

Михайло Олексійович Шишанов (доктор технічних наук, професор) ¹

Ігор Володимирович Кондратюк ²

Андрій Олександрович Веретнов ¹

¹Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, Київ, Україна

²Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, Київ, Україна

МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ КОМПЛЕКСНОГО ОБҐРУНТУВАННЯ ВИМОГ ДО ВІДНОВЛЮВАЛЬНОСТІ СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

У статті розглянуті методичні основи комплексного обґрунтування вимог до відновлювальності складних технічних систем військового призначення.

Запропоновано порядок проведення комплексної оцінки можливості відновлення складних технічних систем військового призначення.

Показано, що з метою вирішення цього завдання необхідно вирішити цілий комплекс задач. До основних з яких відносяться:

аналіз виходу з ладу (втрата працездатності) складних технічних систем військового призначення. Для чого необхідно провести декомпозицію;

аналіз ураження складних технічних систем військового призначення при використанні за призначенням в ході ведення бойових дій;

аналіз особливостей відновлювального ремонту та можливостей ремонтних органів;

обґрунтування взаємозв'язку між ураженістю, живучістю складних технічних систем військового призначення та їх відновлюваністю;

обґрунтувати необхідність внесення змін у нормативну документацію при обґрунтуванні вимог до відновлювальності складних технічних систем військового призначення.

Вирішення цих задач, як показано у статті, може бути на основі системного підходу, який і покладений в основу статті, результатами якої є:

запропонована класифікація можливих пошкоджень складних технічних систем військового призначення в процесі експлуатації;

розглянута методика функціонально-морфологічної декомпозиції складних технічних систем військового призначення;

розглянуті основні особливості відновлювального ремонту складних технічних систем військового призначення;

визначено взаємозв'язок відновлювальності та живучості складних технічних систем військового призначення.

Показано, що розглянуті методичні основи являються основою для обґрунтування вимог до ремонтпридатності складних технічних систем військового призначення.

Ключові слова: складна технічна система; ураження; живучість; надійність; ремонтпридатність; відновлювальний ремонт; декомпозиція; відновлювальність.

Вступ

Постановка проблеми. Сучасний етап технічного прогресу характеризується впровадженням складних технічних систем (СТС) в різні сфери людської діяльності. Особливо швидкими виявилися темпи впровадження їх у військовій справі. В даний час СТС знаходяться на озброєнні практично усіх видів Збройних Сил, що істотно підвищило бойові можливості військ та дозволяє їм вирішувати найскладніші завдання в різних умовах бойової обстановки.

Слід відзначити, що для забезпечення військ СТС в міру їх розвитку і удосконалення стають складнішими і постають постійні завдання щодо їх

утримання в постійній готовності до застосування за призначенням. З метою вирішення цих завдань передбачається виконання певного комплексу організаційно-технічних заходів, до числа яких відносяться заходи з відновлення експлуатаційних властивостей СТС, втрачених під час природного старіння та зносу або впливу засобів ураження противника.

Експлуатаційні властивості СТС в залежності від причин та втрат можуть бути відновлені виконанням поточного ремонту або виконанням планового (середнього або капітального) ремонту і виконанням відновлювального ремонту [1].

Поточним ремонтом усуваються несправності на СТС в процесі їх експлуатації.

Плановий (середній, капітальний) ремонт СТС проводиться з певною періодичністю та спрямований на відновлення знижених в процесі експлуатації основних технічних характеристик, що визначають, в кінцевому підсумку, надійність СТС.

Відновлювальний ремонт СТС проводиться з метою відновлення працездатності СТС при нанесенні їм бойових пошкоджень.

Раціональна організація та виконання кожного з названих видів ремонту СТС дозволяє значною мірою підвищити їх ефективність, а також звести до мінімуму знаходження СТС в непрацездатному стані та витрати на їх відновлення.

Аналіз остатніх досліджень і публікацій. Дослідженню питань щодо обґрунтування вимог до відновлювальності складних технічних систем військового призначення присвячена низка робіт як вітчизняних так і закордонних вчених. Зокрема в роботі [2] для оцінювання ефективності відновлення озброєння та військової техніки запропонована методика оцінювання ефективності функціонування системи відновлення. Суть якої полягає в отриманні відомості про надійність відновлення озброєння та військової техніки за номенклатурою в кожній ланці структури системи відновлення, кількості відновлених зразків озброєння та військової техніки на кожному рівні ієрархії, кількості неохоплених ремонтно-відновлювальними роботами зразків озброєння та військової техніки в кожній ланці, кількості працездатних зразків озброєння та військової техніки на кожен добу операції (бойових дій). А у [3] показано обґрунтування методу моделювання процесу функціонування системи відновлення озброєння та військової техніки угруповання військ. Деякі питання які впливають на відновлюваність озброєння та військової техніки (ОВТ) розглянуто у [4] де запропоновано метод прогнозування величини втрат озброєння та військової техніки під час ведення операцій (бойових дій). В роботі [5] наведено напрямки удосконалення технологічного процесу відновлення ОВТ шляхом застосування нових рухомих засобів ремонту і технічного обслуговування, а у роботі [6] розглядаються питання удосконалення інформаційного забезпечення перспективної автоматизованої системи управління матеріально-технічним забезпеченням шляхом формування процедури прогнозування очікуваних пошкоджень зразків ОВТ. В роботі [7] запропоновано методику оцінювання відновлюваності озброєння та військової техніки. Згідно запропонованої методики основним оціночним параметром відновлюваності зразків ОВТ може бути середній час простою ОВТ в ремонті, а у [8] розглянуто систему технічного забезпечення військ зв'язку ЗС України за досвідом проведення бойових дій складовою якої є підсистема відновлення.

Мета статті. Узагальнити методичні основи комплексного обґрунтування вимог до відновлювальності складних технічних систем військового призначення.

Виклад основного матеріалу дослідження

Аналіз причин виходу з ладу СТС показує, що всі вони можуть бути умовно розподілені на групи [9].

Першу групу складають причини, зумовлені природним зносом деталей. Процес зношування деталей є цілком закономірним. Ця закономірність проявляється в зміні стану, розмірів і форм робочих поверхонь деталей, що викликають погіршення показників вузлів і механізмів СТС. Такі несправності пов'язані з часом експлуатації СТС.

Другу групу причин становлять дефекти, зумовлені недосконалістю виробництва, конструктивними недоліками тощо. Такі дефекти виявляються раптово і призводять до непередбачених (випадкових) зупинок СТС.

Третю групу причин, які викликають пошкодження і несправності в СТС, складають причини, зумовлені різними аварійними ситуаціями. Ця група несправностей не пов'язана функціонально із часом експлуатації СТС. Несправності, викликані аварійними ситуаціями, з'являються зазвичай раптово, незалежно від термінів служби СТС. До цієї групи несправностей відносяться поломки і аварії, викликані порушенням правил експлуатації, бойові пошкодження, які трапляються у зв'язку із застосуванням противником різних засобів ураження, а також пошкодження, пов'язані із затопленнями, зіткненнями та перекиданням СТС.

На рис. 1. представлена класифікація причин, які викликають несправності у СТС військового призначення.

Кожна із зазначених причин обумовлює можливість появи дефекту і його характер, а також механізм його виявлення.

Величина і характер природного зносу деталей залежать від сил тертя і робочого середовища (охолоджуючої рідини, мастила, палива, газів), а також від умов, в яких відбувається експлуатація або зберігання СТС. В умовах мирного часу природний знос деталей є головною причиною, яка зумовлює виявлення несправностей в СТС. В результаті зносу робочих поверхонь збільшуються зазори в рухомих сполученнях деталей, змінюється взаємне їх розташування, що порушує нормальні умови роботи вузлів, механізмів і систем. Зміна розміру і форми деталей призводить до перерозподілу діючих навантажень, до збільшення контактних напруг, в результаті чого процеси зношування прискорюються. При значному збільшенні зазорів в сполученнях можуть відбуватися поломки

деталей внаслідок динамічних навантажень. колінчастого валу може викликати аварію двигуна
Наприклад, знос робочих поверхонь з'єднання через його заклинювання.



Рис. 1. Класифікація причин несправностей і пошкоджень у СТС військового призначення.

Деформації деталей виникають головним чином в результаті динамічного впливу сил. Але вони можуть бути викликані також процесами старіння деталей, коливанням робочих температур тощо. Наприклад, відносно зміщення агрегатів призводить до інтенсивного зношування підшипників сполучених валів тощо. Все це в кінцевому підсумку скорочує ресурс агрегатів і призводить до виникнення відмов СТС.

При експлуатації СТС можуть з'явитися і такі дефекти, як утворення нагару і накипу на поверхнях деталей, пошкодження гальванічних і лакофарбових покриттів, старіння гумотехнічних і пластмасових виробів тощо.

Крім відмов і несправностей, що виникають в результаті поступової зміни властивостей деталей і сполучень, мають місце раптові відмови, поява яких функціонально не пов'язано з напрацюванням СТС. Причини подібних відмов обумовлюються прихованими дефектами металів (тріщини, тощо), недосконалістю технології виробництва тощо.

Комплексний вплив зазначених вище дефектів призводить до погіршення експлуатаційних властивостей СТС, до зниження показників їх бойових та технічних якостей.

Аварійні пошкодження в деталях і вузлах виникають внаслідок конструктивних або виробничих недоробок, порушень правил експлуатації, а також низької якості ремонту.

В умовах бойових дій найбільш поширеною причиною виникнення несправностей в СТС буде вплив уражаючих факторів різних засобів збройної

боротьби. Наслідком цього впливу можуть з'явитися деформація деталей, вузлів і агрегатів, викликані ударною хвилею вибуху; руйнування корпусу і пошкодження агрегатів, вузлів і деталей в результаті впливу снарядів ударної дії або кумулятивних засобів боротьби; загоряння виробів і, як наслідок, зміна структури матеріалу деталей від запалювальних засобів вибуху.

Поряд з цим в умовах бойових дій, а також в період бойової підготовки військ (сил) в мирний час певна частина СТС виходить з ладу через зіткнення, затоплення, перекидання, застрягання тощо.

Характер несправностей, викликаний цими причинами, може бути досить різноманітним. Так, наприклад, в результаті зіткнень або перекидань СТС виникає деформація деталей, вузлів, агрегатів; руйнуються зовнішні елементів СТС.

В результаті затоплень і застрягань можуть з'явитися несправності в апаратах, приладах і механізмах озброєння, оптики, електро-радіо-спеціалізація через руйнування лакофарбових покриттів, гумотехнічних виробів тощо. Несправності можуть виникнути також в системах живлення, змащування, двигуна внаслідок попадання в них води, піску, бруду тощо.

В умовах бойових дій не виключаються також несправності, властивості експлуатації СТС в мирний час. Навпаки, швидкість їх утворення в деталях, вузлах, агрегатах може зрости, оскільки СТС в умовах бойових дій працюють на граничних режимах, на пересіченій місцевості із наявністю природних і штучних перешкод.

Таким чином, в СТС можуть виникати, різноманітні пошкодження і відмови. Внаслідок цього СТС є виробами ремонту, для відновлення яких характерне широке коливання обсягу трудових витрат і номенклатури ремонтних робіт.

Чисельна оцінка можливості появи пошкоджень і відмов в СТС є величиною ймовірності і пов'язана, як правило, з певним фіксованим проміжком часу або величиною напрацювання. Оскільки поява несправностей в СТС носить випадковий характер, для їх прогнозування використовують ймовірностатистичні методи дослідження випадкових величин.

Одним з найважливіших факторів, які визначають тривалість бойового використання СТС, є їх стійкість до факторів ураження різних засобів збройної боротьби. У свою чергу, стійкість СТС може характеризуватися цілим рядом кількісних характеристик, найважливішою з яких є ураження. Ураження визначає можливість виходу з ладу СТС а також побічну можливість його відновлення і повернення в стрій [10].

Факт ураження СТС означає, що впливом засобів ураження порушена працездатність однієї або декількох складальних одиниць СТС, в наслідок чого він припиняє виконання завдань за призначенням.

СТС можуть вийти з ладу при пошкодженні основних складальних одиниць. Отже, завдання оцінки ураження полягає у визначенні ймовірності переходу СТС із справного стану в один із можливих станів, який виключає їх подальше бойове використання.

В умовах бойових дій СТС можуть виходити з ладу від різних засобів ураження [11]: стрілецької зброї; керованих ракет; вибуху мін, фугасів, снарядів; впливу ударної хвилі великої потужності тощо.

Майже всі засоби боротьби з СТС вимагають безпосереднього контакту засобів ураження зі СТС. Винятком може бути ударна хвиля великої потужності, яка володіє великою руйнівною силою. Тому для більшої частини випадків методика визначення ймовірності ураження СТС матиме багато спільного. Розглянемо ці випадки:

ймовірність ураження СТС при контакті із засобами ураження;

ймовірність ураження СТС від ударної хвилі великої потужності.

Ймовірність ураження СТС в першому випадку залежить від багатьох факторів, найважливішими з яких є уражаючі властивості боєприпасів які застосовуються і здатність СТС протистояти цим уражаючим властивостям. Остання обставина дає можливість використовувати в оцінці ураження СТС звичайні критерії оцінки ефективності стрільби.

Відомо, що критерієм ефективності стрільби може служити ймовірність ураження цілі, що

характеризує, з одного боку, ефективність елемента ураження; з іншого - стійкість, а разом з тим і живучість СТС.

Ймовірність виникнення пошкодження описується умовним законом ураження [12]. Для визначення умовного закону ураження цілі може бути використана методика, яка передбачає, що елемент ураження вже потрапив в СТС. Завдання полягає у визначенні характеру пошкоджень і величини завданих збитків. Розглянемо, які можуть бути наслідки події при попаданні елемента ураження в СТС і які їхні ймовірності [13-15].

Зазначимо, що величину G_1 (ймовірність ураження одним пострілом) можна представити як величину, яка має відношення площі проекції СТС, потрапляння в яку виводить її з ладу F_{nop} , до всієї площі проекції СТС на площину розсіювання F_{zag} (1):

$$G_1 = \frac{F_{nop}}{F_{zag}}. \quad (1)$$

Звідси видно, що для оцінки F_{nop} необхідно знати конструкцію СТС, характеристику елемента ураження і, спираючись на експериментальні дані, можна завжди на площі проекції цілі провести межі, які визначають F_{nop} тобто межі площі, при попаданні в яку уражається якась важлива складальна одиниця СТС.

Розглянувши таким чином СТС, можна для даного напрямку вогню противника оцінити всі його складові. За сумою складових оцінюється стійкість СТС в цілому, а за величиною окремих складових судять про важливість тієї чи іншої причини і стійкості її окремих складальних одиниць [16].

Величина G_1 , як основний параметр оцінки ураження, може бути прийнятною для всіх засобів ураження, що вимагають безпосереднього контакту засобів ураження із СТС. Цілком природно, що цей показник оцінки ураження не може бути прийнятним як оціночний параметр ударної хвилі великої потужності. В даному випадку необхідний інший показник, який визначає ураження СТС без контакту з нею засобів ураження. Таким показником може бути величина уражаючого імпульсу у фронті ударної (вибухової) хвилі.

Відомо, що СТС можуть виходити з ладу при вибухах потужних снарядів, фугасів в безпосередній близькості від них. При цьому від одного вибуху може вийти з ладу кілька виробів, оскільки основним уражаючим фактором в даному випадку є вибухова хвиля. Вона завдає пошкодження зовнішній укладці, руйнує прилади спостереження, зв'язку, змонтоване озброєння, а при великому і надмірному тиску перевертає і деформує СТС. Отже, в даному випадку основним параметром оцінки ураження є величина уражаючого імпульсу у фронті ударної (вибухової)

хвилі. Вона визначає радіус ураження, а разом з ним і ураження СТС.

Визначення можливості ураження даними засобом боротьби також може бути здійснено теоретичним шляхом.

Якщо СТС розташовані групою і противник, завдаючи удару, може відразу уразити кілька СТС, то за умови рівномірного розміщення СТС (з площею горизонтальної проекції F_n) на деякій площі F ймовірність ураження кожної з них дорівнює математичному очікуванню відносної площини ураження (2):

$$W_{nop} = \frac{F_n}{F}. \quad (2)$$

При малому розсіюванні боєприпасів противника R_{nop} (в порівнянні з розмірами розміщення F) математичне сподівання уражаючої площі дорівнює максимальному перекриттю, яке може бути визначено з рівняння (3):

$$\mu = \frac{\pi R_{nop}^2}{F}. \quad (3)$$

Тоді середня ймовірність ураження кожної СТС може бути виражена в залежності від щільності їх розміщення (4):

$$W_{nop} = \frac{\pi R_{nop}^2 L}{N}, \quad (4)$$

де N – загальна кількість СТС;

L – щільність їх розміщення, тобто питома площа, яка припадає на одну СТС.

Знаючи кількість СТС, розміщених на місцевості, щільність їх розміщення, а також радіус ураження для даної СТС даними засобом ураження, можна визначити ймовірність ураження для одиничного випадку.

Зауважимо, що якщо противник буде діяти індивідуально по кожній СТС (тобто виробі розосереджені настільки, що противник змушений діяти по кожному з них), то ймовірність ураження СТС не буде залежати від загальної кількості СТС.

У цьому випадку ймовірність ураження кожної СТС визначається з урахуванням величини радіусу ураження і значень координат розсіювання застосованих засобів ураження. Математично це може бути представлено так (5) [17]:

$$W_{nop} = 1 - e^{-\frac{R_{nop}^2 h^2}{E^2}}, \quad (5)$$

де $E = Ex = Ey$ – координати розсіювання;

h – постійний коефіцієнт, що враховує рельєф місцевості і точку застосування засобів ураження (0,3 - 0,5).

В сучасних умовах досить часто можна зустріти таке поєднання потужності уражаючої дії засобів ураження і стійкості СТС, коли закон ураження цілі набуває ступінчастий вигляд, тобто в межах певної дальності вибуху від цілі

ймовірність ураження СТС можна вважати рівною одиниці, а за межами цієї дальності – нулю.

Таку картину можна спостерігати, наприклад, при дії потужного вибуху в точкову ціль. В цьому випадку умовою ураження цілі будуть задовольняти всі відхилення точок вибуху, що не перевищують значення R_{nop} . Ймовірність поразки в цьому випадку визначається також за рівнянням (5) зі своїми значеннями R_{nop} , E і h . Радіус ураження цілі конкретними боєприпасами (бойовою частиною ракети, снарядом, міною або фугасом тощо) визначається зазвичай експериментально.

Ймовірність ураження цілі визначається ймовірністю нанесення ураження частин СТС пробоїн, вм'ятин та інших пошкоджень, які викликають вихід з ладу її життєво важливих складальних одиниць, що визначають рухливість, захищеність, бойову ефективність озброєння тощо.

Отже, ймовірність ураження СТС рівнозначна в даному випадку ймовірності виходу з ладу будь-якого агрегату, вузла або системи. На основі ймовірностей пошкодження визначається можлива трудомісткість відновлення СТС, розраховуються нормативи і номенклатура возимих запасів СТС, комплекти ремонтно-технологічної оснастки, розробляються типові технологічні процеси, рухомі засоби відновлення.

Для визначення ймовірності ураження виробу СТС W_{nop} та в подальшому для дослідження стійкості виробу СТС, в статті використана формула академіка А.М. Колмогорова (6) [18]:

$$W_{nop} = P_{mn} G_m \quad (6)$$

де P_{mn} – ймовірність попадання у СТС m елементів ураження з n пострілів;

G_m – умовний закон ураження, тобто ймовірність ураження СТС за умови, що в неї потрапило m елементів ураження.

Визначення ймовірності ураження СТС за формулою академіка Колмогорова А.М. надає можливість визначити оцінку ураження СТС та визначити стійкість їх в цілому за величиною окремих площин. За величиною окремих площин ураження з'являється можливість визначити важливість тієї чи іншої складальної одиниці СТС.

На відміну від вище розглянутих видів ремонту СТС, які проводяться переважно в стаціонарних умовах, відновлювальний ремонт має ряд особливостей та характерний для СТС військового призначення, основним етапом експлуатації яких є – використання за призначенням.

Відомо, що відновлювальний ремонт проводиться з метою усунення наслідків впливу засобів ураження противника на СТС та їх складальні одиниці.

Характер і складність цих пошкоджень залежить від багатьох факторів, до основних з яких відносяться, тип СТС, його конструкція, тип

та кількість боєприпасів які були застосовані противником для їх знищення.

Від характеру і складності пошкоджень залежить об'єм їх відновлювального ремонту (величина трудовитрат на відновлювальний ремонт) та склад необхідних для його виконання сил і засобів (ремонтного обладнання, ЗП та експлуатаційних матеріалів).

Враховуючи той факт, що відновлювальний ремонт СТС характерний умовам військового часу та терміни на його проведення обмежені, підготовка до нього повинна проводитись завчасно.

В процесі підготовки до відновлювального ремонту СТС, використовуючи результати прогнозування складності та характеру очікуваних пошкоджень їх складальних одиниць з'являється можливість у розрахунку необхідного складу ремонтних сил і засобів, їх накопичення, розробці ремонтної документації та визначати оптимальні варіанти організації відновлення пошкоджених СТС.

Трудовитрати на виконання відновлювального ремонту СТС залежать від багатьох факторів, до основних з яких можуть бути віднесені: спосіб ремонту; конструкційні особливості СТС; характер пошкодження складальних одиниць СТС; ступінь забезпеченості ремонтних бригад необхідним ремонтним обладнанням, ЗП, експлуатаційними матеріалами; рівень професійної підготовки особового складу ремонтних бригад.

Аналіз перерахованих факторів вказує на те, що без накладення обмежень на задачу, яку необхідно вирішити неможливо отримання однозначного рішення. Виходячи з цього, основною умовою для рішення цієї задачі – є мінімізація часу на відновлювальний ремонт СТС, які будуть в основному визначатися обраним способом ремонту.

Отже, з вище перерахованого слідує, що відновлювальний ремонт значно відрізняється від ремонту в стаціонарних умовах і визначається, як ремонт, який проводиться з метою усунення бойових ушкоджень і відмов СТС, приведення його до технічно справного стану в ході ведення бойових дій. При цьому, відновлювальний ремонт характеризується веденням технічної розвідки, евакуації непрацездатних СТС, їх ремонт, доукомплектування та повернення до строю, а

відповідно і час на відновлювальний ремонт буде інший [19]. Основним показником відновлювального ремонту – є оперативний час відновлення та може бути визначений за формулою (7):

$$T_{відн} = T_{ТхР} + T_{ес} + T_{рем} + T_{встрій}, \quad (7)$$

де $T_{ТхР}$ – час ведення технічної розвідки непрацездатних СТС;

$T_{ес}$ – час евакуації непрацездатних СТС до ЗППМ;

$T_{рем}$ – час виконання ремонту СТС;

$T_{встрій}$ – час повернення до строю працездатних СТС.

В умовах ведення бойових дій військ основною властивістю, яка визначає термін служби виробів СТС, є їх живучість [20]. Живучість СТС характеризує і таку властивість, як відновлюваність СТС у випадках їх ураження. Відновлюваність зазвичай характеризується тими ж показниками, що і ремонтпридатність, тобто часом відновлення СТС T_v , ймовірністю його відновлення в заданий термін $P_v(t)$.

У ряді випадків для оцінки живучості СТС може знадобитися єдиний показник оцінки, що охоплює одночасно і стійкість і відновлюваність досліджуваної СТС. Показник, що враховує взаємозв'язок ймовірності виходу СТС з ладу з ймовірністю його відновлення у випадках ураження (пошкодження), і є єдиним показником оцінки живучості. Живучість може бути визначена за формулою (8):

$$Ж = \frac{K_в^2 W_{вв}}{1 + (K_в^2 - 1) W_{вв}}, \quad (8)$$

де $W_{вв}$ – показник стійкості СТС у бойовому зіткненні з противником;

$K_в$ – показник оцінки відновлення СТС у випадках їх ураження.

За допомогою проведення машинного експерименту отримані результати значень показника живучості в залежності від показників складових частин наведені в таблиці 1.

З наведених даних в таблиці видно, що зі збільшенням стійкості $W_{вв}$ та відновлюваності $K_в$ їх живучість різко зростає.

Таблиця 1

$W_{вв}$	$K_в$						
	0,10	0,30	0,50	0,70	0,80	0,90	0,95
0,10	0,0011	0,0043	0,0099	0,0227	0,0380	0,0818	0,1582
0,30	0,0099	0,0369	0,0826	0,1734	0,2640	0,4480	0,6376
0,50	0,0270	0,0968	0,2000	0,3687	0,5000	0,6931	0,8210
0,70	0,0517	0,1736	0,3278	0,5313	0,6620	0,8447	0,9103
0,90	0,0896	0,2583	0,4478	0,6539	0,7637	0,8785	0,9408

При обґрунтуванні та завданні вимог до перспективних СТС необхідним є визначення їх експлуатаційних властивостей, які проявляються в найбільш жорстких умовах експлуатації – при використанні за призначенням. Проведені дослідження показали необхідність до обґрунтування основних показників надійності та живучості.

Для встановлення взаємозв'язку між надійністю і живучістю СТС та виявлення інших властивостей, які необхідно досліджувати при створенні перспективних СТС в статті проведено декомпозицію СТС. Особливістю проведення такої декомпозиції є використання функціонально-морфологічного принципу, з наданням переваги функціональному принципу. Відповідно до цього підходу, функціональний опис СТС представляє собою опис процесів його застосування за призначенням, в якому відображена мета функціонування та засоби її досягнення.

Сутність декомпозиції СТС за функціонально-

морфологічним принципом полягає в тому, що початковим моментом декомпозиції є визначення основних властивостей СТС, які проявляються при використанні СТС за призначенням.

Результати декомпозиції СТС військового призначення показані на рис.2.

Як видно із представленої декомпозиції з'явилась можливість визначити такі властивості, як командна керованість, універсальність, та ще одну складову живучості, як відновлювальний ремонт.

По суті відновлювальний ремонт представляє собою своєрідний місток між надійністю та живучістю СТС, та дозволяє встановити ще одну властивість, як відновлюваність.

З вище вказаного слідує, що стає необхідним здійснення подальших досліджень щодо відновлювальності, як важливої властивості СТС військового призначення та внесення відповідних змін до нормативної документації щодо цього поняття.

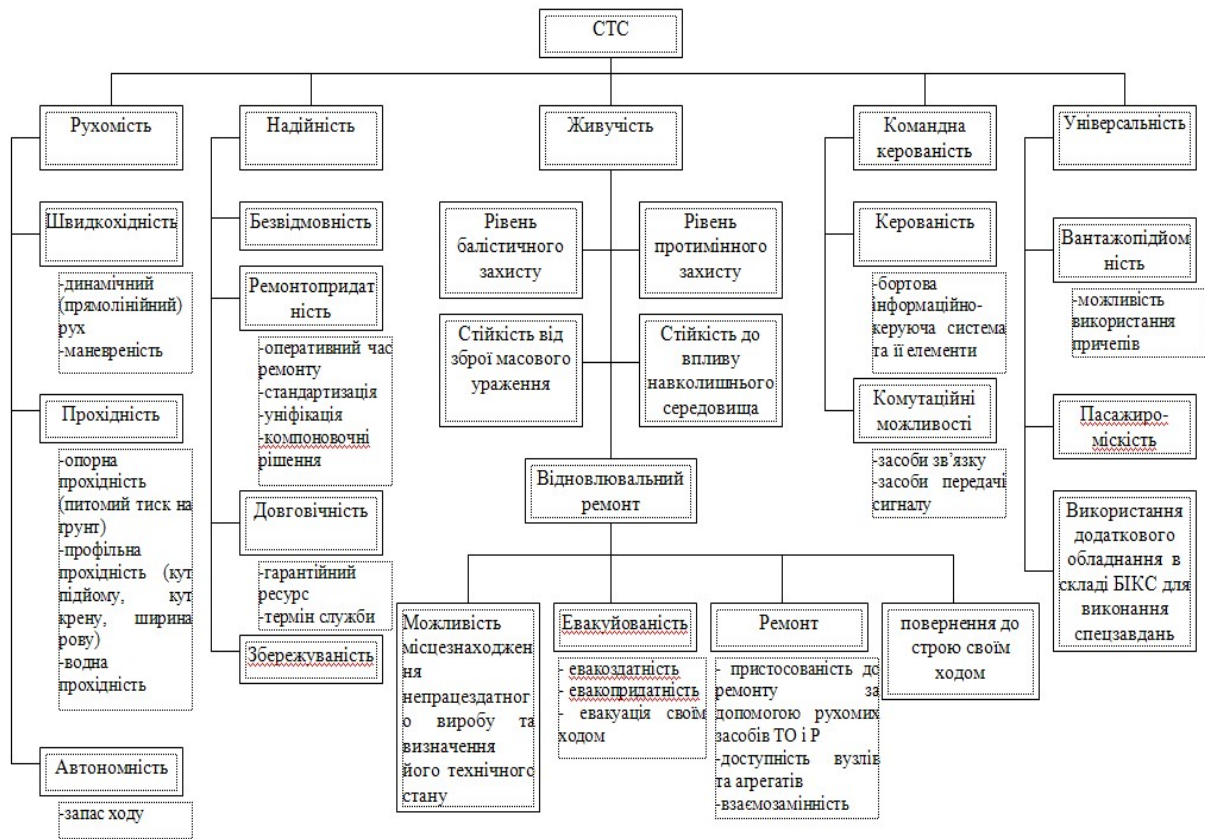


Рис.2 Декомпозиція СТС військового призначення

Висновки й перспективи подальших досліджень

Отже, вирішення задач, які показано у статті, може бути на основі системного підходу, який і покладений в основу статті, результатами якої є: запропонована класифікація можливих пошкоджень складних технічних систем в процесі експлуатації; розглянута методика функціонально-морфологічної декомпозиції складних технічних систем військового призначення; розглянуті

основні особливості відновлювального ремонту складних технічних систем військового призначення; визначено взаємозв'язок відновлювальності та живучості складних технічних систем військового призначення.

Також, розглянуті методичні основи являються основою для обґрунтування вимог до ремонтпридатності складних технічних систем військового призначення.

Література

1. Ковтуненко, А.П. Шишанов, М.А. Зубарев, В.В. Основы теории восстановления эксплуатационных свойств технических систем. Монография, книжное издательство. Киев 2007. с. 3-7.
2. Дачковський, В.О. Стрельбицький, М.А. Математична модель функціонування системи відновлення озброєння та військової техніки. “Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони”, 2020. № 2(38) С. 87- 94. DOI:10.33099/2311-7249/2020-38-2-87-94
3. Шишанов, М.О. Гуляев, А.В., Шевцов, М.М. Обґрунтування методу моделювання процесу функціонування системи відновлення озброєння та військової техніки угруповання військ. Озброєння та військова техніка, 2017, №1(13), с. 75-77
4. Дачковський, В., Гудима, В., & Сампір, О. (2021). Методичний підхід до прогнозування потоку ремонтного фонду зразків озброєння та військової техніки. Збірник наукових праць ЛОГОС. <https://doi.org/10.36074/logos-26.02.2021.v1.40>
5. Наумов, А.В. Тетенькин, А.С. Перевертов, А.А. Татарнов, В.В. Совершенствование технологического процесса восстановления машин путем применения новых образцов подвижных средств технического обслуживания и ремонта. [Електронний ресурс]: Режим доступу: http://www.science-bsea.bgita.ru/2012/mashin_2012_16/naumov_sov.ht.
6. Запара, Д.М. Бровко, М.Б. Старцев, В.В. Кушпета, Р.Ю. Дудко, М.В. Впровадження процедури прогнозування пошкоджень ОВТ від впливу осколкової дії засобів ураження в перспективну АСУ матеріально-технічним забезпеченням. Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил, 2018, №4(58) с. 50-56.
7. Дачковський, В.О. Радченко, Л.М. Методика оцінювання відновлюваності озброєння та військової техніки. “Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. 2019. № 3(36) С. 89-96. DOI:10.33099/2311-7249/2019-36-3-89-96
8. Гришина, Н.С. Білий, О.А. Побережець, Т.В. Новак, А.О. Ткач, В.О. Оптимізація системи технічного забезпечення військ зв'язку ЗС України за досвідом проведення бойових дій. Молодий вчений. 2018. № 12 (64), с. 563-565.
9. Марютин, М.И. Гнедовский, Ю.Е. Гуляев, А.В. Технология ремонта бронетанковой техники. Издание академии. Москва 1973. с. 9- 18.
10. Шишанов, М.О. Веретнов, А.О. Методичні основи дослідження ремонтпридатності військової автомобільної техніки. Озброєння та військова техніка. 23(3), с. 53–57. doi: 10.34169/2414-0651.2019.3(23).
11. Шишанов, М.А. Чепков, И.Б. Лапицкий, С.В. Куприненко, А.Н. Олиярник, Б.А. Башинский, В.Г. Гуляев, А.В., Котляр, С.С. Основы военно-технических исследований. Теория и приложения. Т. 10. Система полигонных испытаний вооружения и военной техники: методологические основы. Монография – К.: Издательский дом Дмитрия Бурого, 2016 – с. 39.
12. Кузнецова, В.И. Барзиловича, Е.Ю. Надежность и эффективность в технике / Справочник под. Ред. Т.8. – Эксплуатация и ремонт. – М.: Машиностроение, 1990. – с. 320.
13. Венцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения. / Венцель Е.С. – М. Наука 1991 – с.145.
14. Шишанов, М.А. Лапицкий, С.В. Кучинский, А.В. Оленович, И.Ф. Чепков, И.Б. Васковский, М.И. Гурнович, А.В. Бисык, С.П. Куприненко, А.Н. Основы военно-технических исследований. Теория и приложения. Т. 9. Прикладные аспекты испытаний и теоретико-экспериментальных исследований вооружения и военной техники. Монография – К.: Издательский дом Дмитрия Бурого, 2015 – с. 433.
15. Венцель, Е. Теория вероятностей. М. «Наука», 1969 – с.124-127.
16. Половко, А.М. Основы теории надежности. – М.: Наука, 1964. – с. 206.
17. Саати, Т.Л. Элементы теории массового обслуживания и ее применения. – М.: Сов. радио, 1974. – с. 233.
18. Кофман А., Крюон Ф. Массовое обслуживание. Теория и приложение /Пер. с фран. – М.: Наука, 1975. – с. 120.
19. Дачковський, В.О. Сампір, О.М. Алгоритм функціонування системи логістичного забезпечення. “Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони”, НУОУ. 2019. № 2(35) с. 87-92. DOI:10.33099/2311-7249/2019-35-2-87-92
20. Дачковський, В.О. Методика визначення характеристик живучості озброєння та військової техніки. Social development & Security. 2020. №10(1), с. 18-24. DOI:10.33445/sds.2020.10.1.3.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КОМПЛЕКСНОГО ОБОСНОВАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К ВОССТАНАВЛИВАЕМОСТИ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Михаил Алексеевич Шишанов (доктор технических наук, профессор) ¹

Игорь Владимирович Кондратюк ²

Андрей Александрович Веретнов ¹

¹ *Центральный научно-исследовательский институт вооружения и военной техники
Вооруженных Сил Украины, Киев, Украина*

² *Национальный университет обороны Украины имени Ивана Черняховского, Киев, Украина*

В статье рассмотрены методические основы комплексного обоснования требований к восстанавливаемости сложных технических систем военного назначения.

Предложен порядок проведения комплексной оценки возможности восстановления сложных технических систем военного назначения.

Показано, что с целью решения этой задачи необходимо решить целый комплекс задач. К основным из которых относятся:

анализ выхода из строя (потеря трудоспособности) сложных технических систем военного назначения. Для чего необходимо провести декомпозицию;

анализ поражения сложных технических систем военного назначения при использовании по назначению в ходе ведения боевых действий;

анализ особенностей восстановительного ремонта и возможностей ремонтных органов;

обоснование взаимосвязи между пораженностью, живучестью сложных технических систем военного назначения и их восстанавливаемостью;

обосновать необходимость внесения изменений в нормативную документацию при обосновании требований к восстанавливаемости сложных технических систем военного назначения.

Решение этих задач, как показано в статье, может быть на основе системного подхода, который и положен в основу статьи, результатами которой являются:

предложена классификация возможных повреждений сложных технических систем военного назначения в процессе эксплуатации;

рассмотрена методика функционально-морфологической декомпозиции сложных технических систем военного назначения;

рассмотрены основные особенности восстановительного ремонта сложных технических систем военного назначения;

определена взаимосвязь восстанавливаемости и живучести сложных технических систем военного назначения.

Показано, что рассмотренные методические основы являются основой для обоснования требований к ремонтнопригодности сложных технических систем военного назначения.

Ключевые слова: *сложная техническая система; поражения; живучесть; надежность; ремонтнопригодность; восстановительный ремонт; декомпозиция; восстанавливаемость.*

METHODOLOGICAL FUNDAMENTALS OF COMPLEX JUSTIFICATION OF REQUIREMENTS FOR COMPREHENSIBILITY OF COMPLEX TECHNICAL SYSTEMS

Mychailo Shishanov (Doctor of Technical Sciences, Professor) ¹

Igor Kondratiuk ²

Andrei Veretnov ¹

*¹Central Research Institute of Armaments and Military Equipment
Armed Forces of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

²National Defence University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovskiyi, Kyiv, Ukraine

The methodical bases of complex substantiation of requirements to reproducibility of difficult technical systems of military purpose are considered in the article.

The procedure for conducting a comprehensive assessment of the possibility of restoring complex technical systems for military purposes is proposed.

It is shown that in order to solve this problem it is necessary to solve a whole set of problems. The main ones are:

failure analysis (disability) of complex technical systems for military purposes. Why it is necessary to decompose;

analysis of the defeat of complex technical systems for military use when used for its intended purpose during hostilities;

analysis of features of restoration repair and possibilities of repair bodies;

substantiation of the relationship between damage, survivability of complex technical systems for military purposes and their reproducibility;

to substantiate the need to make changes to the regulatory documentation when substantiating the requirements for the reproducibility of complex technical systems for military purposes.

The solution of these problems, as shown in the article, can be based on a systematic approach, which is the basis of the article, the results of which are:

the classification of possible damages of difficult technical systems of military purpose in the course of operation is offered;

the technique of functional-morphological decomposition of complex technical systems of military purpose is considered;

the main features of restoration repair of complex technical systems of military purpose are considered; the relationship between the reproducibility and survivability of complex technical systems for military purposes.

It is shown that the considered methodical bases are the basis for substantiation of requirements to maintainability of difficult technical systems of military purpose.

Keywords: *complex technical system; lesions; vitality; reliability; maintainability; restoration repairs; decomposition; reproducibility.*

References

1. Kovtunenکو, A.P. Shishanov, M.A. Zubarev, V.V. Osnovy teorii vosstanovleniya ekspluatatsionnykh svoystv tekhnicheskikh sistem. Monografiya, knizhnoye izdatel'stvo. Kiyev 2007. s. 3-7.
2. V. Dachkovskiy, M. Strelbitskiy Mathematical model of system functioning restoration of weapons and military equipment. *Modern Information Technologies in the Sphere of Security and Defence*. 2020. № 2(38) С. 87-94. DOI:10.33099/2311-7249/2020-38-2-87-94
3. Shishanov, M.O. Gulyaev, A.V., Shevtsov, M.M. Exploring the method of modeling the process of the function of the system and the updated technology and technical technology. *Ozbroennya viiskova tekhnika*, 2017, No. 1 (13), p. 75-77
4. Dachkovskyy, V., Hudyma, V., & Sampir, O. (2021). Metodychnyy pidkhid do prohnozuvannya potoku remontnoho fondu zrazkiv ozbroyennya ta viys'kovoyi tekhniki. *Zbirnyk naukovykh prats' LОHOS*. <https://doi.org/10.36074/logos-26.02.2021.v1.40>
5. Naumov, A.V. Tetenkin, A.S., Perevertov, A.A., Tatarnov, V.V. Improving the technological process of restoration of machines through the use of new samples of mobile tools for maintenance and repair. [Electronic resource]: Access mode: http://www.science-bsea.bgita.ru/2012/mashin_2012_16/naumov_sov.htm.
6. Zapara, D.M. Brovko, M.B. Startsev, V.V. Kushpet, R.Yu. Dudko, M.V. In the process of forecasting the prognosis of the shipment of OVT, I'm pouring shrapnel and other ideas into perspective ACS with material and technical care. *Zbirnik naukovskikh prats of the Kharkiv National University of the Powers*, 2018, No. 4 (58) p. 50-56.
7. V. Dachkovskiy, L. Rodchenco, Recovery methodology weapons and military equipment. *Modern Information Technologies in the Sphere of Security and Defence*. 2019. №1(36) p. 89-96. DOI:10.33099/2311-7249/2019-36-3-89-96
8. Grishina, N.S. Biliy, O.A. Poberezhets, T.V. Novak, A.O. Tkach, V.O. Optimization of the system of technical support for the sound of the AP of Ukraine for the conduct of combat engagements. *Young introductory*. 2018.No 12 (64), p. 563-565.
9. Maryutin, M.I. Gnedovskiy, YU.Ye. Gulyayev, A.V. Tekhnologiya remonta bronetankovoy tekhniki. Izdaniye akademii. Moskva 1973. s. 9- 18.
10. Shishanov, M.O. Veretnov, A.O. Metodichni osnovi doslidzhennya remontoprdatnosti viys'kovoï avtomobil'noï tekhniki. *Ozbroennya ta viys'kova tekhnika*. 23(3), s. 53–57. doi: 10.34169/2414-0651.2019.3(23).
11. Shishanov, M.A. Chepkov, I.B. Lapits'kiy, S.V. Kuprinenko, A.N. Oliyarnik, B.A. Bashinskiy, V.G. Gulyaev, A.V., Kotlyar, S.S. Osnovy voyenno-tekhnicheskikh issledovaniy. Teoriya i prilozheniya. T. 10. Sistema poligonnykh ispytaniy vooruzheniya i voyennoy tekhniki: metodologicheskkiye osnovy. Monografiya – K.: Izdatel'skiy dom Dmitriya Burago, 2016 – s. 39.
12. Kuznetsova, V.I. Barzilovicha, Ye.YU. Nadezhnost' i effektivnost' v tekhnike / Spravochnik pod. Red. T.8. – Ekspluatatsiya i remont. – M.: Mashinostroyeniye, 1990. – s. 320.
13. Ventsel' Ye.S., Ovcharov L.A. Teoriya sluchaynykh protsessov i yeye inzhenernyye prilozheniya. / Ventsel' Ye.S. – M. Nauka 1991 – s.145.
14. Shishanov, M.A. Lapitskiy, S.V. Kuchinskiy, A.V. Olenovich, I.F. Chepkov, I.B. Vas'kovskiy, M.I. Gurnovich, A.V. Bisyk, S.P. Kuprinenko, A.N. Osnovy voyenno-tekhnicheskikh issledovaniy. Teoriya i prilozheniya. T. 9. Prikladnyye aspekty ispytaniy i teoretiko-eksperimental'nykh issledovaniy vooruzheniya i voyennoy tekhniki. Monografiya – K.: Izdatel'skiy dom Dmitriya Burago, 2015 – s. 433.
15. Ventsel', Ye. Teoriya veroyatnostey. M. «Nauka», 1969 – s.124-127.
16. Polovko, A.M. Osnovy teorii nadezhnosti. – M.: Nauka, 1964. – s. 206.
17. Saati, T.L. Elementy teorii massovogo obsluzhivaniya i yeye primeneniya. – M.: Sov. radio, 1974. – s. 233.
18. Kofman A., Kryuon F. Massovoye obsluzhivaniye. Teoriya i prilozheniye /Per. s fran. – M.: Nauka, 1975. – s. 120.
19. V. Dachkovskiy, O. Sampir, Algorithm of logistic protection system operation. “*Modern Information Technologies in the Sphere of Security and Defence*”, 2019. № 2(35) p. 87-92. DOI:10.33099/2311-7249/2019-35-2-87-92
20. Dachkovskiy, V.O. Method of determination of survival characteristics of weapons and military equipment. *Social development & Security*. 2020. №10(1), p. 18- 24. DOI: 10.33445/sds.2020.10.1.3.