

## **МЕТОДИ ДІАГНОСТУВАННЯ НАСОС-ФОРСУНОК**

### **Анотація**

*В роботі проведено аналіз існуючих методів діагностування та ремонту паливо-подаючої системи дизелів, виявлено їх недоліки, такі як складність виконання, низька точність вимірювання, високі витрати часу і матеріальних засобів на діагностування.*

**Ключові слова:** технічний стан, насос-форсунки, діагностування.

### **Abstract**

*The paper analyzes the existing methods of diagnosing and repairing the fuel supply system of diesel engines, identifies their shortcomings, such as complexity, low measurement accuracy, high cost of time and material resources for diagnosis.*

**Keywords:** technical condition, pump-injectors, diagnostics.

### **Вступ**

Сучасні автомобілі оснащуються двигунами з електроннокерованими насос-форсунками, в процесі експлуатації до яких занадто завищені вимоги що призводять до необґрунтованих замін ще працездатних деталей, що істотно збільшує вартість ремонту. Проведення якісного ремонту насос-форсунок стримується відсутністю широко доступних і зрозумілих технологій ремонту, а також недорогого спецінструменту.

У зв'язку з цим, в умовах повсюдного імпортозаміщення є значний інтерес до розробки нових, науково-обґрунтованих методів діагностування та ремонту насос-форсунок, а також розробка нових технічних засобів їх випробування, які не потребують авторизації у виробників агрегатів і враховують реальний технічний стан кожного елемента системи подачі палива.

### **Результати дослідження**

При визначенні технічного стану паливної апаратури дизелів можна застосовувати різні методи діагностування, які розподіляться за ознаками використовуваного фізичного процесу.

*Діагностування ППС віброакустичним методом.* Процес впорскування палива супроводжується формуванням в різних місцях системи подачі палива віброакустичних сигналів, що викликаються як переміщеннями рухомих деталей ППС (голки форсунки, нагнітального клапана, муфти приводу, деталей приводу плунжера), так і хвилями тиску палива в лініях низького і високого тисків [3].

Між тиском початку впорскування і максимальним віброприскоренням форсунки, що виникають при підйомі і посадці голки розпилювача, існує лінійний зв'язок. Зменшення тиску початку впорскування, що відбувається в умовах експлуатації, збільшує амплітуду вібрації, що виникає при ударі голки розпилювача об корпус форсунки, і зменшує амплітуду вібрації, що виникає при посадці голки розпилювача [2].

Безумовною перевагою віброакустичної діагностики є найпростіший спосіб закріплення первинних перетворювачів на об'єкті. Такі нові методи, як лазерна вібродіагностика взагалі допускають безконтактне зняття сигналу. Найпростіше реалізуються методи з обмеженою інформативністю, наприклад, що забезпечують фіксування початку і кінця подачі.

Ряд дефектів ППС при цьому взагалі не виявляється, побудова багатофакторної діагностичної моделі з урахуванням взаємодії чинників стає практично нездійсненною. Так в роботі [3] відзначається, що при вібродіагностиці форсунок наявність більшості поширених дефектів (зависання голки, закоксування сопел розпилювача, зрізання головки розпилювача) характеризується зниженням рівня вібрації форсунки з якого неможливо точно вказати вид дефекту. Ефективність діагностування обмежується похибкою. За даними [3] похибка помилки

діагностування становить 16%. Ці недоліки не виключаються навіть вибором режимів діагностування, де автори [2] пропонують здійснювати оцінку сигналу на режимі пуску (від  $20\text{хв}^{-1}$ ) по вібраціям уприскування (дзвінки, глухі).

*Магнітоелектричний метод діагностування* за параметрами переміщень рухомих деталей. Метод заснований на реєстрації змінюючого магнітного потоку в попередньо намагнічених деталях діагностичного механізму. Діагностуєма ЕРС в магніточутливому елементі датчика пропорційна швидкості руху намагніченої деталі. Метод дозволяє реєструвати переміщення, фазові параметри деталей агрегатів, визначити відхилення цих параметрів від номінальних значень. При діагностуванні цим методом можуть виникнути складнощі у зв'язку з нестабільністю з плином часу магнітних властивостей діагностуємого елемента. Визначення параметрів руху елементів форсунки (голки, штанги), за якими можна більш точно визначити характеристики подачі палива, викликає серйозні труднощі. У зв'язку з цим можна припустити, що при цьому методі можна витягти обмежену інформацію про стан ППС [3].

*Спектрографічні методи* («метал в середовищі») дуже зручні, мають добре розроблене математичне забезпечення та апробовані, наприклад, при діагностуванні та прогнозуванні залишкового ресурсу поршневої групи дизеля. Фірмами «Spectro Incorp» і «Caldwell Development» (США) розроблено для таких цілей «датчики-феррографи», які реєструють частинки розміром менше 150 мікрон [3]. Але для задач з ППС вони навряд чи знайдуть застосування через відсутність накопичення металу в рідині, незначному зношенні, універсальності матеріалів для різних деталей і абсолютно недостатній інформативності.

*Теплові методи діагностування* засновані на визначенні температури відпрацьованих газів, аналізі температури певних деталей, наприклад, випускного колектора. Канарчук В.Є. пропонує оцінювати стан ППА за допомогою інфрачервоного пірометра (радіометра), спрямованого на випускний колектор дизеля. Провівши експеримент по заданій режимній програмі роботи дизеля, як стверджують автори, можна виявити порушення в регулюванні усереднених по циліндрах циклової подачі, тиску початку впорскування і куту випередження подачі. Схожий метод вимірювання нестационарного тиску відпрацьованих газів вже є контактним, але використовує більш освоєні вимірювання, ідентифікує роботу циліндрів [3].

*Кінематичний метод діагностування* характеризується зміною положення, руху деталей і їх сполучень з геометричної точки зору. Цей метод включає в себе безпосереднє вимірювання розмірів, зносів деталей, зазорів їх сполучень (установчі розміри важелів регулятора, хід рейки і т. п.), застосовується при перевірці окремих вузлів і деталей ППС і, як правило, проводиться при непрацюючому дизелі або розібраних вузлах .

*Газоаналітичний метод* оцінки стану ПА за вмістом шкідливих речовин у відпрацьованих газах дизеля Д-240 розглядається в роботі [2]. За вмістом в відпрацьованих газах  $\text{O}_2$  і  $\text{CO}_2$  оцінюється якість процесів сумішоутворення і згоряння і на цій основі пропонується визначити технічний стан вузлів ППС.

До числа найбільш популярних методів вивчення і діагностування роботи ППС відносяться *гідралічні методи* і, в першу чергу, *метод вимірювання тиску в нагнітальному трубопроводі* (біля насоса або біля форсунки). Його головна і безперечна перевага - вимір параметра, безпосередньо пов'язаного з інтенсивністю і особливостями впорскування. З використанням додаткової інформації та розрахункових методів цей сигнал дозволяє точно розраховувати найважливіші показники подачі для даної системи. До переваг методу також відносять і допустиму для задач діагностики складність монтажу датчика, яка при використанні комбінованих пьезоплівочних датчиків фірм AVL, Kistler стає мінімальною [3].

Разом з розглянутими методами продовжують застосовуватися і вдосконалюватися старі методи часткового діагностування ППС: підключення до форсунки через трійник тарований випробувальної форсунки (максиметра), безперервний запис підйому голки, вимір продуктивності і фази подачі палива, вимір запасу по продуктивності, візуальна оцінка якості розпилювання палива форсункою і т. д.

Підсумовуючи вище сказане варто відзначити, що для оцінки технічного стану ППС застосовуються різні методи діагностування (таблиця 1.1) [3], що застосовуються відповідно до завдань діагностування.

Таблиця 1.1 - Класифікація методів діагностування ППС

Класифікаційні ознаки	Методи діагностування
Задачі діагностування	Перевірка працездатності; перевірка правильності функціонування; пошук дефектів
Застосування діагностичних засобів	Органолептичні; інструментальні
Характер вимірюваних параметрів	Прямий; опосередкований
Періодичність діагностування	Регламентний; заявочний; безперервний
Умови проведення діагностування	Польові; станція ТО; безмоторні;
По ступені розборки об'єкта діагностування	Розбірна; нерозбірна
Режим роботи об'єкта	При встановленому режимі; при невстановленому режимі; при статодинамічному режимі
Діагностичні параметри	Параметри робочого процесу; параметри супутніх процесів; структурні параметри
Використаний фізичний процес	Віброакустичний; магнітоелектричний; спектрографічний; тепловий; гідравлічний; газоаналітичний; кінематичний; інші

### Висновки

Короткий огляд і аналіз стану проблеми показав, що до теперішнього часу створені певні наукова і технічна основи забезпечення надійності і оцінки якості роботи паливної апаратури в процесі експлуатації. Разом з тим, існуючі технології і методи діагностування, контролю і оцінки технічного стану електрокерованих елементів сучасних ППС не враховують повною мірою особливостей їх функціонування.

Застосування електронного керування та необхідність роботи з високими тисками впорскування ускладнює обслуговування і ремонт насос-форсунок. На даний момент в нашій країні відсутні будь-які стандарти, що регламентують методи перевірки насос-форсунок з електронним управлінням. Тому розробка технології діагностування та ремонту систем паливоподаючі з насос-форсунками є актуальним завданням.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Баришов Р.М. Топливные системы автотракторных и комбайновых дизелей, конструкционные особенности и показатели работы [Текст] / Р.М. Баширов. - Уфа: БГАУ, 2000. - 156 с.
2. Грехов Л.В. Автоматизированный комплекс для исследований и диагностирования топливных систем дизельных двигателей. Рабочие процессы дизелей: учеб. пособие [Текст] / Л.В. Грехов, В.А. Светлов, А.В. Сячинов. - Барнаул: АлтГУ, 1995 - 160 с.
3. Неговора А.В. Диагностирование топливной аппаратуры автотракторных дизелей. Актуальные проблемы теории и практики современного двигателестроения [Текст] / А.В. Неговора, Л.В. Грехов, И.И. Габитов / сб. науч. тр. междунар. науч.-техн. конф. 100-лет Вибс. Челябинск: ЮУрГУ, 2003. - 85 с.

**Бевзюк Сергій Віталійович** – студент групи 1АТ-19м, факультет машинобудування і транспорту, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [bevzuk@gmail.com](mailto:bevzuk@gmail.com)

Науковий керівник: **Огневий Віталій Олександрович** - кандидат економічних наук, доцент, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, [ognevoy@ukr.net](mailto:ognevoy@ukr.net)

**Bevzyuk Sergey Vitalyevich** - student group 1AT-19m, Faculty of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [bevzuk@gmail.com](mailto:bevzuk@gmail.com)

Supervisor: **Ognevoy Vitaliy O.** - Ph.D., Docent, Vinnitsa National Technical University, Vinnytsia, [ognevoy@ukr.net](mailto:ognevoy@ukr.net)