

С.М. Сторожук¹, В.П. Перегончук², О.Ю. Дроль³, А.С. Бабарига⁴

¹ Державний науково-дослідний інститут авіації, Київ

² Державне підприємство “Державне Київське конструкторське бюро “ЛУЧ”, Київ

³ Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

⁴ Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, Київ

МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ ПРИВЕДЕНОГО ВІКУ ЗАСОБІВ УРАЖЕННЯ ЯК ПОКАЗНИКА ОЦІНКИ ЇХ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ

У статті наведено методичний підхід визначення приведенного віку засобів ураження для врахування впливу різних зовнішніх факторів експлуатації на їх технічний стан. Досліджено вплив зовнішніх кліматичних факторів на технічний стан різних типів засобів ураження. Методичний підхід перевірений на практиці під час проведення дослідних випробувань та апробований при проведенні робіт з продовження призначених показників. Результати досліджень можуть бути використані для оцінювання дійсного технічного стану засобів ураження.

Ключові слова: засоби ураження, приведений вік, календарний термін експлуатації, умови експлуатації, технічний стан.

Вступ

Важливою складовою забезпечення боєздатності Збройних Сил України є контроль та прогнозування змін технічного стану засобів ураження (ЗУ). Методичний підхід, що пропонується, є системою методів та принципів спрямованих на оцінювання зміни технічних характеристик, яка викликана процесами фізичного старіння, інтенсивність яких пов'язана, в першу чергу, з умовами експлуатації.

Технічний стан засобів ураження з однаковим календарним терміном експлуатації може суттєво відрізнятися один від одного. Для врахування цієї різниці пропонується використовувати значення приведенного віку $T_{пр}$.

Аналіз попередніх досліджень. На відміну від календарного терміну експлуатації T_k , який відображає тривалість експлуатації ЗУ від дати його виготовлення, приведений вік $T_{пр}$ - це умовна тривалість експлуатації, яка враховує інтенсивність фізичного старіння внаслідок впливу руйнівних зовнішніх факторів під час зберігання на відкритих площадках, транспортувань на носіях та наземному транспорті, використання за призначенням без контейнера [1, с. 73]. Проведений аналіз публікацій [2...4] показав, що, невізираючи на важливе практичне значення, питання оцінки приведенного віку ЗУ недостатньо методично розроблено.

Отже, розробка методичного підходу щодо визначення приведенного віку засобів ураження як

показника оцінки їх технічного стану є **актуальним науково-технічним завданням.**

Метою статті є розробка зазначеного методичного підходу щодо визначення приведенного віку засобів ураження, який є показником оцінювання їх технічного стану. Його використання дасть змогу врахувати вплив різних зовнішніх факторів експлуатації на технічний стан засобів ураження.

Виклад основного матеріалу

Методичний підхід щодо визначення приведенного віку включає:

дослідження ЗУ, а саме: особливостей експлуатації, технічного стану парку, природи відмов та їх інтенсивності;

декомпозиції ЗУ для ранжування складових частин відповідно до кількості відмов;

оцінювання впливу зовнішніх факторів на процеси фізичного старіння складових частин ЗУ з урахуванням умов експлуатації.

Експлуатація ЗУ включає етапи: зберігання, використання за призначенням, транспортування, технічне обслуговування та відновлення технічного стану. Зберігання є найбільш тривалим етапом експлуатації.

Під час зберігання на технічний стан ЗУ впливають багаточисельні зовнішні фактори, основними з яких є:

кліматичні, які в основному пов'язані зі станом атмосфери (температурою і її циклічністю, вологістю, атмосферним тиском, сонячною

радіацією, домішками в повітрі, біологічними факторами);

механічні, які пов'язані з вібраційними і ударними навантаженнями.

Під впливом зовнішніх факторів відбувається зміна кількісних і якісних параметрів, що призводить до поступових та раптових відмов.

Вплив зовнішніх факторів на технічний стан ЗУ з різним календарним терміном експлуатації оцінюється на основі:

перевірки кількісних і якісних параметрів ЗУ на апаратурі контролю;

лабораторно-стендових випробувань складових частин, які не перевіряються апаратурою контролю;

вогневих стендових випробувань двигунів, бойового спорядження та інших складових частин, які містять вибухові речовини;

фізико-хімічного аналізу речовин, які містять складові частини ЗУ;

натурних випробувань ЗУ;

прогнозування зміни технічного стану ЗУ на основі отриманих даних досліджень.

Дослідження впливу зовнішніх факторів на технічний стан ЗУ проведені ДП "ДержККБ "ЛУЧ" за участі інших наукових установ та робіт закордонних фахівців [2, с. 122...151; 3, с. 130...145; 4, с. 35...62] показали:

коливання температури навколишнього середовища впродовж тривалого часу негативно впливає на функціонування складових частин засобів ураження. Відбувається деградація фізико-хімічних і механічних властивостей матеріалів з яких виготовлені їх елементи. Тепловий вплив також являється причиною погіршення функціонування блоків управління ЗУ, за рахунок зміни властивостей радіоелементів, які входять до їх складу. При зниженні температури у матеріалів (герметиків, ущільнюючих кільцях, спеціальних мастил) погіршуються основні технічні властивості (в'язкість, пластичність тощо). Під дією низьких температур фізичні властивості деяких радіоелементів складових частин ЗУ істотно погіршуються, особливо електролітичних конденсаторів, хімічних джерел живлення та ізоляційних матеріалів, що може призвести до відмов;

зі збільшенням вологості різко зменшується поверхневий та об'ємний опір матеріалів з яких виготовлені ЗУ. Прямий контакт з незахищеними металевими поверхнями може стати причиною корозії, що в свою чергу може призвести до деградації та неконтрольованих хімічних реакцій вибухових речовин. Так, наприклад, піротехнічні речовини, які у своєму складі містять алюмінієвий та магнієвий порошки при контакті з вологою

призводять до окислення сталевих поверхонь, що може ускладнювати ініціювання вищезазначених речовин. Підвищена вологість також сприяє підвищенню інтенсивності руйнації пакування;

зберігання ЗУ у сховищах в штатному пакуванні є найбільш сприятливим для збереження їх технічного стану, однак забезпечити ці умови зберігання через відсутність необхідних приміщень у експлуатуючих організаціях досить проблематично. Значна частина засобів ураження зберігається в штатному пакуванні на відкритих майданчиках або перебуває без пакування на носії (бойове чергування);

ЗУ, які зберігаються на відкритих майданчиках (в пакуванні та без нього), знаходяться під руйнівним впливом кліматичних умов, які характеризуються добовими коливаннями температури навколишнього середовища, вологості повітря та атмосферного тиску, у результаті чого відбувається погіршення значень параметрів, що характеризують їх працездатність, а також зменшується залишковий ресурс;

найбільше відмов, пов'язаних з впливом зовнішніх кліматичних факторів, було зареєстровано у підсистемі наведення, найменша кількість – у складових частинах, які містять вибухонебезпечні матеріали (двигуни, бойові частини, підривачі);

кількість відмов ЗУ після транспортування є досить незначною у порівнянні з відмовами, які спричинені умовами зберігання;

календарний термін експлуатації не відображає дійсного технічного стану ЗУ.

Отже, під руйнівним впливом кліматичних факторів відбувається прискорене природне старіння, що призводить до зростання інтенсивності відмов і, як наслідок – зменшення часу безвідмовної роботи. Тому технічний стан ЗУ, які зберігаються в сховищах у пакуванні, буде залежати, в основному, від календарного терміну експлуатації, а для зразків, які зберігаються на відкритих майданчиках або перебувають на носіях у штатному контейнері або без нього, залежить від приведенного віку, в якому враховані додаткові впливи умов експлуатації.

Результати оцінювання впливу зовнішніх факторів використовуються для визначення приведенного віку ЗУ.

Приведений вік T_{np} пропонується розраховувати за формулою:

$$T_{np} = \sum_{l=1}^L \frac{1}{\alpha_l} T_{1l} + \frac{1}{k_{II}} \sum_{m=1}^M \frac{1}{\alpha_m} T_{2m} + \frac{1}{k_{\delta}} \sum_{n=1}^N \frac{1}{\alpha_n} T_{3n}, \quad (1)$$

де $\sum_{l=1}^L T_{1l}$ – сумарна тривалість перебування ЗУ у

штатному пакуванні в сховищах; $\frac{1}{k_{II}} \sum_{m=1}^M T_{2m}$

сумарна тривалість перебування ЗУ у штатному контейнері на носії або на відкритих площадках;

$\frac{1}{k_{\delta}} \sum_{n=1}^N T_{3n}$ – сумарна тривалість перебування ЗУ на

носії, на відкритих майданчиках без штатного пакування; M, L, N – кількість випадків перебування ЗУ у відповідних умовах. При $M = N = 0$ $T_{np} = T_k$; k_{II} – коефіцієнт, який враховує вплив кліматичних умов на технічний стан ЗУ при його зберіганні в пакуванні на відкритих майданчиках або на носії; k_{δ} – коефіцієнт, який враховує вплив кліматичних умов на технічний стан ЗУ при його зберіганні без пакування на відкритих майданчиках або перебуванні на носії.

Значення коефіцієнтів k_{II} та k_{δ} визначені на основі (табл. 1):

аналізу експлуатаційної документації;
оцінювання технічного стану ЗУ при проведенні їх розбирання та випробувань складових частин;
зіставленні результатів параметричного і непараметричного контролю з режимами зберігання.

Таблиця 1

Значення коефіцієнтів k_{II} та k_{δ}

Тип засобу ураження	Коефіцієнти	
	k_{II}	k_{δ}
Авіаційні керовані ракети	0,6	0,4
Протитанкові керовані ракети	0,5	0,3
Зенітні керовані ракети	0,7	0,5

Джерело: розробив автор Перегончук В.П.

В якості прикладу проведемо розрахунок T_{np} для зенітної керованої ракети, вік T_k якої становить 25 років, з яких:

18 років зберігання в пакуванні в сховищах;

5 років зберігання в пакуванні на відкритих майданчиках;

2 роки зберігання на носії без пакування.

Використовуючи (1) та з урахуванням значень табл. 1, визначимо приведені вік:

$$T_{np} = 18 + \frac{1}{0,7} \times 5 + \frac{1}{0,5} \times 2 \approx 29 \text{ років.}$$

З розрахунків видно, що приведені вік у порівнянні з календарним терміном експлуатації є більшим на 4 роки.

Вплив зовнішніх факторів посилюється зі зростанням терміну експлуатації і носить диференційований характер для кожної окремої складової частини ЗУ.

Для оцінювання ризиків відмови окремих складових частин, а також аналізу їх впливу на функціонування ЗУ в цілому пропонується застосовувати функціонально-морфологічну декомпозицію [5, с. 23...124].

Засоби ураження є типовим представником складних технічних систем, яким притаманні:

наявність великої кількості різномірних підсистем, блоків, агрегатів, елементів;

складний характер та неоднорідність зв'язків між підсистемами;

складність функцій, виконуваних системою.

Декомпозиція дозволяє розглянути ЗУ як складну технічну систему, що складається з окремих взаємозв'язаних систем, які, в свою чергу, також можуть бути розділені на підсистеми, агрегати, блоки тощо [6, с. 134]. Це обумовлено тим, що сучасні ЗУ складаються з великої кількості елементів, кожен з яких виконує специфічні функції, побудовані на використанні певних фізичних принципів та має зв'язки з іншими елементами. Водночас всі елементи мають спільні риси в побудові і алгоритмах функціонування. Результатом процесу декомпозиції являється структуризація: вихідна схема ЗУ набуває ієрархічної (багаторівневої) структури [7, с. 57...66].

Ознаками завершення процедури декомпозиції є:

досягнення потрібного (заданого) рівня деталізації;

поява простих технічних елементів при подальшому діленні.

При проведенні функціонально-морфологічної декомпозиції застосовується функціонально-морфологічний аналіз, суть якого полягає в тому, що у досліджуваному об'єкті виділяють декілька характерних для нього структурних, морфологічних та функціональних ознак, за кожною з яких складають максимально повний табличний (матричний) перелік різних конкретних варіантів технічного вираження використання цих ознак. Кожна ознака характеризує конструктивний елемент виробу системи з певною функцією [8, с. 202...240; 9, с. 150...190; 10, с. 199].

Для прикладу можна привести декомпозицію авіаційної керованої ракети, яка включає підсистеми: наведення, ураження цілі, живлення, керування тощо (рис. 1). Кожна з підсистем складається зі складових частин, які визначають її функціональне призначення [11, с. 135].

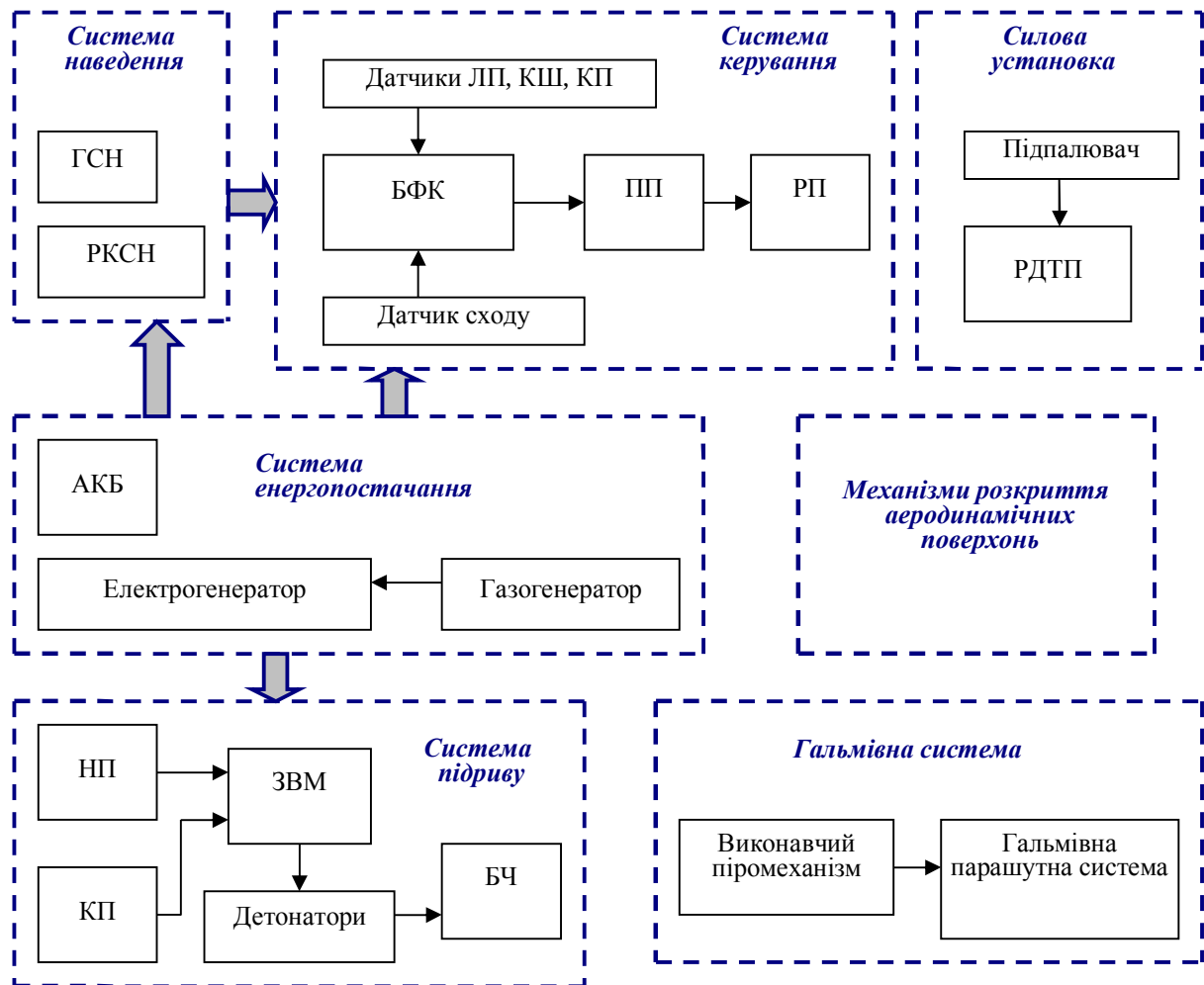


Рис. 1. Функціональна декомпозиція авіаційної керованої ракети

Джерело: [8 с. 152].

Висновки

Методичний підхід щодо визначення приведенного віку може використовуватися для розрахунку приведенного віку авіаційних, зенітних та протитанкових ракет.

Методичний підхід був апробований на практиці при виконанні робіт з продовження призначених показників ЗУ, календарний термін експлуатації більшості яких складає вже понад 30 років. Однак методи та принципи, які використані у методичному підході можна використовувати і для нових зразків озброєння, зміну технічних характеристик яких в часі можна дослідити застосувавши методику прискорених кліматичних випробувань [12, с. 130...145] і визначивши коефіцієнти k_{II} та k_{δ} .

Застосування декомпозиції для ранжування складових частин ЗУ дає можливість запланувати роботи по відновленню технічного стану і розрахувати ремонтний фонд з урахуванням режимів експлуатації.

Напрями подальших досліджень. Значення приведенного віку ЗУ, як показника оцінки їх технічного стану, може бути використане для оцінювання динаміки переходу в граничний стан при виконанні досліджень та робіт з визначення можливості продовження призначених показників складових частин нових зразків ЗУ, плануванні відновлювальних робіт та визначенні пріоритету використання таких ЗУ.

Список літератури

1. Любарець А.А., Шатров А.М., Шишанов М.О., Павловський І.В. Методологічні основи обґрунтування структури системи підтримання справності засобів ураження, за якими не здійснюється авторський нагляд. Озброєння та військова техніка. 2018. № 1(17). – С. 72–76.

2. Vogelsanger, Bruno Ossola, Ulrich Schddeli, Dominik Antenen and Kurt Ryf: Ballistic shelf life of propellants for medium and small calibre ammunition–influence of deterrent diffusion and nitrocellulose degradation, 19th International Symposium of Ballistics, Interlaken, Switzerland, 7–11 May 2001. – 323 с.
3. Storage of Ordnance, Munitions and Explosives (OME) In Support of Operations, Chapter 11, Ministry of Defence explosives regulations for the safe storage and processing of ordnance, munitions and explosives (OME), MOD. explosives regulations (JSP 482, Edition 4) and Joint Service Publication, UK, 2013. – 423 с.
4. Buildings Associated with Military Explosives, Chapter 6, Ministry of Defence explosives regulations for the safe storage and processing of ordnance, munitions and explosives (OME), MOD explosives regulations (JSP 482 Edition 482) and Joint Service Publication, UK, 2013. – 250 с.
5. Артюшин Л. М., Зиятдинов Ю. К., Попов И. А., Харченко А. В. Большие технические системы. Проектирование и управление. – Харьков: Факт, 1997. – 400 с.
6. Шатров А.М., Печура Д.С., Березанський В.Г., Хижняк А.С. Методичний підхід до прогнозування строків служби керованим засобом ураження із заданою достовірністю // Системи озброєння і військова техніка. 2020. - № 4(64). С. 133–137. <https://doi.org/10.30748/soivt.2020.64.17>.
7. Прийма С. М. Математична логіка і теорія алгоритмів. Навчальний посібник. Мелітополь: ТОВ “Видавничий будинок” ММД, 2008. – 134 с.
8. Звіт про науково-технічну роботу “Продовження призначеного терміну служби авіаційних керованих ракет класу “повітря-повітря” типу Р-73 до 35 років”. – К.: ДККБ “Луч”, 2019. – 433 с.
9. Звіт про науково-технічну роботу “Продовження призначеного терміну служби авіаційних керованих ракет класу “повітря-поверхня” типу Х-29 до 33 років”. – К.: ДККБ “Луч”, 2020. – 363 с.
10. Шатров А.М., Гурба О.В. Крижанівський Є.С., Ільїна О.В. Методичний підхід щодо оцінки працездатності керованих авіаційних засобів ураження // Зб. наук. праць ДНДІА. Випуск 16(23). – К.: ДНДІА, 2020. - С. 198-203.
11. Печура Д.С., Серик С.В., Сюлев К.В., Дроль О.Ю. Обґрунтування методики прогнозування технічного стану складових частин керованих авіаційних засобів ураження // Зб. наук. праць ДНДІА. Випуск 16(23). – К.: ДНДІА, 2020. - С. 135-141.
12. Креденцер Б.П., Ланецкий Б.Н., Лапицкий С.В., Любарев А.А., Одноралов И.В., Шатров А.Н., Шишанов М.А.. Основы военно-технических исследований. Теория и приложения (Монография) в 11 т. Т.11 Синтез системы поддержания исправности средств поражения / под. Ред. О.П. Коростелева. – К.: Видавничий дім Дмитра Бураго, 2019. – 332 с.

Надійшла до редколегії 14.11.2022

Схвалена до друку 19.12.2022

Відомості про авторів:

Сторожук Сергій Миколайович

старший науковий співробітник
Державного науково-дослідного інституту авіації,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-5271-0272>

Перегончук Владислав Петрович

магістр
начальник сектору
Державного підприємства “ДержККБ “ЛУЧ”,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-3369-198X>

Дроль Олександр Юрійович

магістр
старший викладач
Харківського національного університету Повітряних
Сил імені Івана Кожедуба
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-5472-208X>

Бабарига Андрій Святославович

старший науковий співробітник ННЦПОБНШ
Національного університету оборони України імені Івана
Черняховського,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-1692-5844>

Information about the authors:

Serhii Storozhuk

Senior Researcher
of State Research Institute of Aviation,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-5271-0272>

Vladyslav Perehonchuk

Master
Head of the sector
of State enterprise “SKDB “LUCH”,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-3369-198X>

Oleksandr Drol

Master
Senior instructor
of Ivan Kozhedub Kharkiv National
Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-5472-208X>

Andrii Babaryha

Senior Researcher MSOTRC
of National Defense University of Ukraine
named after Ivan Cherniakhovskyi,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-1692-5844>

TECHNICAL APPROACH FOR DEFINING WEAPON'S ACTUAL AGE AS THE RATE OF THEIR TECHNICAL CONDITION

S. Storoguk, V. Perehonchuk, O. Drol, A. Babaryha

In the article is described technical approach of defining actual age in order to taking into account influence of operating environment on the technical state of a weapon. Influence of the external climatic factors on the technical state of a different types of weapons had been investigated. Technical approach was approved on the practice during investigation tests and verified upon life cycle prolongation. The achieved results of the research could be used by Ukrainian Armed Forces and Ministry of Defense of Ukraine for defining actual technical state of the munitions and for dispose of a logistics questions.

The research results were approved by different types of tests of the weapon's components during lifetime prolongation. Special tests were provided for different weapon components: analyzing of the explosive materials, full-scale tests of the control units, engines, warheads and etc. These tests provided data necessary for defining dependability of environment and technical state.

Described technical approach was successfully used during lifetime prolongation of the aviation and antiaircraft missiles.

The value of the actual age of the munitions, as an indicator of their technical state, could be used to assess the dynamics of the transition to the limit state, planning of repair and maintenance and to determining the priority of use on the storage facilities.

To assess the risks of failure of individual components, as well as to analyze their impact on the functioning of the munitions as a whole, it is suggested to use functional-morphological decomposition.

The influence of external factors increases with the growth of the service life and has a differentiated character for each individual component of the munitions.

The use of decomposition for arranging the components parts of the munitions make possible to plan repair works to the technical condition and calculate the repair fund taking into account the operating modes.

Keywords: weapon, actual exploitation term, exploitation condition, technical state.