

УДК 621.829

Лісіков Є.М., Онопрейчук Д.В.

ШВИДКІСТЬ ЗНОСУ СПРЯЖЕНЬ В ГІДРОПРИВОДАХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ПРИ ОБРОБЦІ РОБОЧОЇ РІДИНИ ЕЛЕКТРОСТАТИЧНИМ ПОЛЕМ

Вступ

За думкою багатьох експертів ХХІ століття ознаменується новою науково-технічною революцією, пов'язаною з так званими нанотехнологіями. Реалізація нанотехнологій можлива шляхом впливу електричних полів на рідкі мастильні середовища, до числа яких відносяться робочі рідини гідроприводів технічних систем. Це зумовлено тим, що головні зв'язки між молекулами, атомами мають електричну природу. Вплив зовнішніх електричних полів дозволяє структурувати такі зв'язки і тим самим змінювати властивості та структуру рідких мастильних середовищ в тому числі робочі рідини гідроприводів технічних систем.

Аналіз науково-дослідних робіт в останні десятиліття (США, Західна Європа, Росія) показує, що одним із перспективних способів підвищення ресурсу технічних систем є встановлення закономірностей на рівні формування структур, які шляхом відповідних маніпуляцій окремими молекулами призводять до створення нових матеріалів.

Метою експериментальних досліджень є вивчення процесу зміни швидкості зносу аксіально-поршневих насосів гідроприводів в часі при електростатичній обробці робочої рідини.

Основний матеріал. Швидкість зносу пар тертя визначає ресурс аксіально-поршневих насосів гідроприводів та впливає на їх основні характеристики, такі як «подача - тиск». Вона залежить від ряду таких факторів, як природа поверхні тертя та робочої рідини, а також режими навантаження. До них відносяться контактні тиски на поверхнях тертя, відносні швидкості ковзання поверхонь, температура робочої рідини і поверхні тертя в місцях контакту. Поєднання всіх цих факторів визначає вид мащення вузлів тертя і, відповідно, їх знос.

Оскільки в спряженнях («плунжер-блок циліндрів», «розподільчий диск – блок циліндрів»), які визначають ресурс аксіально-поршневих насосів, реалізується контакт поверхонь по площині, то при проведенні експериментальних досліджень була прийнята пара тертя з таким самим контактом поверхонь «колодка - ролик». Випробування на знос проводились на машині тертя СМТ – 1. На рис.1 зображена схема та загальний вигляд лабораторної установки для проведення зносних випробувань з використанням машини тертя.

Матеріали зразків (ролика і колодки) були підібрані у відповідності з матеріалами плунжерної пари, що використовуються в серії насосів 224.20, 313.3.55. На основі аналізу конструкцій матеріал колодки бронза Бр.012, ролика – сталь 38Х2МЮА. Шорсткість поверхні колодки і ролика підбиралась на основі конструкторської документації на вказаний насос, тим самим, забезпечувалась необхідна фактична площа контакту.

Виготовлення та підготовка до випробувань зразків, а також методика визначення зносу відбувалась згідно ГОСТ 23.224 – 86.

Електростатичним полем оброблювалась робоча рідина ВМГЗ, що широко використовується в гідроприводах. Конструкція приладу для обробки електростатичним полем робочої рідини приймалась у відповідності з рекомендаціями [1,2].

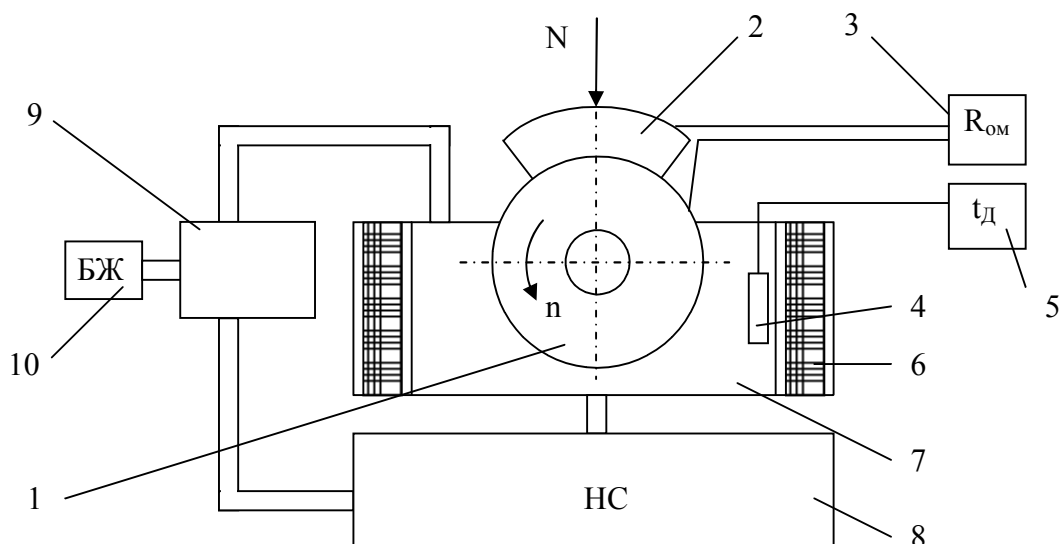


Рис. 1 – Схема лабораторної установки для проведення зносних випробувань пари тертя «колодка – ролик» на машині тертя СМТ - 1: 1 – ролик; 2 – колодка; 3 – омметр; 4 – термодатчик; 5 – терморегулятор; 6 – нагрівачий елемент; 7 – ємкість; 8 – насосна станція; 9 – прилад для обробки РР; 10 – блок живлення

Перед проведенням експериментальних досліджень були встановлені значення факторів, які залишались незмінними:

- швидкість потоку робочої рідини в приладі – 6 м/с [1,2];
- температура робочої рідини в баку насосної станції – 70 °С;
- тиск в контакті – 8 МПа [1];
- лінійна швидкість ковзання ролика – 0,3 м/с[1,2].

Значення тиску в контакті і швидкості ковзання ролика забезпечують граничне змащення пари тертя в усьому дослідному діапазоні.

Під час дослідження швидкості зносу спряжень аксіально-поршневих насосів в залежності від напрацювання робочої рідини вирішувалась основна задача – встановлення закономірності, що описується функцією:

$$V_U = f(E, T), \quad (1)$$

де V_U – швидкість зносу колодки в режимі граничного мащення;

E – напруженість зовнішнього електростатичного поля в пристрої для обробки робочої рідини;

T – напрацювання робочої рідини в гідравлічній системі.

Таким чином, проведення досліджень передбачало реалізацію серії незалежних вимірювань швидкості зносу колодки при використанні проб робочої рідини з напрацюванням 0, 500, 1000, 1500, 2000 маш.-год. та змінною напруженістю зовнішнього поля $0,5 \times 10^6$; 1×10^6 ; $1,5 \times 10^6$ В/м. Швидкість зносу оцінювалась за величиною вагового зносу колодки, тобто за допомогою аналітичних терезів ВЛР-200 з похибкою не більше 0,01 г оцінювалась втрата ваги колодки в процесі проведення випробувань.

Для визначення мінімально необхідної повторюваності дослідів були проведенні попередні випробування. Десятикратно вимірювалась швидкість зносу колодки при температурі робочої рідини з нульовим напрацюванням 70 °С, контактним

тиском 8 МПа і швидкості ковзання ролика 0,3 м/с. Мінімально необхідна повторюваність вимірів визначалась нерівністю [3,4]

$$n_{min} \geq \frac{\sigma^2 \cdot t_{кр}^2}{\Delta^2 \cdot h_{ср}^2}, \quad (2)$$

де σ – середньоквадратичне відхилення вимірів;
 $t_{кр}$ – табличне значення коефіцієнта Стьюдента, $t_{кр} = 1,81$ [3] при надійності результатів $P=0,9$;

Δ - допустима відносна похибка вимірів, $\Delta=0,1$ [4];

$h_{ср}$ – середнє арифметичне значення результатів вимірів.

Після попередніх вимірів і розрахунків встановлена двократна повторність дослідів.

За результатами досліджень отримано рівняння регресії, що описує в дослідному діапазоні закономірність зміни швидкості зносу колодки в залежності від напрацювання випробуваної робочої рідини та напруженості зовнішнього електростатичного поля:

$$V_U(E, T) = 2,8 - 4,59 \cdot E + 3,21 \cdot 10^{-4} \cdot T + 2,11 \cdot E^2 + 2,5 \cdot 10^{-7} \cdot T^2 - 3,42 \cdot 10^{-4} \cdot E \cdot T \quad (3)$$

Отримане рівняння регресії (3) графічно відображене на рис. 2...3.

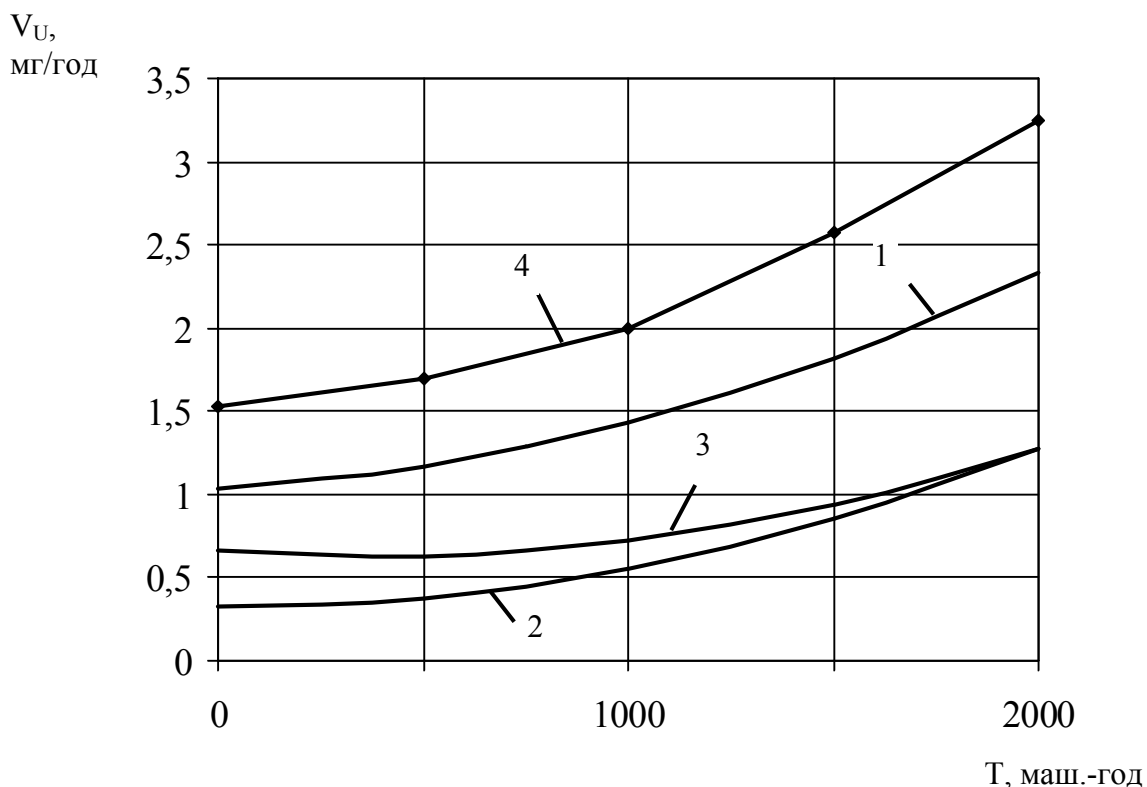


Рис.2 – зміна швидкості зносу колодки в часі:

1 – при $E = 0,5 \cdot 10^6$ В/м; 2 – при $E = 1 \cdot 10^6$ В/м; 3 – при $E = 1,5 \cdot 10^6$ В/м; 4 – при $E = 0$

Аналіз результатів досліджень показує, що із зростанням напрацювання робочої рідини швидкість зносу нелінійно зростає як для необробленої, так і для обробленої робочої рідини, рис. 2. Для варіанту необробленої робочої рідини швидкість зносу

збільшується з 1,5 мг / год до 3,25 мг / год, тобто більш ніж в 2 рази за період роботи 2000 маш.-годин, рис. 2 крива 4. Для варіанту робочої рідини, підданої електростатичній обробці на збільшення швидкості зносу в часі також впливає напруженість зовнішнього поля. Так при напруженості зовнішнього поля $0,5 \times 10^6$ В/м швидкість зносу зростає в 2,3 рази за 2000 маш.-годин, рис. 2 крива 1, а при напруженості поля $1,5 \times 10^6$ В/м швидкість зносу збільшується в 1,9 рази, рис.2 крива 3.

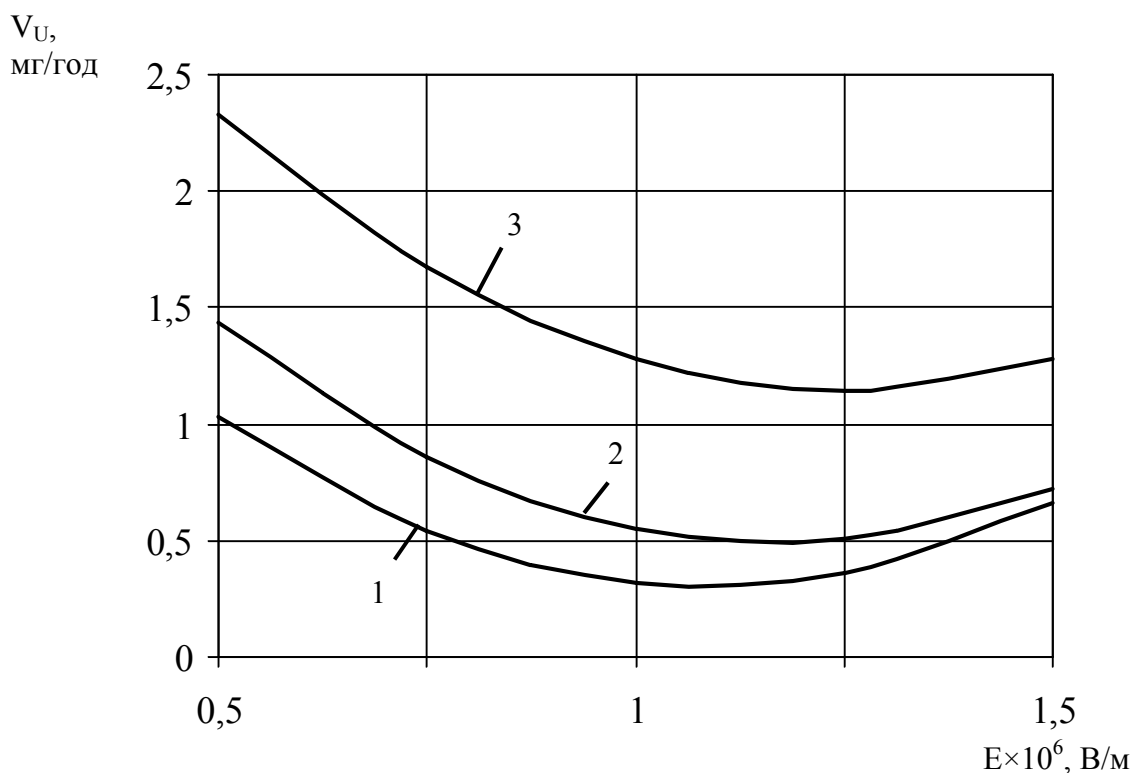


Рис.3 – зміна швидкості зносу колодки в залежності від напруженості зовнішнього поля:

1 – при $T = 0$; 2 – при $T = 1000$ маш.-год; 3 – при $T = 2000$ маш.-год

Порівняння кривих зміни швидкості зносу в часі для необробленої й обробленої робочої рідини говорить про суттєвий вплив електростатичної обробки робочих рідин на швидкість зносу пар тертя аксіально-поршневих насосів. Згідно рис. 2, застосування електростатичної обробки робочої рідини знижує швидкість зносу до 5 разів для рідини в стані поставки і до 4 разів для рідини, що відпрацювала в гідравлічній системі машини.

У проведених експериментальних дослідженнях також встановлена закономірність зміни швидкості зносу пар тертя аксіально-поршневих насосів від напруженості зовнішнього електростатичного поля, що діє на робочу рідину в пристрої для обробки. Згідно рис. 3, для будь-якого напрацювання робочої рідини в гідравлічній системі зростання напруженості поля до якогось значення призводить до зниження швидкості зносу, а з подальшим збільшенням напруженості поля швидкість зносу зростає. Тобто функція швидкості зносу від напруженості поля на всьому досліджуваному діапазоні має мінімум, причому із зростанням напрацювання робочої рідини такий мінімум зсувається в область більших значень напруженості поля. Так для робочої рідини в стані поставки мінімум функції має місце при напруженості $1,1 \times 10^6$ В/м, а для робочої рідини з напрацюванням 2000 маш.-год - при напруженості $1,25 \times 10^6$ В/м.

Висновки

1. На основі експериментальних даних встановлена закономірність зміни швидкості зносу пар тертя технічних систем від напруженості зовнішнього електростатичного поля, що діє на робочу рідину, та напрацювання робочої рідини.
2. Застосування електростатичної обробки робочої рідини призводить до зниження швидкості зносу пар тертя аксіально-поршневих насосів до 5 разів для рідини в стані поставки та до 4 разів для рідини, що відпрацювала в гідравлічній системі машини 2000 маш.-год.
3. Проведенні експериментальні дослідження дозволяють встановити раціональні значення параметрів електростатичного поля в залежності від напрацювання, що коливаються в межах $(1,1 \dots 1,25) \times 10^6$ В/м

Література: 1. Е.Е. Александров, И.А. Кравец, Е.Н. Лысиков и др. Повышение ресурса технических систем путем воздействия электрическими и магнитными полями.– Харьков: НТУ «ХПИ», 2006 – 544с. 2. Косолапов В.Б. Повышение эксплуатационной надежности гидроприводов строительных и дорожных машин при воздействии внешнего электрического поля на рабочую жидкость. – Дис. канд. техн. наук.– Харьков, 1995.- 212 с.. 3. Основы научных исследований. Грушко И.М., Сиденко В.М. – 3-е изд., перераб. и доп. – Харьков: Вища школа. Изд-во при Харьк. Ун-те, 1983. – 224 с. 4. Винарский М.С., Лурье М.В. Планирование эксперимента в технологических исследованиях. - Киев: Техника, 1975. - 168 с. 5. Лысиков Е.Н. Надмолекулярные структуры жидких смазочных сред и их влияние на износ технических систем / Е.Н. Лысиков, В.Б. Косолапов, С.В. Воронин – Харьков: ЭДЭНА, 2009 – 274 с

Е.Н. Лысиков, Д.В. Онопрейчук

СКОРОСТЬ ИЗНОСА СОПРЯЖЕНИЙ В ГИДРОПРИВОДАХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРИ ОБРАБОТКЕ РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИМ ПОЛЕМ

Рассматривается влияние электростатической обработки рабочей жидкости на скорость износа пар трения технических систем. Согласно экспериментальных исследований рациональными параметрами электростатического поля есть напряженность $(1,1 \dots 1,25) \times 10^6$ В / м в зависимости от наработки рабочей жидкости.

Y.M. Lysikov, D.V. Onopreychuk

THE RATE OF CONJUGATE WEAR IN HYDROLIC DRIVE TECHNICAL SYSTEMS WHILE FURNISHING THE WORKING FLUID BY ELECTROSTATIC FIELD

The influence of electrostatic processing fluid on the rate of wear of friction pairs of technical systems is considered. The experimental studies prove the rational parameters of electrostatic field in the range of tension $(1,1 \dots 1,25) \times 10^6$ V / m depending on the utilization period of the working fluid.
