

Караван А. А.

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

Встановлено, що критерії оцінки впливу на ефективність транспортних засобів базується на параметр потоку відмов, що є показником надійності, та розраховується за статистичними даними; ймовірність безвідмовної роботи, що є показником безвідмовності.

Постановка проблеми. За кількістю старих транспортних засобів (Т.З.) Україна посідає другу сходинку поступаючись тільки Кубі. Середній вік склав майже 22 роки. Старі Т.З. не оснащені сучасними системами діагностування. Для удосконалення системи діагностування необхідно знати критерії оцінки впливу на ефективність використання Т.З. Удосконалена система діагностування дає можливість краще оцінювати технічний стан Т.З., 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.

Результати досліджень. 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 Т.З. – стан, при якому він може виконувати задані функції з параметрами, установленими вимогами технічної документації.

Надійність Т.З. – властивість виконувати задані функції, зберігаючи свої експлуатаційні показники в заданих межах протягом необхідного часу. Отже, надійність – це міра здатності Т.З. працювати без поломок і передчасного зносу деталей, порушення регулювань механізмів і систем, тобто працювати без зупинок через технічні несправності. Надійність Т.З. 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 Т.З. в заданих умовах експлуатації.

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

Безвідмовність Т.З. – це його властивість безперервно зберігати робоздатний стан протягом певного часу або певного напрацювання. Таким чином, робоздатність Т.З. доцільно оцінювати за показниками безвідмовності.

Для оцінки ефективності функціонування системи діагностики, технічного обслуговування і ремонту Т.З. основним показником взято коефіцієнт технічного використання $K_{ТВ}$, який визначається за виразом:

$$K_{ТВ} = \frac{\Sigma t_{пр}}{\Sigma t_{пр} + \Sigma t_p + \Sigma t_{ТО}}, \quad (1)$$

де $\Sigma t_{\text{пр}}$ – сумарний час перебування Т.З. в працездатному стані; $\Sigma t_{\text{р}}$ – сумарний час простоїв через непланові ремонти; $\Sigma t_{\text{ТО}}$ – сумарний час простоїв на технічному обслуговуванні.

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

$$\Sigma t_{\text{ТОУ}} = \sum_{i=1}^{N_1} t_{\text{ТО}i} + \sum_{j=1}^{N_2} t_{\text{КТО}j}, \quad (2)$$

де $t_{\text{ТО}i}$ – час проведення i -го номерного технічного обслуговування; $t_{\text{КТО}j}$ – 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 Т.З. 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 Т.З. 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 Т.З., які зняті зі зберігання, показником для її оцінки взято коефіцієнт працездатності $K_{\text{пр}}$, який визначається за виразом

$$K_{\text{пр}} = \frac{\Sigma t_{\text{прз}}}{\Sigma t_{\text{прз}} + \Sigma t_{\text{р}}}, \quad (3)$$

де $\Sigma t_{\text{прз}}$ – сумарного часу перебування Т.З. в справному стані після зняття його зі зберігання; $\Sigma t_{\text{р}}$ – сумарного часу простою через непланові ремонти.

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

$$K_{\text{пр}} = \frac{\Sigma t_{\text{прз}}}{\Sigma t_{\text{прз}} + \Sigma t_{\text{р}} + \Sigma t_{\text{КТО}}}. \quad (4)$$

Розрізняють показники безвідмовності відновлюваних і не відновлюваних об'єктів. Т.З. 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 $\Omega(l)$ даного 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 (Т.З., агрегатів і т. д.), що досліджується; $r_i(l + \Delta l)$ — кількість відмов i -ого елемента, що відбулися в інтервалі напрацювання $l + \Delta l$; $r_i(l)$ — кількість відмов i -ого елемента при напрацюванні l ; Δl — величина напрацювання.

В залежності від періоду експлуатації Т.З. 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 Т.З. за ймовірністю безвідмовної роботи.

Припустимо, що в період нормальної експлуатації Т.З. 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 відрізок 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 (10), 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 слідує закону Пуассона. Таке припущення виконується точно, якщо закони розподілу ймовірності безвідмовної роботи елементів системи – експонентні, тобто якщо $P(I) = e^{-\omega \cdot I}$, де $\omega = \text{const}$.

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 другий 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 імовірності 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:

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

де

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

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

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

Висновки. Таким чином встановлено, що критерії оцінки впливу на ефективність транспортних засобів базується на:

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

Список літературних джерел

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

Караван Андрій Анатолійович – аспірант кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, e-mail: karavanandriy@gmail.com