

## ОЦІНКА СТУПЕНЮ ДОСТОВІРНОСТІ ІНФОРМАЦІЇ ПРО ТЕХНІЧНИЙ СТАН ДИЗЕЛІВ ЗА РІВНЕВОЮ СИСТЕМОЮ

Аулін В.В., к.ф.-м.н., проф.<sup>1</sup>; Жулай О.Ю., асс.<sup>1</sup>,  
Мартиненко О.Д., к.т.н., доц.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Кіровоградський національний технічний університет

<sup>2</sup>Харківський національний технічний університет сільського  
господарства імені Петра Василенка

*Розглянуто питання оцінки достовірності зміни діагностичних параметрів в процесі експлуатації за рівневою системою отримання інформації та визначення ступеню адекватності отриманих експериментальних даних очікуваним законам розподілу.*

**Вступ.** Під час експлуатації засобів транспорту (ЗТ) відбувається зміна їх технічного стану. Значний вклад в загальну працездатність техніки вносить зміна технічного стану їх силових агрегатів, особливо дизелі. В більшості випадків саме вихід з ладу дизеля машини призводить до відмов інших агрегатів та загальної втрати працездатності.

Система підтримання техніки в технічно справному та працездатному стані, реалізована через різні стратегії технічного обслуговування та ремонту (ТОР), потребує удосконалення інформаційного забезпечення визначення виду технічного стану об'єкту дослідження. Стосовно ЗТ, маючи достовірну інформацію по діагностичним параметрам, можливо виявити їх закономірності зміни. Для планування виду та обсягів технічних дій зручніше користуватися статистичними законами розподілу, тобто мати певний прогнозований алгоритм дій щодо підтримання технічного стану на достатньому рівні.

**Мета досліджень.** Оцінити ступінь достовірності інформації про технічний стан дизелів засобів транспорту сільськогосподарського виробництва, отриманої за рівневою системою та можливість апроксимації отриманих експериментальних даних очікуваним законам розподілу.

### Актуальність проблеми

Відомо [1, 5, 6], багато праць, автори яких з деякою імовірністю намагались зміну стану об'єкта описати певними статистичними законами розподілу. Грунтуючись на них були розроблені стратегії технічного обслуговування та ремонту техніки [4, 7]. Це дозволило розробити загальні рекомендації для всіх обслуговуючих організацій та служб підприємств.

З економічної точки зору формалізація типових задач з допустими відхиленнями технічного стану для великого парку техніки є прийнятною

[2, 3]. Для підприємств з великим парком однотипної техніки, характерним є наявність розвиненої інженерно-технічної служби, що дозволяє застосовувати принципи надлишково резервування та гарантованого виконання технологічних процесів.

На сучасному етапі господарювання спостерігаються тенденції зменшення парку техніки з одночасним підвищенням їх продуктивності та ступеню використання. Зростають вимоги до готовності техніки та гарантованого забезпечення виконання нею технологічних операцій з мінімальними затратами. При цьому тримати великий парк техніки господарствам не є економічно доцільним. Для сільськогосподарського виробництва характерним є сезонність, висока інтенсивність та складні умови використання. Наявний парк не є однотипним по маркам, віку, напрацюванню та технічному стану. Моральний стан також різний – поряд з технікою вітчизняного виробництва наявна техніка сучасного рівня зарубіжного виробництва. Обслуговування такого парку на основі існуючої нормативно-технічної бази при стратегіях ТОР є досить складним процесом.

Стратегії ТОР, що ґрунтуються лише на статистичних методах інформації занадто інерційні і не можуть в певній мірі відповідати динамічній зміні технічного стану техніки. Швидкозмінному середовищу експлуатації, а отже і інтенсивності проявів зміни технічного стану, необхідна адекватна система отримання, обробки та використання інформації. Тобто, наприклад, постійно слідкуюча система збору і обробки даних, з деякою наперед заданою імовірністю, ставить прогноз по зміні технічного стану за деяким законом розподілу в певний момент часу.

Реалізація даного підходу можлива з використанням системи збору параметрів технічного стану [8], як на основі різноманітних штатних бортових засобів діагностики, так і на рівні майстра діагноста, на спеціалізованих підприємствах по ТОР. Звичайно, точність діагнозу буде вища при використанні спеціального обладнання та навченого штату працівників. Проте серйозні поломки досить рідко зустрічаються без попереднього значного погіршення технічного стану, а отже і їх проявів. Для аварійного припинення експлуатації досить доволі простих та чітких проявів зміни технічного стану.

### **Імовірнісна природа технічного стану дизелів засобів транспорту**

Якщо для одного об'єкту зміну значень діагностичної інформації подаємо через одномірний масив даних, то для сукупності об'єктів – через матрицю діагностичних параметрів. Вектор діагностичних параметрів дизеля ЗТ, отриманий різними способами в певний момент часу на даному рівні отримання інформації матиме вигляд:

$$D_j = (D_{1j}, D_{2j}, \dots, D_{(n-1)j}, D_{nj}). \quad (1)$$

Матриця системи діагностичних вимірів, одержаних на різних рівнях системи управління технічним станом дизеля матиме вигляд:

$$D(t) = \{D_{ij}\} = \begin{pmatrix} D_{11}, \dots, D_{1j}, D_{1k} \\ D_{21}, \dots, D_{2j}, D_{2k} \\ \dots, \dots, \dots \\ D_{i1}, \dots, D_{ij}, D_{in} \\ D_{n1}, \dots, D_{nj}, D_{nk} \end{pmatrix}, \quad (2)$$

де  $i$  – номер діагностичного параметру, що приймаються до уваги  $i = \overline{1, n}$ ;  $j$  – порядковий номер рівня системи управління технічним станом  $j = \overline{1, k}$ .

Кожний діагностичний параметр в свою чергу є також випадковою величиною, яка змінюється з напрацюванням дизеля ЗТ, тобто сукупність діагностичних параметрів можна розглядати не тільки як сукупність реалізацій, а і як сукупність випадкових функцій, що змінюються з часом.

Сукупність отриманих параметрів відповідає діагностичній інформації в порядку її одержання.

Слід зауважити, що при одержанні неперервної інформації про технічний стан дизеля доцільно розглядати функцію розподілу діагностичного параметру в певному часовому перерізі (рис. 1).

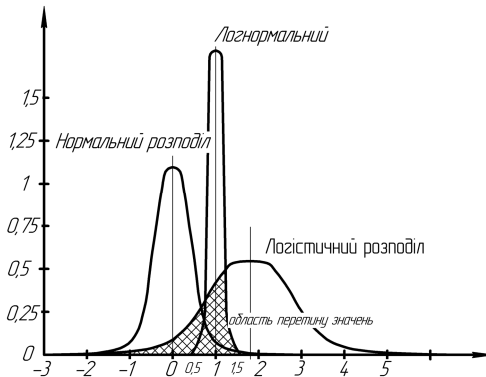


Рис.1. Функція розподілу діагностичного параметру  $D_i$  в певному часовому перерізі.

Для нормального закону розподілу діагностичного параметру діапазон його реалізації знаходиться в межах  $\overline{D}_i(t) \pm 3\sigma_{D_i}$ . Щільність розподілу випадкової величини в  $n$ -му перерізі напрацювання є одномірним законом розподілу випадкової функції, отже не є повною та вичерпною йо-

го характеристикою. Більш повною характеристикою такої функції є складений із двох перерізів закон розподілу  $f(D_1(t_1), D_2(t_2))$ .

Згідно запропонованої рівневої системи отримання діагностичної інформації [8], що має 5 рівнів ( $j = \overline{1, 5}$ ), відповідну імовірність безвідмовної роботи дизелів ЗТ на цих рівнях можна оцінити системою рівнянь:

$$\left\{ \begin{array}{l} P_{1\text{безв}} = \prod_{i=1}^n P_{D_{i1}} \xi_{D_{i1}} + \Delta P_1 \xi_1; \\ P_{2\text{безв}} = \prod_{i=1}^n P_{D_{i2}} \xi_{D_{i2}} + \Delta P_2 \xi_2; \\ P_{3\text{безв}} = \prod_{i=1}^n P_{D_{i3}} \xi_{D_{i3}} + \Delta P_3 \xi_3; \\ P_{4\text{безв}} = \prod_{i=1}^n P_{D_{i4}} \xi_{D_{i4}} + \Delta P_4 \xi_4; \\ P_{5\text{безв}} = \prod_{i=1}^n P_{D_{i5}} \xi_{D_{i5}} + \Delta P_5 \xi_5, \end{array} \right. \quad (3)$$

де  $P_{1\text{безв}}$ ,  $P_{2\text{безв}}$ ,  $P_{3\text{безв}}$ ,  $P_{4\text{безв}}$ ,  $P_{5\text{безв}}$  - імовірність безвідмовної роботи дизелів ЗТ на відповідних рівнях отримання діагностичної інформації.

Вага  $i$ -го діагностичного параметру технічного стану дизелів  $\xi_{D_{ij}}$ , отриманого на  $j$ -му рівні, дорівнює:

$$\xi_{D_{ij}} = \frac{\varphi_{D_{ij}}}{\sum_{i=1}^n \varphi_{D_{ij}}}, \quad (4)$$

де  $\varphi_{D_{ij}}$  - значимість діагностичного параметру, отриманого за допомогою певного діагностичного методу на  $j$ -ому рівні отримання інформації.

Ймовірність безвідмовної роботи як функції часу знаходимо за виразом:

$$P_j(t) = \prod_{i=1}^{n_i} \exp \left( -k_e \int_{t_0}^t D_j \left[ \sum_{i=1}^m z_i \right] dt \right), \quad (5)$$

де  $z_i$  - сукупність діагностичних параметрів, що найбільше впливають на дизелі ЗТ на відповідному  $j$ -тому рівні;  $m$  - кількість дизелів;  $i$  - відповідний діагностичний параметр;  $k_e$  - коефіцієнт, що вра-

ховує дію експлуатаційних чинників.

Враховуючи останній вираз, запишемо систему рівнянь (3) у наступному вигляді:

$$\left\{ \begin{array}{l} P_{1\text{безд}} = \prod_{i=1}^n \exp \left( -k_e \int_{t_0}^t D_1 \left[ \sum_{i=1}^m z_{1i} \right] dt \right) \xi_{1i} + \Delta P_1 \xi_1; \\ P_{2\text{безд}} = \prod_{i=1}^n \exp \left( -k_e \int_{t_0}^t D_2 \left[ \sum_{i=1}^m z_{2i} \right] dt \right) \xi_{2i} + \Delta P_2 \xi_2; \\ P_{3\text{безд}} = \prod_{i=1}^n \exp \left( -k_e \int_{t_0}^t D_3 \left[ \sum_{i=1}^m z_{3i} \right] dt \right) \xi_{3i} + \Delta P_3 \xi_3; \\ P_{4\text{безд}} = \prod_{i=1}^n \exp \left( -k_e \int_{t_0}^t D_4 \left[ \sum_{i=1}^m z_{4i} \right] dt \right) \xi_{4i} + \Delta P_4 \xi_4; \\ P_{5\text{безд}} = \prod_{i=1}^n \exp \left( -k_e \int_{t_0}^t D_5 \left[ \sum_{i=1}^m z_{5i} \right] dt \right) \xi_{5i} + \Delta P_5 \xi_5, \end{array} \right. \quad (6)$$

У відповідності до запропонованої рівневої поетапної системи отримання інформації її точність зростає, а ймовірність впливу непрогнозованих факторів зменшується:

$$\Delta P_1 > \Delta P_2 > \Delta P_3 > \Delta P_4 > \Delta P_5. \quad (7)$$

Логічним є припущення, що при переході на більш вищий рівень отримання інформації, отримуємо зменшення впливу непрогнозованих факторів на ймовірність безвідмовної роботи дизеля ЗТ.

### Оцінка ступеню достовірності інформації

Важливим параметром технічного стану, визначення якого не потребує значних матеріальних та часових витрат, є компресія в циліндрах дизелів ЗТ. Розглянемо зміну технічного стану на прикладі значень компресії від напрацювання для дизелів КамАЗ-740.

Динаміка зміни значень компресії від напрацювання на прикладі дизелів КамАЗ-740 досліджуваних при різних стратегіях технічного обслуговування і ремонту, представлена на рис. 2.

При напрацюванні 1600мото-год. першого дизеля (держ. №ВА4437АО), спостерігалось значне падіння значень компресії внаслідок раптової відмови. Для наступних дизелів спостерігалось поступове зниження значень компресії до досягнення граничної межі. Напрацювання при цьому склало 3150мото-год. (держ. №ВА4646АО) і 3640мото-год. (держ. №ВА4436АО), що пояснюється меншою інтенсивністю зносу, а отже і втрати значень компресії при обслуговуванні засобів транспорту в адаптивній стратегії ТОР.

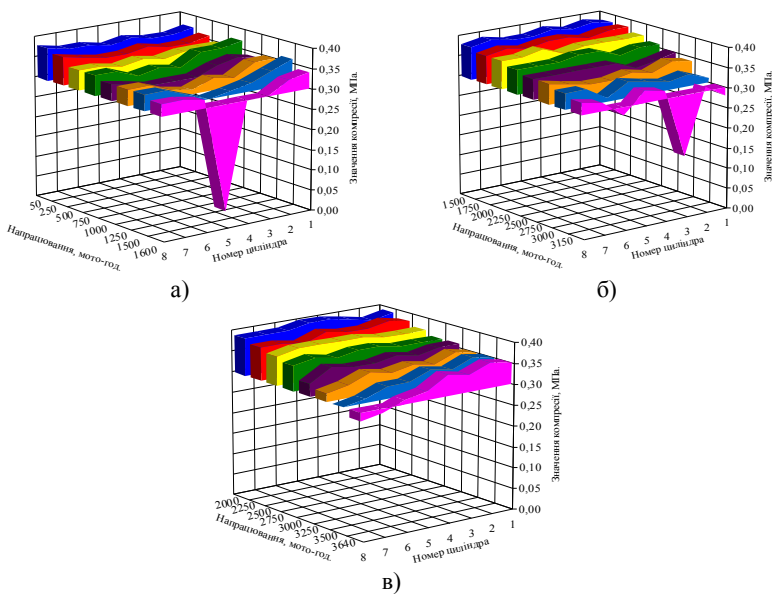


Рис.2. Динаміка зміни значень компресії від напрацювання для дизелів КамАЗ-740: а, б при планово-попереджувальній стратегії ТОР держ. №№ВА4437АО, ВА4646АО; в - при адаптивній стратегії ТОР, держ. №ВА4436АО.

Зміна витрати картерних газів в залежності від напрацювання на прикладі досліджуваних дизелів КамАЗ-740, представлена на рис.3.

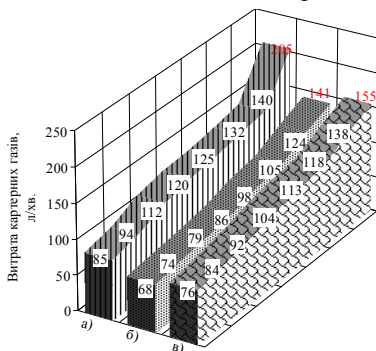


Рис.3. Зміна витрати картерних газів в залежності від напрацювання для дизелів КамАЗ-740: а, б при ППС №ВА4646АО, №ВА4437АО; в - при АС, №ВА4436АО.

Результати опрацювання бази даних зміни значень компресії за допомогою програмного продукту STATISTICA 6.1 дозволяють отримати їх орієнтовний закон розподілу (рис. 4).

Поряд з відносно простою використання даного способу отримання інформації, можемо спостерігати значний розкид між теоретичним (передбачуваним) та фактичним законом розподілу зміни параметрів, навіть всередині групи. Аналізуючи отримані дані, можемо стверджувати, що наявний значний розкид значень компресії по циліндрам та значне відхилення від умовної теоретичної та усередненої кривої.

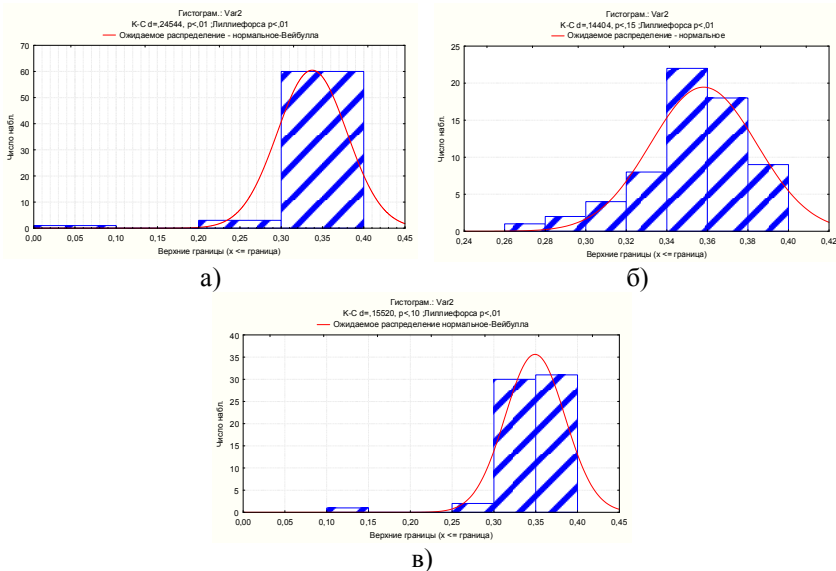


Рис.4. Орієнтовний закон розподілу значень компресії від напруження на прикладі дизелів КамАЗ-740: а, б при ППС держ. №№ВА4437АО, ВА4646АО (нормальний, Вейбула); в - при АС, держ. №ВА4436АО (нормальний).

Як можемо бачити, даний діагностичний параметр важко піддається апроксимації: на початковому етапі зміна параметру відбувається по закону близькому до нормального, а потім він трансформується в подібний до експоненціального. Тобто говорити, про єдиний закон розподілу для даного діагностичного параметру не є допустимим.

Для більш точного прогнозування зміни технічного часу необхідний комбінований підхід, що має декілька режимів з врахуванням конкретних умов експлуатації техніки.

**Висновок.** Враховуючи отримані дані можна стверджувати, що намагання описати зміну діагностичних параметрів під певний закон розподілу і тим самим отримати прогнозовану картину розвитку зміни технічного стану дизелів не завжди є обґрунтованими. Статистичний підхід потребує постійного уточнення та коректування. Для забезпечення прийняттого технічного стану техніки логічним є використання поетапного діагностування в певній системі управління та коректуючих дій. Отримана при цьому інформація більш достовірно характеризує реальну зміну

технічного стану дизелів з часом, а отже дозволяє більш повно використовувати їх ресурс.

### **Список використаних джерел**

1. Александровская Л.Н. Современные методы обеспечения безотказности сложных технических систем / Л.Н. Александровская, А.П. Афанасьев, А.А. Лисов - М.: Логос, 2003.- 208с.
2. Бажинов А.В. Научные основы оценки ресурса силовых агрегатов транспортных машин с учетом условий эксплуатации. Дис... докт. техн. наук: 05.22.20 / А.В. Бажинов - Харьков 2001., 324с.
3. Полянський О.С. Формування властивостей надійності автотракторних двигунів у гарантійний і післягарантійний періоди експлуатації. Дис... докт. техн. наук: 05.22.20 / О.С. Полянський. Харків 2004., 381с.
4. Система технического обслуживания и ремонта сельскохозяйственных машин по результатам диагностирования [В.М. Михлин, Д.Н. Накуров, К.С. Ронимин, О.С. Ленкуев] - М.: Информагротех, 1995. – 156с.
5. Михлин В.М. Управление надежностью сельскохозяйственной техники / В.М Михлин - М.: Колос, 1984. - 335с.
6. Михлин В.М. Система технического обслуживания и ремонта сельскохозяйственных машин по результатам диагностирования / В.М. Михлин; и др. - М.: Информагротех, 1995.
7. Положення про профілактичне обслуговування і ремонт рухомого складу автомобільного транспорту України / Міністерство транспорту України. – К., 1994. – 36с.
8. Аулін В.В. Рівні отримання інформації про технічний стан двигунів в системі діагностичного моніторингу / В.В. Аулін, О.Ю. Жулай, А.Ф. Крисенко, С.В. Лисенко // Зб. наук. праць ЛНАУ. Серія: Технічні науки. – Луганськ: Видавництво ЛНАУ – 2006. - №64(87). С.21-28.
9. Жулай О.Ю. Аналіз проблем впровадження систем діагностичного моніторингу дизелів / О.Ю. Жулай // Наукові нотатки. Міжвуз. зб. (за галузями знань “Машинобудування та металообробка”, “Інженерна механіка”, “Металургія та матеріалознавство”). – Луцьк ЛНТУ, 2010. - Вип. 28(травень). С. 199-202.

### **Abstract**

#### **ESTIMATION DEGREE OF AUTHENTICITY OF INFORMATION ABOUT THE TECHNICAL STATE OF DIESELS AFTER LEVEL SYSTEM**

**V. Aulin, A. Dzylau, A. Martynenko**

*The question of estimation of authenticity of change of diagnostic parameters is considered in the process of exploitation after the level system of receipt of information and determination of degree of adequacy of the obtained experimental data to the expected laws of distribution.*