

УДК 69.059.1:389

О.О. Морозов

Національна академія Національної гвардії України, Харків

МОДЕЛЬ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ ОЗБРОЄННЯ І ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ РЕМОНТНИМ ОРГАНОМ

В статті розглядається модель технічного обслуговування та ремонту озброєння і військової техніки ремонтним органом. Запропонована модель дозволяє вирішувати задачі аналізу і синтезу ремонтних органів рівня з'єднання (частина), які здійснюють технічне обслуговування та ремонт техніки.

Ключові слова: технічне обслуговування та ремонт, ремонтний орган, озброєння і військова техніка, канал ремонту, канал технічного обслуговування.

Вступ

Постановка проблеми. Для рішення задач синтезу (або аналізу) ремонтного органа (РМО) з'єднання (частини) необхідно мати відповідну модель технічного обслуговування та ремонту (ТО) озброєння і військової техніки (ОВТ). При цьому треба мати на увазі, що для РМО з'єднання (частини) мова може вестися про номерні технічні обслуговування (ТО), поточний та середній ремонту певних видів техніки [1, 2]. Такі види ТО характеризуються заданою періодичністю, переліком та обсягом робіт, а згадані види ремонту це, як правило, планові ремонти.

Така модель повинна дозволяти на основі вихідних даних: кількості зразків ОВТ - N , що підлягають ТО у РМО, періодичність обслуговування (ПОБ) $t_{об}$, тривалості обслуговування $T_{об}$ і ремонту $T_{рем}$, орієнтовних значень частки зразків ОВТ з прихованими $\Delta N_{пв}$ і явними $\Delta N_{яв}$ відмовами, допустимого часу їх перебування на обслуговування $\tau_{об}$, – визначати (оцінювати) виробничі можливості і характеристики створюваного (такого, що аналізується) РМО.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. При визначенні часових характеристик процесів ТО ОВТ використовують, як правило, методи теорії масового обслуговування. В роботах [3, 4] цими методами оцінювалася ефективність функціонування ремонтних органів, а в [5 – 7] – визначалася необхідна кількість робочих місць (РМ) з ремонту ОВТ. Однак у згаданих роботах розглядаються, по-перше, методи розрахунку кількісних характеристик потоків ОВТ: кількість РМ з ремонту, коефіцієнтів завантаження каналів ремонту, кількості зразків техніки, що очікують ремонту, по-друге, системи масового обслуговування розімкнутого типу не характерні для процесів ремонту ОВТ [8]. Для таких процесів дуже важливі часові характеристики цього ремонту, такі, наприклад, як час перебування конкретного зразка ОВТ в ремонті.

У загальній постановці задачі аналізу (синтезу) РМО можна формулювати у такий спосіб:

задача аналізу – на основі $t_{об}$, $T_{об}$, $T_{рем}$, $\Delta N_{пв}$, $\Delta N_{яв}$, кількості РМ з обслуговування $n_{рм}^{об}$ і ремонту $n_{рм}^{рем}$ визначити "зовнішні" характеристики РМО – максимальну кількість зразків ОВТ N^* , яку здатний обслужити РМО; середній час обслуговування ОВТ $\tau_{п}$;

задача синтезу – на основі $t_{об}$, $T_{об}$, $T_{рем}$, $\Delta N_{пв}$, $\Delta N_{яв}$, N і $\tau_{п}$ визначити "внутрішні" характеристики РМО – кількість РМ з обслуговування $n_{рм}^{об}$ і ремонту $n_{рм}^{рем}$ ОВТ.

В обох випадках адекватною математичною моделлю визначення шуканих характеристик є модель замкнутої багатоканальної системи масового обслуговування з очікуванням [9, 10].

Метою статті є розроблення математичної моделі ТО ОВТ при сталому режимі їх надходження до ремонтного органу, яка б дозволяла вирішувати задачі синтезу такого органу.

Виклад основного матеріалу

На основі висновків [9] будемо вважати вхідні потоки (інтенсивність $\lambda_{вх}$) і потоки обслуговування (інтенсивність μ), пуассонівськими. Це, зокрема, означає, що:

по-перше, проміжки часу між надходженнями ОВТ на обслуговування Δt і тривалість їх обслуговування $T_{об}$ є випадкові величини з функцією розподілення $F_1 = 1 - \exp(-\lambda_{вх} t)$ і $F_2 = 1 - \exp(-\mu t)$ відповідно;

по-друге, $\mu = 1/T_{об}$.

Тому що розглянута система замкнута, а всього підлягає обслуговуванню N зразків ОВТ, з яких $N_{об}$ буде знаходитися на ремонті і $(N - N_{об})$ – в експлуатації, то в сталому режимі у системі буде

формуватися вхідний потік з $(N - N_{об})$ зразків ОВТ. Кожний (будь-який) з N зразків, що підлягає обслуговуванню, незалежно від інших буде формувати потік заявок на обслуговування з інтенсивністю $\lambda_{об i} = t_{об i}^{-1}$, де $t_{об i}$ – періодичність обслуговування i -го зразка ОВТ, $i = 1, \dots, N$. Аналогічно кожний (будь-який) зразок ОВТ може раптово відмовити і незалежно від інших формувати потік заявок на ремонт з інтенсивністю $\lambda_{рем i} = T_{яв i}^{-1}$, де $T_{яв i}$ – середнє напрацювання i -го зразка ОВТ на одну явну відмову, або $\lambda_{яв i} = \Delta N_{яв i} \cdot N \cdot \tau_0^{-1}$, де τ_0 – обраний інтервал часу (рік, місяць, робочий день і ін.).

Інтенсивність $\lambda_{вих.пв}$ потоку ОВТ з прихованими відмовами на виході РмОр, якщо відома їх частка $\Delta N_{пв}$, апіорі можна визначити по формулі $\lambda_{вих.пв} = \Delta N_{пв} \cdot \lambda_{вх}$.

Тому інтенсивність вхідного потоку ОВТ за одиницю часу буде:

на технічне обслуговування

$$\lambda_{вх.ТО} = \sum_{i=1}^{N-N_{пр.ТО}} (\lambda_{ТО i}) = \sum_{i=1}^{N-N_{пр.ТО}} (t_{об i})^{-1}; \quad (1)$$

в ремонт

$$\lambda_{вх.рем} = \sum_{i=1}^{N-N_{пр.рем}} (\lambda_{яв i}) = \sum_{i=1}^{N-N_{пр.рем}} (T_{яв i})^{-1}; \quad (2)$$

у цілому

$$\lambda_{вх} = \lambda_{вх.ТО} + \lambda_{вх.рем}. \quad (3)$$

У випадку однакових ПОБ

$$\lambda_{вх.ТО} = (N - N_{об}) \cdot t_{об}^{-1}$$

і напрацювань на одну явну відмову

$$\lambda_{вх.рем} = (N - N_{об}) \cdot T_{яв}^{-1},$$

де

$$N_{об} = N_{пр.ТО} + N_{пр.рем},$$

середня кількість зразків ОВТ, що надійшли на ТОР за інтервал часу τ_0 визначається по формулі

$$N_{вх} = \lambda_{вх} \cdot \tau_0.$$

У публікаціях, наприклад [10], наводяться робочі формули для визначення характеристик замкнутої системи масового обслуговування з очікуванням: $P_k(t)$ – імовірності надходження в систему за обраний проміжок часу t рівно k вимог, $k = 0, 1, 2, \dots, N_0$; $N_{оч}$ – середньої кількості вимог, що очікують обслуговування (середньої довжини черги); $\tau_{оч}$ – середнього часу очікування вимог у черзі; $N_{пр}$ – середньої кількості вимог на обслуговування

(що обслуговуються і таких, що очікують обслуговування); $n_{рм}^в$ – середньої кількості вільних від обслуговування РМ і інших. Користуючись цими формулами і з огляду на особливості обслуговування ОВТ, визначимо найважливішу часову характеристику їх обслуговування в РмОр – середню тривалість їх перебування у ремонтному органі $T_{пр}$.

У принципі $T_{пр}$ складається з двох складових – тривалості очікування технічного обслуговування $\tau_{оч}$ і самого обслуговування $T_{ТО}$:

$$T_{пр} = \tau_{оч} + T_{ТО}.$$

Однак обслуговування ОВТ відбувається по-різному в залежності від його стану. Так, фактично справні зразки ОВТ, надходячи на обслуговування, можуть очікувати його протягом $\tau_{оч.ТО}$, потім обслуговуватися протягом $T_{ТО}$.

Для таких зразків ОВТ тривалість їх перебування на обслуговуванні

$$T_{пр1} = \tau_{оч.ТО} + T_{ТО} + \tau_{дод},$$

де $\tau_{дод}$ – середній час невиробничих затримок при обслуговуванні ОВТ.

Зразки ОВТ з явними відмовами надходять з інтенсивністю

$$\lambda_{яв} = \Delta N_{яв} \cdot \lambda_{вх}$$

відразу до каналу ремонту (рис. 1).

Там вони можуть очікувати ремонту протягом $\tau_{оч.рем}$, потім ремонтуватися протягом $T_{рем}$. Після ремонту ці зразки очікують протягом $\tau_{оч.ТО}$ обслуговування і обслуговуються протягом $T_{ТО}$. Для цього випадку тривалість перебування ОВТ у РмОр буде дорівнювати

$$T_{пр2} = \tau_{оч.об} + T_{об} + \tau_{оч.рем} + T_{рем} + \tau_{дод}.$$

Зразки ОВТ з прихованими відмовами, інтенсивність надходження яких до каналу повірки дорівнює

$$\lambda_{пв} = \Delta N_{пв} \cdot \lambda_{вх},$$

проходять канал ТО, визнаються такими, що потребують ремонту, проходять канал ремонту і вдруге проходять канал обслуговування. У цьому випадку час першого обслуговування через виявлення дефекту десь у середині обслуговування звичайно скорочується в k_c раз, а час очікування другого обслуговування скорочується в $k_{оч}$ раз.

Тому структура виразу для загальної граничної тривалості перебування ОВТ на обслуговуванні буде мати такий вигляд:

$$T_{пр.о} = (1 + k_{оч}) \cdot \tau_{оч.ТО} + (1 + k_c) \cdot \tau_{оч.рем} + T_{рем} + \tau_{дод}. \quad (4)$$

У загальному випадку потік ОБТ, що обслуговуються, містить зразки з прихованими і явними відмовами, тому вираз (4) варто взяти за основу подальших розрахунків. У приведеному виразі для граничної тривалості перебування ОБТ на обслуговуванні тривалості ТО $T_{ТО}$ і ремонту $T_{рем}$ є величинами, близькими до нормативних значень, а значення часу очікування ТО $\tau_{оч.ТО}$ і ремонту $\tau_{оч.рем}$ визначаються за правилами теорії масового обслуговування.

Аналізуючи рис. 1 слід звернути увагу на наступне. Канали ТО і ремонту ОБТ разом із джерелами заявок (ДЗ) представляють із себе дві взаємозалежні замкнуті СМО в загальному випадку багатоканальні. Перша СМО, назвемо її СМО1, містить у собі канал ТО ОБТ і зовнішній контур – ДЗ і ділянка ремонту. На вхід СМО1 надходить потік ОБТ з інтенсивністю

інтенсивністю

$$\lambda_{вп} = \lambda_{вх.ТО} + \lambda_{вх.рем} - \lambda_{яв}$$

Друга СМО, назвемо її СМО2, включає ділянку ремонту ОБТ і зовнішній контур – ділянка ТО.

На вхід СМО2 надходить потік ОБТ з інтенсивністю

$$\lambda_{рем\Sigma} = \lambda_{рем} + \lambda_{яв} = \Delta N_{пв} \cdot \lambda_{вх.ТО} + \lambda_{яв}$$

(рис. 1). Зауважимо, що загальну інтенсивність потоку ОБТ з прихованими відмовами, виявленими при ТО, можна визначити за формулою:

$$\lambda_{рем1} = \Delta N_{пв} \cdot \lambda_{вх.ТО} = \left(\sum_{i=1}^{N_{пр.ТО}} \Delta N_{пв i} \right) \cdot \tau_0^{-1}$$

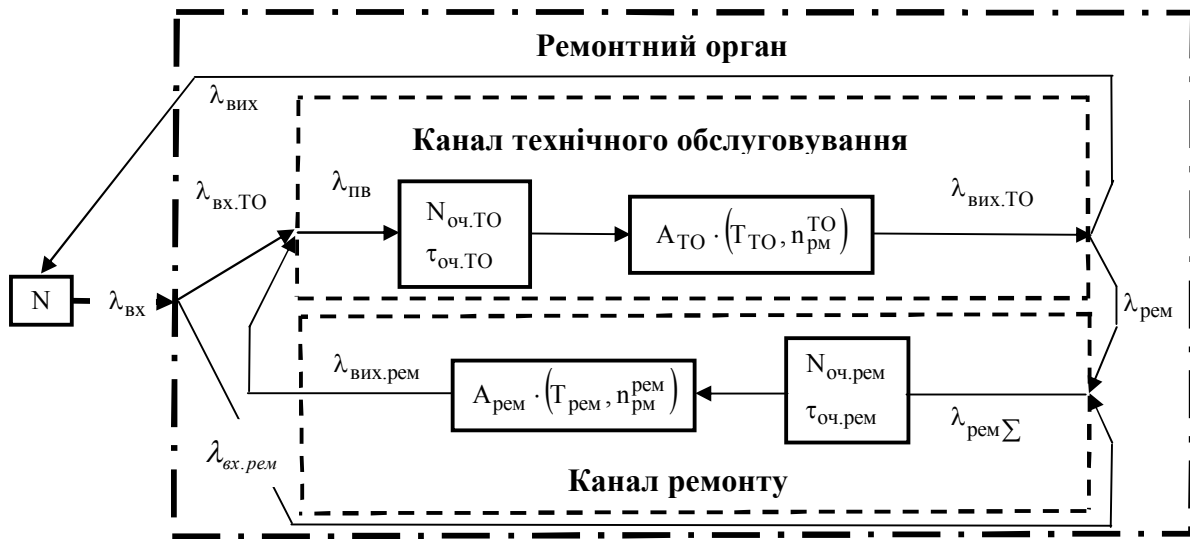


Рис. 1. Модель процесу ТОР ОБТ.

З урахуванням цих особливостей середній час очікування ТО можна визначити за такою формулою:

$$\tau_{оч.ТО} = \frac{1}{\lambda_{пв}} \cdot \frac{N_{пр.ТО}}{N_{ТО} - N_{пр.ТО}} - T_{ТО}, \quad (5)$$

де $N_{пр.ТО}$ – середня кількість ОБТ, які очікують обслуговування і обслуговуються;

$N_{ТО}$ – кількість ЗВ в СМО1, що вимагають обслуговування, а середній час очікування ремонту:

$$\tau_{оч.рем} = \frac{1}{\lambda_{рем\Sigma}} \cdot \frac{N_{пр.рем}}{N_{рем} - N_{пр.рем}} - T_{рем}, \quad (6)$$

де $N_{пр.рем}$ – середня кількість ОБТ, що очікують ремонту та ремонтуються;

$N_{рем}$ – кількість ОБТ в СМО2, що вимагають ремонту.

Величини $N_{пр.ТО}$ і $N_{пр.рем}$, що входять у формул (5) і (6), визначаються ймовірністю P_k того, що у відповідний канал обслуговування надійде рівно k зразків ОБТ. Взевши за основу вирази для P_k і середню кількість ОБТ, що очікують ТО і обслуговуються, приведені в роботі [9], і визначивши з урахуванням умови нормування ймовірності $P_0 = P_k$ при $k=0$, отримаємо такі робочі формули для $N_{пр.ТО}$ і $N_{пр.рем}$:

$$\left. \begin{aligned} N_{пр.ТО} &= \sum_{k_{ТО}=1}^{N_{ТО}} k_{ТО} \cdot A_{k_{ТО}} \left[\sum_{k_{ТО}=0}^{N_{ТО}} A_{k_{ТО}} \right]^{-1}; \\ N_{пр.рем} &= \sum_{k_{рем}=1}^{N_{рем}} k_{рем} \cdot A_{k_{рем}} \left[\sum_{k_{рем}=0}^{N_{рем}} A_{k_{рем}} \right]^{-1} \end{aligned} \right\} (7)$$

де $k_{ТО}$, $k_{рем}$ – кількість зразків ОБТ, що надходять

за обраний інтервал часу на ТО і ремонт відповідно;

$$A_{k_{TO}} = \frac{N_{TO}! \gamma_{TO}^{k_{TO}}}{n_{TO}^{k_{TO}-n_{TO}} \cdot n_{TO}! (N_{TO} - k_{TO})!};$$

$$A_{k_{рем}} = \frac{N_{рем}! \gamma_{рем}^{k_{рем}}}{n_{рем}^{k_{рем}-n_{рем}} \cdot n_{рем}! (N_{рем} - k_{рем})!};$$

$\gamma_{TO} = \lambda_{пв} \cdot T_{TO}$ – коефіцієнт завантаження каналу технічного обслуговування;

$\gamma_{рем} = \lambda_{рем} \sum T_{рем}$ – коефіцієнт завантаження каналу ремонту.

Підставляючи далі значення $N_{пр.ТО}$ у (5) і $N_{пр.рем}$ у (6), а отримані значення $\tau_{оч.ТО}$ і $\tau_{оч.рем}$ у вираз (4), одержимо робочу формулу для розрахунку граничної тривалості перебування якого-небудь довільного зразка ОВТ на обслуговуванні $T_{пр.о}$.

Маючи ймовірності P_k надходження ОВТ на обслуговування, середню кількість зразків, що очікують ТО $N_{оч.ТО}$ і ремонту $N_{оч.рем}$, іншими словами – довжину черги, можна визначити за формулами:

$$\left. \begin{aligned} N_{оч.ТО} &= \sum_{k_{ТО}=n_{рм}^{ТО}}^{N_{ТО}} (k_{ТО} - n_{рм}^{ТО}) \cdot P_{k_{ТО}}; \\ N_{оч.рем} &= \sum_{k_{рем}=n_{рм}^{рем}}^{N_{рем}} (k_{рем} - n_{рм}^{рем}) \cdot P_{k_{рем}} \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

ВИСНОВКИ

Отже представлення ремонтного органу з ТОР ОВТ замкнутою багатоканальною системою масового обслуговування з очікуванням дозволяє визначати часові показники обслуговування ОВТ. Приведені вирази дозволяють вирішувати задачі аналізу ТОР ОВТ ремонтним органом – по відомим N , $t_{об}$, $T_{об}$, $T_{рем}$, $\Delta N_{пв}$ і або $n_{рм}^{ТО}$, $n_{рм}^{рем}$, k_c , $k_{оч}$ і $\tau_{доп}$, визна-

чати $\tau_{оч.ТО}$ і $\tau_{оч.рем}$, $N_{пр.ТО}$ і $N_{пр.рем}$, $T_{пр.о}$ і інші характеристики.

Список літератури

1. Шуєнкін В.О. Теоретичні основи матеріально-технічного забезпечення військ (сил): навч. посіб. / В.О. Шуєнкін. – Ч. 1. – К.: ЦНДІ ЗС України, 2006. – 326 с.
2. Технічне забезпечення військ (сил) у операції бою: Підручник / В.О. Шуєнкін, І.С. Ішутін, О.І. Хазанович та інші.; за ред. М.І. Шапталенка. – К.: НАОУ, 2001. – 616 с.
3. Шуєнкін В.О. Метод визначення ефективності системи управління матеріально-технічним забезпеченням військ (сил) [Текст] / В.О. Шуєнкін // Наука і оборона. – 2003. – №4. – С. 18-22.
4. Шуєнкін В.О. Методика визначення раціонального складу ремонтних органів з урахуванням ресурсних обмежень на їх створення [Текст] / В.О. Шуєнкін, І.С. Ішутін // Наука і оборона. – 2009. – № 3. – С. 57-62.
5. Горевич Б.Н. Методика определения параметров построения системы МТО группировки авиации и войск ПВО [Текст] / Б.Н. Горевич, А.А. Брус, В.Л. Миняйло // Военная мысль. – 2011. – № 4. – С. 48-54.
6. Левківський О.П. Стратегія розвитку авторемонтного виробництва в період глобальних трансформацій [Текст] / О.П. Левківський, О.М. Козіс // Управління проектами, системний аналіз і логістика. – К., 2002. – № 2. – С. 68-71.
7. Андрієвський А.П. Методика обґрунтування вимог до сил і засобів системи відновлення автомобільної техніки [Текст] / А.П. Андрієвський // Збірник наукових праць. – К.: ЦНДІ ЗС України, 2007. – № 2(40). – С. 115-125.
8. Блаженков В.В. Введение в прикладную теорию полумарковских моделей эксплуатации сложных изделий / В.В. Блаженков: учеб. пособ. – М.: Воениздат, 1979. – 70 с.
9. Надежность технических систем: Справочник / Ю.К. Беляев, В.А. Богатырев, В.В. Болотин и др.; под ред. И.А. Ушакова. – М.: Радио и связь, 1985. – 608 с.
10. Саульев В.К. Математические модели теории массового обслуживания / В.К. Саульев. – М.: Статистика, 1989. – 112 с.

Надійшла до редколегії 21.04.2015

Рецензент: д-р техн. наук проф. М.А. Подригало, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків.

МОДЕЛЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ВООРУЖЕНИЯ И ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ РЕМОНТНЫМ ОРГАНОМ

А.А. Морозов

В статье рассматривается модель технического обслуживания и ремонта вооружения и военной техники ремонтным органом. Предложенная модель позволяет решать задачи анализа и синтеза ремонтных органов уровня соединения (часть), осуществляющих техническое обслуживание и ремонт техники.

Ключевые слова: техническое обслуживание и ремонт, ремонтный орган, вооружение и военная техника, ремонт канал, канал технического обслуживания

MODEL MAINTENANCE AND REPAIR OF WEAPONS AND MILITARY EQUIPMENT BODY REPAIR

A.A. Morozov

In the article the model of the maintenance and repair of weapons and military equipment body repair. The proposed model allows to solve problems of analysis and synthesis of bodies repair connection-level (part), carries out maintenance and repair of equipment.

Keywords: maintenance and repair, body repair, armament and military equipment, repair channel, channel maintenance.