

УДК 631.436.038

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ДІАГНОСТУВАННЯ ПЛУНЖЕРНИХ ПАР РОЗПОДІЛЬЧИХ ПАЛИВНИХ НАСОСІВ

В. С. Загребельний, здобувач гр. ТС – 24М;

А.А. Вербовий, здобувач гр. АТ – 25М;

С.І. Маркович, доц., канд. техн. наук.

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький

Постановка проблеми. Техніко-економічні показники роботи дизельних двигунів суттєво залежать від технічного стану паливної апаратури, на частку якої припадає від 25 до 50 % відмов двигунів. Працездатність паливної апаратури, у свою чергу, визначається технічним станом прецизійних деталей, зокрема, плунжерних пар. Ефективність технічного обслуговування та ремонту машин значною мірою залежить від ступеня досконалості методів та засобів діагностування їх технічного стану.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В останні роки широкого поширення набули розподільні паливні насоси типу НД, що мають суттєві переваги перед рядними насосами за рахунок застосування меншої кількості плунжерних пар, зменшення числа деталей, габаритних розмірів та маси. Однак плунжерна пара такого насоса, подаючи паливо до кількох форсунок дизеля, зношується інтенсивніше, ніж плунжерна пара рядного насоса. На долю плунжерних пар припадає до 28 % основних дефектів насоса типу НД [1,2]. Контрольно-випробувальне обладнання цих пар серійно не випускається. Існуючі методи та засоби для визначення технічного стану ПП ПНРТ не повною мірою відповідають вимогам щодо точності оцінки, не враховують конструктивні особливості плунжерних пар розподільчих насосів, що ускладнює їх використання. Тому на ремонтних підприємствах вибраковується до 15,7 % плунжерних пар насосів типу НД, придатних до подальшої роботи. Крім того, на паливні насоси встановлюються плунжерні пари, що не забезпечують їх міжремонтний ресурс. В даний час ресурс відремонтованої паливної апаратури типу НД в 1,5-2 рази нижчий за ресурс відремонтованої паливної апаратури з насосами рядного типу [3].

В огляді літературних джерел проаналізовано основні методи діагностування плунжерних пар і встановлено, що наявні методи та засоби не мають достатньої точності, не враховують конструктивні особливості розподільчих плунжерних пар і не можуть бути використані для їх контролю без суттєвого доопрацювання. Найбільш перспективним є використання методу, заснованого на аналізі характеристики зміни тиску палива в паливопроводі. Таким чином, наукове обґрунтування критерію та розробка методу та засоби для достовірної оцінки технічного стану, що були в експлуатації, нових та відновлених ПП ПНРТ, має важливе народногосподарське значення.

Мета й завдання дослідження. Метою даної роботи є створення ефективного методу діагностування плунжерних пар паливних насосів розподільчого типу.

Об'єкт дослідження: процес діагностування плунжерних пар паливних насосів розподільчого типу.

Предмет дослідження: залежності структурного і діагностичного параметрів від технічного стану розподільчих плунжерних пар.

Задачі дослідження: Обґрунтувати структурний та діагностичний параметри технічного стану розподільчих плунжерних пар з визначенням їх граничних і допустимих значень та розробити метод і засіб діагностування.

Виклад основного матеріалу. Для проведення дослідження використовувався комплекс експериментальних пристроїв, комп'ютерних вимірювальних перетворювачів та приладів. Прискорені зносні випробування плунжерної пари проводилися на спеціально створеній установці, що включає стенд «МД-Мінор Агро», обладнаний пристроєм для автоматичної зміни частоти обертання валу приводу і баком для палива з абразивом. Дослідження процесу паливободачі проводилися на експериментальній установці, що включає стенд типу тензометричну установку УТСІ-ВТ-І2, магазин опорів P_i , шлейфовий осцилограф Н-І02 та вимірювальні перетворювачі.

Для виводу на дисплей використовувалися спеціально розроблені вимірювальні перетворювачі тиску тензометричного типу вхідного перерізу паливопроводу та вихідного перерізу паливопроводу, чутливим елементом яких є втулка з наклеєним активним дротяним тензорезистором R_1 та компенсаційним тензорезистором R_2 . Для калібрування каналу вимірювання тиску при записі осцилограм, а також при таруванні вимірювальних перетворювачів тиску використовувався прилад КІ-562 та зразкові манометри.

Проливання жиклера пристрою для визначення характеристики впорскування проводилося за допомогою спеціальної установки, створеної на базі дослідного зразка стенду КІ-625І. Гідралічна щільність плунжерних пар визначалася на приладі К І -759. Гальмівна установка включала балансиру машину типу МПБ-28/26 із ваговим пристроєм типу ВКМ-57.

Процес паливободачі контролювався за допомогою осцилограм (рис. 1)

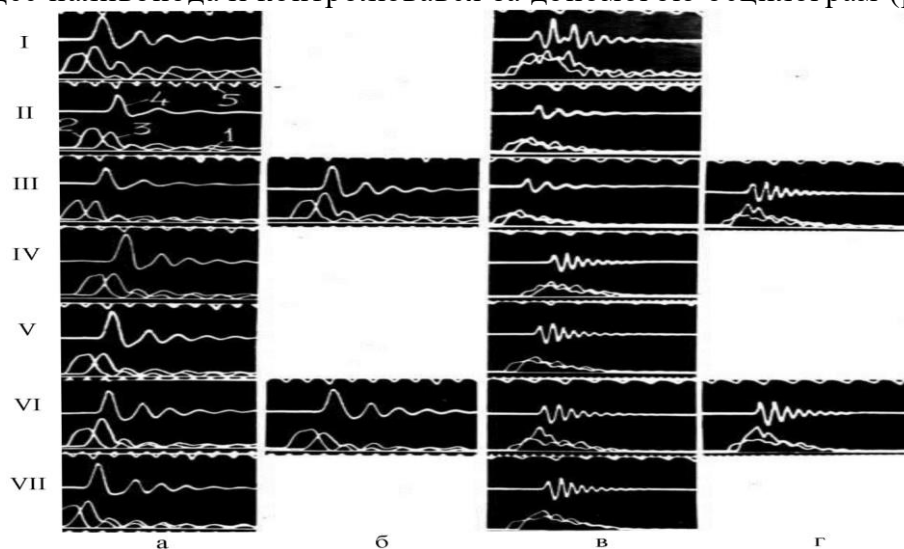


Рисунок 1 – Осцилограми процесу паливободачі на різних етапах прискорених випробувань: I, II, III, IV, V, VI, VII - ступені зношування тривалістю 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60 год і відповідна їм подача на частоті обертання 13,3 - 1 : 7; 52,6; 49,3; 55,0; 54,3; 52,6; 57,3 мм³/ц; а, в - частота обертання 13,3 і 5,0 с

Зі зносом ПП ПНРТ криві тиску палива у вхідному та у вихідному перерізі паливопроводу змінюються не лише за абсолютною величиною, а й у характері (рис.2), впливаючи на зовнішні регуляторні характеристики паливного насоса (рис.3.)

Визначені зовнішні регуляторні характеристики насоса НД-2І/2 при положенні органів, що регулюють подачу палива, що забезпечує для всіх випробуваних ПП ПНРТ однаковий активний хід плунжера. Зношування ПП ПНРТ призводить до значної зміни характеристики насоса на всіх швидкісних режимах. На рис. 3 представлені графіки зміни тиску палива у вхідному перерізі паливопроводу (P_{in}) для нової та зношеної ПП ПНРТ, кожен з яких побудований за результатами обробки осцилограм. Тут же наведено

криві інтенсивності зміни тиску палива та графіки зміни площі під кривою тиску палива. Результати стендових випробувань групи ПП ПНРТ різного технічного стану на номінальній частоті обертання та номінальному активному ході плунжера свідчать про те, що параметри P_n , про та залежать від технічного стану ПП ПНРТ у всьому діапазоні зміни $V_{щ}$.

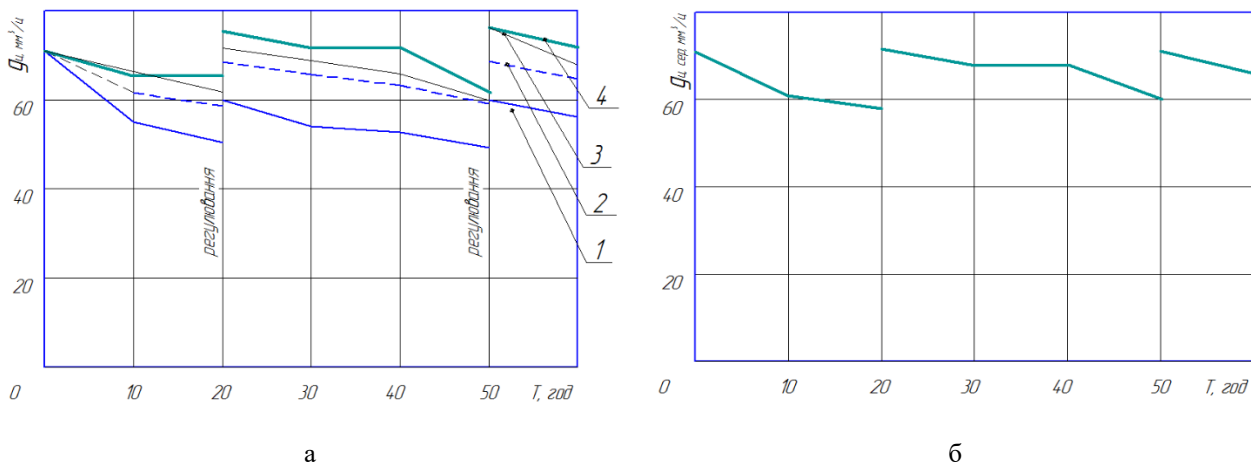


Рисунок 2 - Графіки зміни циклової подачі від часу прискорених випробувань: а - циклова подача за штуцерами секції паливного насоса: 1 – штуцер № 1; 2 - штуцер № 2 ; 3 – штуцер 3; 4 – штуцер № 4; б– середня циклова подача по насосу. Частота обертання - $13,3 \text{ c}^{-1}$.

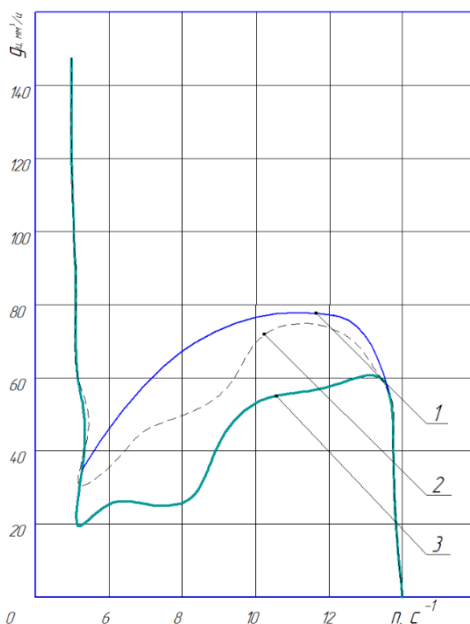


Рисунок 3 – Зовнішні регуляторні характеристики паливного насоса на різних етапах випробувань: 1 – вихідна характеристика; 2 - через 30 год зношування; 3 – через 50 год зношування.

Враховуючи ці дані, як діагностичний параметр технічного стану ПП ПНРТ слід прийняти площу під кривою зміни тиску палива у вхідному перерізі паливопроводу та залежність її від максимального тиску палива P_n максимального значення інтенсивності наростання тиску P_n та площі S під кривою P_n від технічного стану ПП ПНРТ

На підставі проведених експериментальних досліджень було обґрунтовано структурний параметр технічного стану ПП ПНРТ - сумарний обсяг щілини в зоні нагнітання та відсічення палива, що відповідає номінальному активному ходу плунжера, та

діагностичний параметр – площа під кривою зміни тиску палива у вхідному перерізі паливопроводу.

Визначення номінального та граничного значення діагностичного параметра здійснювалося на підставі встановленої залежності між діагностичним параметром та структурним параметром технічного стану ПП ПНРТ. Номінальне значення діагностичного параметра $S_n = 173,189$ МПа та граничне $S_n = 133,48$ МПа (таб.1).

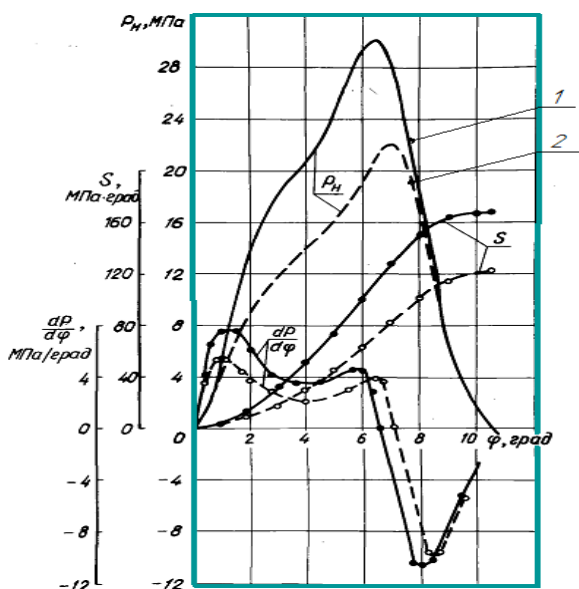


Рисунок 4 - Графіки зміни тиску палива P_n у вхідному перерізі паливопроводу, інтенсивності зміни тиску та площі S під кривою P_n залежно від кута повороту кулачкового валу насоса : 1-нова ПП ПНРТ; 2 – зношена ПП ПНРТ

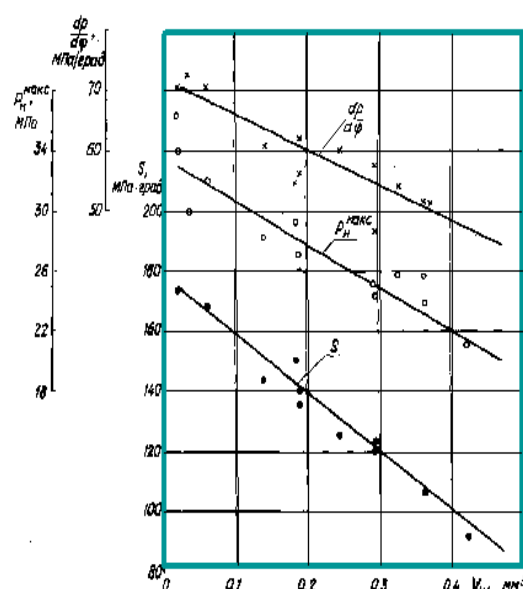


Рисунок 5 - Залежність максимального тиску палива P_n від максимального значення інтенсивності наростання тиску P_n та площі S під кривою P_n від технічного стану ПП ПНРТ.

Таблиця 1 - Значення параметрів технічного стану ПП ПНРТ насосів НД-2І

Найменування параметра	Позначення параметра та його значення			
	Номінальне	Допустиме		Граничне
		КР	ТО	
І. Сумарний обсяг щілини в зоні нагнітань та відсічення палива, мм	$V_{щн}$	$V''_{щд}$	$V'_{щд}$	$V_{щп}$
НД-2І/2	0,026	0,059	0,161	0,230
НД-2І/4	0,026	0,059	0,146	0,230
2. Площа під характеристикою зміни тиску палива у вхідному перерізі паливопроводу	S_n	$S'_д$	$S''_д$	S_n
НД-2І/2	МПа · град	160,78	155,87	140,49
	МПа · мс	33,59	32,56	29,35
НД-2І/4	МПа · град	160,78	155,87	142,75
	МПа · мс	33,59	32,56	29,80

Для розробки методики використовувалися результати проведених експериментальних досліджень. Методикою передбачається реєстрація кривої зміни тиску у вхідному перерізі паливопроводу та використання її як основи для аналізу технічного стану плунжерної пари. Діагностичний параметр вимірювався шляхом вимірювання площі під

осцилограмою тиску палива, обмеженою фігурою (рис. 6, 7). За початок та кінець інтегрування приймалися точки a, b, c перетину рівня залишкового тиску відповідно переднім та заднім фронтами імпульсу тиску.

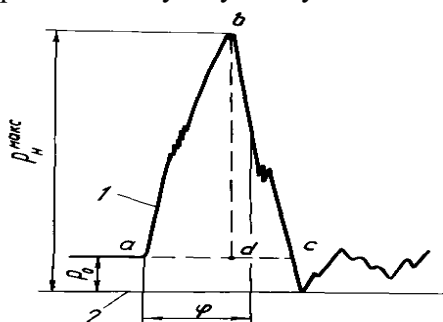


Рисунок 6 - Крива зміни тиску в вхідному перерізі паливопроводу : 1 -крива зміни тиску палива; 2 – нульова лінія (P_n – максимальний тиск палива; P_0 - залишковий тиск у паливопроводі).

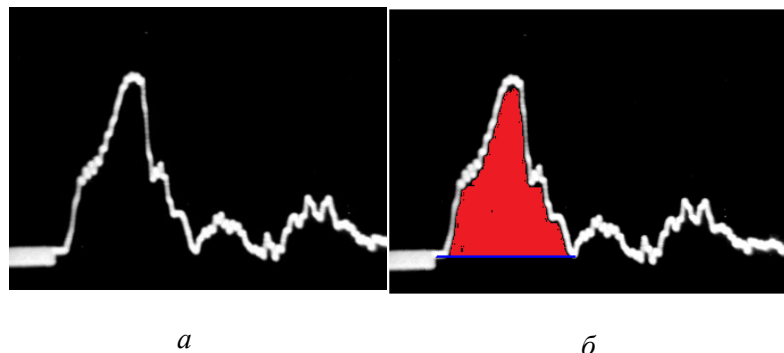


Рисунок 7 - Крива зміни тиску палива у паливопроводі для ПП ПНРТ: а - крива зміни тиску у вхідному перерізі паливопроводу для плунжерної пари насоса НД-21/2; б- виділення вимірюваної площі.

Висновки

1. Достовірним діагностичним параметром оцінки технічного стану ПП ПНРТ є площа під кривою зміни тиску палива у вхідному перерізі паливопроводу, а структурним параметром - обсяг щілини в зоні нагнітання та відсічення палива.

2. Між діагностичним та структурним параметрами технічного стану ПП ПНРТ існує тісна лінійна залежність. Режимми діагностування слід вважати: частоту обертання - $13,3 \text{ c}^{-1}$, активний хід плунжера - 2,2 мм. Середня квадратична похибка вимірювання структурного параметра за допомогою розробленого методу та засобу становить - $0,027 \text{ мм}^3$ а відносна похибка - 15,6 %

3. Номінальне та граничне значення діагностичного параметра для ПП ПНРТ типу НД-21 становить відповідно 36,41 та 30,96 МПа·мс. Граничному стану ПП ПНРТ відповідає обсяг щілини в зоні нагнітання та відсічення палива $0,230 \text{ мм}^3$.

4. Спроектовано та виготовлено пристрій для контролю технічного стану ПП ПНРТ дизелів, рекомендований до виробництва.

5. Застосування розробленого методу та пристрою у спеціалізованих цехах з відновлення ПП ПНРТ дозволяє виключити розкомплектування та витрати на відновлення 11,2 % придатних для подальшої експлуатації плунжерних пар, а спеціалізованих підприємствах з ремонту дизельної паливної апаратури - виключити передчасне вибраковування 15,7 % ПП ПНРТ проти оцінкою по гідравлічній щільності.

Список літератури

1. Кушлянський В.Л., Кирса В.И., Потапенко Н.Х. Исследование влияния технического состояния плунжерных пар топливных насосов типа НД на диагностические сигналы// Тр. ГОСНИТИ,- 1977, т. 55, С, 71-77.
2. Маркович С.І. Системи сервісу аграрної техніки: навч. посіб. / С.І. Маркович, О.В. Бевз, М.В. Красота; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. - Кропивницький: ЦНТУ, 2024. – 260 с.
3. Анісімов В.В., Шляхи і методи підвищення довговічності і надійності роботи паливної апаратури автотракторних двигунів/ В. ФІ. Анісімов, В.І. Музичук, А.А. Пясецький, В.Б. Рябошапка. – Вінниця: ВНТУ. 2012.-142 с.
4. Beer, S. Verbesserung der Anlaufperformance durch den Einsatz vonFrontloading-MaBnahmen / S. Beer // Anlaufmanagement in der Automobilindustrieerfolgreich umsetzen : Ein Leitfadен fur die Praxis / G. Schuh, W. Stolzle, F. - [S. 1]: Kolbenschmidt Aluminium-Technologie AG; Springer, 2008. - Part of the VDI-Buch book series. – P. 43-52.
5. Врублевський А.Н. Перспективи розвитку топливної апаратури для високооборотного отечественного дизеля / А.Н. Врублевський, А.В. Денисов // Сучасні проблеми двигунобудування: стан, ідеї, рішення: Матеріали 1-ї всеукраїнської науково-технічної конференції.– Первомайськ, 2005. – С. 19–21.
6. Мигаль В.Д. Техническая диагностика автомобильных двигателей. Том 3. Практические основы диагностирования. Харьков: Майдан, 2014. 443 с.