

УДК 621.225

Є. М. Лисіков, Д. В. Онопрійчук

ПІДВИЩЕННЯ ККД АКСІАЛЬНО-ПЛУНЖЕРНИХ НАСОСІВ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ ВПЛИВУ ЕЛЕКТРОСТАТИЧНОГО ПОЛЯ

Розглядається вплив електростатичної обробки робочої рідини на зміну ККД аксіально-плунжерних насосів.

Постановка проблеми. Завдяки своїй компактності, порівняно простій конструкції, відмінним експлуатаційним характеристикам аксіально-плунжерні насоси широко використовуються в гідроприводах військової інженерної техніки. Вони є основним агрегатом гідрофікованих машин, що впливає на їх продуктивність та швидкість виконання робіт. Однак у процесі експлуатації техніки ККД насоса зменшується у міру зносу плунжерної пари, що призводить до сповільнення темпу робіт та зниження продуктивності машини.

Аналіз останніх досліджень та публікацій дозволяє зробити висновок, що одним з найперспективніших методів підвищення експлуатаційних характеристик насоса є використання впливу електростатичного поля [1...4].

Метою дослідження є вивчення закономірності зміни об'ємного ККД аксіально-поршневого насосів у часі в порівняльному варіанті: без застосування електростатичної обробки робочої рідини (РР) та з застосуванням обробки полем з раціональними значеннями напруженості.

Виклад основного матеріалу. Вивчення закономірності зміни об'ємного ККД ($\eta_{об}$) аксіально-плунжерних насосів у разі обробки робочої рідини електростатичним полем, тобто коли у зазорах гідромашини формується максимальний за товщиною граничний мастильний шар, дозволить оцінювати ступінь впливу електрообробки РР на характеристики найдорожчих агрегатів гідравлічної системи, а також прогнозувати їх ресурс.

У дослідженні використано здвоєний аксіально-плунжерний насос 321.224, що на сьогоднішній день є основним качаючим вузлом гідроприводів широкого спектра мобільних машин. Технічні характеристики насоса наведені в таблиці 1.

Т а б л и ц я 1

Технічні характеристики насоса 321.224

Технічні характеристики	Одиниці вимірювання	Значення
Робочий об'єм	см ³	112×112
Частота обертання вала: – номінальна – максимальна	с ⁻¹	18,63 30
Тиск на виході: – номінальний – максимальний	МПа	20 32
Подача: – номінальна – мінімальна	дм ³ /с	3,96 1,55
Об'ємний ККД		0,96
Повний ККД		0,91
Максимальна споживча потужність	кВт	58,8
Кінематична в'язкість РР: – номінальна – максимальна пускова – мінімальна (короткочасна)	мм ² /с	25 1500 10
Номінальна тонкість фільтрації	мкм	25
Температура РР: – номінальна – максимальна – мінімальна	°С	45 75 – 40
Маса без РР, не більше	кг	230

Відмінною особливістю експлуатації військової інженерної техніки є висока заповненість повітря. Тому середній клас чистоти РР ВМГЗ в гідроприводі, що відповідає ТУ38-1-281-69, протягом усіх

© Є. М. Лисіков, Д. В. Онопрійчук

випробувань становив 15 ... 16 згідно з ГОСТ 17216-2001. Випробування проводились на ЕО-3323.

Для електростатичної обробки РР розроблено пристрій (рис. 1, а) згідно з рекомендаціями [1; 3], з урахуванням подачі насоса, що забезпечував ламінарність потоку в міжелектродному просторі, швидкість потоку рідини в пристрої 6 м/с [1, 3], напруженість поля $1,25 \times 10^6$ В/м [5]. Пристрій був встановлений у зливній магістралі гідравлічної системи екскаватора.

Напругу на електродах пристрою створювало джерело живлення, підключене до бортової мережі екскаватора. Загальний вигляд джерела живлення наведено на рис. 1, б, а його характеристики – в табл. 2.



Рис. 1. Загальний вигляд бортового пристрою (а) та джерела живлення (б)

Т а б л и ц я 2

Характеристики бортового джерела живлення

Живлення від мережі постійного струму, В	24
Споживана потужність, Вт	не більше 50
Вихідна напруга, В	100 ... 3000

Програма порівняльних випробувань складалася з 2 етапів:

1. Встановлення закономірності зміни об'ємного ККД випробуваного насоса в часі без застосування електростатичної обробки РР.

2. Встановлення закономірності зміни об'ємного ККД випробуваного насоса в часі з застосуванням електростатичної обробки РР.

Обидва етапи мали рівну тривалість (500 год роботи екскаватора). Вимірювання стану насоса проводили з періодичністю 100 год.

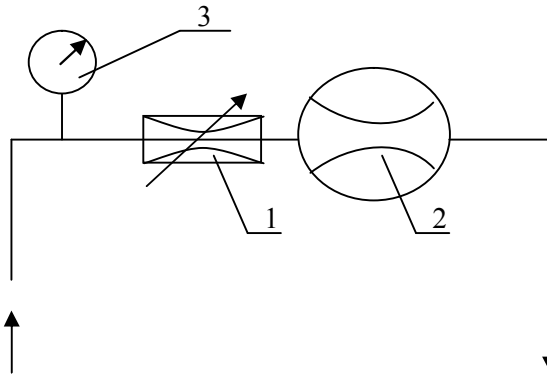
У процесі випробувань вимірювали подачу насоса $Q_{плн}$. Тип обладнання для вимірювань та його характеристики наведені в табл. 3.

Т а б л и ц я 3

Технічні характеристики обладнання для визначення подачі насоса 321.224

Тип обладнання та його основні параметри	Значення параметрів	Марка
Витратомір: – пряме вимірювання витрат, л/хв – клас точності	100... 3600 1	ШЖУ-2П
Дросель регульований: – витрата, л/хв – тиск, МПа	10... 280 0... 45	VRFU 90
Контрольний тахометр: – відносна похибка, % – частоти обертання, хв ⁻¹	0,5 0... 10000	1ТН-3
Термометр: – відносна похибка, % – межі вимірювання температури, °С	0,2 -10...+100	ТЛ-44-63
Манометр: – відносна похибка, % – межі вимірювання тиску, МПа	0,3 0... 25	МТП-1М

На рис. 2 наведена схема підключення витратоміра до напірної магістралі насоса. Перед витратоміром 2 змонтовано регульований дросель 1, який дозволяє регулювати тиск у напірній магістралі.



Від напірного шланга насоса

У бак через зливний шланг

Рис. 2. Схема підключення витратоміра до гідросистеми екскаватора:
1 – регульований дросель; 2 – витратомір; 3 – манометр

Результати випробувань наведені в таблиці 4.

Таблиця 4

Результати порівняльних випробувань

Без обробки РР				З обробкою РР			
Подача насоса t, год	№ 1	№ 2	Ср.	Подача насоса t, год	№ 1	№ 2	Ср.
0	$\frac{237,5}{0,95}$	$\frac{236,5}{0,946}$	$\frac{237}{0,948}$	500	$\frac{222,5}{0,89}$	$\frac{223,5}{0,894}$	$\frac{223}{0,892}$
100	$\frac{234,75}{0,939}$	$\frac{236,25}{0,945}$	$\frac{235,5}{0,942}$	600	$\frac{220,75}{0,883}$	$\frac{222,25}{0,889}$	$\frac{221,5}{0,886}$
200	$\frac{233,5}{0,934}$	$\frac{234,5}{0,938}$	$\frac{234}{0,936}$	700	$\frac{220,25}{0,881}$	$\frac{220,75}{0,883}$	$\frac{220,5}{0,882}$
300	$\frac{229,5}{0,918}$	$\frac{230,5}{0,922}$	$\frac{230}{0,92}$	800	$\frac{220,25}{0,881}$	$\frac{219,25}{0,877}$	$\frac{219,75}{0,879}$
400	$\frac{223}{0,892}$	$\frac{224,5}{0,898}$	$\frac{223,75}{0,895}$	900	$\frac{217,25}{0,869}$	$\frac{216,25}{0,865}$	$\frac{216,75}{0,867}$
500	$\frac{218,25}{0,873}$	$\frac{216,75}{0,867}$	$\frac{217,5}{0,87}$	1000	$\frac{212}{0,85}$	$\frac{213}{0,854}$	$\frac{212,5}{0,852}$

Примітка. У чисельнику вказані вимірні значення подачі насоса $Q_{ПН}$, у знаменнику – об'ємний ККД $\eta_{об}$, розрахований за формулою:

$$\eta_{об} = \frac{Q_{ПН}}{Q_0} = \frac{Q_0 - Q_{ВТ}}{Q_0} = 1 - \frac{Q_{ВТ}}{Q_0},$$

де $Q_{ПН}$ – подача насоса у разі номінального тиску і частоти обертання, л/хв; Q_0 – подача насоса у разі мінімального тиску в нагнітальній магістралі та номінальної частоти обертання, л/хв.; $Q_{ВТ}$ – величина витікання робочої рідини через зазори спряжень насоса, л/хв.

За результатами, наведеними в таблиці, отримані дві математичні моделі.

1. Модель, що описує зміну ККД насоса в часі у разі експлуатації без електростатичної обробки РР

$$\eta_{БЕ} = 0,95 - 10^{-6} \cdot t^{1,82}. \quad (1)$$

Адекватність отриманої моделі перевірялася за критерієм Фішера. Так, за надійності результатів 0,95, табличне значення $F_T = 7,7086$, розрахункове $F_P = 0,5769$. Отже, модель адекватна.

2. Модель, що описує зміну ККД насоса в часі за умов експлуатації з електростатичною обробкою РР

$$\eta_{3E} = 0,89 - 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot (t - 500)^{1,78} \quad (2)$$

Адекватність цієї моделі також перевірялася за критерієм Фішера. Так, за надійності результатів 0,95, табличне значення $F_T = 7,7086$, розрахункове $F_p = 1,6091$. Отже, модель адекватна.

Якщо припустити, що інтенсивність зменшення об'ємного ККД в обох випадках задовольняє отримані закономірності протягом усього терміну експлуатації насоса, залежність (2) можна записати у вигляді

$$\eta_{3E} = 0,89 - 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot (t - 500)^{1,78}, \quad (3)$$

де коефіцієнт при t і показник степеня залишаються незмінними.

Графічна інтерпретація отриманих моделей (1), (2), (3) наведена на рис. 3.

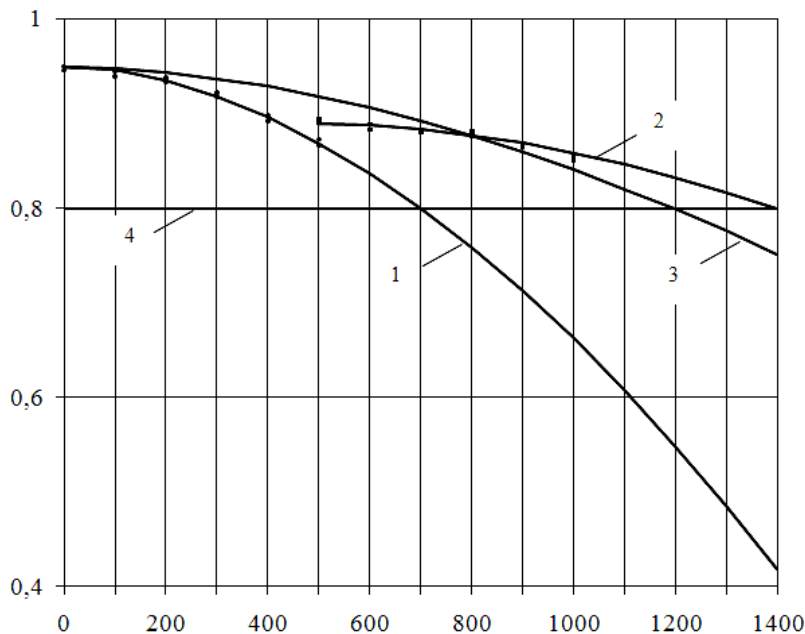


Рис. 3. Зміна об'ємного ККД насоса залежно від напрацювання екскаватора: 1 – залежність (1); 2 – залежність (2); 3 – залежність (3); 4 – значення граничного ККД, що відповідає його зменшенню на 15 %

Як видно з графіків, зниження об'ємного ККД насоса в обох випадках має нелінійний характер. Застосування обробки рідини призводить до двох істотних ефектів. При включенні пристрою в початковий момент об'ємний ККД зростає на 2,5 % (на рис. 3 перехід від кривої 1 до кривої 2 у точці 500 год), що підтверджує теоретичні та експериментальні дослідження впливу електричного поля на товщину мастильної плівки.

Електростатична обробка РР суттєво впливає на темп зменшення ККД. Так, без електростатичної обробки за 500 год роботи екскаватора ККД насоса зменшився на 8,2 % (крива 1), а за умови обробки рідини – на 4,5 % за такий самий проміжок часу. Зіставивши значення ККД насоса двох варіантів експлуатації зі значенням граничного ККД, що визначається 15 %-м його зменшенням від початкового значення, можна спрогнозувати ресурс випробуваного насоса. Наприклад, для варіанта експлуатації без електростатичної обробки ресурс насоса складе близько 700 год (точка перетину кривої 1 з прямою 4), а за умови обробки РР він дорівнюватиме приблизно 1200 год (точка перетину кривої 3 з прямою 4). Такий прогноз підтверджує те, що електростатична обробка РР збільшує ресурс аксіально-плунжерних насосів орієнтовно у 1,7 разу.

Висновки

1. На основі експериментальних даних встановлена закономірність зміни об'ємного ККД аксіально-поршневих насосів у часі в порівняльному варіанті: без застосування електростатичної обробки РР і з застосуванням обробки полем з раціональними значеннями напруженості.

2. Проведені експериментальні дослідження аксіально-плунжерного насоса екскаватора,

обладнаного пристроєм обробки робочої рідини електростатичним полем, показують, що інтенсивність зниження об'ємного ККД на 48 % менша, ніж у насоса, не обладнаного пристроєм, а ресурс його роботи більший у 1,7 разу.

Список використаних джерел

1. Повышение ресурса технических систем путем воздействия электрическими и магнитными полями / Е. Е. Александров, И. А. Кравец, Е. Н. Лысиков и др. – Х. : НТУ “ХПИ”, 2006 – 544 с.
2. Лисіков Є. М. Підвищення темпу інженерних робіт при виконанні службово-бойових завдань ВВ МВС України шляхом модернізації гідроприводу машин інженерного озброєння / Є. М. Лисіков, Д. В. Онопрійчук // Зб. наук. пр. Акад. ВВ МВС України. – Вип. 2(16). – Х., 2010. – С. 19–22.
3. Косолапов В. Б. Повышение эксплуатационной надежности гидроприводов строительных и дорожных машин при воздействии внешнего электрического поля на рабочую жидкость : дис. ... канд. техн. наук : 05.05.04 / Косолапов Віктор Борисович. – Х., 1995. – 212 с.
4. Лысиков Е. Н. Надмолекулярные структуры жидких смазочных сред и их влияние на износ технических систем / Е. Н. Лысиков, В. Б. Косолапов, С. В. Воронин. – Х. : ЭДЭНА, 2009 – 274 с.
5. Лисіков Є. М. Швидкість зносу спряжень в гідроприводах технічних систем при обробці робочої рідини електростатичним полем / Є. М. Лисіков, Д. В. Онопрійчук // Механіка і машинобудування. – Х. : НТУ “ХПИ”, 2010. – № 1. – С. 171–176.

Стаття надійшла до редакції 31.03.2011 р.