

УДК 621.89

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РІДКОКРИСТАЛІЧНОЇ ПРИСАДКИ НА ТРИБОЛОГІЧНІ
ВЛАСТИВОСТІ ГІДРАВЛІЧНИХ ОЛИВ ДЛЯ БУДІВЕЛЬНИХ ТА КОЛІЙНИХ МАШИН**

Аспірант Н. М. Аношкіна

**INQUIRY INTO THE EFFECT OF LIQUID CRYSTAL ADDITIVE ON TRIBOLOGICAL
PROPERTIES OF HYDRAULIC OILS USED IN TRACK AND CONSTRUCTION MACHINES**

Postgraduate student N. M. Anoshkina

Анотація. У статті описано результати досліджень впливу рідкокристалічної присадки холестеринового типу на трибологічні властивості гідравлічних олів Mobil Hydraulic 10W та John Deere Hy-Gard. Обидві оливи виготовлені на мінеральній основі та містять заводські пакети присадок і є типовими гідравлічними оливами, аналоги яких застосовуються в гідравлічних приводах сучасної будівельної техніки, колійних та

сільськогосподарських машин. Лабораторні дослідження показали покращення протизносних та протизадирних властивостей олів.

Ключові слова: тертя, знос, будівельні та колійні машини, присадка, холестерик, гідравлічна олива, фенантреновий скелет.

Abstract. The top priority of the modern tribology is to reduce equipment wear. Mechanisms and units of construction and track machines have a lot of friction pairs and the easiest way to reduce their wear and increase life is to use lubricants. Hydraulic equipment elements are no exception, as hydraulic oils are not only the working fluid of the system, they also lubricate the friction pairs of hydraulic units. So it is very important that they have an effective lubricity. Pure hydraulic oils have quite low performance properties. To improve them, special substances – additives – are added to lubricants. A large number of relevant compounds have already been studied. A promising trend in this area is the use of substances that are able to form liquid crystalline phases. It is the substances, which can form cholesterol boundary films on friction surfaces that draw our attention. Based on the relevant works, we selected a liquid crystalline substance with a phenanthrene skeleton of the cholesterol type and conducted a number of experimental studies. This additive was added to industrial oil. Laboratory studies have confirmed its effectiveness.

This research continues to study the effect of liquid crystalline substance with phenanthrene on the tribological properties of oils used in construction and track machines. As the test oil we chose Mobil Hydraulic 10W and John Deere Hy-Gard, working fluids widely used in hydraulic drives in construction machines, track machines and agricultural machinery. Both are mineral-based and already contain additives. Like in our previous studies we used ultrasound to better dissolve the additive in the oil. The additive dissolved completely. The substance was added to the oil in various concentrations. Laboratory studies of tribological properties of hydraulic fluids were performed on a four-ball friction machine in accordance with the standard method described in GOST 9490-75 (USSR National standard). The main indicators of lubricity were determined – wear spot diameter, burr index, critical load and welding load. The results of the experiment showed the improvement of anti-wear and anti-seize properties of the studied hydraulic oils. Within the specified concentration range, the greatest anti-wear effect can be observed, which indicates the value of the rational concentration of the liquid crystal additive in hydraulic oils. The effect of the additive in the area of maximum loads is not significant.

Keywords: friction, wear, construction and track machines, additive, cholesteric liquid crystal, hydraulic oil, phenanthrene skeleton.

Вступ. Гідравлічний привід на сьогодні широко застосовується в мобільних машинах та промислового обладнанні. Роботу гідроприводу не можливо уявити без гідравлічної оливи. Вона є робочим тілом, яке приводить в дію виконавчі органи машин, а також виконує такі важливі функції як змащення деталей гідрообладнання, захист їх від корозії та відведення тепла. Базові оливи не можуть забезпечувати ефективне виконання цих завдань, тому до них додаються пакети функціональних присадок. На сьогодні активно ведуться дослідження речовин, які

здатні утворювати рідкокристалічні фази в якості протизносних та протизадирних присадок до олів. Цей напрямок дуже перспективний і показує чудові результати.

Як робочу рідину вітчизняних будівельних та колійних машин часто використовують індустріальні оливи. Вони дешеві і широкодоступні, але мають низьку мастильну здатність. Нами було проведено дослідження впливу рідкокристалічної присадки з фенантреновим скелетом на трибологічні властивості індустріальної оливи И-30А [1]. При використанні такої присадки на поверхні тертя формується

мастильна плівка переважно холестеричної будови [2]. Такі плівки мають високу несучу здатність і забезпечують ефективне мащення та захист поверхонь тертя. Дослідження на чотирикульковій машині тертя показали зниження середньої плями зносу на 38-50 % порівняно з оливою без додавання присадки, також зростає індекс задиру та критичне навантаження [1]. В гідроприводі сучасної будівельної та колійної техніки застосовуються оливи, які вже містять пакети присадок.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. З робіт [3, 4] знаємо про високу ефективність холестеричних рідких кристалів в якості присадок. У попередніх наших дослідженнях було обрано і протестовано РК присадку з фенантеновим скелетом [1, 5]. Результати показали значне покращення протизносних та протизадирних властивостей індустріальної оливи. У роботі [6] наводяться результати експериментів, які показують ефективність застосування холестеричних РК присадок X-25 та X-26 в моторних оливах М-8В1 та М-10Г2К, які вже містять заводський пакет присадок.

В гідроприводах сучасних будівельних, колійних машин та сільськогосподарської техніки застосовують оливи таких виробників, як Mobil, John Deere, Azmol, Agrinol та ін. Ці оливи мають високі експлуатаційні характеристики, але навіть при застосуванні таких рідин існує резерв щодо застосування високоефективних присадок рідкокристалічного типу.

Опираючись на наші попередні дослідження та роботи інших авторів, бачимо доцільність провести випробування товарної оливи, яка містить пакет присадок від виробника з додаванням РК присадки, оскільки дослідження в цьому напрямку раніше не проводились. РК речовина, що була застосована як присадка, була обрана нами в попередніх роботах і досліджувався її вплив на властивості індустріальної оливи И-30А [1, 5].

Визначення мети та завдання дослідження. Метою дослідження є вивчення трібологічних властивостей гідравлічних оливи Mobil Hydraulic 10W та John Deere Hy-Gard при додаванні до них рідкокристалічної речовини з фенантеновим скелетом.

Завданнями дослідження є введення досліджуваної присадки в ці гідравлічні оливи в різних концентраціях та проведення експериментальних досліджень на чотирикульковій машині тертя.

Основна частина дослідження. Дослідження впливу рідкокристалічної присадки з фенантеновим скелетом на протизносні властивості гідравлічних оливи проводилися на чотирикульковій машині тертя згідно з методикою, наведеною в ГОСТ 9490-75. Оливи Mobil Hydraulic 10W [7] та John Deere Hy-Gard [8] є типовими гідравлічними оливами, аналоги яких застосовуються в гідроприводах будівельних, сільськогосподарських машин та техніки для будівництва залізничних колій і споруд. Також Mobil Hydraulic 10W може застосовуватись як аналог до гідравлічних оливи колійних машин [7]. Обидві оливи виготовлені на мінеральній основі і містять заводські пакети присадок.

На основі аналізу попередніх робіт для досліджень було приготовлено такі суміші:

1. Mobil Hydraulic 10W без присадок;
2. Mobil Hydraulic 10W + 0,1 % рідкокристалічної присадки;
3. Mobil Hydraulic 10W + 0,2 % рідкокристалічної присадки;
4. Mobil Hydraulic 10W + 0,3 % рідкокристалічної присадки;
5. Mobil Hydraulic 10W + 0,4 % рідкокристалічної присадки;
6. Mobil Hydraulic 10W + 0,5 % рідкокристалічної присадки;
7. John Deere Hy-Gard без присадок;
8. John Deere Hy-Gard + 0,1 % рідкокристалічної присадки;
9. John Deere Hy-Gard + 0,2 % рідкокристалічної присадки;

10. John Deere Hy-Gard + 0,3 % рідкокристалічної присадки;

11. John Deere Hy-Gard + 0,4 % рідкокристалічної присадки;

12. John Deere Hy-Gard + 0,5 % рідкокристалічної присадки.

Приготування суміші виконувалось шляхом обробки подрібнених кристалів присадки в середовищі досліджуваної оливи

в ультразвуковій ванночці з частотою 40 кГц і потужністю 50 Вт. Для повного розчинення присадки було достатньо обробки протягом трьох годин. Методика приготування суміші описана в роботі [1].

Результати проведених досліджень наведено у таблицях 1 і 2.

Залежності, отримані за результатами дослідження, зображено на рис. 1–4.

Таблиця 1

Трибологічні показники оливи Mobil Hydraulic 10W (суміші 1–6)

№ з/п	Концентрація, $C, \%$	Обробка ультразвуком	Середній діаметр плями зносу, $d_z, \text{мм}$	Індекс задиру, I_z, H	Критичне навантаження, P_K, H	Навантаження зварювання, $P_{зв}, H$
1	0	-	0,527	372,47	980	1568
2	0	+	0,521	370,52	980	
3	0,1	+	0,511	429,95	1235	
4	0,2	+	0,504	432,18	1235	
5	0,3	+	0,498	435,88	1235	
6	0,4	+	0,493	437,73	1235	
7	0,5	+	0,510	432,84	1235	

Таблиця 2

Трибологічні показники оливи John Deere Hy-Gard (суміші 7–12)

№ з/п	Концентрація, $C, \%$	Обробка ультразвуком	Середній діаметр плями зносу, $d_z, \text{мм}$	Індекс задиру, I_z, H	Критичне навантаження, P_K, H	Навантаження зварювання, $P_{зв}, H$
1	0	-	0,323	715,85	1235	1568
2	0	+	0,320	706,03		
3	0,1	+	0,313	721,33		
4	0,2	+	0,308	732,18		
5	0,3	+	0,303	746,08		
6	0,4	+	0,301	752,15		
7	0,5	+	0,314	749,09		

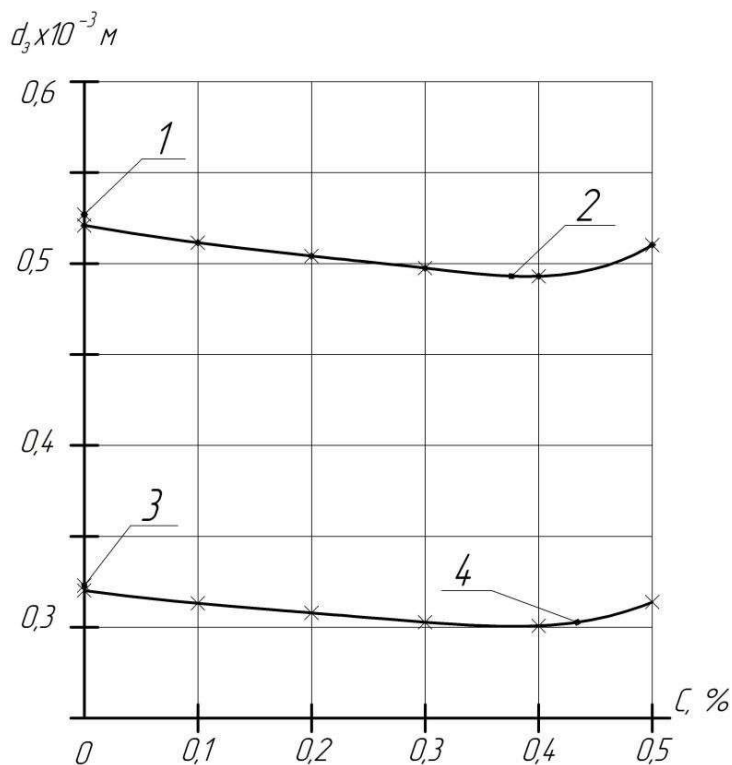


Рис. 1. Залежність зміни діаметра плями зносу від концентрації присадки в оливах: 1 – олива Mobil Hydraulic 10W без присадки не оброблена ультразвуком; 2 – суміші 1–6 оброблені ультразвуком; 3 – олива John Deere Hy-Gard без присадки не оброблена ультразвуком; 4 – суміші 7–12 оброблені ультразвуком

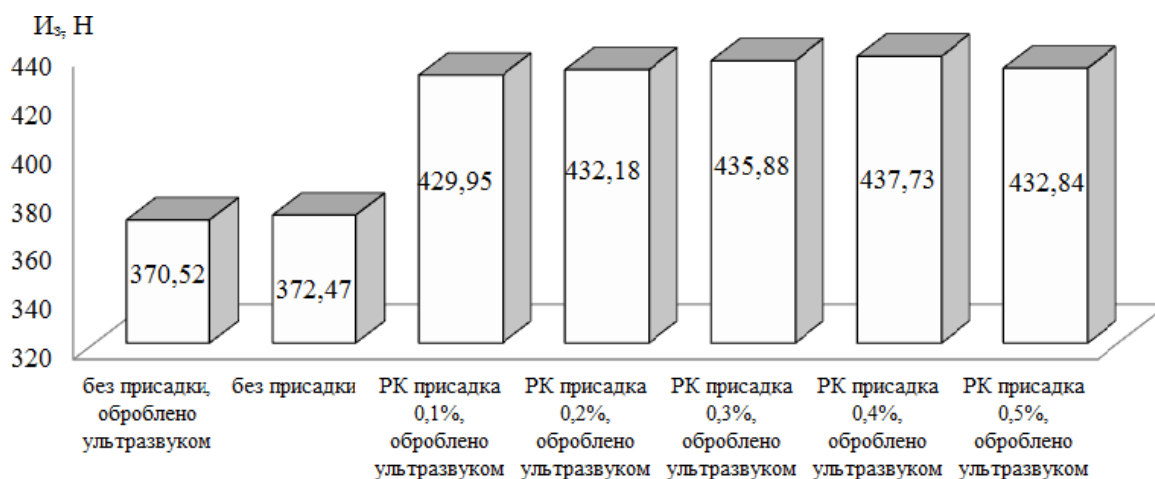


Рис. 2. Залежність зміни індексу задиру від концентрації присадки в оливі Mobil Hydraulic 10W

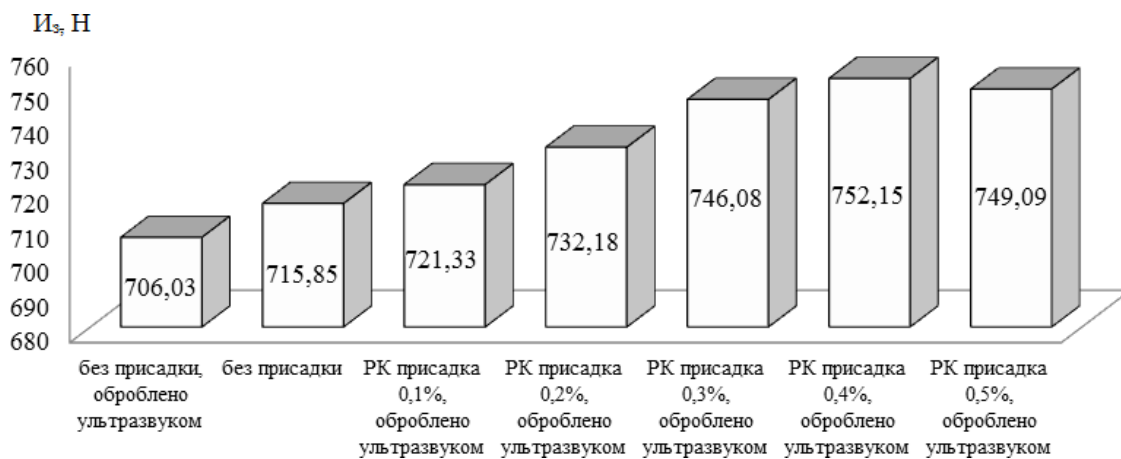


Рис. 3. Залежність зміни індексу задиру від концентрації присадки в оливі John Deere Hy-Gard

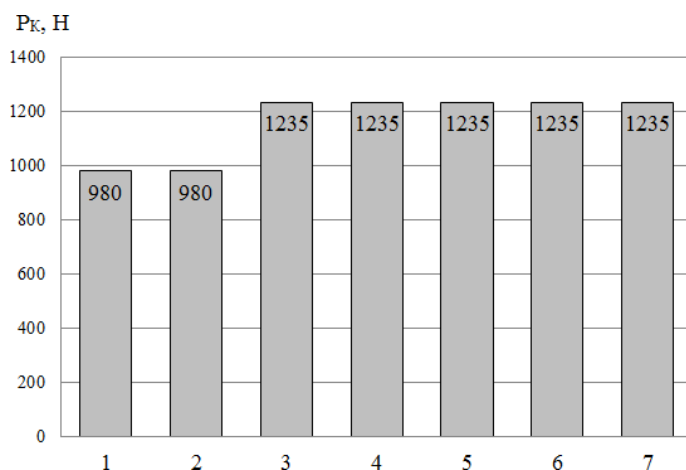


Рис. 4. Залежність значення критичного навантаження від концентрації присадки в оливі Mobil Hydraulic 10W:

1 – олива Mobil Hydraulic 10W без присадки не оброблена ультразвуком;
2-7 – суміші 1–6 оброблені ультразвуком

Висновки. Досліджувана рідкокристалічна присадка з фенантеновим скелетом чинить помітний вплив на протизносні властивості олив Mobil Hydraulic 10W та John Deere Hy-Gard. Максимальне зниження середнього діаметру плями зносу на 5...7% порівняно з оливами без РК присадки отримано при концентрації присадки 0,4% для обох олив. При підвищенні концентрації пляма зносу зростає – це говорить про те, що молекули присадки починають утворювати міцели і

перестають приймати участь в утворенні граничних плівок. Отже, раціональна концентрація присадки в оливах знаходиться в межах 0,3...0,4%.

Протизадирні властивості олив також покращуються. Індекс задиру підвищується на 13-15% для оливи Mobil Hydraulic 10W і на 3-5% для John Deere Hy-Gard в межах концентрації присадки 0,1...0,4%. Значення критичного навантаження для оливи Mobil Hydraulic 10W збільшується з 980 Н до 1235 Н, а для John Deere Hy-Gard лишається

незмінним – 1235 Н. Навантаження зварювання для обох олив склало 1568 Н і не змінилось з додаванням присадки, отже, в області максимальних навантажень вплив РК присадки не значний.

Отримані дані обґрунтовують доцільність застосування обраної РК присадки в досліджуваних гідравлічних оливах та їх аналогах.

Список використаних джерел

1. Влияние концентрации и типа жидкокристаллической присадки на трибологические характеристики промышленных масел / С. В. Воронин, В. А. Стефанов, Д. В. Онопрейчук, И. Ю. Сафонюк, Н. Н. Аношкина. *Трение и износ*. Минск, 2020. № 4 (41). С. 498-505.
2. Ермаков С. Ф. Трибология жидкокристаллических наноматериалов и систем: монография. Минск: Беларус. навука, 2012. 380 с.
3. Ермаков С. Ф. Эффект повышения адсорбционной активности холестерических жидкокристаллических соединений в процессе трения твердых тел. *Доклады Национальной академии наук Беларуси*. 2018. № 2, т. 62. С. 236-243.
4. Shanchao Tan, Jiayu Tao, Wendi Luo, Hongyu Shi, Bin Tu, Hao Jiang, Yuhong Liu, Haijun Xu, Qingdao Zeng. Insight Into the Superlubricity and Self-Assembly of Liquid Crystals. *Frontiers in Chemistry*. 2021. Vol. 9. P. 1-7. DOI: <https://doi.org/10.3389/fchem.2021.668794>.
5. Дослідження впливу концентрації рідкокристалічної присадки та електричного поля на фізико-хімічні властивості індустріальної оливи / С. В. Воронін, І. Ю. Сафонюк, Н. М. Аношкіна, О. С. Харківський. *Вісник Національного Авіаційного Університету*. Київ: НАУ. 2020. № 2(83). С. 70-76.
6. Изучение триботехнических свойств моторных масел с присадками жидких кристаллов / М. А. Колбашов, Ю. Н. Моисеев, А. В. Маслов, В. В. Киселев, Р. И. Харламов. *Пожарная безопасность: проблемы и перспективы*. Иваново. 2015. № 1 (6). С. 39-43.
7. Mobil Hydraulic 10W: Гидравлическое масло с высокими эксплуатационными характеристиками. URL: <https://www.mobil.ru/ru-ru/industrial/lubricants/products/products/mobil-hydraulic-10w> (дата звернення: 03.01.2022).
8. John Deere: Гидравлические масла. URL: <https://www.deere.ru> (дата звернення: 03.01.2022).

Аношкіна Наталія Миколаївна, аспірант кафедри машинобудування та технічного сервісу машин Українського державного університету залізничного транспорту. ORCID iD: 0000-0001-8923-8493. Тел.: +38(095)823-24-46. E-mail: anoshkinatasha@gmail.com.

Anoshkina Nataliia, postgraduate student, department of Mechanical Engineering and Technical Service of Machines, Ukrainian State University of Railway Transport. ORCID iD: 0000-0001-8923-8493. Tel.: +38(095)823-24-46. E-mail: anoshkinatasha@gmail.com.

Статтю прийнято 18.02.2022 р.