

УДК 629.083

В.В. Аулін, А.В. Гриньків, Д.В. Голуб, М.І. Агапоненко*Центральноукраїнський національний технічний університет***РОЗРОБКА КРИТЕРІЮ ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ
ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ З ВРАХУВАННЯМ НЕОБХІДНОЇ ДІАГНОСТИЧНОЇ
ІНФОРМАЦІЇ**

Проведено дослідження діагностичних параметрів та технічні стани для трансмісії автомобілів КамАЗ 4310. Виявлено, що кожен діагностичний параметр має різну інформативність під час життєвого циклу. Встановлено, що діагностичні параметри які мають інформативність більше нуля та їх значення відрізняється на 0,2 біт від нуля необхідно включити в систему експлуатації. Сформовано перелік діагностичних параметрів, що необхідно контролювати під час життєвого циклу.

Ключові слова: засіб транспорту, діагностичний параметр, коробка переключення передач, головна передача, система експлуатації.

В.В. Аулин, А.В. Гриньков, Д.В. Голуб, М.И. Агапоненко**РОЗРОБКА КРИТЕРИЯ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ
ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ С УЧЕТОМ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ
ИНФОРМАЦИИ**

Проведено исследование диагностических параметров та технических состояний для трансмиссий автомобилей КамАЗ 4310. Виявлено, что каждый диагностический параметр имеет разную информативность ввремя жизненного цикла. Встановлено, что диагностические параметры которые имеют информативность более 0,2 бит от нуля необходимо включить в систему эксплуатации. Сформулировано комплекс двагностических параметров, которые необходимо контролировать ввремя жизненного цикла.

Ключевые слова: средство транспорта, диагностический параметр, коробка переключения передач, главная передача, система эксплуатации.

V. Aulin, A. Grinkiv, D. Golub, M. Agaponenko**THE SCALING OF THE CRITERION FOR THE DETERIORATION OF THE SYSTEM
OF TECHNICAL OPERATION OF VEHICLES TAKING INTO ACCOUNT DIAGNOSTIC
INFORMATION**

The diagnostic parameters of those technical states for the transmissions of KamAZ 4310 automobiles were investigated. It is shown that each diagnostic parameter has a different informatively at the time of the life cycle. It is established that the diagnostic parameters that have an information content of more than 0.2 bits from zero must be included in the system of operation. A complex of diagnostic parameters has been formulated, which must be monitored at the time of the life cycle.

Keywords: means of transport, diagnostic parameter, gearbox, main gear, system operation.

Постановка проблеми. Система технічної експлуатації засобів транспорту (ЗТ) потребує постійного вдосконалення та впровадження нових підходів її розвитку з використанням різних інформаційних та електронних технологій [1]. Сучасна експлуатація ЗТ вимагає безпосереднього зв'язку з технічним станом систем і агрегатів. За таких умов є необхідність у розробці критеріїв вибору та оцінки діагностичних параметрів, що характеризують технічний стан. На основі сформованої сукупності діагностичних параметрів та їх значень проводити перерозподіл операцій технічного обслуговування (ТО) і ремонту (Р) та визначати їх періодичність. Використовувані на даний момент підходи планово-запобіжної та адаптивної стратегії не дозволяють в принципі прогнозувати термін періодичності ТО і Р та ремонтні витрати для різних умов експлуатації [2]. В зв'язку з цим, підвищення надійності систем і агрегатів ЗТ на основі розвитку методів діагностування і прогнозування технічного стану є безумовно актуальним науково-технічним завданням, що потребує розв'язання з використанням нових більш ефективних підходів до формування і обробки діагностичної бази даних.

Метою роботи є вдосконалення системи технічної експлуатації ЗТ на основі врахування критерію статистичної інформативності діагностичних параметрів під час їх життєвого циклу.

Результати досліджень. Діагностування систем і агрегатів ЗТ характеризується певною невизначеністю їх технічного стану в процесі експлуатації, а його зміну можливо контролювати діагностичними параметрами. Контроль кожного параметра знімає частину невизначеності технічного стану ЗТ. У свою чергу, параметри, що діагностуються, повинні формувати максимум

інформації про технічний стан систем і агрегатів та адекватно відображати реальний стан з урахуванням ймовірнісних характеристик його відмов при експлуатації [3].

Завдання вибору контрольованих параметрів для визначення технічного стану систем і агрегатів ЗТ можна сформулювати наступним чином: для виявленого переліку об'єктів контролю, що характеризуються кінцевою множиною контрольованих діагностичних параметрів та показників надійності, необхідно обґрунтувати їх сукупність, що мають найбільшу інформативність [4]. Для вирішення цього завдання доцільним є побудова інформаційної моделі об'єкту і розрахунку ймовірнісних характеристик його знаходження в справному і несправних станах внаслідок відмови складових частин. Потім оцінюють кількість інформації, що вноситься діагностичним параметром, на підставі чого вибирають їх сукупність, що підлягає технічному діагностуванню та визначенню технічного стану систем та агрегатів і ЗТ в цілому.

Інформаційна модель об'єкту включає структурно-наслідкову модель і матрицю технічних станів. Структурно-наслідкова модель [5] будується на основі вивчення експлуатаційної надійності ЗТ, її структурно-функціональних складових та аналізу причинно-наслідкових зв'язків за наступною ієрархічною схемою:

- перший рівень відповідає досліджуваному ЗТ (вершина) і його складовим частинам, що мають відмови в експлуатації;
- другий рівень характеризує сукупність відмов, що виникають в процесі експлуатації;
- третій рівень - множина зовнішніх ознак відмов;
- четвертий рівень - контрольовані параметри технічного стану систем і агрегатів.

Структурно-наслідкова модель дозволяє виділити взаємозв'язки між системами і агрегатами ЗТ, їх елементами та контрольованими параметрами. На основі цієї моделі будується діагностична матриця технічних станів, рядки якої відповідають множині контрольованих параметрів D_i , де $i=1,2,\dots,M$, а стовпці – станом відмов складових частин систем і агрегатів ЗТ, включаючи їх працездатний стан [1].

Після цього для визначення діагностичних параметрів D_ϕ необхідно проводити ранжирування за інформаційною значимістю. У разі однакової кількості інформації в подальших розрахунках вибирають лише один з них у відповідності до логічної операції "або", або контроль, який простіше здійснити. На кожному кроці процесу визначається умовна ентропія, що характеризує технічний стан об'єкту в результаті контролю одного з діагностичних параметрів. При цьому отримуємо впорядковану по кількості внесеної інформації сукупність контрольованих параметрів. Значний перелік ранжируваного ряду діагностичних параметрів вносить певний ступінь невизначеності та збільшує розрахункову завантаженість системи баз даних. Запропонований фізико-інформаційний підхід дає можливість визначити необхідну найбільш інформативну кількість діагностичних параметрів [1].

Для дослідження технічних станів трансмісії ЗТ було обрано: коробка переключення передач та головна передача автомобілів КамАЗ 4310. Матриця технічних станів коробки переключення передач (КПП) та головної передачі (ГП) наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Матриця технічних станів КПП та ГП

Діагностичні параметри	Технічний стан				
	S_0	S_1	S_2	S_3	S_4
D_1 - лужне число	0	0	0	1	1
D_2 - колір робочої оливи	0	0	0	0	1
D_3 - склад механічних домішок	0	1	1	1	0
D_4 - термоокислювальна стабільність оливи	0	0	1	0	0
D_5 - склад нерозчинного осаду	0	0	0	0	1
D_6 - діелектрична проникність	0	1	1	1	1

До матриці технічних станів досліджуваних трансмісій ЗТ включено S_0 - справний стан і несправні стани агрегатів, що приводять до погіршення їх функціональних можливостей та роботи з причин: S_1 – зношування робочих, опорних поверхонь валів; S_2 – зношування зубчастих поверхонь; S_3 – спрацювання оливи; S_4 – зношування підшипників. Оцінки показників надійності [6] коробки переключення передач і головної передачі наведено в таблицях 2 - 5.

Таблиця 2

Зміна значень показників надійності валів КПП і ГП з пробігом ЗТ

Пробіг, тис.км	Кількість відмов	Кількість відмов на початку пробігу	Інтенсивність відмов, 1/км
0...12	1	0	$4,762 \times 10^{-6}$
12...24	0	1	0
24...36	2	1	$1,02 \times 10^{-5}$
36...48	0	3	0
48...60	3	3	$1,786 \times 10^{-5}$
Середнє значення	-	-	$6,565 \times 10^{-6}$

Отримані результати експериментальних даних свідчать, що максимальне значення інтенсивності відмов для даної групи деталей відбувається на інтервалі 48...60 тис. км., а початок їх зношування – 0...12 тис. км пробігу ЗТ.

Таблиця 3.

Зміна значень показників надійності зубчастих поверхонь КПП і ГП ЗТ

Пробіг, тис.км	Кількість відмов	Кількість відмов на початку пробігу	Інтенсивність відмов, 1/км
0...12	0	0	0
12...24	1	0	$4,762 \times 10^{-6}$
24...36	3	1	$1,531 \times 10^{-5}$
36...48	1	4	$6,494 \times 10^{-6}$
48...60	2	5	$1,429 \times 10^{-5}$
Середнє значення	-	-	$8,169 \times 10^{-6}$

Можна бачити, що максимальне значення інтенсивності відмов для зубчастих поверхонь КПП та ГП ЗТ спостерігається на інтервалі 24...36 тис. км., а початок зношування – на інтервалі 12...24 тис. км пробігу ЗТ.

Таблиця 4

Зміна значень показників надійності трансмісійної оливи з пробігом ЗТ

Пробіг, тис.км	Кількість відмов	Кількість відмов на початку пробігу	Інтенсивність відмов, 1/км
1	2	3	4
0...12	0	0	0
12...24	0	0	0
24...36	2	0	$9,524 \times 10^{-6}$
1	2	3	4
36...48	1	2	$5,495 \times 10^{-6}$
48...60	3	3	$1,786 \times 10^{-5}$
Середнє значення	-	-	$6,575 \times 10^{-6}$

За результатами експериментальних досліджень визначено, що максимальне значення інтенсивності відмов трансмісійної оливи спостерігається на інтервалі 48...60 тис. км., а початок її спрацювання – на інтервалі 24...36 тис. км пробігу ЗТ.

Таблиця 5

Зміна значень показників надійності підшипників КПП і ГП з пробігом ЗТ

Пробіг, тис.км	Кількість відмов	Кількість відмов на початку пробігу	Інтенсивність відмов, 1/км
0...12	0	0	0
12...24	1	0	$4,762 \times 10^{-6}$
24...36	4	1	$2,041 \times 10^{-5}$
36...48	2	5	$1,429 \times 10^{-5}$
48...60	3	7	$2,679 \times 10^{-5}$
Середнє значення	-	-	$1,325 \times 10^{-5}$

Експериментальними дослідженнями виявлено, що максимальне значення інтенсивності відмов для підшипників КПП і ГП ЗТ спостерігається на інтервалі 28...42 тис. км., а початок зношування деталей – 14...28 тис. км пробігу ЗТ.

Результати експериментальних досліджень показали, що надійність КПП та ГП нерівноважна за конструктивними характеристиками, а тому виявлення інформативно значущих діагностичних параметрів КПП і ГП є необхідним. Для вирішення завдання вирівнювання експлуатаційної надійності [1,7] визначено інформативності діагностичних параметрів технічного стану трансмісії ЗТ, які відображено в таблиці 6.

Таблиця 6

Значення інформативності діагностичних параметрів станів КПП і ГП ЗТ

Діагностичний параметр	Інформативна значимість, біт
D_1 - лужне число	0,255
D_2 - колір робочої оливи	0,078
D_3 - склад механічних домішок	0,4
D_4 - термоокислювальна стабільність оливи	-0,104
D_5 - склад нерозчинного осаду	0,074
D_6 - діелектрична проникність	0,6

Оцінку значень інформативності встановлено, що за критерієм статистичної інформативності найбільш інформативними діагностичними параметрами КПП і ГП є: діелектрична проникність, склад механічних домішок, лужне число оливи. Виходячи з цього, для подальшого дослідження технічного стану трансмісії ЗТ слід сформувавши діагностичну базу даних, ґрунтуючись на відібраних діагностичних параметрах, обробити її статистичними методами та провести аналіз показників надійності систем та агрегатів ЗТ.

Висновки. Встановлено перелік досліджуваних діагностичних параметрів та технічні стани для трансмісій автомобілів КамАЗ 4310. Показано, що кожен діагностичний параметр має різну інформативність підчас життєвого циклу. До уваги слід взяти діагностичні параметри, що мають інформативність більше нуля та їх значення відрізняється на 0,2 біт від нуля. За таких умов контролювати необхідно лужне число, вміст механічних домішок, діелектрична проникність.

Список літератури

1. Аулін В.В. Теоретико-фізичний підхід до діагностичної інформації про технічний стан агрегатів мобільної сільськогосподарської техніки / В.В. Аулін, А.В. Гриньків, С.В. Лисенко, Д.В. Голуб, О.Д. Мартиненко // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. - 2015. - № 158. - С. 252-262.
2. Aulin V. Substantiation of diagnostic parameters for determining the technical condition of transmission assemblies in trucks // Aulin V., Hrynkiw A., Dykha A., Chernovol M., Lyashuk O., Lysenko S. / Eastern-European journal of enterprise technologies - 2018. – Vol. 2/1(92). - С.61-69.
3. Черноиванов В.И. Стратегия развития инженерно-технической системы сельского хозяйства // В.И. Черноиванов, А.А. Ежевский, Н.В. Краснощеков / Техника и оборудование для села. - 2009. - №6. - С.9-12.
4. Taghipour S. Optimum inspection interval for a system under periodic and opportunistic inspections // S. Taghipour, D. Banjevic / Lie Transactions. - 2012. - Vol. 44.(11). - P. 932-948
5. Пугачев В. С. Теория вероятностей и математическая статистика / В. С. Пугачев. - М.:ФИЗМАТЛИТ. - 2002. - 496 с.
6. Аулін В.В. Проблеми і задачі ефективності системи технічної експлуатації мобільної сільськогосподарської і автотракторної техніки // В.В. Аулін, А.В. Гриньків / Вісник ЖДТУ. Секція: Технічні науки. - 2016. №2(77). - С.36-41.
7. Васильев В.И. Совершенствование методики корректирования нормативов управления эксплуатацией подвижного состава предприятий автомобильного транспорта региональных транспортных систем // В.И. Васильев, С.П. Жаров / Современные проблемы науки и образования. Известия ТулГУ. - 2012. - №6. - С. 8-9.

Рецензент:

Біліченко В.В., доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна.