

УДК 621.43.041.6

**Беседа Олександр Олександрович**

*к.т.н., доцент кафедри технологій виробництва  
і професійної освіти ДЗ «Луганський національний  
університет імені Тараса Шевченка»,  
м. Старобільськ  
e-mail: tvipobeseda@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0002-2957-189X>*

### **АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ТЕХНІЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ПАЛИВНОЇ АПАРАТУРИ ДИЗЕЛІВ**

Своєчасне виявлення пошкоджень і причин відмов призводить до зниження інтенсивності відмов і збільшення часу напрацювання дизеля на відмову.

В останні роки в зв'язку з форсуванням дизелів і завданнями, спрямованими на підвищення паливної економічності, поліпшення екологічних якостей, і пов'язаної з цим інтенсифікацією подачі палива вводиться цілий комплекс критеріїв для оцінки паливних систем, з точки зору їх енергетичних і якісних параметрів [1]:

- критерій інтенсифікації впорскування;
- коефіцієнт стабільності розпилювання палива, що дорівнює відношенню середнього тиску розпилювання палива до максимального;
- динамічний коефіцієнт подачі, що дорівнює відношенню середньої об'ємної швидкості витікання палива через соплові отвори розпилювача до середньої об'ємної швидкості витіснення палива плунжером паливного насоса, наведеної до тривалості повного циклу дизеля, з урахуванням зміщення на час поширення імпульсу по нагнітальному трубопроводу;
- коефіцієнт відносної потужності розпилювання палива до середньої ефективної потужності обслуговується циліндра дизеля.

Використовувані на практиці методи визначення технічного стану дизелів [2, 3, 4], як правило, вимагають тимчасової зупинки автомобіля для часткового розбирання вузла або агрегату, а будь-яка разборочно-складальна операція, навіть якщо деталь не ремонтується, знижує термін служби вузла до 15-20 %. Тому для визначення технічного стану прагнуть використовувати сучасні безконтактні і нерозбірні методи діагностування, засновані на аналізі вихідних параметрів, функціонально пов'язаних зі структурними параметрами. Безконтактне діагностування дизелів, будучи підсистемою інформації для управління технічним станом автомобільного транспорту, дозволить визначити пошкодження систем і елементів дизеля без розбирання до настання несправності або відмови [5, 6, 7].

Цим пояснюється той факт, що в даний час ведуться інтенсивні дослідження по створенню нових і вдосконаленню відомих методів діагностування паливної апаратури дизелів провідними вченими ГОСНИТИ, МАДИ, 21 НДІ АТ та іншими науковими установами [2, 3, 6].

У той же час питання визначення технічного стану паливної апаратури дизелів автомобільного транспорту без часткового розбирання вузла або агрегату досліджені недостатньо глибоко. Є певні напрацювання щодо визначення технічного стану тракторних і комбайнових дизелів [2, 7]. Разом з тим ідентичність процесу подачі палива автомобільних, танкових і тракторних дизелів дозволяє застосовувати деякі методи і засоби діагностики паливної апаратури тракторних двигунів до дизелів автомобільного транспорту.

Існуючі методи визначення технічного стану паливної апаратури дизелів [5-7] можна розділити по діагностичним показникам і параметрами на три групи:

- діагностування за показниками роботи двигуна;
- діагностування за параметрами паливної апаратури;
- діагностування за характеристиками роботи паливної апаратури.

Розглянемо можливості використання зазначених методів діагностики для оцінки технічного стану паливної апаратури двигунів автомобільного транспорту. Оцінка технічного стану системи подачі палива за основними показниками роботи дизеля є найбільш поширеним методом.

При контролі технічного стану паливної апаратури за показниками роботи дизеля оцінку здійснюють за непрямыми ознаками. При цьому виявлення несправностей навіть досвідченими механіками більш ніж в 50 % випадків може бути помилковим. За даними дослідників, суб'єктивним методом (за непрямыми ознаками) не завжди можливо визначення зниження потужності двигуна на 15-20 %, а отже, погіршення технічного стану системи подачі палива.

За максимального і мінімального числа обертів дизеля на холостому ходу контролюють роботу регулятора. У той же час холості оберти двигуна не завжди відображають швидкісний режим, утримуваний регулятором під навантаженням [2, 7]. Тому рекомендується перевіряти число обертів дизеля під навантаженням. Достовірність суб'єктивного визначення технічного стану паливної апаратури по димності вихлопу і по стукам невисока. Серед методів інструментального визначення потужних показників швидкохідного чотиритактного дизеля найбільш прийнятними є:

- без гальм метод професора Н.С. Жданівського;
- парціальний метод [7];
- метод визначення потужності дизеля по пробігу [2, 6].

Сутність двох перших методів полягає в тому, що двигун працює з декількома вимкненими циліндрами. Навантаження на працюючі циліндри здійснюється за рахунок механічних втрат в виключених циліндрах і навантажувальних пристроїв. За кількістю оборотів, що розвиваються двигуном, визначається потужність працює циліндра. Одночасно виробляють замір витрати палива працюють циліндрами. Запропоновані методи дозволяють визначати загальний технічний стан дизеля. Однак оцінка стану паливної апаратури за показниками роботи дизеля може призвести до значних помилок, так як зниження потужності і підвищення витрати палива не завжди бувають викликані несправностями паливної

апаратури [3]. Так, втрата компресії в циліндрах двигуна супроводжується збільшенням витрати палива на 4-6 %. При утворенні нагару в камері згоряння або при зниженні температури в системі охолодження нижче 75-85 °С витрата палива збільшується на 7-12 %.

Таким чином, погіршення показників роботи дизеля може бути викликано порушенням роботи не тільки паливної апаратури, а й інших агрегатів і систем двигуна. Тому показники роботи дизель не характеризують однозначно стан його паливної апаратури і не можуть служити діагностичним критерієм.

Газоаналітичний метод оцінки стану автомобільного транспорту за змістом у відпрацьованих газах дизеля Д-240. За змістом у відпрацьованих газах сажі і  $\text{CO}_2$  оцінюється якість процесів сумішоутворення і згоряння, і на цій основі пропонується визначати технічний стан паливної апаратури.

З введенням нормування викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами дизелів охоплення параметрів цим методом діагностування істотно розширився. Разом з тим за результатами діагностування важко судити про конкретний дефект в паливоподаючі системах та кількісні характеристики параметрів технічного стану автомобільного транспорту.

Методика оцінки технічного стану паливної апаратури по параметрам її роботи зводиться до визначення стану основних елементів і якості регулювання паливної апаратури.

Як відомо, процес подачі палива в дизелі значною мірою визначається роботою плунжерній пари. Знос плунжерній пари призводить до порушення процесу подачі палива: збільшення нерівномірності подачі палива на всіх швидкісних режимах, і особливо – в режимі пуску двигуна [3].

Втрати подачі палива при зносі плунжерній пари на пускових режимах можуть доходити до 70-75 %, на відміну від подачі палива нової плунжерній парою. Нерівномірність подачі палива при номінальному швидкісному режимі збільшується до 10-15 %, тоді як у новій плунжерній пари вона становить всього 3-5 %. При зносі плунжерній пари відбувається також помітна зміна тривалості уприскування і запізнювання початку подачі палива на малих обертах. Це призводить до зниження ефективної потужності двигуна на 10-12 % і збільшення годинної витрати палива на 5-6 %. В цілому прогресуючий знос плунжерній пари істотно змінює закономірність подачі палива.

Значний вплив зносів плунжерній пари на параметри впорскування і показники роботи дизеля призвело до появи різних методів оцінки її технічного стану.

Найбільш поширеним з них є оцінка стану плунжерній пари по максимальному тиску. Уприскування палива при оцінці плунжерній пари може бути проведений в атмосферу або в глуху замкнуту камеру. Першим способом оцінюють роботу плунжерній пари за допомогою максиметра. Основний недолік цього способу – непридатність його для кількісної оцінки гідравлічної щільності плунжерній пари через малу точність приладу,

неминучих витоків палива через голку і малого діапазону тиску (до 50 МПа).

Для оцінки стану плунжерній пари на двигуні може бути використано вимірювання кількості палива, поданого через форсунку, при певній швидкості обертання валу насоса. Цей метод внаслідок витoku палива уздовж направляючої голки розпилювача вносить додаткову похибку при малих подачах, через велику трудомісткість і порівняно малої точності він не отримав широкого розповсюдження.

Знос плунжерній пари можна оцінювати і за коефіцієнтом подачі як стосовно подачі палива при роботі плунжерній пари з форсункою до подачі при роботі без неї. Однак цей спосіб, будучи різновидом попереднього методу, має ті ж недоліки.

Таким чином, на основі аналізу методів експлуатаційної оцінки технічного стану плунжерній пари можна зробити висновок, що існуючі способи оцінки мають малу точність і малопродуктивні. Крім того, вони не можуть бути використані для цілей діагностики внаслідок необхідності значної кількості розбірних робіт.

Вплив нагнітального клапана на характеристики паливної апаратури визначається зносом розвантажувального паска, що погіршує якість відсічення палива, підвищує залишковий тиск в трубопроводі і призводить до утворення подвприска. Це в значній мірі знижує економічні і потужності параметри дизеля.

Найбільш поширеним для паливних насосів є контроль стану клапана по запірному конусу за допомогою моментоскопа. Приєднавши моментоскоп до штуцера паливного насоса, в нього подають паливо, повільно обертаючи вал насоса. Якщо стовп палива падає за час менше двох хвилин, то нагнітальний клапан визнають зношеним [2]. Цей метод дозволяє перевірити стан нагнітального клапана лише по запірному конусу, але не враховує стан розвантажувального паска.

Як уже зазначалося, важливим параметром, що характеризує роботу системи подачі палива, є тривалість і випередження подачі палива [5]. В процесі експлуатації кут випередження впорскування палива змінюється внаслідок зносу прецизійних деталей насоса високого тиску і деталей механізму привода вала насоса. Зміна кута випередження уприскування призводить до поганого пуску дизеля, зниження потужності і підвищеної димності відпрацьованих газів [5]. При надмірно великому куті випередження впорскування палива двигун працює жорстко, зі стуком.

Більшість методів, запропонованих для визначення кута випередження і тривалості упорскування, використовуються для діагностування тракторних дизелів. При експлуатації автомобільних дизелів [3, 6] рекомендується визначати кут випередження подачі палива по моментоскопу. Прилад приєднують до штуцера першої секції паливного насоса. В момент початку руху мениска палива в трубці перевіряють збіг риски на шківі колінчастого вала з ризкою на кришці шестерень розподілу. Цей метод визначення кута випередження подачі палива дає задовільні результати при новій плунжерній парі і новому нагнітальному клапані. Знос

цих сполучень паливного насоса може привести до суттєвих помилок. Внаслідок зносу нагнітального клапана і витoku палива через нещільність запірного конуса або розвантажує паска меніск палива в моментоскопа буде рухатися з випередженням, а при виправному нагнітальному клапані і знос плунжерній пари – з запізненням.

Відомі прилади [3], розроблені для визначення кутів випередження подачі і тривалості уприскування, використання яких пов'язано з мінімальним втручанням в роботу паливної апаратури. Загальний їх принцип в тому, що датчик монтують в трубопроводі високого тиску (поршневого типу, язичковий, пластинчастий) або встановлюють в відгалуження трубопроводу форсунки.

Незручність цих методів визначення кута початку впорскування полягає в необхідності доступу до маховика або якомусь шківу двигуна, має кутові мітки, за якими стробоскопом роблять виміри. Перспективу усунення цього незручності бачать в установці на двигун імпульсного датчика, відповідного верхній мертвій точці (подібні датчики знайшли широке застосування в системах упорскування палива бензинових двигунів легкових автомобілів), при зіставленні сигналу якого з контрольованим імпульсом можна визначити значення кута випередження впорскування палива. Продуктивність секції насоса високого тиску є одним з важливих показників паливної апаратури. Замір витрати палива може бути проведений із зняттям окремих форсунок діагностується дизеля або по еталонної форсунки [7].

Необхідно відзначити, що при роботі на окремих циліндрах важко домогтися роботи двигуна на швидкісному номінальному режимі і стійкої роботи на малих обертах. Почергове зняття і установка форсунок знижує ефективність перевірки насоса. Крім того, результати виміру можуть мати істотні помилки, так як справжня подача палива в циліндр визначається не тільки продуктивністю плунжерній пари, але і технічним станом форсунки. Тому при еталонної форсунки контрольна подача палива може значно відрізнятися від подачі фактичної. За даними дослідників, несправності форсунок складають до 60 % від загального числа несправностей дизеля. Несправності форсунок призводять до падіння потужності двигуна, підвищення витрати палива, погіршення стійкості роботи на малих обертах і підвищенню димності відпрацьованих газів.

Найбільш поширений метод контролю технічного стану форсунки, застосовуваний в ремонтних підрозділах, полягає у визначенні тиску початку підйому її голки [6]. Однак для найбільш повної оцінки стану форсунки необхідно визначення і таких параметрів, як якість розпилу, гідравлічна щільність і характер відсічення палива.

Оскільки форсунка при перевірці тиску уприскування знімається з двигуна, рекомендується одночасно з контролем тиску провести оцінку якості розпилу палива (візуально).

Над удосконаленням цього методу успішно працюють в ГОСНІТІ. Розроблено прилад КІ-35460 для випробування і регулювання форсунок автотракторних дизелів, в конструкції якого використовується електронний

спосіб визначення якості розпилювання форсунок на основі оптоелектронного вимірювача і фотодатчика [7]. Однак при знятті форсунки умови її роботи змінюються, оцінка якості розпилювання приймає чисто умовний характер.

Більш зручними є прилади, що дозволяють визначити тиск початку уприскування без зняття форсунки. Прилади підключаються до випробуваної секції насоса послідовно. За показниками цих приладів можливий також контроль максимального тиску, що розвивається плунжерній парою. До недоліків цих приладів слід віднести обмежену кількість контрольованих параметрів.

Аналіз методів контролю технічного стану паливної апаратури за параметрами її роботи дозволяє зробити наступні висновки:

1. Основний недолік методів діагностування паливної апаратури за допомогою механічних засобів – неминуче втручання в нормальне функціонування системи харчування. Крім цього, вироблена часткове розбирання негативно позначається на працездатності паливної апаратури.

2. Більшість методів контролю розроблялося стосовно тракторних двигунів. Установка приладів на паливну апаратуру дизелів технологічно незручна, тому що необхідний значний обсяг розбирально-складальних робіт.

3. Методи контролю спрямовані на визначення окремих параметрів, тому для комплексної оцінки технічного стану паливної апаратури необхідно застосовувати одночасно декілька приладів і пристосувань.

Вищенаведене свідчить про невисоку ефективність існуючої системи технічного обслуговування паливної апаратури.

У зв'язку з перерахованими причинами потрібен новий підхід до визначення технічного стану паливної апаратури високого тиску дизелів. Таким методом може бути контроль технічного стану ТНВД по хвильовим явищам в паливних трубопроводах високого тиску дизелів.

#### Список використаних джерел та літератури

1. **Шапран В.Н.** Приёмистость дизеля с газотурбинным наддувом и её повышение: дис. ... канд. техн. наук : защищена 10.04.1987 : утв. 12.11.1987 / Шапран В.Н. Л.:Военная академия тыла и транспорта, 1987.196 с.
2. **Гольверк О.А.** Исследование эксплуатационной надежности топливной аппаратуры тракторов Т-74/О.А.Гольверк, В.Д. Бойко // Механизация и электрификация сельского хозяйства: республ. межведомств. тематич. научно-техн. сб., 1991. Вып. № 15. 55-60с.
3. **Ждановский Н.С.** Надежность и долговечность автотракторных дизелей/Н.С. Ждановский, А.В. Николаенко. Л. : Колос, 1981. 296 с.
4. **Костин А.К.** Работа дизелей в условиях эксплуатации / А.К. Костин, Б.П. Пугачев, М.А. Кочинев. М. : Машиностроение, 1987. 278 с.
5. **Ковалевский Б.Г.** Влияние износов прецизионных пар на показатели работы топливного насоса в режимах неустановившихся нагрузок: дис. ... канд. техн. наук : защищена 18.04.1984 : утв. 25.10.1984 / Ковалевский Б.Г. М. : 1984. 191 с.
6. **Обоснование** параметров состояния прецизионных пар рядных топливных насосов : отчет о НИР / ГОСНИТИ; рук. В.И. Бельских. Б571608 ГОСНИТИ, 1986. 64 с.