

В. П. Волков¹
І. В. Грицук²
Ю. В. Грицук³
Т. В. Волкова¹
В. П. Кужель⁴
Ю. В. Волков¹

ЗАГАЛЬНИЙ ПІДХІД ДО ФОРМУВАННЯ МОДЕЛЕЙ ОЦІНЮВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВТОМОБІЛЯ В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет

²Херсонська державна морська академія

³Донбаська національна академія будівництва і архітектури

⁴Вінницький національний технічний університет

Розглянуто сучасний стан існуючої системи ТО і ремонту транспортних засобів. Показано, що існуюча система ТО і ремонту сформувалася на базі спрощеної моделі функціонування транспортної інфраструктури і вже не відповідає сучасним вимогам тому, що у ній присутня негнучкість в частині забезпечення безвідмовної роботи автомобіля на лінії, що проявляється в одноманітності підходу до автомобілів різного віку: перелік операцій і періодичність ТО ідентичні для нового автомобіля і для автомобіля перед його капітальним ремонтом і списанням. Станом на сьогоднішній день розвиток нових видів перевезень призводив до збільшення часу перебування рухомого складу далеко від основної виробничої бази, і, внаслідок цього, підвищувалася роль профілактичного ТО автомобілів. Тому перспективним напрямком є адаптивна система технічного обслуговування і ремонту рухомого складу автомобільного транспорту, в якій прогнозування може проводитися на підставі результатів обробки діагностичної інформації відповідно до схеми прогнозування та управлінням технічним станом автомобіля.

Метою роботи є розробка сучасних методів і засобів, що дозволяють дистанційно здійснювати контроль технічного стану автомобіля з урахуванням експлуатаційних умов і оцінювати рівень його працездатності.

Запропоновано підхід до контролю технічного стану рухомого складу, який полягає в створенні інформаційних систем організаційно-функціональної підтримки процесів технічної експлуатації. Впровадження в технічну експлуатацію автомобілів нових базових принципів "адаптивної" системи управління технічним станом автомобіля, ключовим моментом якої, є розробка інформаційно-комунікаційної системи і бази прогнозних моделей, що забезпечують шляхом моніторингу дистанційне отримання необхідної поточної інформації від РС і її обробку, а також вироблення коригувальних впливів.

В кінцевому підсумку зроблений висновок, що сформована модель системи моніторингу автомобіля в умовах експлуатації на основі загального підходу до дослідження структури «водій - автомобіль - умови експлуатації - інфраструктура експлуатації автомобіля (транспортна і автомобільних доріг)».

Ключові слова: автомобіль, транспортний засіб, технічний стан, ТО і Р, умови експлуатації, моніторинг, адаптивна система.

Вступ

Диверсифікація підприємств автомобільного транспорту, їх розукрупнення, розвиток підприємництва призвели до поляризації автомобільних парків та зосередження значної кількості автомобілів в невеликих за розміром і кількістю підприємствах. Існуюча система ТО і ремонту сформувалася на базі спрощеної моделі функціонування транспортної інфраструктури: автомобіль в основному працює з прив'язкою до власного підприємства. При цьому вся обслуговуюча і ремонтна база була зосереджена в рамках конкретного підприємства автомобільного транспорту (ПАТ) і всі види технічних впливів здійснювалися їм самим. У існуючій системі ТО і Р присутня негнучкість в частині забезпечення безвідмовної роботи автомобіля на лінії, що проявляється в одноманітності підходу до автомобілів різного віку: перелік операцій і періодичність ТО ідентичні для нового автомобіля і для автомобіля перед його капітальним ремонтом і списанням.

Аналіз останніх досліджень та постановка проблеми

Поступовий розвиток нових видів перевезень призводив до збільшення часу перебування рухомого складу (РС) далеко від основної виробничої бази, і, внаслідок цього, підвищувалася роль профілактичного ТО автомобілів.

Тому створення гнучкої "адаптивної" системи контролю та управління технічним станом автомобіля з елементами індивідуального підходу до кожного конкретного автомобіля стало першочерговим завданням [1, 2].

Під адаптивною системою 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 при технічній експлуатації автомобілів реалізувати практично будь-які завдання щодо виявлення та прогнозування технічного стану автомобілів. Так, наприклад, адаптивна система, яка запропонована в роботі [2], передбачає необхідність проведення ТО і Р за індивідуальною програмою. Таке ТО і Р умовно називають індивідуальним технічним обслуговуванням (ІТО). Вид робіт в цьому випадку призначають на основі індивідуальних діагностичних даних.

У зв'язку з цим весь процес розвитку систем ТО і Р слід визнати як процес адаптації систем до їх зовнішньому середовищі, а безпосередній процес функціонування самої системи - це також процес адаптації вже об'єкта підлеглого системи до умов його існування. Тому в цілому, всі системи ТО і Р доцільно віднести до адаптивних систем [2]. Основу таких систем сьогодні складають автоматизовані системи управління (АСУ) на основі інформаційних технологій ТД [1]. Ці системи забезпечують індивідуальний підхід до оцінки технічного стану кожного конкретного автомобіля.

Базовими принципами ІТО є [1, 2]: планово-запобіжний принцип визначення і усунення несправностей, проведення технічних впливів; оперативне управління працездатністю автомобіля на основі прогнозування стану з використанням інформаційних технологій в ТД; індивідуальний підхід до оцінки технічного стану кожного конкретного автомобіля; індивідуальне прогнозування періодичності ТО і технічного стану автомобіля.

Підвищення точності прогнозів пропонується на підставі визначення закономірностей, які одночасно враховують індивідуальне технічний стан систем, агрегатів, механізмів автомобіля і інтенсивність його зміни від пробігу, а також факторів умов експлуатації, що впливають на автомобіль і його складові елементи на відповідному пробігу.

В адаптивній системі прогнозування може проводитися на підставі результатів обробки діагностичної інформації відповідно до схеми прогнозування та управління технічним станом автомобіля із застосуванням АСУ [1, 2, 3, 4]. В даному випадку інформацією про зміну технічного стану автомобіля є значення параметрів, які використовуються для прогнозування. Це календарні дати і значення напрацювання автомобіля, які відповідають зафіксованим значенням параметрів, а також інша інформація, яка знаходиться в центрі діагностування і отримана на основі комп'ютеризованих засобів діагностики.

Вся ця інформація 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.

Основою автоматизованої адаптивної системи є база даних про автомобіль. Вона являє систему взаємопов'язаних таблиць. У ній розміщується інформація різного роду і тому вона базується на системі управління базами даних – Microsoft Access, що забезпечує відносно просте створення і коригування бази даних. Така можливість з'явилась у зв'язку з застосуванням на автомобілях високоефективних електронних систем управління, вбудованої бортової діагностики, розвитку супутникових систем навігації і мобільного зв'язку і сучасних інформаційних технологій. Таким чином, з'явилась можливість не тільки контролювати географічне положення РС і здійснювати зв'язок з диспетчером ПАТ, але і здійснювати дистанційний моніторинг з оцінкою рівня технічного стану автомобіля, що цілком дозволяє реалізувати практично будь-які завдання щодо виявлення та прогнозування технічного стану автомобіля.

Метою роботи є розробка сучасних методів і засобів, що дозволяють дистанційно здійснювати контроль технічного стану автомобіля з урахуванням експлуатаційних умов і оцінювати рівень його працездатності.

Результати дослідження

Використання транспортного засобу (ТЗ) в нестационарних умовах експлуатації вимагає

постійного контролю фактичного його стану, проведення необхідних корегувальних технічних дій з обслуговування для забезпечення належного працездатного стану. Подібна інтерпретація умов використання ТЗ можлива лише за рахунок моніторингу технічного стану, які ґрунтуються на обробці апріорної інформації, безперервній діагностиці та прогнозуванні параметрів їх технічного стану. У зв'язку з цим є проблема забезпечення повноцінного зв'язку між процесами експлуатації ТЗ і параметрами умов експлуатації [5, 6], а також узагальнення та удосконалення методів прогнозування технічного стану ТЗ [6]. Тому для зміни стратегії ТО і Р ТЗ необхідно побудувати систему дистанційного моніторингу технічного стану ТЗ в різних умовах експлуатації.

Ця система повинна вирішувати на сучасному рівні задачі, які раніше вирішували технічні служби експлуатації ТЗ, мати інформаційну складову оцінювання: дорожніх умов експлуатації ТЗ в частині висоти дороги над рівнем моря, прокольного профілю (рельєфу місцевості), типу і стану дорожнього покриття; ремонту, будівництва і обслуговування об'єктів дорожньої інфраструктури; їх моніторинг; прогнозування можливих аварійних ситуацій, транспортних умов в частині насиченості і інтенсивності руху ТЗ, особливостей вантажу, режиму і швидкості руху; атмосферно-кліматичних умов, культури експлуатації ТЗ тощо [5, 6].

На основі виконаних в [5] досліджень розроблена єдина експлуатаційна класифікація умов роботи ТЗ, що базується на офіційних документах. Класифікація успішно використовується для експлуатаційних розрахунків і має пряме відношення до технічної експлуатації автомобілів, тому що визначає навантажувальні, швидкісні і температурні режими роботи агрегатів ТЗ

В основу формування моделі моніторингу параметрів технічного стану ТЗ покладено загальний підхід до дослідження системи «водій - автомобіль - умови експлуатації - інфраструктура експлуатації автомобіля (транспортна і автомобільних доріг)», який включає в себе системну взаємодію складових компонентів моніторингу: ТЗ (автомобіль) з водієм і бортовим інформаційним комплексом (БІНК); умов експлуатації (дорожні, транспортні, атмосферно-кліматичні умови і культура праці) ТЗ [5]; транспортної інфраструктури і інфраструктури автомобільних доріг (рис. 1). Процес моніторингу технічного стану ТЗ в умовах експлуатації є процесом формування єдиної інформаційної функції, що описує взаємодію ТЗ, у вигляді параметрів технічного стану ТЗ, отриманих за допомогою БІНК; людини (водія), що пов'язана з процесом трансформації інформації про параметри технічного стану і процесами, що залежать від фізіологічних можливостей людини, технічних даних ТЗ і ступеня їх протидії негативним впливам зовнішнього середовища; умов експлуатації ТЗ [6] та взаємодії моделей параметрів транспортної інфраструктури і інфраструктури автомобільних доріг [7]. Формально, це виглядає так:

$$\begin{array}{ccc}
 \Omega_{T3} = F(\Omega_{T3} + \Omega_{BT3}) & \xrightarrow{F_{T3 \rightarrow T3UE+BT3}} & \Omega_{T3 UE} \\
 \Omega_{UE} \xrightarrow{F_{UE \rightarrow T3UE}} & & \\
 \Omega_{TI, IAD} = F(\Omega_{TI} + \Omega_{IAD}) & \xrightarrow{F_{TI, IAD \rightarrow TI+IAD}} & \Omega_{T3 UE}
 \end{array} \quad (1)$$

де Ω_{T3} - множина моделей параметрів технічного стану ТЗ, як $\Omega_{T3} = F(\Omega_{T3} + \Omega_{BT3})$ системна взаємодія параметрів технічного стану ТЗ і водія, що, в свою чергу, пов'язана з процесом трансформації інформації про параметри технічного стану ТЗ і процесами, які залежать від можливостей водія, технічних даних ТЗ і ступеня їх протидії негативним впливам зовнішнього середовища; Ω_{BT3} - множина моделей стану людини (водія) ТЗ; Ω_{UE} - множина моделей параметрів умов експлуатації ТЗ; $\Omega_{TI, IAD} = F(\Omega_{TI} + \Omega_{IAD})$ - множина моделей параметрів транспортної інфраструктури і інфраструктури автомобільних доріг; $\Omega_{T3 UE}$ - множина моделей параметрів технічного стану ТЗ у відповідних умовах експлуатації; $F_{T3 \rightarrow T3UE+BT3}$ - функціональне відображення моделей параметрів технічного стану ТЗ і водія ТЗ; $F_{T3 \rightarrow T3UE}$ - функціональне відображення моделей параметрів технічного стану ТЗ; $F_{TI, IAD \rightarrow TI+IAD}$ - функціональне відображення моделей параметрів транспортної інфраструктури і інфраструктури автомобільних доріг.

Вважаємо доцільним поєднати в множину моделей Ω_{T3} параметрів технічного стану ТЗ в умовах експлуатації саме Ω_{T3} у взаємодії з Ω_{BT3} . При цьому, у відповідності до положень [6], виходимо з того, що функціонування єдиної системи ТЗ і людини (водія) $F(\Omega_{T3} + \Omega_{BT3})$ змінюється в умовах

експлуатації у вигляді техніко-економічних показників ТЗ. При цьому розуміємо, що система адаптується до різних умов експлуатації, змінюючи свої експлуатаційні властивості [6]. Також, вважаємо доцільним, поєднати всі впливи оточуючого середовища на ТЗ вигляді зміни моделей умов експлуатації, моделей параметрів транспортної інфраструктури і інфраструктури автомобільних доріг у вигляді множини моделей $\Omega_{\Sigma VE}$ параметрів умов експлуатації ТЗ.

На основі викладеного, у загальному уніфікованому вигляді процес моніторингу технічного стану ТЗ в умовах експлуатації є процесом трансформації інформації стану і процесів функціонування ТЗ та умов його експлуатації. Формально [8], відображення має вигляд:

$$\begin{array}{ccc} \Omega_{\Sigma T3} & \xrightarrow{F_{\Sigma T3 \rightarrow \Sigma T3VE}} & \dots \Omega_{\Sigma T3 VE}, \\ \Omega_{\Sigma VE} & \xrightarrow{F_{\Sigma VE \rightarrow \Sigma T3VE}} & \end{array} \quad (2)$$

де $\Omega_{\Sigma T3}$ - множина сукупних моделей параметрів технічного стану ТЗ; $\Omega_{\Sigma VE}$ - множина сукупних моделей параметрів умов експлуатації ТЗ; $\Omega_{\Sigma T3 VE}$ - множина сукупних моделей параметрів технічного стану ТЗ у відповідних умовах експлуатації; $F_{\Sigma T3 \rightarrow \Sigma T3VE}$ - функціональне відображення сукупних моделей параметрів технічного стану ТЗ; $F_{\Sigma VE \rightarrow \Sigma T3VE}$ - функціональне відображення сукупних моделей параметрів умов експлуатації ТЗ.

В процесі проведення синтезу і аналізу, формування можливих варіантів моделей інформаційної системи моніторингу автомобілі в умовах експлуатації в частинах забезпечення виконання: ідентифікації ТЗ, збирання даних про технічний стан ТЗ, проведення моніторингу і прогнозування параметрів технічного стану ТЗ, ідентифікації умов експлуатації ТЗ, діагностування стану ТЗ, перевірки відповідності стану ТЗ, використано морфологічний аналіз [9].

Особливість зазначеного аналізу полягає в тому, що в досліджуваній системі для формування основної морфологічної формули інформаційної системи моніторингу автомобілі в умовах експлуатації виділяються декілька характерних для неї основних характеристик функціональних елементів - морфологічних ознак, за кожною з котрих було попередньо складено максимально повний перелік різних відповідних варіантів (альтернатив) технічного вираження наведених ознак [9]. Для кожної морфологічної ознаки наводяться характерні властивості класифікацій, особливостей конструкції автомобіля, складових системи моніторингу, умов експлуатації тощо, від яких залежить вирішення задачі дослідження і досягнення основної мети функціонування досліджуваної системи в умовах експлуатації.

Для зручнішого використання морфологічної ознаки інформаційної системи моніторингу автомобілі в умовах експлуатації розташовуємо у вигляді морфологічної матриці. Для кожного з функціональних елементів інформаційної системи моніторингу автомобілів в умовах експлуатації [10], для адаптації за особливими властивостями до ТЗ основні морфологічні ознаки, від яких залежить досягнення поставленої мети, показані в табл. 1. В морфологічній матриці [9] схем інформаційної системи моніторингу ТЗ в умовах експлуатації для функціонального елемента «Автомобіль (ТЗ)» виділено 12 ознак, причому для класифікаційного елемента «легковий автомобіль» додатково виділено 4 ознаки, для класифікаційного елемента «автобус» - 1; для класифікаційного елемента «вантажний автомобіль» - 2 ознаки.

Для функціонального елемента «Двигун автомобіля (ТЗ)» виділені 4 ознаки. Для функціонального елемента «Оснащення ТЗ інформаційно-комунікаційним обладнанням» - 3 ознаки. Для функціонального елемента «Зовнішні мережі» 1 ознака в 4-х варіантах. Для функціонального елемента «Моніторингу стану ТЗ і умов експлуатації» також виділені 3 ознаки. Для кожної з 23 морфологічних ознак системи вибрано основні варіанти їх реалізації (від 2 до 10). Зміна конструктивного вираження конкретного варіанту будь якої з 23 ознак формує нову схему забезпечення інформаційної системи моніторингу ТЗ в умовах експлуатації.

У відповідності до положень [5, 9] метод дослідження, оснований на морфології складових об'єктів системи моніторингу і дозволяє системно аналізувати різні структури об'єкту – системи моніторингу, що впливають із закономірностей їх будови. Кількість можливих схем інформаційної системи моніторингу ТЗ в умовах експлуатації у випадку використання створеної морфологічної матриці складає:

- для легкового автомобіля (ТЗ): $N = 8 \cdot 4 \cdot 7 \cdot 9 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 6 \cdot 4 \cdot 10 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 6 = 4,749 \cdot 10^{13}$;
- для автобусу: $N = 8 \cdot 4 \cdot 7 \cdot 5 \cdot 4 \cdot 10 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 6 = 1,691 \cdot 10^{12}$;
- для вантажного автомобіля (ТЗ): $N = 8 \cdot 4 \cdot 7 \cdot 10 \cdot 7 \cdot 4 \cdot 10 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 6 = 2,368 \cdot 10^{13}$, а для одного варіанту ТЗ при використанні морфологічної матриці в частині оснащення ТЗ інформаційно-комунікаційним обладнанням, зовнішніх мереж, моніторингу стану ТЗ і умов експлуатації: $N_I = 768$. Для аналогічного варіанта при додатковому використанні морфологічної матриці в частині двигун автомобіля (ТЗ): $N_{II} = 12288$. Так, схема інформаційної системи моніторингу для ТЗ (як приклад) KIA CEE'D 2.0 5MT2 з інжекторним бензиновим двигуном в умовах експлуатації включає такі сполучення визначених ознак:

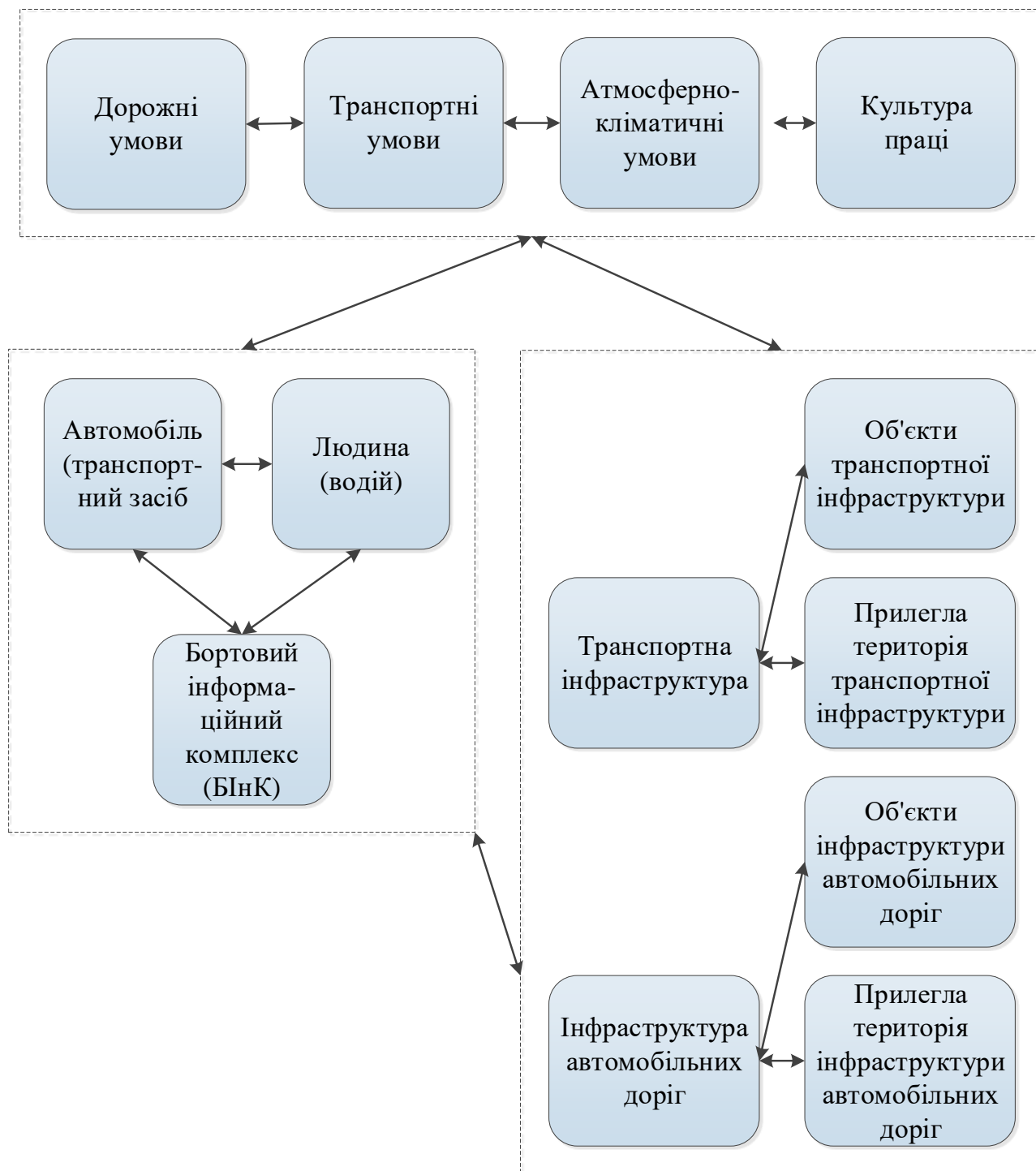


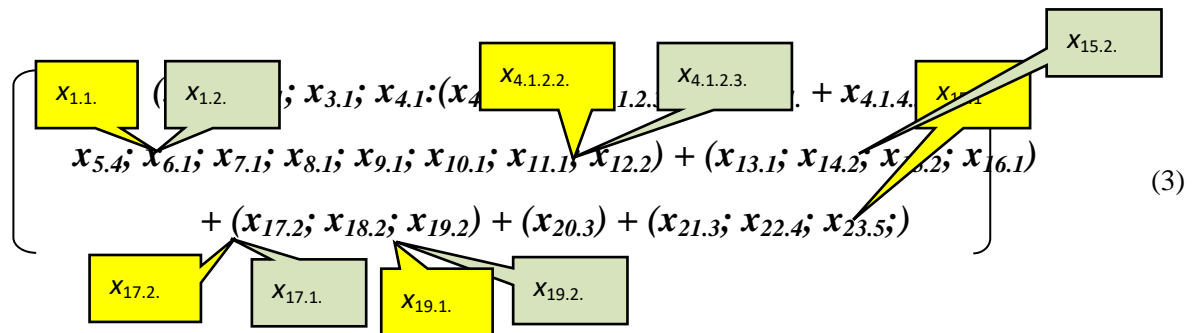
Рис. 1. Загальна схема системної взаємодії системи «водій - автомобіль - умови експлуатації - інфраструктура експлуатації автомобіля (транспортна і автомобільних доріг)», в умовах ITS

Морфологічна матриця схем ТЗ в умовах експлуатації

Автомобіль (ТЗ)	1. Вид палива автомобіля	1.1. Бензин	1.2. Дизель-не паливо	1.3. Природний газ	1.4. Нафтовий газ	1.5. Біологічні палива	1.6. Спиртові палива	1.7. Водень	1.8. Електрична енергія					
	2. Агрегатний стан палива автомобіля	2.1. Рідкий		2.2. Газоподібний		2.3. Газорідний		2.4. Багатопаливний (комбінований)						
	3. Спосіб зберігання палива автомобіля	3.1. При нормальних умовах	3.2. При високому тиску	3.3. При низьких температурах	3.4. Електричні батареї і конденсатори	3.5. Сонячні батареї	3.6. Паливний елемент	3.7. Електрохімічний генератор						
	4. Тип автомобіля (ТЗ)		4.1. Легковий		4.2. Автобус		4.3. Вантажний		4.4. Спеціальний					
	4.1. Легковий	4.1.1. Тип кузова	4.1.1.1. Седан	4.1.1.2. Хетчбек	4.1.1.3. Універсал	4.1.1.4. Вагон	4.1.1.5. Лімузин	4.1.1.6. Кабріолет	4.1.1.7. Мінівен	4.1.1.8. Купе	4.1.1.9. Родстер			
		4.1.2. Літраж двигуна	4.1.2.1. Особливо малий клас – до 1,2 л		4.1.2.2. Малий клас - 1,2...1,8 л		4.1.2.3. Середній клас - 1,8...3,5 л		4.1.2.4. Великий клас – більше 3,5 л					
		4.1.3. Тип при вод	4.1.3.1. Передній			4.1.3.2. Задній		4.1.3.3. Повний						
		4.1.4. В залежності від габаритних розмірів	4.1.4.1. Клас А + - малогабаритні чотири- та п'ятимісні легкові автомобілі, довжина яких не перевищує 3,7 м, а ширина - 1,6 м.		4.1.4.2. Клас В + - легкові автомобілі довжиною 3,7-4,3 м, шириною до 1,7 м. Найчастіше вони оснащуються кузовом хетчбек (3 або 5 дверей) і переднім приводом.		4.1.4.3. Клас С + - легкові автомобілі довжиною 4,2-4,5 м, шириною 1,7-1,8 м.		4.1.4.4. Клас D + - легкові автомобілі довжиною 4,5-4,8 м, шириною 1,7-1,8 м.		4.1.4.5. Клас E + - легкові автомобілі довжиною 4,8-5 м, шириною більше 1,8 м.	4.1.4.6. Клас F + складається з автомобілів завдовжки понад 5 м, шириною понад 1,8 м.		
		4.2. Автобус	4.2.1.1. Особливо малий клас (до 5 м.)		4.2.1.2. Малий клас (від 6,0 до 7,5 м.)		4.2.1.3. Середній клас (8,0 до 9,5 м.)		4.2.1.4. Великий клас (10,5 до 12,0 м.)		4.2.1.5. Особливо великий клас (16,5 м. і більше)			
	4.3. Вантажний	4.3.1. Тип АТЗ	4.3.1.1. Бортовий	4.3.1.2. Самосвальний	4.3.1.3. Цистерна	4.3.1.4. Фургон	4.3.1.5. Тягач	4.3.1.6. Бортовий тентований	4.3.1.7. Бетонозмішувач	4.3.1.8. Авто-рефрижератор	4.3.1.9. Автовоз	4.3.1.10. Контейнеровоз		
4.3.2. Повна маса		4.3.2.1. До 1,2 т.		4.3.2.2. Від 1,2 до 2,0 т.		4.3.2.3. Від 2,0 до 8,0 т.		4.3.2.4. Від 8,0 до 14,0 т.		4.3.2.5. Від 14,0 до 20,0 т.		4.3.2.6. Від 20,0 до 40,0 т.		4.3.2.7. Більше 40,0 т.
5. Тип причепа	5.1. Причеп			5.2. Напівпричеп		5.3. Декілька причепів			5.4. Без причепа					
6. Категорія АТЗ	6.1. M ₁	6.2. M ₂	6.3. M ₃	6.4. N ₁	6.5. N ₂	6.6. N ₃	6.7. O ₁	6.8. O ₂	6.9. O ₃	6.10. O ₄				
7. Модель автомобіля (ТЗ)	7.1. Базова модель				7.2. Похідна модель			7.3. Модифікація моделі						

	8. Колісна формула	8.1. 4 x 2	8.2. 4 x 4	8.3. 6 x 4	8.4. 6 x 6
	9. За кількістю осей	9.1. Двохосний	9.2. Трьохосний	9.3. Чотирьохосний	9.4. П'ятиосний і більше
	10. За способом пристосованості до роботи в різних дорожніх умовах	10.1. Дорожні	10.2. Підвищеної прохідності	10.3. Всюдиходи	10.4. Позашляховики
	11. Наявність OBD-рознімання	11.1. Автомобіль (ТЗ) оснащений OBD-розніманням		11.2. Автомобіль (ТЗ) не оснащений OBD-розніманням	
	12. Наявність додаткового трекера - комунікатора	12.1. Автомобіль (ТЗ) додатково оснащений трекером - комунікатором		12.2. Автомобіль (ТЗ) додатково не оснащений трекером - комунікатором	
Двигун автомобіля (ТЗ)	13. Оснащення штатними датчиками і ЕБУ	13.1. Автомобільний двигун оснащений штатними датчиками і ЕБУ		13.2. Автомобільний двигун не оснащений штатними датчиками і ЕБУ	
	14. Оснащення додатковими датчиками	14.1. Автомобільний двигун оснащений додатковими датчиками, адаптованими для встановлення трекера - комунікатора		14.2. Автомобільний двигун не оснащений додатковими датчиками, адаптованими для встановлення трекера - комунікатора	
	15. Здатність ПЗ ЕБУ повідомляти VIN-код ТЗ при під'єднанні OBD - сканера	15.1. ПЗ ЕБУ здатне повідомляти VIN-код ТЗ при під'єднанні OBD - сканера		15.2. ПЗ ЕБУ не здатне повідомляти VIN-код ТЗ при під'єднанні OBD - сканера	
	16. Оснащення системи випуску двигуна каталітичним нейтралізатором і відповідними для ТЗ датчиками	16.1. Системи випуску двигуна оснащена каталітичним нейтралізатором і відповідними для ТЗ датчиками, а саме температури і напруги на датчику O2 (лямбда-датчик)		16.2. Системи випуску двигуна не оснащена каталітичним нейтралізатором і (або) не оснащена відповідними для ТЗ датчиками, а саме температури і напруги на датчику O2 (лямбда-датчик)	
Оснащення ТЗ інформаційно-комунікаційним обладнанням	17. Оснащення ТЗ інформаційним монітором	17.1. ТЗ оснащено штатним інформаційним монітором		17.2. ТЗ не оснащено штатним інформаційним монітором, а потребує встановлення додаткового	
	18. Оснащення ТЗ GPS модулем	18.1. ТЗ оснащено штатним GPS модулем		18.2. ТЗ не оснащено штатним GPS модулем, а потребує встановлення додаткового (наприклад, в OBD – сканері або в інформаційному монітору)	
	19. Оснащення ТЗ засобами інтелектуалізації	19.1. ТЗ оснащений додатковими штатними засобами інтелектуалізації		19.2. ТЗ не оснащений додатковими штатними засобами інтелектуалізації	

Зовнішні мережі	20. Використання інформаційної інфраструктури і додаткового ПЗ	20.1. Використання інформаційної транспортної інфраструктури	20.2. Використання інфраструктури автомобільних доріг	20.3. Спільне використання інформаційної транспортної інфраструктури і інфраструктури автомобільних доріг	20.4. Не використання інформаційної транспортної інфраструктури і інфраструктури автомобільних доріг	
Моніторинг стану ТЗ і умов експлуатації	21. Моніторинг параметрів стану ТЗ	21.1. Моніторинг параметрів стану ТЗ за допомогою штатного обладнання ТЗ		21.2. Моніторинг параметрів стану ТЗ за допомогою додаткового трекера - комунікатора	21.3. Моніторинг параметрів стану ТЗ за допомогою OBD - сканера	21.4. Моніторинг параметрів стану ТЗ за допомогою додаткового трекера - комунікатора і OBD - сканера
	22. Отримання інформації від учасників руху ТЗ	22.1. Опитування водія ТЗ за допомогою БІНК	22.2. Опитування учасників процесу моніторингу ТЗ	22.3. Отримання інформації з електронних джерел інформації інфраструктури	22.4. Спільне використання інформації в результаті опитування водія ТЗ за допомогою БІНК, учасників процесу моніторингу ТЗ, а також отримання інформації з електронних джерел інформації інфраструктури	
	23. Моніторинг умов експлуатації ТЗ в умовах ITS	23.1. Моніторинг дорожніх умов	23.2. Моніторинг транспортних умов	23.3. Моніторинг атмосферно-кліматичних умов	23.4. Моніторинг культури експлуатації	23.5. Моніторинг дорожніх, транспортних і атмосферно-кліматичних умов і культури експлуатації ТЗ



Для проведення досліджень жовтим кольором в стрілках у формулі (3) позначені варіативні складові морфологічних формул з різною компоновкою для ТЗ Hyundai i30 1.4 MT (GD), а зеленим кольором в стрілках - для ТЗ (як приклад) Volkswagen Golf VII GTD 2.0 TDI. Тобто формула (3) прийняла вигляд для ТЗ (як приклад) Hyundai i30 1.4 MT (GD) (4):

$$\left[\begin{aligned}
 & (x_{1.1}; x_{2.1}; x_{3.1}; x_{4.1}; (x_{4.1.2.2} + x_{4.1.2.3} + x_{4.1.3.1} + x_{4.1.4.3}); \\
 & x_{5.4}; x_{6.1}; x_{7.1}; x_{8.1}; x_{9.1}; x_{10.1}; x_{11.1}; x_{12.2}) + (x_{13.1}; x_{14.2}; x_{15.1}; x_{16.1}) \\
 & + (x_{17.2}; x_{18.2}; x_{19.1}) + (x_{20.3}) + (x_{21.3}; x_{22.4}; x_{23.5})
 \end{aligned} \right] \tag{4}$$

і для ТЗ Volkswagen Golf VII GTD 2.0 TDI:

$$\left[\begin{aligned}
 & (x_{1.2}; x_{2.1}; x_{3.1}; x_{4.1}; (x_{4.1.1.2} + x_{4.1.2.3} + x_{4.1.3.1} + x_{4.1.4.3}); \\
 & x_{5.4}; x_{6.1}; x_{7.1}; x_{8.1}; x_{9.1}; x_{10.1}; x_{11.1}; x_{12.2}) + (x_{13.1}; x_{14.2}; x_{15.2}; x_{16.1}) \\
 & + (x_{17.1}; x_{18.2}; x_{19.2}) + (x_{20.3}) + (x_{21.3}; x_{22.4}; x_{23.5})
 \end{aligned} \right] \tag{5}$$

При формуванні можливих варіантів інформаційної моделі моніторингу ТЗ в умовах експлуатації кожна з виділених схем розглядається як ефективний спосіб забезпечення її дієвості для ТЗ, які на сьогодні складають основу існуючого парку легкових, вантажних ТЗ і автобусів України.

Висновки

Сформована модель системи моніторингу автомобіля в умовах експлуатації на основі загального підходу до дослідження структури «водій - автомобіль - умови експлуатації - інфраструктура експлуатації автомобіля (транспортна інфраструктура і автомобільних доріг)». Завдяки формуванню системної взаємодії в системі забезпечено включення і взаємодія складових компонентів моніторингу: ТЗ (автомобіля) з водієм і БІНК; умов експлуатації ТЗ (дорожні, транспортні, атмосферно-кліматичні умови і культура праці); транспортної інфраструктури і інфраструктури автомобільних доріг.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] В. П. Волков, О. Я. Никонов, Ю. В. Волков, Перспективы внедрения адаптивной системы технического обслуживания автомобилей, *Сборник докладов XX научно-технической конференции с международным участием "Транспорт, экология-устойчивое развитие."* - Варна, Болгария. – 2014. – С. 404 – 409.
- [2] И. И. Зубрицкас, *Адаптивная система управления техническим состоянием автомобилей*, Монография. Деп. ВИНТИ, № 555 – В2004.05.04.2004 г. – 136 с.
- [3] В. С. Степанянц, «Об адаптивной системе технического обслуживания и ремонта опасных производственных объектов, основанной на методах теории надёжности и информационной технологии», *Предотвращение аварий зданий и сооружений* – 2009. [Электронный ресурс] – Режим доступа к журналу: <http://www.pamag.ru/pressa/adpt-sistem>.
- [4] В. П. Волков, В. П. Матейчик, И. В. Грицук [и др.], *Интеллектуальные системы управления работоспособностью автомобилей*. – Харьков: Майдан, 2016. – 503 с.
- [5] Н. Я. Говорушенко, *Техническая эксплуатация автомобилей*. – Харьков: Вища шк. Изд-во при Харьк. ун-те, 1984. – 312 с.
- [6] Н. Я. Говорушенко, *Системотехника автомобильного транспорта (расчетные методы исследований)*: монография. Харьков: ХНАДУ, 2011. – 292 с.
- [7] В. В. Алексеев, Н. И. Куракина, Н. В. Орлова, А. А. Минина, ГИС мониторинга транспортных сетей [Электронный ресурс]. *Геоинформационные системы для бизнеса и общества*. №2 (69). 2014 // Режим доступа: https://www.dataplus.ru/news/arcreview/detail.php?ID=17802&SECTION_ID=1058.
- [8] Т. Е. Троицкий-Марков, Д. В. Сенновский, Принципы построения системы мониторинга энергоэффективности. *Мониторинг. Наука и безопасность*. – 2011. – № 4. – С. 34-39.
- [9] М. Ф. Дмитриченко, В. П. Матейчик, О. К. Грицук и др., *Методы системного анализа vlastивостей автомобильной техники*: навч. посіб. – К.: НТУ, 2014. – 168.
- [10] А. М. Шейнин, *Методы определения и поддержания надежности автомобилей в эксплуатации*. – М.: Транспорт, 1968. – 168 с.

Волков Володимир Петрович – д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри технічної експлуатації та сервісу автомобілів, e-mail: volf-949@ukr.net;

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків.

Грицук Ігор Валерійович – д-р техн. наук, професор, професор кафедри експлуатації суднових енергетичних систем, e-mail: griksuk_iv@ukr.net;

Херсонська державна морська академія, м. Херсон.

Грицук Юрій Валерійович – канд. техн. наук, доцент кафедри загальної інженерної підготовки, e-mail: yuri.griksuk@gmail.com;

Донбаська національна академія будівництва і архітектури, м. Краматорськ.

Волкова Тетяна Вікторівна – канд. техн. наук, доцент кафедри транспортних технологій, e-mail: wolf949@ukr.net;

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків.

Кужель Володимир Петрович – канд. техн. наук, доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, e-mail: kuzhel2017@gmail.com;

Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Волков Юрій Володимирович – інженер кафедри автомобільної електроніки, e-mail: yura_volkov_88@mail.ua;

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків.

V. Volkov¹
I. Gritsuk²
Yu. Gritsuk³
T. Volkova¹
V. Kuzhel⁴
Yu. Volkov¹

General approach to the formation of models of the assessment of the technical condition of a car under the conditions of operation

¹Kharkivsky National Automobile and Highway University

²Kherson State Maritime Academy

³Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

⁴Vinnitsia National Technical University

The current state of the existing system of maintenance and repair of vehicles is considered. It has been shown that the existing maintenance and repair system was formed on the basis of a simplified model of the functioning of the transport infrastructure and no longer meets the modern requirements because it has an inflexibility in terms of ensuring the trouble-free operation of the car on the line, which manifests itself in the uniformity of approach to cars of all ages: a list of operations and periodicity of TO are identical for a new car and for a car before its major repair and cancellation. As of today, the development of new types of transportation has led to an increase in the time spent in the rolling stock far from the main production base, and, as a result, increased the role of preventive maintenance vehicles. Therefore, a promising direction is the adaptive system of maintenance and repair of rolling stock of motor transport in which forecasting can be carried out on the basis of the results of processing of diagnostic information in accordance with the scheme of forecasting and control of the technical condition of the car.

The aim of the work is to develop modern methods and tools that allow remote control of the technical condition of the vehicle, taking into account operating conditions and assess its level of performance.

The proposed approach to the control of the technical condition of rolling stock, which is to create information systems for organizational and functional support of technical operation processes. The introduction of the new basic principles of the "adaptive" vehicle technical condition management system, the key point of which is the development of an information and communication system and a base of predictive models that, by monitoring, remotely retrieve the necessary current information from the substation and its processing, as well as corrective influences.

Ultimately, it was concluded that the generated model of the vehicle monitoring system under operating conditions is based on a general approach to the study of the driver-vehicle structure-operating conditions infrastructure of the vehicle operation (transport and highways).

Keywords: automobile, vehicle, technical condition, maintenance and service, operating conditions, monitoring, adaptive system.

Volkov Volodymyr – Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of the department of technical operation and service of cars, e-mail: volf - 949@ukr.net;

Gritsuk Igor – Dr. Sc. (Eng.), Professor, Department of Operation of Ship Power Systems, e-mail: gritsuk iv@ukr.net;

Gritsuk Yuriy – PhD, Associate Professor, Associate Professor of General Engineering Training, e-mail: yuri.gritsuk@gmail.com;

Volkova Tetyana – PhD, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Transport Technologies, e-mail: wolf949@ukr.net;

Kuzhel Volodymyr – PhD, Associate Professor, Associate Professor of Automobiles and transport management department, e-mail: kuzhel2017@gmail.com;

Volkov Yuri – Engineer, Automotive Electronics Department, e-mail: yura_volkov 88@mail.ua.

В. П. Волков¹
 И. В. Грицук²
 Ю. В. Грицук³
 Т. В. Волкова¹
 В. П. Кужель⁴
 Ю. В. Волков¹

Общий подход к формированию моделей оценки технического состояния автомобиля в условиях эксплуатации

¹Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

²Херсонская государственная морская академия

³Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

⁴Винницкий национальный технический университет

Рассмотрены современное состояние существующей системы ТО и ремонта транспортных средств. Показано, что существующая система ТО и ремонта сформировалась на базе упрощенной модели функционирования транспортной инфраструктуры и уже не отвечает современным требованиям том, что в ней присутствует негибкость в части обеспечения безотказной работы автомобиля на линии, проявляется в однообразии подхода к автомобилям разного возраста: перечень операций и периодичность ТО идентичны для нового автомобиля и для автомобиля перед его капитальным ремонтом и списанием. По состоянию на сегодняшний день развитие новых видов перевозок приводил к увеличению времени пребывания подвижного состава (ПС) далеко от основной производственной базы, и, вследствие этого, повышалась роль профилактического ТО автомобилей. Поэтому перспективным направлением является адаптивная система технического обслуживания и ремонта подвижного состава автомобильного транспорта, в которой прогнозирования может проводиться на основании результатов обработки диагностической информации в соответствии со схемой прогнозирования и управлением техническим состоянием автомобиля.

Целью работы является разработка современных методов и средств, которые позволяют дистанционно осуществлять контроль технического состояния автомобиля с учетом эксплуатационных условий и оценивать уровень его работоспособности.

Предложен подход к контролю технического состояния подвижного состава, которое заключается в создании информационных систем организационно-функциональной поддержки процессов технической эксплуатации. Внедрение в техническую эксплуатацию автомобилей новых базовых принципов "адаптивной" системы управления техническим состоянием автомобиля, ключевым моментом которой, есть разработка информационно-коммуникационной системы и базы прогнозных моделей, которые обеспечивают путем мониторинга дистанционное получение необходимой текущей информации от ПС и ее обработку, а также выработку корректирующих влияний.

В конечном итоге сделан вывод, что сформирована модель системы мониторинга автомобиля в условиях эксплуатации на основе общего подхода к исследованию структуры "водитель - автомобиль - условия эксплуатации - инфраструктура эксплуатации автомобиля (транспортная и автомобильных дорог)".

Ключевые слова: автомобиль, транспортное средство, техническое состояние, ТО и Р, условия эксплуатации, мониторинг, адаптивная система.

Волков Владимир Петрович – д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедры технической эксплуатации и сервиса автомобилей, e-mail: volf - 949@ukr.net;

Грицук Игорь Валериевич – д-р техн. наук, профессор кафедры эксплуатации судовых энергетических систем, e-mail: gritsuk iv@ukr.net;

Грицук Юрий Валериевич – канд. техн. наук, доцент кафедры общей инженерной подготовки, e-mail: yuri.gritsuk@gmail.com;

Волкова Тельяна Викторовна – канд. техн. наук, доцент кафедры транспортных технологий, e-mail: wolf949@ukr.net;

Кужель Владимир Петрович – канд. техн. наук, доцент кафедры автомобилей и транспортного менеджмента, e-mail: kuzhel2017@gmail.com;

Волков Юрий Владимирович – инженер кафедры автомобильной электроники, e-mail: yura_volkov88@mail.ua.