

УДК 355.35

А.В. Ковтун, О.В. Іванченко, А.О. Іванченко, І.В. Бойков

Національна академія Національної гвардії України, Харків

УДОСКОНАЛЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ОЦІНКИ ЗМІНИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

В статті приводяться результати дослідження по удосконаленню математичної моделі зміни технічного стану автомобільної техніки з урахуванням індивідуальних особливостей, умов експлуатації автомобільної техніки та впливу складу паливної суміші на роботу двигуна.

Ключові слова: технічний стан, коефіцієнт оперативної готовності, коефіцієнт технічної готовності, закон розподілу, умови експлуатації.

Вступ

Постановка проблеми. Серед основних факторів, які впливають на високу бойову готовність (БГ) частин і підрозділів Національної гвардії України (НГУ) є технічний стан (ТС) автомобільної техніки (АТ).

Одним з невирішених питань є можливість точного оцінювання цього стану.

На цей час технічна готовність парку АТ у НГУ характеризується коефіцієнтом технічної готовності (Ктг), що є відношенням кількості справної АТ до загальної кількості АТ [1]. Основними недоліками оцінки технічного стану за допомогою Ктг можна вважати наступні: оцінка відбувається тільки в момент перевірки, тобто відсутнє прогнозування стану; оцінка технічного стану не залежить від віку та пробігу АТ; оцінка технічного стану не відображує зміни ресурсу основних агрегатів АТ.

Із аналізу виконання завдань в зоні проведення АТО при використанні АТ підрозділами НГУ в умовах експлуатації що постійно змінюються можна сказати наступне: не завжди є можливість проведення планових ТО і Р; немає можливості визначити наскільки змінився технічний стан техніки, який її залишковий ресурс; визначити час та пробіг до чергової профілактики. Тобто, подальша зміна технічного стану не відображується в числових показниках коефіцієнта технічної готовності. Відсутність можливості оцінки технічного стану АТ, може негативно вплинути на її БГ і на хід виконання службово-бойових завдань (СБЗ) і привести до втрат особового складу та техніки.

Тому задача визначення дійсного технічного стану з урахуванням індивідуальних особливостей та умов експлуатації АТ є актуальною.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Питання оцінювання рівня технічної готовності АТ розглядаються у низці наукових праць, та керівних документів [1, 2]. Всі існуючі підходи з оцінки рівня технічної готовності АТ НГУ використовують виро-

бничий показник – коефіцієнт технічної готовності, який не враховує факторів, які можуть впливати на відновлення АТ.

В роботі [2] для оцінювання технічного стану АТ пропонується застосовувати комплексні показники надійності, такі як коефіцієнт оперативної готовності (Ког), коефіцієнт готовності (Кг), коефіцієнт технічного використання (Ктв), та ін., які включають в себе середній час відновлення (Тв), що зворотно пропорційний інтенсивності відновлення і також не враховує найбільш значущих факторів, від яких залежить час відновлення.

Ще один недолік існуючих методів оцінювання технічного стану у відповідності з [1] - використання середньостатистичних норм пробігів та працемістокостей на кожен конкретний автомобіль. Наприклад, в роботах [1, 3] приведені норми пробігу АТ та основних агрегатів до капітального ремонту, але не сказано, якому завантаженню автомобіля відповідають ці норми, та в яких умовах експлуатується автомобіль. Не враховуються також зміни в процесі експлуатації коефіцієнтів використання вантажопід'ємності та пробігу. В той же час дослідження [4-6] показують, що в залежності від завантаження та умов експлуатації пробіг автомобіля до технічного впливу може змінитись майже в два рази.

Передбачені для компенсації цього недоліку коефіцієнти не можуть повністю вирішити цього питання, адже вони не враховують всього багатоматіття умов експлуатації, та й самі умови для багатьох автомобілів не лишаються постійними навіть протягом одного робочого дня [7].

В роботах [8, 9] розглянуті основні питання підвищення надійності АТ, одержання об'єктивної діагностичної інформації для керування працездатністю машин та їх елементів, вибору моделюючих засобів діагностування.

Але всі розглянуті методи оцінювання зміни технічного стану та прогнозування залишкового ресурсу АТ оптимальні лише в тому випадку, коли максимізується K_r АТ в залежності від його пробігу:

$$K_{\Gamma}(l) = \frac{M(U)}{M(U) + M(V)},$$

де $M(U)$ – математичне сподівання напрацювання між профілактиками;

$M(V)$ – математичне сподівання втрат пробігу за час простоїв.

Але при виконанні СБЗ АБТ НГУ доцільно було б враховувати готовність техніки під час проведення спеціальної операції. Таким показником може бути $K_{ог}$.

В роботі [15] запропонована математична модель, що на відміну від відомих більш повно оцінює зміни технічного стану АТ за рахунок:

- врахування оцінки технічного стану за допомогою $K_{ог}$.

- інтегрального показника, який враховує різноманіття факторів впливу на зміну технічного стану – сумарної витрати пального;

- використання регресійних залежностей середнього часу відновлення (профілактик) від експлуатаційних та ремонтно-обслуговуючих факторів.

В запропонованій математичній моделі коефіцієнт надлишку повітря вважається рівним 1. Але в дійсних умовах в двигуні кількість повітря що доводиться на 1 кг пального може бути більше або менше теоретично необхідного.

Отже, аналіз літературних джерел свідчить, що існуючі підходи до оцінювання зміни технічного стану та прогнозування залишкового ресурсу орієнтовані на старі і малоефективні методи. А саме, технічний стан АБТ визначається за середньостатистичними показниками лише на момент перевірки та не дозволяє визначати ймовірність перебування зразка АТ в такому стані певний проміжок часу. Не враховується склад паливної суміші під час руху автомобіля.

Мета статті. Удосконалення математичної моделі зміни технічного стану АТ з урахуванням індивідуальних особливостей, умов експлуатації автомобільної техніки та впливу складу паливної суміші на рух автомобіля.

Основний матеріал

Якщо підрахувати вагову кількість повітря, що містить кількість кисню, достатню для повного згоряння 1 кг пального, то отримуємо, що для згоряння 1 кг бензину необхідно 14,7-15,0 кг повітря (в середньому 14,9 кг), для згоряння 1 кг дизельного пального 14,5 кг повітря, для згоряння 1 кг спирту 8,9 кг повітря, для згоряння 1 кг бензолу 13,2 кг повітря і т. д.

У дійсних умовах в двигуні кількість повітря, що припадає на 1 кг пального, може бути і більше і менше теоретично необхідного. Прийнято оцінювати даний склад горючої суміші порівнянням його з

такою сумішшю, в якій співвідношення повітря і пального рівне теоретично необхідному.

Співвідношення вагової кількості повітря, що припадає на 1 кг пального в дійсній суміші, до вагової кількості повітря, теоретично необхідного для повного згоряння 1 кг пального, називається коефіцієнтом надлишку повітря і позначається буквою α .

В залежності від складу паливну суміш називають:

- нормальною при $\alpha=1$;
- бідною при $\alpha>1$;
- багатують при $\alpha<1$.

Найбільша потужність двигуна отримується, якщо в суміші є деякий надлишок палива в порівнянні з теоретично необхідною його кількістю. Це пояснюється тим, що при $\alpha = 0,8-0,9$ відбувається найбільша швидкість згоряння суміші і тиск газів на поршень збільшується. Крім того, при певній неповноті згоряння палива обсяг продуктів згоряння збільшується і тиск газів на поршень додатково зростає.

Максимум економічності отримуємо при бідніших сумішах, ніж максимум потужності. Необхідність надлишку повітря в суміші в порівнянні з теоретично необхідною його кількістю пояснюється, з одного боку, недостатньою однорідністю суміші в циліндрі, що вимагає введення надлишкової кількості повітря, а з іншого - присутністю певної кількості відпрацьованих інертних газів, що залишаються в циліндрі.

В залежності від складу горючої суміші можливі два характерних режими роботи двигуна - режим максимальної потужності і режим найбільшої економічності. Горюча суміш, відповідна за складом першому режиму, називається потужністною, а відповідна другому - економічностною.

Для вирішення практичних завдань експлуатації зразків АТ, за основу використаємо математичну модель оцінювання зміни технічного стану запропоновану в роботі [15]. При визначенні ймовірності безвідмовної роботи автомобіля від сумарної витрати пального $P(Q_{\Sigma})$, склад паливної суміші вважався нормальним, тобто $\alpha=1$:

$$P(Q_{\Sigma}) = e^{-Q_{i\Sigma}/Q_{\Sigma\text{норм.}} \cdot \alpha},$$

$$\text{відповідно } P(Q_{\Sigma}) = e^{-Q_{i\Sigma}/Q_{\Sigma\text{норм.}}},$$

де $Q_{i\Sigma}$ - поточна сумарна витрата пального за певний період;

$Q_{\Sigma\text{норм.}}$ - нормативна сумарна витрата пального/

В дійсності, під час роботи двигуна склад паливної суміші може змінюватися.

Так в дизелях коефіцієнт надлишку повітря завжди більший за 1 і в залежності від навантаження

змінюється від 1,3 до 5. В автомобілях з бензиновими двигунами коефіцієнт надлишку повітря знаходиться в діапазоні 0,43 – 1,33 при якому може відбуватися горіння паливної суміші.

З урахуванням вище сказаного, удосконалена математична модель оцінювання зміни технічного стану АТ буде мати такий вигляд:

Допущеннями даної моделі є такі:

Зміна технічного стану підпорядковується експоненціальному закону розподілу.

На періоді гарантійної експлуатації

$$P(Q_{\Sigma}) = 1.$$

Початкові умови:

$$\text{при } t = t_{\text{поч.експл.}} \quad P(Q_{\Sigma}) = 1;$$

$$t_{\text{проф}} \leq T_0;$$

$$T_{\text{ост}} \geq T_{\text{прог.операц}};$$

$$T_{\text{ост}} = t_{\text{проф}} - T_1;$$

$$K_{ог} = P(Q_{\Sigma}) \cdot K_g;$$

$$K_{ог}(Q_{\Sigma}) = P(Q_{\Sigma}) \cdot \frac{1}{1 + \lambda T_B} (1 + \lambda T_B e^{-\frac{1 + \lambda T_B}{T_B} t});$$

$$P(Q_{\Sigma}) = e^{-Q_{\Sigma} / Q_{\Sigma \text{норм.}}^{\alpha}};$$

$$Q_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n Q_i;$$

$$n = L/100;$$

$$Q_i = \frac{\left((Kt - 0,3 \cdot 10^{-2} t)(Kh + 0,057 \cdot 10^{-3} H) \times \right.}{\eta_i} \left. \times [Ai_k + Bi_k^2 V_a + C(G_a \psi + 0,077 k F V_a^2)] \right);$$

$$A = \frac{7,95a V_h i_0}{H_n \rho_T r_k}; \quad B = \frac{0,69b V_h S_n i_0}{H_n \rho_T r_k^2};$$

$$C = \frac{100}{H_n \rho_T \eta_{тр}};$$

$$T_B =$$

$$= 46,125 - 7,375x_{e1} - 8,875x_{e2} - 0,125x_{e3} + 2,625x_{e1}x_{e2} + 2,875x_{e2}x_{e3} - 4,125x_{e1}x_{e2}x_{e3},$$

де $t_{\text{поч.експл.}}$ – час початку експлуатації;

$t_{\text{проф}}$ – час до проведення профілактики;

λ – інтенсивність відмов техніки;

T_0 – середній час безвідмовної роботи;

T_B – середній час відновлення [10 – 12];

t і H – відповідно температура повітря в градусах і висота над рівнем моря, м;

A , B і C – постійні для даного автомобіля коефіцієнти;

i_k – передавальне число коробки передач;

$G_a \psi$ – добуток ваги автомобіля в H і коефіцієнту сумарного опору дороги;

kF – фактор обтічності автомобіля, $\text{Нс}^2\text{м}^{-2}$;

η_i – індикаторний ККД двигуна;

V_a – середня технічна швидкість, км/год;

$P(Q_{\Sigma})$ – ймовірність безвідмовної роботи;

α – коефіцієнт надлишку повітря в паливній суміші; Kt ,

Kh – відносні коефіцієнти зміни витрати пального в залежності від температури повітря та висоти над рівнем моря;

a , b – постійні коефіцієнти для кожного типу двигуна;

V_h – робочий об'єм циліндра, см^3 ;

i_0 – передавальне число головної передачі;

H_n – нижча питома теплота згорання пального, кДж/кг;

ρ_T – щільність пального, г/см³;

r_k – радіус кочення колеса, м;

S_n – хід поршня, мм;

$\eta_{тр}$ – коефіцієнт корисної дії трансмісії;

L – протяжність маршруту.

Проведено аналіз залежності $K_{ог}$ від значень Q_{Σ} для різних значень загального напрацювання з урахуванням зміни коефіцієнту надлишку повітря в паливній суміші представлено на рис. 1.

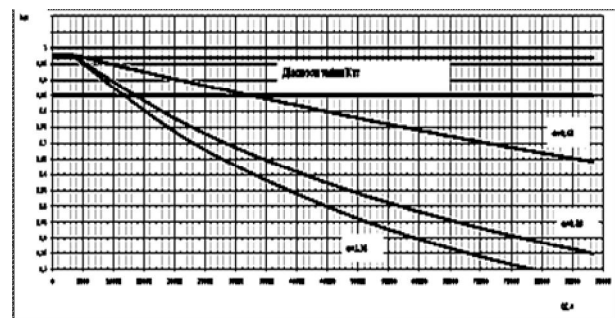


Рис. 1. Графік залежності $K_{ог}$ від Q_{Σ} для автомобіля ЗІЛ – 130 від початку експлуатації до КР з урахуванням зміни коефіцієнту надлишку повітря в паливній суміші

Із аналізу графіків можна зробити висновки:

1. Дійсне значення $K_{ог}$ лежить в межах діапазону, що відповідає коефіцієнту надлишку повітря $\alpha = 0,43 – 1,33$;

2. Кожному значенню Q_{Σ} відповідає декілька значень $K_{ог}$ в залежності від коефіцієнту надлишку повітря.

Висновки

За результатами проведених досліджень була удосконалена математична модель зміни технічного

стану та прогнозування остаточного ресурсу автомобільної техніки.

Для оцінки технічного стану та прогнозування залишкового ресурсу автомобільної техніки запропоновано використання комплексного показника властивостей надійності безвідмовності та ремонтпридатності – коефіцієнта оперативної готовності, який враховує сумарну витрату пального за певний період та коефіцієнт надлишку повітря.

Це дозволяє визначати готовність автомобільної техніки з урахуванням середнього часу безвідмовної роботи і середнього часу відновлення та визначивши ймовірність безвідмовної роботи прогнозувати реальний технічний стан автомобільної техніки протягом певного терміну.

Список літератури

1. Про затвердження Порядку організації та експлуатації автомобільної техніки, іншого майна номенклатури автомобільної служби Національної гвардії України [Текст] / Наказ Командувача Національної гвардії України від 27.12.2017 р. №900.
2. Форнальчик Є.Ю. Технічна експлуатація та надійність [Текст] / Є.Ю. Форнальчик, М.С. Олісевич, О.Л. Мастикаш, Р.А. Пельо. – Львів.: Афіша. – 2004. – 125 с.
3. Говоруценко Н.Я. Техническая эксплуатация автомобилей [Текст] / Н.Я. Говоруценко. - Х.: Вища школа. Изд-во при Харьк. ун-те, 1984. – 312 с.
4. Карташов В.П. Организация технического обслуживания и ремонта автомобилей [Текст] / В.П. Карташов, В.М. Мальцев. - М.: Транспорт, 1979. – 215 с.
5. Говоруценко Н.Я. Экономическая кибернетика транспорта [Текст] / Н.Я. Говоруценко, В.Н. Варфоломеев. - Х.: РИО ХГАДТУ, 2000. – 218 с.
6. Кузнецов Е.С. Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта [Текст] / Е.С. Кузнецов – М.: Авто-трансиздат, 1964. – 54 с.
7. Варфоломеев В.Н. Научные основы построения и реализации технологии поддержания автомобилей в работоспособном состоянии на базе диагностической информации [Текст]: дис.... докт. техн. наук / В.Н. Варфоломеев. - Х., 1992. – 360 с.
8. Говоруценко Н.Я. Техническая кибернетика транспорта [Текст]: учебное пособие / Н.Я. Говоруценко, В.Н. Варфоломеев. - Х.: ХГАДТУ, 2001. – 271 с.
9. Говоруценко Н.Я. Системотехника проектирования транспортных машин [Текст]: учебное пособие - Изд. 3-е испр. и доп. / Н.Я. Говоруценко, А.Н. Туренко. - Х.: ХНАДУ, 2004. – 208 с.
10. Авдуевский В.С. Надежность и эффективность в технике [Текст]: справочник в 10 т. Том 2. Математические методы в теории надежности и эффективности / В.С. Авдуевский и др.. - М.: Машиностроение, 1987. – 280 с.
11. Авдуевский В.С. Надежность и эффективность в технике [Текст]: справочник в 10 т. Том 7. Качество и надежность в производстве / В.С. Авдуевский и др.. - М.: Машиностроение, 1989. – 280 с.
12. Анілович В.Я. Надійність машин в завданнях та прикладах [Текст] / В.Я. Анілович, О.С. Гринченко, В.Л. Литвиненко. – Х.: Око, 2001. – 320 с.
13. Грушко И.М. Основы научных исследований [Текст] / И.М. Грушко, В.М. Сиденко – Х.: Вища школа, 1983. – 224 с.
14. Пахомов В.І. Елементи теорії ймовірностей та математичної статистики [Текст]: учебный посібник / В.І. Пахомов, В.Г. Книгавко, О.В. Зайцева, В.С. Клименко, В.Г. Каліманов, М.А. Бондаренко. - Х.: Харк. мед. ін.-т., 1992. – 85 с.
15. Іванченко А.О. Удосконалення математичної моделі зміни технічного стану автобронетанкової техніки / І.К. Шаши, А.О. Іванченко, В.О. Темніков, І.В. Цебрюк // ХУПС: науковий журнал – Х.: Наука і техніка Повітряних Сил ЗСУ. – 2015. - № 4. - С. 138-142.

Надійшла до редколегії 26.10.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Б.Т. Кононов, Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

А.В. Ковтун, О.В. Иванченко, А.О. Иванченко, И.В. Бойков

В статье приводятся результаты исследования по совершенствованию математической модели изменения технического состояния автомобильной техники с учетом индивидуальных особенностей, условий эксплуатации автомобильной техники и влияния состава топливной смеси на работу двигателя.

Ключевые слова: техническое состояние, коэффициент оперативной готовности, коэффициент технической готовности, закон распределения, условия эксплуатации.

IMPROVING THE MATHEMATICAL MODEL OF EVALUATION OF THE CHANGE OF THE TECHNICAL STATE OF AUTOMOTIVE EQUIPMENT

A. V. Kovtun, O. V. Ivanchenko, A. O. Ivanchenko, I. V. Boykov

The article presents the results of research on the improvement of the mathematical model of the change in the technical condition of automotive technology taking into account the individual characteristics, conditions of operation of automotive technology and the influence of the composition of the fuel mixture on the engine operation.

Keywords: technical condition, coefficient of operational readiness, coefficient of technical readiness, distribution law, operating conditions.