

Поляков А.П., д.т.н., Плахотник О.М., аспірант

ВНТУ, м. Вінниця

МЕТОДИКА ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ СИСТЕМ АВТОМОБІЛЯ

Запропоновано методику прогнозування технічного стану систем автомобіля із врахуванням напрацювання і терміну перебування автомобіля в експлуатації. Приведено послідовність реалізації запропонованої методики.

Вступ

Постійне удосконалення конструкцій сучасних автомобілів та збільшення обсягів автомобільних перевезень обумовлює підвищення вимог до безпеки руху. Відтак, забезпечення необхідного рівня надійності автомобілів, як основної властивості їх якості, являється одним із найважливіших та складних завдань, що стоїть сьогодні перед автомобільним транспортом. Надійність автомобіля напряму залежить від його технічного стану. Відомо, що із збільшенням напрацювання і терміну перебування автомобілів в експлуатації під дією зовнішніх і внутрішніх факторів у системах, вузлах і агрегатах відбуваються необоротні процеси погіршення їх технічного стану, що спричиняє виникнення відмов у роботі через зношування, старіння, втомленість, корозію, тощо.

Для підтримання технічного стану автомобіля в процесі його експлуатації призначена система технічного обслуговування та ремонту (ТО і Р). Діюча планово-попереджувальна система ТО і Р, в умовах неминучої варіації показників технічного стану, не забезпечує заданої тривалості роботи вузлів і агрегатів автомобілів та повного використання їх ресурсу [1]. Система ТО і Р за технічним станом позбавлена такого недоліку і полягає у контролі стану автомобіля (діагностуванні) та проведенні технічного обслуговування і ремонту залежно від цього стану.

Ефективне функціонування системи ТО і Р за технічним станом можливе при прогнозуванні технічного стану автомобілів, що дозволить уникнути «зайвих» ремонтів та вчасно усунути потенційні відмови. Для цього необхідно розробити методику прогнозування технічного стану автомобіля, яка б дозволила встановити оптимальні періодичності проведення та обсяги і переліки необхідних технічних заходів.

Аналіз публікацій

Проведений аналіз літературних джерел [2, 3] показав, що існує три основних групи методів прогнозування технічного стану автомобіля: методи експертних оцінок, методи моделювання та статистичні методи.

Суть методів експертних оцінок зводиться до узагальнення, статистичної обробки й аналізу думок спеціалістів [2]. Недостатній рівень надійності та пристосованості як автомобілів до діагностування, так і самих діагностичних засобів, низька технологічна дисципліна на АТП, неуккомплектованість їх діагностичним обладнанням та інші причини призводять до того, що біля 75% інформації про стан автомобіля одержується на основі думок (єрудиції, інтуїції) експертів (спеціалістів) в даній області [4]. І хоч метод експертного прогнозування виключає можливість грубих помилок, він є досить трудомістким і його реалізація в умовах даного дослідження є ускладненою.

Методи моделювання полягають у формуванні моделі об'єкта дослідження, проведенні експериментальних досліджень та наступному перерахуванні одержаних значень з моделі на натуральний об'єкт. Застосування методів моделювання ускладнене у зв'язку з тим,

що, по-перше, дуже складно врахувати усі фактори, що впливають на зміну технічного стану автомобіля, а, по-друге, вплив факторів носить випадковий характер і постійно змінюється із зміною умов експлуатації автомобіля.

Методика прогнозування, що описана в публікаціях [5, 6, 7] і базується на методі моделювання, полягає у прогнозуванні ресурсу силових агрегатів за параметрами, які визначають навантажувально-швидкісний режим роботи автомобіля (агрегату): швидкість руху автомобіля, витрата пального, повна маса автомобіля, конструктивні особливості та інш. в залежності від заданих умов експлуатації. Дана методика дозволяє досить просто і точно прогнозувати стан автомобілів при експлуатації в різних дорожніх, транспортних і атмосферно-кліматичних умовах, оскільки досить повно і об'єктивно оцінює та враховує умови роботи автомобілів.

Проте, реальні умови, в яких працюють сучасні автомобілі (пасажирські, вантажні перевезення тощо), характеризуються досить частою і суттєвою зміною дорожніх, транспортних, атмосферно-кліматичних умов, а відтак дуже складно, практично неможливо, наперед передбачити умови, в яких буде експлуатуватися той чи інший автомобіль.

Крім того, дана методика не враховує вплив на технічний стан автомобіля, нарівні із напрацюванням, терміну перебування автомобіля в експлуатації.

В основі статистичних методів лежать закономірності зміни прогнозованих параметрів у часі. Для опису цих закономірностей підбирається, по можливості, проста аналітична функція із мінімальною кількістю змінних. Враховуючи обмеження у часі та вищеперелічені складності застосування методів експертних оцінок та моделювання, прогнозування технічного стану пропонується здійснювати методом статистичного моделювання.

Ціль і постановка завдання

Для ефективного управління надійністю автомобіля під час експлуатації, необхідно розробити методику прогнозування технічного стану автомобіля, яка б дозволяла визначати стан автомобіля в будь-який момент часу в залежності не лише від його напрацювання, але й терміну перебування в експлуатації, тобто із врахуванням інтенсивності використання автомобіля за призначенням.

Методика прогнозування технічного стану автомобіля

Підтримка надійності систем автомобіля під час експлуатації здійснюється шляхом прогнозування їх безвідмовної роботи та призначення необхідних профілактичних робіт для підвищення надійності систем автомобіля до належного рівня. Прогнозування технічного стану систем автомобіля здійснюється на основі інформації про зміну їх технічного стану залежно від напрацювання і терміну перебування системи в експлуатації. Зміна надійності систем автомобіля залежно від напрацювання і терміну експлуатації одержується на основі даних про можливі дефекти і несправності їх складових елементів. Залишковий ресурс безвідмовної роботи систем визначається за допустимим рівнем надійності. Послідовність реалізації методики підтримання надійності систем автомобіля на основі даних про дефектність їх елементів показана на рис. 1.

Виділення систем та їх елементів починається з поділу чотирьох основних частин автомобіля (а саме двигуна, електрообладнання, шасі та кузова) на системи і механізми, а останні, в свою чергу, - на складові елементи (вузли, агрегати, механізми і т. ін.).

Визначення елементів систем, які найчастіше призводять до втрати працездатності системи, передбачає збір статистичних даних про можливі дефекти і несправності системи. Подальший аналіз статистичної інформації про несправності систем із врахуванням частоти їх виникнення, трудомісткості та вартості їх усунення дає змогу виділити найменш надійні елементи системи, які потребують проведення додаткових робіт з підвищення надійності в проміжках між плановими ТО і Р.

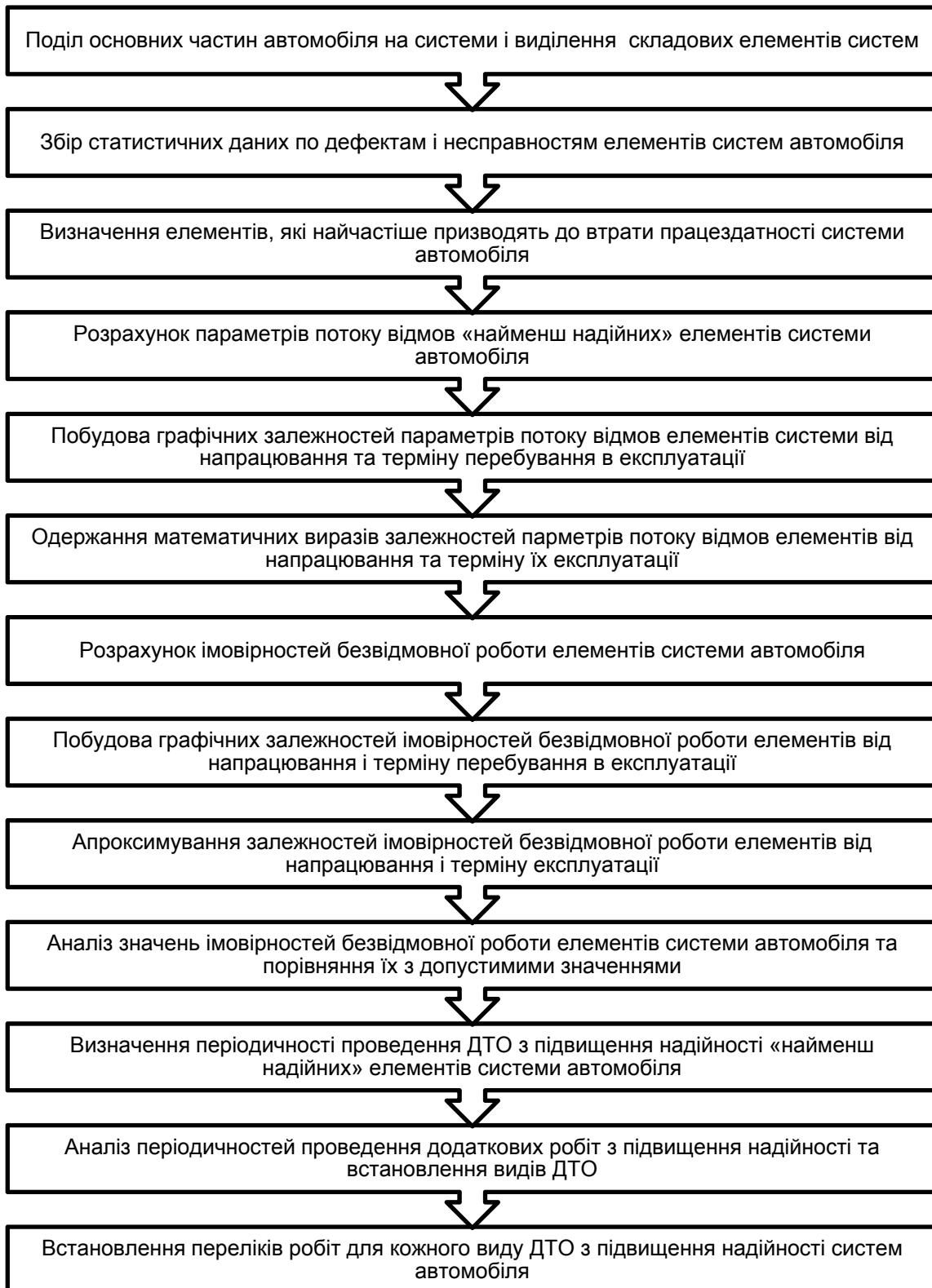


Рис. 1. Послідовність реалізації методики прогнозування технічного стану систем автомобіля

Основним показником надійності, який знаходиться у безпосередній залежності від напрацювання автомобілів, і найбільш повно охоплює конструктивно-технологічні та експлуатаційні фактори, а значить, досить повно характеризує надійність автомобіля в заданих

умовах експлуатації є імовірність безвідмовної роботи. Таким чином, надійність пропонується оцінювати імовірністю безвідмовної роботи.

Із теорії надійності відомо, що імовірність безвідмовної роботи залежить від параметру потоку відмов. Тому визначення надійності елементів систем із низьким її рівнем передбачає розрахунок параметрів потоку відмов елементів за статистичною формулою (1), на основі попередньо зібраних даних про відмови елементів системи, які включають: кількість відмов по елементам системи, напрацювання, час їх виникнення і частоту настання

$$\omega(t) = \frac{\Delta n_i}{N_o^B \Delta t_i}, \quad (1)$$

де Δn_i — кількість відмов за одиницю часу (напрацювання) Δt_i ;

N_o^B — кількість випробуваних елементів автомобіля.

Розрахунок параметру потоку відмов конкретного елемента проводиться для кожної експлуатаційної групи, що визначається інтервалами напрацювання і терміну експлуатації.

Після розрахунку значень параметрів потоку відмов для найменш надійних елементів системи будуються графічні залежності параметрів потоку відмов від напрацювання і терміну перебування їх в експлуатації. Шляхом апроксимації одержаних графічних залежностей одержуються математичні вирази залежностей параметрів потоку відмов від напрацювання і терміну перебування в експлуатації.

Розрахунок ймовірностей безвідмовної роботи елементів системи здійснюється за однією із формул, вигляд якої залежить від виду закону розподілу відмов конкретного елемента. Вирази для розрахунку основних показників надійності елементів систем автомобіля в залежності від закону розподілу приведені в табл. 1. За результатами розрахунку будуються графіки залежностей імовірності безвідмовної роботи елементів систем автомобіля від напрацювання та терміну перебування їх в експлуатації. обов'язковим кроком є перевірка близькості емпіричного розподілу до теоретичного, що здійснюється за критеріями згоди.

Таблиця 1

Вирази для розрахунку показників надійності за видом закону розподілу

Закон розподілу	Імовірність безвідмовної роботи $P(t)$	Інтенсивність відмови $\lambda(t)$	Параметр потоку відмов
Експоненціальний	$P(t) = e^{-\lambda t} = e^{-\frac{t}{\omega(t)}}$	$\lambda(t)$	$\omega(t) = \frac{1}{\lambda(t)}$
Нормальний	$P(t) = 0,5 + \Phi\left(\frac{a-t}{\sigma}\right)$	$\lambda(t) = \frac{1}{\sigma} \frac{f_0\left(\frac{t-a}{\sigma}\right)}{\Phi\left(\frac{a-t}{\sigma}\right)}$	
Розподіл Вейбулла	$P(t) = e^{-\left(\frac{t}{a}\right)^b}$	$\lambda(t) = \frac{b}{a^b} t^{b-1}$	
Логарифмічно-нормальний	$P(t) = 0,5 + \Phi\left(\frac{a_{\ln(t)} - \ln(t)}{\sigma_{\ln(t)}}\right)$	$\lambda(t) = \frac{1}{t} \frac{\sigma f_0\left(\frac{\ln(t)-a}{\sigma}\right)}{\Phi\left(\frac{a-\ln(t)}{\sigma}\right)}$	

Подальший аналіз одержаних графічних залежностей імовірності безвідмовної роботи елементів систем від напрацювання та терміну експлуатації дає змогу оцінити рівень надійності елементів систем автомобіля. Критерієм оцінки є допустиме значення імовірності безвідмовної роботи, яка в залежності від призначення систем автомобіля є різною. Так, для систем автомобіля, що створюють безпеку руху рекомендований рівень імовірності знаходиться в межах $0,9 \div 0,98$, для усіх інших — $0,85 \div 0,9$.

Результати порівняння фактичної надійності елементів системи автомобіля із допустимим значенням дозволяють прогнозувати залишковий ресурс безвідмовної роботи із заданою імовірністю. Така інформація дозволить попередити відмову та вчасно виконати необхідні профілактичні роботи.

Поділ відмов елементів на групи залежно від часу їх настання дозволяє встановити види додаткових технічних обслуговувань (ДТО). Переліки робіт з ДТО встановлюються на основі раніше проведеного аналізу відмов елементів за зібраними статистичними даними.

Висновки

Таким чином, розроблена методика визначення технічного стану систем автомобіля забезпечує підтримку заданого рівня надійності за рахунок: попередження відмов шляхом визначення залишкового ресурсу безвідмовної роботи систем автомобіля, призначення оптимальних періодичності та переліку додаткових робіт.

Впровадження методики визначення технічного стану автомобіля дозволить: зменшити час простою автомобіля для усунення відмов за рахунок їх попередження, зменшити кількість поточних ремонтів і, відповідно, зменшити експлуатаційні витрати.

Список літератури

1. Поляков А.П. Методи визначення технічного стану основних систем автомобіля / А.П. Поляков, О.М. Плахотник // Вісник ЖДТУ. — т. 2 — 2008. — №3 (46). — С. 118-123.
2. Канарчук В.Є. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів: у 3 кн. Кн. 1. Теоретичні основи. Технологія: підручник / Канарчук В.Є., Лудченко О.А., Чигринець А.Д. — К.: Вища шк., 1994. — 342 с.
3. Говорущенко Н.Я. Техническая эксплуатация автомобилей / Говорущенко Н.Я. — Харьков: Вища школа, 1984. — 312 с.
4. Говорущенко Н.Я. Развитие диагностики и технической кибернетики на автомобильном транспорте / Н.Я. Говорущенко, В.Н. Варфоломеев // Вестник ХНАДУ: Сб. научн. тр. — Харьков: ХНАДУ. — 2004. — Вып. 24. — С. 46-49.
5. Говорущенко Н.Я. Новая методика нормирования расхода топлива транспортных машин (метод четырех КПД) / Н.Я. Говорущенко, С.И. Кривошапов // Автомобильный транспорт: сб. научн. тр. — Харьков: ХНАДУ, 2004. — Вып. 15. — С. 31-34.
6. Бажинов А.В. Ресурсно-энергетический метод оценки жизненного цикла транспортных машин / А.В. Бажинов // Вестник ХНАДУ. — 2003. — Вып. 22. — С. 102-104.
7. Говорущенко Н.Я. Прогнозирование изменения структурных параметров управляемых колес для заданных условий эксплуатации / Н.Я. Говорущенко, Ю.В. Зыбцев // Автомобильный транспорт: сб. научн. тр. — Харьков: ХНАДУ, 2003. — Вып. 13. — С. 27-29.

Стаття надійшла до редакції 24.04.09
© Поляков А.П., Плахотник О.М., 2009