

УДК 355.6

П.С. Закусило

Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України, Київ

ПОРЯДОК ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ЗНАЧЕНЬ МІЖРЕМОНТНОГО СТРОКУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА ТРИВАЛОСТІ ПЛАНОВОГО РЕМОНТУ ЗРАЗКІВ ОЗБРОЄННЯ І ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

У статті наведено приклади розрахунку основних показників, які характеризують експлуатацію та планові ремонти зразків озброєння і військової техніки, – міжремонтного строку експлуатації та тривалості планового ремонту зразків за критерієм мінімуму невитраченого ресурсу.

Ключові слова: експлуатація, зразок, календарний строк служби, міжремонтний строк експлуатації, плановий ремонт..

Вступ

Постановка проблеми в загальному вигляді.

Для визначення міжремонтного строку експлуатації та тривалості планових ремонтів зразка озброєння та військової техніки (ОВТ) на даний час використовується інформація про зміну інтенсивності його відмов [1]. Це потребує вивчення характеру поведінки показників безвідмовності зразка, наявності певної статистики упродовж його експлуатації та її коректного оброблення, що в деяких випадках може значно ускладнити вирішення завдань, пов'язаних з обчисленням зазначених показників. Крім того, зростання інтенсивності відмов у процесі експлуатації зразка ОВТ не обов'язково однозначно викликане зношуванням, старінням цього зразка, а може бути зумовлене непередбачуваною обслуговуючим персоналом, недотриманням правил експлуатації зразка ОВТ тощо. Зазначені проблемні питання змушують вести пошук інших способів рішення вказаного завдання, у яких би використовувалися як методи теорії надійності, так і наявний досвід експлуатації й ремонту зразків ОВТ. Визначення цих способів є питанням актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Проведений аналіз літератури стосовно розглядуваної галузі свідчить про те, що питання визначення міжремонтних строків експлуатації, тривалості та очікуваної кількості планових ремонтів розглядалися в більшості джерел абстрактно, мають описовий характер [2–5]. Поряд з тим, що деякими авторами пропонується у якості критерію для визначення міжремонтного строку експлуатації використовувати інтенсивність або параметр потоку відмов зразка ОВТ, закінчення міжремонтного строку експлуатації зразка ОВТ може фіксуватися також по збільшенню вартості експлуатації цього зразка в процесі його використання [6].

Аналіз змісту основних показників експлуатації та планових ремонтів зразка ОВТ виявив відсутність методичного апарату, який би встановлював

взаємозв'язок між цими показниками. Цей взаємозв'язок встановлюється емпірично, без достатньо строгого обґрунтування. Зазначене викликало необхідність вирішення розглядуваного питання шляхом розробки теоретичних основ обґрунтування та оптимізації основних показників таких найважливіших стадій життєвого циклу зразка ОВТ, якими є експлуатація та плановий ремонт.

Тому метою статті є розгляд порядку визначення оптимальних значень міжремонтного строку експлуатації та тривалості планового ремонту зразків ОВТ з використанням нових підходів до вирішення зазначених питань.

Виклад основного матеріалу дослідження

Розрахунки оптимальних значень міжремонтного строку експлуатації та тривалості планового ремонту зразків ОВТ будуть проведені за критерієм мінімальної питомої (середньорічної) величини залишку невитраченого ресурсу зразка ОВТ з урахуванням обмежених середньорічних коштів, що виділяються на придбання, експлуатацію й планові ремонти цих зразків [7].

Міжремонтний строк експлуатації зразка ОВТ t_e – це мінімально допустима тривалість експлуатації зразка ОВТ від початку експлуатації до першого планового ремонту або між наступними плановими ремонтами. Міжремонтний строк експлуатації зразка ОВТ вимірюється часом t_e , протягом якого зберігаються основні показники зразка, в усякому випадку протягом якого імовірність безвідмовної роботи зразка ОВТ може підтримуватися на рівні, не нижче заданої без проведення планових видів ремонту зразків ОВТ. Час t_p , затрачений на плановий ремонт, – це час, який обчислюється від підготовки і відправлення в ремонт зразка ОВТ до отримання його з ремонту.

Коректне визначення міжремонтного строку експлуатації, тривалості планового ремонту зразків ОВТ дає змогу знайти календарний строк служби

зразка ОБТ, який визначається за формулою:

$$T = t_e + n \cdot (t_p + t_e), \quad (1)$$

де t_e – тривалість експлуатації зразка ОБТ до планового ремонту (міжремонтний строк експлуатації); t_p – час, що витрачається на проведення планового ремонту (тривалість планового ремонту). Цей час може складатися із часу на згортання зразка ОБТ, доставки його в ремонтний орган, часу очікування ремонту, часу, витраченого безпосередньо на ремонт, повернення відремонтованого зразка ОБТ до місця призначення тощо; n – можлива кількість циклів експлуатації й ремонту в межах призначеного (календарного) строку служби T зразка ОБТ при $t_p, t_e = \text{const}$ і при відліку від початку t_p планового ремонту зразка й по закінченні t_e безпосередньої експлуатації (застосування за призначенням) зразка ОБТ.

Розрахунок міжремонтних строків експлуатації, тривалості планових ремонтів зразків ОБТ проводиться згідно методу, розробленого в [7].

Використовуючи зазначений метод та беручи з досвіду військ можливі значення коефіцієнта технічного використання [8]

$$K_{\text{ТВ}} = \frac{t_e}{T} \cdot \frac{T + t_p}{t_e + t_p} \geq K_{\text{ТВ ВИМ}}, \quad (2)$$

а також відому середньорічну продуктивність Π зразк./рік ремонтного органа, можна визначити тривалість t_p (в роках) планового ремонту зразків ОБТ з рівняння [7]:

$$e^{\Pi \cdot t_p} - \Pi \cdot t_p = 1 + \Pi \cdot T \cdot (1 - K_{\text{ТВ}}). \quad (3)$$

Для зручності використання запишемо рівняння таким чином:

$$e^{\Pi \cdot t_p} - [1 + \Pi \cdot T \cdot (1 - K_{\text{ТВ}})] - \Pi \cdot t_p = 0, \quad (4)$$

де T – календарний строк служби зразка ОБТ; Π – середня нормативна продуктивність РО по проведенню планового ремонту зразка ОБТ за певний проміжок часу (зразок / од. часу); $K_{\text{ТВ}}$ – коефіцієнт технічного використання зразка ОБТ на протязі його календарного строку служби T .

Рівняння (4) розв’язується чисельним способом відносно t_p . Для прикладу проведемо розрахунок можливої тривалості планового ремонту, наприклад, при $K_{\text{ТВ}} = K_{\text{ТВ ВИМ}} = 0,8$ у залежності від тих чи інших значень Π, T (табл. 1).

Таблиця 1

Значення t_p при $K_{\text{ТВ ВИМ}} = 0,8$

$\Gamma \setminus \Pi$	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
5	1,64	1,05	0,8	0,65	0,56	0,49	0,44	0,4	0,37	0,34
6	1,75	1,11	0,84	0,69	0,59	0,52	0,46	0,42	0,38	0,35
7	1,85	1,17	0,88	0,72	0,61	0,54	0,48	0,44	0,4	0,37
8	1,94	1,22	0,92	0,75	0,64	0,56	0,5	0,45	0,41	0,38
9	2,02	1,26	0,95	0,77	0,66	0,58	0,51	0,46	0,42	0,39
10	2,09	1,31	0,98	0,8	0,68	0,59	0,53	0,48	0,43	0,4

Значення T та t_p наведені в роках, а Π – в зразках на рік.

Характерно, що за збільшення середньорічної продуктивності Π ремонтного органа та за незмінного строку служби T зразка ОБТ тривалість t_p його планового ремонту зменшується і навпаки. Якщо ж збільшувати строк служби T зразка ОБТ за незмінної продуктивності Π ремонтного органа та за необхідності підтримання умови $K_{\text{ТВ}} = K_{\text{ТВ ВИМ}} = 0,8$ тривалість t_p його планового ремонту збільшується і навпаки, що природно. Значення міжремонтного строку експлуатації t_e зразка ОБТ згідно з (2) дорівнює:

$$t_e = \frac{K_{\text{ТВ ВИМ}} \cdot T \cdot t_p}{T \cdot (1 - K_{\text{ТВ ВИМ}}) + t_p}. \quad (5)$$

З урахуванням одержаних з табл. 1 значень t_p , проведемо розрахунок можливих міжремонтних строків експлуатації t_e (в роках) зразків ОБТ, що визначаються із рівняння (5). Ці строки, наприклад, при $K_{\text{ТВ}} = K_{\text{ТВ ВИМ}} = 0,8$, показані в табл. 2 у залежності від тих чи інших значень Π, T .

Таблиця 2

Значення t_e при $K_{\text{ТВ ВИМ}} = 0,8$

$\Gamma \setminus \Pi$	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
5	2,48	2,09	1,78	1,58	1,44	1,32	1,22	1,14	1,08	1,01
6	2,85	2,31	1,98	1,75	1,58	1,45	1,33	1,24	1,15	1,08
7	3,19	2,55	2,16	1,90	1,70	1,56	1,43	1,34	1,24	1,17
8	3,51	2,77	2,34	2,04	1,83	1,66	1,52	1,41	1,31	1,23
9	3,81	2,96	2,48	2,16	1,93	1,75	1,59	1,47	1,36	1,28
10	4,08	3,17	2,63	2,29	2,03	1,82	1,68	1,75	1,42	1,33

Для порівняння проведемо розрахунок значень міжремонтного строку експлуатації залежно від T та t_p для $K_{\text{ТВ ВИМ}} = 0,6$ (табл. 3).

Таблиця 3

Значення t_e (років) (1.11) при $K_{\text{ТВ ВИМ}} = 0,6$

$\Gamma \setminus t_p$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
1	0,12	0,2	0,257	0,3	0,333	0,36	0,382	0,4	0,416	0,429
2	0,133	0,24	0,327	0,4	0,462	0,514	0,56	0,6	0,635	0,667
3	0,138	0,257	0,36	0,45	0,529	0,6	0,663	0,72	0,771	0,818
4	0,141	0,266	0,379	0,48	0,571	0,655	0,73	0,8	0,864	0,923
5	0,143	0,273	0,391	0,5	0,6	0,692	0,778	0,857	0,931	1,0
6	0,144	0,277	0,4	0,514	0,621	0,72	0,813	0,9	0,982	1,058
7	0,145	0,28	0,406	0,525	0,636	0,741	0,84	0,933	1,022	1,105
8	0,145	0,282	0,411	0,533	0,649	0,758	0,862	0,96	1,054	1,143
9	0,146	0,284	0,415	0,54	0,659	0,771	0,879	0,982	1,08	1,174
10	0,146	0,286	0,419	0,545	0,667	0,783	0,894	1,0	1,102	1,2

З наведеного випливає, що зі збільшенням середньодобової продуктивності $\Pi = 1 / t_p$ ремонтного органа, тобто, зі зменшенням часу t_p на проведення планового ремонту зразка ОБТ величина міжремонтного строку t_e експлуатації скорочується. Це відбувається тому, що $K_{\text{ТВ}} = \text{const}$. Через це для підтримання значення коефіцієнта технічного використання на заданому рівні зі зменшенням t_p повинна пропорційно зменшуватися і величина t_e .

З іншого боку, у разі зростання призначеного (календарного) строку T експлуатації зразка ОБТ за незмінних вихідних даних його міжремонтний строк t_e експлуатації теж зростає, що природно.

Розрахунок оптимального значення міжремонтного строку служби, тривалості планового ремонту зразків ОБТ може проводитися на ЕОМ з викорис-

танням редактора електронних таблиць. У разі зростання значення $K_{ТВ}$ та за фіксованого значення тривалості календарного строку служби зразків T значення t_p зменшується, тоді як значення t_e зростає. Це природно, виходячи з наведеного раніше визначення коефіцієнта технічного використання зразка ОВТ.

Результати розрахунків свідчать, що за зростання значення коефіцієнта технічного використання зразків ОВТ зростає і значення міжремонтного строку експлуатації зразків.

Як відомо, для збільшення значення коефіцієнта $K_{ТВ}$ потрібно зменшувати тривалість планового ремонту зразка ОВТ (або збільшувати продуктивність ремонтного органа $\Pi = 1 / t_p$). Враховуючи, що $\Pi = \Phi / H$ (де Φ – фонд робочого часу ремонтного органа за певний період його роботи; H – трудомісткість ремонту зразка ОВТ), то зростання продуктивності ремонтного органа можливе або шляхом збільшення фонду робочого часу, або за рахунок зменшення трудомісткості ремонту H . Таким чином, зростання $K_{ТВ}$ (а також t_e) за постійної величини T можливе, в основному, за рахунок зменшення трудомісткості ремонту зразка ОВТ, яка може бути досягнута шляхом покращення технологічності ремонту, що дозволить скоротити його тривалість.

За зростання призначеного (календарного) строку T служби зразка ОВТ, за незмінних вихідних даних, його міжремонтний строк t_e експлуатації теж зростає, що природно.

Висновки

1. Із проведених розрахунків випливає, що між показниками, які характеризують експлуатацію та планові ремонти зразка ОВТ (календарний строк служби, міжремонтний строк експлуатації, тривалість планового ремонту) встановлений взаємозв'язок.

2. На тривалість планового ремонту зразка ОВТ значний вплив має продуктивність ремонтного органа. Чим вона вища, тим тривалість планового ремонту менша при постійному значенні величини призначеного календарного строку служби T . При цьому, тривалість міжремонтного строку експлуатації зразка ОВТ зростає. Зменшення тривалості планового ремонту та збільшення міжремонтного строку експлуатації веде до зростання величини коефіцієнта технічного використання зразка, що підвищує ефективність його функціонування.

3. Коректність значень міжремонтного строку експлуатації, тривалості планового ремонту зразка ОВТ значно залежить від правильного вибору вихідних даних для проведення розрахунків.

Перспективами подальших досліджень є визначення оптимальних значень міжремонтного строку служби та тривалості планових ремонтів конкретних перспективних зразків ОВТ.

Список літератури

1. Ковтуненко А.П. Основы теории восстановления эксплуатационных свойств технических систем [Текст] : / А.П. Ковтуненко, М.А. Шишанов, В.В. Зубарев. – К.: Книжн. изд. НАУ, 2007. – 295 с.
2. Волков Д.П. Надежность строительных машин и оборудования [Текст] / Д.П. Волков, С.Н. Николаев. – М.: Высшая школа, 1979. – 399 с.
3. Гук Ю.Б. Теория надежности в электроэнергетике [Текст] / Ю.Б. Гук. – Л.: Энергоиздат, 1990. – 203 с.
4. Левин Б.Р. Теория надежности радиотехнических систем [Текст] / Б.Р. Левин. – М.: Сов. радио, 1978. – 262 с.
5. Луцкий В.А. Расчет надежности и эффективности радиоэлектронной аппаратуры [Текст] / В.А. Луцкий. – К.: Наукова думка, 1966. – 207 с.
6. Бунин М.В. К вопросу об экономическом обосновании амортизационных и межремонтных сроков строительных машин / М.В. Бунин – К., Техника, 1965. – 243 с.
7. Закусило П. С. Метод оптимізації міжремонтного строку експлуатації та тривалості планових ремонтів зразків озброєння та військової техніки [Текст] / В.О. Шуєнкін, П.С. Закусило, В.П. Харченко // Зб. наук. пр. ЦНДІ ЗС України. – К., 2015. – № 2 (72). – С. 45–54.
8. Шуєнкін В.А. Обоснование показателей безотказности, долговечности, эксплуатации и целесообразности проведения планового ремонта и модернизации образцов вооружения и военной техники [Текст] Учебное пос. / В.А. Шуєнкін. – К.: МО ЦНДІ, 2012. – 432 с.

Надійшла до редколегії 23.03.2016

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.О. Шуєнкін, Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України, Київ.

ПОРЯДОК ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ МЕЖРЕМОНТНОГО СРОКА ЭКСПЛУАТАЦИИ И ДЛИТЕЛЬНОСТИ ПЛАНОВОГО РЕМОНТА ОБРАЗЦОВ ВООРУЖЕНИЯ И ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ

П.С. Закусило

В статье приведены примеры расчета основных показателей, которые характеризуют эксплуатацию и плановые ремонты образцов вооружения и военной техники, – межремонтного срока эксплуатации и длительности планового ремонта образцов по критерию минимума неизрасходованного ресурса.

Ключевые слова: эксплуатация, образец, календарный срок службы, межремонтный срок эксплуатации, плановый ремонт.

PROCEDURE DETERMINATION OF OPTIMAL VALUES OVERHAUL THE WORKING LIFE AND DURATION OF PLANNED REPAIR OF WEAPONS AND MILITARY EQUIPMENT

P.S. Zakusilo

The article gives examples of calculation of key indicators that characterize the operation and planned repairs of weapons and military equipment - overhaul of the age and duration of planned repair designs criterion of minimum unspent resources.

Keywords: operation, sample, calendar service life, the life of the overhaul, scheduled maintenance.