MILITARY SCIENCES

Anatolii Kovtun
National Academy of the National Guard of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
ORCID iD: 0000-0002-8427-1005

JUSTIFICATION OF AN OPERATIONAL READINESS INDICATOR FOR MILITARY MOTOR VEHICLES

Abstract. The paper examines the assessment of the operational readiness of military motor vehicles as a key factor in their effective deployment. It analyses reliability indicators characterising vehicle condition, including the probability of failure-free operation, mean operating time to failure, service life and the preservation of operational properties. It establishes that the commonly used technical readiness coefficient does not objectively determine a vehicle's actual ability to perform its assigned tasks. A composite operational-readiness indicator is proposed to assess vehicle condition during operation under the annual use-and-repair plan, determine the contribution of individual indicators and substantiate measures for maintaining technical readiness. The findings can improve vehicle-operation records, the planning of use and maintenance, and timely assessment of operational outcomes.

Keywords: reliability, military motor vehicles, vehicle technical condition, composite operational-readiness indicator.

Анатолій Ковтун
Національна академія Національної гвардії України, Харків, Україна
ORCID iD: 0000-0002-8427-1005

ОБҐРУНТУВАННЯ ПОКАЗНИКА ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ВІЙСЬКОВОЇ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

Анотація. Досліджено проблему оцінювання працездатності військової автомобільної техніки як одного з визначальних чинників забезпечення її ефективного застосування за призначенням. Проаналізовано основні показники надійності, що характеризують технічний стан зразків автомобільної техніки, зокрема ймовірність безвідмовної роботи, середній наробіток до відмови, технічний ресурс і термін збереження експлуатаційних властивостей. Встановлено, що коефіцієнт технічної готовності, який традиційно використовується для оцінювання технічного стану машин, не забезпечує об’єктивного визначення їх фактичної працездатності та готовності до виконання завдань за призначенням. У результаті дослідження запропоновано комплексний показник оцінювання працездатності військової автомобільної техніки, який дає змогу визначати її поточний технічний стан під час експлуатації відповідно до річного плану використання та ремонту машин, оцінювати вплив окремих показників на рівень працездатності та обґрунтовувати заходи щодо підтримання необхідного рівня технічної готовності. Практичне значення результатів дослідження полягає у можливості підвищення ефективності обліку експлуатації автомобільної техніки, удосконалення планування її використання і технічного обслуговування, а також своєчасного аналізу та оцінювання результатів експлуатації з метою забезпечення необхідного рівня готовності військової автомобільної техніки до виконання завдань за призначенням.

Ключові слова: надійність, військова автомобільна техніка, технічний стан машин, комплексний показник оцінювання працездатності.

Постановка проблеми. Бойова готовність зразків озброєння і військової техніки Сил Оборони, в тому числі військової автомобільної техніки (ВАТ),

характеризується відповідними значеннями показників їх надійності [1-4]. Надійність озброєння і військової техніки – здатність зразків (комплексів) озброєння і військової техніки або їх складових частин виконувати задані функції, зберігаючи у часі встановлені експлуатаційні показники у визначених межах у відповідних режимах і умовах їх використання (бойове застосування, технічне обслуговування, ремонт, транспортування, зберігання) [4,5].

Складність конструкції ВАТ зазвичай знижує їх надійність. В процесі експлуатації ВАТ на підтримку надійності впливають умови і інтенсивність бойового застосування, якість профілактичних та інших робіт з технічного обслуговування і ремонту, дотримання встановлених правил експлуатації, вміле використання діагностичних засобів і та ін. Недостатня надійність призводить до зниження ефективності застосування ВАТ, зростанню обсягу ремонту та обслуговування, збільшення витрат на запасні частини, витратні матеріали, потреба в додатковому технічному персоналі і засобах ремонту.

Надійність ВАТ визначає технічний стан машин. Технічний стан машини об'єднує її експлуатаційні властивості та їх фактичні показники у певний момент часу, які визначають здатність машини виконувати свої робочі функції.

Вирішити задачу оцінки існуючого і забезпечення необхідного рівня технічного стану ВАТ, можна шляхом дослідження процесу зміни ймовірності безвідмовної роботи військових автомобілів і визначення шляхів підтримання заданого рівня їх технічної готовності. Однак, існуючі показники оцінки рівня технічного стану ВАТ не дають можливості оцінити технічний стан існуючих машин і визначити необхідний рівень їх готовності до використання за призначенням [5].

Аналіз досліджень та публікацій. Науковою основою дослідження рівня технічного стану існуючих і перспективних військових автомобілів та рівня їх технічної готовності до виконання перевезень є: теорія технічної експлуатації автомобільної техніки, теорія ефективності бойового застосування військової автомобільної техніки, теорія надійності автомобільної техніки, теорія ймовірностей. Залежності, що використовуються при визначенні рівня надійності зразків озброєння та військової техніки, наведені в роботах [1-4].

Але у відомих роботах не наведені дослідження процесу зміни рівня працездатності військової автомобільної техніки.

Основний матеріал.

Однією з аксіом теорії надійності технічних систем є можливість появи у машин в процесі експлуатації, відмов. Відмова являє собою випадкову подію, пов'язану з порушенням працездатного стану машини [5].

Автомобілі є складними, багато вузловими технічними системами. Тому при їх експлуатації виникають різні відмови.

Основними відмовами військових автомобілів на фронті є [6]:

1. Відмови ходової частини та підвіски ~ 40% випадків. (Прояви: поломка ресорних листів, вихід з ладу амортизаторів, деформація реактивних штанг,

пошкодження колісних редукторів. Причини: перевезення вантажів із перевищенням норми (боєприпаси та інші) у поєднанні з їздою пересіченою місцевістю).

2. Відмови паливної системи та двигуна ~25% випадків. (Прояви: забивання форсунок, вихід з ладу паливних насосів високого тиску, прогар прокладок, заклинювання двигунів через масляне голодування. Причини: використання пального з домішками бруду або конденсату.

3. Відмови електроніки та електрообладнання машин ~20% випадків. (Прояви: блокування двигуна, перехід систем у "аварійний режим", відмова датчиків. Причини: сучасні вантажівки мають складні електронні плати, які чутливі до сирості, бруду та постійної вібрації).

4. Відмови гальмівної та пневматичної систем ~15% випадків. (Прояви: тріщини в патрубках, постійні протікання робочих рідин, швидкий знос в умовах агресивного середовища (грязь, пісок, вода). Причини: природне старіння металу та гумотехнічних виробів).

Наявність даних про відмови ВАТ дозволяє визначити причини їх появлення, розробити конкретні заходи по їх усуненню, визначити терміни проведення профілактичних робіт, запропонувати методики моделювання технічного стану машин (Рис.1).



Рис. 1. Евакуація і ремонт військової автомобільної техніки на фронті
Джерело: фото з відкритих джерел.

Технічний стан військової техніки – це комплексна оцінка її працездатності (боєздатності, придатності до використання), що визначається шляхом контролю параметрів під час експлуатації, обслуговування та ремонту, оформляється актами комісій і залежить від стану ключових вузлів (двигунів, агрегатів), рівня зносу, комплектності та наявності документації. Існують наступні стани машин [5]:

1. Працездатний стан – стан зразка ВАТ, при якому значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати задані функції, відповідають вимогам нормативно-технічної та конструкторської документації. Працездатність не враховує вимоги, які не впливають на експлуатаційні показники, наприклад, дефекти фарбування та т. і.

2. Непрацездатний стан – стан зразка ВАТ, при якому значення хоча б одного з параметрів, що характеризують здатність виконувати задані функції, не відповідають вимогам нормативно-технічної та конструкторської документації.

Працездатний стан машини забезпечується технічною службою військової частини, яка несе відповідальність за вчасне й якісне виконання заходів технічного обслуговування та ремонту з додержанням установлених нормативів, а також ефективну організацію праці ремонтно-обслуговуючого персоналу.

Показники працездатності зразків ВАТ мають ймовірнісний характер. Це викликано причинами, які умовно можна поділити на дві групи. До першої групи відносяться причини, що обумовлені нестабільністю властивостей елементів і систем складових зразків ВАТ із-за неоднорідності вихідних матеріалів, нестабільністю технологічних процесів їх виготовлення і т.інш. До другої групи відносяться причини, що викликані випадковим характером умов їх експлуатації, зокрема, бойового застосування.

З урахуванням того факту, що умови застосування ВАТ за призначенням, носять випадковий характер і мають імовірнісні характеристики дорожніх умов, швидкостей і режиму руху, протидії противника та інш., пропонується оцінювати рівень працездатності ВАТ комплексним показником – коефіцієнтом визначення працездатності зразків ВАТ, який визначається наступним чином:

$$К_{Пр}(t) = P_1(t) \cdot P_2(t) \cdot P_3(t), \quad (1)$$

де $P_1(t)$ – ймовірність безвідмовної роботи зразків ВАТ при виникненні відмов, що очікуються на етапі використання за призначенням (на етапі очікування використання за призначенням);

$P_2(t)$ – ймовірність безвідмовної роботи зразків ВАТ при виникненні відмов, що не очікуються на етапі використання за призначенням;

$P_3(t)$ – ймовірність безвідмовної роботи основних агрегатів зразків ВАТ до капітального ремонту (списання).

1. Ймовірність безвідмовної роботи зразків ВАТ при виникненні відмов, що очікуються на етапі використання за призначенням (P_1 (t)).

Ймовірність безвідмовної роботи зразків ВАТ при виникненні відмов, що очікуються можна обчислити за формулою [5]:

$$P_1(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t)\cdot \mathrm{dt}} = e^{-\lambda \cdot t}, \quad (2)$$

де $\lambda(t)$ - інтенсивність відмов, 1/год.

2. Ймовірність безвідмовної роботи зразків ВАТ при виникненні відмов, що не очікуються на етапі використання за призначенням (P_2 (t)).

Основними вражаючими факторами військових автомобілів під час ведення бойових дій є [6]:

FPV- дрони (50-60)% уражень. (Характер пошкоджень: пробиття кабіни та кузова, займання паливних баків, детонація вантажу, виведення з ладу двигуна. Особливості: дрони мають високу точність і б'ють у найуразливіші зони).

Артилерійські снаряди та касетні боєприпаси (25-30) % уражень. (Характер пошкоджень: множинні осколкові пробиття обшивки, знищення шин, перебиті гальмівні шланги та електропроводка, розбите скло, посічені радіатори. Особливості: повністю знерухомлюють транспорт.

Міни (10-15) % уражень. (Характер пошкоджень: руйнування мостів, колісних дисків, деформація рами, контузія або загибель екіпажу від мінно-вибухової хвилі. Особливості: загрозу становлять системи дистанційного мінування).

З урахуванням того факту, що умови використання зразків ВАТ, зокрема військових машин, носять випадковий характер, пропонується оцінювати захищеність машин показником: $P_{НВ}$ – ймовірність не враження машини при застосуванні противником озброєння.

Ймовірність не враження машини при застосуванні противником визначеного вражаючого засобу $P_{НВ}$ залежить від: готовності екіпажу до виконання поставленого завдання, скритності пересування; часу знаходження під вогнем противника та т.інш.:

$$\mathrm{P_{НВ}} = \mathrm{P_2}(t) = 1 - \mathrm{P_{ур}}, \tag{3}$$

Ймовірність ураження $\mathrm{P_{ур}}$ машини з урахуванням часу її знаходження під вогнем противника і моменту її виявлення можна визначити за допомогою виразу [6]:

$$P_{\text{ур}} = 1 - \frac{1}{p \cdot \lambda_1 \cdot t_1}\left[1 - e^{-p \cdot \lambda_1 \cdot t_1}\right], \tag{4}$$

де

λ_1 – число пострілів по цілі за час $t_1 = t \quad - T$, с;

t – час знаходження машини в зоні обстрілу, с;

T – момент часу виявлення машини, с;

p – імовірність влучання в машину.

3. Ймовірність безвідмовної роботи основних агрегатів зразків ВАТ до капітального ремонту (списання) ($\mathrm{P_3}$ (t)). В основі властивості "довговічність", як і властивості "безвідмовність", лежить властивість бойової машини зберігати працездатність. Різниця полягає в тому, що безвідмовність пов’язана з постійним збереженням працездатності, а довговічність – із збереженням працездатності до граничного стану з необхідними перервами.

Довговічність може характеризуватися, зокрема, наступними показниками:

– середній ресурс до капітального ремонту (списання);

– середній строк служби до капітального ремонту (списання).

$$\mathrm{P_3}(t) = e^{-\frac{t}{T_{\text{КР}}}}, \tag{5}$$

де T_{KP} - середній термін служби до капітального ремонту, год.;

t – час використання машини, год.

Таким чином, коефіцієнтом визначення працездатності зразків ВАТ визначається наступним чином:

$$К_{Пр}(t) = P_1(t) \cdot P_2(t) \cdot P_3(t) = e^{-\lambda \cdot t} \cdot [1 - \frac{1}{p \cdot \lambda_1 \cdot t_1} \cdot (1 - e^{-p \cdot \lambda_1 \cdot t_1})] \cdot e^{-\frac{t}{T_{КР}}}. \quad (6)$$

Визначимо рівень працездатності автомобіля КрАЗ (коефіцієнт визначення працездатності) з моменту введення в експлуатацію до капітального ремонту.

Результати розрахунку, проведеного за допомогою виразів (1-6), наведені на рис. 2.

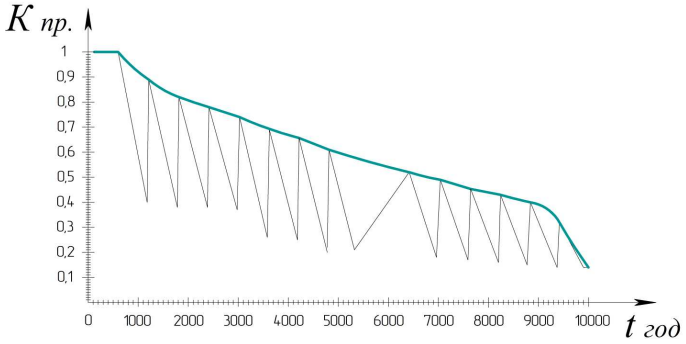


Рис. 2. Графік залежності К $_{Пр}$ (t) для автомобіля КрАЗ-5233 від початку експлуатації до капітального ремонту

Джерело: авторський рисунок.

Аналіз графіку залежності К $_{Пр}$ (t) автомобіля від початку експлуатації до капітального ремонту дозволяє визначити рівень працездатності машини в залежності від терміну використання. На графіку показано зменшення коефіцієнта визначення працездатності зразків машин, при виникненні відмов, що очікуються на етапі використання за призначенням (на етапі очікування використання за призначенням) і технічні впливи, після проведення яких значення коефіцієнта визначення працездатності приводиться у відповідність до величини, що підтримується у процесі експлуатації.

Висновки. Отриманий комплексний показник визначення працездатності зразків ВАТ дозволяє оцінити поточний рівень працездатності автомобільної техніки (при використанні автомобільної техніки згідно з річним планом експлуатації та ремонту машин військової частини), визначити вплив на працездатність машин окремих показників та намітити шляхи забезпечення заданого рівня працездатності автомобільної техніки військових частин та з'єднань при виконанні завдань за призначенням.

REFERENCES / СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Ляшенко В.А., Перелигін Р.В. Аналіз особливостей та недоліків переміщення і перевезення (транспортування) угруповань військ (сил) в операціях армій країн-членів НАТО та в збройних силах України. *Збірник наукових праць ДНДІ ВСОВТ*. 2024. Вип. 3(21). С. 84-89. https://doi.org/10.37701/dndivsovt.21.2024.10

2. Тимошенко Р.І. Оновлення парку озброєння та військової техніки – шлях до боєздатності Збройних Сил України/ Р. І. Тимошенко //Збірник наукових праць Центру воєнно-стратегічних

досліджень Національного університету оборони України імені Івана Черняхівського. – 2016. – №4. – С. 6–11.

3. Чепков І.Б. Загальні тенденції розвитку озброєння та військової техніки/ І. Б. Чепков, П. І. Нор //Озброєння та військова техніка. – 2014. – №1. – С. 4–13.

4. 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. – Хмельницький: НАДПСУ.-2014.- Вип.1(61).- С.292-303.

5. Анілович В.Я. Надійність машин в задачах и прикладах [Текст] / В.Я. Анілович, А.С. Гринченко, В.Л. Литвиненко. – Харків: Око,- 2001.- 319 с.

6. Криськов А., Лилик В. Втрати вантажних автомобілів у російсько-українській війні за даними сайту ORYXSPIOENKOP.COM (станом на 15.04.2023). III Міжнародна наукова конференція "Воєнні конфлікти та техногенні катастрофи: історичні та психологічні наслідки". – С.70-72.