

А.А. Любарець¹, А.О. Веретнов², Д.С. Печура³

¹ Державне підприємство “Державне Київське конструкторське бюро “ЛУЧ”, Київ

² Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, Київ

³ Державний науково-дослідний інститут авіації, Київ

ФУНКЦІОНАЛЬНО-МОРФОЛОГІЧНА ДЕКОМПОЗИЦІЯ КЕРОВАНИХ ЗАСОБІВ УРАЖЕННЯ ЯК СПОСІБ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОЦІНКИ ЇХ ВІЙСЬКОВО-ТЕХНІЧНОГО РІВНЯ

У статті наведено методичний підхід щодо використання процедури проведення функціонально-морфологічної декомпозиції керованих засобів ураження як способу дослідження та оцінки їх військово-технічного рівня. Як основну ознаку декомпозиції обрано функціональне призначення їх окремих складових частин – підсистем, агрегатів, блоків тощо. При цьому вказані складові частини взаємно виключають одна одну, тобто при несправності однієї з них функціонування усього виробу буде порушено. Також запропоновано відповідний покроковий алгоритм проведення морфологічного аналізу.

За результатами декомпозиції можливо визначити функціональні підсистеми, агрегати, блоки, елементи, які відповідають за основні технічні характеристики, і такі складові, що доцільно модернізувати при проведенні ремонту керованих засобів ураження. Як приклади наведено основні технічні характеристики, що визначають технічний рівень авіаційних керованих ракет класу “повітря-повітря” щодо можливих напрямів модернізації та результати декомпозиції з точки зору будови і функціональності.

Ключові слова: військово-технічний рівень, керовані засоби ураження, функціонально-морфологічна декомпозиція, тактико-технічні характеристики, складні технічні системи.

Вступ

Постановка проблеми.

Сучасний стан розвитку армій багатьох країн світу та досвід бойових дій переконливо свідчить, що переважна кількість керованих засобів ураження (КЗУ), які застосовуються, були розроблені ще у 70-90-х роках минулого століття, що суттєво визначає їх бойові можливості. При цьому значна їх кількість була модернізована, що дало змогу не тільки покращити основні тактико-технічні характеристики, а й продовжити терміни експлуатації. Такий підхід, направлений на зменшення витрат військових відомств, притаманний багатьом країнам світу.

Експлуатаційні властивості КЗУ, які були погіршені або втрачені внаслідок тривалої експлуатації або бойових пошкоджень можуть бути відновлені виконанням ремонту різного рівня [1, с. 16...202]. При цьому їх військово-технічний рівень, що у значній мірі визначається тактико-технічними характеристиками, залишиться на колишньому рівні.

Зазначимо, що сучасні зразки КЗУ складаються з великої кількості складових (елементів, блоків, агрегатів, систем тощо), кожна з

яких виконує свої функції, побудована на використанні певних фізичних принципів та має зв'язки з іншими, а їх структура визначається бойовим призначенням. При цьому вони мають спільні риси щодо організації побудови, що дає підстави розглядати з позицій теорії складних технічних систем як в організаційному, так і функціональному аспектах [2, с. 17...27; 3, с. 6...13].

Під модернізацією КЗУ будемо мати на увазі внесення в конструкцію деяких змін (конструктивних і технологічних) з метою часткової ліквідації наслідків його морального старіння. Такий підхід широко використовується стосовно виробів, що мають високу вартість і тривалі терміни [4 с. 50...55]. При цьому управління інтенсивністю відмов може здійснюватися шляхом заміни ненадійних і малоефективних СЧ сучасними аналогами.

Як приклад у статті розглядаються авіаційні керовані ракети (АКР) класу “повітря-повітря”, що на сьогодні розвиваються найбільш динамічно.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

В умовах повномасштабної агресії та обмежених можливостей щодо фінансування розвитку озброєння і військової техніки пріоритетним може бути підхід, що раціонально поєднує ремонт та

модернізацію існуючих КЗУ. Такий підхід широко використовують різні країни, у тому числі з високим рівнем розвитку економіки, значними фінансовими і матеріальними ресурсами [5, с. 72...76].

На сьогодні відомо чимало методик оцінювання і військово-технічного рівня зразків озброєння та військової техніки., аналіз яких показав, що в них зазвичай покладається математичний апарат комплексного методу кваліметричного оцінювання технічного рівня виробів, наприклад в [6, с. 131...146; 7, с. 188...194; 8, с. 42...51; 9, с. 47...52]. Разом з цим, дослідження авторів показали, що цим питанням у аспекті відновлення справності КЗУ при їх проведенні ремонту з модернізацією окремих СЧ, приділялось недостатньо уваги.

Отже, вирішення проблеми усунення наслідків фізичного і морального старіння КЗУ є **актуальним науково-технічним завданням.**

Мета статті – розробка методичного підходу щодо використання процедури функціонально-морфологічної декомпозиції для дослідження та оцінки військово-технічного рівня керованих засобів ураження.

Виклад основного матеріалу

Оцінка військово-технічного рівня (ВТР) є важливою складовою порівняльного аналізу зразків КЗУ, що знаходяться на озброєнні, для визначення шляхів їх подальшого розвитку, у тому числі при визначенні доцільності проведення ремонту, модернізації, аналізу відповідності тактико-технічних характеристик (ТТХ) тощо. У загальному сенсі ВТР є показником, який дає змогу оцінити переваги і недоліки однотипних КЗУ, характеризує їх якість і базується на визначенні співвідношення показників, що характеризують технічну досконалість за відповідними базовими значеннями [10, с. 7]. При обґрунтуванні глибини (рівня) та напрямку модернізації КЗУ необхідно провести оцінку бойової ефективності й технічної досконалості саме за цими базовими значеннями.

Відомо, що ВТР будь-якого зразка озброєння і військової техніки визначається його основними ТТХ, які обумовлюють його бойову ефективність. У зв'язку з цим, методика оцінки ВТР має базуватися на основі аналізу їх впливу на основні ТТХ та загальну бойову ефективність [11, с. С. 49...54]. Під ВТР зразка КЗУ будемо розуміти відносну характеристику ефективності застосування, яка базується на зіставленні значень показників, що характеризують технічну досконалість оцінюваних зразків. Під рівнем технічної досконалості розуміють рівень переваг ТТХ досліджуваного зразка, які зіставляються

з відповідними характеристиками (технічними та економічними) кращих виробів-аналогів.

Для оцінки ВТР зазвичай використовують диференціальний, змішаний і комплексний методи.

Диференціальний метод заснований на співставленні окремих показників ефективності оцінюваного та базового виробу. У випадку коли показників багато і оцінка за ними ускладнюється, використовується комплексний метод на основі визначення узагальнювального показника ефективності.

Комплексний метод оцінки заснований на порівнянні узагальнювальних показників ефективності оцінюваного виробу, базового виробу та сумарних витрат на його експлуатацію.

Для оцінки ВТР КЗУ найкраще підходить змішаний метод, який поєднує в собі переваги диференціального та комплексного і включає такі етапи:

- проведення функціонально-морфологічної декомпозиції;

- вибір основних ТТХ та оцінка їх впливу на бойову ефективність;

- вибір кращих у своєму класі виробів-аналогів для подальшого порівняння з досліджуваним виробом;

- оцінка ВТР досліджуваного зразка КЗУ щодо виробів аналогів.

Визначення ВТР перед проведенням модернізації дасть змогу:

- прослідкувати тенденції розвитку однотипних КЗУ та визначити перспективні напрямки;

- визначити сильні та слабкі сторони конструктивних і технічних рішень та обрати напрям модернізації;

- при укладанні договору на розробку, модернізацію або поставку, коли виріб виступає як товар, визначити його конкурентну здатність для встановлення оптимальної ціни.

Початковим етапом оцінки ВТР є декомпозиція, яка дає змогу виділити такі СЧ КЗУ, які найбільшим чином визначають його ТТХ.

Враховуючи, що КЗУ є типовими представником складних технічних систем [12, с. 86...108], яким притаманні:

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

- складний характер та неоднорідність зв'язків між підсистемами;

- складність функцій, виконуваних системою.

За результатами декомпозиції можна представити КЗУ як складну технічну систему, що складається з окремих взаємозв'язаних систем, які в свою чергу, також можуть бути розділені на підсистеми, агрегати, блоки тощо. Це обумовлено тим, що в їх склад входить велика кількість

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 та алгоритмах функціонування. Результатом процесу декомпозиції є структуризація: вихідна схема КЗУ набуває ієрархічної (багаторівневої) структури [12, с. 98...111]. 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.

У випадку оцінки ВТР КЗУ, функціонально-морфологічний аналіз полягає в розбитті досліджуваного зразка на характеристики та атрибути, що пов'язані з його функціонуванням. При цьому характеристики повинні бути незалежними одна від одної. Даний метод використовується для рішення технічних задач направлених на вдосконалення та спрямований на послідовний перебір усіх можливих варіантів рішення.

Алгоритм морфологічного аналізу КЗУ складається з таких кроків:

1. Визначення напрямів удосконалення та розгляд вимог до них після проведення модернізації.

2. Розділення на функціональні елементи і визначення вимог до них.

3. Побудова морфологічної моделі. Визначення варіанту реалізації кожної СЧ.

4. Розгляд усіх можливих варіантів реалізації модернізації на основі аналізу їх характеристик.

5. Вибір раціональних варіантів конкретних рішень на основі ранжування вимог до об'єкту модернізації відповідно до їх значимості або використання експертних оцінок. Знаходження необхідного варіанту модернізації може здійснюватися за кращими значеннями найбільш важливих характеристик КЗУ.

У складі будь-якого КЗУ можна виділити декілька ієрархічних рівнів, обумовлених різними ступенями абстрагування щодо їх технічних,

фізичних та інших властивостей. У результаті отримаємо упорядковану ієрархічну сукупність підсистем СЧ, яка може бути представлена у вигляді однокорінного графу.

На рис. 1 наведено основні технічні характеристики, які визначають технічний рівень АКР класу "повітря-повітря" щодо можливих напрямів модернізації.



Рис. 1. Основні технічні характеристики АКР класу "повітря-повітря" щодо можливих напрямів модернізації.

Джерело: розроблено авторами.

Можливо також використання інших характеристик АКР наприклад: питомий імпульс тяги двигуна (співвідношення імпульсу тяги двигуна з масою ракети), максимальне допустиме перевантаження, максимальні кути відхилення координатора головки самонаведення тощо.

Функціонально-морфологічний аналіз розпочнемо з дослідження типової будови та опису функцій кожної СЧ ракети, для чого розділимо її на підсистеми відповідно до функцій та завдань: підсистему наведення; підсистему керування; підсистему живлення; підсистему ураження цілі; підсистему доставки до цілі.

Сучасні комбіновані системи наведення ряду АКР складаються з інерційних систем з цифровими обчислювачами та головкою самонаведення, що забезпечує наведення на ціль на кінцевій ділянці польоту.

Основним завданням підсистеми керування є формування сигналів управління ракетою на основі інформації, отриманої від підсистеми наведення, та даних про параметри польоту виробу від різних датчиків. Сигнали керування передаються на виконавчі елементи – рульові приводи, які можуть бути електричними, гідравлічними і газовими.

Підсистема живлення забезпечує роботу всіх електронних та механічних елементів і може включати в себе: електричні акумулятори та батареї, газобалонні або порохові акумулятори тиску, гідроакумулятори.

Підсистема ураження цілі включає в себе бойову частину з підривним зарядом та елементами ураження осколкового, стрижньового або комбінованого типу, запобіжно-виконавчий механізм, контактний та неконтактний підривачі. Зазначимо, що у зв'язку з великою швидкістю переміщення АКР відносно цілі, до бойової частини застосовуються жорсткі вимоги щодо формування сфери ураження. Як неконтактні підривачі, залежно від типу ракети, використовують радіолокаційні, лазерні або інфрачервоні неконтактні підривачі.

Підсистема доставки виробу до цілі представлена двигуном твердого палива з комплектуючими (заряди балістичного палива, піротехнічні засоби, гумотехнічні деталі, теплозахисне покриття), який забезпечує політ ракети на визначену балістичну дальність з необхідною швидкістю.

Функціонально-морфологічна декомпозиція типової АКР класу “повітря-повітря” має вигляд блок-схеми, з певною ієрархічною структурою.

Як ознаку декомпозиції обране функціональне призначення їх окремих СЧ. При цьому вказані підсистеми взаємно виключають одна одну, тобто

при несправності однієї з них функціонування усього виробу буде порушено.

На Рис. 2 наведено приклад декомпозиції АКР класу “повітря-повітря” малої / середньої дальності з точки зору будови і функціональності. Однак використані принципи декомпозиції можуть бути застосовані і для інших типів КЗУ.

За результатами декомпозиції можливо визначити функціональні підсистеми, агрегати, блоки, елементи, які відповідають за основні технічні характеристики і таким чином відокремити ті СЧ, що доцільно удосконалити при рішенні завдань модернізації. Напрями модернізації КЗУ пов'язані з покращенням певних ТТХ відповідно до світових тенденцій, при цьому однією з основних умов залишається збереження або підвищення рівня надійності.

Аналіз надійності здійснюється на основі інформації, що отримано в процесі експлуатації за результатами перевірок штатними засобами контролю, лабораторно-стендових досліджень і випробувань при проведенні робіт з продовження призначених показників (строків служби, строків зберігання). Так, наприклад, найменш надійними СЧ за даними параметричного контролю АКР є головки самонаведення та блоки керування [12, с. 35...37].



Рис. 2. Декомпозиція АКР класу “повітря-повітря”.

Джерело: розроблено авторами.

Висновки

Для оцінки рівня ВТР КЗУ необхідно провести функціонально-морфологічну декомпозицію обраного зразка, сутність якої полягає у визначенні характеристик та атрибутів, що пов'язані з його функціонуванням, основних параметрів, що визначають його образ, вимоги до нього, забезпечують найбільш ефективне застосування за

призначенням. Під час проведення подальших досліджень щодо комплексного вирішення проблеми усунення наслідків фізичного і компенсації морального старіння КЗУ пропонується проводити їх ремонт з одночасною модернізацією тих СЧ, які, з однієї сторони, мають найнижчу експлуатаційну надійність, а з іншої – від яких відставання ТТХ щодо кращих світових зразків залежить найбільше.

Список літератури

1. Ковтуненко А.П., Зубарев В.В., Шишанов М.А. Основы теории восстановления эксплуатационных свойств технических систем. Монография. – К.: книжное издательство НАУ, 2007. – 294 с.
2. Артюшин Л.М., Зиятдинов Ю.К., Попов И.А., Харченко А.В. Большие технические системы: проектирование и управление. – Харьков: Факт, 1997. – 400 с.
3. Ковтуненко А.П., Зубарев В.В. Основы анализа сложных технических систем. Теория и приложения: Монография. – К: СПД Богданов В.О., 2009. – 496 с.
4. Шатров А.М., Крижанівський Є.С., Ільїна О.В. Обґрунтування вимог до надійності авіаційних керувань ракет, що ремонтуються з модернізацією окремих складових частин. *Зб. наук. праць Державного науково-дослідного інституту авіації*. Випуск 17(24). Київ: ДНДІА, - 2021. С. 50-55. DOI: 10.54858/dndia.2021-17-8.
5. Любарець А.А., Павловський І.В., Шатров А.М., Шишанов М.О. 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.
6. Єфіменко В.А., Крикуненко А.І., Нор П.І., Мельник О.Д. Методика оцінки технічного рівня систем озброєння Збройних Сил. *Зб. наук. праць Центрального науково-дослідного інституту озброєння та військової техніки Збройних Сил України*. 2010. № 15(37). – С. 131-146.
7. Нор П., Горський О., Павленко А. Методика оцінки технічного рівня зразків озброєння та військової техніки. *Зб. наук. праць Центрального науково-дослідного інституту озброєння та військової техніки Збройних Сил України*. 2012. № 34. – С. 188–194.
8. Харченко О., Зіятдінов Ю., Мавренков О. Методика оперативного розрахунку технічного рівня керувань авіаційних засобів ураження. *Зб. наук. праць Військового інституту Київського національного університету ім. Тараса Шевченка*. 2022. № 74. – С. 42–51. URL: <https://doi.org/10.17721/2519-481X/2022/74-05>.
9. О.Є. Мавренков, С.В. Матвійчук, В.І. Улізько. Удосконалена методика розрахунку коефіцієнта військово-технічного рівня літального апарату. *Зб. наук. праць Державного науково-дослідного інституту авіації*. 2022, №18(25), - С. 47-52. DOI: 10.54858/dndia.2022-18-7.
10. ДСТУ 2925-94. Якість продукції оцінювання якості. Терміни та визначення. Чинний від 1994-12-14. Вид. офіц. Київ, 1994. – 34 с.
11. Нор П. І., Щипанський П. В., Гогонянц С. Ю. Методика оцінки технічного рівня зразків озброєння і військової техніки. Система озброєння і військова техніка. *Зб. наук. праць Центрального науково-дослідного інституту озброєння та військової техніки Збройних Сил України*. 2014. №3. - С. 49-4.
12. Б.П. Креденцер Б.Н. Ланецкий, С.В. Лапицкий, А.А. Любарец, И.В. Одноралов, А.Н. Шатров, М.А. Шишанов под ред. О.П.Коростелева. Основы военно-технических исследований. Теория и приложения, Том 11. Синтез системы поддержания исправности средств поражения (Монография). – К.: Видавничий дім Дмитра Бурого. 2019. – 332 с.

Надійшла до редколегії 30.11.2023

Схвалена до друку 29.12.2023

Відомості про авторів

Любарець Андрій Анатольович

кандидат технічних наук
начальник відділу
Державного підприємства “ДержККБ “ЛУЧ”,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-5647-3745>

Information about the authors

Andrii Liubarets

Candidate of Technical Science
Head of the Department
of State Enterprise “SKDB “LUCH”,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-5647-3745>

Веретнов Андрій Олександрович

кандидат технічних наук
начальник науково-дослідного відділу
Центрального науково-дослідного інституту озброєння
та військової техніки Збройних Сил України,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-0160-7325>

Andrei Veretnov

Candidate of Technical Science
Head of Research Department
Central Scientific Research Institute of Armament and Military
Equipment of Armed Forces of Ukraine,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-0160-7325>

Печура Дмитро Сергійович

кандидат технічних наук
старший науковий співробітник
начальник науково-організаційного відділу
Державного науково-дослідного інституту авіації,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-5703-4039>

Dmytro Pechura

Candidate of Technical Science
Senior Researcher
Head of the Scientific and Organizational Department
of State Research Institute of Aviation,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-5703-4039>

**A FUNCTIONAL AND MORPHOLOGICAL DECOMPOSITION OF CERAMICS AS A WAY TO TRACE
AND EVALUATE THEIR MILITARY-TECHNICAL LEVEL**

A. Liubarets, A. Veretnov, D. Pechura

The article provides a methodical approach to the subsequent procedure for carrying out the functional-morphological decomposition of ceramic structures as a method of tracking and assessing their industrial-technical level. The main sign of decomposition is the functional significance of their adjacent storage parts - subsystems, units, blocks, etc. When this is indicated, the storage parts mutually switch on one another, so that if one of them malfunctions, the functioning of the entire virus will be destroyed. A unique morphological algorithm for conducting morphological analysis has also been proposed.

Determining the military-technical level before modernization will allow: to follow trends in the development of the same type of controlled means of destruction and to determine promising directions; determine the strengths and weaknesses of constructive and technical solutions and choose the direction of modernization.

During the decomposition, it was considered that controlled means of damage are representatives of complex technical systems, which made it possible to consider them from the standpoint of the theory of complex technical systems in both organizational and functional aspects.

According to the results of the decomposition, it is possible to determine the functional subsystems, units, blocks, elements that are responsible for the main technical characteristics and thus separate those constituent parts that should be improved when solving modernization tasks. The directions of modernization of guided weapons are related to the improvement of certain tactical and technical characteristics in accordance with world trends, while maintaining or increasing the level of reliability remains one of the main conditions. Reliability analysis is carried out on the basis of information obtained during operation.

As examples, the main technical characteristics that determine the technical level of air-to-air guided missiles in terms of possible modernization directions and the results of decomposition from the point of view of structure and functionality are given.

Keywords: military-technical level, controlled means of destruction, functional-morphological decomposition, tactical-technical characteristics, complex technical systems.