

УДК 629.076:623.426

ОДИН ІЗ ПІДХОДІВ ДО КОМПЛЕКСНОГО ОЦІНЮВАННЯ НАДІЙНОСТІ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ВІЙСЬКОВОЇ ЧАСТИНИ

А.В. Ковтун, доц., к.т.н., В.О. Табуненко, доц., к.т.н.,
І.О. Радченко, доц., к. військ. н.,
Національна академія Національної гвардії України, м. Харків

Анотація. Розглянуто поняття надійності військової автомобільної техніки. Запропоновано як показник надійності військової автомобільної техніки використовувати узагальнений комплексний показник надійності.

Ключові слова: надійність, автомобільна техніка, безвідмовність, ремонтпридатність, збереженість, показники.

ОДИН ИЗ ПОДХОДОВ К КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКЕ НАДЕЖНОСТИ АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ ВОЕННОЙ ЧАСТИ

А.В. Ковтун, доц., к.т.н., В.А. Табуненко, доц., к.т.н.,
И.А. Радченко, доц., к. воен. н.,
Национальная академия Национальной гвардии Украины, г. Харьков

Аннотация. Рассмотрено понятие надежности военной автомобильной техники. Предложено в качестве показателя надежности военной автомобильной техники использовать обобщенный комплексный показатель надежности.

Ключевые слова: надежность, автомобильная техника, безотказность, ремонтпригодность, сохраняемость, показатели.

ONE OF APPROACHES TO COMPLEX ESTIMATION OF RELIABILITY OF AUTOMOTIVE EQUIPMENT OF A MILITARY UNIT

A. Kovtun, Assoc. Prof., Cand. Tech. Sc. (Eng.), V. Tabunenko, Assoc. Prof.,
Cand. Tech. Sc. (Eng.), I. Radchenko, Assoc. Prof., Cand. Military Sci.,
National academy of National Guards of Ukraine, Kharkiv

Abstract. The concept of reliability of military motor-car technique is considered. It is offered to use a generalized complex reliability index as an index of reliability of military automotive equipment.

Key words: reliability, motor-car technique, faultlessness, subject to repair, conservation, index.

Вступ

Однією зі складових боєготовності військової автомобільної техніки є її надійність. Підвищення надійності автомобілів є однією з найважливіших задач, які стоять перед розробниками, виробниками та фахівцями, що використовують автомобільну техніку. В умовах ведення бойових дій підвищення на-

дійності автомобілів забезпечує успіх виконання поставлених завдань.

Аналіз публікацій

Науковою основою досліджень оцінки рівня надійності автомобілів та їх готовності 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 в роботах [1, 2]. Пропозиції з оцінки показників надійності та боєготовності сучасних виробів техніки наведено в роботах [3–5]. У роботі [6] розроблено аналітичні залежності коефіцієнтів справності й боєготовності озброєння та військової техніки військових формувань від вихідних параметрів технічного забезпечення. Але у відомих роботах не наведено залежностей та даних з узагальненої оцінки існуючого рівня надійності автомобілів і визначення потрібного рівня надійності перспективних машин.

Мета і постановка завдання

У процесі експлуатації автомобілів їх властивості не залишаються постійними, а під впливом внутрішніх і зовнішніх факторів з часом видозмінюються і частіше – в гірший бік, що призводить до погіршення технічних параметрів та зниження боєготовності.

Тактика застосування частин і підрозділів Національної гвардії України вимагає маневрування військ, їх швидкого зосередження чи розосередження, перегруповування для успішного проведення стрімких операцій. Це вимагає оснащення військ сучасними машинами, що забезпечать високий рівень оперативної й тактичної мобільності військ.

У зв'язку з різким підвищенням складності автомобільної техніки, необхідне ретельне наукове обґрунтування військово-технічних рішень під час розробки, випробувань, виробництва й експлуатації автомобілів. При цьому потрібно оцінити сучасний рівень надійності автомобільної техніки та спрогнозувати необхідний рівень її надійності при проведенні заміни техніки.

Вирішити завдання оцінювання існуючого і забезпечення заданого рівня надійності автомобілів можна шляхом порівняння їх показників надійності. Крім того, необхідно, щоб показники надійності автомобіля задавалися в технічному завданні на проектування та контролювалися під час розробки конструкції, її виготовлення та експлуатації. У цьому випадку можна порівнювати надійність різних марок та моделей автомобілів і вести

роботу з підвищення їх надійності. Однак у наш час існує велика кількість як комплексних, так і одиничних показників надійності, які не дають можливості узагальнено оцінити рівень надійності існуючих автомобілів і визначити потрібний рівень надійності перспективних машин.

Метою роботи є отримання залежності для оцінювання рівня надійності автомобільної техніки під час виконання завдань та визначення впливу на неї окремих властивостей.

Комплексне оцінювання надійності автомобільної техніки

Відмінність «ідеальної» машини від реальної полягає в тому, що остання допускає появу відмов. Поняття відмови є одним із фундаментальних у теорії надійності й являє собою подію, пов'язану з порушенням працездатності автомобіля. Можна вважати, що для фахівців, які займаються експлуатацією автомобілів, «надійність машини» починається з появою відмов: з того, коли вони з'являються, якими вони є, до яких призводять наслідків і т. ін.

Автомобілі є складними, багатовузловими технічними системами, тому під час їх роботи можуть виникати відмови різних видів. Наявність даних про відмови автомобілів розкриває можливості їх систематизації, встановлення їх причин і розробки заходів щодо їх усунення, методів прогнозування надійності, термінів проведення профілактичних робіт й математичних методів моделювання надійності.

У науковій літературі відмови розрізняють за такими відмінностями [2]:

- за характером зміни параметра до виникнення відмови: раптова, поступова (причому раптові відмови вважають експлуатаційними, а поступові – ресурсними);
- за зв'язком з іншими відмовами: залежна, незалежна;
- за можливістю використання машини після відмови: повна, часткова відмови;
- за характером виявлення відмови: стійка, відмова із самоусуненням;
- за етапом, на якому закладено причину відмови: конструкційна, виробнича, експлуатаційна;
- за часом виникнення відмови: відмова періоду прироблення, нормальної експлуатації, старіння;

- за величиною збитку, зумовленого відмовою: критична, значна, незначна;
- за наявністю зовнішніх виявлень відмови: очевидна, прихована;
- за природою виникнення відмови: обумовлені чи необумовлені руйнуванням.

Розглянута класифікація відмов має відносний характер, оскільки досить важко провести чітку межу між тим чи іншим типом відмов.

Для отримання залежності за узагальненим оцінюванням існуючого рівня надійності автомобілів необхідно більш ретельно розглянути поділ відмов автомобілів на експлуатаційні та ресурсні.

Із наукової літератури [1, 2] відомо, що експлуатаційні відмови виникають з випадкових причин, які зумовлені комбінацією несприятливих факторів, що виникають під час експлуатації виробів з низькими властивостями, закладеними при конструюванні, а частіше – при виготовленні машин. Причинами експлуатаційних відмов є різні дрібні порушення встановлених правил, норм конструювання, виробництва і ремонту машин, їх експлуатації. Це відмови зазвичай є неочікуваними.

Вважається, що, на відміну від експлуатаційних, ресурсні відмови виникають як очікувані події, пов'язані з природними змінами (звичайно впродовж довгого часу), які відбуваються в основних (базових) вузлах машини та призводять до їх граничного стану, граничного зносу, поломки деталей і вузлів через зменшення їх міцності. При відновленні працездатності елемента, який відмовив, відновлюється початковий (або міжремонтний) ресурс основних вузлів і з'єднань.

Але й «експлуатаційні», і «ресурсні» відмови виникають на етапі експлуатації автомобілів, тому потреби поділяти їх немає – можна віднести й ті, й інші до «експлуатаційних». При цьому, оскільки відмова є раптовою тільки тому, що її розвиток йде за часом занадто швидко і для спостереження схований, будемо вважати відмови поступовими.

Необхідно відмітити, що умови експлуатації автомобілів носять випадковий характер і мають імовірнісні характеристики дорожніх умов, швидкостей руху, маси перевезеного вантажу, режиму руху тощо. При цьому від-

мови агрегатів і вузлів машини можуть виникати як за нормальних (відмови, поява яких є ймовірною в різних агрегатах машини), так і за екстремальних умов експлуатації (дорожньо-транспортна подія). Тому відмови автомобілів краще поділити на прогнозовані і непередбачувані.

Надійність автомобіля визначимо такими властивостями:

- безвідмовністю;
- ремонтпридатністю;
- збереженістю.

З урахуванням розглянутих властивостей та типів відмов, пропонується оцінювати надійність автомобілів комплексним показником – узагальненим коефіцієнтом надійності, який визначається таким чином:

$$K_H = P_B(t) \cdot P_P(t) \cdot P_Z(t), \quad (1)$$

де $P_B(t)$ – ймовірність безвідмовної роботи автомобіля; $P_P(t)$ – ймовірність відновлення працездатного стану автомобіля після виникнення відмови; $P_Z(t)$ – ймовірність збереження працездатного стану автомобіля при зберіганні.

1. Ймовірність безвідмовної роботи $P_B(t)$ – ймовірність того, що в межах заданого напруження t не станеться відмови автомобіля

$$P_B(t) = 1 - P_V(t), \quad (2)$$

де $P_V(t)$ – ймовірність відмови автомобіля.

З урахуванням того, що настання відмов автомобіля прогнозованих та непередбачуваних, під час використання автомобілів за призначенням, – сумісні події, ймовірність виникнення відмови автомобіля визначимо таким чином:

$$P_V(t) = P_1(t) + P_2(t) - P_1(t) \cdot P_2(t), \quad (3)$$

де $P_1(t)$ – ймовірність настання прогнозованої відмови автомобіля; $P_2(t)$ – ймовірність настання непередбачуваної відмови автомобіля.

Для періоду нормальної експлуатації автомобілів є справедливим експоненціальний закон надійності [1, 2]

$$P_1(t) = 1 - e^{-\int_0^t \lambda(t) dt}, \quad (4)$$

де λ – параметр потоку відмов.

Наближене значення ймовірності P_2 може бути одержане за формулою

$$P_2^*(t) = \frac{n(t)}{N}, \quad (5)$$

де $n(t)$ – кількість автомобілів, які відмовили за момент часу t з непередбачуваних причин; N – загальна кількість автомобілів.

2. Ймовірність відновлення працездатного стану – це ймовірність того, що автомобіль буде відновлений після відмови за певний час i за певних умов ремонту, тобто

$$P(\tau) = P_p \{t_B \leq \tau\}, \quad (6)$$

де t_B – випадковий час відновлення автомобіля; τ – заданий час відновлення.

Ймовірність $P(\tau)$ становить за своїм математичним змістом функцію розподілу або інтегральний закон розподілу часу відновлення

$$P_p(\tau) = \int_0^{\tau} f(t_B) dt_B,$$

де $f(t)$ – щільність розподілу часу відновлення.

$$\begin{aligned} \text{Якщо} \quad & f(t_B) = \mu_{\Sigma} \cdot e^{-\mu_{\Sigma} t_B}, \\ \text{то} \quad & P_p(\tau) = 1 - e^{-\mu_{\Sigma} \tau}, \end{aligned} \quad (7)$$

де $\mu_{\Sigma} = \mu_1 + \mu_2$ – інтенсивність відновлення відмов автомобілів, що становить кількість відновлень, виконаних за одиницю часу; μ_1 – інтенсивність відновлення прогнозованих відмов; μ_2 – інтенсивність відновлення непередбачуваних відмов.

3. Ймовірність збереження працездатного стану автомобіля при зберіганні визначається виразом

$$P_3(t) = e^{-\lambda_3 t}. \quad (8)$$

На практиці використовують відносну величину G , яка вказує на співвідношення між

параметром потоку відмов при роботі $\lambda(t)$ та параметром потоку відмов при зберіганні $\lambda_3(t)$.

$$G = \frac{\lambda(t)}{\lambda_3(t)}. \quad (9)$$

Ця величина залежить від умов роботи та зберігання. Для періоду нормальної експлуатації $\lambda_3(t) = \lambda_3 = \text{const.}$

$$G = \frac{\lambda}{\lambda_3} = \text{const.}$$

Звідки $\lambda_3 = \frac{\lambda}{G}$. Звичайно, $G = (10-100)$.

Приклад розрахунку

Визначимо узагальнений коефіцієнт надійності автомобілів військової частини протягом часу $t = 160$ год, якщо за цей період сталося 10 ресурсних відмов, параметр потоку відмов склав $\lambda_1(t) = 6 \cdot 10^{-2}$ 1/год, нересурсних відмов зафіксовано не було $\lambda_2(t) = 0$; параметр потоку відновлення відмов машини $\mu_1 = 0,2$ 1/год, параметр потоку відмов при зберіганні $\lambda_3(t) = 6 \cdot 10^{-4}$ 1/год.

За допомогою формул (1)–(9) визначимо

$$K_H = P_B(t) \cdot P_p(t) \cdot P_3(t) = 0,99 \cdot 0,87 \cdot 0,94 = 0,81.$$

Якщо за цей період, за тих самих вихідних даних, у військовій частині зафіксовано одну ДТП, то $\lambda_2(t) = 6 \cdot 10^{-3}$ 1/год, параметр потоку відмов машини $\mu_2 = 0,07$ 1/год і тому

$$K_H = P_B(t) \cdot P_p(t) \cdot P_3(t) = 0,99 \cdot 0,49 \cdot 0,94 = 0,48.$$

Таким чином, за допомогою залежностей (1)–(9) можна визначити узагальнений коефіцієнт надійності автомобілів K_H військової частини (підрозділу) за заданий період часу та прогнозувати надійність автомобілів військової частини на період проведення спеціальної операції.

Висновки

Отримано залежність, яка дозволяє оцінити рівень надійності автомобілів військової частини як складової готовності автомобільної техніки до виконання завдань.

Залежність для оцінки рівня надійності автомобільної техніки дозволяє визначити вплив на неї окремих властивостей та намітити шляхи забезпечення високого рівня надійності автомобільної техніки на етапі розробки вимог до сучасних зразків техніки Національної гвардії України.

Література

1. Надежность и эффективность в технике: справочник: в 10 т. Т.1. Методология. Организация. Терминология. – М.: Машиностроение, 1986. – 224 с.
2. Анилович В.Я. Надежность машин в задачах и примерах / В.Я. Анилович, А.С. Гринченко, В.Л. Литвиненко. – Х.: Око, 2001. – 320 с.
3. Горяинов А.Н. Информационное обеспечение реализации диагностических процедур на транспорте / А.Н. Горяинов // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – 2011. – № 24. – С. 48–53.
4. Захарченко Н.В. Оценка параметров надежности многоканальных сегментов сложных систем / Н.В. Захарченко, Д.Ю. Ильин, С.В. Хомич, Ж.А. Торк / Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – 2012. – № 9. – С. 58–62.
5. Головня С.Б. Розробка рекомендацій щодо покращення процесу оцінювання рівня технічної готовності транспортних засобів прикордонного загону / С.Б. Головня / Збірник наукових праць Національної академії Державної прикордонної служби України. – 2014. – Вип. 1 (61). – С. 292–303.
6. Морозов О.О. Математична модель впливу технічного забезпечення на стан парку озброєння і військової техніки / О.О. Морозов, Л.В. Морозова / Збірник наукових праць Національної академії Національної Гвардії України. – 2014. – Вип. 2 (24). – С. 67–71.

Рецензент: М.А. Подригало, професор, д.т.н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 25 вересня 2016 р.