

ДОСЛІДЖЕННЯ ВІДПОВІДНОСТІ ТЕХНІЧНИМ ВИМОГАМ РОЗПИЛЮВАЧІВ РЕЗЕРВНИХ ФОРСУНОК ДИЗЕЛІВ

Сорокін С.П., к.т.н., Шкрегаль О.М., к.т.н., Котенко Є. І., магістр
(Харківській національній технічній університет сільського господарства
імені Петра Василенка)

Наведено результати експериментальних досліджень відповідності розпилювачів форсунок двигунів Д-243 вимогам нормативно-конструкторської документації, як резервовані запасні частини, що пропонуються на ринку України.

Постановка проблеми. Підвищення надійності і довговічності тракторних і комбайнових дизелів у значній мірі залежать від початкової якості, досконалості конструкції та технічного стану їхньої паливної апаратури. На роботу дизельного двигуна з традиційною розділеною системою упорскування палива істотний вплив оказує форсунка та її основний функціональний елемент – розпилювач. Як кінцевий елемент системи, розпилювач форсунки формує узагальнену характеристику паливоподачі з урахуванням власних параметрів технічного стану. Неякісна робота форсунки веде до зниження ресурсу двигуна, погіршенню параметрів робочого процесу, виходу з ладу інших важливих вузлів двигуна.

При невідповідності параметрів розпилювачів вимогам нормативно-технічної документації та помилковій установці не відповідного розпилювача на двигуні, не забезпечується оптимальне сумішоутворення та повне згоряння палива, що приводить до зниження потужності двигуна зі зростанням питомої витрати палива при підвищеній димності відпрацьованих газів.

Основними постачальниками розпилювачів на ринку є місцеві виробники, які реалізують продукцію під маркою Чугуївського заводу прецизійних виробів - ЧЗПИ. Крім того досить широко представлена продукція АЗПИ (Алтайський завод прецизійних виробів, Росія). У меншій мірі - ЯЗДА (Ярославський завод дизельної апаратури, Росія) та продукція фірми Motorpal Чехія.

Проблема полягає у тому, що Чугуївський завод прецизійних виробів більше п'яти років не існує «як завод з випуску агрегатів паливної апаратури», тому продукцію з маркою ЧЗПИ, відповідно до Закону України «Про захист прав споживачів», є підстава вважати фальсифікованою. Вона виготовлена з неправомірним використанням товарного знака та копіюванням упаковки та зовнішнього оформлення [1].

Інші виробники, відповідно до вимог Закону України „Про підтвердження відповідності”, при постачанні продукції повинні здійснювати декларування відповідності та надавати декларацію - документально оформлену в установленому порядку заяву, у якій виробник дає гарантію відповідності продукції вимогам, встановленим законодавством [2].

Щодо вартості розпилювачів, то на початок 2012 року вони коштували: розпилювачі ЧЗПИ – 20 грн., «Російські розпилювачі» - 45 грн., чеські – 60 грн.

Нескладні розрахунки показують, що, якщо за відмову двигуна вважати погіршення економічності на 5%, то один неякісний розпилювач на двигуні

Д-243 за робочу зміну перевитрачає 1,5 л. палива, вартість якого становить – 13,5 грн. Таким чином видно, що вартість розпилювачів не є підставою для їхнього придбання. Потрібно дотримуватися критерію «ціна-якість».

Об'єкт та методика дослідження. Досліджувалася продукція двох основних постачальників розпилювачів: ЧЗПИ – розпилювач 39.1112110-05 (12 штук) та АЗПИ – розпилювачі 6А1-20с2-50 (4 штуки). Розпилювачі рекомендовані до застосування на двигунах Д-243.

Основним нормативним документом, який регламентує відповідність параметрів форсунок дизелів та їх розпилювачів є ГОСТ 10578 «Форсунки дизелей. Общие технические условия» [3]. За стандартом технічний стан форсунки визначається невиходом її певних характеристик за межі, що допускаються. До цих характеристик відносяться: рухливість голки розпилювача, якість розпилювання палива, герметичність, гідрощільність, ефективний прохідний перетин, відхилення струменів палива від заданого напрямку. Додатковими параметрами, які контролювалися були: хід голки розпилювача, гідравлічна характеристика розпилювача (залежність ефективного прохідного перетину від ходу голки розпилювача), діаметр голки по запірному конусу, твердість матеріалу голки, коерцитивна сила.

Рухливість голки, гідрощільність та герметичність форсунки перевірялася на опресовочному стенді акумуляторного типу КИ-22203М. Розпилювачі, що підлягали випробуванню встановлювалися у стендову форсунку після чого регулювався тиск початку упорскування $P_{\phi 0}=22,5$ МПа. Рухливість перевірялася прокачуванням через форсунку палива при умовах, визначених у ГОСТі. Одночасно з рухливістю перевірялась якість розпилювання палива, герметичність розпилювача по запірному конусу та вимірювався час падіння тиску у форсунці з 20,0 до 18,0 МПа, який визначає гідрощільність розпилювача (повинен бути у межах 7-45 с).

Для вимірювання ходу голки h_{Γ} розпилювача, ефективного прохідного перетину μf та гідравлічних характеристик $\mu f=f(h_{\Gamma})$ проведені дослідження з застосуванням установки постійного тиску, яка встановлена у лабораторії паливної апаратури кафедри технічного сервісу машин. Загальний вигляд установки наведений на рис 1.

Ефективний прохідний перетин (μf) повинен контролюватися у 100% розпилювачів при їхньому виробництві. Згідно з конструкторською документацією ЧЗПИ, розпилювачі для двигунів Д-243 повинні мати прохідний перетин у межах 0,280-0,315 мм². Допустиме відхилення μf для нових розпилювачів не повинно перевищувати $\pm 6\%$. Проливання розпилювачів за μf проводилося під тиском 5,0 МПа. Тиск налагоджувався за допомогою дроселя ястановки, а контролювався за манометром.



Рис. 1. Установа для проливання розпилювачі під постійним тиском

При випробуваннях вимірювалась вага палива G_f , що проходила через розпилювач при визначених умовах проливання. Електричний секундомір керував потоком палива, направляючи його у бак стану, чи у ємність, встановлену на вагах, підтримуючи час проливання у межах 30 ± 1 секунда.

Ефективний прохідний перетин при заданих умовах випробування визначався за формулою:

$$\mu_f = 91,8 \cdot \frac{G_{\Pi}}{\tau_{\Pi}}, \text{ мм}^2 \quad (1)$$

де: G_{Π} - вага палива, г

τ_{Π} - час проливання, с

91,8 – постійний коефіцієнт.

Хід голки розпилювача виробництва ЧЗПИ згідно з конструкторським кресленням повинен становити $h_f = 0,37^{+0,08}_{-0,07}$ мм, а АЗПИ - $h_f = 0,20^{+0,07}$ мм. Вимірювання ходу здійснювалося перед з вимірюванням μ_f розпилювачів. У конструкції установки передбачено регулювання ходу голки для отриманні гідравлічних характеристик розпилювачів. При випробуваннях хід змінювався від нульового до повного з інтервалом 0,05 мм. Величина ходу контролювалася індикатором (рис 1). Для отримання порівняльних даних проводився контроль температури робочої рідини у гідравлічній схемі установки та підтримання її на рівні $20 \pm 5^\circ\text{C}$. При досягненні температурної межі, випробування припинялися до охолодження робочої рідини.

Основним параметром, який впливає на економічність двигуна є рухливість голки розпилювача. У роботі [4] доказано, що кількісною мірою рухливості є діаметр голки по завірному конусу d_x (діаметр по якому контактує

голка з конусом корпусу розпилювача). Діаметр запирання є конструктивним параметром, який контролюється при виробництві розпилювачів, та є ресурсним параметром. При експлуатації розпилювачів d_x зменшується і, при досягненні ним певного значення, рухливість голки втрачається. Це відбувається при зменшенні d_x на 25-30% від номінального значення. Номінальне значення d_x для розпилювачів ЧЗПИ та АЗПИ, відповідно, становить 3,3 та 3,6 мм.

Для визначення d_x застосовувалась установка, розроблена на базі опресовочного станду КИ-22203М. Загальний вигляд установки представлений на рис 2.

Діаметр запирання визначався непрямим методом шляхом визначення тиску упорскування палива форсункою - $P_{уп}$ при навантаженні голки розпилювача постійною силою G_B . Сила утворювалась за рахунок дії на голку ваги важеля, який вільно падає (аналогічно до того, як це робиться у пристосуванні для визначення гідросцільності плунжерних пар рядних паливних насосів КИ-759). Зусилля, з яким важіль діє на голку, визначалось шляхом зважування важеля на вагах. (За результатами зважування зусилля становить $G_B = 12,725 \text{ кг} = 125 \text{ Н}$).

Тоді діаметр голки за запірним конусом d_x дорівнює:

$$d_x = \sqrt{d_\Gamma^2 - \frac{4 \cdot G_B}{\pi \cdot P_{уп}}} = \sqrt{36 - \frac{159,2}{P_{уп}}}, \text{ мм} \quad (2)$$

де: d_Γ – діаметр направляючої частини голки розпилювача ($d_\Gamma = 6 \text{ мм}$.);
 $P_{уп}$ – тиск упорскування, МПа.



Рис. 2. Загальний вигляд установки для визначення діаметра запирання

Крім зазначених параметрів проведено фотографування запірних конусів голок розпилювачів найбільш характерних представників обох виробників, виміряна твердість голок та коерцитивна сила (коерцитиметр КРМ-Ц-2М).

Результати експериментального дослідження. Зведені результати дослідження параметрів розпилювачів представлені у таблиці 1. Графічна інтерпретація отриманих результатів представлена на рис 3., рис 4., рис 5.

Таблиця 1. Узагальнені результати експериментального дослідження

Розпилювач, виробник	Рухливість голки	Якість розпилювання	Гідрощільність, с	Герметичність	Хід голки, h _г , мм	Ефективний перетин, μf, мм ²	Діаметр запірного конусу, d _x мм	Примітки
1 ЧЗПИ	В	В	71	В	0,51	0,265	3,51	
2 ЧЗПИ	В	В	42	В	0,45	0,422	3,04	
3 ЧЗПИ	В	В	33	В	0,42	0,280	3,55	
4 ЧЗПИ	В	В	32	В	0,46	0,364	3,10	
5 ЧЗПИ	В	В	52	В	0,49	0,279	3,55	
6 ЧЗПИ	В	В	31	В	0,58	0,375	3,55	
7 ЧЗПИ	В	В	6	НВ	0,26	-	3,26	Витоки по торцю
8 ЧЗПИ	В	В	16	В	0,61	0,411	3,51	
9 ЧЗПИ	В	В	4	НВ	0,53	0,327	3,54	
10 ЧЗПИ	В	В	24	В	0,37	0,329	3,40	
11 ЧЗПИ	В	В	8	НВ	0,46	0,330	3,39	Витоки по торцю
12 ЧЗПИ	В	В	27	В	0,65	0,337	3,10	
1 АЗПИ	В	В	17	В	0,26	0,238	3,66	
2 АЗПИ	В	В	17	В	0,25	0,235	3,68	
3 АЗПИ	В	В	22	В	0,21	0,235	3,58	
4 АЗПИ	В	В	24	В	0,25	0,263	3,70	

Примітки: В – параметр відповідає вимогам, НВ – параметр не відповідає вимогам

Аналіз наведених даних дозволяє зробити висновок, що розпилювачі обох виробників у повній мірі відповідають вимогам НТД за рухливістю голки та якістю розпилювання палива.

Не відповідають вимогам за герметичністю три розпилювача ЧЗПИ. Розпилювачі №11 та №7 протікають по торцевому спряженню корпуса розпилювача і форсунки. 75% розпилювачів ЧЗПИ не відповідають вимогам конструкторської документації за величиною ходу голки, а 50% не відповідають вимогам за ефективним прохідним перетином. 4 розпилювача з 12 мають діаметр запирання менший за 3,3 мм., що не відповідає також вимогам.

Граничні гідравлічні характеристики досліджуваних розпилювачів наведені на рис 3. Характеристики розпилювачів ЧЗПИ знаходяться у діапазоні, розташованому між кривими 1 та 2, а виробництва АЗПИ – між кривими 3 та 4. Розпилювачі ЧЗПИ мають дуже широкий діапазон по гідравлічним характеристикам, що безумовно вплине на рівномірність подачі палива по циліндрам двигуна.

Результати проливання розпилювачів виробництва ЧЗПИ за μf наведені на рис. 4. На рисунку нанесений допустимий інтервал μf для розпилювачів виробництва ЧЗПИ.

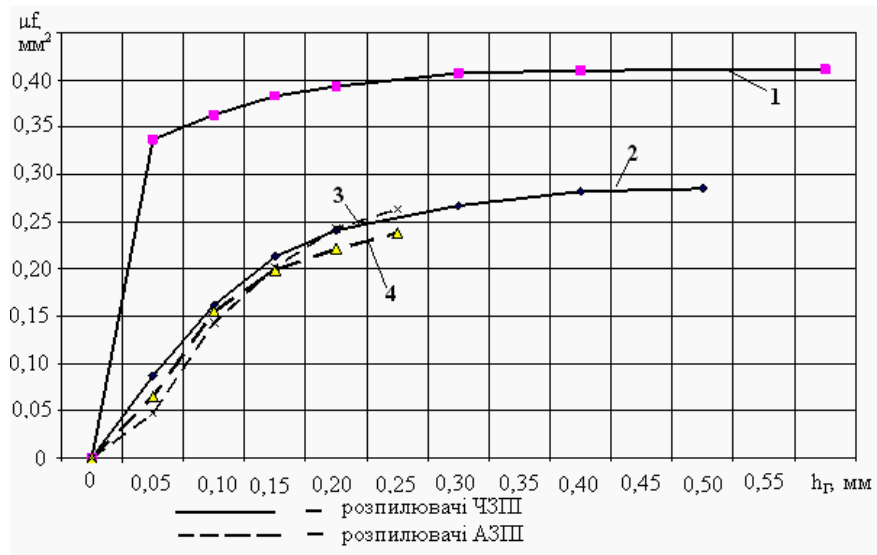


Рис. 3. Гідравлічні характеристики розпилювачів

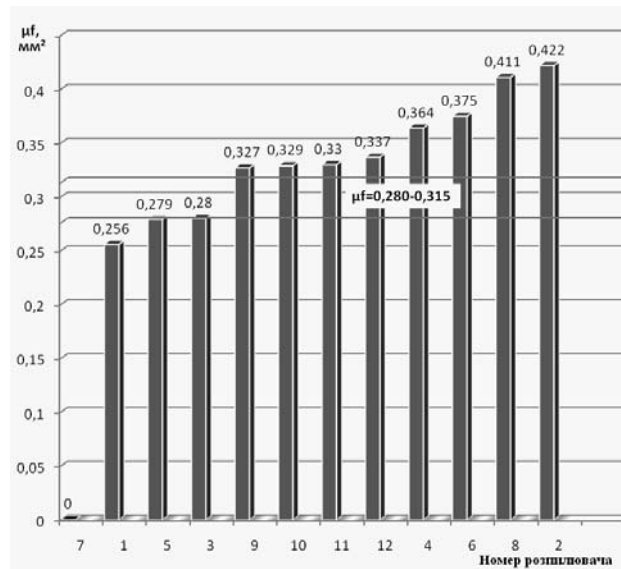


Рис. 4. Статистика розпилювачі ЧЗПІ за μf

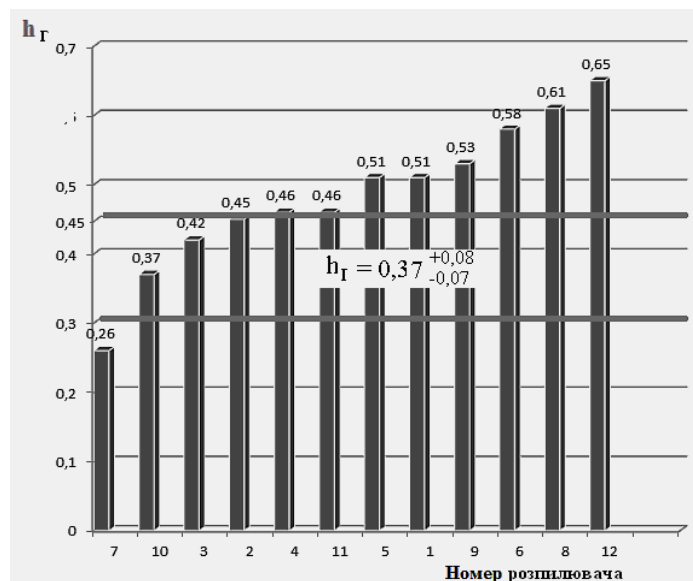


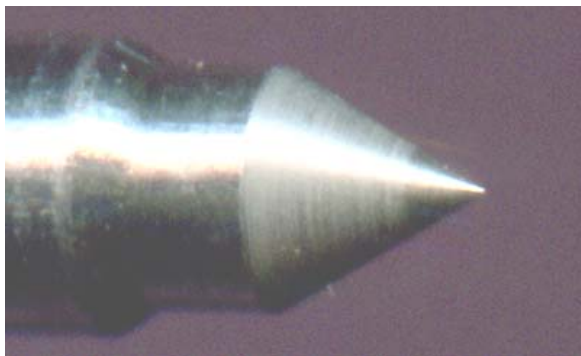
Рис. 5. Статистика розпилювачі ЧЗПІ за ходом голки $h_{Г}$

У переважній більшості розпилювачів μf знаходиться за допустимими межами. Розпилювачі АЗПИ мають більш стабільні показники, які не виходять за допустимі межі.

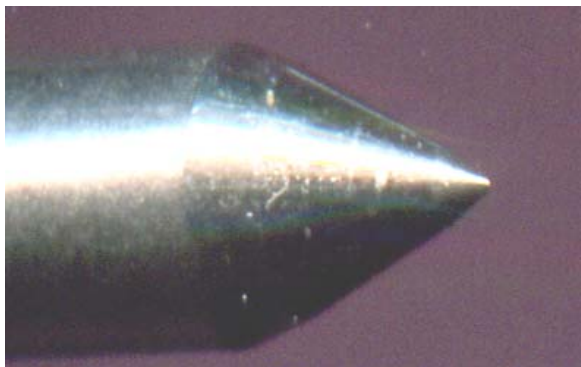
На рис. 6 наведені фотографії голок розпилювачів. Як видно з наведених даних голка розпилювача №1 виробництва ЧЗПИ швидше за все є реставрованою. На конусі явно проглядаються сліди від інструмента. Твердість голок розпилювачів ЧЗПИ становить HRC = 61,5-62,5 (№1) та HRC = 64,5 (№5). Додатковим параметром, який при цьому вимірявся, була коерцитивна сила. Коерцитивна сила свідчить про відмінності у структурі металу, з якого виготовлені голки. Такі відмінності у коерцитивній силі свідчать про те що у голок розпилювачів ЧЗПИ не витримані параметри термообробки. У розпилювачів АЗПИ висока твердість HRC = 62,5 і низька коерцитивна сила $H_c = 15,4-16,3$ А/см, що свідчить про понижені внутрішні напруження у матеріалі голки, що дає підставу зробити висновок про досить високу якість голки.



ЧЗПИ № 5
 $H_c = 18,2-18,4$ А/см
HRC = 64,5



ЧЗПИ № 1
 $H_c = 17,8-17,6$ А/см
HRC = 61,5-62,5



АЗПИ
 $H_c = 15,4-16,3$ А/см
HRC = 62,5

Рис. 6. Фотографії запірних конусів голок розпилювачів

Висновки.

1. Розпилювачі форсунок виробництва ЧЗПИ і АЗПИ виготовляють за різною конструкторською документацією.
2. Параметри розпилювачів АЗПИ більш стабільні, що дає підставу зробити висновок про їхню перевагу відносно розпилювачів ЧЗПИ.
3. Понад 50% розпилювачів ЧЗПИ не відповідають вимогам конструкторської і нормативної документації.
4. Розпилювачі ЧЗПИ перед застосуванням або реалізацією на ринку потрібно додатково розбивати на групи за основними параметрами.
5. Більшість розпилювачів ЧЗПИ є відновленими, а не новими.

Список літератури

1. Закон України «Про захист прав споживачів» (Відомості ВР, 1991, N 30).
2. Закон України «Про підтвердження відповідності» (Відомості ВР, 2001, N 32)
3. ГОСТ 10579. «Форсунки дизелей. Общин технические условия».
4. Сорокин С.П., Самородов А. А., Павлов М. В. Оценка подвижности иглы при диагностике форсунок дизелей.//Проблеми технічної експлуатації машин: Вісник ХНТУСГ. Вип. 109 – Харків: ХНТУСГ, 2011. – С. 113-121.

Аннотація

ИССЛЕДОВАНИЕ СООТВЕТСТВИЯ ТЕХНИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ РАСПЫЛИТЕЛЕЙ РЕЗЕРВНЫХ ФОРСУНОК ДИЗЕЛЕЙ

Сорокин С.П., Шкрегаль А.Н., Котенко Е.И.

Приведены результаты экспериментальных исследований соответствия распылителей форсунок двигателей Д-243 требованиям нормативно конструкторской документации, как резервируют запасные части, которые предлагаются на рынке Украины.

Abstract

STUDY FOR A TECHNICAL REQUIREMENTS OF DIESEL INJECTORS DISPENSERS RESERVE

S. Sorokin, A. Shkregal, E. Kotenko

The experimental results match spray nozzles engines D-243 standard requirements for design documentation, as a reserve, spare parts, which are offered on the Ukrainian market.