

ВИЗНАЧЕННЯ ЗНАЧУЩОСТІ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ПРИ ДІАГНОСТУВАННІ ФОРСУНОК ДИЗЕЛІВ

Сорокін С.П., канд. техн. наук, Блінов О., студент

*(Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка)*

У статті на підставі аналізу статистичної інформації проведено попередній розгляд та визначена значущість параметрів технічного стану при діагностуванні форсунок дизелів в експлуатації.

Актуальність проблеми. Нескладні розрахунки показують, що збільшення питомої витрати палива тракторним дизелем на 1 г/кВт г (в експлуатації перевитрата може сягати до 5 г/кВт г) при середньо експлуатаційній потужності дизеля 60 кВт, річному навантаженню 1000 годин та вартості палива 9 грн/кг, приводить до збільшення сумарних витрат на 1 трактор на 540грн на рік. Комплект нових розпилювачів для 4-х циліндрового дизеля (найдорожчі фірми «Моторпал»), становить 240 грн. Економія експлуатаційних витрат складає біля 300 грн, що свідчить про економічну доцільність забезпечення експлуатації форсунок з розпилювачами, параметри технічного стану яких відповідають вимогам нормативної документації.

Діагностика форсунок дизелів дозволяє вирішувати такі основні завдання з забезпечення працездатності об'єкту діагностування в експлуатації: визначити фактичний стан об'єкту і визначити необхідний об'єм ремонтно-обслуговуючих дій. Крім того наявність об'єктивної діагностичної інформації за параметрами що визначають ресурс форсунок та їх розпилювачів можна зробити прогноз щодо залишкового ресурсу їх безвідмовної роботи. Ці питання можуть бути вирішені з залученням сучасного математичного апарату що буде розглянуто у наступних публікаціях.

Аналіз стану питання. Процес функціонування двигуна внутрішнього згоряння з урахуванням технічного стану форсунки в експлуатації у загальному вигляді може бути описано виразом:

$$F = F(k_1 \cdot k_2), \quad (1)$$

де $F = \{N_e \cdot g_e\}$ – комплекс вихідних техніко-економічних показників двигуна;

N_e - ефективна потужність двигуна, кВт;

g_e – питома ефективна витрата палива, кг/кВт·г;

$k_1 = \{\Gamma_{ш}, \Gamma_{м}, P_{ф0}, \mu f, \delta_{co}, P\}$ – комплекс параметрів технічного стану форсунки;

$k_2 = \{Z_1, Z_2, \dots Z_n\}$ – комплекс параметрів зовнішніх діянь.

Величина вихідного техніко-економічного показника залежить від значень параметрів що входять у комплекси.

На практиці усі параметри технічного стану форсунок змінюються одночасно, що ускладнює виділення з них тих, які є визначальними. Тому виникає необхідність зазначення у нормативно-технічній документації ознак граничного стану за усіма параметрами [2].

Існують різні методики встановлення значущості параметрів.

У роботі [1] при визначенні значущості параметра припускається, що вид функціональної залежності 1 відомий. Значущість параметру встановлюється на підставі розрахунку чутливості вихідного показника до зміни параметрів. При визначенні значущості, у цьому випадку, виникає необхідність проведення розширеного попереднього експерименту з метою встановлення функціонального зв'язку, що не завжди є оправданим.

Інші автори для встановлення рівня значущості пропонують проведення попереднього однофакторного експерименту з метою виключення із розгляду несуттєвих факторів. До числа значущих факторів відносять ті, у результаті зміни яких комплекс вихідних техніко-економічних показників змінюється на 80-100%. Реалізація такої методики також вимагає проведення значного обсягу попередніх експериментів, що при великій кількості факторів (що у нашому випадку дорівнює шести), є досить працезатратним.

Для вибору значущих параметрів найбільш простим і найменш затратним є метод експертних оцінок, або метод ранжирування. Хороші результати дає цей метод при використанні апріорної інформації та аналізу статистичної інформації, щодо зміни параметрів технічного стану.

Для реалізації зазначеного метода проведена атестація розпилювачів, що надійшли з рядової експлуатації на сервісне підприємство. Атестація проводилась у лабораторії паливної апаратури кафедри технічного сервісу машин.

При атестації, відповідно до поставлених задач, проводилося вимірювання наступних характеристик розпилювачів форсунок:

- хід голки розпилювача (h_{Γ});
- гідрощільність ($\Gamma_{\text{щ}}$);
- герметичність ($\Gamma_{\text{м}}$);
- рухомість голки (P);
- відхилення кутової орієнтації соплових отворів від заданого напрямку (α, φ);
- ефективний прохідний перетин розпилювача (μf);

Додатковим параметром що контролювався був діаметр голки по запірному конусу (d_x).

У попередніх роботах [3] (доказано що d_x , який при виготовленні розпилювачів має максимальне значення, у міру напрацювання форсунок в експлуатації зменшується (номінальне значення $d_x=3,0\text{мм}$).

Аналіз комплексу параметрів технічного стану форсунки і розпилювачів за даними атестації показав що відхилення від меж, що допускаються, спостерігається у всіх параметрів, крім відхилення кутової орієнтації соплових

отворів від заданого напрямку (α, φ). Хоча відхилення цього параметру від вимог технічної документації спостерігається у 40% розпилювачів, однак ці відхилення не перевищують $\pm 5^\circ$ (відповідно до [2] допуск становить $\pm 3^\circ$), що не вплине на показники роботи двигуна і дає підстави виключити цей параметр від подальшого розгляду.

У міру напрацювання форсунки в експлуатації підйом голки розпилювача h_{Γ} змінюється у бік збільшення від номінального значення ($h_{\Gamma \text{ ном}} = 0,37 \pm 0,08 \text{ мм}$). У загальному випадку у вибірці розпилювачів, що атестувалися, h_{Γ} збільшується у 28% розпилювачів. При цьому встановлено, що $>75\%$ розпилювачів, які не відповідають вимогам нормативній документації по h_{Γ} , мають $d_x < 2,6 \text{ мм}$, що свідчить про досить суттєву кореляцію h_{Γ} і d_x . У подальшому із переліку визначальних параметрів розпилювача форсунки h_{Γ} виключався у разі, якщо при визначенні технічного стану контролювати d_x .

Повна втрата гідроцильності $\Gamma_{\text{Ц}}$ спостерігається у 7,5 % розпилювачів. До них віднесено також ті з них, для яких гідроцильність не було можливим виміряти, через її мале значення. 20% розпилювачів мали $\Gamma_{\text{Ц}} < 5 \text{ с}$. Однак, враховуючи що гідроцильність несуттєво впливає на показники роботи дизеля на основних експлуатаційних режимах за винятком пускових, цей параметр також був виключений з переліку визначальних.

Повна втрата герметичності ($\Gamma_{\text{М}}$) спостерігається у 2,6 % розпилювачів. Розпилювачів з незначним зволоженням носка 13,5 %, причому 93% з них мають діаметр за запірним конусом $d_x < 2,6 \text{ мм}$ (при $d_x < 2,2 \text{ мм}$ повна втрата герметичності спостерігається у 100% розпилювачів).

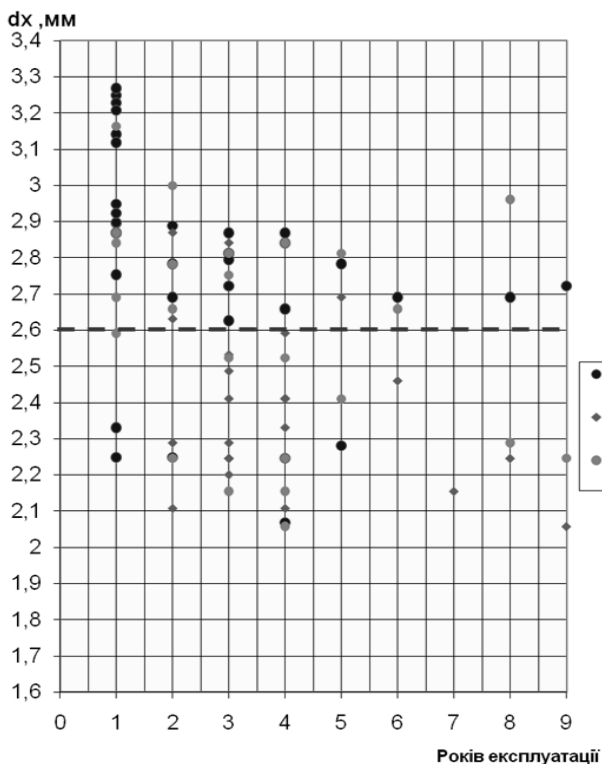
Отримані дані дозволяють стверджувати, що герметичність форсунки з високим ступенем достовірності є функцією діаметра запирання.

На рис. 1 наведена статистика параметрів d_x (рис. 1.а) та μf (рис. 1.б) за роками експлуатації розпилювачів, яка отримана на підставі графічної інтерпретації карти атестації за вказаними параметрами.

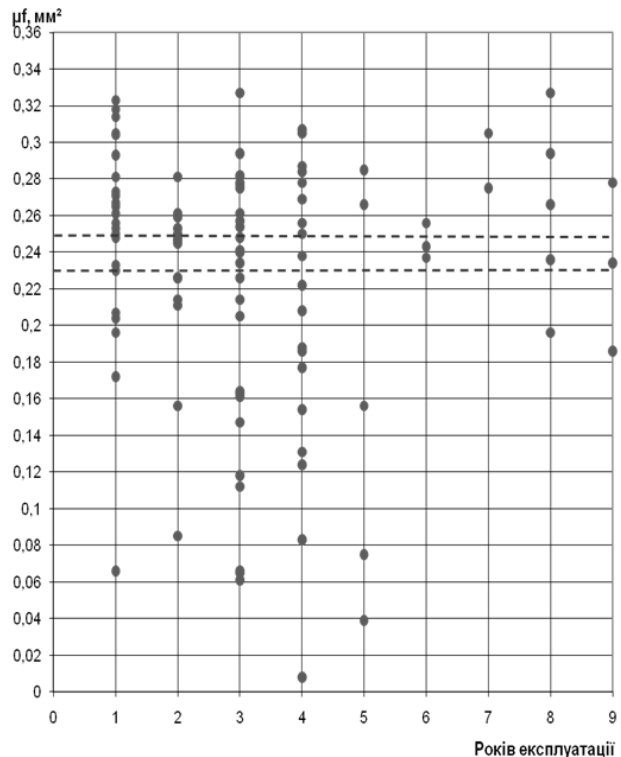
Із рисунка виходить, що з часом d_x тільки зменшується, причому у розпилювачів з $d_x > 2,6 \text{ мм}$ звучність при визначенні рухомості голки P зберігається у 95% розпилювачів. При $d_x < 2,6 \text{ мм}$ 82% розпилювачів втрачають рухомість голок, а при $d_x < 2,5 \text{ мм}$ – 88%.

Таким чином є підстава зробити висновок, що між рухомістю голки P та діаметром запирання за запірним конусом d_x існує суттєва кореляційна залежність. Таким чином, один із самих впливових параметрів технічного стану розпилювачів форсунок – рухомість голки, яка оцінюється у теперішній час суб'єктивно за побічною ознакою (звучанням форсунки при перевірці) може бути замінена величиною, що об'єктивно вимірюється.

Результати дослідження впливу d_x на показники роботи дизеля показують, що зменшення d_x призводить до зростання питомої витрати палива, причому при зменшенні d_x на 10% від номінального значення питома витрата палива збільшується на 1,5 г/кВт г. При зменшенні d_x від 3,0 до 2,33 мм погіршення економічності складає 8,5 г/кВт г. При зменшенні завантаження вплив d_x на показники дизеля зменшується.



а)



б)

Рисунок 1 – Статистика визначальних параметрів форсунок за роками експлуатації: а) за параметром d_x , б) за параметром μ_f

Ефективний прохідний перетин форсунки μ_f за роками експлуатації змінюється у двох протилежних напрямках; як збільшується, так і зменшується (рис. 1б).

Аналіз отриманих статистичних даних дозволяє зробити висновок, щ з урахуванням номінальних значень μ_f коксування соплових отворів розпилювачів що приводить до зменшення μ_f і абразивне зношення є приблизно рівно вірогідними подіями.(36,5% і 35,0% розпилювачів відповідно).

Результати експериментального дослідження впливу ефективного прохідного перетину на показники роботи дизеля показують, що при роботі за зовнішньою регуляторною характеристикою дизеля 4ЧН12х14 у діапазоні μ_f від 0,19 – 0,31 мм^2 питома ефективна витрата палива збільшується не більше ніж на 2 г/кВт г. Подальша зміна μ_f у той чи інший бік призводить до більш інтенсивної зміни ефективної витрати палива , причому при $\mu_f=0,160 \text{ мм}^2$, збільшення ефективної витрати палива становить 6,5 г/кВт г., а при $\mu_f=0,360 \text{ мм}^2$ – 4,5 г/кВт г. При переході на роботу за частковими характеристиками вплив μ_f на економічність дизеля зменшується.

Кореляційна залежність між μ_f і d_x несуттєва, а її дійсну величину можна визначити тільки за допомогою спеціальних статистичних розрахунків.

Таким чином можна зробити висновок, що в умовах експлуатації, при визначенні технічного стану форсунок дизелів та прогнозування їх залишкового ресурсу потрібно контролювати не весь комплекс параметрів, а тільки визначальні. Крім того, з метою зменшення експлуатаційних витрат, потрібна розробка обґрунтованої стратегії технічного обслуговування форсунок за визначальними параметрами їхнього фактичного стану.

Висновки

1. Визначальними параметрами при оцінці технічного стану форсунок дизелів в умовах експлуатації є рухомість голки розпилювача та сумарний ефективний прохідний перетин.

2. У якості об'єктивного критерію оцінки рухливості голки може бути використаний параметр – діаметр голки за запірним конусом d_x .

3. Ресурс розпилювачів форсунок тракторних дизелів визначається їхнім ефективним прохідним перетином і діаметром голки за запірним конусом.

Список літератури

1. Биргер И.А. Техническая диагностика. М.: Машиностроение, 1978. – 240 с.: ил.

2. ДСТУ ГОСТ – 10578:2003 “Форсунки дизелей. Общие технические условия”.

3. Сорокин С.П. Оценка подвижности иглы при диагностировании форсунок [Текст] / Сорокин С.П., Самородов О.О., Павлов М.В. // Проблемы технического сервису машин: Вісник ХНТУСГ. Вип. 109. – Харків: ХНТУСГ, 2011. – С. 113 – 33.

Аннотация

ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗНАЧИМОСТИ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРИ ДИАГНОСТИРОВАНИИ ФОРСУНОК ДИЗЕЛЕЙ

Сорокин С.П., Блинов А.

В статье на основании анализа статистической информации проведено предварительное рассмотрение и определена значимость параметров технического состояния при диагностировании форсунок дизелей в эксплуатации.

Abstract

DETERMINING THE SIGNIFICANCE OF TECHNICAL PARAMETERS IN THE DIAGNOSIS OF DIESEL INJECTORS

P. Sorokin, A. Blinov

The article is based on an analysis of statistical information and a preliminary review and determined the significance of the technical parameters in the diagnosis of diesel injectors in operation.