

РЕЗУЛЬТАТИ СТЕНДОВИХ ВИПРОБУВАНЬ ЗНОШУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ РОЗПИЛЮВАЧІВ ФОРСУНОК

Дерев'янко Д.А., д.т.н.,
Брестовський Є.О., інж.,
Ящук В.О., інж.

Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.

Постановка проблеми. Аналіз факторів, що впливають на знос деталей ДВЗ, показує, що паливна апаратура вкрай чутливо реагує на якість дизельного палива. Нині основною вимогою до технології виготовлення дизельного пального є поліпшення екологічних характеристик до складу пального під час зберігання, до продуктів згоряння пального. Однак, при виконанні цих вимог виникають питання щодо збереження в паливі протизносних властивостей.

Основні матеріали дослідження. Для вирішення завдання підвищення протизносних властивостей дизельних палив необхідне розроблення і застосування вітчизняних присадок під час виробництва палива або для використання на місці споживання. Це дасть змогу істотно збільшити напрацювання деталей паливної апаратури і забезпечити високий ресурс дизельних ДВЗ.

У результаті проведених стендових випробувань ПНВТ і розпилювачів форсунок двигуна Д-240 виявлено, що регуляторна характеристика паливного насоса і параметри, що характеризують працездатність форсунки, відповідають технічним вимогам для цього двигуна. На рис. 1 наведено дані за знятою швидкісною характеристикою паливного насоса УТН-5.

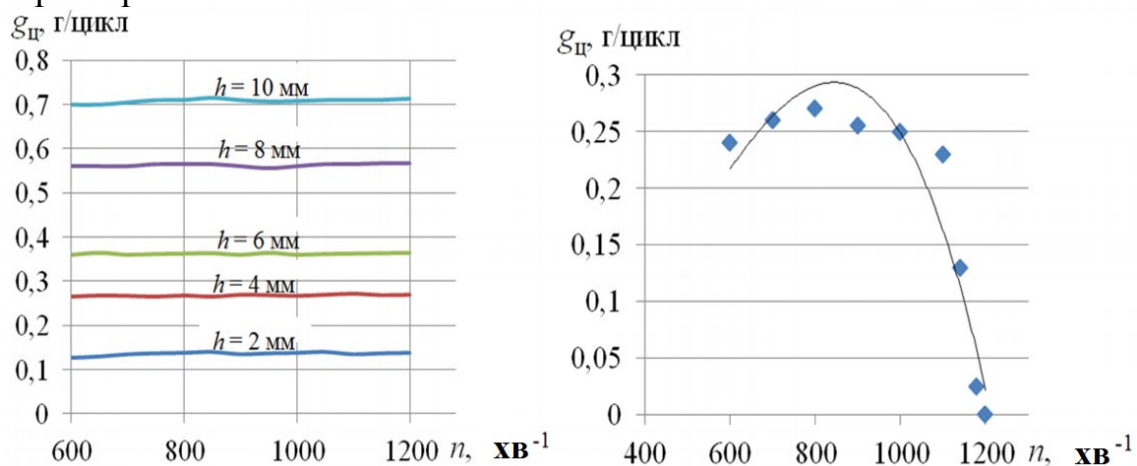


Рис. 1. Швидкісна характеристика паливного насоса УТН-5.

Представлена характеристика дала змогу визначити циклову подачу палива від положення дозатора та частоти обертання паливного насоса, які використовуються під час подальших

випробувань.

Результати експериментального визначення зношування голки форсунки ФД-22 наведені згідно з методикою експериментальних досліджень визначення зміни геометричних параметрів ущільнювального паска замикаючого конічного сполучення та зміни ваги голки і ваги корпусу розпилювача під час експлуатації.

Для отримання математичної моделі зміни вагового зношування голки згідно з методикою експериментального дослідження було використано ортогональний центральний композиційний план. Відгуком математичної моделі є зміна ваги голки $m_{и}$. Факторами, що впливають на зношування, прийнято напрацювання t розпилювача форсунки і концентрацію α присадки ПТЛМ у дизельному паливі. У таблиці 1 наведено результати експериментального визначення вагового зносу голки форсунки ФД-22.

Таблиця 1

План експерименту в кодованих значеннях факторів і результати дослідів

| U | X ₀ | X ₁ | X ₂ | X ₁ X ₂ | X ₃ =X ₁ ² -a | X ₄ =X ₂ ² -a | y ₁ | y ₂ | y ₃ | y _{ср} |
|-------------------------|----------------|----------------|----------------|-------------------------------|--|--|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| 1 | + | - | - | + | 1/3 | 1/3 | 0,230 | 0,239 | 0,239 | 0,236 |
| 2 | + | + | - | - | 1/3 | 1/3 | 0,889 | 0,875 | 0,882 | 0,881 |
| 3 | + | - | + | - | 1/3 | 1/3 | 0,230 | 0,243 | 0,235 | 0,236 |
| 4 | + | + | + | + | 1/3 | 1/3 | 0,874 | 0,889 | 0,883 | 0,881 |
| 5 | + | - | - | 0 | 1/3 | -2/3 | 0,156 | 0,153 | 0,162 | 0,156 |
| 6 | + | + | - | 0 | 1/3 | -2/3 | 0,791 | 0,845 | 0,800 | 0,801 |
| 7 | + | - | + | 0 | -2/3 | 1/3 | 0,562 | 0,589 | 0,529 | 0,560 |
| 8 | + | + | + | 0 | -2/3 | 1/3 | 0,528 | 0,526 | 0,626 | 0,56 |
| 9 | + | 0 | 0 | 0 | -2/3 | -2/3 | 0,480 | 0,480 | 0,480 | 0,48 |
| $\sum_{u=1}^N X_{ju}^2$ | 9 | 6 | 6 | 4 | 2 | 2 | | | | |

Обробка результатів дослідів дала змогу отримати регресійне рівняння залежності зміни ваги голки від концентрації присадки ПТЛМ і напрацювання форсунки в такому вигляді:

$$\Delta m_{и} = -9,721 \cdot 10^{-10} \cdot t^2 + 3,26 \cdot 10^{-4} t + 0,082 \alpha^2 - 0,161 \alpha + 0,074 \quad (1)$$

Рівняння (1) дало змогу розрахувати знос голки від концентрації присадки в ДП, і провести аналіз впливу низки факторів. На графіку (рис. 2) побудовано криві, що дають змогу наочно уявити характер впливу напрацювання і концентрації присадки в ДП. Аналіз кривих показує, що залежно від напрацювання розпилювача, втрати ваги голки збільшуються практично за лінійним законом (відстані між кривими практично однакові).

Залежність вагового зносу голки від концентрації присадки в ДП має складніший характер і являє собою криву другого порядку

(парабола). Усі криві мають мінімальне значення втрати ваги за концентрації присадки в ДП 1%. Дані щодо вагового зносу голки показують, що оптимальна концентрація присадки ПТЛМ у ДП дорівнює 1%.

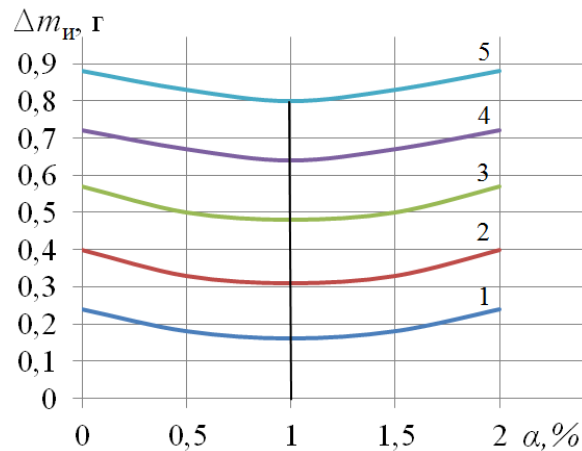


Рис. 2. Розрахункові криві залежності вагового зносу голки від концентрації присадки ПТЛМ у ДП і напрацювання розпилювача. Напрацювання: 1 – 500 мото-год; 2 – 1000 мото-год; 3 – 1500 мото-год; 4 – 2000 мото-год; 5 – 2500 мото-год

Результати експериментального визначення вагового зносу корпусу розпилювача форсунки ФД-22 наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Результати експериментальних досліджень вагового зносу корпусу розпилювача

| U | Результати дослідів $D_{тк}$, г | | | |
|---|----------------------------------|-------|--------|----------|
| | U_1 | U_2 | U_3 | $U_{ср}$ |
| 1 | 0,0867 | 0,085 | 0,086 | 0,086 |
| 2 | 0,2148 | 0,211 | 0,2187 | 0,213 |
| 3 | 0,0843 | 0,077 | 0,093 | 0,083 |
| 4 | 0,2035 | 0,196 | 0,213 | 0,201 |
| 5 | 0,0725 | 0,078 | 0,067 | 0,072 |
| 6 | 0,198 | 0,190 | 0,202 | 0,194 |
| 7 | 0,1285 | 0,126 | 0,134 | 0,125 |
| 8 | 0,1219 | 0,129 | 0,124 | 0,113 |
| 9 | 0,1285 | 0,118 | 0,136 | 0,132 |

Перевірка однорідності паралельних дослідів показала, що критерій Кохрена розрахунковий дорівнює 0,280888. Табличне значення критерію дорівнює 0,3346 за довірчої ймовірності 0,95 і ступенів свободи $f_1 = 9$ $f_2 = 2$.

У результаті опрацювання матеріалів було отримано регресійне рівняння:

$$\Delta m_k = 2,2 \cdot 10^{-8} t^2 + 0,013 \alpha^2 - 2 \cdot 10^{-6} t - 0,026 \alpha - 2,2 \cdot 10^{-6} t \alpha + 0,082. \quad (2)$$

Адекватність моделі підтверджували критерієм Фішера: розрахункове значення дорівнює 1,8064, табличне - 2,06 за довірчої ймовірності, що дорівнює 0,95, та ступеню свободи $f_1 = 30$ і $f_2 = 2$.

На малюнку 5.8. наведено розраховані за формулою (5.8) криві, що показують характер впливу напрацювання розпилювача і концентрації присадки.

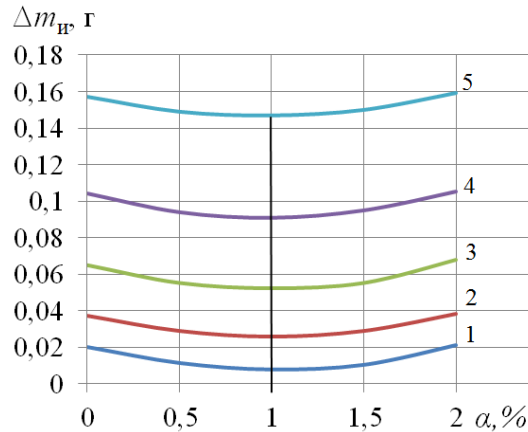


Рис. 3. Залежність вагового зносу корпусу розпилювача від концентрації присадки в паливі та напрацювання τ : 1 – 500 мото-год; 2 – 1000 мото-год; 3 – 1500 мото-год; 4 – 2000 мото-год; 5 – 2500 мото-год.

Аналіз наведених на рис. 3 кривих показав, що концентрація в паливі впливає на вагове зношування корпусу аналогічно впливу на вагове зношування голки (за параболічним законом).

Мінімальне значення втрати ваги припадає на концентрацію присадки 1%. Збільшення вагового зносу корпусу розпилювача спостерігається за концентрації присадки ПТЛМ більше або менше 1%.

Залежність вагового зносу корпусу розпилювача від напрацювання має також нелінійний характер. Зі збільшенням напрацювання вагове зношування збільшується. За концентрації присадки ПТЛМ 1% у ДП вагове зношення корпусу розпилювача становить за таких напрацювань:

- за 500 мото-годин – 0,009 г;
- за 1500 мото-годин – 0,053 г;
- за 2500 мото-годин – 0,144 г.

Результати експерименту показують, що раціональна концентрація присадки ПТЛМ у ДП становить 1%.

Згідно з методикою дослідження геометричних параметрів у сполученні "голка – корпус розпилювача" форсунок, викладеною в главі 4, проведені дослідження зміни довжини твірної L_1 від вершини конуса до ущільнювальної крайки, і зміна ширини ущільнювальної крайки Δb , мм.

У таблиці 3 наведено результати вимірювання довжини твірної L_1 від вершини конуса до ущільнювальної кромки.

Однорідність паралельних дослідів підтверджується критерієм Кохрена: розрахункове значення $G_p = 0,244$, табличне значення $G_T = 0,334$ за $\alpha = 0,05, f_1 = 2, f_2 = 15$.

На підставі результатів у табл. 3, отримано регресійну залежність зміни довжини твірної L_1 від напрацювання сполучення t і концентрації присадки ПТЛМ у паливі:

$$L_1 = 5,028 - 3,07 \cdot 10^{-4}t - 0,07108\alpha - 8,7 \cdot 10^{-5}t \cdot \alpha + 3,94 \cdot 10^{-7}t^2 + 0,021508\alpha^2$$

$$R^2 = 0,8673. \quad (3)$$

Таблиця 3

Результати вимірювання довжини твірної L_1 замикаючого конуса, мм

| № досліда | y_1 | y_2 | y_3 | y_{cp} |
|-----------|-------|-------|-------|----------|
| 1 | 2,36 | 2,20 | 2,25 | 2,27 |
| 2 | 5,249 | 5,264 | 5,27 | 5,258 |
| 3 | 0,829 | 0,824 | 0,814 | 0,822 |
| 4 | 3,369 | 3,524 | 3,538 | 3,477 |
| 5 | 1,653 | 1,534 | 1,576 | 1,578 |
| 6 | 4,263 | 4,448 | 4,433 | 4,385 |
| 7 | 3,376 | 3,311 | 3,372 | 3,353 |
| 8 | 1,655 | 1,887 | 1,741 | 1,754 |
| 9 | 2,451 | 2,623 | 2,538 | 2,537 |

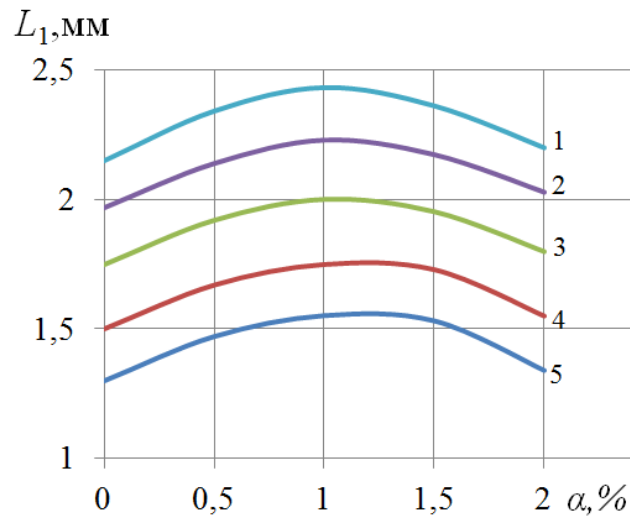
Адекватність моделі перевіряли за критерієм Фішера: розрахункове значення дорівнює 2,05, табличне значення – 2,13 за $\alpha = 0,05, f_1 = 14$ і f_2 восп. = 30. Табличне значення критерію Фішера більше за розрахункове, гіпотеза про адекватність приймається.

Розраховані за формулою (3) криві зміни відстані L_1 від концентрації присадки ПТЛМ у дизельному паливі α та напрацювання сполучення t наведено на графіку (рис. 4).

З наведених на рис. 4 графіків встановлено, що зі збільшенням напрацювання довжина твірної L_1 від вершини конуса до ущільнювальної кромки зменшується. Це пов'язано з деформацією ущільнювальної кромки під час ударної дії голки об корпус розпилувача. При цьому ширина ущільнювальної кромки збільшується.

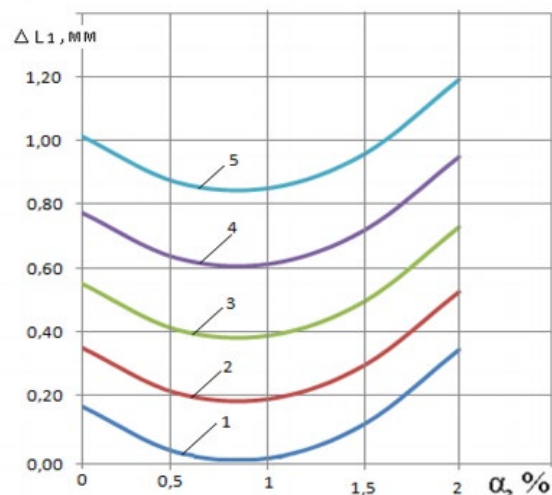
На рис. 5 наведено дані щодо величини зменшення L_1 залежно від напрацювання розпилувача і концентрації присадки в ДП.

На кожному інтервалі напрацювання найменше зменшення L_1 відбувається під час роботи на дизельному паливі з концентрацією присадки ПТЛМ у діапазоні від 0,95 до 1%. Під час напрацювання на товарному ДП зміна L_1 більша, ніж на ДП +1% присадки ПТЛМ.



1 – 500; 2 – 1000; 3 – 1500; 4 – 2000; 5 – 2500

Рис. 4. Залежність зменшення довжини твірної L_1 від вершини конуса до ущільнювальної кромки від концентрації а присадки ПТЛМ і напрацювання сполучення t . Напрацювання сполучення t , (мото-год)



1 – 500 мото-год; 2 – 1000 мото-год; 3 – 1500 мото-год; 4 – 2000 мото-год; 5 – 2500 мото-год

Рис. 5. Зміна довжини твірної L_1 від вершини конуса до ущільнювального паска залежно від концентрації присадки в ДП і напрацювання розпилувача

Під час напрацювання 500 мото-годин зменшення довжини твірної L_1 становило: на товарному ДП – 0,163 мм; на паливі з присадкою ПТЛМ у концентрації 1% – 0,00235 мм. При подальшому збільшенні концентрації присадки L_1 зменшується на 0,341 мм.

Вимірювання довжини твірної від вершини конуса до ущільнювальної кромки показали, що під час напрацювання розпилувачів на дизельному паливі з присадкою ПТЛМ у концентрації 0,95-1,05% зміщення ущільнювального паска від вихідного положення менше на порядок, ніж під час напрацювання на

дизельному паливі.

Висновки. За результатами проведених досліджень встановлено, що найменша зміна ширини ущільнювальної кромки відбувається під час експлуатації на дизельному паливі з 1% присадки ПТЛМ.

Результати досліджень підтвердили припущення про утворення на поверхнях деталей пухкого, нестійкого поверхневого шару, що руйнується в процесі роботи розпилювача форсунки, за концентрації присадки ПТЛМ у дизельному паливі 2% і більше.