

ТЕОРЕТИЧНА ОЦІНКА ЗАЛЕЖНОСТІ ДІАГНОСТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ І НАДІЙНОСТІ ДИЗЕЛІВ

Вступ

Систематизація методів отримання інформації зорієнтована на безперервний контроль діагностичних параметрів технічного стану дизелів. На початковому етапі експлуатації з'ясовуються і враховуються особливості впливу режимів роботи і зміни зовнішніх умов на параметри стану дизелів.

З удосконаленням засобів визначення технічного стану техніки, діагностика дизелів, як елемента, що лімітує його, вийшла на перший план [1].

На практиці діагностика потрібна не тільки для пошуку несправностей (хоча ця причина переважаюча). В ході планового технічного обслуговування корисно робити профілактичну діагностику, щоб виявити приховані несправності. Отримані результати використовують з метою приблизної оцінки залишкового ресурсу дизелів. Точність прогнозу, в свою чергу, залежить не лише від величини отриманих даних, а й від їх достовірності.

Аналіз попередніх досліджень

Відомо багато спроб виведення універсальної формули діагностики [1], застосування якої надало змогу швидко і без великих затрат знайти причину несправності. Зазначимо, що це, в принципі, можливо, але лише для однотипних одиниць техніки, яка експлуатується в ідентичних умовах. На практиці даний підхід реалізувати майже неможливо, оскільки знайти будь-які абсолютно прийнятні рекомендації для різних видів дизелів по єдиному алгоритму не вдається. Це свідчить про те, що будь-яка система або алгоритм дій можуть існувати лише в загальних рисах і повинні корегуватися в процесі роботи дизелів, враховуючи їх технічний стан [2]. Авторами пропонується систематизація методів отримання інформації про технічний стан дизелів за принципом безперервного збору всіх діагностичних сигналів з поетапним уточненням причин їх виникнення. Кількість етапів уточнення діагностичної інформації залежить від необхідної точності діагнозу та матеріально-технічного забезпечення діагностичними засобами. При цьому, чим точніший діагноз, тим для меншого відрізка часу (напрацювання) він буде справедливий.

Розглянемо зміст та функції запропонованих рівнів.

Зовнішній рівень базується на отриманні інформації про технічний стан дизеля при суб'єктивному сприйнятті його зовнішніх проявів та змін у часі: вібрація, шум, перегрів деталей, перевитрата паливно-мастильних, охолодних матеріалів. Цей рівень, за методами отримання інформації, можна умовно поділити на органолептичні та програмні.

Індикаторний рівень вимагає отримання інформації про параметри стану дизеля: тиск і температура робочого тіла, швидкість руху деталей та ін.

На цьому рівні використовують найпростіші інструментальні методи і засоби отримання діагностичної інформації про технічний стан дизеля та його підсистем. Інформація отримується за допомогою таких приладів як стетоскопи, компресометри, лічильники об'єму картерних газів, газоаналізатори, витратоміри моторної оливи на вигар тощо. Методика використання приладів подана в роботі [3].

Даному рівню, внаслідок використання вищезазначених методик та засобів, властиві значні розбіжності між реальним та вимірним, а отже отриманим об'єктивно, значенням. Не зважаючи на відносно невисоку достовірність отриманої інформації, що не перевищує 60%, оператор має попередні дані про технічний стан дизеля. Даного обсягу інформації, в більшості випадків, достатньо для прийняття рішення про надійність та можливість допущення дизелів до виконання своїх функцій. Але не завжди.

На усередненому рівні визначають параметри (сталі, змінні) робочих процесів, їх взаємовплив. Параметри технічного стану дизелів, на даному рівні, оцінюються за зміною властивостей моторної оливи та наявністю в ній води, палива, частинок зносу сполучених деталей, забруднюючих домішок.

Загальний комплекс властивостей моторної оливи пропонується визначити методом крапельної проби [4]. Для цього на лист фільтрувального паперу наносять 3...4 краплі моторної оливи. Кожна крапля утворює на фільтрувальному папері пляму

овальної або круглої форми з темним ядром, навкруги якого розташовуються одне або два концентричні кільця різних розмірів і забарвлень.

В процесі дослідження, на даному рівні, встає проблема оптимізаційної оцінки можливих станів дизелів, отриманих за крапельною пробою. Тому пропонується їх попередня класифікація і розробка типових процесів виконання наступних операцій:

- постановка на контроль з можливим корегуванням термінів проведення наступних операцій;
- уточнення діагнозу (повторна проба), перехід на вищий рівень отримання інформації;
- уточнення по системам дизелів, якщо існує підозра на вихід з ладу певної підсистеми.

На цьому ж рівні пропонується проводити хімічний аналіз проб моторної оливи [5], який полягає у визначенні показників, таких як кінематична в'язкість при 40°C і при 100°C, температура спалаху, лужне число, вміст води, оцінка забрудненості.

Вірогідний рівень можна поділити на два підрівні: загальний і конкретний. На загальному підрівні отримують інформацію про фізико-механічні та триботехнічні характеристики деталей. На конкретному підрівні отримують відомості про шорсткість, твердість, стан поверхні, макроскопічні дефекти, ін.

Технічний стан дизелів на вірогідному загальному рівні пропонується оцінювали за допомогою спектрального аналізу моторної оливи. Для цього можна використати фотоелектричний спектрометр МФС-7, який дозволяє визначати наявність більш, ніж 26 металів, методом електроду, що обертється [5].

На вірогідному конкретному рівні пропонується застосовувати вакууметричний метод оцінки параметрів технічного стану основних елементів та систем, що лімітують ресурс і надійність дизелів.

На адекватному рівні виявляють фізико-хімічні зміни матеріалу деталі: напружено-деформований стан, концентратори поля напружень, мікроскопічні дефекти, розподіл легуючих елементів в прошарках та ін.

Для виявлення напружено-деформованого стану і границі втомленості матеріалу можна рекомендувати застосування магнітного методу з визначенням коерцитивної сили H_c в різних напрямках прикладання навантаження [6]. Цей параметр пов'язаний з напруженим станом металу і у бага-

тьох випадках дозволяє знаходити приховані дефекти.

Наявність технологічних дефектів створює появу додаткових локальних концентрацій напружень. Тому, під час прогнозування залишкового ресурсу, доцільно, в рамках інформаційного забезпечення моніторингу, використовувати дані про структурний стан та макродефекти. В місцях виміру H_c необхідно додатково контролювати ступінь корозії металу за допомогою товщиномірів.

Для отримання більш об'єктивної інформації про стан матеріалу гільз циліндрів дизелів, перед застосуванням коерциметричного методу необхідно попередньо проводити їх мікрометраж.

Отримані дані дозволять точніше локалізувати місце знаходження дефектів, граничних зносів та прихованих концентраторів напружень.

Перед проведенням вимірів потрібно визначити порогові значення для досліджуваних зразків. Ця інформація є основою при прогнозуванні експлуатаційного ресурсу деталей з позицій аналізу структурного стану, а в комплексі з даними попередніх етапів моніторингу суттєво покращує якість і достовірність оцінки стану і залишкового ресурсу [7].

Мета роботи: теоретична оцінка залежності діагностичних параметрів і надійності дизелів.

Результати досліджень

Імовірність безвідмовної роботи дизелів згідно рівнів:

$$P_{\text{безв}} \leq \prod_{i=1}^n P_{ji} \xi_{ji} + \Delta P_{ji} \xi_{ji} \leq 1, \quad (1)$$

де P_{ji} – імовірність безвідмовної роботи дизелів виявлена на j -тому рівні i -тим способом; ΔP_{ji} – вплив непрогнозованих факторів на імовірність безвідмовної роботи дизелів в межах діагнозу проведеного на j – му рівні; ξ_i – вага діагностичного параметру технічного стану дизелів, $\xi_i = \frac{\varphi_i}{\sum \varphi_i}$; φ_i – значимість діагностичного параметру, отриманого за допомогою певного діагностичного методу.

Як уже зазначалось, запропонована система отримання діагностичної інформації має 5 рівнів. Тому, відповідна імовірність безвідмовної роботи дизелів на цих рівнях можна оцінити системою рівнянь:

$$\begin{cases} P_{I\text{безв}} = \prod_{i=1}^{n_i} P_{Ii} \xi_{Ii} + \Delta P_{Ii} \xi_{Ii} \\ P_{II\text{безв}} = \prod_{i=1}^{n_i} P_{IIi} \xi_{IIi} + \Delta P_{IIi} \xi_{IIi} \\ P_{III\text{безв}} = \prod_{i=1}^{n_i} P_{IIIi} \xi_{IIIi} + \Delta P_{IIIi} \xi_{IIIi} \\ P_{IV\text{безв}} = \prod_{i=1}^{n_i} P_{IVi} \xi_{IVi} + \Delta P_{IVi} \xi_{IVi} \\ P_{V\text{безв}} = \prod_{i=1}^{n_i} P_{Vi} \xi_{Vi} + \Delta P_{Vi} \xi_{Vi} \end{cases} \quad (2)$$

З іншого боку, ймовірність безвідмовної роботи дизелів можна знайти за виразом [9]:

$$P(t) = \exp\left(-k_e \int_{t_0}^t D \left[\sum_{i=1}^n z_i \right] dt\right), \quad (3)$$

де z – сукупність діагностичних параметрів дизелів; n – кількість діагностичних параметрів; k_e – коефіцієнт, що враховує дію експлуатаційних чинників; t, t_0 – проміжок часу, на якому розглядають діагностичні параметри дизелів.

Враховуючи останній вираз, запишемо систему рівнянь (2) у наступному вигляді:

$$\begin{cases} P_{I\text{безв}} = \prod_{i=1}^{n_i} \exp\left(-k_e \int_{t_0}^t D \left[\sum_{i=1}^n z_{Ii} \right] dt\right) \xi_{Ii} + \Delta P_{Ii} \xi_{Ii} \\ P_{II\text{безв}} = \prod_{i=1}^{n_i} \exp\left(-k_e \int_{t_0}^t D \left[\sum_{i=1}^n z_{IIi} \right] dt\right) \xi_{IIi} + \Delta P_{IIi} \xi_{IIi} \\ P_{III\text{безв}} = \prod_{i=1}^{n_i} \exp\left(-k_e \int_{t_0}^t D \left[\sum_{i=1}^n z_{IIIi} \right] dt\right) \xi_{IIIi} + \Delta P_{IIIi} \xi_{IIIi} \\ P_{IV\text{безв}} = \prod_{i=1}^{n_i} \exp\left(-k_e \int_{t_0}^t D \left[\sum_{i=1}^n z_{IVi} \right] dt\right) \xi_{IVi} + \Delta P_{IVi} \xi_{IVi} \\ P_{V\text{безв}} = \prod_{i=1}^{n_i} \exp\left(-k_e \int_{t_0}^t D \left[\sum_{i=1}^n z_{Vi} \right] dt\right) \xi_{Vi} + \Delta P_{Vi} \xi_{Vi} \end{cases} \quad (4)$$

Використавши вираз (4), наведемо графічну інтерпретацію залежності ймовірності безвідмовної роботи дизеля на відповідному рівні, діагностичних параметрів та їх коефіцієнту ваги від досліджуваного інтервалу часу (рис. 1).

Проведені експериментальні дослідження зміни діагностичних параметрів у залежності від часу показали адекватність теоретичним гіпотезам. Результати досліджень наведено на рис. 2.

Діагностичні параметри, що характеризують стан мастила, ЦПГ та інших параметрів показують їх зміну в залежності від часу. При цьому, зміну пропонується подавати у вигляді сукупності реалі-

зації діагностичної інформації про технічний стан дизелів.

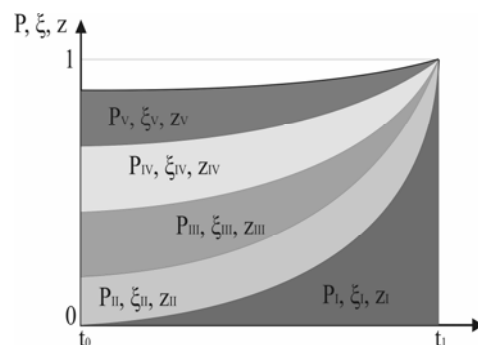


Рис. 1. Залежність ймовірності безвідмовної роботи дизеля на відповідному рівні, діагностичних параметрів та їх коефіцієнту ваги від досліджуваного інтервалу часу

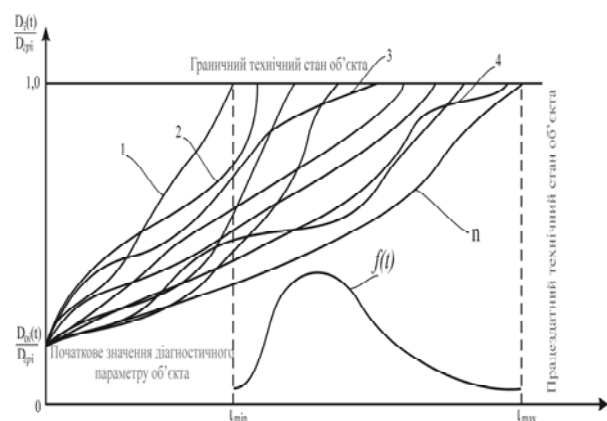


Рис. 2. Зміна діагностичних параметрів дизеля ЯМЗ-238 у залежності від часу
1, 2 – стан та властивості моторного мастила; 3, 4 – технічний стан циліндро-поршневої групи; n – інші параметри технічного стану; $f(t)$ – щільність розподілу граничних значень діагностичних параметрів

Висновки

Запропоновані рівні отримання інформації про технічний стан дизелів з поетапним уточненням дали можливість теоретично оцінити залежності ймовірності безвідмовної роботи від діагностичних параметрів та їх ваги. При цьому наведено графічну інтерпретацію реалізації теоретичних залежностей ймовірності безвідмовної роботи дизелів на відповідному рівні, діагностичних параметрів та їх коефіцієнтів ваги від досліджуваного інтервалу часу. Проведені експериментальні дослідження зміни діагностичних параметрів, у залежності від часу, показали адекватність теоретичним

гіпотезам. Встановлено, що діагностичні параметри, які характеризують стан мастила, циліндро-поршневої групи та інших механізмів показують їх зміну в залежності від часу.

Список літератури:

1. Биргер И.А. *Техническая диагностика* / И.А. Биргер. – М.: Машиностроение. – 1978. – 240 с. 2. Барановський Д.М. Проблема довговічності дизелів засобів транспорту / Д.М. Барановський, О.Ю. Жулай // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету імені Михайла Остроградського. – Вип. 5(58) Ч.1. – 2009. – С. 96-99. 3. Бажинов А.В. *Научные основы оценки ресурса силовых агрегатов транспортных машин с учетом условий эксплуатации. Дис... докт. техн. наук: 05.22.20* / Бажинов А.В. – Харьков. – 2001. – 324с. 4. Барановський Д.М. *Визначення технічного стану дизелів засобів транспорту методом крапельної проби моторної оливи* / Д.М. Барановський, О.Ю. Жулай // *Автомобильный транс-*

порт: сборник научных трудов. – 2009. – Вип. 24. – С. 113-115. 5. Барановський Д.М. *Визначення технічного стану дизелів засобів транспорту АПК за хімічним аналізом моторної оливи* / Д.М. Барановський, О.Ю. Жулай // *Проблеми трибології.* – 2010. – №1 – С.26-28. 6. Жулай О.Ю. *Технічний стан матеріалу гільз циліндрів дизелів ЗТ* / О.Ю. Жулай, Д.М. Барановський // *Східноєвропейський журнал передових технологій* – 2009. – №3/8 (39). – С. 31-34. 7. Бондаренко А.Ю. *Мониторинг состояния сварных соединений для прогнозирования остаточного ресурса магистральных нефтепроводов* // *Техн. диагностика и неразрушаемый контроль.* – №1. – 2003. – С. 20-24. 8. Барановський Д.М. *Прогнозування залишкового ресурсу дизелів засобів транспорту та його раціональне використання* / Д.М. Барановський, О.Ю. Жулай // *Східноєвропейський журнал передових технологій* – 2009. – №4/10 (40). – С.45-49. 9. Барановський Д.М. *Визначення залишкового ресурсу трибосистем* // *Міжнародний науковий журнал «Проблеми трибології».* – 2009. – №4. – С. 127-129.