Тормахов // Наука та інновації. – 2013. – Т. 9. – Вип. № 6. – С. 23-30.

10. Корнієнко І.В. Геоінформаційна підтримка підсистеми автоматизованого планування випробувань / І.В. Корнієнко, С.П. Корнієнко, С.В. Москалець, С.М. Казначей, О.В. Жирна // Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. – Чернігів: Брагинець О.В., 2020. – Вип. № 3. – С. 49-55.

11. Корнієнко С.П. Планування кількості випробувань при інтервальних оцінках зразків ОВТ / С.П. Корнієнко, І.В. Корнієнко, Д.О. Камак, С.М. Казначей, О.В. Жирна // Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. – Чернігів: Брагинець О.В., 2020. – Вип. № 2(4). – С. 46-54.

12. Питання воєнно-наукового супроводу створення інформаційних систем військового призначення / С.В. Бобров, О.С. Левшенко, Т.О. Ворона, О.В. Полякова, Г.В. Руденська, Т.М. Комолаєва // Збірник наукових праць Центру воєнно-стратегічних досліджень Національного університету оборони України імені Івана Черняховського. – Київ, 2016. – Вип. № 2(57). – С 61-66. – DOI: ORG/10.33099/2304-2745/2016-2-57/61-66.

13. Гарасим М.П. Необхідність інформаційних систем і технологій в управлінні підприємством / М.П. Гарасим, Л.Я. Сайко // Менеджмент та підприємництво в Україні: етапи становлення і проблеми розвитку: [збірник наукових праць] – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012. – С. 327-332.

14. Ланецкий Б.Н. Проблемные вопросы организации и планирования испытаний сложных технических систем / Б.Н. Ланецкий, В.В. Лукьянчук // Системи обробки інформації : зб. наук. праць. – Х. : НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 2009. – Вип. № 4(78). – С. 93-96.

15. Корнієнко І.В. Графічне представлення моделі функціонування випробувальної організації / І.В. Корнієнко, С.П. Корнієнко, О.М. Походенко, С.М. Казначей, О.В. Руденко // Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. – Чернігів: Брагинець О.В, 2019. – Вип. № 2. – С. 91-98.

16. Корочкін О.А. Управління процесом випробувань військової та спеціальної техніки / О.А. Корочкін, Т.В. Паращенко // Збірник тез доповідей науково-практичної конференції "Актуальні питання матеріальнотехнічного забезпечення військових формувань та правоохоронних органів", 26 жовтня 2017 року, м. Харків. – С 78-79.

17. Чепков І.Б. Деякі проблеми формування державної військово-технічної та оборонно-промислової політики України на сучасному етапі / І.Б. Чепков. – К: Наука і оборона, 3/4'2017 – С. 45-53.

18. Горбулін В.П. Забезпечення оборони та безпеки України: актуальні проблеми і шляхи їх вирішення / В.П. Горбулін. – К: Вісн. НАН України, 2019. – № 9. – С. 3-18.

19. Кононов В. Обгрунтуваня розвитку методологічних аспектів військовометрологічного супроводження розробляння (модернізації) зразків озброєння та військової техніки / В. Кононов, В. Бойко, О. Ноженко, Ю. Рондін, О. Меркулов // Метрологія та прилади. – 2018. – Вип. № 2. – С. 60-65.

20. Бойко В.М. Актуальні питання військово-метрологічного супроводження зразків (комплексів) озброєння і військової техніки на етапах розроблення конструкторської та експлуатаційної документації й виготовлення дослідного зразка та попередні випробування / В.М. Бойко, А.Б. Гаврилов, О.М. Ноженко, Ю.П. Рондин // Метрологія та прилади. – 2017. – Вип. №4 (66). – С. 58-61.

21. Дзисюк О.В. Актуальні напрями удосконалення системи метрологічного забезпечення державних полігонних випробувань зразків (комплексів) озброєння та військової техніки / О.В. Дзисюк, В.М. Бойко, Ю.П. Рондін, О.В. Коломійцев, М.І. Васьківський // Озброєння та військова техніка – К. : ЦНДІ ОВТ, 2015. – Вип. № 3(7). – С. 18-23.

22. Смерницький Д.В. Аспекти проведення державних та визначально-відомчих випробувань спеціалізованих броньованих автомобілів [Електронний ресурс] / Д.В. Смерницький, М.П. Будзинський, О.В. Диких, М.В. Кисіль, О.В. Гусак, В.І. Приходько // Сучасна спеціальна техніка. – 2017. – Вип. № 4. – С. 97-106. – Режим доступу: http://elar.naiau.kiev.ua/bitstream/ 123456789/ 6647/1/SST-2017-3_p113-123.pdf.

23. Акимов О.О. Планування випробувань на надійність військової техніки / О.О. Акимов, О.Л. Бурсала, В.Т. Бояров, М.М. Жданюк // Створення та модернізація озброєння і військової техніки в сучасних умовах: збірник тез доповідей XVIII науково-технічної конференції, 06-07 вересня 2018 р. ДНДІ ВС ОВТ. – Чернігів: Видавець Брагинець О.В., 2018. – С. 33-34.

24. Александровская Л.Н. Современные проблемы теории и практики организации испытаний сложных технических систем / Л.Н. Александровская, В.М. Миронов // НиКК №4. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – С. 6-15.

25. Элементы теории испытаний и контроля технических систем; под ред. Р.М. Юсупова. – Л.: Энергия, 1978. – 256 с.

26. Корочкін О.А. Управління процесом випробувань військової та спеціальної техніки / О.А. Корочкін, Т.В. Паращенко // Збірник тез доповідей науково-практичної конференції

"Актуальні питання матеріальнотехнічного забезпечення військових формувань та правоохоронних органів", 26 жовтня 2017 року, м. Харків. – С 78-79.

27. Бабий С.М. Моделирование процесса последовательных испытаний серийных изделий на надежность. II. Сравнительный анализ последовательных испытаний с традиционным методом на базе однократной выборки / С.М. Бабий, А.В. Шевченко, Алаа Мохаммед Абдул-Хади // Системи обробки інформації : зб. наук. праць. – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ, 2013. – Вип. № 2(109). – С. 6-10.

28. Кобзєв В.В. Планування двоступеневих вибіркових випробувань виробів одноразового застосування на надійність з урахуванням апріорної інформації / В.В. Кобзєв, В.А. Васильєв, Д.В. Фоменко // Системи обробки інформації: зб. наук. праць. – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ, 2013. – Вип. № 6(113). – С. 86-89.

29. Дмитрієв В.А. Методичний підхід до обґрунтування можливості зменшення експериментів в процесі проведення випробувань / В.А. Дмитрієв, А.І. Сергієнко, Ю.М. Тішков // Збірник наукових праць "Труди академії". – Київ: НАО України, 2008. – Вип. 7 (87). – С. 63-67.

30. Корнієнко С. Формування кількісних характеристик випробувань для одержання точкових оцінок заданої якості / С. Корнієнко, І. Корнієнко, В. Дмитрієв, А. Павленко, Д. Камак // Технічні науки та технології : науковий журнал / Чернігів. нац. технол. ун-т. – Чернігів: ЧНТУ, 2020. – Вип. № 1(19). – С. 140-155.

31. Корнієнко С. Застосування методів кореляційного аналізу до проблеми прогнозування реального часу випробувань озброєння та військової техніки / С. Корнієнко, І. Корнієнко, В. Дмитрієв, А. Павленко, О. Скиба // Технічні науки та технології : науковий журнал / Національний університет "Чернігівська політехніка". – Чернігів: НУ "Чернігівська політехніка", 2020. – Вип. № 3(21). – С. 185-196.

32. Корнієнко І.В. Розвиток інформаційного забезпечення процесів проведення випробувань ОВТ / І.В. Корнієнко, Д.О. Камак // Збірник XX науково-технічної конференції Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертрифікації озброєння та військової техніки "Створення та модернізація озброєння і військової техніки в сучасних умовах", 03-04 вересня 2020 р. – Чернігів, Брагинець О.В., 2020. – С. 127.

33. Barry Boehm, Spiral Development: Experience, Principles, and Refinements Spiral Development Workshop February 9, 2000. – Режим доступу: https://resources.sei.cmu.edu/library/asset-view.cfm?assetid=5053

**Корнієнко Ігор Валентинович**
кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри геодезії, картографії та землеустрою, Національний університет "Чернігівська політехніка", Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0001-9105-0780
+38066-733-07-22

**Корнієнко Світлана Петрівна**
кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри архітектури та дизайну середовища, Національний університет "Чернігівська політехніка", Чернігів, Україна
http://orcid.org/0000-0002-9162-1229
+38066-733-07-20

**Ihor Korniienko**
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of Department of geodesy, cartography and land planning, Chernihiv Polytechnik National University, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0001-9105-0780
+38066-733-07-22

**Svitlana Korniienko**
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Architecture and Design Environment, Chernihiv Polytechnik National University, Chernihiv, Ukraine
http://orcid.org/0000-0002-9162-1229
+38066-733-07-20

*ISSN 2706-7386*

**Камак Дмитро Олександрович**
начальник науково-дослідного відділу, Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0003-0348-5456
+38093-105-45-20

**Казначей Станіслав Миколайович**
старший науковий співробітник науково-інформаційного відділуДержавного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0003-2055-5524
+38063-667-70-67

**Жирна Оксана Володимирівна**
науковий співробітник науково-інформаційного відділу Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0003-2449-1855
+38063-717-79-08

**Kamak Dmytro**
Chief of Section of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0003-0348-5456
+38093-105-45-20

**Stanislav Kaznachey**
Senior Researcher of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0003-2055-5524
+38063-667-70-67

**Oksana Zhyrna**
Researcher of State Scientific Research Instituteof Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0003-2449-1855
+38063-717-79-08

## ON POSSIBLE FUNCTIONAL COMPONENTS OF THE INFORMATION SYSTEM OF ARMS AND MILITARY EQUIPMENT TESTING OF THE ARMED FORCES OF UKRAINE

***I Korniienko, S Korniienko, D Kamak, S Kaznachey and O Zhyrna***

*Today, the problem of ensuring the effectiveness of the system of testing weapons and military equipment remains relevant. According to the existing national legislation and the accepted standards, separate specialized institutions are involved in the testing of samples of armaments and military equipment. One of the methods of improving the efficiency of test centers and institutions is the automation of all processes that accompany the testing of samples of weapons, military equipment and special equipment.*

*The article highlights the approaches to the design and practical implementation of the information system to support the testing of weapons and military equipment. Its possible functional composition is considered. It is assumed that the information system should automate all processes in the test facility that are somehow related to the tests.Based on the analysis of existing guidance documents and scientific and technical information sources, the composition of the main functional components of the information system of test support is proposed. The necessity of introducing a management component into the information system for the implementation of a targeted approach to the management of a testing facility is substantiated. Reclassification of tasks of information databases on stages of carrying out tests is done.*

*Based on the generalized scheme of testing the conceptual model of information system of support of tests is offered.The approximate composition of individual software modules and the content of databases are given.The expediency of using a spiral model of software design for the development of a comprehensive full-featured information system for test support is substantiated.*

*It is expected that the automation of planning, conducting and other processes that accompany the tests can significantly affect the overall efficiency of the organization and conduct of tests, ensure the proper quality of the results and help reduce time losses for testing.*

***Keywords:*** *automation, testing, input flow, information system, functional modules, armaments and military equipment.*

*Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. 2020. Вип. № 4(6)*
*ISSN 2706-7386*
УДК 623.55 DOI: 10.37701/dndivsovt.6.2020.07

***Олійник Р.М., Цілина С.В., Єрмоленко О.В.*** *Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*

# УДОСКОНАЛЕННЯ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ БОЙОВОГО ЗАСТОСУВАННЯ БРОНЕТАНКОВОГО ОЗБРОЄННЯ В УМОВАХ ОБМЕЖЕНОЇ ВИДИМОСТІ

*За досвідом бойових дій, в тому числі в ході проведення ООС (АТО), на сьогоднішній день велика увага військових фахівців приділяється розвитку та удосконаленню оптичних та оптико-електронних засобів. Це пов'язано з безперервним удосконаленням та розробкою систем озброєння нового покоління, які мають поліпшені ТТХ, що дозволяє скоротити час їх перебування у зоні виявлення та ураження, знижує помітність об'єктів, підвищує їх завадозахищеність і протидію засобам розвідки, змінює тактику їх дій.*

*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.*

*На теперішній час існує нагальна потреба у створенні електронно-оптичних перетворювачів або матричних пристроїв іншого типу, які працюють у видимому та інфрачервоному діапазонах, що дозволить створити: прилади нічного бачення та оптико-електронні системи виявлення (реєстрації) лазерного випромінювання далекомірів, системи управління головками самонаведення снарядів (ракет) в оптичному діапазоні спектра.*

*В роботі розкриті напрямки подальшого удосконалення оптико-електронних засобів спостереження, виявлення і прицілювання з метою підвищення ефективності бойового застосування бронетанкового озброєння. Актуальність даної роботи полягає в необхідності впровадження принципово нових концепцій по інтеграції оптичних та оптико-електронних засобів.*

***Ключові слова:*** *оптико-електроні засоби, оптичні прилади, помітність, завадозахищеність, бронетанкове озброєння.*

**Постановка проблеми.** Ефективність застосування озброєння в значній мірі залежить від можливості ведення бойових дій в складних погодних умовах, в т.ч. вночі. Показники ефективності застосування озброєння не повинні погіршуватись під час дій в темну пору доби. Від приладів нічного бачення залежить якість виявлення цілей та корегування стрільби в нічних умовах, тому до них висуваються високі вимоги. Існує потреба в постійному удосконаленні методик, здатних забезпечити в короткий термін формування обґрунтованих загальних технічних вимог, а також вимог до окремих характеристик електронно-оптичних приладів (ЕОП), які створюються або модернізуються. Сучасні ЕОП забезпечують дальність нічного бачення броньованих машин до 1 000…1 500 м при середній нічній освітленості $(3…5)\times10^{-3}$ лк (дальність бачення вдень, при нормальній сонячній освітленості місцевості, становить 5…6 км). Можна сказати, що зазначені характеристики ЕОП не можуть в повній мірі забезпечити ефективного ведення бойових дій вночі. Тому, виникає потреба проведення розробок щодо приведення тактико-технічних характеристик (ТТХ) ЕОП відповідно до потреб забезпечення ведення нічного бою [1].

Актуальним питанням сьогодення є модернізація озброєння та військової техніки, які пов'язані зі створенням і розвитком засобів ураження цілей шляхом інтеграції систем виявлення, управління та ураження в єдину систему [2].

На теперішній час існує декілька типів прицілів, які використовуються на зразках бронетанкового озброєння: оптичні приціли, приціли нічного бачення, тепловізійні приціли та цифрові приціли видимого діапазону, принцип дії яких заснований на перетворенні

*© Олійник Р.М., Цілина С.В., Єрмоленко О.В., 2020*

*ISSN 2706-7386*

оптичного зображення в електричні сигнали з подальшою їх цифровою обробкою та відображенням на дисплеї [3].

Світовий ринок оптичних та оптико-електронних технологій впродовж останніх 10…15 років розвивається досить швидкими темпами (щорічні темпи росту більш ніж 15%), а оптичні і оптико-електронні прилади посідають одне з провідних місць серед високих новітніх технологій. Постійне вдосконалення елементної бази дозволяє реалізувати нові схемотехнічні рішення в приладах отримання і обробки зображень, які мають більшу продуктивність та менше енергоспоживання [4].

Зразки цифрової прицільної техніки, які випускаються серійно, регулярно демонструються на виставках. Приклади існуючих приладів та окремих вузлів оптико-електронної прицільної техніки наведено в [5]. На основі проведеного аналізу визначені проблеми і завдання, які виникають при розробці цифрових ЕОП, серед яких:

- складність управління приладом внаслідок великої кількості функцій-регулювань та налаштувань приладу;
- необхідність налаштування приладу для роботи в конкретних умовах вручну;
- дискретність зображення цифрового прицільного виробу, яка непритаманна зображенню, що спостерігається в оптичний приціл;
- недостатнє поле зору;
- складність вивірки прицілу;
- недостатня чутливість приладу при спостереженні в умовах низької освітленості;
- складність та збільшений час прицілювання по малорозмірним цілям.

Метою роботи є визначення напрямків удосконалення ЕОП спостереження, виявлення і прицілювання для підвищення ефективності бойового застосування бронетанкового озброєння, що забезпечують високу інформативність поля зору.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Важливого значення набуло використання засобів розвідки в нічний час та в складних метеоумовах [6, 7]. Зокрема, широко застосовуються оптико-електронні засоби (ОЕЗ) на основі:

- мікроболометричних матриць (МБП);
- електронних оптичних перетворювачів;
- телевізійних матриць (ТМ).

Основними показниками, що характеризують ЕОП, є спектральна чутливість та роздільна здатність.

Широке розповсюдження набули телевізійні матричні прилади чорно-білого та кольорового зображення. Вони використовуються як вдень, так і вночі, за рахунок власного і відбитого, видимого і інфрачервоного (ІЧ) випромінювання об’єктів спостереження [8]. Після електронного перетворювання зображення виводиться на монітори з LCD матрицею екрану. Відмінність тепловізорів від приладів нічного бачення полягає у тому, що вони не потребують відбитого видимого або короткохвильового ІЧ випромінювання, а використовують власне ІЧ випромінювання об’єктів в діапазонах 3…5,5 мкм і 7…14 мкм.

У сучасних тепловізорах використовуються болометричні і фотонні приймачі ІЧ діапазону. Принцип дії тепловізора наступний: інфрачервоне (теплове) випромінювання від об’єкта спостереження через оптичну систему передається на приймач, що представляє собою неохолоджувану матрицю термодетекторів. Далі отриманий відеосигнал за допомогою електронного блока вимірювання, реєстрації і математичної обробки оцифровується і відображається на екрані дисплею.

Фокальні матриці виготовляються як функціонально закінчені фотоприймачі (ФП), що включають систему охолодження, підсилювачі, мультиплексор, коректор неоднорідності характеристик чутливих елементів, аналого-цифровий перетворювач, блоки цифрової обробки і формувач вихідних сигналів. Сигнали з виходу такого ФП можуть передаватися на

*ISSN 2706-7386*

відеоконтрольний пристрій (ВКП) телевізійного типу або у цифровому вигляді в блоки цифрової обробки.

Другим, принципово іншим типом ОЕЗ, є теплові болометричні детектори. Їх чутливість не залежить від довжини хвилі сприйнятого випромінювання (зокрема, для ІЧ та НВЧ областей спектра). Особливим класом теплових приймачів випромінювання є надпровідникові болометри, дія яких заснована на різкій зміні електричного опору при переході надпровідникових матеріалів з нормального стану в надпровідний. Аналіз показує, що застосування багатоелементних детекторів випромінювання в приймальних пристроях ІЧ-систем значно покращує їх характеристики. Якщо створення поодинокого болометричного елемента з високими параметрами чутливості і швидкодії, здатного стати основою побудови матричних приладів для високоякісної тепловізійної зйомки є реальним завданням, то проблема поелементного зчитування інформації з масиву таких приймачів на теперішній час залишається невирішеною [9].

**Виклад основного матеріалу.** Прилади нічного бачення різні за призначенням і побудовою, однак принцип їх роботи однаковий – перетворення невидимого ІЧ випромінювання цілі у видиме зображення. До приладів нічного бачення відносяться ІЧ прилади спостереження, ІЧ-приціли та прилади нічного водіння машин.

Важливими характеристиками приладів нічного бачення є: дальність спостереження та кратність збільшення зображення предметів. Дальність спостереження приладу залежить від природних погодних умов, освітленості місцевості, розміру та характеру цілі, фону місцевості. В сильні снігопади, туман, дощ дальність виявлення цілі суттєво зменшується. У той же час, чим більше розмір та ступінь освітленості цілі ІЧ променями, тим краще вона виявляється [10].

Підвищення дальності дії та ймовірності виявлення, зниження габаритних характеристик та енергоспоживання від джерел живлення визначають напрямки розвитку приладів нічного бачення.

З удосконаленням електронної апаратури за допомогою приладів нічного бачення можливо отримати більш повні дані про характер об’єктів [8]. Модернізація приладів нічного бачення можлива за наступними напрямками:

- удосконаленням оптичної системи;
- використання сучасних ЕОП, побудованих за багатомодульним принципом;
- застосування мультиспектральних пристроїв, які конструктивно відсутні у приладі і можуть потенційно покращити ТТХ і експлуатаційну надійність приладів.

ЕОП – оптичні прилади з дуже високим коефіцієнтом підсилення, які збільшують яскравість зображення, а також перетворюють зареєстроване випромінювання в зображення, доступне для сприйняття оком людини. Вони працюють на основі фотоемісії та люмінісценції. Щоб пришвидшити електрони, між катодом і екраном прикладають високу напругу. Слід зазначити, що в більшості приладів нічного бачення для відображення картинки за замовчуванням використовується зелений фон. Це обумовлено тим, що фізіологія людського ока дозволяє вловлювати найбільшу кількість відтінків саме в зеленому кольорі [11].

На теперішній час відбулась цифрова трансформація технології – на зміну аналоговим ПНБ прийшли цифрові. Як наслідок, впродовж згаданого періоду виникло декілька поколінь приладів нічного бачення. Ці покоління в країнах НАТО класифікуються як Gen 1, Gen 2, Gen 3 і Gen 4.

Gen 1 – це покоління аналогових приладів нічного бачення, здатне підсилювати зображення у 1 000 разів. Недоліком цієї технології є тьмяне зображення з низькою роздільною здатністю (ефект “риб’яче око”).

*ISSN 2706-7386*

Ключовим елементом в електронно-оптичному перетворювачі Gen 2 є мікроканальна пластина, яка посилює яскравість зображення. Термін служби приладу близько 2,5…5 тисяч годин, а робоча дистанція – до 180 м.

У третьому поколінні використовується фотокатод на основі арсенід галію, що дозволило збільшити чутливість ПНБ на порядок. Робоча дистанція – 275 м, а посилення зображення – 30 000…50 000 разів. Термін служби – 10 тисяч годин.

На теперішній час ПНБ, що відповідають класифікації Gen 4, не існує. Термін четверте покоління ПНБ – це не більше, ніж маркетинговий хід. Дійсно, спочатку оновлені електронно-оптичні перетворювачі називали четвертим поколінням. Втім, фахівці з системи військового контролю якості озброєння в США відмовились від визначення нових ЕОП як Gen 4.

На відміну від тепловізорів, для роботи приладів на основі ЕОП необхідне хоча б незначне підсвічування. Іноді достатньо неповного місяця або просто зоряної ночі. Таким чином, можна вважати, що за співвідношенням "ціна-якість" більшу перевагу мають прилади нічного бачення на основі мікроболометрів.

Перспективним напрямком є використання приладів нічного бачення, які побудовані із застосуванням телевізійних високочутливих матриць (ТВВ), телевізійних матриць інфрачервоного діапазону (ТВ ТПВ), мікроболометричних тепловізійних 4…8 мкм (МБ ТПВ) матриць ІЧ діапазону. У процесі удосконалення оптичного тракту в ЕОП проводиться заміна елементів із пропускною здатністю у діапазоні теплового випромінювання об'єктів на ТПВ матриці.

Ще одним напрямком покращення наявних систем виявлення з ОЕЗ є розроблення інтегрованих у систему управління алгоритмів і програм роботи з відеозображеннями: автоматичного пошуку та виявлення об'єктів; автоматичного супроводження за кутовими координатами і дальністю N об'єктів; автоматичного розпізнавання та ідентифікації об'єктів; автоматичного багатовекторного огляду простору; суміщення відеообразів об'єктів, що отримані від різних приладів спостереження (телевізійних і ТПВ камер) [12].

Підвищення ефективності засобів ураження ОВТ реалізується шляхом використання всепогодних та цілодобових оптико-електронних систем (ОЕС), а також комбінуванням приладів виявлення (багатоканальність відеозображення). Це обумовлює створення алгоритмів обробки відеосигналів у відеопотоках, які повинні враховувати спектральну інтенсивність об'єктів.

Дальність до цілі може бути визначена: геометричним способом, за далекомірними шкалами або за допомогою лазерного далекоміру.

На теперішній час використовуються лазери лампового і напівпровідникового діодного накачування. Існує потреба в лазерних далекомірах з масою до 2 кг (що дозволить розміщувати ці пристрої всередині контейнера ОЕС) та здатних вимірювати дальність до цілі на дистанції 0,2…5 км з похибкою не більше 0,5 м. При цьому висуваються підвищені вимоги до систем наведення і стабілізації оптико-електронних систем (ОЕС).

До систем наведення, які встановлені на бронетехніці висуваються наступні вимоги [12]:

- серединна помилка стабілізації – 0,05…0,1 мрад;
- максимальне прискорення наведення у горизонтальній та вертикальній площинах – 2…120 град./с;
- точність позиціонування – 0,1 кут.хв.;
- максимальна швидкість наведення у горизонтальній та вертикальній площинах – 60…120 град./с;
- мінімальна швидкість наведення у горизонтальній та вертикальній площинах – 0,006…0,01 град./с.

*ISSN 2706-7386*

Для основних бойових танків Збройних Сил України Т-84 та Т-64БВ розроблені нічні тепловізійні приціли ТПН-1-ТПВ (Рис.1) та ТПН-4ЕМбТ (Рис.2). Приціл ТПН-1-ТПВ суттєво перевершує можливості старого радянського прицілу нічного бачення, яким були оснащені Т-64. Так, дальність виявлення цілей була збільшена з 800 м до 5 000 м, а дальність розпізнавання з 400 м до 4 000 м. Він має тепловізійну матрицю, може використовуватися як вдень так і вночі, не є чутливим до зустрічних і фонових засвічень, не вимагає закриття "шторки" при стрільбі, зроблений за технологією покращення якості зображення в складних погодних умовах (туман, дощ тощо).

Приціл ТПН-4ЕМбТ відрізняється від нічного прицілу ТПН-4 можливістю цілодобової роботи. До того ж дальність виявлення цілей була збільшена з 1 200 м до 5 000 м, а дальність розпізнавання – до 4 000 м.

Для оснащення БМП-2 підприємством "Трімен-Україна" розроблено комбінований денно-нічний приціл навідника БПК-2-42МбТ (Рис.3). Приціл має збільшену дальність виявлення цілей (4 000 м проти 900 м) та розпізнавання (2 000 м проти 650 м) та здатен ефективно працювати цілодобово (завдяки наявності тепловізору).

Тепловізійний прилад спостереження та орієнтування механіка-водія ТВНЕ-4МбТ може бути встановлений на танки Т-64, Т-72, Т-80, Т-84, а також на БТР-80, БТР-3 та БТР-4.

Модернізований прилад нічного бачення ТВНЕ-4МбТ (Рис.4) призначений для забезпечення спостереження та орієнтування механіка-водія під час руху бронетанкової, артилерійської та іншої техніки, як в денний так і в нічний час.

Під час прийняття на озброєння оптико-електронних засобів Державним науково-дослідним інститутом випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки проводиться низка обов'язкових випробувань в лабораторних та полігонних умовах.

У лабораторних умовах оптико-електронні засоби випробовуються на стійкість до впливу зовнішніх чинників. Це механічні випробування, скажімо, на стійкість до вібрації та ударів, яку апаратура повинна витримати при транспортуванні, десантуванні та в умовах реального бою. Перевірочна апаратура повинна протестувати прилад на стійкість до перевантажень в 250 g. Саме таких перевантажень зазнають прилади, наприклад, при пострілі з артилерійських систем великих калібрів.

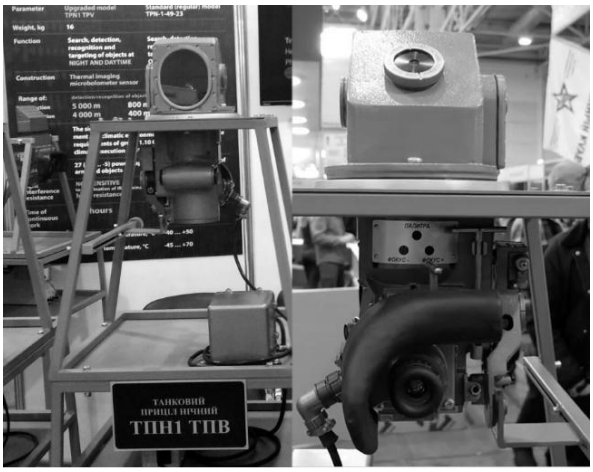



Рис.1. Зовнішній вигляд тепловізійного прицілу ТПН-1-ТПВ




Рис.2. Зовнішній вигляд тепловізійного прицілу ТПН-4ЕмбТ

*ISSN 2706-7386*

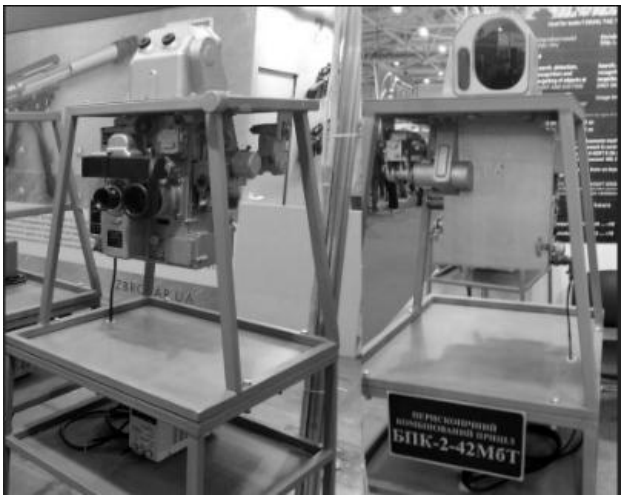



Рис.3. Зовнішній вигляд тепловізійного прицілу БПК-2-42МбТ




Рис.4. Прилад спостереження та орієнтування механіка-водія ТВНЕ-4МбТ

Прилади випробовуються на вплив як спеки від + 50 °С або навіть + 120 °С, так і холоду від мінус 20 °С до мінус 60 °С. Так звані "камери дощу", дозволяють виявити стійкість приладу до запітніння і перевірити його на герметичність. Кліматичні камери повторюють екстремальні умови, наприклад, умови тропіків, коли температура + 40°С і підвищена вологість, або "камера пилу", в якій повторюється умови пилової бурі. Також застосовуються "камери сонячної радіації" та "камери соляного туману".

Під час полігонних випробувань оптико-електронних засобів проводиться: перевірка дальності виявлення цілі в денних та нічних умовах; перевірка кута поля зору; виконання вправ згідно "Курсу стрільб стрілецької зброї і бойових машин" з озброєння зразка броньованої техніки; перевірка захищеності від світлових завад; перевірка часу безперервної роботи; оцінка захищеності зразка від помилкових дій обслуговуючого персоналу; оцінка надійності; перевірка виконання вимог щодо експлуатації, зручності технічного обслуговування і ремонту.

**Висновки.** Більшість наявних у Збройних Силах України оптико-електронних засобів бронетанкового озброєння морально та фізично застаріли, мають тривалі строки перебування в експлуатації й потребують модернізації або заміни на нові зразки.

Перспективними напрямками удосконалення і модернізації оптико-електронних засобів є розробка та впровадження:

- інфрачервоних, світлових, теплових каналів виявлення об'єктів, які здатні працювати в складних умовах;
- алгоритмів виявлення, розпізнавання, видачі цілевказівок на озброєння для стрільби;
- алгоритмів і програм інтегрування відеоінформації про об'єкти виявлення у системі управління озброєнням.

Удосконалення спостережних приладів нічного бачення можливо за напрямками: удосконалення оптичної системи; застосування нових сучасних електронно-оптичних перетворювачів, побудованих за багатомодульними принципами; застосування нових допоміжних систем або пристроїв, які конструктивно відсутні у приладі і можуть потенційно покращити тактико-технічні характеристики і експлуатаційну надійність приладів. Конструктивне впровадження цих пристроїв може суттєво підвищити ефективність функціонування нічних спостережних приладів.

*ISSN 2706-7386*

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Каблуков О.А. Особливості застосування засобів маскування військ і об'єктів від оптико-електронних засобів повітряної розвідки противника: історичний аспект / О.А. Каблуков // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2010. – Вип. № 1. – С. 180-181.

2. Довідник учасника АТО: озброєння і військова техніка Збройних сил Російської Федерації / А.М. Алімпієв, Г.В. Півцов, Д.А. Гриб та ін.; за заг. ред. А.М. Алімпієва. – Харків: Оригінал, 2015. – 732 с.

3. Пасько І.В. Артилерійські оптико-електронні засоби розвідки, спостереження та цілевказання / І.В. Пасько // Перспективи та шляхи розвитку бойового забезпечення ракетних військ і артилерії Сухопутних військ Збройних Сил України. – Суми: СумДУ, 2009. – С. 29-30.

4. Порєв В.А. Телевізійні інформаційно-вимірювальні системи / В.А. Порєв. – К., 2015. – 218 с.

5. Лифанов Ю.С. Направления развития зарубежных средств наблюдения за полем боя / Ю.С. Лифанов, В.Н. Саблин, М.И. Салин. – М.: Радиотехника, 2004. – 64 с.

6. Глушков А.Н. Системный подход к оценке разведдоступности оптико-электронных средств / А.Н. Глушков, Н.В. Дробышевский, П.Е. Кулешов, А.В. Алабовский // Радиотехника. – 2017. – Вип. № (9). – С. 50-54.

7. Експериментальне дослідження оптичної примітності об'єктів АБТТ для охорони периметра об'єкту: звіт про НДР / Акад. ВВ МВС України; під кер. І.Ю. Бірюков. – Харків, 2012. – 85 с.

8. Бучка В.І. Аналіз основних шляхів та перспективи розвитку спостережних приладів нічного бачення / В.І. Бучка // Технічні науки: збірник наукових праць Військової академії (м. Одеса). – 2014. – Вип. № 1. – С. 17-23.

9. Бутусов М.М. Электронно-оптические преобразователи и их применение в научных исследованиях / М.М. Бутусов, Б.М. Степанов, С.Д. Фанченко. – М.: Наука, 1978. – 431 с.

10. Тепловизоры. Принцип работы. Испытательная лаборатория теплового неразрушающего контроля [Електронний ресурс] / Режим доступу: http://aosyst.kz/cms/index.php?option=com_content&task=view&id=41&Itemid=69.

11. Гордиенко Э.Ю. Высокотемпературный сверхпроводниковый болометрический приемник с оптоэлектронным сканированием / Э.Ю. Гордиенко, В.Г. Ефременко, Н.И. Слипченко, В.В. Пишко. // Радиотехника. – 2004. – Вип. №139. – С.120−124.

12. Кондрат В.В. Аналіз оптико-електронних засобів розвідки та напрямки їх удосконалення з метою підвищення ефективності бойового застосування ОВТ / В.В.Кондрат , О.І.Костенко, О.В. Корнієнко // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил (м. Харків). – 2018. – Вип. № 2 (56). – С. 66-71.

**Олійник Руслан Михайлович**
начальник науково-дослідного відділу Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0002-3969-544X
e-mail: o.ruslan77@gmail.com

**Ruslan Oliynik**
Chief of Section of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0002-3969-544X
e-mail: o.ruslan77@gmail.com

*ISSN 2706-7386*

**Цілина Сергій Васильович**
начальник науково-дослідної лабораторії Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0002-1936-7166
e-mail: csv1@ukr.net

**Єрмоленко Олександр Володимирович**
Науковий співробітник Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0002-3168-1131
e-mail: morpex1972@ukr.net

**Sergii Tsilyna**
Chief of Laboratory of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0002-1936-7166
e-mail: csv1@ukr.net

**Oleksandr Yermolenko**
Researcher of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0002-3168-1131
e-mail: morpex1972@ukr.net

## IMPROVEMENT OF OPTICAL-ELECTRONIC MEANS FOR INCREASE OF EFFICIENCY OF COMBAT EMPLOYMENT OF THE ARMORED WEAPONS UNDER LIMITED VISIBILITY CONDITIONS

**R Oliynik, S Tsilyna and O Yermolenko**

*According to the experience of hostilities, including during the JFO (ATO), today much attention is paid by military experts to the development and improvement of optical and optoelectronic devices. This is due to the continuous improvement and development of new generation weapons systems that have improved tactical and technical characteristics, reduces the time spent by objects in the area of detection and damage, reduces the visibility of objects, increases their protection from interference and countermeasures, changes their tactics .*

*The main advantages of optoelectronic devices are: the secrecy of their use, in contrast to radar and radio equipment, they do not require additional systems of protection against interference; relative simplicity of design, operation and small dimensions; low energy consumption; ecological purity.*

*The current state of threats to Ukraine's sovereignty and territorial integrity, first of all the ongoing aggression of the Russian Federation, requires the introduction of necessary ways to counter them, improving approaches to the formation of military-technical policy, taking into account the urgent need to update existing weapons and military (special) equipment.*

*There is a need to create electron-optical transducers or matrix devices of other types that work in the visible and infrared ranges, for night vision devices, and opto-electronic systems for detection (registration) of laser radiation of rangefinders, control systems for homing projectiles, missiles in the optical range spectrum.*

*The paper describes the areas of improvement of optoelectronic means of surveillance, detection and aiming in order to increase the effectiveness of combat employment of armored weapons. The relevance of the study lies in the need to introduce fundamentally new concepts for the integration of optical and optoelectronic devices.*

***Keywords:*** *optical-electronic means, optical devices, visibility, noise protection, armored weapons.*

*Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. 2020. Вип. № 4(6)*
*ISSN 2706-7386*
УДК 629.735.45 DOI: 10.37701/dndivsovt.6.2020.08

***Пилипенко О.І., Колесник Д.М., Березняк А.М.*** *Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*

# РОЗВИТОК КОНСТРУКЦІЙ ЗУБЦІВ І ЗУБЧАСТИХ КОЛІС АВІАЦІЙНИХ РЕДУКТОРІВ

*Представлений розвиток конструкцій зубців і зубчастих коліс, які знайшли застосування у редукторах літаків та вертольотів. Розглянуто особливості геометрії, що відрізняють їх від зубчастих передач загального машинобудування. Представлені параметри різних типів початкових виробляючих контурів, їх модифікації та приклади застосування відповідних зубчастих коліс у редукторах літаків та вертольотів.*

***Ключові слова:*** *зубці, зубчасті колеса, розвиток конструкцій, їх модифікації, застосування.*

**Постановка проблеми.** Найбільш розповсюдженим символом машинобудування є зубчасте колесо. Від правильності вибору параметрів зубчастих коліс передач і приводів залежать у вирішальній мірі працездатність літаків, вертольотів, автомобілів, тракторів, верстатів і багато інших виробів машинобудування. Безперервні потреби у збільшенні несучої здатності зубчастих передач зумовлюють відшукувати нові резерви у вигляді раніш незастосовуваних параметрів. Вдосконалення конструкцій зубців і зубчастих коліс авіаційних редукторів – підвищення несучої здатності, зниження маси і габаритних розмірів, збільшення термінів служби і ККД – є завданнями у галузі авіаційного редукторобудування, що не втрачають своєї актуальності [1].

**Аналіз досліджень і публікацій.** Контактна і згинальна міцність зубчастих коліс підвищується при збільшенні кута початкового контуру. Проте, застосування кутів профілю більше 25° обмежується загостренням зубців. Застосування зубчастих коліс з кутом профілю 28° можливо тільки при коефіцієнті висоти голівки зубців $ha^* = 0.9$, але такі колеса мають менший коефіцієнт перекриття, що погіршує динамічні характеристики передач. Не вирішує проблему також підвищення міцності шляхом застосування коригованих зубчастих коліс. При великих коефіцієнтах зміщення початкового контуру або зрізається вершина профілю зубців, або зменшується їх висота. У порівнянні з зубчастими колесами несиметричного профілю зубчасті колеса з симетричним профілем мають невисокий коефіцієнт перекриття і це дає більший шум і меншу міцність. Вирішується ця проблема за допомогою застосування зачеплень з зубцями несиметричної форми [2].

В основу проектування і технології виробництва зубчастих передач покладено так званий початковий контур згідно ГОСТ 13755-81 (СТ СЭВ 308-76), на основі параметрів якого створено велику кількість ефективно працюючих та надійних машин і обладнання. У більшості випадків початковий виробляючий контур (ПВК) приймається у відповідності з наступними даними: кут профілю $a_p = 20^0$; висота голівки зуба стандартного початкового контуру $h_{ap} = 1\ m$; радіальний зазор між стандартним початковим контуром і співпадаючим початковим контуром $c_p = 0{,}25\ m$; висота ніжки зуба стандартного початкового контуру $h_{fp} = 1{,}25\ m$; радіус кривини перехідної кривої початкового контуру $\rho_{fp} = 0{,}38\ m$, де $m$ – модуль зачеплення [1].

Збільшена висота ніжки $h_{fp}$ =1,4$m$ та збільшений радіус перехідної кривої $\rho_{fp} = 0{,}39$ забезпечують максимальний радіус перехідної кривої без інтерференції. Якщо фактична форма перехідної кривої з піднутренням не створює концентрації напружень, то цей тип

*© Пилипенко О.І., Колесник Д.М., Березняк А.М., 2020*

контуру рекомендується для високоточних зубчастих коліс, що передають високі крутні моменти і, отже, з боковими поверхнями зуба, оброблені шліфуванням або шевінгуванням.

Високонапружені зубчасті колеса мають піднутрену основу зубців, що підвищує їх міцність та надійність. Зубчастим колесам з піднутреною основою зубців відповідає початковий контур з вибраним піднутренням $U_{FP}$ і кутом піднутрення $\alpha_{FP}$. У таких зубчастих коліс після термічної обробки шліфується лише евольвентний профіль зуба, а у основи ніжки абразивний круг має вільний вихід – перехідна поверхня залишається нешліфованою і зберігає геометрію, отриману після зубофрезерування. Таким зубчастим колесам відповідає складний початковий виробляючий рейковий контур – так званий ПВРК з протуберанцем. Використовується для нарізання зубчастих коліс інструментом з протуберанцем і остаточним шліфуванням або шевінгуванням. Значення $U_{FP}$ та $\alpha_{FP}$ залежать від методу виробництва і стандартом не визначені.

Рекомендації по застосуванню різних типів модифікованого початкового контуру зуба рейки [1] є додатковими відносно рекомендацій міжнародного стандарту ISO 53:1998 і приведені для врахування параметрів, що використовувалися в раніше діючих міждержавних і національних стандартах, що встановлювали рекомендації в частині параметрів початкового контуру і профільної модифікації, а також інші рекомендації.

Дослідження показали [3], що модифіковане зачеплення, утворене початковим контуром, окресленим дугою кола на голівці або по всьому профілю є більш раціональним, тому що дозволяє повністю виключити удари під час переспряжень зубців під навантаженням і суттєво зменшити циклічну погрішність при належному виборі величини модифікації. Проте, для отримання такого профілю під час нарізання колеса черв'ячною фрезою необхідне викривлення ріжучої крайки, а це ускладнює виготовлення інструменту і знижує його точність.

Бажана модифікація профілю зубчастого колеса може бути отримана зміною положення осі фрези по відношенню до осі зубчастого колеса. В [4] показано, що за рахунок вибору відповідних значень числа зубців і кута нахилу зуба інструменту можна отримати бажану величину модифікації профілю зуба колеса окресленою дугою кола на голівці або по всьому профілю, не змінюючи при цьому початкову форму профілю інструменту.

**Мета статті.** Дослідити ровиток конструкцій зубців і зубчастих коліс авіаційних редукторів для виявлення найбільш прогресивних з них.

**Виклад основного матеріалу.** За призначенням авіаційні зубчасті передачі поділяються на чотири великі групи: 1) зубчасті передачі основного кінематичного ланцюга головних і проміжних редукторів вертольотів; 2) редукторів турбовентиляторних двигунів; 3) приводів двигунів, агрегатів літаків і вертольотів; 4) трансмісій літаків і вертольотів, а також інші передачі, у тому числі кінематичні. Перші дві групи і частково третя група передач є високонапруженими, а частина з них – також і високошвидкісними [1].

Геометрія авіаційних евольвентних циліндричних зубчастих передач має наступні особливості, які відрізняють її від зубчастих передач загальномашинобудівного застосування: 1) особливий початковий контур; 2) особливий виробляючий контур, який у загальному випадку не співпадає з початковим; 3) модифікація профілю, в результаті чого він значно відрізняється від номінального.

Ці особливості, а також ряд інших вносять значні корективи в традиційне уявлення про можливі параметри евольвентного зачеплення. Їх інтервал більше, ніж у передач загальномашинобудівного застосування. До головних параметрів передачі відносяться кут

*ISSN 2706-7386*

зачеплення $\alpha_w$, коефіцієнт торцевого $\varepsilon_\alpha$ і сумарного перекриття, а також параметри і конфігурація основи зуба при достатній його товщині на колі вершин.

Модифікація – це цілеспрямоване внесення змін у геометрію зубців з метою компенсації деформацій під навантаженням. Модифікований початковий контур зуба рейки застосовують для досягнення у зубчастих передач високих експлуатаційних характеристик за рівнем шуму, низької віброактивності і високої несучої здатності. Відмінними елементами модифікованого початкового контуру є: збільшені або несиметричні кути початкового контуру, що забезпечують високу контактну міцність зубців; пригранична зона і притуплена вершина контуру забезпечують виключення інтерференції крайок зубців і зменшення концентрацій напружень; нормована товщина вершини початкового контуру збільшує міцність і дозволяє максимально використовувати несучу поверхню зубців.

В залежності від основних експлуатаційних характеристик альтернативно стандартному початковому контуру зуба і початковим контурам з кутом головного профілю $\alpha_p = 20^0$ можуть бути використані наступні типи модифікованих початкових контурів, основні параметри яких приведені на рисунку 1 і в таблиці 1 [5]:

- початковий контур зуба 1 з вибраним піднутренням $U_{FP}$ забезпечує стійку реалізованість піднутрення зубців при мінімальній висоті $h_{fp}$ ніжки зубців, рекомендовано використовувати для зубчастих коліс, оброблених шліфуванням, з високим крутним моментом і підвищеними вимогами до віброактивності;

- початковий контур зуба 2 забезпечує найбільш високу згинальну міцність зубців 6-7 ступеня точності, рекомендовано використовувати для зубчастих коліс з високим крутним моментом без підвищених вимог до віброактивності;

- початковий контур зуба 3 забезпечує високий коефіцієнт перекриття, рекомендовано використовувати для високоточних зубчастих передач з високими вимогами до рівня шуму та вібрації;

- початковий контур зуба 4 забезпечує найбільшу товщину шару мастила, рекомендовано використовувати для коліс планетарних передач.

Таблиця 1

Параметри різних типів початкових контурів

| Позначення параметра | Типи модифікованих початкових контурів | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| $\alpha_P$ | $25^0$ | $28^0$ | $22^0$ | $33^0$ |
| $\alpha_{PN}$ | $25^0$ | $28^0$ | $22^0$ | $20^0$ |
| $h^*_{aP}$ | 1 | 0,9 | - | - |
| $c^*_P$ | 0,20328 | 0,18438 | 0,25 | 0,3 |
| $g^*_P$ | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| $h^*_{fP}$ | 1,20328 | 1,08438 | - | - |
| $\rho^*_{fP}$ | 0,35208 | 0,34754 | 0,37 | 0,3 |
| $\rho^*_{fPN}$ | 0,35208 | 0,34754 | 0,37 | 0,3 |
| $s^*_{aP}$ | - | - | 0,35 | 0,35 |
| $\rho^*_k$ | 0,25 | 0,25 | 0,2 | 0,25 |
| $U^*_{fP}$ | 0,02 | 0,02 | 0 | 0,02 |

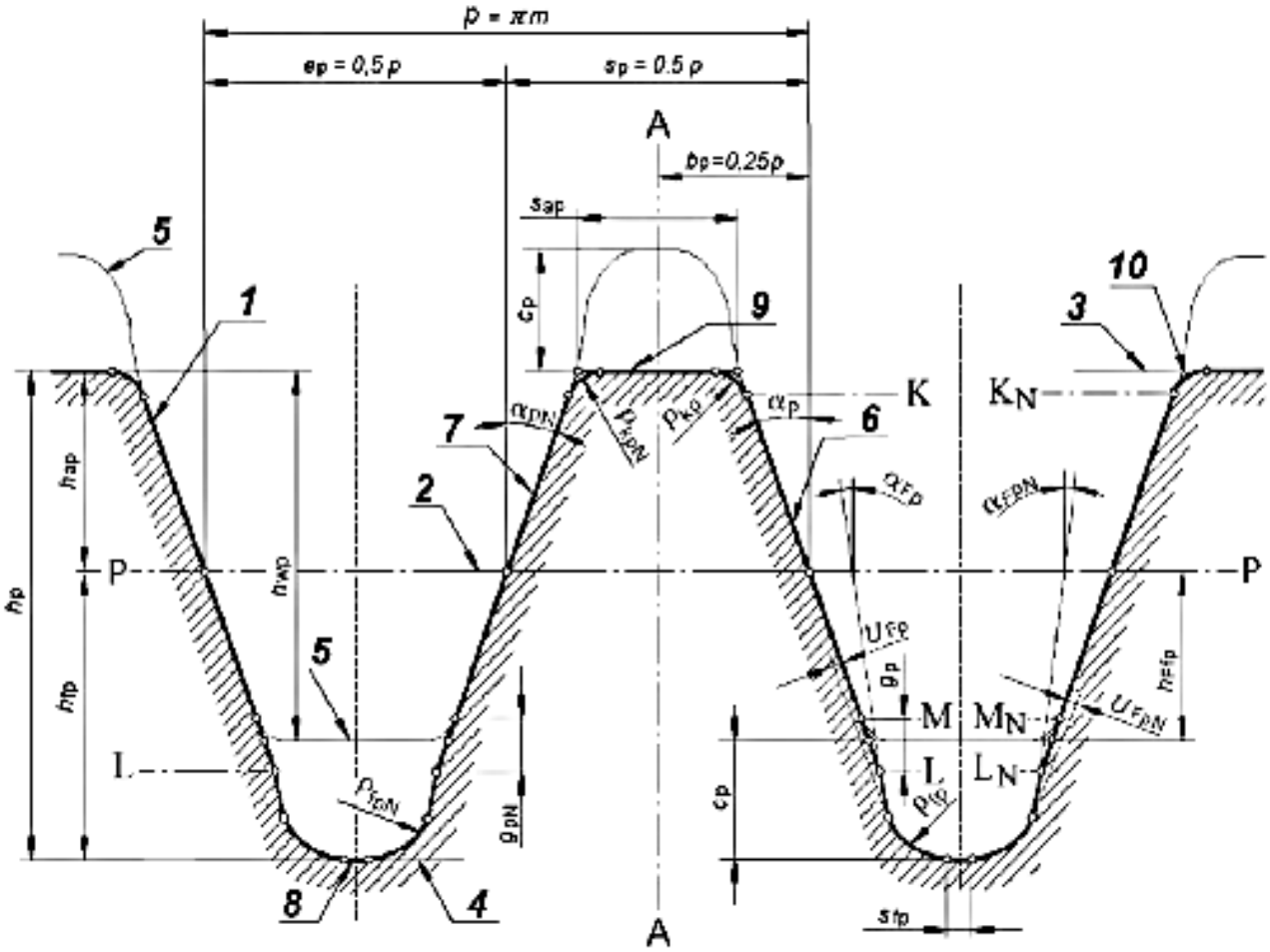



Рис.1. Модифікований початковий контур
і співпадаючий модифікований початковий контур
1 – початковий контур; 2 – ділильна лінія (*P-P*); 3 – лінія вершин; 4 – лінія западин; 5 – співпадаючий початковий контур; 6 – основний головний профіль початкового контура; 7 – суміжний головний профіль початкового контуру; 8 – лінія, що з'єднує основну і суміжну перехідні криві; 9 – лінія, що з'єднує лінії притуплення крайок вершин основного і суміжного профілів; 10 – лінія притуплення крайок вершин; (*L, L*$_N$) – лінії, що проходять через точки, що з'єднуютьперехідні криві з головним профілем початкового контуру; (*M, M*$_N$) – лінії, що проходять через точки дотику заокругленої вершини співпадаючогопочаткового контуру з головним профілемзуба; (*M-L*) – пригранична зона головного профілю зуба; (*K –L, K*$_N$*-L*$_N$) – відрізки прямих від точки дотику кривої притуплення крайки вершини до точки перетину головного профіля з перехідною кривою

У таблиці 1: $a_p$ – кут профілю; $\alpha_{PN}$ – кут профілю суміжної сторони; $h^*_{aP}$ – висота голівки зуба стандартного початкового контуру в долях модуля; $c^*_P$ – радіальний зазор між стандартним початковим контуром і співпадаючим початковим контуром в долях модуля; $g^*_P$ – пригранична зона головного профілю – зазор (в долях модуля), що забезпечує відсутність інтерференції вершини співпадаючого початкового контуру з перехідною кривою основного початкового контуру; $h^*_{fP}$ – висота ніжки зуба стандартного початкового контуру в долях модуля; $\rho^*_{fP}$ – радіус кривини перехідної кривої початкового контуру в долях модуля; $\rho^*_{fPN}$ – збільшений радіус перехідної кривої, що забезпечує формування

максимального радіусу перехідної кривої без інтерференції; $s^*_{aP}$ – товщина вершини зуба початкового контуру; $\rho^*_k$ – радіус кривини лінії притуплення крайки вершини зуба початкового контуру; $U^*_{fP}$ – величина піднутрення. Всі параметри з зірочкою вказані в долях модуля.

Перевага досягається заміною стандартної висоти голівки зубців $h^*_{aP}$ на стандартну товщину вершин зубців $s^*_{aP}$. При роботі зубців по всій активній частині лінії зачеплення з профільним кутом $\alpha = 25^0$ забезпечується висока контактна і згинальна міцність, а також стійкість проти заїдання поверхонь зубців високонапружених передач. Подальше збільшення контактної міцності та ресурсу забезпечується застосуванням ПВК (початкового виробляючого контуру) з профільним кутом $\alpha = 28^0$.

Розглянемо, які переваги дає застосування збільшених профільних кутів у порівнянні зі стандартними ($\alpha_w = 20^0$), що застосовуються у загальному машинобудуванні.

1. Збільшення профільного кута $\alpha$ ПВК, що супроводжується збільшенням кута зачеплення $\alpha_w$, призводить до зменшення коефіцієнта перекриття $\varepsilon_\alpha$, тобто, зони двопарного зачеплення (Рис.2). Для забезпечення працездатності більш жорстких зубців у зоні двопарного зачеплення необхідно, щоб погрішності зубчастих коліс були менше їх деформацій.

2. Вплив коефіцієнта перекриття $\varepsilon_\alpha$ на несучу здатність передачі проявляється слабкіше, ніж вплив кута зачеплення (до певного моменту). Тому важливо забезпечити більш м'який, безударний вхід в зачеплення, більш раціональну геометрію вершини голівки зуба з врахуванням радіусів, фасок і хіміко-термічної обробки, ніж виготовлення зуба з підвищеним коефіцієнтом перекриття.

3. Збільшення профільного кута $\alpha$ ПВК супроводжується збільшенням товщини гідродинамічної плівки, зростанням контактної міцності зубців, стійкості їх поверхонь проти заїдання і, в більшості випадків, зменшенням місцевих згинальних напружень.

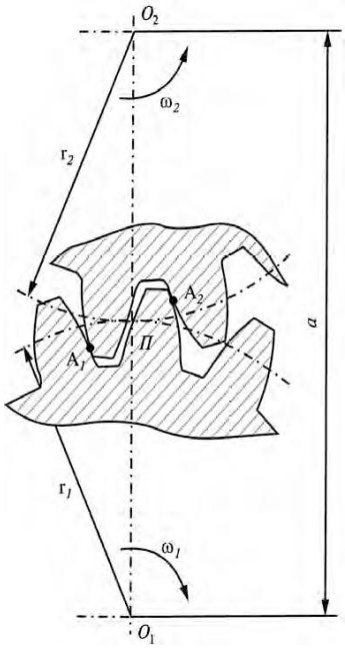



Рис.2. Двопарне зачеплення

4. Виготовлення піднутреної основи у зубчастих коліс тим легше, чим більше кут $\alpha$.

*ISSN 2706-7386*

Зубчасті передачі з гарантованим коефіцієнтом перекриття $\varepsilon_\alpha = 2{,}0$ мають суттєво менший рівень вібрацій і, в цілому, їх несуча здатність приблизно у 1,5 рази більше, ніж у передач високонапружених редукторів [5, 6]. Таке досягнення стало можливим завдяки існуючому підвищенню точності виготовлення зубчастих передач і у зв'язку з розробкою їх узагальненої теорії, яка дозволяє отримувати зубчасті передачі з гарантованим $\varepsilon_\alpha = 2{,}0$ при кутах зачеплення $\alpha_w > 20^0$ [7, 8]. ПВК, побудований на основі цієї теорії, є рівноподіленим і нерівновисоким і забезпечує отримання передач з $\varepsilon_\alpha = 2{,}05$, $20^0 \le \alpha_w \le 24^0$ з рівноміцними при згині зубцями (з максимальним напруженням у граничній точці евольвентного профілю), що мають товщину на колі вершин $S_a = 0{,}4m$.

Під час застосування початкового виробляючого контуру з цими параметрами треба враховувати наступне: для забезпечення впродовж лінії зачеплення двопарного контакту необхідно, щоб зубчасті колеса виготовлялися не грубше 4-5 ступеня точності по нормах плавності і контакту (ГОСТ 1643-72); під час шліфування евольвентної поверхні зубців разом з перехідною поверхнею не повинно бути прижогів та інших технологічних дефектів.

Параметри несиметричних зубців були вибрані так, щоб збільшити густину потужності, що передається, зменшити динамічні навантаження і вібрації зубчастих коліс [9]. Дослідженнями, проведеними ЦИАМ (Центральний институт авиационного моторостроения), доведено, що міцність зубчастих передач за введеним в дію Міждержавним стандартом ГОСТ 13755-2015 (не є чинним в Україні) суттєво перевищує міцність передач за ГОСТ 13755-81. Але найбільш суттєву перевагу (більше, ніж у два рази) отримано за рівнем шуму, що характеризується добутком динамічних сил в зачепленні на швидкість коливань коліс.

ПВК з параметрами $\alpha = 25^0$, $h_\alpha^* = h_f^* = 1{,}0$ застосовується в ряді редукторів і приводів авіаційних двигунів; ПВК з $\alpha = 28^0$, $h_\alpha^* = h_f^* = 0{,}9$ пройшов багатолітнє випробування в зубчастих передачах редукторів турбовентиляторних двигунів АИ-20, АИ-24, головному редукторі Р-26 вертольоту та ін. ПВК визначає в результаті огинання заготовки форму і розміри зубців нарізаних коліс без піднутрення у основи. Такі ПВК називаються простими. Зуб такого контуру має дві виробляючі прямі і скруглення на голівці і ніжці, є рівновисоким і рівноподіленим [6]. Знаходять застосування ПВК з профільними кутами $\alpha = 22{,}5^0$, $23^0$, $25^0$ при коефіцієнті висоти ПВК $h_\alpha^* = 1{,}0$; $\alpha = 28^0$, $30^0$, у яких $h_\alpha^* = 0{,}9$, а для $\alpha = 28^0$ ще й $h_\alpha^* = 0{,}95$.

Простий ВПК використовується при виготовленні коліс з тепломіцних сталей за спеціальною технологією, що виключає прижоги та інші дефекти на поверхнях зубців. Проте, для переважної більшості прості рівновисокі і рівноподілені ВПК визначають геометрію і робочі профілі зубчастих коліс евольвентного зачеплення, але не відповідають інструменту, що остаточно формує зубці. Таким інструментом є шліфувальний круг (інструмент, в даному випадку, рейкового типу), параметри якого, як правило, істотно відрізняються від параметрів ВПК. У цьому випадку неможливо отримати перехідні поверхні основи зубців коліс, аналогічні перехідним поверхням, що відповідають ВПК. Окрім цього, зубошліфування вносить невизначеність у величину і характер розподілу залишкових напружень у основи зубців, що визначають їх згинальну міцність.

Високонапружені зубчасті колеса мають піднутрену основу зубців, що підвищує їх міцність і надійність. Зубчастим колесам з піднутреною основою зубців відповідає складний початковий виробляючий рейковий контур або так званий виробляючий контур з протуберанцем.

*ISSN 2706-7386*

Під час вирішення задач по зменшенню маси деталей авіаційних двигунів були знайдені нові параметри початкового контуру, які не відповідали ГОСТ 13755-81, але відрізнялись істотними перевагами.

На рисунку 3 [10] показано розвиток конструкцій зубців авіаційних зубчастих коліс, розроблених у ЦИАМ.

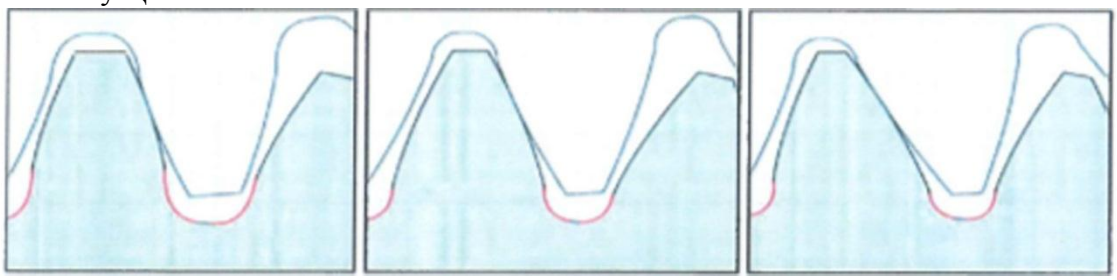


Рис.3. Розвиток конструкцій зубців авіаційних зубчастих коліс

Однією з перших запропонованих робіт були зубчасті колеса з піднутреною основою зубців (Рис.3 ліворуч). У цій конструкції перехідна поверхня (галтель) не шліфується, на поверхні галтелі не утворюються дефектні шари, що забезпечує високу згинальну міцність зубців. У наступній конструкції було запропоновано застосувати початковий контур з кутом $25^0$ (Рис.3 середній). Це забезпечило не тільки більш високу міцність, але і дозволило уникнути похибок проектування, властивих ГОСТ 13755-81. Зубчасті колеса з кутом початкового контуру $25^0$ з піднутреною основою застосовуються практично в усіх авіаційних двигунах, таких, наприклад, як АЛ-31Ф (літак СУ-27). Наступним кроком було запровадження несиметричного початкового контуру (Рис.3 праворуч). Несиметричний початковий контур дозволив отримати збільшену товщину масляної плівки між контактуючими поверхнями зубців при підвищенні коефіцієнта перекриття. Ця конструкція застосовується в редукторі двигуна ТВ7-117 літака Ил-114, забезпечуючи неперевершену довговічність двигуна.

Одночасно з розробкою несиметричного початкового контуру проводилась робота по початковому контуру для зубчастих коліс з великим коефіцієнтом перекриття. Застосування такого контуру дає можливість зменшити вібрації коліс у п’ять разів порівняно з зубчастими колесами з коефіцієнтом перекриття менше 2.

На рисунку 4 показані зубці несиметричного початкового контуру (застосовані на двигуні ТВ7-117), на рисунку 5 – зубці з коефіцієнтом перекриття більше 2 (застосовані на двигуні НК-93, літак ИЛ-76). На літаку АН-70 транспортної авіації Повітряних Сил України встановлено двигун Д-27, розроблений Запорізьким машинобудівним конструкторським бюро “Прогрес” ім. акад. А.Г. Івченко. Виробник – ВАТ “Мотор-Січ”. У редукторі цього двигуна застосовано 28-градусні модифіковані зубчасті колеса з високою міцністю на злам.

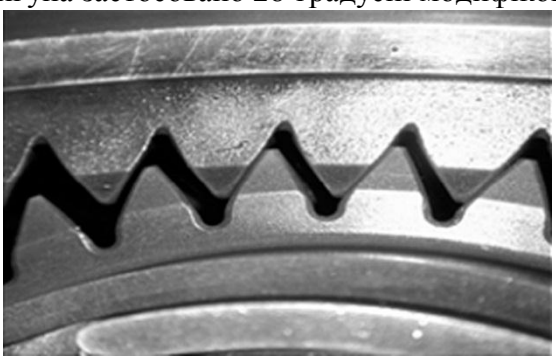


Рис.4. Зубці несиметричного початкового контуру



Рис.5. Зубці з коефіцієнтом перекриття більше 2

*ISSN 2706-7386*

У процесі розробки нового стандарту виконувались дослідження з оптимізації параметрів початкового контуру. При зменшенні кута профілю напрямної евольвенти, тобто, $\alpha_{nN} < \alpha_n$ , діаметр основного кола збільшується, а кут профілю $\alpha_{nN}$ в точці, що лежить на початковому колі, зменшується. При цьому напрямна евольвента змінює своє положення, в результаті чого товщина зубців на вершині збільшується. Важливою умовою у зв'язку з необхідністю забезпечити рівність кроків, щоб зачеплення було спряженим, є проходження напрямної евольвенти через точку, що лежить на початковому колі.

Товщину $s_w$ несиметричних зубців можна змінювати, застосовуючи для розрахунку стандартні формули з врахуванням коефіцієнта зміщення *x* початкового контуру і параметри основного профілю [2]. Методика розрахунку напружень і деформацій, а також аналіз динамічних процесів у зубчастих передачах міститься в [9]. Промислове використання зубчастих коліс з несиметричним профілем для авіаційного редуктора двигуна ТВ7-117 подано в [11]. У цьому двигуні, встановленому в літаку ИЛ-114, застосовувались кути початкового контуру 33° для основного профілю і 25° для напрямного профілю (Рис.6) [2].

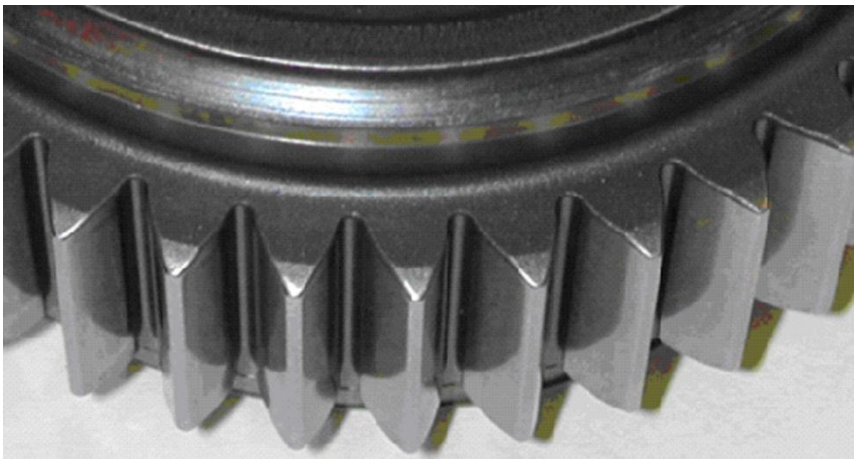


Рис.6. Зубці колеса з несиметричними профілями: основний профіль 33°, напрямний 25°

Було доведено, що для початкового несиметричного контуру найкращий кут нахилу основної сторони дорівнює $33^0$, а для суміжної сторони – $20^0$. На основі досвіду заводів у початковий контур введено новий параметр, названий приграничною зоною, що забезпечує відсутність інтерференції з перехідною кривою зубців коліс. Також додана заокруглена вершина зуба і багато інших параметрів, що покращують міцність зубчастих передач при одночасному зменшенні вібрацій.

Дорофеєвим Д.В. [12] розроблено метод аналізу контактної витривалості зубчастих передач, який може застосовуватися як до симетричних, так і до несиметричних зубців, в основі якого новий метод побудови блокірувальних контурів з відображенням на них коефіцієнтів контактної витривалості.

Розроблений ЦИАМ у 2015 році стандарт ГОСТ 13755-2015 отримав статус міждержавного, але не є чинним в Україні. Цей стандарт не призначений для конічних зубчастих коліс, але виявилося, що на його основі можуть бути створені і конічні зубчасті передачі з круговими зубцями, показані на рисунку 7 [10].

Застосування конічних зубчастих коліс з початковим контуром за вказаним стандартом дозволяє багатократно підвищити вібраційну міцність дисків коліс також за рахунок застосування демпферів. Причина в тому, що рух таких коліс в зачепленні відрізняється високою плавністю і низькими динамічними навантаженнями.

*ISSN 2706-7386*

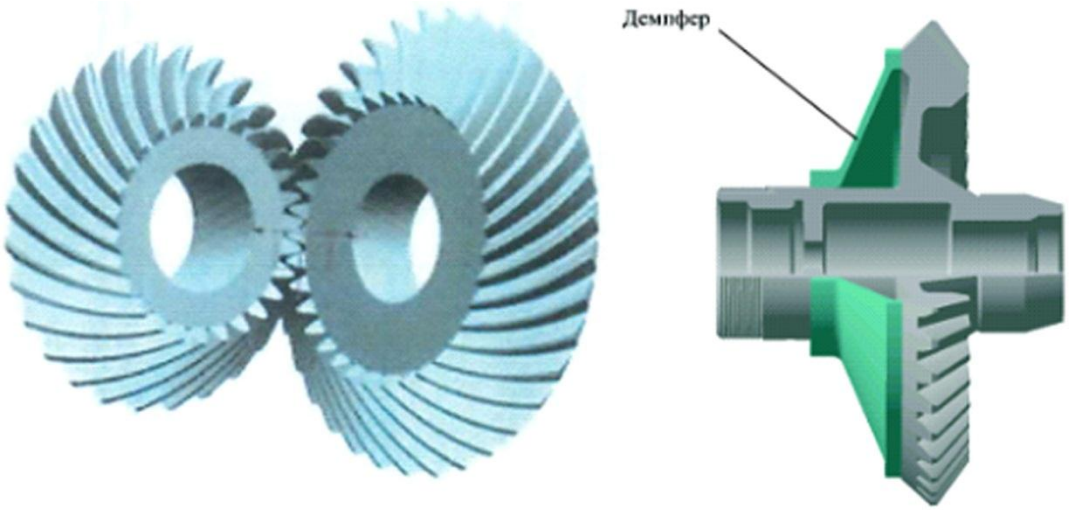



Рис.7. Конструкція конічної зубчастої передачі
з зубцями, що відповідають ГОСТ 13755-2015

У вказаному стандарті дані рекомендації по застосуванню модифікації профілю зубців у параметрах початкового контуру, приведені правила не тільки призначення, але і виміру параметрів модифікації.

Циліндричні колеса з арочними зубцями (Рис.8), як і косозубі, мають збільшений коефіцієнт перекриття і, як шевронні, не передають на опори осьове навантаження. У той же час, завдяки арочній формі, зубці мають найбільш високу жорсткість з усіх можливих конструкцій. Власне, така грунтовна якість забезпечує арочним зубчастим передачам високу довговічність і навантажувальну здатність, завдяки чому можна проектувати редуктори зі зменшеними масогабаритними характеристиками [13].



Рис.8. Циліндричні колеса з арочними зубцями

**Висновки.** Розвиток конструкцій зубців і зубчастих коліс в авіаційних редукторах призвів до застосування зубчастих передач із зубцями несиметричного профілю. Використання таких зубчастих передач підвищує міцність зубців за рахунок збільшення приведених радіусів кривини і збільшеній товщині зубців. Несиметричні зубці мають більшу товщину на вершині, що зменшує сколи зубців і, завдяки їх більшій висоті, досягається більша плавність зачепления, зменшуються згинальні та контактні напруження.

Наявний досвід серійного виробництва і експлуатації авіаційних зубчастих коліс з несиметричними профілями зубців свідчить, що найбільш висока міцність зубчастих коліс з кутом основного контуру $\alpha_n = 33°$ має місце при куті напрямного контуру $\alpha_{n\mathrm{N}} = 20°$.

Найбільша жорсткість арочних зубців з усіх конструкцій забезпечує арочним зубчастим передачам високу довговічність і навантажувальну здатність, завдяки чому можна проектувати редуктори зі зменшеними масогабаритними характеристиками.

*ISSN 2706-7386*

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Авиационные зубчатые передачи и редукторы; под ред. Э.Б. Вулгакова. – М.: Машиностроение, 1982. – 375 с.

2. Dorofeev V. Повышение прочности зубчатых колес путем применения несимметричных зубьев / V. Dorofeev, K. Arnaudov, D. Dorofeev // Scientific proceedings VIII International Congress "Machines, technologies, materials" year XIX, volume 3, P. 83-87 (2011), Varna, Bulgaria.

3. Генкин М.Д. Повышение надежности тяжелонагруженных зубчатых передач / М.Д. Генкин, М.А. Рыжов, Н.М. Рыжов. – М.: Машиностроение, 1981.

4. Либуркин Л.Я. Профильная модификация зубьев цилиндрических колес, нарезанных зуботочением / Л.Я. Либуркин // Машиноведение. – М.: Машиностроение, 1985. – № 5.

5. Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные. Исходный контур: ГОСТ 13755-1981. – [Взамен ГОСТ 13755-68; дата введения 1981-07-01]. – М.: Издательство стандартов, 1981. (Государственный стандарт Союза ССР).

6. Вулгаков Э.Б. Виброактивность зубчатых передач с коэффициентом перекрытия больше двух / Э.Б. Вулгаков, В.М. Ананьев, В.В. Голованов // Вестник машиностроения. – М.: Машиностроениеє, 1974. – №6. – С. 26-31.

7. Вулгаков Э.Б. Зубчатые передачи с улучшенными свойствами. Обобщенная теория и проектирование. – М: Машиностроение, 1974. – 264 с.

8. Вулгаков Э.Б. Теория эвольвентных зубчатых передач. – М.: Машиностроение, 1985. – 330 с.

9. Ананьев В.М. Новые подходы к проектированию зубчатых передач авиационных редукторов / В.М. Ананьев, В.Л. Дорофеев, А.Л. Капелевич // Вісник НТУ "ХПІ". – Харків: ХПІ, 2009. – Вип. № 20. – С. 19-29.

10. Применение достижений авиационной техники для развития промышлпенности России, на примере разработанного в ЦИАМ межгосударственного стандарта ГОСТ 13755-2015: конкурсная работа представленная коллективом авторов: д.т.н. Дорофеев В.Л., В.В. Голованов, С.Г. Гукасян, к.т.н. Дорофеев Д.В. в номинации: За вклад в разработку нормативной базы в авиации и авиастроении. – Рег. № 016 – 813 от 15.06.2016.

11. Novikov A.S. Application of Gears With Asymmetric Teeth in Turboprop Engine Gearbox / A.S. Novikov, A.P. Paikin, V.L. Dorofeyev, V.M. Ananiev, A.L. Kapelevich // Gear Technology, January/February. – 2008. – P.60-65.

12. Дорофеев Д.В. Анализ методов оценки контактной выносливости зубчатых передач для повышения эффективности проектирования с использованием нового метода построения блокировочных контуров / Д.В. Дорофеев // Вісник НТУ "ХПІ". – Вип. № 20. – Харків: ХПІ, 2009. – С. 59-66.

13. Паршин А.Н. Изготовление цилндрических колёс с арочными зубьями резьбовыми головками на станках с ЧПУ и опыт их внедрения / А.Н. Паршин // Сборник трудов международного симпозиума "Теория и практика зубчатых передач", Ижевск, 21-23.01.2014. – С.151-159.

**Пилипенко Олег Іванович**
доктор технічних наук, професор, провідний науковий співробітник Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна.
ORCID: http//orcid.org/ 0000-0003-0590-0107
E-mail: opilip@ukr.net

**Oleg Pilipenko**
Doctor of Technical Sciences, Professor, Lead Researcher of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine.
ORCID: http//orcid.org/ 0000-0003-0590-0107
E-mail: opilip@ukr.net

*ISSN 2706-7386*

**Колесник Денис Миколайович**
начальник науково-дослідної лабораторії Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна.
ORCID: http//orcid.org/ 0000-0001-8833-570X
E-mail: denis1971@ukr.net

**Анатолій Миколайович Березняк**
начальник науково-дослідного відділу Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна.
ORCID: http//orcid.org/ 0000-0003-4081-9152
E-mail: berezniak80@ukr.net

**Denis Kolesnyk**
Chief of Laboratory of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
ORCID: http//orcid.org/ 0000-0001-8833-570X
E-mail: denis1971@ukr.net

**Anatoli Berezniak**
Chief of Section of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
ORCID: http//orcid.org/ 0000-0003-4081-9152
E-mail: berezniak80@ukr.net

## TEETH AND GEAR WHEELS DESIGN DEVELOPMENT FOR AIRCRAFT REDUCTION TRAINS

**O Pilipenko, D Kolesnik and A Berezniak**

*The development of designs of teeth, gear wheels and gears, which have found application in gearboxes of aircraft and helicopters, is presented. Parameters of different types of initial generating circuits, their modifications and examples of application corresponding gear wheels in gearboxes of airplanes and helicopters are considered.*

*The main attention is paid to GOST 13755-2015, developed by CIAMD (Central Institute of Aviation Motor Development) and having a number of advantages over the old GOST 13755-81. The main advantage is achieved by replacing the standard tooth head height with a standard tooth tip thickness. When the teeth work along the entire active part of the gearing line with a profile angle of $25^0$, high contact and bending strength is provided, as well as resistance against galling of the surfaces of the teeth of highly stressed gears.*

*A further increase in contact strength and resource is ensured by using the initial generating circuit with a profile angle of $28^0$. Gear trains with a guaranteed overlap ratio of 2.0 have a vibration level five times lower and, in general, their bearing capacity is approximately 1.5 times higher than that of highly stressed reduction trains with an overlap ratio less than 2.0. The asymmetrical teeth parameters were chosen to increase the density of the transmitted power, as well as to reduce the dynamic loads and vibration of the gear wheels.*

*The strength of gear trains according to GOST 13755-2015 significantly exceeds the strength of gear trains according to GOST 13755-81, but the most significant advantage (more than twice) is obtained in terms of noise level. The highest strength of gears with a main circuit angle of $33^0$ occurs at a guide circuit angle of 20 °.*

*The highest stiffness of arched teeth of all designs provides arched gear trains with high durability and load capacity, which makes it possible to design reduction trains with smaller weight and size specifications.*

***Keywords:*** *teeth, gear wheels, design development, their modifications, application.*

*Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. 2020. Вип. № 4(6)*
*ISSN 2706-7386*
УДК 623.396 DOI: 10.37701/dndivsovt.6.2020.09

***Приходько С.М., Лаппо І.М., Добришкін Ю.М.*** *Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*

# РОЗРОБКА ЗАГАЛЬНИХ ВИМОГ ДО ТЕРМОБАРОКАМЕРИ

*Перевірка озброєння та військової техніки щодо якості виготовлення та виконання завдань за призначенням здійснюється виключно через проведення випробувань. Завдання проведення випробувань в рамках забезпечення реалізації Державних програм оснащення Збройних Сил України сучасним озброєнням та військовою технікою потребують належного оснащення лабораторно-випробувальної бази Збройних Сил України, яка необхідна для визначення, під час випробувань, чисельних показників технічних та експлуатаційних характеристик, що визначені державними стандартами та їх аналогами провідних країн світу для оцінки нового, модернізованого озброєння, якому продовжується ресурс та яке закуповується.*

*Під час проведення дослідження були застосовані загальнонаукові методи обробки та систематизації інформації, зокрема, системний аналіз та синтез організаційно-технічних систем.*

*Метою статі є розробка загальних вимог до термобарокамери, реалізація яких дозволить підвищити якість кліматичних випробувань нових та модернізованих зразків озброєння та військової техніки.*

*Проведено дослідження щодо обґрунтування складу термобарокамери, її основних завдань, об'єктів (цілей) дій, можливостей, умов застосування, вимог щодо взаємодії з системами управління або іншими об'єктами, з якими система поєднується. На основі проведеного аналізу в статті запропоновані загальні вимоги до термобарокамери, що дозволить підвищити якість проведення випробувань нових та модернізованих зразків озброєння та військової техніки; зменшити матеріально-технічні витрати та скоротити терміни проведення випробувань озброєння та військової техніки.*

***Ключові слова:*** *випробування, загальні вимоги, зразки озброєння та військової техніки, термобарокамера.*

**Постановка проблеми**. Відповідно до стратегічних цілей політики національної безпеки держави, задекларованих у Стратегії національної безпеки України та Воєнної доктрини України, Державній програмі розвитку Збройних Сил (ЗС) України на період до 2020 року, державних програм розвитку озброєння та військової техніки (ОВТ), змін у підготовці ЗС України, зазначених у Концепції підготовки ЗС України, одним з основних напрямів військово-технічної політики України визначено пріоритетний розвиток лабораторно-випробувальної бази (ЛВБ) ЗС України [1].

З метою якісного проведення випробувань ОВТ та на виконання рішень Постанови Кабінету Міністрів України від 18.10.2017 року № 786 “Про утворення Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки”, здійснюються заходи щодо створення ЛВБ Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки (ДНДІ ВС ОВТ) та оснащення її відповідним випробувальним обладнанням (ВО).

Одним із завдань ЛВБ є проведення випробувань на вплив зовнішніх кліматичних факторів (підвищення/пониження температури в умовах зміни тиску та інші). На сьогоднішній день ЛВБ ДНДІ ВС ОВТ не в повному обсязі оснащена випробувальним обладнанням для вирішення вище зазначених завдань. Тому, гостро постає завдання щодо розвитку та забезпечення ЛВБ обладнанням за напрямом кліматичних випробувань зразків ОВТ [2, 3].

Конкретні типи випробувального обладнання залежать від габаритних розмірів зразків ОВТ, характеристики яких плануються оцінювати, від вимог до характеристик точності. Крім того необхідно враховувати інтенсивність випробувань того чи іншого зразка ОВТ. Для проведення кліматичних випробувань застосовують різноманітне обладнання, яке відрізняється принципом дії, розмірами й технічними параметрами, наприклад, температурні й кліматичні барокамери, які призначені для моделювання кліматичних факторів навколишнього середовища й забезпечують вплив на об’єкт випробування пониженої й

*© Приходько С.М., Лаппо І.М., Добришкін Ю.М., 2020*

*ISSN 2706-7386*

підвищеної температури, вологи, інію, роси, пониженого атмосферного тиску, а також дозволяють відтворювати циклічні випробування з почерговим або одночасним впливом.

**Аналіз літератури та останніх публікацій.** Аналіз науково-технічної літератури [4-7] свідчить про те, що в передових країнах світу проводиться активна робота щодо пошуку нових технологій, способів і засобів для проведення кліматичних випробувань, застосовується різноманітне обладнання, яке відрізняється принципом дії, розмірами і технічними параметрами.

На даний час в Україні існує обмежена кількість випробувальних лабораторій, які оснащені сучасним ВО для проведення випробувань зразків ОВТ на вплив кліматичних чинників. Одним із засобів вимірювань для проведення випробувань на вплив кліматичних чинників є термобарокамера.

Наявність термобарокамери надасть можливість проведення лабораторних випробувань в стаціонарних умовах нових та модернізованих зразків ОВТ, таких як: зразки ОВТ наземної, морської, авіаційної, ракетної техніки та боєприпасів артилерії.

На думку авторів статті, вирішення даного завдання можливе шляхом створення термобарокамери вітчизняними виробниками. Це, в свою чергу, вимагає необхідні розробки загальних вимог до термобарокамери.

**Метою статті є** розробка загальних вимог до термобарокамери, реалізація яких дозволить підвищити якість кліматичних випробувань нових та модернізованих зразків ОВТ.

**Основний матеріал.** За результатами проведеного аналізу нормативних документів [8-18] розроблено загальні вимоги до термобарокамери для проведення кліматичних випробувань зразків ОВТ.

Термобарокамера призначена для проведення випробувань у стаціонарних умовах нових та модернізованих зразків ОВТ, а також їх складових частин на стійкість до впливу зовнішніх кліматичних факторів: підвищеної та зниженої температури повітря, на одночасну дію температури і зниженого тиску, а також одночасний вплив температури й тиску з метою перевірки здатності зразків ОВТ та їх складових частин виконувати свої функції, зберігати зовнішній вигляд і значення параметрів у межах, вказаних в стандартах, технічних умовах на зразки ОВТ та їх складових частин, в умовах і після тривалого впливу температури повітря та зниженого тиску під час експлуатації та зберігання згідно з вимогами діючих нормативних документів, зокрема ГОСТ В [13-16], ДСТУ 3021-95 [18].

Конструктивно термобарокамера має складатися з: камери робочого об’єму; системи вакуумної відкачки повітря або вакуумного насосу; системи охолодження; системи нагріву; системи електроживлення; системи управління; комплекту запасного інструменту та приладдя (ЗІП); комплекту експлуатаційних документів.

Основними завданнями термобарокамери мають бути:

моделювання штучних умов навколишнього середовища шляхом зміни температури та тиску, які максимально наближені до умов експлуатації та зберігання зразків ОВТ, що підлягають випробуванням, а саме:

а) підвищення температури середовища;

б) зниження температури середовища;

в) одночасної дії температури та зниженого тиску;

г) задання та контроль параметрів випробувань.

Об’єктами випробувань можуть виступати: апаратура, прилади, пристрої та обладнання військового та подвійного призначення [15].

Термобарокамера повинна забезпечувати підтримування заданої температури в режимах тепла й холоду за відсутності тепловиділень від об’єкту випробувань при підтримці заданого зниженого тиску. Випробування проводять для перевірки працездатності зразків ОВТ та їх складових частин в умовах зниженого атмосферного тиску не нижче $1{,}4 \cdot 10^2$ Па (1 мм рт. ст.). Випробування проводять при нормальній або підвищеній та зниженій температурах. Температура (нормальна, підвищена та знижена) та її конкретні значення під

час випробувань повинні бути вказані в програмі випробувань і технічних умовах на зразки ОВТ та їх складові частини.

Термін експлуатації термобарокамери має бути не менше 10 років. Час приведення термобарокамери в стан готовності до проведення випробувань має бути не більше 1 години. Максимальна потужність, що споживається, має бути не більше 16 кВт. Умови навколишнього середовища для застосування термобарокамери: температура повітря від 15 °С до 35 °С; відносна вологість повітря від 45 % до 80 %; атмосферний тиск повітря 86…106 кПа (645…795 мм рт. ст.).

Нижче наведено вимоги до основних складових термобарокамери та їх призначення.

Для проведення випробувань у камері повинні задаватися наступні параметри:

діапазон температури: від мінус 70 $^{o}$С до + 100 $^{o}$С;

допустиме відхилення температури: не більше ± 1,5 °С;

атмосферний понижений тиск: до $1{,}4 \cdot 10^{2}$ Па (1 мм рт. ст.);

точність відтворення тиску: ± 0,2 мм рт. ст.

Система відкачки повітря призначена для створення і підтримки зниженого тиску на базі пластинчато-роторного вакуумного насоса, який створює знижений атмосферний тиск у робочому об’ємі камери. Система відкачки повітря повинна забезпечувати стабільний рівень зниженого тиску і швидкість відкачування повітря, низький шум, високий експлуатаційний ресурс, мінімальний зворотній потік масляних парів.

Система охолодження призначена для охолодження та створення низьких температур у внутрішньому обсязі камери й повинна складатися з холодильного каскадного агрегату.

Система нагріву корисного об’єму призначена для створення високих температур та регулювання температури у внутрішньому об’ємі камери. Система нагріву повинна складатися із закритих або відкритих нагрівачів повітря (або блоків нагрівачів).

Система електроживлення має:

здійснювати електроживлення термобарокамери від зовнішньої промислової мережі електропостачання;

забезпечувати автоматичними пристроями відключення термобарокамери від електричних мереж для захисту від ураження електричним струмом особового складу та виведення камери із ладу.

Електрична міцність ізоляції ланцюгів живлення відносно один одного й відносно корпусу термобарокамери повинна витримувати напругу 1500 В при частоті 50 Гц.

Система управління призначена для управління процесом випробувань, а саме: введення та відображення в графічному та табличному режимах значень параметрів випробування; контроль даних, що вводяться, та попередження оператора про помилкові дії; документування, резервування і зберігання даних; автоматизований контроль готовності термобарокамери до роботи.

До складу системи управління повинен входити контролер, обладнаний сенсорним дисплеєм, який забезпечує легкий доступ до даних з екрану.

На робочому екрані дисплея, в залежності від типу випробувань, повинна бути зазначена наступна інформація: температура (задана та робоча); тиск (індикація тиску повинна відбуватися тільки під час роботи на режимах з тиском); тип випробувань (постійна температура, змінна температура, постійний тиск); стан роботи камери (стоп, робота, аварія); загальний час роботи камери з моменту включення камери в режимі “Робота”; номер кроку (поточний номер кроку програми, який виконується в даний момент часу); час кроку (таймер зворотного відліку виконання поточного кроку програми); цикл – кількість відпрацьованих циклів програми (під час роботи на режимах зі змінною температурою); індикація (візуальна) роботи охолоджувача або нагрівачем (ступінь нагріву); поточна дата й час.

Комплект з’єднувальних кабелів призначений для забезпечення злагодженої роботи камери, з’єднання її з мережею живлення, а також для дистанційного керування камерою.

Комплект з’єднувальних кабелів повинен поставлятися у складі:

комплект кабелів для підключення до персонального комп’ютера;

комплект кабелів до системи заземлення термобарокамери;

комплект з'єднувальних кабелів для під'єднання до мережі зовнішнього живлення.

Комплект запасних інструментів та приладдя повинен забезпечити працездатність та відновлення складових частин термобарокамери в гарантійний та післягарантійний період експлуатації у відповідності до вимог експлуатаційної документації.

Повнота комплекту ЗІП повинна забезпечувати можливість усунення відмов та несправностей впродовж строку служби термобарокамери на місці експлуатації силами обслуговуючого персоналу.

Запасні частини, інструменти і приладдя, що входять до комплектів ЗІП повинні відповідати технічним умовам (ТУ), паспорту або мати сертифікат відповідності. Гарантійний строк запасних частини повинен бути не менше ніж гарантійний строк основного обладнання камери.

Комплект експлуатаційних документів повинен відповідати національним стандартам України – Єдиній системі конструкторської документації та бути оформленим згідно правил виконання експлуатаційних документів відповідно [17].

До комплекту експлуатаційних документів повинна входити методика повірки (калібрування), затверджена установленим чином.

Термобарокамера має бути програмно та апаратно сумісна з персональним комп'ютером та мати можливість накопичення інформації.

Термобарокамера повинна бути обладнана USB-портом для забезпечення можливості передачі даних на стаціонарний комп'ютер та під'єднання додаткових модулів для проведення випробувань.

До комплекту поставки термобарокамери повинно входити програмне забезпечення. Програмне забезпечення повинно мати інтерфейс українською мовою, бути сумісним з операційною системою Windows.

Термобарокамера повинна бути повірена (калібрована) згідно вимог чинного законодавства.

**Висновок.** На основі проведеного аналізу обґрунтовано склад термобарокамери, її основні завдання, об'єкти (цілі) дій, можливості, умови застосування, вимоги щодо взаємодії з системами управління або іншими об'єктами, з якими система поєднується. У статті запропоновано загальні вимоги до термобарокамери, реалізація яких дозволить підвищити якість проведення випробувань нових та модернізованих зразків ОВТ; зменшити матеріально-технічні витрати та скоротити терміни проведення випробувань ОВТ.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ляшенко В.А. Розробка загальних вимог до багатопозиційної фазометричної системи траєкторних вимірювань / В.А. Ляшенко, Ю.М. Добришкін, В.М. Зозуля, К.К. Кулагін // Системи озброєння і військова техніка. – 2019. – Вип. № 4(60). – С. 86-93.

2. Обґрунтування можливих шляхів подальшого розвитку випробувального обладнання механічних, електричних та кліматичних лабораторій: звіт про НДР / Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки; керівн. Ю.М. Добришкін; вик. І.М. Лаппо [та ін.]. – Чернігів: ДНДІ ВС ОВТ, 2019. – 204 с. – № 19021/6-008.

3. Добришкін Ю.М. Розробка загальних вимог до обладнання лабораторії механічних, електричних та кліматичних випробувань / Ю.М. Добришкін, А.І. Собора, Н.В. Сокоринська // Новітні технології – для захисту повітряного простору: XV міжнародна наукова конференція, 10-11 квітня 2019 року : тези доповідей. – Харків: ХНУПС, 2019. – С. 572.

4. Малецька О. Випробувальне обладнання. Поводження на підприємстві та в лабораторії [Електронний ресурс] / О. Малецька, М. Москаленко. – Режим доступа: https://www.ipkm.org.ua/vyprobuvalne-obladnannya.

5. Аврутов В.В. Випробування приладів і систем. Види випробувань та сучасне обладнання: навчальний посібник [Електронний ресурс] / В.В. Аврутов, І.В. Аврутова, В.М. Попов. – К.: НТУУ "Київський політехнічний інститут", 2009 р. – 64 с.

6. Испытания аппаратуры и средств измерений на воздействия внешних факторов: справочник / В.Д. Малинский, В.Х. Бегларян, Л.Г. Дубицкий. – М.: Машиностроение, 1993. – 576 с.

7. Бегларян В.Х. Механические испытания приборов и аппаратов / В.Х. Бегларян. – М.: Машиностроение, 1980. – 223 с.

8. Інструкція з формування оперативно-стратегічних, оперативно-тактичних та загальних вимог до озброєння та військової техніки Збройних Сил України: наказ Генерального штабу Збройних сил України від 24.05.2016 № 213. (Генеральний штаб Збройних Сил України).

9. Устаткування випробувальне кліматичне та механічне. Терміни та визначення: ДСТУ 3011-95: [Електронний ресурс]. – [Чинний від 1996-01-01]. – Київ: Держстандарт України, 1995. –45 с. – Режим доступу: https://national_standards_ukr.academic.ru/3011-95. (Державинй стандарт України).

10. Камери кліматично-механічних комплексних випробувань. Загальні технічні умови: ДСТУ 3380-96 (ГОСТ 30460-97) [Електронний ресурс]. – [Чинний від 1997-12-05]. – Київ: Держстандарт України, 1995 – 38 с. – Режим доступу: http://twirpx.com. (Державинй стандарт України).

11. Камери тепла і холоду. Загальні технічні умови: ДСТУ 2988-95 [Електронний ресурс]. – [Чинний від 1996-01-01]. – Київ: Держстандарт України, 1995 – 34 с. – Режим доступу: https://national_standards_ukr.academic.ru2988-95. (Державинй стандарт України)

12. Вібростенди широкосмугові випадкової вібрації електродинамічні. Загальні технічні умови: ДСТУ 3379-96 (ГОСТ 30462-97) [Електронний ресурс]. – [Чинний від 1999-01-01]. – Київ, Держстандарт України, 1996 – 20 с. – Режим доступу: https://national_standards_ ukr.academic.ru3379-96. (Державинй стандарт України)

13. Комплексная система общин технических требований. Аппаратура, приборы, устройства и оборудование военного назначения. Общие технические требования, методы контроля и испытаний. Состав и общин требования к проведению испытаний: ГОСТ В 20.57.303-76 [Електронний ресурс]. – [Действующий от 1976-10-28]. – М.: Госстандарт СССР, 1976. – 59 с. – Режим доступа: http://twirpx.com. (Государственный стандарт СССР).

14. Комплексная система общин технических требований. Аппаратура, приборы, устройства и оборудование военного назначения. Общие технические требования, методы контроля и испытаний. Требования по стойкости, прочности и устойчивости к воздействию механических, климатических и биологических факторов, специальных сред и ионизирующих излучений космического пространства: ГОСТ В 20.39.304-76 [Електронний ресурс]. – [Действующий от 1976-10-28]. – М.: Госстандарт СССР, 1976. – 82 с. – Режим доступа: http://twirpx.com. (Государственный стандарт СССР).

15. Комплексная система общин технических требований. Аппаратура, приборы, устройства и оборудование военного назначения. Общие технические требования, методы контроля и испытаний. Методы оценки соответствия требованиям по стойкости, прочности и устойчивости к механическим воздействиям: ГОСТ В 20.57.305-76 [Електронний ресурс]. – [Действующий от 1976-10-28]. – М.: Госстандарт СССР, 1976. – 44 с. – Режим доступа: http://twirpx.com. (Государственный стандарт СССР).

16. Комплексная система общин технических требований. Аппаратура, приборы, устройства и оборудование военного назначения. Общие технические требования, методы контроля и испытаний. Методы испытаний на соответствие требованиям по устойчивости к климатическим воздействиям: ГОСТ В 20.57.306-76 [Електронний ресурс]. – [Действующий от 1978-01-01]. – М.: Госстандарт СССР, 1976. – 48 с. – Режим доступа: http://twirpx.com. (Государственный стандарт СССР).

17. Єдина система конструкторської документації. Правила виконання експлуатаційних документів (ГОСТ 2.610 -2006, IDT): ДСТУ ГОСТ 2.610:2006 ЄСКД (ГОСТ 2.610:2006, IDT)

[Електронний ресурс]. – [Чинний від 2006-12-26]. – К.: Держспоживстандарт України, 2007. – 20 с. – Режим доступу: http://docs.cntd.ru/document/1200045483. (Державний стандарт України).

18. Випробування і контроль якості продукції. Терміни та визначення: ДСТУ 3021-95 [Електронний ресурс]. – [Чинний від 1995-02-28]. – Київ, Держстандарт України, 1995. – 70 с. – Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=82322. (Державний стандарт України).

**Приходько Сергій Миколайович**
молодший науковий співробітник Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки
м. Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0001-9755-5368
+38093-87-94-946

**Лаппо Ірина Миколаївна**
кандидат технічних наук, доцент, старший науковий співробітник Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки
м. Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0001-9243-9763
+38050-76-00-57

**Добришкін Юрій Миколайович**
кандидат технічних наук, начальник науково-дослідного відділу Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0003-1044-1822
+3806783746475

**Serhii Prykhodko**
Junior Researcher of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0001-9755-5368
+38093-87-94-946

**Iryna Lappo**
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Senior Researcher of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0001-9243-9763
+38050-76-00-574

**Yriy Dobryshkin**
Candidate of Technical Sciences, Chief of Section of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0003-1044-1822
+380678374675

**DEVELOPMENT OF THE GENERAL REQUIREMENTS FOR THERMAL PRESSURE CHAMBER**
**S Prykhodko, I Lappo and Y Dobryshkin**

*Inspection of armament and military equipment (AME) for the quality of manufacture and purpose tasks performance is carried out exclusively through testing. Tasks of conducting tests within the framework of ensuring the implementation of State programs for equipping the Armed Forces of Ukraine with modern armament and military equipment require proper instrumentation of the laboratory and test base of the Armed Forces of Ukraine, which is necessary to determine during tests numerical indicators of technical and operational characteristics in accordance with requirements of state standards parallel to standards of world's major economies to evaluate new, upgraded armament, armament with service life extension and procured armament.*

*During the study, general scientific methods of information processing and systematization were used, in particular system analysis and synthesis of organizational and technical systems.*

*The purpose of the article is to improve the quality of testing of new and modernized pieces of AME by developing general requirements for a thermal pressure chamber.*

*A study was conducted to substantiate the composition of the thermal pressure chamber, its main tasks, objects of action, capabilities, conditions of application, requirements for interaction with control systems or other objects with which the system is combined. Based on the analysis, the article proposes general requirements for a thermal pressure chamber, which will improve the quality of testing of new and upgraded pieces of AME; reduce material and technical expenditures and reduce the time of AME testing.*

***Keywords:*** *tests, general requirements, pieces of armaments and military equipment, thermal pressure chamber.*

*Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. 2020. Вип. № 4(6)*
*ISSN 2706-7386*
УДК 62-192:623.74 DOI: 10.37701/dndivsovt.6.2020.10

***Рудніченко С.В., Камак Ю.О., Нестеренко С.О., Геращенко М.М.*** *Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*

# ТЕОРЕТИКО-МНОЖИННІ МОДЕЛІ БЕЗПІЛОТНОГО АВІАЦІЙНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ БЕЗВІДМОВНОСТІ

*У статті проводиться аналіз підходів до створення математичних моделей, орієнтованих на визначення показників безвідмовності (ПБ) безпілотних авіаційних комплексів під час їх експлуатації. Відзначається, що багато економічних і соціальних процесів можуть бути зведені до проблеми вибору, здійснюваного їхніми учасниками між декількома альтернативними (взаємовиключними або конкуруючими) варіантами дій.*

*Для забезпечення можливості визначення прогнозованих ПБ на стадії підконтрольної експлуатації (ПЕ) методами функціонального та структурного аналізу розроблена математична модель процессу визначення ПБ, орієнтована на використання динамічних байєсівських мереж довіри. В пропонованій моделі враховується марковський характер протікання процесу експлуатації, в якому відмови елементів та підсистем компенсуються діями з відновлення працездатності системи. В якості кінцевих ПБ визначені кількість відмов БпАК за ПЕ, а також середньоінтегральні за період ПЕ ймовірність безвідмовної роботи, інтенсивність відмов та наробіток на відмову. Модель оцінюється як необхідна умова для подальшої розробки спеціалізованого програмного забезпечення для вирішення завдання визначення ПБ БпАК.*

***Ключові слова:*** *безпілотні авіаційні комплекси, підконтрольна експлуатація, показники безвідмовності, математична модель, системний аналіз.*

**Постановка проблеми.** Проблема підтримання на високому рівні конструктивної, економічної та функціональної відповідності безпілотних авіаційних комплексів (БпАК) продовжує залишатись актуальною впродовж тривалого часу. Забезпечення високих тактико-технічних показників БпАК стає задачею всіх без винятку стадій їх життєвого циклу. До того ж фактичне оцінювання якості безпілотних комплексів проводиться за допомогою різного роду випробувально-експериментальних робіт, серед яких помітне місце займає стадія підконтрольної експлуатації (ПЕ), оскільки вона, образно кажучи, “ставить майже останню крапку” у висновку про придатність БпАК до умов використання, визначених тактико-технічним завданням на його розробку та технічними умовами.

Підконтрольна експлуатація БпАК займає в його життєвому циклі чітко визначений час, але за цей час дослідник повинен одержати точну, релевантну та документовану інформацію, на основі якої можна з заданою впевненістю спрогнозувати показники його безвідмовності в подальші періоди практичного використання.

Дані про відмови, одержані впродовж експлуатації, характеризуються випадковими моментами їх появи та випадковим місцем виникнення останніх. З цієї причини вони мають вважатися не повністю детермінованими і їх обробка вимагає використання адекватного математичного апарату. Процес підконтрольної експлуатації, за яким взаємодіє сам БпАК як складна технічна система, для свого аналізу і одержання коректних його результатів повинен бути описаним формально-математично. Дана стаття присвячена опису згаданої математичної моделі, яка орієнтована на прогнозування показників безвідмовності БпАК.

**Аналіз досліджень та публікацій**. Багато економічних і соціальних процесів можуть бути зведені [1] до проблеми вибору, здійснюваного їхніми учасниками між декількома альтернативними (взаємовиключними або конкуруючими) варіантами дій. В якості прикладів можна привести:

*© Рудніченко С.В., Камак Ю.О., Нестеренко С.О., Геращенко М.М., 2020*

*ISSN 2706-7386*

1. завдання про поводження споживачів на конкурентному ринку [2], в якому споживач приймає інвестиційні рішення в умовах вибору між декількома альтернативними проєктами;

2. вибір можливих транспортних систем для здійснення пасажирських і вантажних перевезень;

3. вибір серед альтернативних можливостей економічного розвитку територій;

4. прийняття рішень на спекулятивних фінансових ринках (ставки на підвищення або зниження ціни використовуваних інструментів) і т.д.

У цій роботі [2] розглянута ймовірнісна математична модель конкурентного ринку, у рамках якої процедура вибору споживачем продукту однієї з конкуруючих компаній трактується як марковський випадковий процес. Сформульовано основні рівняння моделі, які дозволяють визначити ймовірність стану ринку з визначеною кількістю споживачів продукції кожної з конкуруючих компаній, і проведено їхнє рішення. Обговорено можливі сфери застосування моделі та можливість підходу до аналізу розподілу споживачів з позицій так званої "квантової" логіки, за якою кожен споживач може одночасно вибирати кілька альтернативних варіантів.

Робота [3] присвячена розгляду способу визначення кількісних показників рівня безвідмовності літальних апаратів при їхньому створенні та експлуатації на основі проєктної оцінки показників на рівні апріорного аналізу та експериментальної оцінки на рівні апостеріорного аналізу. Автори роботи користуються методами математичної статистики для обробки результатів експериментів, до того ж робиться спроба врахувати деяку неоднозначність одержаних результатів і певну протирічність частини з них.

В статті [4] розглядається завдання вибору математичної моделі зміни стану об'єкту за даними вимірів, з урахуванням нечітких помилок. Пропонується алгоритм (процедура) рішення на основі теорії нечітких множин. Приводиться практичний приклад застосування.

Пропонований авторами алгоритм може бути використаний при дослідженні й аналізі поводження технічних, соціальних, біологічних та інших об'єктів різної фізичної природи.

У статі зроблена спроба вибору математичної моделі зміни стану досліджуваного об'єкта за умови впливу на результати спостережень процесів, які мають нечітку структуру. Певні зовнішні впливи роблять короткочасні або відмінювані зміни параметрів, а інші, навпаки, істотно впливають на зміни таких параметрів. Існує досить широкий клас завдань, для яких ступінь зовнішніх впливів складно, а часом, і практично неможливо описати традиційними характеристиками з теорії ймовірностей, математичної статистики, або задати обмеження, як у мінімаксному підході. Прикладами можуть служити завдання економічних, соціологічних та подібних їм прогнозів, де "перешкодами" моделі можуть служити сучасні інформаційні потоки: стрічки новин, інтернет, телебачення, радіо, газети та інші джерела інформації. Вхідна інформація може впливати на базову модель, побудовану на основі строгих аналітичних розрахунків. Допомогу у знайденні рішення може надати теорія нечітких множин, яка дозволяє визначити вплив інформації на досліджуваний об'єкт.

Розглядається ситуація, коли функціонування деякого об'єкта в часі описується зміною одного або декількох незалежних один від одного параметрів. Встановлена можливість спостереження за змінами цих параметрів (зняття показань). У процесі функціонування об'єкт піддається впливу на нього множини факторів, для яких характерні невизначені зміни, у тому числі короткочасні та такі, що можуть бути відмінені. Вплив таких факторів приводить до нечітких змін значень параметрів, які характеризують стан об'єкта. У статті зроблено висновок, що без врахування впливу нечітких факторів можна розраховувати лише на одержання тільки усередненої характеристики (тенденції) поведінки об'єкта в часі.

Таким чином, наявні в літературі підходи показують, що для розв'язання задачі прогнозування показників безвідмовності (ПБ) БпАК необхідна розробка адекватної математичної моделі, яка повинна враховувати наступні аспекти:

– структурну складність БпАК як технічної системи;

– часові зміни, які відбуваються в процесі підконтрольної експлуатації БпАК;

– ймовірнісний характер ПБ БпАК.

Такі властивості мають математичні моделі, побудовані на базі теорії множин, одна з реалізацій яких описана у цій роботі.

**Викладення основного матеріалу.** Нижче наводиться загальний опис математичної моделі, яка базується на використанні динамічних байєсівських мереж довіри [5]. Цю модель прогнозування показників безвідмовності БпАК (Failure-free Work Prognosis, *FWP*) можна виразити четвіркою

$$FWP=(UAS, PE, DBN, A), \quad (1)$$

де *UAS* – безпілотний авіаційний комплекс (БпАК);

*PE* – процес підконтрольної експлуатації БпАК;

*DBN* – динамічна байєсівська мережа довіри;

*A* – алгоритм обчислення ПБ БпАК за результатами ПЕ.

Об'єкти, які входять в кортеж (1), самі, в свою чергу, являються математичними моделями. Їх компоненти певним чином взаємодіють між собою, чим забезпечується розв'язання науково-практичного завдання визначення ПБ БпАК. Для прояснення цих особливостей розкриємо їх зміст детальніше.

Безпілотний авіаційний комплекс в контексті даної роботи математично моделюється [6] четвіркою:

$$UAS=(UAL, L, GCS, CM), \quad (2)$$

де *UAV* – безпілотний літальний апарат (БпЛА);

*L* – підсистема зв'язку між БпЛА та БпАК;

*GCM* – наземна станція керування комплексом (НСК);

*CM* – граф каузальної структурної моделі [7, 8] БпАК з точки зору забезпечення його безвідмовності як технічної системи, графічно представлений на рисунку 1.

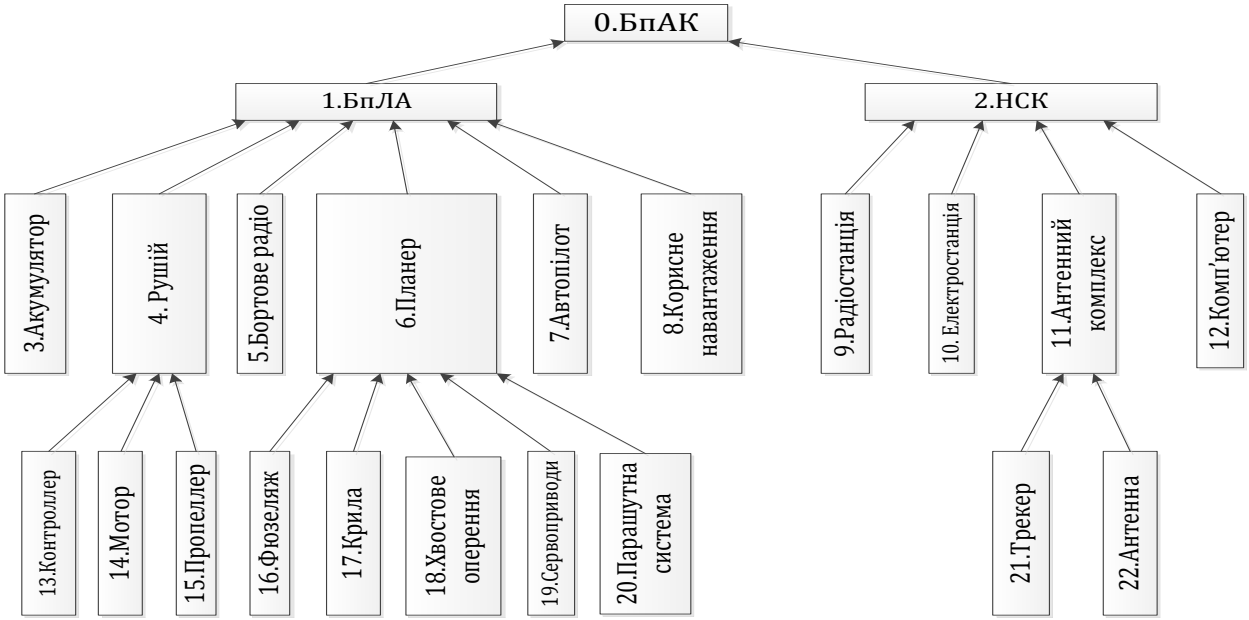



Рис.1. Структурна модель забезпечення безвідмовності БпАК

Оскільки структурна модель *CM* (Рис.1) вже містить достаньо повну інформацію про декомпозицію БпАК на більш дрібні підсистеми (компоненти), то формально-алгебраїчного

опису цього процесу тут не наводиться. Топологічну та змістовну інформацію рисунку 1 можна безпосередньо використати при практичному синтезі динамічної ймовірнісної байєсівськї мережі довіри (компонента *DBN*, описана нижче).

Підконтрольна експлуатація *PE* як об'єкт математичної моделі (1) представляє собою процес різновиду "марківський ланцюг" [9], оскільки в моделі враховується фактор поступового зниження з часом ймовірності безвідмовної роботи всіх елементів, які вважаються до того ж відновлюваними за різними алгоритмами після відмов. Вважаючи модельований час дискретним (тобто таким, який змінюється фіксованими інтервалами – кроками), поведінка марківського ланцюга для кожного конкретного елементу БпАК описується [10] так званими матрицями переходів. Кожна така матриця має вигляд:

$$MT = \begin{array}{c|c|cccc} & & \multicolumn{4}{c}{\text{на кроці } t} \\ & & s_1 & s_2 & \dots & s_k \\ \hline \text{на кроці } t+1 & s_1 & p_{11} & p_{12} & \dots & p_{1k} \\ & s_2 & p_{21} & p_{22} & \dots & p_{2k} \\ & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ & s_k & p_{k1} & p_{k1} & \dots & p_{kk} \end{array} \qquad (3)$$

Стовпці *MT* відповідають станам об'єкта $s_1, \dots s_k$ на часовому кроці *t*, а рядки – тим же станам на часовому кроці *t+1*. Елемент цієї матриці $p_{ij}$ виражає ймовірність того, що на наступному кроці об'єкт зі стану $s_i$ перейде в стан $s_j$. Переходи з любого стану до всіх можливих станів об'єкта (в тому числі і того самого стану) становлять повну групу подій. Оскільки для такої групи сума ймовірностей дорівнює 1, то і в матриці *MT* сума елементів в кожному стовпці теж 1. Для стаціонарного марковського ланцюга вид *MT* не змінюється в часі.

У запропонованій математичній моделі матриці переходів елементів та підсистем БпАК відображаються на матриці розподілів умовних імовірностей (РУІ) вузлів динамічної байєсівської мережі (ДБМ), які інцидентні темпоральним зв'язкам.

Іншою обставиною, яка міняє стан об'єктів у БпАК, є їхні відмови та відновлення їх працездатного стану після відмов. Класичний опис динаміки марковських процесів [11] не дає ефективного опису їх протікання в таких складних умовах. Саме з цієї причини завдання даного дослідження вирішується використанням ймовірнісного моделювання за допомогою динамічних байєсівських мереж. Врахування впливу відмов і відновлень на параметри безвідмовності БпАК в даному дослідженні вирішуються скоординованим використанням ДБМ *DBN* та алгоритму *A* (1).

Сказане дозволяє формально визначити підконтрольну екплуатацію як:

$$PE = \{MT_i\} |\ i \in \mathbb{N},\ \mathbb{N} = 1 \dots N, \qquad (4)$$

де *N* – кількість елементів (підсистем) БпАК, для яких моделюється марковська динаміка.

Динамічна бйєсівська мережа довіри як головний інструмент вирішення поставленого науково-практичного завдання являє собою граф, математично описуваний четвіркою:

$$DBN=(V, C, D, T), \qquad (5)$$

де $V = \{\boldsymbol{v_i}\} |\ i \in \mathbb{N},\ \mathbb{N} = 1 \dots N$ – множина вершин графу потужністю *N*, які є моделями випадкових змінних із заданими розподілами апріорних ймовірностей. Значення, які можуть приймати ці величини (використовується також термін "виходи"), відповідають справному стану відповідного елементу (підсистеми) БпАК, або стану його відмови. Таким чином, будемо вважати ці змінні двохальтернативними дискретними, вони матимуть рівно два виходи із змістом "справне" та "несправне";

$C = \{c_{ij}\} |\ i,j \in \mathbb{N},\ \mathbb{N} = 1 \dots M$ – множина орієнтованих ребер графу потужністю *M*. Любе ребро $c_{ij}$ починається в вершині $v_i$ і скеровано до вершини $v_j$ (умова орієнтованості графу [12]). В цьому випадку вершину $v_i$ називають батьком (parent) вершини $v_j$, відносно якої використовується термін "потомок" ("нащадок").

З урахуванням введеного відношення "батько-потомок" визначимо в $V$ підмножину вузлів, які є листями графу *DBN* і які відповідають визначенню:

$$\forall v_i : (\nexists v_r = \rho(v_i)), \tag{6}$$

де

$$\rho(v) = \begin{cases} v_\rho - \text{батько вузла } v, & \text{якщо він існує;} \\ \emptyset - \text{в іншому випадку.} \end{cases} \tag{7}$$

Серед елементів *C* визначимо підмножину:

$$C^\tau \subseteq C | C^\tau = \{c_{i(t-\Delta t)j(t)}\} |\ i,j \in \mathbb{N}, \mathbb{N} = 1 \dots M, \tag{8}$$

темпоральних ребер графу ДБМ, які є носями марківських властивостей вузлів. Подібне ребро графу моделює матрицю *MT* (3) для переходів вузла $v_j$ в новий стан на часовому кроці *t* в залежності від стану вузла $v_i$ на часовому кроці *t-Δt*.

Крім того, підмножина нетемпоральних причинно-наслідкових зв'язків:

$$C^c = C \setminus C^\tau,$$

для байєсівських мереж довіри має відповідати умові:

$$\forall v_i : (\nexists v_i | \rho(\rho(\dots \rho(v_i) \dots)) = v_i), \tag{9}$$

що вербально означає відсутність в графі замкнених контурів з незмінним напрямом обходу (умова ациклічності).

$D = \{d_i\} |\ i \in \mathbb{N},\ \mathbb{N} = 1 \dots N$ – множина розподілів прямих апріорних імовірностей виходів вузлів-листів графу, або розподілів апріорних умовних ймовірностей вузлів-нелистів графу, визначена на множині комбінацій виходів вузлів-батьків:

$$d_i = \{p_{jk}(L_j)\} |\ j \in \mathbb{N}, \mathbb{N} = 1 \dots N, \tag{10}$$

де

$$L_j = L^j_{\rho 1} \times L^j_{\rho 2} \dots \times L^j_{\rho R} = \prod_{s=1}^{R} L^j_{\rho s}. \tag{11}$$

В формулі (11) $L^j_{\rho s}$ – множина результатів (виходів), які може приймати *s*-тий батько *j*-го вузла ДБМ, ×– символ прямого декартового добутку множин.

$T = \{\langle v_i, e_i, t_i \rangle\} |\ i \in \mathbb{N},\ \mathbb{N} = 1 \dots T_{max}$ – множина часових означень. Кожне таке означення вноситься оператором в таблицю часових означень (фактичних станів) вузла $v_i$, і воно фіксує той факт, що вузол $v_i$ на часовому кроці $t_i$ мав стан $e_i$ ("працездатний" або "такий, що відмовив"). Образно кажучи, множина $T$ є аналогом протоколу проходження підконтрольної експлуатації безпілотним авіакомплексом. Потужність $|T| = T_{max}$ не перевищує тривалості ПЕ.

Алгоритм визначення прогнозованих показників безвідмовності БпАК формально описується кортежем-трійкою:

$$A = \langle InData, OutData, Action \rangle. \tag{12}$$

де $InData = \{\langle v_i, f_i, t_i \rangle\} |\ i \in \mathbb{N},\ \mathbb{N} = 1 \dots K$ – вхідні дані алгоритму, які представлені множиною (або базою даних) карток обліку несправностей (КОН) потужністю *K*, кожна з яких містить, окрім іншого, опис несправності $f_i$, яка сталася в компоненті БпАК $v_i$, та номер часового кроку $t_i$, коли це сталось;

$OutData = \{\langle p_i, t_i \rangle\} |\ i \in \mathbb{N},\ \mathbb{N} = 1 \dots T_{max}$ – вихідні дані ймовірнісного моделювання процесу ПЕ. Кожен елемент з $OutData$ містить значення $p_i$ поточної (на часовий крок $t_i$ )

ймовірності безвідмовної роботи БпАК. За цими даними обчислюються вихідні прогнозні ПБ $(N^*, T^*, \lambda^*, P^*)$;

$Action$ – опис послідовності дій, якими через дані, одержані в процесі підконтрольної експлуатації, обчислюються кінцеві прогнозовані ПБ БпАК. Опис цієї послідовності дій з визначеним способом використання всіх параметрів та даних математичної моделі і становить пропонований у даному дослідженні метод вирішення сформульованого науково-практичного завдання. Опис методу наводиться нижче.

Загальна схема об'єктів математичної моделі наведенна на рисунку 2.

На рисунку 2 збережені імена об'єктів, наведених у формулах (1-12). Математична модель має ієрархічну структуру, суцільні стрілки відповідають послідовній декомпозиції складних об'єктів, описаних кортежами, до простих множин нижнього рівня.

Пунктирні стрілки показують семантичні зв'язки в моделі, тобто те, як одні об'єкти моделі впливають на інші або використовуються іншими. Так, наприклад, видно, що множина матриць переходів $\{MT_i\}$ відображається в множину розподілів темпоральних умовних ймовірностей $\{p_{jk}(L_j)\}$.

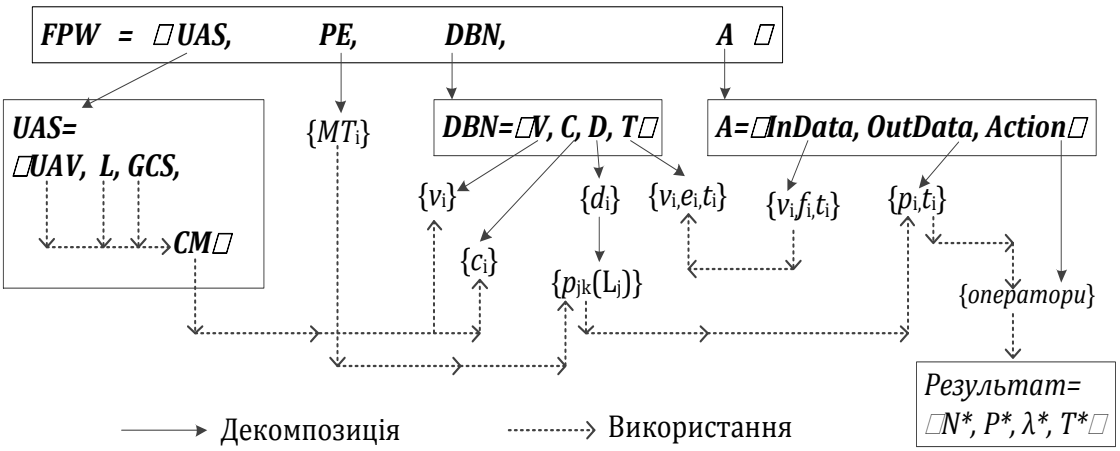



Рис.2. Загальна схема декомпозиції та взаємодії об'єктів математичної моделі прогнозування показників безвідмовності БпАК за результатами ПЕ карток обліку несправностей $\{\langle v_i, f_i, t_i\rangle\}$ перетворюються в темпоральні означення $\{\langle v_i, e_i, t_i\rangle\}$, які використовує ДБМ *DBN*, і так далі

**Висновки.** Проведений аналіз показав, що процес підконтрольної експлуатації, з яким взаємодіє сам БпАК як складна технічна система, для свого аналізу і одержання коректних його результатів може бути описаним формально-математично.

Розроблена математична модель має ієрархічну структуру і об'єднує в собі опис самого БпАК, процесу підконтрольної експлуатації, динамічної байєсівської мережі як інструменту ймовірнісного моделювання і оцінювання. В моделі наявна компонента, яка є множиною алгоритмів обробки даних, які одержуються процесі ПЕ.

Модель описана на абстрактному множинно-теоретичному рівні, що відкриває можливості для її подальшого розвитку і конкретизації.

Розроблена математична модель, яка орієнтована на прогнозування показників безвідмовності БпАК, є теоретичним прототипом та передумовою для подальшої розробки спеціалізованого програмного забезпечення для підтримки прогнозування ПБ БпАК.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Синицын Е.В. Вероятностная математическая модель процесса конкуренции / Е.В. Синицын, А.В. Толмачев, С.Б. Петров, С.В. Вихарев, Д.А. Брусянин // Вероятностные математические модели экономических процессов. Труды XI Международной конференции "Российские регионы в фокусе перемен". – Екатеринбург, 2016.– с. 80-85.

2. Синицын Е.В. Использование информационной модели для оценки интеллектуальной собственности / Е.В. Синицын, Г.В. Астратова, Л.А. Фришберг // Практический маркетинг № 5(171), 2011. – С. 28-35.

3. Махитько В.П. Методы определения количественных показателей безотказности изделий авиационной техники на этапе послепродажного обслуживания. / В.П. Махитько, Л.Б. Бажов, А.Н. Конев // Научный вестник УВАУ ГА(И). – Ульяновск: Ульяновский институт гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б.П. Бугаева, 2012. – №4. – С. 71-75.

4. Розенбаум А.Н. Применение теории нечётких множеств при построении математической модели. / А.Н. Розенбаум, И.И. Кислова // Труды Международного симпозиума "Надежность и качество". – Москва, 2009. – С. 119-122.

5. Onisko A., Druzdzel M.J., Austin M. Application of Dynamic Bayesian Networks to cervical cancer screening. In Proceedings of Artificial Intelligence Studies, Vol. 6(29), pages 5-14, Siedlce: Publishing House of the University of Podlasie, 2009.

6. Пащук Ю.М. Тактичні безпілотні авіаційні комплекси: можливості та обмеження у застосуванні. / Ю.М. Пащук, Ю.П. Сальник // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2015. – Вип. № 1(18). – С. 23-28.

7. Шаповалова И.С. Структурная и каузальная модель организационной культуры / И.С.Шаповалова // Аспирантский вестник Поволжья. – 2008. – Вип. № 1-2. – С. 166-169.

8. Запорожцев А.В. Моделирование технических систем // Фундаментальные исследования. – 2014. – Вип. № 8-6. – С. 1288-1294.

9. Коршунов Ю.М. Математические основы кибернетики: уч. пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 1980 – 424 с.

10. Вентцель Е.С. Исследование операций: задачи, принципы, методология: учебное пособие / Е.С.Вентцель. – 5-еизд., стер. – М.: КНОРУС, 2013. – 192 с.

11. Кузнецов О.П. Дискретная математика для инженера. 6-е изд., стер. – СПб: Издательство "Лань", 2009. – 400 с.

12. Басакер Р. Конечные графы и сети. / Р. Басакер, Т. Саати // Finite Graphs and Networks.– М.: Наука, 1974. — 368 с.

**Рудніченко Сергій Володимирович**
провідний науковий співробітник Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0002-1810-142X

**Камак Юрій Олександрович**
начальник науково-дослідного управління Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0003-1953-411X

**Serhii Rudnichenko**
Lead Researcher of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0002-1810-142X

**Yurii Kamak**
Chief of Division of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0003-1953-411X

**Нестеренко Сергій Олександрович**
кандидат технічних наук, доцент, провідний науковий співробітник Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0002-4721-6883
**Геращенко Максим Михайлович**
начальник науково-дослідного відділу Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0001-6587-0355

**Sergii Nesterenko**
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Lead Researcher of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0002-4721-6883
**Maksym Herashchenko**
Chief of Section of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0001-6587-0355

## SET-THEORETIC MODELS OF AN UNMANNED AERIAL SYSTEM FOR PREDICTING FAILURE-FREE FACTORS

**S Rudnichenko, Y Kamak, S Nesterenko and M Herashchenko**

*The article analyzes the approaches to the creation of mathematical models focused on determining the failure-free factors of unmanned aerial systems during their operation. It is noted that many economic and social processes can be narrowed down to the problem of the choice made by their participants between several alternative (mutually exclusive or competing) options.*

*Examples include the problem of consumer behavior in a competitive market in which the consumer makes investment decisions in the context of choosing between several alternative projects; selection of possible transport systems for passenger and cargo transportation; choosing among alternative opportunities for the economic growth of territories, decision-making in speculative financial markets (using instruments to buy for a rise or sell short) and others.*

*To ensure the possibility of determining the predicted failure-free factors at the stage of performance evaluation by methods of functional and structural analysis, a mathematical model of the process of determining failure-free factors was developed, focused on the use of dynamic Bayesian belief networks. The proposed model takes into account the Markovian character of the operation process running, in which failures of elements and subsystems are compensated by actions to restore the system. The failure rates of UAS during performance evaluation, as well as the average integral value survival rate for the period of performance evaluation, the rate of occurrence of failures and time to failure are determined as the final failure-free factors. The model is evaluated as a necessary condition for further development of specially configured software to solve the problem of determining failure-free factors of unmanned aerial systems.*

***Keywords:*** *unmanned aerial system, in-service evaluation, reliability factors, mathematical model, system analysis.*

*Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. 2020. Вип. № 4(6)*
*ISSN 2706-7386*
УДК 528.531 DOI: 10.37701/dndivsovt.6.2020.11

***Стригун В.В., Барвінок Р.Д., Білоус О.В., Толмачов В.Ю.*** *Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*

# ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИЧНОГО АПАРАТУ ВИПРОБУВАННЬ НАВІГАЦІЙНОЇ АПАРАТУРИ СПОЖИВАЧІВ ГЛОБАЛЬНИХ НАВІГАЦІЙНИХ СУПУТНИКОВИХ СИСТЕМ З ВИКОРИСТАННЯМ ІМІТАТОРА НАВІГАЦІЙНИХ СИГНАЛІВ

*У статті проведено аналіз існуючих методик випробування апаратури споживачів супутникових навігаційних систем різного функціонального призначення, запропоновано методичний підхід щодо організації проведення випробувань апаратури споживачів ГНСС, який полягає в наступному: розробка варіантів використання обладнання з використанням імітатора навігаційних сигналів; методика оцінки точності визначення координат і швидкості, а також завадозахищеності апаратури споживачів ГНСС.*

***Ключові слова:*** *глобальні навігаційні супутникові системи, супутникова навігація, апаратура споживачів, випробування озброєння та військової техніки, методичний апарат випробувань, методика оцінки точності визначення координат.*

**Актуальність** цієї статті обумовлена тим, що створення сучасних та вдосконалення (модернізація) існуючих зразків озброєння та військової техніки (далі – ОВТ) різного призначення, до складу якої входить апаратура, що використовує сигнали глобальних навігаційних супутникових систем (далі – ГНСС), потребує формування нового підходу до вибору методів випробувань та їх реалізації.

Супутникові навігаційні технології широко застосовуються у всьому світі. Існуючі системи постійно модернізуються, вводяться нові супутники, удосконалюються супутникові сигнали, створюються сигнали військового призначення, більш стійкі до впливу завад, розгортаються наземні системи навігації, поліпшуються характеристики апаратури споживачів ГНСС.

Перші офіційні зусилля з визначення процедур тестування для приймачів GPS визначені в статті [1], в якій розглянуті ключові концепції стандарту [2]. Такі процедури були широко застосовані виробниками апаратури споживачів ГНСС та через два десятиліття випробувальні організації все ще посилаються на них у своїх офіційних документах. Відсутність національних стандартів, які регламентують процес випробувань апаратури споживачів ГНСС, викликає потребу розробки процедур тестування, що дозволить врахувати досвід європейських стандартів та імплементувати вимоги стандартів блоку НАТО. Таким чином, розробка процедур тестування дозволить вимірювати наступні характеристики: чутливість приймача при виявленні та супроводженні, час між першим та повторним виявленням, статичну та динамічну точність виявлення місцезнаходження та стійкість до багатопроменевих та радіочастотних завад.

Крім того, при проведенні випробувань, тестування, визначення технічних характеристик апаратури споживачів ГНСС виникає ціла низка проблем [3]:

1. складно забезпечити повну повторюваність експериментів;
2. невизначений рівень потужності сигналів від навігаційних супутників на вході пристрою, що тестується;
3. практична організація випробувань апаратури ГНСС, яка входить до складу авіаційних, морських зразків озброєння, а також ракет, складна і має високу вартість.

Використання генераторів сигналів для моделювання ГНСС має переваги перед використанням реального ГНСС-сигналу. Це пов'язано з тим, що під час використання реальних сигналів, умови випробувань змінюються постійно і непередбачувано, тому малоймовірно, що два однакових послідовних випробування будуть виконані в однакових умовах.

Випробування із застосуванням реальних сигналів ГНСС унеможливлює справжнє

*© Стригун В.В., Барвінок Р.Д., Білоус О.В., Толмачов В.Ю., 2020*

*ISSN 2706-7386*

порівняння подібного з подібним.

Проведення тесту “go/no-go” (“на ходу/без руху”) для апаратури з використанням сигналів ГНСС є проблематичним. Залежно від призначення, приймач, можливо, потребуватиме тестування не лише в лабораторних, але й у реальних умовах, оскільки спостережувані показники значною мірою залежать від самої системи ГНСС.

Вирішення вказаних проблем можливе завдяки розробці сучасного методичного апарату проведення випробувань та використанню сучасного обладнання, а саме: імітаторів, апаратури запису та відтворення сигналів ГНСС, апаратури генерації сигналів широкого спектру, програмного забезпечення для тестування апаратури споживачів ГНСС в лабораторних умовах.

Вказані заходи дозволяють повністю автоматизувати процес випробування шляхом багаторазового виконання заданих користувачем сценаріїв. Тому, метою статті є вдосконалення методичного апарату організації проведення випробувань та розробка пропозицій щодо варіантів застосування обладнання для проведення випробування апаратури споживачів ГНСС.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій** щодо існуючих нормативних документів щодо тестування апаратури споживачів ГНСС свідчить про те що, незважаючи на зростаючу кількість та розширення сфер їх застосування, існує не так багато міжнародних стандартів, які регламентують процес випробувань навігаційної апаратури.

Існують стандарти продуктивності для критично важливої інфраструктури, такі як 3GPP для стільникового зв’язку та ITU G.8272 для точної синхронізації часу в мережах 4G, LTE і 5G. В авіації існує безліч стандартів безпеки життя, наприклад, стандарти RTCA DO, що стосуються заходу на посадку і посадки за допомогою апаратури споживачів ГНСС. Існують європейські стандарти, що регламентують питання роботи апаратури споживачів [4, 5]. Крім того, є стандарти НАТО [6], “INTRODUCTION TO NAVSTAR GPS USER EQUIPMENT” (Представлення обладнання користувача супутникової глобальної радіонавігаційної системи NAVSTAR GPS), “THE NATO SATELLITE NAVIGATION WARFARE (NAVWAR) FRAMEWORK” (Основи супутникової навігаційної боротьби НАТО (NAVWAR)), “GUIDANCE FOR IFR CERTIFICATION OF NAVIGATION SYSTEMS USING GPS PPS” (Настанова щодо сертифікації навігаційних систем, які використовують службу точного позиціонування Системи глобального позиціонування (GPS PPS) на відповідність Правилам польотів за приладами (IFR)), “THE NATO GUIDELINE FOR GNSS USER EQUIPMENT STANDARDIZED FIELD TEST SCENARIOS” (Стандартизовані сценарії випробувань в умовах реальної експлуатації обладнання користувача Глобальної навігаційної супутникової системи (GNSS)), “NAVIGATION WARFARE DEFINITION – ANP-4621 EDITION A” (Визначення поняття “Навігаційна боротьба”).

**Виклад основного матеріалу.** Практичний досвід проведення випробувань систем з підтримкою ГНСС свідчить, що на результат вимірювань впливає безліч різних чинників – від внутрішньої схеми пристроїв до середовища розповсюдження сигналу, в якій вони використовується. У цій роботі запропоновано методичний апарат, що дозволить проводити випробування апаратури ГНСС та характеризувати продуктивність системи, гарантувати відповідність стандартам якості виробника та очікуванням кінцевого користувача. Запропоновані тестові сценарії оцінюють показники ефективності приймача за такими основними параметрами:

точність позиціонування;
кількість ГНСС, що підтримуються;
стійкість до завад;
розпізнавання підроблених сигналів;
підтримка кодів військового призначення;
час до першого виявлення координат;
чутливість приймача;
обмеження по швидкості;

*ISSN 2706-7386*

час повторного виявлення.

У лабораторних умовах під час випробувань апаратури споживачів ГНСС рівень сигналу повинен регулюватись в залежності від завдань експерименту. Наприклад, дозволяти дискретне ослаблення для точного визначення порогу чутливості приймача, а також повинен мати гнучкість для створення сценаріїв, які можуть представляти ймовірне використання в реальних умовах та змушувати приймач працювати на межі його ефективності.

Створене навігаційне поле повинно бути повним і достовірним, піддаючи пристрій реалістичним сигналам у всій їх складності та деталізації, при цьому тести повинні бути спроможними повторюватись. Як наслідок, ступінь автоматизації тестування ГНСС підвищує якість випробувань.

Випробування апаратури споживачів ГНСС в лабораторних умовах можливе із застосуванням імітаторів навігаційних сигналів. Такі імітатори виробляють вітчизняні та зарубіжні фірми. Імітатори розрізняються додатковими можливостями по імітації різних сценаріїв руху, багатопроменевого випромінювання, обліку поширення радіохвиль через атмосферу та інше (табл. 1).

Таблиця 1

Існуючі імітатори навігаційних сигналів

| Назва | Виробник |
|---|---|
| R&S®SMBV100B | Rohde&schwarz, Швейцарія |
| GSS700, GSS9000 | Spirent Communications plc, США |
| GSG-5 | Spectracom, США |
| СН-3810 | ТОВ “КБ Центр”, Україна |

Також важливою складовою випробувань є використання генераторів сигналів різноманітних діапазонів, що здатні працювати разом з імітаторами та іншим обладнанням.

На рисунку 1 зображено варіант застосування апаратури споживачів ГНСС в лабораторних умовах із застосуванням імітатора навігаційних сигналів СН-3810.

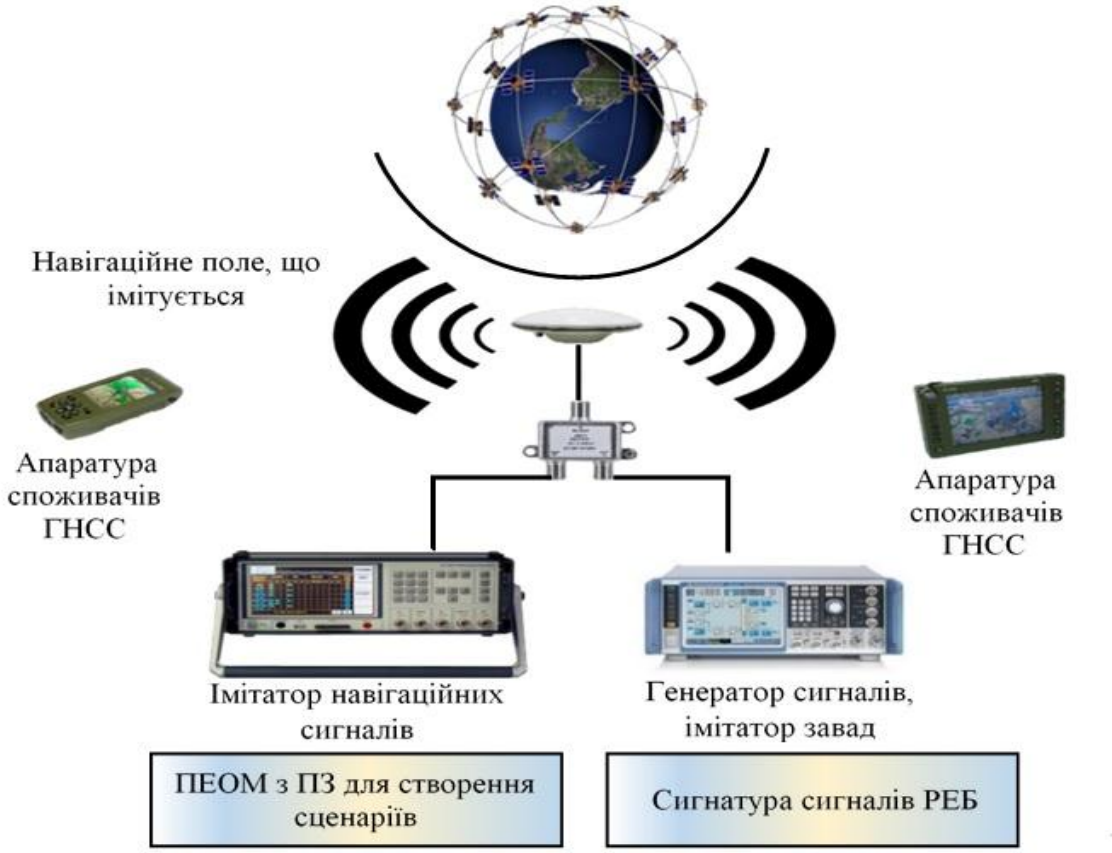



Рис.1. Схема випробування за допомогою імітатора навігаційних сигналів

*ISSN 2706-7386*

Схема випробувального стенду, основним елементом якого є імітатор СН-3810 [7], представлена на рисунку 2. Такий стенд дозволяє в лабораторних умовах визначати технічні параметри апаратури споживачів ГНСС, імітувати рух різних об'єктів: автомобіля, літака, ракети, корабля, парашутиста. Стенд дозволяє також записувати реальні навігаційні сигнали і багаторазово їх відтворювати.

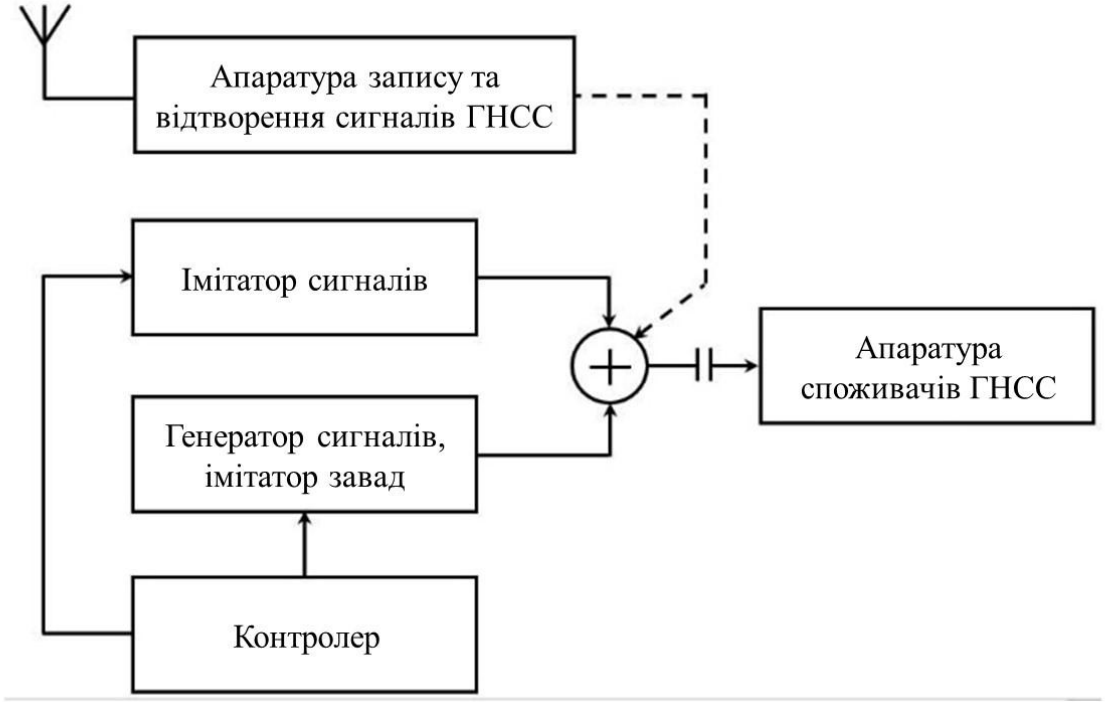



Рис.2. Схема випробувального стенду

Отже, для імітації навігаційного сигналу може застосовуватися методика, що містить кілька етапів, наведених нижче.

1. Визначається час початку і тривалість сценарію.

2. Задається файл з моделлю атмосфери. Для більшості задач достатньо файлу, що встановлено за замовчуванням. При необхідності можливо прибрати затримку сигналів в тропосфері або вибрати різні математичні моделі іоносфери.

3. Налаштовується угруповання космічних апаратів. Можливо налаштовувати параметри кожного навігаційного супутника, задавати зміни потужності навігаційного сигналу в міру наближення або віддалення супутника від споживача. Потужність може бути постійною або змінюватися пропорційно квадрату відстані. Перед налаштуванням необхідно визначити тип сигналу антени (GPS, ГЛОНАСС) і частотний діапазон.

4. Створюється траєкторія руху об'єкта. Існує кілька стандартних траєкторій, що описують процес руху. Наприклад, рух по колу, по прямокутнику чи спіралі. Більш складні траєкторії створюються за допомогою команд, що представляють собою послідовність маневрів об'єкта.

5. Визначаються індивідуальні особливості об'єкта, на якому встановлена апаратура споживачів ГНСС, такі як максимальна швидкість, максимальне прискорення, максимальна висота польоту.

6. Налаштовується наявність багатопроменевого поширення сигналів та задається діаграма направленості антени (Рис.3).

*ISSN 2706-7386*

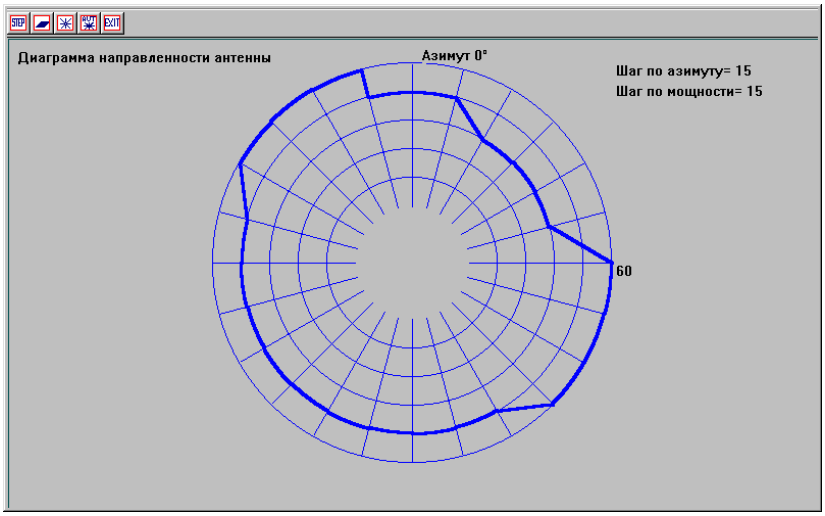



Рис.3. Діаграма направленості антени

7. Задаються потужності навігаційних сигналів від супутників.

На наступному етапі одним із завдань є оцінка точності визначення координат і швидкості апаратури споживачів ГНСС.

З цією метою імітатор навігаційних сигналів генерує сигнали систем GPS і ГЛОНАСС на частоті L1.

Експеримент проводиться у декілька етапів:

1. створюється сценарій руху по заданій траєкторії. Для цього задається точка старту, початкова швидкість і напрямок. Далі змінюється швидкість, напрямок руху і висота;

2. запускається імітація навігаційних сигналів. На виході імітатора генерується навігаційне поле;

3. апаратура споживачів ГНСС приймає імітовані сигнали навігаційних супутників, вирішує навігаційну задачу і виводить дані на персональний комп'ютер;

4. координати і значення швидкості, виміряні за допомогою апаратури споживачів ГНСС, зберігаються у вигляді таблиць;

5. обчислюється середнє відхилення координат імітованої траєкторії і отриманих від апаратури споживачів ГНСС з вихідними траєкторіями руху за формулою:

$$\text{Х}_{\text{пом}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - x_i^*)^2}{n}},$$

де $\text{Х}_{\text{пом}}$ – середня помилка вимірювання координат, отриманих від апаратури споживачів ГНСС; $x_i$ – значення координати, отриманої від апаратури споживачів ГНСС; $x_i^*$ – координата вихідної траєкторії руху; $n$ – кількість вимірів;

$$V_{\text{пом}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(V_i - V_i^*)^2}{n}},$$

де $V_{\text{пом}}$ – середня помилка вимірювання швидкості, отриманих від апаратури споживачів ГНСС; $V_i$ –швидкості, отриманої від апаратури споживачів ГНСС; $V_i^*$ – значення реальної швидкості руху; $n$ – кількість вимірів.

Наступним завданням є оцінка завадозахищеності апаратури споживачів ГНСС. Завади на вході апаратури споживачів ГНСС можуть бути як природного, так і штучного походження. Оскільки рівень навігаційних сигналів на вході апаратури споживачів ГНСС дуже низький, то навіть порівняно малопотужні джерела завад можуть чинити істотний вплив на роботу навігаційного приймача. В опублікованій літературі зазначається, що при

*ISSN 2706-7386*

використанні С / А коду GPS для пошуку і входження в режим стеження порогове відношення завада / сигнал становить 22 дБ [8-9]. Граничне відношення завада / сигнал для зриву стеження дещо більше. У режимі спостереження збільшення рівня завади до порогового погіршує точність визначення координат, але зберігає робочий стан приймача. Перевищення порогового відношення призводить до зриву супроводження сигналів і блокування приймача.

Тестування навігаційної апаратури GPS і ГЛОНАСС на стійкість до завад здійснюється з використанням випробувального стенду, схема якого наведена на рисунку 4.

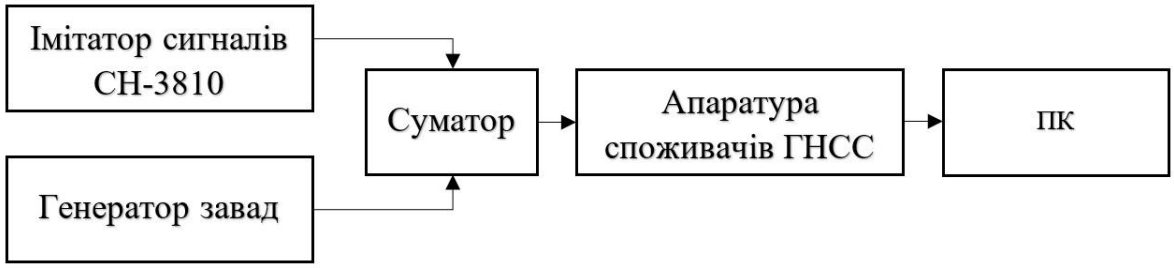



Рис.4. Схема випробувального стенду

Тестування роботи апаратури споживачів ГНСС здійснюється окремо системами GPS і ГЛОНАСС. Для навігаційних приймачів систем GPS порогові значення рівня гармонійних завад представлені в табл. 2. При цьому під граничним значенням розуміється максимальне значення потужності завади, при якому навігаційний приймач ще може визначати координати і швидкість споживача ГНСС. Це значення істотно залежить від частоти завади.

Таблиця 2

Граничні значення гармонійних завад при роботі з сигналами GPS

| Частота, МГц | Порогові значення рівня завад, дБВт |
|---|---|
| F < 1529 | -55 |
| 1529 < F < 1565 | від - 55 до - 136 |
| 1565 < F < 1585 | -136 |
| 1565 < F < 1607,5 | від - 136 до - 75 |
| 1607,5 < F < 1640 | від - 75 до - 55 |
| F > 1640 | -55 |

Для навігаційних приймачів систем ГЛОНАСС порогові значення рівня гармонійних завад представлені в табл. 3.

Таблиця 3

Граничні значення гармонійних завад при роботі з сигналами ГЛОНАСС

| Частота, МГц | Порогові значення рівня завад, дБВт |
|---|---|
| 1578 < F < 1593 | від - 80 до - 136 |
| 1593 < F < 1609 | -136 |
| 1609 < F < 1620 | від - 136 до - 80 |
| 1620 < F < 1635 | від - 80 до - 55 |
| F > 1635 | -55 |

Для якісної оцінки завадозахищеності апаратури споживачів ГНСС рекомендується наступна методика.

1. Запускається імітація навігаційного сигналу однієї з систем GPS або ГЛОНАСС за описаним вище алгоритмом.

2. Очікується перехід апаратури споживачів ГНСС в режим стеження за навігаційними сигналами.

3. Задається вид, несуча частота і потужність завади і починається її генерація. З цією метою використовується генератор типу Agilent N5272, який дозволяє створювати

високочастотні коливання без модуляції і з амплітудною, частотною або фазовою модуляцією.

4. Оцінка впливу завади ведеться за графіком залежності похибки вимірювання координат від часу.

5. З отриманого графіка фіксується значення похибки вимірювання координат, відповідно до встановленого режиму.

6. Змінюється рівень потужності завади і визначається похибка вимірювання координат приймача апаратури споживачів ГНСС. Таким чином, визначається характеристика супроводження приймача при наявності завади на вході.

7. В результаті знаходиться значення порогового відношення завада/сигнал по потужності, при якому відбувається зрив стеження за сигналами від навігаційних супутників.

Кількісно завадозахищеність оцінюється коефіцієнтом придушення, чисельно рівного максимальному відношенню завада/сигнал, при якому апаратура споживачів ГНСС ще визначає свої координати.

**Висновки та перспективи розвитку.** Таким чином, у статті запропоновано методичний підхід щодо організації проведення випробувань апаратури споживачів ГНСС, який полягає в наступному: розробка варіантів використання обладнання з використанням імітатора навігаційних сигналів; методика оцінки точності визначення координат і швидкості, а також завадозахищеності апаратури споживачів ГНСС. Використання запропонованого методичного апарату дозволить підвищити ефективність проведення випробувань апаратури споживачів ГНСС.

Для якісного проведення випробувань апаратури споживачів супутникових навігаційних систем в якості джерела сигналів доцільно застосовувати імітатор навігаційних сигналів та апаратуру генерації сигналів широкого спектру, що дозволяє отримати інформацію про істинно прийняті параметри сигналів та полегшує інтерпретацію результатів.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. J. B. S. Teasley, Summary of the initial GPS Test Standards Document: ION STD-101, in Proc. of 8th International Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation, Palm Springs, CA, Sep. 1995, P. 1645–1653.

2. Institute of Navigation, ION STD 101 recommended test procedures for GPS receivers. Revision C, Manassas, VA, 1997.

3. Корнилов И.Н. Тестирование навигационной аппаратуры потребителя GPS/ГЛОНАСС. – Екатеринбург: Уральский федеральный университет, 2017.

4. ETSI EN 303 413 v1.1.1 (2017-06) Satellite Earth Stations and Systems (SES); Global Navigation Satellite System (GNSS) receivers; Radio equipment operating in the 1 164 MHz to 1 300 MHz and 1 559 MHz to 1 610 MHz frequency bands; Harmonised Standard covering the essential requirements of article 3.2 of Directive 2014/53/EU [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.etsi.org. – 2017.

5. ETSI TR 103 183 v1.1.1 (2012-10) Satellite Earth Stations and Systems (SES); Global Navigation Satellite Systems (GNSS) based applications and standardisation needs [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.etsi.org. – 2012.

6. ANP-5 Edition 1 (The NATO Guideline for GNSS User Equipment Standardized Field Test Scenarios) is a NATO UNCLASSIFIED publication. It shall be transported, stored and safeguarded in accordance with agreed security regulations for the handling of NATO UNCLASSIFIED documents. – NATO HQ, 2010 – 37 с.

7. Специализированное программное обеспечение рабочей станции (среда создания сценария): руководство оператора. – ТДЦК.80025-02 34 01. – Сміла: КБ “Центр”. – 132 с.

8. ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования; под ред. А.И. Перова, В.Н. Харисова. – 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Радиотехника, 2010. – 800 с.

9. Перов А.И. Основы построения спутниковых радионавигационных систем: учеб. пособие для вузов. – М.: Радиотехника, 2012. – 240 с

**Стригун Віталій Васильович**
старший науковий співробітник Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0003-3483-1315
+380933545770

**Барвінок Руслан Дмитрович**
старший науковий співробітник Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0002-0744-5737
+380933170895

**Білоус Олег Володимирович**
науковий співробітник Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0002-3103-732X
+380939191013

**Толмачов В'ячеслав Юрійович**
старший науковий співробітник Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
https://orcid.org/0000-0002-3927-2041
+380933394231

**Vitaliy Strihun**
Senior Researcher of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0003-3483-1315
+380933545770

**Ruslan Barvinok**
Senior Researcher of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0002-0744-5737
+380933170895

**Oleh Bilous**
Researcher of Section of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0002-3103-732X
+380939191013

**Vyacheslav Tolmachov**
Senior Researcher of Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0002-3927-2041
+380933394231

**IMPROVEMENT OF METHODS FOR TESTING OF NAVIGATION USER EQUIPMENT OF GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEMS USING A NAVIGATION SIGNAL SIMULATOR**
**V Stryhun, R Barvinok and O Bilous**

*Satellite navigation technologies are widely used around the world. Existing systems are constantly being upgraded, new satellites are being launched, satellite signals are being improved, military signals that are more resistant to interference are being gated in, ground-based navigation systems are being deployed, and the characteristics of GNSS user equipment are being improved.*

*The effectiveness of GNSS user equipment is influenced by many different factors - from its internal circuit to the signal transmission medium where it is used. Testing of GNSS equipment consists in characterization of system performance and ensuring that manufacturer quality standards are met and expectations of the end user are satisfied. The solution of problems related to the testing of GNSS user equipment is the use of such equipment as simulators, GNSS signal recording and reproduction equipment, broad spectrum signal generation equipment, software for testing GNSS user equipment in laboratory conditions. The abovementioned equipment makes it possible to fully automate the test process by repeatedly performing user-defined scenarios.*

*The use of signal generators for GNSS simulation has advantages over the use of a live GNSS signal. When using live signals the test conditions change constantly and unpredictably, therefore it is unlikely that two identical sequential tests will be performed under the same conditions. Retest is the most important requirement for the test process.*

*The article deals with methods improvement and proposes the choice for rational equipment composition for GNSS user testing equipment.*

***Keywords:*** *global navigation satellite systems, satellite navigation, user equipment, testing of armament and military equipment, methodologies of testing, assessment methods for accuracy of coordinate finding.*

*ISSN 2706-7386*

# ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ СТАТТІ

Статті, які подаються в редакцію Збірника, повинні бути оформлені належним чином, якісно відредагованими та відповідати вимогам фахових публікацій і профілю збірника, які не було відправлено до інших редакцій та не опубліковано раніше в інших виданнях.

Рецензування здійснюється за анонімною формою як для авторів, так і для рецензентів (подвійне сліпе рецензування). Термін рецензування складає не більше 6-8 тижнів.

У редакцію подаються:

два друковані примірники статті українською або англійською мовами загальним обсягом 5-15 сторінок (у тому числі список літератури, таблиці, рисунки), з однієї сторони (один із примірників на звороті останнього аркушу статті підписується авторами наукової праці);

акт експертизи щодо можливості використання цих матеріалів у відкритому виданні;

витяг з протоколу засідання науково-технічної ради установи (підрозділу), яким рекомендовано статтю до друку;

Разом зі статтею та вказаними документами (упакованими у прозорому файлі) технічному секретарю Збірника подається електронна версія статті [**Dmytriiev.doc**].

**Порядок оформлення електронної версії статті.**

Текст статті оформляється в такому порядку:

**1.** Індекс **УДК**, без абзацного відступу, вирівняно по лівому краю.

*Порожній рядок.*

**2. Прізвище та ініціали авторів** (розмір – 12 рі, шрифт – *курсив*, **напівжирний**), назва установ(и).

*Порожній рядок.*

**3. НАЗВА СТАТТІ** (розмір – 12 рі, ПРОПИСНІ літери **напівжирним** шрифтом), без абзацного відступу, вирівняна по центру.

*Порожній рядок.*

**4. Анотація** мовою основного тексту статті повинна коротко відображати структуру статті, бути інформативною і дозволяти читачу розуміти, чи варто йому читати повний текст статті (розмір – 10 рі, шрифт – *курсив*), без слова “анотація”, вирівняно по ширині тексту.

*Порожній рядок.*

**5. Ключові слова** та (або) словосполучення, розпочинається словосполученням “***Ключові слова:***” (розмір – 10 рі, шрифт – *курсив*) вирівняно по ширині тексту.

*Порожній рядок.*

**6.** Основний текст статті, абзацний відступ 1,25 см, вирівняно по ширині тексту.

**Текст статті повинен містити:**

постановку проблеми;

актуальність дослідження;

зв’язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями;

аналіз останніх досліджень і публікацій;

виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття;

викладення основного матеріалу досліджень з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів;

головні висновки, приклади та перспективи використання результатів дослідження.

Одиниці фізичних величин, які використовуються у публікації, повинні відповідати системі СІ.

Стаття оформляється у текстовому редакторі Microsoft Word чи послідуючих версіях (шрифт – Times New Roman, розмір – 12 pi, одинарний інтервал).

Параметри сторінки – формат А4 (210 мм Х 297 мм). Поля: зверху, знизу, справа – 1,5 см, зліва – 2,5 см. Сторінки не нумеруються. Не допускається використовувати переноси слів; розривів сторінок, розділів.

**Формули** розміщуються в окремому рядку, у першому стовпчику таблиці без обрамлення (ширина першого стовпчика 16,9 см, другого – 1,5 см), вирівняної по центру, без абзацного відступу. Для набору формули використовувати вбудований у Word редактор формул MathType.

Нумерувати слід лише ті формули, на які є посилання у наступному тексті.

Інші нумерувати не рекомендується. Формули нумеруються послідовно арабськими цифрами в круглих дужках у другому стовпчику таблиці (без абзацного відступу, вирівняно по правому краю, з центруванням по висоті стовпчика). Додаткові порожні рядки перед і після формул не робляться.

**Таблиці** повинні готуватися з використанням відповідного інструмента в редакторі Word, представлені одним блоком, не розмічені для переносу. Таблиці нумеруються послідовно арабськими цифрами. Зверху вони повинні мати короткий заголовок, який складається зі слова “Таблиця ...” з її порядковим номером (в окремому рядку, без абзацного відступу, вирівняно по-правому краю) та назви таблиці (в окремому рядку, без абзацного відступу, вирівняно по центру). Примітки до таблиці даються тільки в тексті статті. Не доцільно використовувати вертикальні надписи у стовпчиках.

**Рисунки** до статті створюються у редакторі Word або вставляються в текст статті з використанням зображень (з роздільною здатністю не менш 300 dpi), файли із зображенням [**Dmytriiev_1.JPG**] обов’язково надаються до редакції разом з електронною версією статті. Рисунки підписуються знизу (в окремому рядку, без абзацного відступу, вирівняно по центру), позначають словом “Рис.”, з його порядковим номером (нумеруються послідовно арабськими цифрами) та вказують назву (пояснювальний підпис) рисунку (наприклад: Рис.1. Структурна схема імітатора датчика).

При написанні статті необхідно вказувати посилання на джерела, матеріали або окремі результати, які наводяться в тексті статті. Посилання в тексті статті на джерела слід зазначати порядковим номером за переліком посилань, виділеним двома квадратними дужками, наприклад, “… у працях [1-7]…”.

*Порожній рядок.*

**7. СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ** (ПРОПИСНІ літери **напівжирним** шрифтом), без абзацного відступу, вирівняно по центру.

З нового рядку приводиться порядковий номер та бібліографічний опис джерела цитованої літератури за порядком посилання у тексті статті (абзацний виступ – 0,63 см, вирівнювання по ширині тексту). Кожне джерело друкується в окремому рядку.

*Порожній рядок.*

**8. Відомості про авторів**: прізвище, ім'я та по батькові; науковий ступінь, вчене звання, посада; назва установи, де працює автор, її місце розташування (місто, країна); обліковий запис автора ORCID (повинен відображати назву установи, де працює автор, та його наукові публікації), номер телефону (бажано). Наприклад:

| | |
|---|---|
| **Дмитрієв Володимир Анатолійович**<br>кандідат технічних наук, старший науковий співробітник, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, член-кореспондент Академії технологічних наук України, заступник начальника інституту з наукової роботи Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна<br>https://orcid.org/0000-0002-0792-6397<br>+38-095-462-56-37 | **Volodymyr Dmytriiev**<br>Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, The Laureate of State Prize of Ukraine in sphere of science and technique, Corresponding member of ATS Ukraine, Deputy Chief of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification (on Research), Chernihiv, Ukraine<br>https://orcid.org/0000-0002-0792-6397<br>+38-095-462-56-37 |

*Порожній рядок.*

**9. Анотації** до статті виконуються українською або англійською мовою (розмір – 10 pt), повинні мати обсяг не менше, ніж 6 рядків та розкривати:

– предмет, тему та мету роботи;

– метод (методи) або методологію проведення досліджень;

– результати досліджень;

– висновки та область застосування результатів досліджень.

Якщо основною мовою статті є українська, то анотація англійською мовою повинна бути розширеною та мати загальний обсяг не менше, ніж 1800 знаків, включаючи ключові слова.

Якщо основною мовою статті є англійська, то анотація українською мовою повинна бути розширеною та мати загальний обсяг не менше, ніж 1800 знаків, включаючи ключові слова.

Складається з: **НАЗВА СТАТТІ,** абзац, **прізвище та ініціали авторів** (**напівжирний,** без абзацного відступу, вирівняна по центру), **текст** (абзацний відступ 1,25 см, вирівняно по ширині тексту).

*ISSN 2706-7386*

# АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК


***Андрушко М.В.*** **4**

***Барвінок Р.Д.*** **95**
***Башинський В.Г.*** **12**
***Березняк А.М.*** **26, 70**
***Білоус О.В.*** **95**
***Бурсала О.Л.*** **42**
***Бутенко О.М.*** **33**

***Геращенко М.М.*** **87**
***Голуб В.М.*** **42**
***Гордєєв С.М.*** **33**

***Добришкін Ю.М.*** **81**
***Дудник Т.Г.*** **26**

***Єрмоленко О.В.*** **62**

***Жирна О.В.*** **52**

***Закутько О.М.*** **26**

***Казначей С.М.*** **52**
***Камак Д.О.*** **52**
***Камак Ю.О.*** **87**
***Козир А.Г.*** **12**
***Колесник Д.М.*** **70**
***Корнієнко І.В.*** **52**
***Корнієнко С.П.*** **52**

***Лаппо І.М.*** **81**

***Нестеренко С.О.*** **87**

***Олійник Р.М.*** **62**
***Опенько П.В.*** **12**

***Півцов Г.В.*** **12**
***Пилипенко О.І.*** **70**
***Приходько С.М.*** **81**

***Ратушний С.В.*** **4**
***Рудніченко С.В.*** **87**

***Стригун В.В.*** **95**

***Толмачов В.Ю.*** **95**

***Цілина С.В.*** **62**
***Цуря Е.І.*** **33**

***Чуприна В.М.*** **42**

***Шейн І.В.*** **4**

# ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

ДЕРЖАВНОГО НАУКОВО-ДОСЛІДНОГО ІНСТИТУТУ
ВИПРОБУВАНЬ І СЕРТИФІКАЦІЇ
ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ
ВИПУСК № 4(6) 2020

Відповідальний за випуск – ДМИТРІЄВ В.А.

Літературний редактор – КАВІНСЬКА В.І.

Коректор – ЖИРНА О.В., КОЖЕМ'ЯКО А.І.

Переклад англійською – ШОХА В.М.

Комп'ютерна верстка і макетування – ХОЛОДНИЙ Р.В.

Заснований у 2019 році. Зареєстрований в Міністерстві юстиції України (свідоцтво серія КВ № 23995-13835Р від 19.06.2019 року).

Інформаційний сайт видання: https://dndivsovt.com

---

Підписано до друку 26.02.2021 р.
Формат 60 × 84/8. Папір офсетний. Гарнітура Times.
Умовн. друк. арк. 12,44. Обл.-вид.арк. 8,44.
Зам.№ 21041. Наклад 100 прим. Ціна договірна.

Віддруковано з готових оригінал-макетів Замовника.

Свід. про внесення до держ. реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів видавничої продукції серія ДК, № 4879 від 07.04.2015. Виписка з єдиного держ. реєстру серія ААВ, № 257729 від 01.12.2011.
Україна, 14029, м. Чернігів, вул. О. Кошового, 6, к. 15.
https://siver-druk.com.ua e-mail: siverdruk11@gmail.com




ISSN 2706-7386
9 772706 738006