

УДК 629.076:623.426

А. В. Ковтун, О. Ю. Шабалін, О. І. Шаповалов

## **ОБГРУНТУВАННЯ УЗАГАЛЬНЕНОГО ПОКАЗНИКА НАДІЙНОСТІ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ**

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

*К л ю ч о в і с л о в а : надійність, автомобільна техніка, безвідмовність, ремонтпридатність, збереженість, показники.*

**Постановка проблеми.** Складовою боєготовності автомобільної техніки (машини) є її надійність. Підвищення надійності машин є однією з найважливіших задач, що стоять перед розробниками, виробниками та фахівцями, які використовують автомобільну техніку. В умовах ведення бойових дій підвищення надійності машин забезпечує успіх виконання поставлених завдань.

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

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

Значне ускладнення автомобільної техніки пов'язане з ретельним науковим обґрунтуванням військово-технічних рішень під час розроблення, випробувань, виробництва й експлуатації машин. При цьому необхідно оцінити сучасний рівень надійності автомобільної техніки та спрогнозувати її надійність у процесі проведення заміни техніки.

Вирішити задачу оцінювання існуючого і забезпечення заданого рівня надійності машин можна шляхом порівнювання їх показників надійності. Крім того, необхідно, щоб показники надійності машини зазначали у технічному завданні на проектування і контролювали під час розроблення конструкції, її виготовлення та експлуатації. У цьому випадку можна порівнювати надійність різних моделей машин і вести роботу з підвищення їх надійності. Однак сьогодні існує велика кількість комплексних та одиничних показників надійності, які не дають можливості узагальнено оцінити рівень надійності існуючих і визначити потрібний рівень надійності перспективних машин.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Науковою основою досліджень з оцінювання рівня надійності машин 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 у визначенні рівня надійності машин, наведені у працях [1, 2]. Пропозиції з оцінювання показників надійності та боєготовності сучасних виробів техніки наведені у працях [3–5]. У статті [6] розроблені аналітичні залежності коефіцієнтів справності та боєготовності озброєння і військової техніки військових формувань від вихідних параметрів технічного забезпечення.

Проте у зазначених публікаціях не наведені залежності та дані щодо узагальненого оцінювання існуючого рівня надійності сучасних і визначення потрібного рівня надійності перспективних машин.

**Мета статті** – отримати залежність для оцінювання рівня надійності автомобільної техніки при виконанні завдань та визначити вплив на надійність окремих властивостей машин.

**Виклад основного матеріалу.** Відмінність “ідеальної” машини від реальної в тому, що у останньої виникають відмови. Поняття відмови є одним із фундаментальних у теорії надійності, воно визначає подію, пов'язану з порушенням працездатності машини. Надійність машини характеризується появою відмов, часом, коли вони виникають, які вони, до яких призводять наслідків і т. ін.

Автомобілі є складними, багатовузловими технічними системами. Тому у процесі їх роботи можуть виникати відмови різних видів. Наявність даних про відмови машин дає можливість їх систематизувати, визначити причини і розробити заходи з усунення відмов, розробити методи прогнозування надійності, терміни профілактичних робіт, математичні методи моделювання надійності.

У науковій літературі виділяють такі типи відмов [2].

За характером зміни параметра до виникнення відмови: раптова (експлуатаційна) та поступова (ресурсна).

За зв'язком з іншими відмовами: залежна і незалежна.

За можливістю використання машини після відмови: повна та часткова відмови.

За характером виявлення відмови: стійка відмова та відмова із самоусуненням.

За етапом, на якому закладено причину відмови: конструкційна, виробнича, експлуатаційна.

За часом виникнення відмови: у період дороблення, нормальної експлуатації та старіння.

За величиною збитку, спричиненого відмовою: критична, значна та незначна.

За зовнішнім проявом відмови: очевидна і прихована.

За природою виникнення: обумовлена та необумовлена руйнуванням.

Розглянута класифікація є відносною, оскільки важко провести чітку межу між тим чи іншим типом відмов.

Для отримання залежності щодо узагальненого оцінювання існуючого рівня надійності машин необхідно розглянути експлуатаційні та ресурсні відмови.

Із наукової літератури відомо, що експлуатаційні відмови виникають за випадкових причин, обумовлених комбінацією несприятливих факторів, які діють у процесі експлуатації виробів з низькими властивостями, закладеними на етапі конструювання, а частіше при виготовленні машин. Причинами експлуатаційних відмов є різні дрібні порушення встановлених правил, норм конструювання, виробництва, ремонту машин та їх експлуатації. Це відмови, яких зазвичай не очікують. Експлуатаційні відмови характеризують безвідмовність техніки.

Вважається, що, на відміну від експлуатаційних, ресурсні відмови виникають як очікувані події, пов'язані з природними змінами (частіше впродовж тривалого часу) в основних (базових) вузлах машини. Такі зміни призводять до їх граничного стану, граничного зносу, поломок деталей і вузлів, спричинених зменшенням їх міцності. При відновленні працездатності елемента, який відмовив, відновлюється початковий (або міжремонтний) ресурс основних вузлів і спряжень. Ресурсні відмови характеризують довговічність.

З урахуванням того, що експлуатаційні і ресурсні відмови виникають на етапі експлуатації машин, будемо вважати їх експлуатаційними. При цьому, оскільки відмова є раптовою тільки тому, що вона розвивається у часі занадто швидко і для спостереження є прихованою, вважатимемо такі відмови ресурсними.

Зазначимо, що умови експлуатації машин мають випадковий характер та ймовірнісні характеристики дорожніх умов, швидкості руху, маси перевезеного вантажу, режиму руху та ін. При цьому відмови агрегатів і вузлів машини можуть виникати як за нормальних (відмови, яких можна чекати в різних агрегатах машини), так і за екстремальних умов експлуатації (дорожньо-транспортна подія). Тому відмови машин можна поділити на ті, що прогножуються (ресурсні), та ті, що не прогножуються (не ресурсні).

Надійність машини визначимо такими властивостями: безвідмовністю, ремонтпридатністю, збереженістю.

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

$$K_H = P_B(t) \cdot P_P(t) \cdot P_3(t), \quad (1)$$

де  $P_B(t)$  – ймовірність безвідмовної роботи машини;  $P_P(t)$  – ймовірність відновлення працездатного стану машини після виникнення відмови;  $P_3(t)$  – ймовірність збереження працездатного стану машини при зберіганні.

Ймовірність безвідмовної роботи  $P_B(t)$  – ймовірність того, що у межах заданого напрацювання  $t$  не трапиться відмови машини:

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

де  $P_B(t)$  – ймовірність відмови машини.

Ураховуючи, що виникнення ресурсної та не ресурсної відмови машини при її використанні за призначенням є сумісними подіями, ймовірність виникнення відмови машини визначається так [2]:

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

де  $P_1(t)$  – ймовірність ресурсної відмови машини;  $P_2(t)$  – ймовірність нересурсної відмови машини.

Для періоду нормальної експлуатації машини справедливий експоненціальний закон надійності [1, 2]:

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

де  $\lambda$  – інтенсивність відмов.

Наближене значення ймовірності  $P_2$  може бути одержане в результаті випробувань  $N$  машин [2]:

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

де  $n(t)$  – кількість машин, що відмовили за момент часу  $t$  з причин, які не прогнозуються;  $N$  – загальна кількість машин.

Ймовірність відновлення працездатного стану – це ймовірність того, що система буде відновлена після відмови за даний час і за певних умов ремонту, тобто

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

де  $t_B$  – випадковий час відновлення системи;  $\tau$  – заданий час відновлення.

Ймовірність  $P(\tau)$  за своїм математичним змістом є функцією розподілу або інтегральним законом розподілу часу відновлення:

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

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

Якщо  $f(t_B) = \mu_{\Sigma} \cdot e^{-\mu_{\Sigma} t_B}$ , то

$$P_p(\tau) = 1 - e^{-\mu_{\Sigma} \tau}, \quad (7)$$

де  $\mu_{\Sigma} = \mu_1 + \mu_2$  – інтенсивність відновлення відмов машини, що складає кількість відновлень, виконаних за одиницю часу;  $\mu_1$  – інтенсивність відновлення ресурсних відмов машини;  $\mu_2$  – інтенсивність відновлення нересурсних відмов машини.

Ймовірність збереження працездатного стану машини при її зберіганні визначається виразом:

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

На практиці використовують відносну величину  $G$ , яка вказує на співвідношення між інтенсивністю відмов при роботі  $\lambda(t)$  та інтенсивністю 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,  $G = (10 \dots 100)$ .

Приклад розрахунку. Визначимо узагальнений коефіцієнт надійності машин військової частини протягом часу  $t = 160$  год, якщо за цей період сталося 10 ресурсних відмов, їх інтенсивність складала  $\lambda_1(t) = 6 \cdot 10^{-2}$  1/год. Нересурсних відмов зафіксовано не було:  $\lambda_2(t) = 0$ . Інтенсивність відновлення відмов машини  $\mu_1 = 0,2$  1/год. Інтенсивність 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, інтенсивність відновлення відмов машини  $\mu_2 = 0,07$  1/год. Узагальнений коефіцієнт надійності дорівнюватиме:

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

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

### **Висновки**

1. Отримана залежність, яка дозволяє оцінити рівень надійності машин військової частини як складової готовності автомобільної техніки до виконання завдань.

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

### **Список використаних джерел**

1. Надежность и эффективность в технике [Текст] . Т.1. Методология. Организация. Терминология : справочник в 10 т. – М. : Машиностроение, 1986. – 224 с.
2. Анилович, В. Я. Надежность машин в задачах и примерах [Текст] / В. Я. Анилович, А. С. Гринченко, В. Л. Литвиненко. – Х. : Око, 2001. – 319 с.
3. Горяинов, А. Н. Информационное обеспечение реализации диагностических процедур на транспорте [Текст] / А. Н. Горяинов // Вісник Національного технічного університету “ХПІ”. – Х. : НТУ “ХПІ”, 2011. – № 24. – С. 48–53.
4. Оценка параметров надежности многоканальных сегментов сложных систем [Текст] / Н. В. Захарченко, Д. Ю. Ильин, С. В. Хомич, Ж. А. Торк // Вісник Національного технічного університету “ХПІ”. – Х. : НТУ “ХПІ”, 2012. – № 9. – С. 58–62.
5. 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.
6. Морозов, О. О. Математична модель впливу технічного забезпечення на стан парку озброєння і військової техніки [Текст] / О. О. Морозов, Л. В. Морозова // Збірник наукових праць Національної академії Національної гвардії України. – Х. : НАНГУ, 2014. – Вип. 2(24). – С. 67–71.

*Стаття надійшла до редакції 22.04.2015 р.*