УДК 629.331

В.В. Аулін, к.ф.-м.н., проф.
С.В. Лисенко, к.т.н., доц.
І.В. Бичовий, аспір.
Кіровоградський національний технічний університет

ВИЯВЛЕННЯ СУКУПНОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ ЕСКД, ЩО ОБМЕЖУЮТЬ НАДІЙНІСТЬ АВТОМОБІЛЯ

Дано аналіз проблеми надійності елементів електронної системи керування двигуном (ЕСКД) та вплив її на надійність автомобіля в цілому. Показано, що її розв'язок зв'язків з ступенем повноти інформації про надійність. При побудові математичних моделей використовується minmax або maxmin підхід. Розроблено методику виявлення відмов та несправностей елементів ЕСКД автомобіля, дана їх класифікація і розглянуті її етапи та кроки. Наведено загальний вигляд представлення вихідних даних і оціночних показників процедури виявлення елементів ЕСКД, що обмежують надійність.

Ключові слова. *Автомобіль, двигун, надійність, математична модель.*

Вступ. Постановка проблеми. При реальній експлуатації електронних систем керування двигуном (ЕСКД) виникають певні труднощі в підтримці заданого рівня їх працездатності, пов'язані з недостатньо повним відпрацюванням нормативно-технічної документації (НТД), стосується обґрунтованості режимів (періодів) обслуговування елементів ЕСКД та повноти їх контролю як на рівні приладового забезпечення, так і на рівні візуального контролю, а також врахування надійності ЕСКД при оцінці надійності автомобіля в цілому.

Проведені оглядові дослідження дозволили проаналізувати принципи і методи формування раціональних режимів обслуговування елементів автомобіля, переважна більшість яких дозволяє ефективно вирішувати дані питання в умовах наявності повної інформації про надійність обстежуваних елементів. У той же час в практиці формування режимів обслуговування складних систем, до яких належать і ЕСКД, постає ціле коло завдань, вирішення яких передбачає наявність неповної інформації про надійність. Така ситуація виникає, як правило, на початковому періоді експлуатації систем вимагає розробки спеціальних прикладних математичних методів дослідження заснованих на minmax підходах. Їх використання дозволяє простежити за якісним поліпшенням показників обслуговування і забезпечити послідовне поліпшення формування нормативів по мірі зменшення ступеня неповноти використовуваної інформації про надійність досліджуваної системи. У міру накопичення інформації про надійність елементів ЕСКД і відповідному зниженні ступеня її неповноти забезпечується уточнення режимів обслуговування із застосуванням моделей які базуються на використанні повної інформації про надійність систем.

В межах теоретичних досліджень передбачається розробка математичних моделей і методик формування режимів обслуговування ЕСКД в умовах обмеженої інформації з подальшим переходом на методи (по мірі накопичення даних), що базуються на використанні повної інформації про надійність досліджуваних технічних систем. Такий підхід дозволяє забезпечити якісне поліпшення формування нормативів умови освоєння нової автомобільної техніки з ЕСКД.

На наступному етапі здійснюється розробка методики виявлення елементів ЕСКД лімітуючих її надійність, яка комплексно враховує якісні та кількісні характеристики показників надійності по всій сукупності елементів. Разом з попереднім етапам результати теоретичних досліджень є основою для третього етапу, що передбачає угруповання періодичностей контролю технічного стану елементів ЕСКД з метою подальшого формування раціональних режимів обслуговування ЕСКД.

Метою даної роботи є розробка методики формування та групування в однорідні класи оптимальних періодичностей контролю технічного стану елементів, які лімітують надійність ЕСКД в умовах початкової стадії освоєння нової автомобільної техніки та подальшої її

© В.В. Аулін, С.В. Лисенко, І.В. Бичовий, 2014

Викладення основного матеріалу. У процесі експлуатації та обслуговування складних технічних систем, до яких відносяться ЕСКД автомобіля виникає необхідність у розробці правил (стратегій) обслуговування таких систем. На стадії початкового виробництва автомобілів з такими системами має місце відсутність повної інформації про їх надійність для широкого спектру умов та інтенсивності експлуатації, особливо на початковому періоді. Такі особливості вимагають розробки і використання спеціальних методів і моделей оптимізації стратегій обслуговування, заснованих на minmax підходах. Дійсно, на початковому періоді виробництва та експлуатації випробування на надійність передбачають визначення в основному лише оцінок числових

характеристик (наприклад, середній час напрацювання на відмову, середній час безвідмовної роботи і т. д.) і по можливості емпіричних функцій розподілу часу безвідмовної роботи елементів. Таким чином, при визначенні оптимальних стратегій і режимів обслуговування складних технічних систем на початковому етапі необхідно припускати, що функції розподілу часу безвідмовної роботи елементів належать класу розподілів з фіксованими математичними очікуваннями або математичними очікуваннями, що належать деяким довірчим інтервалам.

У процесі визначення оптимальних режимів обслуговування не можна орієнтуватися на усереднені показники і відповідно усереднені функції розподілу безвідмовності, але слід враховувати найгірші варіанти. Таким чином виникають протиріччя характерні для теорії ігор, яка передбачає для будь-якого обраного варіанта обслуговування системи, вибір «противником» найгіршого варіанту щодо надійності системи та індикації відмов. Тому для вирішення завдання вибору стратегії і режимів обслуговування у зазначених умовах доцільно використовувати принцип maxmin або minmax, що забезпечує отримання оптимальних значень показника якості функціонування системи (коефіцієнта готовності, середніх питомих втрат або середнього питомого прибутку і т. д.).

Даний метод дозволяє простежити поліпшення показників обслуговування в міру зростання повноти використовуваної інформації про надійність системи. При цьому величина minmax (maxmin) забезпечує отримання гарантованих показників якості, оскільки для обраних термінів і періодичності профілактичних та відновлювальних робіт будь-якого варіанта із заданого класу характеристик надійності показники якості не більше (для minmax) або менше (для maxmin) цих значень. Основою формування раціональних режимів обслуговування об'єктів є, як відомо, умови і режими їх експлуатації, характеристики показників надійності і вартісні чинники що відображають витрати на профілактичні та ремонтні роботи і ряд інших показників. Параметри, що характеризують ймовірність виникнення відмов можна подати у вигляді вектора напрацювань на відмову: $L = (l_1,...,l_n)$, вектора зміни ймовірності виникнення відмов і несправностей залежно від напрацювання: $Q = (q_1,...,q_n)$,

В умовах обмеженої інформації про надійність елементів ЕСКД і, особливо, закономірностей розподілу їх напрацювань на відмови і несправності, для формування оптимальних режимів контролю технічного стану можна ефективно використати методи оптимізації, що базуються на застосуванні minmax стратегій обслуговування [2–6]. При цьому на початковому етапі отримання інформації дані вектори можна подати у взаємозв'язку у вигляді ступінчастої функції та гістограми представленої на рисунку 1.

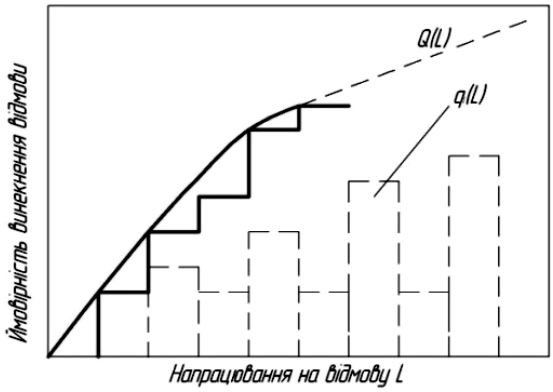

Рис. 1. Схема зміни дрібно-ступінчастою функції ймовірності виникнення відмов і несправностей на початковому етапі збору вихідних даних про надійність елементів

$$\text{ЕСКД: } F(l) = P(L \le l) = 1 - Q(L) \quad \sum_{i=1}^{n} P_i(L) = \sum_{i=1}^{n} (1 - q_i(L))$$

Обґрунтування необхідності використання даних методів полягає в тому, що моменти профілактичних (і відновлювальних) робіт слід вибирати таким чином, щоб мінімізувати максимум можливих витрат при функціонуванні системи, відповідний найгіршим варіантом характеристик надійності розглянутих елементів автомобіля. При цьому, на першому етапі формується сукупність раціональної періодичності обслуговування окремих елементів ЕСКД автомобіля, а потім, здійснюється формування раціональної періодичності вже підсистем і системи ЕСКД в цілому.

На початковому етапі, для простоти побудови і опису моделі формування раціональних режимів контролю технічного стану елементів ЕСКД, надійністні характеристики (напрацювання на відмови і несправності) розглядаються з точки зору тимчасового фактора. Надалі, при остаточній побудові цільової функції, тимчасові характеристики приведені до пробігових розмірностей та розглядається регенеруючий аперіодичний випадковий процес, що передбачає переходи елементів ЕСКД з непрацездатних станів у працездатний. Випадковий процес $X(t)$, що описує стан досліджуваних елементів ЕСКД виглядає наступним чином:

$$X(t)=\begin{cases} A_0,\ елемент\ працездатний\ і\ до\ відмови\ напрацьовує\ t \geq z, z \geq 0; \\ A_1, елемент\ працездатний\ і\ до\ відмови\ напрацьовує\ t \leq z, z \geq 0; \\ A_2, в\ момент\ t\ по\ елементу\ проводиться\ позаплановий\ ремонт; \\ A_3,\ в\ момент\ t\ по\ елементу\ проводиться\ профілактичне\ обслуговування; \end{cases} \quad (1)$$

Можна бачити, що для регенеруючих процесів $z_k = t_k - t_{k-1}, k \geq 1, t_0 = 0$. При цьому, t_1, t_2 ,... є послідовними моментами регенерації. Графік станів ЕСКД, що описується функцією $X(t)$ представлено на рисунку 2.

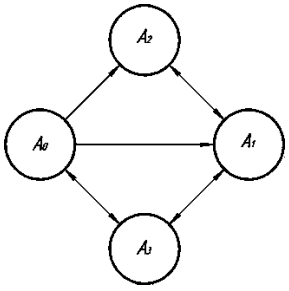

Рис. 2. Діаграма переходів процесу $X(t)$

При цьому передбачається, що профілактичне обслуговування здійснюється через випадковий час, розподілене за законом $Q(X(t))$. Якщо розглянутий елемент не відмовив до призначеного моменту $z \geq 0$, то здійснюється профілактичне обслуговування, а в іншому випадку ремонт: T_n

T_a - відповідно час профілактичного обслуговування та аварійного ремонту.

Формування сукупності елементів, що лімітують надійність ЕСКД, згідно із загальними теоретичними передумовам до проведення досліджень ґрунтується на комплексному обліку:

- виявлених типових відмов і несправностей;
- впливу наслідків відмов і несправностей на рівень працездатності ЕСКД;
- співвідношення витрат на заміну елементів і середніх напрацювань на відмови.

Виявлення типових відмов і несправностей елементів ЕСКД здійснюється в процесі проведення експериментальних досліджень, спрямованих на отримання оціночних показників експлуатаційної надійності, класифікації відмов і несправностей, визначення закономірностей розподілу відповідних напрацювань.

Рішення зазначеної задачі базується на використанні принципів реалізованих в методі послідовних переваг [7, 1].На першому етапі, з урахуванням виявлених типових відмов і несправностей елементів і наслідків їх впливу на працездатність ЕСКД, на основі використання класифікації [8, 9, 10] і досвіду експлуатації, обслуговування і ремонту електронних систем визначаються рівні впливу Q_j, що характеризують:

Q_1 – неможливість експлуатації транспортного засобу (ТЗ) (критична або аварійна відмова елемента), наприклад коли двигун автомобіля не заводиться або відмова елемента може викликати коротке замикання;

Q_2 – погіршення техніко-експлуатаційних властивостей (ТЕВ), що приводить до необхідності невідкладного звернення на СТО для усунення відмов і несправностей (істотна лінійна відмова елемента), наприклад, через неправильну роботу двигуна, що виявляється як сильне «смикання» автомобіля під час руху, «троїння» двигуна, зниження динаміки і надмірно підвищена витрата палива;

Q_3 – інші відхилення технічного стану від вимог нормативно-технічної документації з причини несправностей елементів, що не порушують транспортний процес і усуваються без втрати робочого часу ТЗ (несуттєві відмови і несправності), наприклад незначне «підсмикування» автомобіля під час руху, індикація – загоряння лампи «check engine» – перевірте двигун і незначне підвищення витрати палива.

На першому кроці, для кожного фактора $Q_j\,(Q_1, Q_2\, i\, Q_3)$ за розглянутим елементом E_i ЕСКД проставляються бальні (або вагові) оцінки Ω_{ij} таким чином, щоб найбільш значущому чиннику відповідав більший бал (або вага) порівняно із сукупністю інших факторів. При цьому в загальному вигляді має дотримуватися умова:

$$\left.\begin{array}{l}\Omega_{i1} \rangle \Omega_{i2} + \Omega_{i3} \\ \Omega_{i2} \rangle \Omega_{i3}\end{array}\right\}, \tag{2}$$

де i – індекс елемента ЕСКД.

Наприклад, для п'ятибальної оцінки впливу відмов елементів E_i по факторам $Q_1, Q_2\, i\, Q_3$ на працездатність ЕСКД в цілому можна записати:

$$\Omega_{i1} = 5, \Omega_{i2} = 3, \Omega_{i3} \le 1, \tag{3}$$

Підсумовування за кожним елементом E_i із заданого їх безлічі $\{E_i\}_{i=1}^{n}$ отриманих значень:

$$\Omega_{ij}, \Omega_{\sum i} = \sum_{i=1}^{m} \Omega_{ij}\ , \tag{4}$$

дозволяє впорядкувати вплив відмов і несправностей кожного елемента на працездатність ЕСКД в цілому через займане ним місце:

$$L_{\Omega_i} = \begin{cases} \min\, для\ \Omega_{\sum i} \Rightarrow \max \\ \ldots\ \ldots\ \ldots\ \ldots\ \ldots\ \ldots\ \ldots\ \ldots\ \ldots \\ \max\, для\ \Omega_{\sum i} \Rightarrow \min \end{cases}, \tag{5}$$

У (3) – є індекс фактора.

На другому кроці, з урахуванням отриманої безлічі значень l_{Ω_i}, здійснюється нормування впливу відмов і несправностей елементів за допомогою їх вагової оцінки за такою формулою:

$$\omega(L_{\Omega_i}) = \frac{2(k_1 - l_{\Omega_i} + 1)}{k_1(k_1 + 1)}, \tag{6}$$

де k_1 – кількість елементів із загальної їх сукупності $\{E_i\}_{i=1}^{n}$, відмова або несправність яких впливає на працездатність ЕСКД в цілому.

При цьому необхідно враховувати, що k_1 може бути менше загального числа розглянутих елементів n, а так само може спостерігатися повторення значень l_{Ω_i}, тому сума $\omega(l_{\Omega_i})$ може бути більше одиниці. У цьому випадку проводиться упорядкування вагових оцінок, тобто:

$$\omega^*(l_{\Omega_i}) = \frac{\omega(l_{\Omega_i})}{\sum_{i=1}^{k_i} \omega(l_{\Omega_i})}\ при \sum_{i=1}^{k_i} \omega^*(l_{\Omega_i}) = 1, \tag{7}$$

На другому етапі першим кроком визначаються питомі витрати на заміну елементів (вартість елемента) S_{num}, що припадають на тис. км пробігу і за отриманими даними, аналогічно як і на першому етапі, здійснюється впорядкування впливу відмов і несправностей кожного елемента на працездатність ЕСКД за допомогою місця займаного цим впливом:

$$l_{S_{уд}} = \begin{cases} \min\, для\ S_{num} = \dfrac{S_{з.с.}}{\bar{L}} \Rightarrow \max \\ \ldots\ \ldots\ \ldots\ \ldots\ \ldots\ \ldots\ \ldots\ \ldots \\ \max\, для\ S_{num} = \dfrac{S_{з.с.}}{\bar{L}} \Rightarrow \min \end{cases}, \tag{8}$$

де $S_{з.с.}$ – вартість замінного елемента ЕСКД;

$\overline{L}$ – середнє напрацювання елемента на випадок заміни.

У разі рівності ряду (або окремих) значень $l_{S_{num}}$ з їх безлічі, аналогічно як і на першому етапі проводиться нормування впливу відмов і несправностей елементів через їх вагові оцінки, тобто:

$$\omega(S_{numi}) = \frac{2(k_2 - l_{S_{numi}} + 1)}{k_2(k_2 + 1)}, \quad (9)$$

де k_2 несе ту ж смислове навантаження, що і k_1 у виразі (5), але при цьому k_2 може бути не рівне $k_1 (k_2 \geq k_1)$, оскільки кількість незбіжних значень S_{numi} може бути більше кількості незбіжних значень $\Omega_{\sum i}$.

У виразі (8) $k_2 \leq n$, оскільки і на першому етапі, значення вагових оцінок $\{\omega(S_{numi})\}$ здійснюється їх впорядкування, тобто:

$$\omega^*(S_{numi}) = \frac{\omega(S_{numi})}{\sum_{i=1}^{k_2} \omega(S_{numi})} \; при \sum_{i=1}^{k_2} \omega^*(S_{numi}) = 1. \quad (10)$$

При цьому необхідно враховувати, що k_1 може бути меншим за загальну кількість розглянутих елементів n, а так само може спостерігатися повторення значень l_{Ω_i}, тому сума $\omega(l_{\Omega_i})$ може бути більше одиниці. У цьому випадку проводиться упорядкування вагових оцінок, тобто:

$$\omega^*(l_{\Omega_i}) = \frac{\omega(l_{\Omega_i})}{\sum_{i=1}^{k_i} \omega(l_{\Omega_i})} \; при \sum_{i=1}^{k_i} \omega^*(l_{\Omega_i}) = 1, \quad (11)$$

Загальні оцінки можна звести до таблиці 1

Таблиця 1

Загальний вигляд представлення вихідних даних і вихідних оціночних показників виявлення елементів ЕСКД, що обмежують надійність

№ з/п	Найменування елемента	Позначення елемента	1-й етап						2-й етап			3-й етап	
			фактор впливу на працездатність Q_j / оціночний показник Q_{ij}			сумарне значення оцінки	займане місце впливу	вагова оцінка впливу відмов на працездатність ЕСКД	питомі витрати на заміну елементів	займане місце впливу	вагова оцінка впливу відмов елементів E_i на вартість ремонту	загальна інтегральна вагова оцінка	обрані елементи ЕСКД, «критичні» за надійністю
			Q_1	Q_2	Q_3	$\Omega_{\sum i}$	l_{Ω_i}	$\omega^*(l_{\Omega_i})$	S_{numi}	$l_{S_{numi}}$	$\omega^*(S_{nmi})$	ω_i	E_i^{kp}
			Ω_{i1}	Ω_{i2}	Ω_{i3}								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Бензонасос	E_1	Ω_{i1}	Ω_{i2}	Ω_{i3}	$\Omega_{\sum i}$	l_{Ω_i}	$\omega^*(l_{\Omega_i})$	S_{numi}	$l_{S_{numi}}$	$\omega^*(S_{nmi})$	ω_i	E_i^{kp}
2	Форсунки	E_1	Ω_{i1}	Ω_{i2}	Ω_{i3}	$\Omega_{\sum i}$	l_{Ω_i}	$\omega^*(l_{\Omega_i})$	S_{numi}	$l_{S_{numi}}$	$\omega^*(S_{nmi})$	ω_i	E_i^{kp}
3	Регулятор тиску	E_1	Ω_{i1}	Ω_{i2}	Ω_{i3}	$\Omega_{\sum i}$	l_{Ω_i}	$\omega^*(l_{\Omega_i})$	S_{numi}	$l_{S_{numi}}$	$\omega^*(S_{nmi})$	ω_i	E_i^{kp}
4	Фільтр тонкого очищення	E_1	Ω_{i1}	Ω_{i2}	Ω_{i3}	$\Omega_{\sum i}$	l_{Ω_i}	$\omega^*(l_{\Omega_i})$	S_{numi}	$l_{S_{numi}}$	$\omega^*(S_{nmi})$	ω_i	E_i^{kp}

5	Фільтр грубого очищення	E_1	Ω_{i1}	Ω_{i2}	Ω_{i3}	$\Omega_{\sum i}$	l_{Ω_i}	$\omega^*(l_{\Omega_i})$	S_{numi}	$l_{S_{numi}}$	$\omega^*(S_{nmi})$	ω_i	E_i^{kp}
6	Паливопро-води	E_1	Ω_{i1}	Ω_{i2}	Ω_{i3}	$\Omega_{\sum i}$	l_{Ω_i}	$\omega^*(l_{\Omega_i})$	S_{numi}	$l_{S_{numi}}$	$\omega^*(S_{nmi})$	ω_i	E_i^{kp}
7	Модуль запалювання	E_1	Ω_{i1}	Ω_{i2}	Ω_{i3}	$\Omega_{\sum i}$	l_{Ω_i}	$\omega^*(l_{\Omega_i})$	S_{numi}	$l_{S_{numi}}$	$\omega^*(S_{nmi})$	ω_i	E_i^{kp}
8	Датчик детонації	E_1	Ω_{i1}	Ω_{i2}	Ω_{i3}	$\Omega_{\sum i}$	l_{Ω_i}	$\omega^*(l_{\Omega_i})$	S_{numi}	$l_{S_{numi}}$	$\omega^*(S_{nmi})$	ω_i	E_i^{kp}
9	Свічки	E_1	Ω_{i1}	Ω_{i2}	Ω_{i3}	$\Omega_{\sum i}$	l_{Ω_i}	$\omega^*(l_{\Omega_i})$	S_{numi}	$l_{S_{numi}}$	$\omega^*(S_{nmi})$	ω_i	E_i^{kp}
10	Проводи в/в, ковпачки	E_1	Ω_{i1}	Ω_{i2}	Ω_{i3}	$\Omega_{\sum i}$	l_{Ω_i}	$\omega^*(l_{\Omega_i})$	S_{numi}	$l_{S_{numi}}$	$\omega^*(S_{nmi})$	ω_i	E_i^{kp}
11	ЕБУ	E_1	Ω_{i1}	Ω_{i2}	Ω_{i3}	$\Omega_{\sum i}$	l_{Ω_i}	$\omega^*(l_{\Omega_i})$	S_{numi}	$l_{S_{numi}}$	$\omega^*(S_{nmi})$	ω_i	E_i^{kp}

Закінчення табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
12	ДПКВ	E_1	Ω_{i1}	Ω_{i2}	Ω_{i3}	$\Omega_{\sum i}$	l_{Ω_i}	$\omega^*(l_{\Omega_i})$	S_{numi}	$l_{S_{numi}}$	$\omega^*(S_{nmi})$	ω_i	E_i^{kp}
13	ДМРВ	E_1	Ω_{i1}	Ω_{i2}	Ω_{i3}	$\Omega_{\sum i}$	l_{Ω_i}	$\omega^*(l_{\Omega_i})$	S_{numi}	$l_{S_{numi}}$	$\omega^*(S_{nmi})$	ω_i	E_i^{kp}
14	РДВ	E_1	Ω_{i1}	Ω_{i2}	Ω_{i3}	$\Omega_{\sum i}$	l_{Ω_i}	$\omega^*(l_{\Omega_i})$	S_{numi}	$l_{S_{numi}}$	$\omega^*(S_{nmi})$	ω_i	E_i^{kp}
15	ДПДЗ	E_1	Ω_{i1}	Ω_{i2}	Ω_{i3}	$\Omega_{\sum i}$	l_{Ω_i}	$\omega^*(l_{\Omega_i})$	S_{numi}	$l_{S_{numi}}$	$\omega^*(S_{nmi})$	ω_i	E_i^{kp}
16	Датчик t° ох. рідини	E_1	Ω_{i1}	Ω_{i2}	Ω_{i3}	$\Omega_{\sum i}$	l_{Ω_i}	$\omega^*(l_{\Omega_i})$	S_{numi}	$l_{S_{numi}}$	$\omega^*(S_{nmi})$	ω_i	E_i^{kp}
17	СО – потенціометр	E_1	Ω_{i1}	Ω_{i2}	Ω_{i3}	$\Omega_{\sum i}$	l_{Ω_i}	$\omega^*(l_{\Omega_i})$	S_{numi}	$l_{S_{numi}}$	$\omega^*(S_{nmi})$	ω_i	E_i^{kp}
18	Датчик швидкості	E_1	Ω_{i1}	Ω_{i2}	Ω_{i3}	$\Omega_{\sum i}$	l_{Ω_i}	$\omega^*(l_{\Omega_i})$	S_{numi}	$l_{S_{numi}}$	$\omega^*(S_{nmi})$	ω_i	E_i^{kp}
19	Повітряний фільтр	E_1	Ω_{i1}	Ω_{i2}	Ω_{i3}	$\Omega_{\sum i}$	l_{Ω_i}	$\omega^*(l_{\Omega_i})$	S_{numi}	$l_{S_{numi}}$	$\omega^*(S_{nmi})$	ω_i	E_i^{kp}
20	Реле	E_1	Ω_{i1}	Ω_{i2}	Ω_{i3}	$\Omega_{\sum i}$	l_{Ω_i}	$\omega^*(l_{\Omega_i})$	S_{numi}	$l_{S_{numi}}$	$\omega^*(S_{nmi})$	ω_i	E_i^{kp}
21	Проводи, роз'єми	E_1	Ω_{i1}	Ω_{i2}	Ω_{i3}	$\Omega_{\sum i}$	l_{Ω_i}	$\omega^*(l_{\Omega_i})$	S_{numi}	$l_{S_{numi}}$	$\omega^*(S_{nmi})$	ω_i	E_i^{kp}
22	Шків колінчастого валу	E_1	Ω_{i1}	Ω_{i2}	Ω_{i3}	$\Omega_{\sum i}$	l_{Ω_i}	$\omega^*(l_{\Omega_i})$	S_{numi}	$l_{S_{numi}}$	$\omega^*(S_{nmi})$	ω_i	E_i^{kp}

Висновки.

1. В результаті теоретичних досліджень в умовах обстеження технічного стану автомобіля з ЕСКД показана необхідність розробки моделей визначення періодичності контролю технічного стану елементів ЕСКД при наявності обмеженої інформації про їх надійності на початковій стадії експлуатації автомобілів з подальшим уточненням формуванням нормативів по мірі зниження ступеня неповноти інформації про надійності досліджуваної системи ЕСКД.

2. Запропоновано методику об'єктивного виявлення елементів ЕСКД "критичних" по надійності і подальшого угруповання періодичності контролю їх технічного стану в однорідні класи, що дозволить в остаточному підсумку сформувати раціональні режими обслуговування систем керування двигуном.

.3 Практична реалізація розробленої методики вимагає проведення експериментальних досліджень, спрямованих на збір даних і проведення якісної та кількісної оцінок показників

надійності елементів, підсистем і ЕСКД в цілому, а також виявлення оціночних показників інтервальних і питомих витрат на ТО і ремонт.

4. Наведена таблиця якісної та кількісної оцінок надійності елементів ЕСКД, її підсистем і систем в цілому, визначення оціночних показників зміни витрат на ТО і ремонт з урахуванням динаміки їх зміни в процесі експлуатації автомобілів;

Список використаної літератури:

1. *Кузнецов Е.С.* Управление технической эксплуатацией автомобилей / *Е.С. Кузнецов*. – М. : Транспорт, 1982. – 224 с.
2. *Барзилович Е.Ю.* Модели технического обслуживания сложных систем : учеб. пособие / *Е.Ю. Барзилович*. – М. : Высшая школа, 1982. – 231 с.
3. *Барзилович Е.Ю.* Некоторые математические вопросы теории обслуживания сложных систем / *Е.Ю. Барзилович, В.А. Каштанов*. – М. : «Советское радио», 1971. – 271 с.
4. *Барлоу Р.Е.* .Математическая теория надежности / *Р.Е. Барлоу, Ф.Прошан* ; пер с англ., за ред. *Б.В. Гнеденко*. – М. : «Советское радио», 1969. – 488 с.
5. *Зенченко В.А*. Некоторые проблемы технической эксплуатации электронных систем управления двигателем отечественных автомобилей / *В.А. Зенченко В.А. Васильев, М.А. Федянин* // МАДИ(ГТУ). – М., 1998. – 24 с.
6. *Beichelt F.* Inspection und Ernenerung eines tecnisehen Systems bei unberhannter Lebens – Zeitverteilung. «Electron. Informationsverarb. und Kybrn». – 1973, 9, № 4, 5. – P. 197–202.
7. *Бешелев С.Д.* Математико-статистические методы экспертных оценок / *С.Д. Бешелев, Ф.Г. Гуревич*. – М. : Статистика, 1974. – 159 с.
8. ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. – М. : Изд. стандартов, 1990. – 37 с.
9. ГОСТ 18.322. Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения.
10. Методика определения показателей надежности автомобилей при проведении сравнительных эксплуатационных испытаний в условиях международных перевозок / *Кузнецов Е.С., Низов М.А., Зенченко В.А. и др*. – М. : АСМАП, 2002. – 200 с.

АУЛІН Віктор Васильович – кандидат фізико-математичних наук, професор кафедри експлуатації та ремонту машин Кіровоградського національного технічного університету.

Наукові інтереси:
– автомобільний транспорт;
– інформаційні технології на транспорті;
– логістика.

ЛИСЕНКО Сергій Володимирович – доцент кафедри експлуатації та ремонту машин Кіровоградського національного технічного університету.

Наукові інтереси:
– автомобільний транспорт;
– інформаційні технології на транспорті;
– логістика.

БИЧОВИЙ Ігор Володимирович – аспірант кафедри експлуатації та ремонту машин Кіровоградського національного технічного університету.

Наукові інтереси:
– автомобільний транспорт;
– інформаційні технології на транспорті;
– електрообладнання автомобілів
– комп'ютерна діагностика автомобілів
Тел.: (099)635–49–78, (093)498–97–48.
E-mail: igorbuchovuy@inbox.ru.

Стаття надійшла до редакції 05.08.2014