

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ СИСТЕМ АВТОМОБІЛЯ

Представлено математичну модель прогнозування технічного стану різних систем автомобіля. Наведено залежність імовірності безвідмовної роботи автомобіля від напрацювання та терміну перебування в експлуатації.

Ключові слова: надійність, напрацювання, термін експлуатації, імовірність безвідмовної роботи.

Постановка проблеми. На сьогоднішній день система планово-попереджувального ремонту є недосконалою. Деякі роботи виконуються передчасно або із запізненням. Основною причиною такого становища є те, що більшість робіт на ТО і Р автомобіля здійснюються без урахування фактичного технічного стану його елементів. У зв'язку з цим актуальною є проблема вдосконалення систем ТО і Р автомобіля. Для цього необхідно побудувати математичну модель прогнозування технічного стану систем автомобіля і виявляти появу небажаних несправностей під час роботи.

Матеріали і результати дослідження. Результати випробувань автомобілів на надійність дають змогу знайти математичний опис добутих закономірностей, тобто вивести відповідні формули, за якими можна обчислити показники надійності. Ці формули прийнято називати математичними моделями. Оскільки показники надійності є випадковими величинами, їхні математичні моделі мають показати, як розподіляються показники надійності залежно від напрацювання. Такими моделями є закони розподілу випадкових величин.

З урахуванням того, що відмови автомобіля мають випадковий характер, закономірності виникнення відмов можна визначити на базі теорії надійності двома способами.

Перший спосіб ґрунтується на вивченні фізико-хімічних властивостей і параметрів елементів автомобіля, фізико-хімічних процесів, що відбуваються в них, фізичної природи та механізму відмов. При цьому поточні стани елементів і систем описуються рівняннями, які відображують фізичні закономірності.

Другий спосіб передбачає вивчення статистичних ймовірностей появи відмов багатьох однотипних моделей автомобілів. При цьому відмови розглядають як якісь абстрактні випадкові події, а різноманітні фізичні стани елементів автомобіля зводяться до двох станів — справності й несправності (повної або часткової), які описуються функціями надійності.

Математична модель являє собою рівняння, яке виражає залежність параметру надійності від факторів, які впливають на надійність автомобіля:

$$y = \varphi(x_1, x_2, x_3, \dots, x_k) \quad (1)$$

де y — показник надійності;

x_k — фактори, які впливають на надійність автомобіля.

Надійність — це властивість автомобіля виконувати транспортну роботу, зберігаючи в часі або за пробігом експлуатаційні показники в потрібних межах, що відповідають заданим режимам та умовам використання, технічного обслуговування (ТО), ремонтів, зберігання і транспортування [1].

Надійність автомобіля закладається при його проектуванні і доведенні дослідного зразка, забезпечується в процесі виробництва, і як одна з найважливіших експлуатаційних властивостей проявляється і підтримується в експлуатації [2].

Тому всі фактори, які впливають на надійність та технічний стан автомобіля, можна розділити на три основні групи: конструктивні, технологічні та експлуатаційні.

Під впливом конструктивних факторів виникають дефекти і відмови, пов'язані із показниками, закладеними на етапі проектування і виробництва.

Конструктивні фактори визначаються:

- формами й розмірами деталей (від них залежать тиск на поверхню деталі, ударна міцність і міцність від втомлення металу, концентрація напружень);
- жорсткістю конструкції (тобто властивістю деталей, особливо базових та основних, деформуватися під дією навантажень, що сприймаються);
- точністю взаємного розміщення поверхонь та осей спільно працюючих деталей;
- правильним вибором посадок, які забезпечують надійну роботу спряжень, та ін.

Під впливом технологічних факторів виникають несправності і відмови, які пов'язані із технологією та умовами виготовлення і складання автомобіля, або його агрегату на заводі.

Технологічні фактори визначаються:

- технологією виготовлення деталей і агрегатів;
- якістю матеріалів, що використовуються для виготовлення деталей;
- якістю складальних.

Зменшення негативного впливу на надійність та технічний стан автомобіля, спричиненого дією конструктивно-технологічних факторів можливе за рахунок розробки більш вдалим конструктивних рішень та покращення технології виготовлення деталей і агрегатів автомобіля.

Під впливом експлуатаційних факторів дефекти та відмови виникають в процесі експлуатації автомобіля та визначаються умовами експлуатації, якістю застосовуваних експлуатаційних матеріалів та рівнем технічної експлуатації. Саме ці фактори найбільше впливають на надійність та технічний стан автомобіля.

В процесі роботи і зберігання автомобіля, його робочі деталі, механізми і агрегати знаходяться в постійній взаємодії з експлуатаційними матеріалами (мастилами, паливом, охолоджувальною рідиною). Залежно від властивостей використовуваних матеріалів і умов їх застосування змінюється і характер цієї взаємодії: прискорюється або сповільнюється зношування і корозія деталей, змінюється витрата експлуатаційних матеріалів і продуктивність автомобіля[3].

Для зменшення негативного впливу експлуатаційних факторів на надійність та технічний стан автомобілів, періодичність технічних впливів визначається за напрацюванням, яке встановлюється із врахуванням умов експлуатації автомобіля.

Рівень технічної експлуатації визначається майстерністю водіння автомобіля, якістю технічного обслуговування і збереження автомобіля, якістю ремонту автомобіля.

Аналіз усіх факторів, які діють на надійність та технічний стан автомобіля показав, що в процесі експлуатації найбільший вплив чинять саме експлуатаційні фактори, оскільки конструктивно-технологічні фактори закладаються ще на етапах проектування та технологічної підготовки до виробництва та виробництва.

Для проведення дослідження, велося спостереження за 30 автомобілями. Автомобілі було поділено на чотири групи в яких велося спостереження за системами: 1-ша група – електричне обладнання; 2-га група – ходова частина автомобіля; 3-тя група – силова установка автомобіля; 4-та група – трансмісія автомобіля. Кожну групу було розбито на три підгрупи за терміном початку експлуатації автомобілів, а саме: 2002, 2005, 2008 роки. В свою чергу кожна з підгруп було розбито на чотири підгрупи по напрацюванню (пробігу) – 0...10 тис.км, 10...20 тис.км, 20...30 тис.км, 30...40 тис.км.

Статистичні дані було отримано зі спеціалізованих станцій ТО і Р, та з опитувальних анкет власників автомобілів ВАЗ – 2107.

Отримані дані по експлуатації автомобіля занесені до таблиці 1.

Аналіз статичних даних по несправностях деталей систем автомобіля в залежності від терміну експлуатації та пробігу показав, що найбільша кількість несправностей виникла в системі силової установки автомобіля.

Таблиця 1

Дані про кількість несправностей деталей систем автомобіля ВАЗ-2107 різних років початку експлуатації та з різним напрацюванням

Системи автомобіля	Термін експлуатації, років	Напрацювання (пробіг), тис.км.		
		0...10	10...20	20...30
Електричне обладнання автомобіля	до 3	1,2	2,1	3,1
	до 5	1,4	2,8	3,6
	до 7	1,7	3,2	4,3
Силова установка автомобіля	до 3	2,8	3,6	5,4
	до 5	4,1	5,2	7,8
	до 7	5,3	6,8	9,2
Ходова частина автомобіля	до 3	0,8	1,3	1,9
	до 5	1,1	1,8	2,4
	до 7	1,4	2,3	3,2
Трансмісія автомобіля	до 3	2,2	2,6	3,1
	до 5	2,8	3,3	3,9
	до 7	3,2	4,1	5,1
Σ	до 3	7,0	9,6	13,5
	до 5	9,4	13,1	17,7
	до 7	11,6	16,4	21,8

Знаючи кількість відмов ми можемо розрахувати параметр потоку відмов ω систем на різних етапах експлуатації:

$$\omega = \frac{m_{\Sigma}}{N \cdot S} \left(\frac{1}{1000 \text{ км}} \right) \quad (10)$$

де m_{Σ} - загальна кількість відмов системи автомобіля за напрацювання;

N - кількість автомобілів за якими велося спостереження;

S - напрацювання автомобілів, тис.км.

Розраховані значення параметра потоку відмов автомобілів наведені в таблиці 2. З таблиці видно, що параметр потоку відмов систем автомобіля залежить від напрацювання самого автомобіля з початку експлуатації. Кількість відмов і їхній характер прояву в системах для різних умов експлуатації автомобіля суттєво відрізняється.

Таблиця 2

Значення параметру потоку відмов залежно від напрацювання і терміну експлуатації автомобіля

Системи автомобіля	Термін експлуатації, років	Напрацювання (пробіг), тис.км.		
		0...10	10...20	20...30
Параметр потоку відмов ω електричного обладнання	до 3	$12 \cdot 10^{-2}$	$21 \cdot 10^{-2}$	$31 \cdot 10^{-2}$
	до 5	$14 \cdot 10^{-2}$	$28 \cdot 10^{-2}$	$36 \cdot 10^{-2}$
	до 7	$17 \cdot 10^{-2}$	$32 \cdot 10^{-2}$	$43 \cdot 10^{-2}$
Параметр потоку відмов ω силової системи автомобіля	до 3	$28 \cdot 10^{-2}$	$36 \cdot 10^{-2}$	$54 \cdot 10^{-2}$
	до 5	$41 \cdot 10^{-2}$	$52 \cdot 10^{-2}$	$78 \cdot 10^{-2}$
	до 7	$53 \cdot 10^{-2}$	$68 \cdot 10^{-2}$	$92 \cdot 10^{-2}$
Параметр потоку відмов ω ходової частини автомобіля	до 3	$0,8 \cdot 10^{-2}$	$1,3 \cdot 10^{-2}$	$1,9 \cdot 10^{-2}$
	до 5	$1,1 \cdot 10^{-2}$	$1,8 \cdot 10^{-2}$	$2,4 \cdot 10^{-2}$
	до 7	$1,4 \cdot 10^{-2}$	$2,3 \cdot 10^{-2}$	$3,2 \cdot 10^{-2}$
Параметр потоку відмов ω трансмісії автомобіля	до 3	$2,2 \cdot 10^{-2}$	$2,6 \cdot 10^{-2}$	$3,1 \cdot 10^{-2}$
	до 5	$2,8 \cdot 10^{-2}$	$3,3 \cdot 10^{-2}$	$3,9 \cdot 10^{-2}$
	до 7	$3,2 \cdot 10^{-2}$	$4,1 \cdot 10^{-2}$	$5,1 \cdot 10^{-2}$

На рис. 1 видно, що збільшення терміну перебування автомобіля в експлуатації призводить до збільшення параметру потоку відмов систем автомобіля.

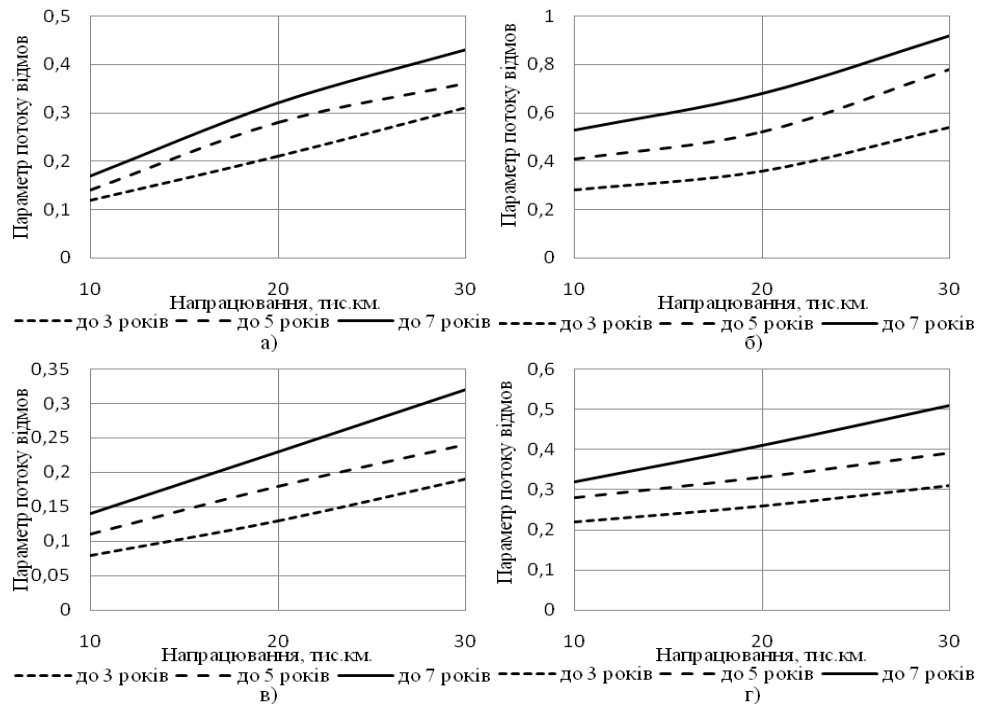


Рис. 1. Залежність параметру потоку відмов ω від напрацювання S і терміну експлуатації T : а) електричного обладнання; б) силової системи; в) ходової частини; г) трансмісії

З теорії надійності відомо, що проміжки часу між сусідніми відмовами розподіляються за експоненціальним законом з параметром, який рівний параметру потоку відмов. Знаючи його, розраховуємо імовірність безвідмовної роботи автомобіля:

$$P = e^{-\omega \cdot S_n} \quad (3)$$

де S_n – напрацювання автомобіля протягом етапу умовного завдання, км.

Розрахункові значення імовірності безвідмовної роботи систем автомобіля протягом наступної 1000 км. наведені в таблиці 3.

Т а б л и ц я 3

Значення імовірності безвідмовної роботи систем автомобіля залежно від напрацювання і терміну експлуатації

Системи автомобіля	Термін експлуатації, років	Напрацювання (пробіг), тис.км.		
		0...10	10...20	20...30
Імовірність безвідмовної роботи P електричного обладнання	до 3	0,88763894	0,811733762	0,734982897
	до 5	0,87017995	0,757213148	0,699373295
	до 7	0,84463322	0,727718801	0,652399443
Імовірність безвідмовної роботи P силової системи автомобіля	до 3	0,75721315	0,699373295	0,584875686
	до 5	0,66548896	0,596610432	0,460825246
	до 7	0,59071392	0,508947096	0,40100089
Імовірність безвідмовної роботи P ходової частини автомобіля	до 3	0,92361483	0,878866095	0,82802011
	до 5	0,89649936	0,836285415	0,787902896
	до 7	0,87017995	0,795767749	0,727718801
Імовірність безвідмовної роботи P трансмісії автомобіля	до 3	0,80371111	0,772405613	0,734982897
	до 5	0,75721315	0,720526499	0,678841105
	до 7	0,7277188	0,665488962	0,602565802

Графіки залежності імовірності безвідмовної роботи систем автомобіля від напрацювання і терміну перебування в експлуатації наведені на рисунку 2.

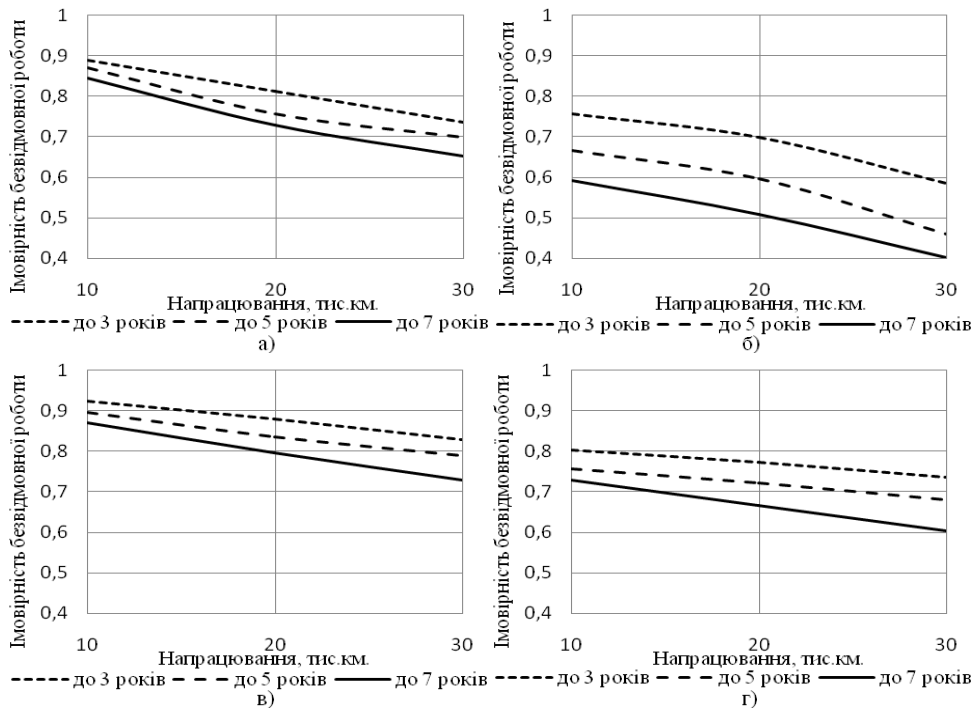


Рис. 2. Залежність імовірності безвідмовної роботи P від напрацювання S і терміну експлуатації T : а) електричного обладнання; б) силової системи; в) ходової частини; г) трансмісії

З графіків видно, що значення імовірності безвідмовної роботи систем автомобілів зі збільшенням напрацювання зменшується. Автомобілі з однаковими напрацюваннями, але з різними термінами перебування в експлуатації мають різні імовірності безвідмовної роботи систем. Це свідчить про те, що імовірність безвідмовної роботи систем залежить не тільки від напрацювання, а й від терміну перебування їх в експлуатації.

Висновки. Імовірність безвідмовної роботи кожної системи різна, що свідчить про те, що кожна система зі збільшенням напрацювання і терміну перебування в експлуатації має свої вразливі деталі та вузли, за якими потрібне додаткове обслуговування.

Для забезпечення безвідмовної роботи автомобіля можна проводити додаткові контрольно-технічні обслуговування систем між номерними ТО при зменшенні імовірності безвідмовної роботи нижче допустимого рівня. Виконання таких робіт дозволить забезпечувати робоздатний стан автомобіля протягом усього періоду експлуатації.

Проведені дослідження показали, що параметр потоку відмов, від якого залежить значення імовірності безвідмовної роботи автомобіля, змінюється як від напрацювання, так і від терміну перебування в експлуатації. Відповідно час проведення контрольно-технічного обслуговування буде відрізнятися для автомобілів з однаковим терміном експлуатації, але різним напрацюванням з початку експлуатації.

Література

1. Чабанний В.Я. Ремонт автомобілів: Навчальний посібник / В.Я. Чабанний. – Кіровоград: Кіровоградська районна друкарня, 2007. – 720с.
2. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів / О.А. Лудченко. – К.: Знання – Процес, 2003. – 511с.
3. Кузнецов Е.С. Техническая эксплуатация автомобилей / Е.С. Кузнецов. – М.: Транспорт, 1991. – 413с.
4. Канарчук В.Е. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів / В.Е. Канарчук, О.А. Лудченко, А.Д. Чигринцев. – К.: Знання – Процес, 1994. – 338с.

Поляков А.П., Галушчак Д.А. Математическая модель прогнозирования технического состояния систем автомобиля.

Представлено математическую модель прогнозирования технического состояния различных систем автомобиля. Приведено зависимость вероятности безотказной работы автомобиля от наработки и срока пребывания в эксплуатации.

Ключевые слова: надежность, наработка, срок эксплуатации, вероятность безотказной работы.

Poliakov A.P., Galushchak D.O. A mathematical model for forecasting technical condition of vehicle systems.

The mathematical model prediction of maintenance of various systems of the car is presented. It is shown the dependence of the probability of faultless operation of vehicle operating time and stay in operation.

Keywords: safety, working hours, service life, the probability of failure-free operation.

Поляков А. П.

д.т.н., професор, декан факультету «Автомобілів та їх ремонту і відновлення», ВНТУ, м. Вінниця, Україна

mail: farv@inmt.vntu.edu.ua

Галушчак Д.О.

студент 5-го курсу, ВНТУ, м. Вінниця, Україна

mail: galuschak_D@meta.ua

Рецензент: д.т.н., проф. Анісімов В.Ф.

Стаття подана 06.04.2012 р.