

УДК 632.4.004.67

Б. О. МЕЛЬНИК, кандидат технічних наук
(Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ)

Розробка структури вимог до ремонтпридатності озброєння та військової техніки на основі системного аналізу процесу їхнього ремонту

Розглянуті питання обґрунтування структури й класифікації вимог до ремонтпридатності машин військового призначення, їхня класифікація, а також класифікація процесів ремонту на підставі їхнього системного аналізу для подальшого формування вимог до ремонтпридатності різних типів озброєння й військової техніки.

Рассмотрены вопросы обоснования структуры и классификации требований к ремонтпригодности машин военного назначения, их классификация, а также классификация процессов ремонта на основании их системного анализа для дальнейшего формирования требований к ремонтпригодности различных типов вооружения и военной техники.

При розробці вимог до ремонтпридатності озброєння та військової техніки (ОВТ) повинні бути виконані умови повноти, об'єктивності і однозначності її опису, забезпечений зв'язок з іншими характеристиками об'єкта і можливість їх перевірки.

Повнота опису передбачає облік всіх чинників, що впливають на процес ремонту, тому що в ході саме цього процесу реалізується ремонтпридатність. Обґрунтованість вимог забезпечується вибором тих показників ремонтпридатності, що відповідають даному виробу, тобто його призначенню, конструктивним особливостям, режиму і умовам використання, процесу ремонту. До умови об'єктивності відноситься і обґрунтоване завдання структури вимог та їх характеристики. Однозначність вимог визначається тим, що не можна кількісно задавати значення двох або декількох показників, зв'язаних функціонально.

Необхідно, щоб обрані показники ремонтпридатності дозволяли проводити оцінку комплексних властивостей виробу: надійності, ефективності, якості. Виходячи з цього, метою статті є теоретичне обґрунтування рішення таких задач:

- класифікація зразків ОВТ та процесів їх ремонту за їх конструкцією на ремонтпридатність;
- розробка типової структури вимог (для обліку і впорядкування всіх чинників процесу ремонту).

Розглянемо теоретичний підхід і методи рішення цих задач.

1. Класифікація зразків ОВТ та процесів їх ремонту за їх конструкцією на ремонтпридатність. Процес ремонту ОВТ можна класифікувати за видами визначальних витрат на його виконання. Визначальними витратами можуть бути час, трудомісткість та вартість проведення ремонтних робіт.

Ремонт ОВТ включає комплекс діагностичних, профілактичних і ремонтних дій на об'єкт, що виконуються з метою контролю, підтримки або відновлення його працездатності (справності). Тому процес ремонту прийнято ділити на види. Видами ТО і Р машин є [1, 2, 3]:

- щоденне ТО;
- номерне ТО;
- регламентні роботи;
- ремнти (поточний, середній, капітальний).

Види ремонту складаються з ряду завдань, що виконуються в певній послідовності на одному або декількох конструктивних рівнях об'єкта, стосовно одного або одночасно декількох конструктивних складових об'єкта. Завдання ремонту можуть виконуватися на об'єкті або зовні нього.

Всю різноманітність ремонтних задач можна з певним допуском звести до n типових.

Типовими задачами є:

- визначення технічного стану елемента об'єкта (1);
- заміна елемента об'єкта (2);
- ремонт елемента об'єкта (3);
- регулювання елемента об'єкта (4);
- миття, чищення, змашення, заправка, фарбування елемента об'єкта (5);
- виготовлення елемента об'єкта (6).

У дужках позначений код типової задачі.

Визначення технічного стану елемента – це оцінка параметрів (ознак), що характеризують його технічний стан, з метою прийняття висновку: елемент об'єкта працездатний (справний) або вимагає ремонту.

Можлива третя мета цієї задачі: прогнозування величини залишкового ресурсу елемента, тобто відповідь на питання: коли елемент потребуватиме ремонту? Контроль і перевірка технічного стану елемента є задачами, ідентичними визначенню його технічного стану. Пошук елемента, що відмовив, включає від однієї до величезної кількості задач визначення його стану [2, 4, 5].

Задача заміни елемента є процесом ремонту об'єкта, що полягає в знятті одного, як правило несправного (непрацездатного) елемента або елемента, що виробив ресурс, і в установці замість нього іншого – справного (працездатного) з проведенням при необхідності допоміжних операцій із забезпечення доступу до замінюваного елемента і підгонки стикувальних вузлів складальних одиниць [5].

Ремонт елемента є завданням відновлення його справності (працездатності). Якщо елементом є складальна одиниця, то її ремонт слід розглядати як комплексне завдання, що складається з ряду типових завдань більш низького рівня. Ремонт деталі є простим типовим завданням і виконується різними способами (зварюванням, паянням, наплавленням і т. д.). Ремонт елемента може виконуватися без його зняття, тобто на самому об'єкті, або зі зняттям – в умовах майстерні, цеху [2, 3].

Регулювання елемента як типова задача ремонту є експлуатаційним регулюванням його параметрів. Цю задачу не слід плутати з технологічними операціями попереднього підбору, підгонки, центрування, юстирування, монтажного регулювання і т. д., що виконуються при заміні одного елемента іншим внаслідок їх неповної взаємозамінності [4, 5].

Задачі миття, чищення, заправки, змащення і фарбування елемента поєднані в одну типову задачу та не потребують роз'яснення.

Задача виготовлення елемента, як і його ремонт, розглядається на рівні деталей.

Вид ремонту включає в себе певну кількість типових задач, що виконуються послідовно, паралельно або змішаним чином для одного або декількох елементів об'єкта. У разі декількох завдань, що виконуються для одного елемента, одне з них, як правило, є основним (цільовим), а інші – допоміжними і забезпечувальними [3, 4].

Типізація процесів ремонту дозволяє підходити до їх аналізу і оцінки з єдиних позицій. Одночасно виникає можливість записувати процес ремонту в цифровій формі або графічній – у вигляді мережного графіка.

Можна вважати, що будь-яке типове завдання ремонту складається з m операцій. Є три типи операцій: основні, допоміжні і забезпечувальні. Основними називаються такі технологічні операції, виконання яких приводить до досягнення мети ремонту. Наприклад, зняття елемента і установка іншого замість нього в завданні заміни елемента, операція власне регулювання

елемента в завданні регулювання і т. д. Типове завдання може зводитися до однієї основної операції.

Призначення допоміжних технологічних операцій полягає в створенні необхідних умов для виконання основної операції. Допоміжними операціями є: розбирання об'єкта, підгонка або центрування елемента, його монтажне регулювання і складання об'єкта після виконання основної операції.

До забезпечувальних відносяться підготовчо-заключні операції (отримання завдання, інструктаж, підготовка робочого місця і т. д.) і перерви в роботі для відпочинку і задоволення особистих потреб персоналу.

Оцінку і аналіз ремонтпридатності об'єкта прийнято виконувати тільки за технологічними операціями задачі ремонту – основним та допоміжним.

Ці операції є однотипними для будь-якої i -ї задачі. Можна відзначити такі типові технологічні операції:

доступ до елемента (1);
основна операція, що відповідає меті ремонту (2);
попередній підбір, підгонка, центрування, монтажне регулювання елемента (забезпечення взаємозамінності) (3);

складальні роботи (операція, зворотна доступу) (4).

Припустимо, при визначенні технологічного стану елемента вимагається виконати операцію доступу, потім основну операцію – власне визначення технічного стану елемента. Задача заміни включає дві типові операції: основну – зняття елемента і установлення замість нього іншого і допоміжну – проведення монтажних регулювань елемента. Операція доступу не потрібна, оскільки вона виконана в попередній типовій задачі. Заключна задача – перевірка правильності відновлення, по суті своїй, аналогічна першій, тільки виконується в зворотній послідовності.

Дану ремонтну дію можна подати в такому вигляді (за умови послідовного виконання операцій): 11-12-22-23-12-14. У цьому вигляді перша цифра відповідає номеру типової задачі, а друга – номеру типової операції.

Будь-який технічний виріб має певну структуру. Вона складається з складових частин, а складові частини – зі складальних одиниць та деталей. Можливі більш складні структури, що складаються в загальному випадку з \hat{e} рівнів.

Ремонт елемента може виконуватися на одному або декількох рівнях машини. Визначимо наступні типові конструктивні рівні і закодуємо їх так само, як типові задачі і технологічні операції:

виріб (1);
складова частина виробу (2);
складальна одиниця (3);
апаратура (устаткування) (4);
деталь (5).

У ряді конструкцій можуть бути відсутні деякі проміжні рівні.

Конструктивний елемент, що знаходиться на верхньому, \hat{e} -му рівні, буде називатися об'єктом по відношенню до елементів нижнього, $(\hat{e}-1)$ -го рівня. У свою чергу, він є елементом по відношенню до $(\hat{e}-1)$ -го рівня. Тепер задачу ремонту можна деталізувати по рівнях.

Припустимо, зразок ОВТ має всі типові рівні, заміна елемента виконується на 3-му рівні, а визначення технічного стану – послідовно на 2-му і 3-му рівнях. З урахуванням операції доступу на кожному рівні маємо такий цифровий запис даного процесу ремонту: 111-112-211-212-321-322-323-324-212-214-112-114. У цьому записі перша цифра зліва відповідає коду типового конструктивного рівня. Значення решти двох цифр було розкрито вище.

Таким чином, виконана класифікація конструкцій виробів і процесів їх ремонту за рядом ознак. Результати цього підходу надані в табл. 1. Дана класифікація є необхідною при рішенні питань розробки вимог до ремонтпридатності машин і в задачах аналізу і синтезу ремонтпридатних конструкцій.

Таблиця 1. Класифікація конструкцій зразків ОВТ і процесів їх ремонту

№ з/п	Ознака класифікації	Класифікаційні розряди (критерії)
1	Вид визначальних витрат при ремонті виробів	Час Трудомісткість Вартість
2	Умови виконання ремонту	На виробі Поза виробом
3	Кількість відремонтованих елементів	Один Деякі
4	Типові конструктивні рівні ремонту	Виріб Частина (складова) виробу Складальна одиниця Апаратура (устаткування) Деталь
5	Типові технологічні задачі ремонту	Визначення технічного стану елемента Заміна елемента Ремонт елемента Регулювання елемента Миття, чищення, змащення Заправка, фарбування елемента Виготовлення елемента
6	Типові технологічні операції задачі	Доступ до елемента Основна операція Забезпечення взаємозамінності Складальні роботи (операція, зворотна доступу)

2. Структура вимог до ремонтпридатності. Вимоги до ремонтпридатності машин пред'являються з метою забезпечення певної (заданої) ефективності або якості їх ремонту або фіксованих характеристик структури системи і обмежень. У цьому випадку керованими є властивості об'єкта, реалізовані при ремонті, а інші характеристики процесу вважаються заданими, некерованими.

Таким чином, вимоги до ремонтпридатності повинні містити характеристики цієї властивості машини і

характеристики інших чинників процесу її ремонту, що є в даному випадку обмеженнями, при яких реалізується заданий рівень ремонтпридатності.

Характеристики ремонтпридатності можуть бути виражені в кількісній та якісній формі. У першому випадку ними будуть показники властивості або параметри конструкції, в другому – ознаки конструкції.

Під ремонтпридатністю розуміють властивість об'єкта, що полягає в пристосованості до попередження і виявлення причин виникнення відмов, несправностей, дефектів і усуненню їх наслідків шляхом проведення технічного обслуговування і ремонтів. Технічне обслуговування входить у той або інший вид ремонту [3, 4].

Кількісні характеристики ремонтпридатності технічних систем можна розділити на дві групи: оперативні (часові) і економічні. Оперативні характеристики визначають час, протягом якого система знаходиться в працездатному або непрацездатному стані в деякій період експлуатації у зв'язку з проведенням ремонтних робіт. Економічні характеристики дозволяють оцінити витрати праці і матеріальних засобів на відновлення працездатності системи.

Кількісні характеристики ремонтпридатності, у свою чергу, можна розділити на основні і додаткові. Основні характеристики дозволяють оцінити систему з погляду виконання заданих вимог до її ремонтпридатності в цілому і отримати оцінки цих показників при проектуванні, виготовленні і експлуатації. Додаткові характеристики кількісно визначають окремі властивості ремонтпридатності з метою оцінки повноти їх обліку в конструкції. До групи основних оперативних характеристик ремонтпридатності відносять середню оперативну тривалість планового (непланового) поточного ремонту даного виду, середню оперативну тривалість планового (непланового) капітального ремонту даного виду та ін. До групи додаткових оперативних характеристик відносять показники контролепридатності (середня тривалість пошуку відмов, імовірність виявлення відмов за час, що не перевищує заданий), показники взаємозамінності складових частин та ін.

До групи основних економічних характеристик ремонтпридатності відносять вартість ремонтів, середню оперативну трудомісткість планового (непланового) ремонту даного вигляду та ін. До групи додаткових економічних характеристик відносять показники ефективності використання робочого часу при ремонті, показники зручності виконання ремонту (коефіцієнт доступності, легкості виконання тощо), коефіцієнти уніфікації, стандартизації та ін.

Показники ремонтпридатності та розрахункові формули для них наведені в [5].

Характеристики ремонтпридатності доцільно розділити на основні і додаткові. Основні характеристики – це оцінки часу, трудовитрат і вартості виконання ремонту при фіксованих значеннях обмежень. По суті справи, це показники ремонтпридатності. Додаткові характеристики включають вимоги до конструктивного виконання виробу з позиції забезпечення його діагностики, ергономічності, безпеки та інших властивостей

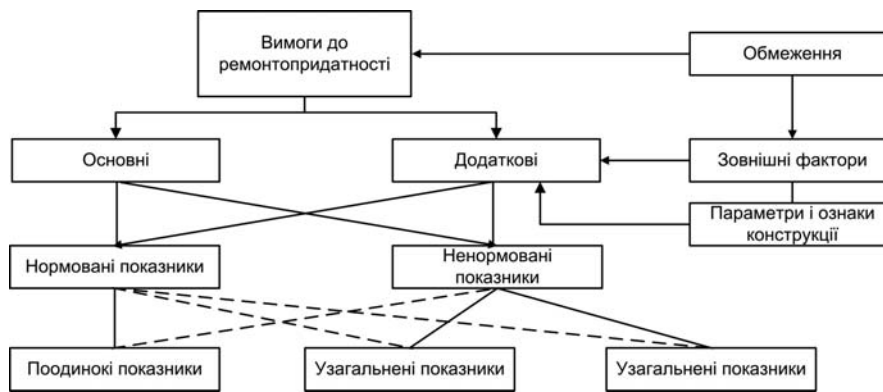


Рис. 1. Структура вимог до ремонтпридатності машин

машини. Наприклад, може бути задана середня тривалість ремонту машини (основний показник) і її маса, габарити, граничні зусилля при затягування кріплень і т. д. (додаткові вимоги).

У свою чергу, додаткові показники доцільно розділити на нормовані і ненормовані. Нормованими є показники, що впливають на ефективність використання машини. Вони вказуються у вимогах у числовій формі і повинні входити аргументами в модель функціонування машини. Ненормованими є показники, що відображають побічні аспекти ремонтпридатності. Вони включаються у вимоги без визначення кількісних значень. Наприклад, якщо функціонування машини оцінюється за часом, то нормованим показником ремонтпридатності слід вибрати тривалість її ремонту і технічного обслуговування. Ненормованими показниками можуть бути трудомісткість або вартість виконання цих робіт. Завдання кількісних значень цих показників некоректно, оскільки час, трудомісткість і вартість виконання технічного обслуговування і ремонту функціонально зв'язані між собою.

З іншого боку, облік тільки одного аспекту ремонтпридатності, у даному прикладі оперативного, виключає повноту опису властивості, бо, крім виконання основних вимог, що визначаються функціональним призначенням об'єкта, необхідно мати дані про витрати праці і матеріальних засобів на підтримку об'єкта в працездатному стані. Ці дані є початковими для коректування структури системи технічного обслуговування і ремонту (ТО і Р). Нормовані показники можуть бути виражені в одиничній, узагальненій і комплексній формі. Одиничні показники відображають пристосованість виробу до виконання однієї задачі або технологічної операції обслуговування чи ремонту. Узагальнені показники є оцінкою пристосованості об'єкта до виконання виду ТО і Р. Об'єднані показники призначені для оцінки пристосованості виробу до видів управляючих дій ремонту машини. Завдання нормованих показників доцільно в одиничній формі, а ненормованих – в узагальненій і комплексній.

Розглянемо додаткові вимоги до ремонтпридатності.

Ремонтпридатна конструкція повинна забезпечувати не тільки основне призначення машини – ефективність і якість її функціонування, але і відповідати

якісним характеристикам структури системи ТО і Р ОВТ. Виконання цієї умови забезпечується низкою конструктивних вимог, що визначені раніше як додаткові вимоги до ремонтпридатності машин. По суті справи, це обмеження конструктивного характеру. Вони включають вимоги до технологічності, ергономічності і безпеки конструкції при проведенні ремонтних дій.

У ряді випадків до додаткових вимог слід відносити конструктивні обмеження, що впливають з необхідності задоволення характеристик машин першого рівня, які визначають її призначення, технологічність у виробництві, ергономічність, безпеку, технологічність при використанні, транспортуванні, зберіганні і інших станах протягом усього життєвого циклу.

Виникає питання: чи не порушується умова однозначності вимог? Адже конструктивні обмеження в основному впливають із зовнішніх умов. Можливість появи неоднозначності дійсно існує. Її слід уникати, включаючи у вимоги до ремонтпридатності конструктивні або дублюючі їх зовнішні обмеження. Більш конкретним є завдання конструктивних обмежень.

Вище розглянута структура вимог до ремонтпридатності машин. Вона є типовою. Це значить, що вона застосовна до всіх видів машин, їх основних частин і деталей. Графічне зображення структури показано на рис. 1.

Структура вимог до ремонтпридатності виробів ОВТ дозволяє класифікувати їх за видом певних задач, виконанням певного об'єму робіт з ремонту об'єкта ОВТ, а також дозволяє виконати умови повноти, об'єктивності і однозначності її опису, забезпечуючи зв'язок з іншими характеристиками об'єкта і можливість її контролю. Структура вимог дає можливість виконати за допомогою різних методів, тобто сукупності технологічних і організаційних заходів, виконання операцій процесу ремонту ОВТ.

Система ремонту відноситься до класу великих систем і через це її аналіз пов'язаний з визначенням структури вимог до ремонтпридатності і побудови моделі, що відображає різні аспекти її функціонування. Це різноманіття викликає необхідність використання різних математичних моделей. До найпоширеніших відносяться моделі теорії масового обслуговування (ТМО), що дозволяють визначати вимоги до ремонтпридатності і

їх нормування для різних об'єктів ОВТ, тобто вони дозволяють вирішувати задачі розподілу сил і засобів при ремонті ОВТ і обґрунтування необхідності проведення ремонтних робіт заданого об'єму.

Висновки. Таким чином, розроблена структура вимог є необхідною для формування вимог до ремонтнопридатності і їх нормування на стадіях аванпроекту, оформлення технічної документації виготовлення зразка ОВТ на основі розроблених математичних моделей ремонтнопридатності зразка ОВТ.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Вентцель Е. С., Овчаров Л. А. Теория случайных процессов и её инженерные приложения. М. : Наука, 1991.
2. Гнеденко Б. В., Коваленко И. Н. Введение в теорию массового обслуживания. 2-е изд. М. : Наука, 1991.
3. ДСТУ 2860–94. Надійність техніки. Терміни та визначення. К. : Держстандарт України, 1995. 34 с.
4. ДСТУ В 3576–97. Експлуатація та ремонт військової техніки. Терміни та визначення. К. : Держстандарт України, 1997. 61 с.
5. Надежность и эффективность в технике : справ. В 10 т. Т. 8. М. : Машиностроение, 1990.

Рецензент М. О. Шишанов, д-р техн. наук, проф.
(Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України)