УДК 66.066 DOI: https://doi.org/10.18664/1994-7852.159.2016.67066

ВПЛИВ ВМІСТУ ВОДИ У ГІДРАВЛІЧНІЙ ОЛИВІ НА ЗНОС ДЕТАЛЕЙ ТЕРТЯ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

Асист. І.Ю. Сафонюк

ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ВОДЫ В ГИДРАВЛИЧЕСКОМ МАСЛЕ НА ИЗНОС ДЕТАЛЕЙ ТРЕНИЯ СРЕДСТВ ТРАНСПОРТА

Ассист. И.Ю. Сафонюк

INFLUENCE OF WATER IN HYDRAULIC OIL ON WEAR PARTS OF MEANS OF TRANSPORTAS

Assist. I.Y. Saphonyuk

У статті розглядається проблема вмісту води в гідравлічній оливі. Проведено аналіз механізмів трібохімічних реакцій, які відбуваються з поверхнею деталей тертя та із гідравлічною оливою при наявності води. Досліджувався параметр якісного вмісту води – дисперсність. Наведено результати експериментальних досліджень впливу концентрації та розмірів крапель води в гідравлічній оливі на процес зносу.

Ключові слова: *знос, корозійний знос, забруднення оливи водою.*

В статье рассматривается проблема содержания воды в гидравлическом масле. Проведен анализ механизмов трибохимических реакций, которые происходят с поверхностью деталей трения и с гидравлическим маслом при наличии воды. Исследовался параметр качественного содержания воды – дисперсность. Приведены результаты экспериментальных исследований влияния концентрации и размеров капель воды в гидравлическом масле на процесс износа.

Ключевые слова: *износ, коррозионный износ, загрязнение масла водой.*

The article deals with the issue of quality hydraulic working fluids. Overview of experimental study of the effect of concentration and the size of water droplets in oil on the process of wear.

According hydraulic operating experience and track construction machinery working under moderate continental climate, water inevitably enters the hydraulic oil. The main causes of falling water in the hydraulic oil is high humidity and respiratory system. In the hydraulic oil acts as a water contamination and leads to negative consequences such as corrosion of metal surfaces, electrical corrosion, increased ability to cavitation and deterioration tribological properties of the oil.

Studies conducted by scientists before the impact of water on the tribological properties of the oil, do not take into account the size of drops, that is dispersion. These studies were conducted at Ukrainian State Academy Of Railway Transport using machines friction car. The research results give reason to believe that large drops emulsion "water in oil" has much worse tribological characteristics than small droplets emulsion. It was also found that the presence of water in the oil, even, reduces wear, requiring theoretical study and further research.

Keywords: *wear, corrosive wear, contamination of oil with water.*

Вступ. Згідно з досвідом експлуатації гідроприводів колійних та будівельних машин, які працюють в умовах помірно-континентального клімату, вода неминуче

потрапляє в гідравлічну оливу (ГО). Основними причинами потрапляння води в ГО є висока волога та дихання системи [1]. У ГО вода відіграє роль забруднення та призводить до таких негативних наслідків, як: корозія металевих поверхонь, електрокорозія, підвищення здатності до кавітації та погіршення трібологічних властивостей оливи [1-3].

Аналіз публікацій та досліджень. Вода в оливі являє собою корозійне середовище по відношенню до деталей тертя. Згідно з ГОСТ 27674-88 «Трение, изнашивание и смазка» такий вид зношування називається корозійно-механічним зношуванням та призводить до активного зносу. Тобто за присутності води в трібоконтакті метал окислюється із утворенням власне оксиду металу та водню. Потім відбувається гідроліз оксиду металу із утворенням гідроксиду металу [3]. На прикладі заліза ці реакції будуть мати такий вид:

$$2Fe + 3(H_2O) \rightarrow Fe_2O_3 + 3H_2$$

$$Fe_2O_3 + 3(H_2O) \rightarrow 2Fe(OH)_3 .$$

Як ми бачимо із реакцій, окрім утворення самих оксидів та гідроксидів, при окисленні металу водою отримується водень або його іони. Згідно з дослідженнями в галузі тріботехніки водень впливає на поверхню металу таким чином: оскільки молекула водню за розмірами менша від розмірів кристалічних ґраток, то водень проникає в глибину металу і створює там надлишковий тиск, що у свою чергу прискорює поверхневу втомлюваність, яку називають водневим окрихчуванням [3].

Окрім окислення металевих поверхонь тертя відбувається також і окислення самої оливи. Найбільш достовірною теорією окислення вуглеводнів є перекисна теорія, сформульована в 1896-1897 рр. одночасно та незалежно один від одного А.Н. Бахом та К. Енглером. Перекисна теорія пояснює ряд установлених фактів, у першу чергу самоприскорення автоокислювальних реакцій, що обумовлено каталітичною роллю перекисів, які утворюються в проміжках реакції [4, 5]:

$$R-\underset{\underset{H}{|}}{\overset{\overset{H}{|}}{C}}-\underset{\underset{H}{|}}{\overset{\overset{H}{|}}{C}}-R+O=O \rightarrow R-\underset{\underset{H}{|}}{\overset{\overset{H}{|}}{C}}-\underset{\underset{H}{|}}{\overset{\overset{H}{|}\,\overset{|}{O}}{C}}-R \; .$$

Основне положення перекисної теорії полягає в тому, що при автоокисленні кисень приєднується до окислюваного тіла *A* у вигляді цілої молекули, що переходить при цьому із неактивного стану в активний. Кисень характеризується розривом одного із зв'язків, що утримує атоми в молекулі O_2.

$$O = O \rightarrow -O-O- .$$

Продукти приєднання AO_2 є перекисами та характеризуються особливими хімічними властивостями:

$$A + O_2 = AO_2 .$$

Вони містять групу – О – О – , у якій половина кисню міститься в слабозв'язаному, активному стані і легко реагує з іншими речовинами.

Такі перекиси можуть окисляти не лише первинну речовину *A*:

$$AO_2+A=2AO\ ,$$

але й інші речовини *B*, які не здатні окислюватися безпосередньо молекулярним киснем:

$$AO_2+B=AO+\ BO\ .$$

У реальних умовах вода в оливі може міститися в трьох станах [2]: вільна, емульсована та розчинена. Вільна вода, як правило, не спричиняє проблем, оскільки вона легко видаляється як при роботі машини, так і при проведенні технічного обслуговування. Розчинена вода теж не відіграє значної ролі, оскільки її кількість мізерна внаслідок поганої розчинності води у вуглеводнях. Таким чином, вирішальну роль у зношуванні відіграє емульсована вода. Така вода перебуває у вигляді дрібнодисперсних крапель [3].

У попередніх дослідженнях [1, 7, 8] проводились випробування впливу концентрації води на знос, згідно з якими при збільшенні концентрації води до 0,5 % знос збільшувався в три рази. Однак у цих дослідженнях не була врахована дисперсність води, що також впливає на процес мащення. Саме тому на кафедрі БКВРМ УкрДУЗТ було вирішено, що вивчення трібологічних властивостей ГО в залежності від концентрації води у поєднанні із дисперсністю крапель води є актуальним питанням для розроблення енергозберігаючих методів видалення води із оливи.

Мета досліджень: визначення впливу концентрації води у поєднанні із дисперсністю крапель води на трібологічні властивості ГО ТЗ транспортних засобів.

Проведення експериментальних досліджень

1. Обладнання та методика проведення дослідження

Дослідження проводились на ЧКМ (чотирикульковій машині тертя). Випробовували індустріальну оливу И-30А ГОСТ 20799-88. При вимірюванні показника зносу концентрація води в індустріальній оливі змінювалась у діапазоні концентрації води, найбільш подібному до реальних умов (0-3 %). Концентрація кожної нової проби змінювалась на 0,5 %. При визначенні індексу задиру одна проба містила 1 % крупнодисперсної води, а інша – була чистою.

Різна дисперсність води в оливі досягалась такими методами подрібнення: крупнодисперсна отримувалась шляхом ручного збовтування протягом 5 хв; дрібнодисперсна емульсія отримувалась шляхом ручного збовтування протягом 5 хв та обробки в ультразвуковій ванні протягом 10 хв. Перед безпосереднім наливом проби емульсії в чашу ЧКМ емульсія повторно перемішувалась шляхом збовтування протягом 1 хв. Випробування проводились згідно з ГОСТ 9490-75.

2. Результати дослідження та їх обговорення

Результати проведеного дослідження відображені в табл. 1-4. Оцінити відтворюваність можна виходячи із різниці плям зносу при випробуваннях чистої оливи. Як видно із табл. 3 та 4 ця різниця складає 0,022 мм, що значно менше від допустимої збіжності 0,06. Значення відтворюваності не перевищує граничного значення ГОСТ 9490-79.

З рис. 1 та 2 видно, що за наявності води у свіжій оливі в кількості 1 % підвищується індекс задиру на 6 %, з 56,99 до 60,5. Також зросло критичне навантаження з 980 до 1235 Н за основним рядом навантажень. Оскільки в умовах, створюваних у ЧКМ, не може формуватись гідродинамічний шар, то можна сказати, що покращення індексу задиру та

підвищення критичного навантаження є наслідком таких процесів: 1) утворення в контакті двох кульок оксидів та гідроксидів, які зменшують міру дії сил адгезії; 2) окислення базової оливи, результатом чого є утворення поверхнево активних речовин.

Таблиця 1

Індекс задиру чистої індустріальної оливи И-30А

Навантаження, Н	Діаметр кульки d,мм			Середній діаметр, мм	Зведене навантаження, кгс
490	0,15	0,15	0,15	0,15	107,2
617	0,2	0,2	0,2	0,2	109,4
784	0,32	0,28	0,36	0,32	92,47
980	2,2	2,2	2,1	2,17	18,7
1235	2,6	2,4	2,5	2,5	22,06
1568	3,3	3	3,2	3,17	23,55
1960	4	4	4	4	25,53
Індекс задиру, кгс					56,99

Таблиця 2

Індекс задиру індустріальної оливи И-30А із вмістом крупнодисперсної води в кількості 1%

Навантаження, Н	Діаметр кульки d,мм			Середній діаметр, мм	Зведене навантаження, кгс
490	0,22	0,22	0,22	0,22	73,01
617	0,24	0,26	0,25	0,25	87,52
784	0,34	0,34	0,36	0,347	85,36
980	0,38	0,4	0,38	0,387	104,79
1235	2,6	2,6	2,6	2,6	21,2
1568	2,8	2,8	3	2,87	26,01
1960	4	4	4	4	25,53
Індекс задиру, кгс					60,5

Рис. 1. Індекс задиру індустріальної оливи із водою та без води

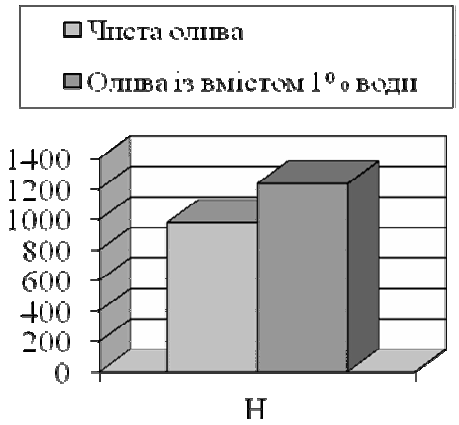

Рис. 2. Критичне навантаження індустріальної оливи із водою та без води

Таблиця 3

Рівень показника зносу на кульці ЧКМ у залежності від концентрації води крупнодисперсної емульсії

Показник	Вміст води, %						
	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3
Діаметр плям зносу d, мм	0,76	0,7	0,68	0,54	0,6	0,56	0,66
	0,76	0,7	0,72	0,54	0,62	0,56	0,64
	0,78	0,76	0,68	0,66	0,6	0,66	0,62
	0,76	0,76	0,68	0,66	0,6	0,66	0,64
	0,72	0,74	0,70	0,64	0,6	0,64	0,64
	0,73	0,74	0,72	0,62	0,6	0,62	0,64
Середній	0,752	0,733	0,69	0,61	0,603	0,62	0,64

Таблиця 4

Рівень показника зносу на кульці ЧКМ у залежності від концентрації води дрібнодисперсної емульсії

Показник	Вміст води, %						
	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3
Діаметр плям зносу d, мм	0,74	0,68	0,66	0,58	0,56	0,58	0,56
	0,72	0,68	0,66	0,56	0,58	0,58	0,56
	0,7	0,66	0,62	0,6	0,62	0,62	0,6
	0,7	0,66	0,6	0,6	0,58	0,58	0,58
	0,76	0,7	0,6	0,6	0,56	0,58	0,6
	0,76	0,7	0,6	0,58	0,58	0,58	0,6
Середній	0,73	0,68	0,623	0,587	0,58	0,59	0,583

Як видно із графіка на рис. 3, показник зносу зменшується при зростанні концентрації води до концентрації води 2 %. При подальшому зростанні концентрації показник зносу знову збільшується, причому більш стрімке зростання показника зносу спостерігається для крупнодисперсної емульсії.

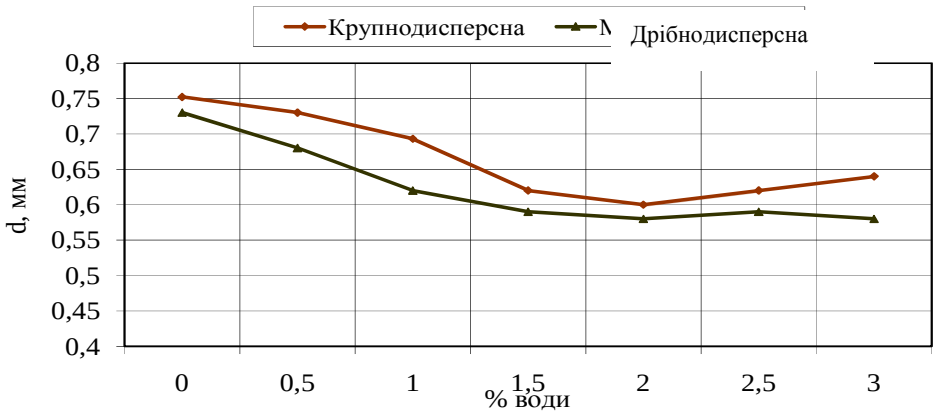

Рис. 3. Залежність показника зносу від концентрації води

Висновки:

1. Проведені експериментальні дослідження дали можливість установити реальний механізм впливу води на свіжу оливу та визначити загальну залежність характеру трібологічних процесів у оливі з вмістом води у різних концентраціях. Отже, в малих концентраціях наявність води в гідравлічній оливі може покращити трібологічні характеристики оливи. Зі зменшенням розмірів крапель позитивна дія води стає більш явною.

2. У реальних умовах роботи гідросистем транспортних засобів наявність води в гідравлічній оливі пов'язана із напрацюванням, величина якого набагато більша за час проведення випробувань свіжої оливи на ЧКМ, тому за період проведення експерименту окислювальні процеси на поверхні металу та в самій оливі не встигли відбутися повною мірою. Це спричиняє необхідність проведення додаткових досліджень трібологічних властивостей ГО, відібраних із гідросистем транспортних засобів із різним напрацюванням.

Список використаних джерел

1. Руднев, В.К. Эксплуатационные материалы для строительных и дорожных машин [Текст] / В.К. Руднев, Е.С. Венцель, Е.Н. Лысиков. – К., 1993. – 238 с.

2. Воронін, С.В. Вплив частоти коливань електричного поля на процес коалесценції води в робочій рідині [Текст] / С.В. Воронін, І.Ю. Сафонюк, А.В. Олійник // Зб. наук. праць Укр. держ. акад. залізнич. трансп. – Харків: УкрДАЗТ, 2013. – Вип. 142. – С. 169-173.

3. Хайнике, Г. Трибохимия [Текст] / Г. Хайнике. – М.: Мир 1987. – 584 с.

4. Иванов, К.И. Промежуточные продукты и промежуточные реакции автоокисления углеводородов [Текст] / К.И. Иванов; под ред. Н.И. Черножукова. – М.; Л.: ГОСТОПТЕХИЗДАТ, 1949. – 192 с.

5. Бах, А.Н. Собрание трудов по химии и биохимии [Текст] / А.Н. Бах. – М.: Изд-во АН СССР, 1950. – 684 с.

6. Berglund, K. Lubricant ageing effects on the friction characteristics of wet clutches Proceedings [Text] / K. Berglund, P. Marklund, R. Larsson // Part J: Journal of Engineering Tribology. – 2010. N 7. – P. 639–647.

7. Williamson, W. Effects of water on cellulose-based frictional surfaces in automatic transmission clutch plates [Text] / W. Williamson, B. Rhodes // SAE Special Publications. – 1996., P. 79–86.

8. Fatima, N., Marklund, P., Larsson, R. Water contamination effect in wet clutch system. Procee dings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D, Journal of Automobile Engineering. – 2012., N 3. – P. 376–389.

Рецензент д-р техн. наук, професор М.П. Ремарчук

Сафонюк Іван Юрійович, асистент кафедри будівельних, колійних і вантажно-розвантажувальних машин Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (093)303-31-38. E-mail: jonisaf@meta.ua.

Saphonyuk Ivan, assistant, Department building, track and handling machines, Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: (093) 303-31-38. E-mail: jonisaf@meta.ua.

Прийнята 25.02.2016 р.