

УДК 629.076:623.426

А. В. Ковтун, С. А. Кудімов, І. В. Цебрюк, Г. М. Маренко

ПРОГНОЗУВАННЯ ВИХОДУ АВТОБРОНЕТАНКОВОЇ ТЕХНІКИ З ЛАДУ З ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПРИЧИН

Розглянуто поняття надійності автобронетанкової техніки. Запропоновано як показник надійності військової техніки використовувати комплексний показник надійності – коефіцієнт оперативної готовності. Наведено вираз для визначення втрат машин з експлуатаційних причин за період проведення спеціальної операції.

К л ю ч о в і с л о в а: надійність, автобронетанкова техніка, безвідмовність, коефіцієнт оперативної готовності, показники.

Постановка проблеми. Організація експлуатації автобронетанкової техніки (АБТ) у військових частинах і підрозділах Національної гвардії України (НГУ) складається з проведення комплексу заходів, які спрямовані на забезпечення її постійної готовності до застосування за призначенням і високої ефективності застосування при виконанні службово-бойових завдань. Головним завданням організації експлуатації АБТ у військових частинах і підрозділах НГУ є створення необхідних умов для виконання вимог, викладених у Настанові з автомобільної служби, нормативно-технічній експлуатаційній документації та інших керівних документах. Ці вимоги повинні виконуватися як при підготовці, так і під час використання машин за призначенням, проведенні технічних обслуговувань, ремонтів, зберігання та транспортування АБТ.

При цьому підтримання заданого рівня надійності АБТ залишається найважливішим завданням автотехнічного забезпечення військових частин і підрозділів, яке виконується фахівцями автомобільної служби під час її експлуатації. Необхідність підтримання заданого рівня надійності АБТ впливає із того, що від її справності (працездатності) залежить бойова готовність військових частин і підрозділів [1, 2].

У зв'язку з різким ускладненням АБТ необхідне ретельне наукове обґрунтування військово-технічних рішень, які приймаються при експлуатації машин. При цьому необхідно оцінити існуючий рівень надійності АБТ для визначення потрібної кількості справних (працездатних) машин, необхідних для забезпечення виконання службово-бойових завдань при проведенні спеціальної операції. Вирішення цієї задачі можна здійснити на основі існуючих показників надійності.

Однак в наш час існує велика кількість як одиничних, так і комплексних показників надійності, які не дають можливості узагальнено оцінити рівень надійності сучасної АБТ, що призводить до ускладнення процесу визначення потрібної кількості справних машин для забезпечення проведення спеціальної операції.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Науковою основою досліджень оцінювання рівня надійності та технічної готовності АБТ до виконання завдань є: теорія ефективності застосування військової техніки, технічна експлуатація машин, теорія надійності виробів техніки, теорія ймовірностей та математична статистика. Основні залежності, які використовуються при визначенні рівня надійності машин, наведені у працях [3–5]. Пропозиції з оцінювання показників надійності та боєготовності сучасних виробів техніки наведені у працях [6–8]. У статті [9] розроблені аналітичні залежності коефіцієнтів справності та боєготовності озброєння і військової техніки військових формувань від вихідних параметрів технічного забезпечення.

У навчальному посібнику [1] та настанові [2] пропонується як показник надійності та технічної готовності АБТ до виконання завдань використовувати коефіцієнт технічної готовності машин

$$K_{TG} = \frac{M_{cnp}}{M_c}, \quad (1)$$

де M_{cnp} – кількість справних машин, од.; M_c – списочна кількість машин, од.

Проте цей коефіцієнт не враховує рік випуску машин, категорії умов експлуатації, професійність водіїв, можливості відновлення машин у випадках експлуатаційних відмов та інші експлуатаційні фактори. При цьому у зазначених працях не наведені залежності для визначення потрібної кількості справних машин для забезпечення проведення спеціальної операції.

Мета статті – отримати залежності для оцінювання рівня надійності АБТ, її готовності до виконання завдань та визначення потрібної кількості справних машин для забезпечення проведення спеціальної операції.

Виклад основного матеріалу. Плануючи заходи автотехнічного забезпечення під час підготовки АБТ до спеціальної операції, начальник автомобільної служби, насамперед, визначає [1, 2]:

© А. В. Ковтун, С. А. Кудімов, І. В. Цебрюк, Г. М. Маренко, 2016

– укомплектованість, стан і можливості АБТ;
– стан доріг, колонних шляхів і місцевості, які впливають на використання машин, можливу витрату моторесурсів і вихід машин із ладу в результаті експлуатації;
– можливості ремонтних і евакуаційних підрозділів з відновлення несправних машин в ході виконання службово-бойових завдань.

Під час безпосередньої підготовки АБТ до спеціальної операції у надзвичайних обставинах дії начальника автомобільної служби направлені на забезпечення безвідмовної роботи машин на весь період виконання СБЗ.

Підготовку до планування участі АБТ у спеціальній операції необхідно проводити з урахуванням того, що машини є складними, багатовузловими технічними системами. Через це під час їх роботи можуть виникати відмови різних видів. Наявність даних про відмови машин надає можливості їх систематизації, встановлення причин і розроблення заходів з їх усунення, розроблення методів прогнозування надійності, термінів профілактичних робіт, математичних методів моделювання надійності.

Зупинка машини через виникнення технічних несправностей або її робота з неприпустимими відхиленнями від заданих робочих характеристик є експлуатаційною відмовою машини. Відмова може бути повною, коли машина втрачає рухомість, або частковою, коли знижуються експлуатаційні якості машини. До групи відмов та несправностей, які позбавляють машину рухомості, відносять відмови, без усунення яких подальше її використання є неможливим (відсутність подачі пального, поломка буксирного крюка тягача та ін.) або неприпустимим (відсутність тиску в системі змащення двигуна, відмова гальм і т. п.). Поява повної відмови викликає необхідність відновлення машини на місці її виходу з ладу або буксирування її до пункту ремонту, що ставить під загрозу виконання бойового завдання. Тому виникнення відмов АБТ при проведенні спеціальної операції повинно бути мінімізоване.

При плануванні участі АБТ у спеціальній операції визначають можливий вихід машин з ладу через експлуатаційні несправності M_e [1], що ґрунтується на врахуванні $K_{ТГ}$:

$$M_e = \chi_{ПР} \cdot \chi_{ТО}, \quad (2)$$

де $\chi_{ПР}$ – кількість умовних поточних ремонтів в одному циклі технічного обслуговування ($\chi_{ПР} = 2$); $\chi_{ТО}$ – кількість циклів технічного обслуговування.

Кількість циклів визначається за формулою [1]

$$\chi_{ТО} = \frac{P_M}{H_{Ц}}, \quad (3)$$

де $H_{Ц}$ – норма пробігу за цикл технічного обслуговування, км (для автомобілів вона складає 6000 – 8000 км); P_M – можливі витрати моторесурсу, км.

Можливі витрати моторесурсу визначаються за формулою [1]

$$P_M = P_C \cdot M_C \cdot D, \quad (4)$$

де P_C – середньодобовий пробіг на одну машину, км; D – тривалість періоду, дн.

Недоліками такого розрахунку є неврахування року випуску машин, їх напрацювання та категорії умов експлуатації.

У працях [3, 4] пропонується як комплексний показник надійності АБТ використовувати коефіцієнт оперативної готовності.

Коефіцієнтом оперативної готовності називається ймовірність того, що система виявиться в працездатному стані у будь-який момент часу, крім запланованих періодів, коли використання об'єкта за призначенням не передбачається, і, починаючи з цього моменту, буде працювати безвідмовно протягом заданого періоду t .

Вираз для визначення коефіцієнта оперативної готовності має такий вигляд [3]:

$$K_{ОГ}(t) = K_G \cdot P(t) = \frac{T_0}{T_0 + T_B} e^{-\frac{t}{T_0}}, \quad (5)$$

де K_G – коефіцієнт готовності; $P(t)$ – ймовірність знаходження машини у працездатному стані в будь-який момент часу; T_0 – середній час безвідмовної роботи машин; T_B – середній час відновлення машин.

Величина цього показника відповідає заданому інтервалу часу роботи машин T , зі збільшенням якого коефіцієнт оперативної готовності монотонно зменшується. Тому з урахуванням коефіцієнта

оперативної готовності можна визначити середню кількість працездатних машин на час закінчення спеціальної операції (періода t):

$$M_{СПР_{КСО}}(t) = K_{ОГ}(t) \cdot M_{СПР_{ПСО}}, \quad (6)$$

де $M_{СПР_{ПСО}}$ – кількість працездатних машин на початок проведення спеціальної операції.

З урахуванням середньої швидкості руху машин, залежно від категорії умов експлуатації [6], цю формулу можна записати так:

$$M_{СПР_{КСО}}(l) = K_{ОГ}(l) \cdot M_{СПР_{ПСО}}, \quad (7)$$

де l – пробіг, км.

Математична модель процесу визначення кількості справних машин на час закінчення проведення спеціальної операції має вигляд:

$$\begin{aligned} K_{ОГ}(l) &= P(l) \cdot \frac{L_0}{L_0 + L_B} \left(1 + \frac{L_B}{L_0} e^{-\frac{L_0 + L_B}{L_0 L_B} l}\right); \\ P(l) &= e^{-\lambda_L l}; \\ M_{СПР_{КСО}}(l) &= K_{ОГ}(l) \cdot M_{СПР_{ПСО}}; \\ L_0 &= \frac{1}{\lambda_L}; \\ L_B &= \frac{1}{\mu_L}, \end{aligned} \quad (8)$$

де L_0 – безвідмовний пробіг; L_B – втрати пробігу під час ремонту; λ_L – параметр потоку відмов; μ_L – інтенсивність відновлення.

Зробимо такі припущення математичної моделі.

Зміна технічного стану підпорядковується експоненціальному закону розподілу.

Для нових (після капітального ремонту) машин $P(l) = 1$.

У період гарантійної експлуатації $P(l) = 1$, $\lim_{t \rightarrow \infty} P(l) = 0$, $dP(l) / dl \leq 0$.

Початкові умови: при $l = 0$, $P(l) = 1$; $L_B \leq L_0$.

Можливий вихід машин з ладу з причин експлуатаційних несправностей у цьому випадку визначається за формулою

$$M_E = M_{СПР_{ПСО}} - M_{СПР_{КСО}} \cdot K_{ОГ}(l), \quad (9)$$

де $M_{СПР_{КСО}}$ – кількість справних машин на кінець проведення спеціальної операції.

Графіки залежності $K_{ОГ}$ від пробігу для автомобіля ЗІЛ-130 для різних категорій умов експлуатації L представлені на рисунку.

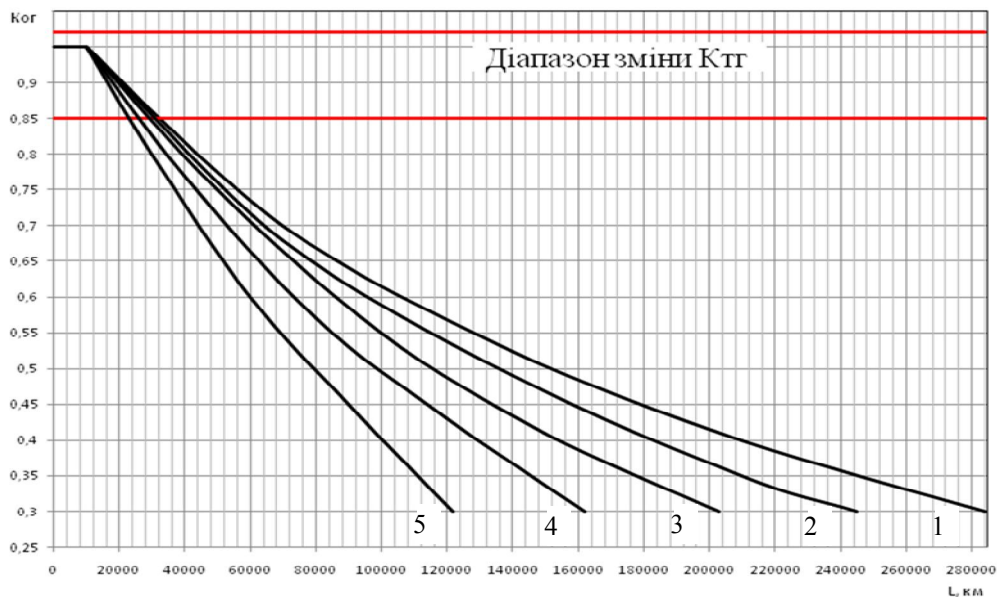


Рис. Графік залежності $K_{ОГ}$ від L для автомобіля ЗІЛ-130 для категорій умов експлуатації з першої по п'яту

Приклад розрахунку. Визначимо потрібну кількість справних машин, необхідних для забезпечення проведення спеціальної операції за таких вихідних даних: $L_C = 60$ км, $M_C = 100$ машин, $D = 3$ дні.

За допомогою формул (2–4), визначимо:

$$M_e = \chi_{IP} \cdot \chi_{TO} = 2 \cdot 3 = 6 \text{ машин.}$$

Згідно з графіками залежності K_{OG} від L , які побудовані за допомогою математичної моделі (8) для різних категорій умов експлуатації машин (при $\lambda(t) = 1 \cdot 10^{-6} 1/\text{км}$), отримані такі результати:

– при напрацюванні машин, які використовуватимуть у спеціальній операції, до 10 000 км і тих самих вихідних даних $M_e = 0$;

– при напрацюванні машин, які використовуватимуть у спеціальній операції, до 40 000 км і тих самих вихідних даних $M_e = 2$, якщо машини експлуатуватимуть за першою категорією умов експлуатації, і $M_e = 12$, якщо машини експлуатуватимуть за п'ятою категорією умов експлуатації;

– при напрацюванні машин, які використовуватимуть у спеціальній операції, до 60 000 км і тих самих вихідних даних $M_e = 13$, якщо машини експлуатуватимуть за першою категорією умов експлуатації, і $M_e = 29$, якщо машини експлуатуватимуть за п'ятою категорією умов експлуатації.

Таким чином, за допомогою графіків залежностей K_{OG} від пробігу машин, з урахуванням різних категорій умов їх експлуатації, можна визначити потрібну кількість справних машин, необхідних для забезпечення проведення спеціальної операції, та прогнозувати ресурс машин на період її проведення.

Висновки

Наведена математична модель (5–9) дозволяє визначити кількість справних машин на кінець проведення спеціальної операції та вплив на цю кількість умов експлуатації, а також намітити шляхи забезпечення високого рівня надійності автомобільної техніки на етапі розроблення вимог до сучасних зразків техніки НГУ.

Список використаних джерел

1. Автотехнічне забезпечення частин та підрозділів внутрішніх військ МВС України [Текст] : навч. посіб. / К. П. Макарчук, С. А. Соколовський, Г. М. Маренко та ін. – Х. : Акад. ВВ МВС України, 2012. – 235 с.
2. Настава з автомобільної служби внутрішніх військ МВС України [Текст]. – К. : МВС України, 2003. – 150 с.
3. Надежность и эффективность в технике. Справочник в 10 т. Т.1. Методология. Организация. Терминология [Текст] / пред. редакционного совета В. С. Авдудевский. – М. : Машиностроение, 1986. – 224 с.
4. Анилович, В. Я. Надежность машин в задачах и примерах [Текст] / В. Я. Анилович, А. С. Гринченко, В. Л. Литвиненко. – Х. : Око, 2001. – 319 с.
5. Демянчук, Б. О. Основи технічного забезпечення. Обґрунтування рішень [Текст] / Б. О. Демянчук, О. В. Малишкін. – О. : Військова акад. МО України, 2014. – 208 с.
6. Андрієнко, А. М. Оцінки рівня працездатності озброєння і військової техніки за станом [Текст] / А. М. Андрієнко, О. В. Ролук // Перспективи розвитку озброєння та військової техніки Сухопутних військ України. – Л. : Акад. Сухопутних військ імені Петра Сагайдачного, 2013. – С. 18.
7. Герасимов, С. В. Удосконалення системи визначення технічного стану мобільних комплексів озброєння [Текст] / С. В. Герасимов, М. П. Савченко, М. Ю. Яковлев // Перспективи розвитку озброєння та військової техніки Сухопутних військ України. – Л. : Акад. Сухопутних військ імені Петра Сагайдачного, 2013. – С. 28–29.
8. Чорний, М. В. Обґрунтування доцільності застосування імовірнісних підходів щодо визначення оцінки технічного стану бронетанкового озброєння та техніки в сучасних умовах [Текст] / М. В. Чорний, С. С. Степанов, Д. Н. Шевченко // Перспективи розвитку озброєння та військової техніки Сухопутних військ України. – Л. : Акад. Сухопутних військ імені Петра Сагайдачного, 2013. – С. 65–66.

9. Головня, С. Б. Розробка рекомендацій щодо покращення процесу оцінювання рівня технічної готовності транспортних засобів прикордонного загону [Текст] / С. Б. Головня // Збірник наукових праць Національної академії Державної прикордонної служби України. – Хмельницький : НАДПСУ, 2014. – Вип. 1 (61). – С. 292–303.

Стаття надійшла до редакції 13.04.2016 р.

УДК 629.076:623.426

А. В. Ковтун, С. А. Кудимов, И. В. Цебрюк, Г. Н. Маренко

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ВЫХОДА АВТОБРОНЕТАНКОВОЙ ТЕХНИКИ
ИЗ СТРОЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМ ПРИЧИНАМ**

Рассмотрено понятие надежности автобронетанковой техники. Предложено в качестве показателя надежности военной техники использовать комплексный показатель надежности – коэффициент оперативной готовности. Представлено выражение для определения количества потерь машин по эксплуатационным причинам за период проведения специальной операции.

К л ю ч е в ы е с л о в а : надежность, автобронетанковая техника, безотказность, коэффициент оперативной готовности, показатели.

UDC 629.076:623.426

A. V. Kovtun, S. A. Kudimov, I. V. Tsebriuk, H. M. Marenko

**FORECAST OF POSSIBLE FAILURE OF ARMORED VEHICLES BY OPERATIONAL
REASONS**

The concept of vehicle reliability has been examined. An expression to determine the amount of vehicle losses by operational reasons during the special operation has been suggested.

К e y w o r d s : reliability, armored vehicles, infallibility, coefficient of operational readiness, indicators.

Ковтун Анатолій Васильович – кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри експлуатації та ремонту автомобілів та бойових машин Національної академії Національної гвардії України.

Кудімов Сергій Анатолійович – викладач кафедри експлуатації та ремонту автомобілів та бойових машин Національної академії Національної гвардії України

Цебрюк Іван Вікторович – кандидат технічних наук, доцент кафедри та ремонту автомобілів та бойових машин Національної академії Національної гвардії України.

Маренко Геннадій Миколайович – кандидат технічних наук, доцент кафедри та ремонту автомобілів та бойових машин Національної академії Національної гвардії України.