

ОБГРУНТУВАННЯ КРИТЕРІЇВ ОЦІНКИ ВПЛИВУ УДОСКОНАЛЕНОЇ СИСТЕМИ ДІАГНОСТУВАННЯ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

¹Вінницький національний технічний університет

²Національний університет «Львівська політехніка»

³Воєнно-наукове управління Генерального штабу Збройних Сил України

ВСТУП

За кількістю старих транспортних засобів (ТЗ) Україна посідає другу сходинку, поступаючись тільки Кубі. Середній вік склав майже 22 роки. Старі ТЗ не оснащені сучасними системами діагностування. Для удосконалення системи діагностування необхідно знати критерії оцінки впливу на ефективність використання ТЗ. Удосконалена система діагностування дає можливість краще оцінювати технічний стан ТЗ, що в свою чергу визначає періодичність та кількість технічних обслуговувань та ремонтів. Вибір системи показників ефективності використання транспортних засобів здійснюється за допомогою якісної міри – критерію ефективності.

Критерій є мірою якісного вмісту явища, процесу, стану і відображає їх сутнісні моменти. У зв'язку з тим, що критерій є основною ознакою, яка характеризує підходи до виміру і оцінки ефективності, то показник визначає рівень ефективності.

Роботоздатність ТЗ – стан, при якому він може виконувати задані функції з параметрами, установленними вимогами технічної документації.

Надійність ТЗ – властивість виконувати задані функції, зберігаючи свої експлуатаційні показники в заданих межах протягом необхідного часу. Отже, надійність – це міра здатності ТЗ працювати без поломок і передчасного зносу деталей, порушення регулювань механізмів і систем, тобто працювати без зупинок через технічні несправності. Надійність ТЗ не залишається постійною протягом усього терміну служби.

В якості критеріїв для визначення оптимальної періодичності профілактичних технічних впливів використовуються: ймовірність безвідмовної роботи, ймовірність справного стану, параметр потоку відмов, середнє напрацювання на відмову та ін. Це пояснюється тим, що вони охоплюють багато конструктивно-технологічних і експлуатаційних факторів і, отже, досить повно характеризують надійність ТЗ в заданих умовах експлуатації.

Дані показники є показниками безвідмовності, що дозволяють найбільш повно характеризувати надійність ТЗ в заданих умовах експлуатації.

Безвідмовність ТЗ – це його властивість безперервно зберігати роботоздатний стан протягом певного часу або певного напрацювання. Таким чином, роботоздатність ТЗ доцільно оцінювати за показниками безвідмовності.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

Для оцінки ефективності функціонування системи діагностики, технічного обслуговування і ремонту ТЗ основним показником взято коефіцієнт технічного використання, який визначається за виразом

$$K_{ТВ} = \frac{\sum t_{\text{ПР}}}{\sum t_{\text{ПР}} + \sum t_{\text{Р}} + \sum t_{\text{ТО}}}, \quad (1)$$

де $\sum t_{\text{ПР}}$ – сумарний час перебування ТЗ в працездатному стані; $\sum t_{\text{Р}}$ – сумарний час простоїв через непланові ремонти; $\sum t_{\text{ТО}}$ – сумарний час простоїв на технічному обслуговуванні.

Сумарний час на виконання робіт технічного обслуговування для удосконаленої системи діагностування, технічного обслуговування і ремонту $\sum t_{\text{ТОВ}}$ визначається за виразом

$$\sum t_{TOV} = \sum_{i=1}^{N_1} t_{TOi} + \sum_{i=1}^{N_2} t_{KTOj}, \quad (2)$$

де t_{TOi} – час проведення i -го номерного технічного обслуговування; t_{KTOj} – час проведення j -го контрольно-технічного обслуговування; N_1 – кількість проведених номерних технічних обслуговувань; N_2 – кількість проведених контрольно-технічних обслуговувань.

Аналіз проведених досліджень показав, що із збільшенням напрацювання і терміну перебування ТЗ в експлуатації збільшується не тільки кількість відмов у роботі вузлів і агрегатів, а і трудомісткість, відповідно і час на їх усунення. Це пояснюється тим, що відмови, які виникають у роботі вузлів і агрегатів ТЗ із збільшенням напрацювання і терміну перебування їх в експлуатації стають більш складними, потребують для їх усунення проведення поточних ремонтів із значними витратами матеріальних і трудових ресурсів.

Для оцінки ефективності функціонування системи діагностування, технічного обслуговування і ремонту ТЗ, які зняті зі зберігання, показником для її оцінки взято коефіцієнт працездатності K_{PP} , який визначається за виразом

$$K_{PP} = \frac{\sum t_{PP3}}{\sum t_{PP3} + \sum t_P}, \quad (3)$$

де $\sum t_{PP3}$ – сумарний час перебування ТЗ в справному стані після зняття його зі зберігання; $\sum t_P$ – сумарний час простою через непланові ремонти.

Для удосконаленої системи діагностування, технічного обслуговування і ремонту коефіцієнт працездатності розраховується за виразом

$$K_{TB} = \frac{\sum t_{PP3}}{\sum t_{PP3} + \sum t_P + \sum t_{KTO}}. \quad (4)$$

Розрізняють показники безвідмовності відновлюваних і не відновлюваних об'єктів. ТЗ та його системи відносяться до об'єктів, що підлягають відновленню в процесі експлуатації. До показників безвідмовності відновлюваних об'єктів належать: параметр потоку відмов та середнє напрацювання на відмову.

Параметром потоку відмов називається відношення математичного сподівання кількості відмов відновлюваного об'єкта за досить мале його напрацювання до значення цього напрацювання.

Параметр потоку відмов є границею

$$\lim_{\Delta l \rightarrow 0} \frac{Q'(l, l + \Delta l) + Q''(l, l + \Delta l)}{\Delta l}, \quad (5)$$

де $Q'(l, l + \Delta l)$ – ймовірність появи однієї відмови за проміжок часу від l до $l + \Delta l$; $Q''(l, l + \Delta l)$ – ймовірність появи двох чи більше відмов за той самий проміжок часу, а точніше, за один і той самий момент часу.

Як характеристику потоку відмов використовують ведучу функцію $\Omega(l)$ цього потоку, що дорівнює математичному сподіванню числа відмов за час l :

$$\Omega(l) = M[r(l)], \quad (6)$$

де $r(l)$ – кількість відмов за час l .

Математичне сподівання кількості відмов за інтервал часу $(l, l + \Delta l)$ визначають за формулою

$$M[r(l, l + \Delta l)] = \Omega(l + \Delta l) - \Omega(l), \quad (7)$$

але

$$\lim_{\Delta l \rightarrow 0} \frac{\Omega(l + \Delta l) + \Omega(l)}{\Delta l} = \Omega'(l). \quad (8)$$

Позначимо $\Omega'(l) = \omega(l)$. Функція $\omega(l)$ похідна від ведучої функції $\Omega(l)$, називається параметром потоку відмов.

Параметр потоку відмов характеризує середню кількість відмов, що чекають у малому інтервалі часу, і пов'язаний ведучою функцією $\Omega(l)$ співвідношенням

$$\Omega'(l) = \int_0^l \omega(l) dl. \quad (9)$$

Статистично параметр потоку відмов розраховується за формулою

$$\omega(l) = \frac{\sum_{i=1}^n r_i(l + \Delta l) - \sum_{i=1}^n r_i(l)}{n \cdot \Delta l}, \quad (10)$$

де n – кількість елементів (ТЗ, агрегатів і т. д.), що досліджується; $r_i(l + \Delta l)$ – кількість відмов i -го елемента, що відбулися в інтервалі напрацювання $l + \Delta l$; $r_i(l)$ – кількість відмов i -го елемента при напрацюванні l ; Δl – величина напрацювання.

В залежності від періоду експлуатації ТЗ закономірність зміни параметра потоку відмов має різний характер.

Період нормальної експлуатації характеризується переважно появою раптових відмов, які підпорядковуються експонентному закону розподілу. Тут інтенсивність потоку відмов є сталою величиною: $\omega(l) = \lambda = const$ (де λ — параметр експонентного закону розподілу).

Розглянемо більш детально метод визначення періодичності ТО ТЗ за ймовірністю безвідмовної роботи.

Припустимо, що в період нормальної експлуатації ТЗ потік його відмов має стаціонарність, ординарність і не має наслідків. Беручи до уваги ці властивості та застосовуючи теорему про повторення дослідив, неважко довести, що ймовірність появи n відмов на відрізку l виражається формулою (закон рідкісних подій Пуассона):

$$P_n = \frac{(\omega l)^n}{n!} e^{-\omega l}, \quad (11)$$

Під параметром потоку відмов ω , що входить до формули (11), розуміють граничне значення відношення ймовірності появи хоча б однієї відмови (у потоці відмов) за інтервал пробігу до довжини цього інтервалу.

$$\omega = \lim_{\Delta l \rightarrow \infty} \frac{P_1(l, \Delta l) + P_{>1}(l, \Delta l)}{\Delta l}, \quad (12)$$

де $P_1(l, \Delta l)$ – ймовірність появи однієї відмови за інтервал пробігу $l, l + \Delta l$; $P_{>1}(l, \Delta l)$ – ймовірність появи двох, трьох і більше відмов за інтервал пробігу $l, l + \Delta l$.

Очевидно, що сума ймовірностей $P_1(l, \Delta l) + P_{>1}(l, \Delta l)$ – ймовірність появи хоча б однієї відмови за інтервал пробігу $l, l + \Delta l$.

Ймовірність

$$P_{>1}(l, \Delta l) = \sum_{k=2}^{\infty} P_k(l, \Delta l) = 1 - [P_0(l, \Delta l) + P_1(l, \Delta l)], \quad (13)$$

де $P_0(l, \Delta l)$ – ймовірність появи жодної відмови за інтервал пробігу $l, l + \Delta l$.

Для ординарного потоку відмов

$$\lim_{\Delta l \rightarrow 0} \frac{P_{>1}(l, \Delta l)}{\Delta l} = 0. \quad (14)$$

Отже, рівняння ординарних потоків для параметра потоку відмов має вигляд

$$\omega = \lim_{\Delta l \rightarrow \infty} \frac{P_1(l, \Delta l)}{\Delta l} = \frac{1}{N_0} \frac{dn(l)}{dl} \quad (15)$$

При оцінці ймовірності безвідмовної роботи систем, які працюють із заміною пошкоджених елементів, зазвичай припускають, що параметр потоку відмов у розглядуваному проміжку часу дотримується закону Пуассона. Таке припущення виконується точно, якщо закони розподілу ймовірності безвідмовної роботи елементів системи – експонентні, тобто якщо $P(I) = e^{-\omega I}$, де $\omega = const$.

Обмежуючись першими двома членами такого розкладення для ймовірності R_k мати дану кількість відмов k на розглядуваному проміжку напрацювання для системи із n елементів, одержимо

$$\left. \begin{aligned} R_k &\approx \psi(k, a) + \varepsilon \nabla^2 \psi(k, a); \\ \varepsilon &= \frac{1}{2}(D - a), \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

де a – математичне сподівання (або середня кількість відмов), $a = \omega \cdot l$; $\psi(k, a)$ – пуассонівське наближення для шуканої ймовірності R_k ; $\nabla^2 \psi(k, a)$ – поправка до пуассонівського наближення, що дорівнює другій похідній функції $\psi(k, a)$; D – дисперсія кількості відмов у розглядуваному інтервалі напрацювання; ε – множник, який враховує відхилення дисперсії кількості відмов для даного потоку від дисперсії для відповідного пуассонівського потоку (що дорівнює a).

$$\psi(k, a) = \frac{a^k}{k!} e^{-a}; \quad (17)$$

$$\nabla^2 \psi(k, a) = \psi(k, a) - 2\psi(k-1, a) + \psi(k-2, a). \quad (18)$$

Оскільки, нас цікавить ймовірність безвідмовної роботи P або ймовірність виникнення 0 відмов R_0 , тобто $k = 0$ і $R_0 = P$, матимемо

$$\psi(0, a) = \nabla^2 \psi(0, a) = e^{-a}, \quad (19)$$

звідки отримуємо формулу для ймовірності відсутності відмов у розглядуваному інтервалі напрацювання

$$P \approx [1 + \varepsilon] \cdot e^{-a}. \quad (20)$$

У випадку, коли середня кількість відмов $a > 15$, то функції $\psi(k, a)$ та $\nabla^2 \psi(k, a)$ стають близькими до відповідних функцій для нормального розподілу. Тому при $a > 15$, розрахунки ведуться за формулою

$$P_0 \approx \frac{1}{\sqrt{a}} \varphi(-\sqrt{a}) + \frac{\varepsilon}{a\sqrt{a}} \varphi''(-\sqrt{a}), \quad (21)$$

де

$$\varphi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-x^2/2} \quad (22)$$

де $F(x)$, $\varphi'(x)$ і $\varphi''(x)$ – відповідно інтеграл від $-\infty$ до x , перша і друга похідні від функції $\varphi(x)$.

З огляду на те, що параметр потоку відмов являється величиною миттєвою, в даній роботі фактично розраховується середнє значення параметра потоку відмов для групи ТЗ.

ВИСНОВКИ

Таким чином встановлено, що критерії оцінки впливу на ефективність транспортних засобів базуються на:

- параметрі потоку відмов, що є показником надійності відновлюваних об'єктів, та розраховується за статистичними даними;
- ймовірності безвідмовної роботи, що є показником безвідмовності.

СПИСОК ВИКОРИСТОНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кузнецов Е. С. Управление технической эксплуатацией автомобилей / Е. С. Кузнецов. – М. : Транспорт, 1982. – 224 с.
2. Малкин В. С. Техническая эксплуатация автомобилей: Теоретические и практические аспекты / В. С. Малкин. – М. : Академия, 2007. – 288 с.
3. Сухарев Э. А. Эксплуатационная надежность машин. Теория, методология, моделирование / Э. А. Сухарев. – Ровно : НУВХП, 2006. – 192 с.
4. Лудченко О. А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів: Технологія / О. А. Лудченко. – К. : Вища шк., 2007. – 527 с.
5. Трикозюк В. А. Повышение надежности автомобиля / В. А. Трикозюк. – М. : Транспорт, 1980. – 87 с.
6. Крамаренко Г. В. Техническая эксплуатация автомобилей / Г. В. Крамаренко – М.: Транспорт, 1983. – 448 с.
7. Лукинский В. С. Прогнозирование надежности автомобилей / В. С. Лукинский – Л. : Политехника, 1991. – 224 с.

REFERENCES

1. Kuznetsov E. S. Management operation Tehnicheskoe cars / E. S. Kuznetsov. – M: Transport, 1982. – 224 p.
2. Malkyn V. S. Tehnycheskaya operation Car: Theoretical aspects and praktycheskye / V. S. Malkyn. – Moscow: Academy, 2007. – 288 p.
3. Sukharev E. A. Ekspluatatsyonnaya reliability of machines. Theory, Methodology, Modeling / E. A. Sukharev. – Exactly: NUVHP, 2006. – 192 p.
4. Ludchenko O. A. Technical Operation and Maintenance Technology / O. A Ludchenko. – K: Higher HQ., 2007. – 527 p.
5. Trykozyuk V. A. Increase reliability of car / V. A. Trykozyuk. – M. : Transport, 1980. – 87 p.
6. Kramarenko G. V. Tehnycheskaya operation vehicles / G. V. Kramarenko. – M. : Transport, 1983. – 448 p.
7. Lukynskyy V. S. Prediction reliability of cars / V. S. Lukynskyy – L. : Polytehnika, 1991. – 224 p.

ОБҐРУНТУВАННЯ КРИТЕРІЇВ ОЦІНКИ ВПЛИВУ УДОСКОНАЛЕНОЇ СИСТЕМИ ДІАГНОСТУВАННЯ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

¹Вінницький національний технічний університет

²Національний університет «Львівська політехніка»

³Воєнно-наукове управління Генерального штабу Збройних Сил України

В статті проаналізовано критерії оцінки впливу на ефективність використання транспортних засобів удосконаленої системи діагностування.

Об'єкт дослідження – показники ефективності використання транспортних засобів.

Мета роботи – проаналізувати як критерії оцінки удосконаленої системи діагностування впливають на ефективність використання транспортних засобів.

В якості критеріїв для визначення оптимальної періодичності профілактичних технічних впливів використовуються: ймовірність безвідмовної роботи, ймовірність справного стану, параметр потоку відмов, середнє напрацювання на відмову та ін. Це пояснюється тим, що вони охоплюють багато конструктивно-технологічних і експлуатаційних факторів і, отже, досить повно характеризують надійність ТЗ в заданих умовах експлуатації.

Таким чином встановлено, що критерії оцінки впливу на ефективність транспортних засобів базуються на:

– параметрі потоку відмов, що є показником надійності відновлюваних об'єктів, та розраховується за статистичними даними;

– ймовірності безвідмовної роботи, що є показником безвідмовності.

Ключові слова: транспортний засіб; ефективність; технічне обслуговування; надійність.

Поляков Андрій Павлович, доктор технічних наук, професор, професор кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, e-mail: farv@vntu.edu.ua

Горбай Орест Зенонович, доктор технічних наук, доцент, завідувач кафедри автомобілебудування, Національний університет «Львівська політехніка», e-mail: ogorbay@polynet.lviv.ua

Миронюк Микола Юрійович, здобувач, офіцер відділу організації випробувань озброєння та військової техніки Воєнно-наукового управління Генерального штабу Збройних Сил України, e-mail: usrex83@mail.ua

A. Polyakov¹, O. Horbai², M. Mironyuk³

BACKGROUND EVALUATION CRITERIA IMPACT OF DIAGNOSTICS FOR IMPROVED EFFICIENCY OF VEHICLES

¹Vinnitsia National Technical University

²National University "Lvivska Polytechnica"

³Military Scientific Directorate of the General Staff of Ukraine

The article analyzes the criteria for assessing the impact on the efficiency of vehicles improving the system of diagnosing.

Object of research – the indicators of efficiency of use of vehicles.

The aim of the work is to analyze criteria for assessing the impact on the efficiency of vehicles by improving the diagnostic system.

As criteria to determine the optimal periodicity of preventive technical effects are used: the probability of failure, the probability of the healthy state, the parameter of flow failures, mean time to failure etc. This is because they cover many technological and operational factors, and therefore adequately characterize the reliability Of the So. in the given conditions.

Thus it is established that the evaluation criteria of influence on transport efficiency is based on:

- parameter flow of failures, which is an indicator of reliability of restored objects, and is calculated according to the statistical data;
 - probability of failure, which is an indicator of reliability.
- Key words:** vehicle; efficiency; maintenance; reliability.

Polyakov Andrey, Doctor of technical Sciences, Professor, Professor of cars and transport management department, Vinnytsia National Technical University, e-mail: farv@vntu.edu.ua

Horbay Orest, Doctor of technical Sciences, associate professor, head of automotive, National University "Lvivska Polytechnica", e-mail: ogorbay@polynet.lviv.ua

Myronyuk Nicholas, researcher, scientific officer of the Command Staff of the Air Force of Ukraine, e-mail: ucpeh83@mail.ua

А. П. Поляков¹, О. З. Горбай², М. Ю. Миронюк³

ОБОСНОВАНИЕ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

¹Винницкий национальный технический университет

²Национальный университет «Львовская политехника»

³Военно-научное управление Генерального штаба Вооруженных Сил Украины

В статье проанализированы критерии оценки влияния на эффективность использования транспортных средств усовершенствованной системы диагностирования.

Объект исследования – показатели эффективности использования транспортных средств.

Цель работы – проанализировать, как критерии оценки усовершенствованной системы диагностирования влияют на эффективность использования транспортных средств.

В качестве критериев для определения оптимальной периодичности профилактических технических воздействий используются: вероятность безотказной работы, вероятность исправного состояния, параметр потока отказов, средняя наработка на отказ и др. Это объясняется тем, что они охватывают многие конструктивно-технологические и эксплуатационные факторы и, следовательно, достаточно полно характеризуют надежность ТС в заданных условиях эксплуатации.

Таким образом установлено, что критерии оценки влияния на эффективность использования транспортных средств базируется на:

- параметре потока отказов, что является показателем надежности восстанавливаемых объектов, и рассчитывается по статистическим данным;
- вероятности безотказной работы, что является показателем безотказности.

Ключевые слова: транспортное средство; эффективность; техническое обслуживание; надежность.

Поляков Андрей Павлович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры автомобилей и транспортного менеджмента, Винницкий национальный технический университет, e-mail: farv@vntu.edu.ua

Горбай Орест Зенонович, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедры автомобилестроения, Национальный университет «Львовская политехника»

Миронюк Николай Юрьевич, соискатель, офицер отдела организации испытания вооружения и военной техники Военно-научного управления Генерального штаба Вооруженных Сил Украины, e-mail: galsas@meta.ua