

УДК 351.811.001.11



І. К. Шаша



І. В. Цебрюк



Г. М. Маренко

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ПОБУДОВИ АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ НАЦІОНАЛЬНОЇ ГВАРДІЇ УКРАЇНИ

У статті визначено принципи побудови адаптивної системи технічного обслуговування і ремонту військової техніки Національної гвардії України з урахуванням особливостей умов експлуатації при виконанні службово-бойових завдань.

К л ю ч о в і с л о в а : система, діагностика, параметр, прогноз, моніторинг, технічний стан, ефективність, інформація.

Постановка проблеми. Під адаптивною системою технічного обслуговування і ремонту (ТО і Р) автомобілів розуміється система, яка завдяки зміні своєї структури і значень параметрів може пристосовуватися до зміни внутрішніх і зовнішніх умов. Рівень, якого досягла сучасна технічна діагностика (ТД), дозволяє у технічній експлуатації сучасних зразків військової техніки (ВТ) реалізувати практично будь-які завдання з виявлення та прогнозування технічного стану автомобілів. Так, існують адаптивні системи, що передбачають необхідність проведення ТО і Р за індивідуальною програмою. Таке ТО і Р умовно називають індивідуальним технічним обслуговуванням. Вид робіт у цьому випадку призначають на основі індивідуальних діагностичних даних [1].

У зв'язку із застосуванням складних високоефективних електронних систем управління, вбудованої бортової діагностики, розвитку супутникових систем навігації і мобільного зв'язку з'явилася можливість не тільки контролювати географічне положення сучасних зразків ВТ а й здійснювати дистанційний моніторинг з оцінюванням рівня технічного стану.

Аналіз досліджень і публікацій. Найявна система ТО і Р сформувалася на базі спрощеної моделі функціонування транспортної інфраструктури [2], що дозволяє перейти до індивідуальної (адаптивної) системі ТО і Р автомобілів.

Базовими принципами індивідуального технічного обслуговування є :

- 1) планово-запобіжний принцип визначення і усунення несправностей та проведення технічних впливів;
- 2) оперативне управління працездатністю автомобіля на основі прогнозування стану з використанням інформаційних технологій у ТД;
- 3) індивідуальний підхід до оцінювання технічного стану кожного конкретного автомобіля;
- 4) індивідуальне прогнозування періодичності технічного обслуговування і технічного стану автомобіля.

Розвиток систем ТО і Р слід визнати як процес адаптації систем до їх зовнішнього середовища, а безпосередній процес функціонування самої системи – це процес адаптації об'єкта, підпорядкованого системі, до умов його існування. Тому в цілому всі системи ТО і Р доцільно віднести до адаптивних систем. Їх більшість сьогодні складають автоматизовані системи управління (АСУ) на основі інформаційних технологій. Ці системи забезпечують індивідуальний підхід до оцінювання технічного стану кожної конкретної одиниці ВТ.

Четвертий принцип – це одне з основних положень функціонування АСУ технічним станом автомобіля та один з основних резервів підвищення ефективності і подальшого вдосконалення. Наразі цьому заважає лише недостатня точність сучасних методів прогнозування.

Метою статті є визначення принципів побудови адаптивної системи технічного обслуговування і ремонту військової техніки Національної гвардії України з урахуванням особливостей умов експлуатації при виконанні службово-бойових завдань.

Виклад основного матеріалу. Підвищення точності прогнозів пропонується здійснювати на підставі визначення закономірностей, які одночасно враховують індивідуальний технічний стан систем, агрегатів, механізмів автомобіля та інтенсивність його зміни від пробігу, а також факторів умов експлуатації, що впливають на ВТ і її складові елементи на відповідному пробігу.

В адаптивній системі прогнозування може проводитися за результатами обробки діагностичної інформації відповідно до схеми прогнозування та управління технічним станом автомобіля із застосуванням АСУ.

У даному випадку інформацією про зміну технічного стану ВТ є значення параметрів, які використовуються для прогнозування. Це календарні дати і значення напрацювання, що відповідають зафіксованим значенням параметрів, а також інша інформація, яка знаходиться в центрі діагностування та отримана на основі комп'ютеризованих засобів діагностики. Вся вона передається АСУ для обробки, і це є основою формування масиву нормативно-довідкової і діагностичної інформації, необхідної для організації процесу прогнозування. Для цього застосовують спеціально розроблені програмні засоби.

Процес прогнозування в АСУ являє поетапну процедуру обробки інформації, яка надходить з центру діагностики. Обробка інформації проводиться з метою вирішення двох комплексних завдань: прогнозування та статистичної обробки.

Характер цих завдань та умови їх реалізації обумовлюють структуру і набір програмного і технічного забезпечення, необхідного для реалізації процесу прогнозування технічного стану автомобілів в АСУ [1].

Інформаційне забезпечення в адаптивних системах розробляється з урахуванням реалізації функцій ТО і Р автомобілів та функцій системи прогнозування (СП). Вхідні і вихідні інформаційні дані становлять зовнішнє інформаційне забезпечення, а організаційні інформаційні масиви – внутрішнє забезпечення.

Зовнішнє інформаційне забезпечення включає таку інформацію:

- про результати контролю технічного стану автомобіля та інформацію для ідентифікації в системі;

- керуючу інформацію для автоматизованої системи управління технічним станом автомобіля і масиви інформації в пам'яті ЕОМ при впровадженні СП;

- про поточний стан автомобіля, результати прогнозування, а також службову (результати надходження даних, аварійні виклики і т. ін.).

Внутрішнє інформаційне забезпечення включає масиви:

- інформаційно-довідковий, який містить кількісні значення нормативів для прогнозування і тексти, необхідні для друку вихідних документів;

- що містить інформацію про поточний технічний стан автомобіля.

Методичне забезпечення СП це методики:

- оцінювання факторів умов експлуатації, яка необхідна для виявлення значущих чинників;
- побудови системних моделей прогнозування технічного стану автомобілів з урахуванням умов експлуатації;

- прогнозування технічного стану автомобілів на підставі багатофакторних моделей, що враховують індивідуальний стан автомобілів і його зміну під впливом факторів експлуатації.

Програмне забезпечення це комплекси програм:

- прогнозування технічного стану автомобіля;

- аналізу та моделювання багатофакторних об'єктів.

Основою автоматизованої адаптивної системи є база даних про автомобіль. Вона являє систему взаємопов'язаних таблиць. У ній розміщується різна інформація, тому її фундаментом є система управління базами даних Microsoft Access, що забезпечує відносно просте створення і коригування бази даних.

Технічне забезпечення сучасної системи прогнозування становить діагностичне обладнання, що застосовується в центрі діагностування, а також обчислювальні засоби АСУ технічним станом автомобілів [2].

Одним з найважливіших питань створення АСУ ТО і Р є вибір оптимального складу засобів

технічної діагностики, оскільки мова йде про створення систем оперативного контролю та управління технічним станом, які базуються на принципах прогнозування технічного стану автомобіля і його окремих систем, агрегатів і механізмів.

Рішення даної задачі дозволяє кожному виробнику визначити свій науково обґрунтований напрямок розвитку адаптивних систем ТО і Р в умовах обмежених фінансових можливостей і наявного широкого спектра пропозицій, які постійно пропонуються фахівцями з організації адаптивних систем ТО і Р.

Необхідність кваліфікованого визначення сучасних складових адаптивної системи ТО і Р підтверджується достатньо складною структурою інтелектуальної системи управління транспортом.

У цілому виконаний аналіз існування і створення адаптивних систем ТО і Р дозволяє підтвердити актуальність питання інформаційного забезпечення прогресивних систем ТО і Р.

Розвиток інформаційного забезпечення автотранспортних процесів є, по-перше, умовою переходу автомобільного транспорту до автоматизованого управління технічним станом автомобілів на підставі гнучких адаптивних автоматизованих систем з індивідуальною корекцією періодичності та обсягів технічного обслуговування.

По-друге, інформаційне забезпечення комп'ютеризованого оперативного планування технічного обслуговування і прогнозування технічного стану та можливих несправностей автомобілів є ключем до автоматизації контролю технічного стану і працездатності автомобіля.

По-третє, створення локальних інформаційно-обчислювальних комплексів на базі комп'ютеризованих засобів технічної діагностики та новітніх засобів обчислювальної техніки становить основу сучасної автоматизації автомобільної техніки.

Суть системи за станом полягає в тому, що технічні дії проводяться для виробу лише після досягнення його контрольованими параметрами критичного рівня, тобто гранично допустимого стану. На практиці для реалізації такої системи ТО і Р необхідне спеціальне контрольнo-діагностичне обладнання і уміння фахівців вимірювати безперервно або періодично контрольовані (діагностичні) параметри виробу. Сьогодні такі системи внаслідок глобалізації технічної діагностики і неруйнуючого контролю успішно впроваджуються в світі техніки багатьма зарубіжними фірмами. Вони отримали назву Condition Monitoring, а в сучасній термінології – ТЕА, це системи ТО і Р індивідуальні або адаптивні [1, 2].

Зокрема особливість адаптивної системи «обов'язкові роботи – діагностика – усунення несправностей» (ОР – Д – УН) і її основна наукова ідея, яка реалізує планово-попереджувальну концепцію управління працездатністю виробів, полягає в енергетичному підході до оцінювання ресурсу таких виробів.

Ресурс транспортної машини визначається її фізичними можливостями в певних умовах поглинати, перетворювати або передавати деякий сумарний об'єм енергії. Цю енергію машина отримує із зовнішнього середовища у вигляді деякого об'єму пального. Тому, наприклад, її пробіг до капітального ремонту $L_{кр}$ – це лише одне з можливих віддзеркалень ресурсу, який в цілому обумовлений проєктувальниками, конструкторами, технологами і безпосередніми виробниками транспортної машини. А на практиці пробіг є лише наслідком фізичних можливостей машини з ефективною переробки заданого об'єму пального $Q_{кр}$, енергія якого використовується транспортною машиною для своєї роботи.

З цієї причини розрахунок періодичності профілактичних дій в системі ОР–Д–УН виконується за витратами пального, що визначає основну принципову відмінність цієї системи від традиційної середньостатистичної системи ТО і Р.

Згідно з теоретичними основами системи ОР–Д–УН сумарна витрата пального $Q_{кр}$ за пробіг до капітального ремонту $L_{кр}$ або витрата Q_n за будь-який плановий пробіг L_n до профілактичної дії, наприклад при роботі вантажного автомобіля, складає:

$$Q_{кр} = L_{кр} \cdot (H_o + H_d + q \cdot y \cdot b) \cdot k_y / 100, \text{ л}, \quad (1)$$

$$Q_{Ln} = L_n \cdot (H_o + H_d \cdot q \cdot y \cdot b) \cdot k_y / 100, \text{ л}, \quad (2)$$

де $L_{кр}$ – пробіг автомобіля до капітального ремонту, км;

L_n – пробіг автомобіля до дії планової, км;

H_o – норма витрати пального автомобілем основна, л/100 км;

H_d – норма витрати пального автомобілем додаткова, л/100 км;
 q – вантажопідйомність автомобіля номінальна, т;
 y – коефіцієнт використання вантажопідйомності автомобіля;
 b – коефіцієнт використання пробігу автомобіля;
 k_y – коефіцієнт корегування, який враховує умови експлуатації автомобіля.

Для важчих умов експлуатації сумарна витрата пального, будучи фіксованою величиною для кожного конкретного автомобіля, має менший пробіг (ресурс) свого використання, тобто менший пробіг реалізації пального, тому система ОР–Д–УН передбачає коефіцієнти корегування k_y пробігу до капітального ремонту [3]. Важчі умови ведуть до зростання витрати пального на кожен кілометр пробігу автомобіля, тобто до зростання питомих витрат пального на 100 км пробігу (табл. 1).

Таблиця 1 – Питомі витрати пального, пробіги до капітального ремонту і коефіцієнти їх корегування для різних умов експлуатації (на прикладі автомобіля КрАЗ-6322)

Група умов експлуатації	Витрати пального, л/100 км	Пробіг до капітального ремонту, тис. км	Відносний коефіцієнт (розрахункові дані)
1	34,4	349,8	1,0
2	39,8	317,2	0,9
3	46,2	269,5	0,77
4	54,8	236	0,67
5	65,4	207,2	0,59
6	103,6	143,4	0,44
7	174,4	98,2	0,29

Згідно з теоретичними основами системи ОР–Д–УН непрямим відображенням середнього навантаження машини в тих або інших умовах експлуатації є її середня технічна швидкість V_a . Використання показника швидкості V_a як основного і єдиного критерію оцінювання середніх навантажень на транспортну машину, відповідно і критерію оцінювання всього спектра можливих умов експлуатації будь-якої транспортної машини, складає другу принципову відмінність системи ОР–Д–УН від системи середньостатистичної.

У системі ОР–Д–УН є чіткі науково обґрунтовані групи умов експлуатації. Основою їх формування (класифікації) є межі швидкості V_a . Це найбільш поширені середні швидкості транспортних машин у процесі їх ефективного використання на лінії (табл. 2).

Таблиця 2 – Параметри основних характеристик системи ОР–Д–УН

Група умов експлуатації	Межі зміни середніх технічних швидкостей, км/год	Середнє значення швидкостей, км/год	Коефіцієнт корегування		
			Пробіги до капітального ремонту і обов'язкових робіт, κ_1	Витрати пального і запчастин $1/\kappa_1$	Викиди шкідливих речовин, κ_2
1	від 60 до 48	54	1	1	1
2	від 48 до 37	43	0,9	1,1	1,3
3	від 37 до 31	34	0,77	1,3	1,8
4	від 31 до 27	29	0,67	1,5	2,8
5	від 27 до 25	26	0,59	1,7	4
6	від 24 до 20	22	0,38	2,4	6,2
7	від 21 до 17	19	0,18	4,4	9

Висновки

Середня технічна швидкість транспортної машини – це комплексна статистична характеристика всього можливого спектра умов експлуатації і універсальна оцінка навантажень, які визначають надійність машини. Чим більше навантаження на автомобіль, тим частіше на лінії він працює на нижчих передачах, і тим менше його середня технічна швидкість (відповідно і ресурс до технічного впливу).

Адаптивна система потребує системних і структурних змін системи ТО і Р:

- технічної діагностики як структурного елемента системи;
- визначення кількісних і якісних параметрів оцінювання якості обов'язкових робіт і усунення несправностей, що істотно залежать від можливостей засобів діагностики;
- оснащення кожної одиниці ВТ (за необхідністю) додатковими технічними пристроями для визначення швидкості V_a ;
- комп'ютеризації діагностичної техніки;
- відповідного забезпечення процесів організації ТО і Р.

Перелік джерел посилання

1. Интеллектуальные системы контролю технічного стану транспортних засобів : підручник / В. П. Волков та ін. Харків : ХНАДУ, 2019. 264 с.
2. Шаша І. К. Технічні напрями підтримки працездатності автобронетанкової техніки Національної гвардії України. *Збірник наукових праць Національної академії Національної гвардії України*. Харків, 2021. Вип. 1 (37). С. 89–95.
3. Шаша І. К., Маренко Г. М., Мельников С. М. Методи оцінювання і шляхи зниження токсичності відпрацьованих газів автомобілів. *Збірник наукових праць Національної академії Національної гвардії України*. Харків, 2018. Вип. 2 (32). С. 53–60.

Стаття надійшла до редакції 10.06.2022 р.

UDC 351.811.001.11

I. Shasha, I. Tsebriuk, G. Marenko

THEORETICAL BASES OF CONSTRUCTION OF ADAPTIVE SYSTEM OF MAINTENANCE AND REPAIR OF MILITARY EQUIPMENT OF THE NATIONAL GUARD OF UKRAINE

Under the adaptive system of maintenance and repair of cars means a system that by changing its structure and values of parameters can adapt to changing internal and external conditions. The level reached by modern technical diagnostics allows the technical operation of modern models of military equipment to implement almost any task to identify and predict its technical condition.

Improving the accuracy of forecasts is proposed on the basis of determining patterns that simultaneously take into account the individual technical condition of systems, units, mechanisms of the car and the intensity of its change from mileage, as well as factors of operating conditions, affect military equipment and its constituent elements.

In the adaptive forecasting system can be performed on the basis of the results of processing diagnostic information in accordance with the forecasting scheme and control of the technical condition of the vehicle using an automatic control system.

The essence of the adaptive system is that technical actions are carried out for the product only when it reaches the controlled parameters of its critical level, ie the maximum allowable state.

In practice, the implementation of an adaptive system requires special control and diagnostic equipment ("tactical weapons") and in general the ability of specialists to measure continuously or periodically monitored (diagnostic) parameters of the product.

The resource of a transport machine is determined by its physical capacity under certain conditions to absorb, convert or transfer some total amount of energy. The machine receives this energy from the environment in the form of some volume of fuel.

The average technical speed of the transport machine is a complex statistical characteristic of the whole possible range of operating conditions and a universal assessment of the loads that determine the reliability of the machine.

К e y w o r d s: system, diagnostics, parameter, forecast, monitoring, technical condition, efficiency, information.

Шаша Ігор Костянтинович – доктор технічних наук, професор, професор кафедри автобронетанкової техніки Національної академії Національної гвардії України.
<https://orcid.org/0000-0001-7549-3119>

Цебрюк Іван Вікторович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автобронетанкової техніки Національної гвардії України.
<https://orcid.org/0000-0002-4246-8854>

Маренко Геннадій Миколайович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автобронетанкової техніки Національної академії Національної гвардії України.
<http://orcid.org/0000-0002-7461-9168>