

УДК 621. 891

ВИЗНАЧЕННЯ СТРОКУ СЛУЖБИ РОБОЧИХ РІДИН ГІДРОПРИВОДІВ БУДІВЕЛЬНИХ МАШИН

Є.С. Венцель, проф., д.т.н., Д.Б. Глушкова, доц., к.т.н., О.В. Орел, асист.,
О.М. Талалаєнко, студ., Харківський національний автомобільно-дорожній
університет

Анотація. Наведено результати теоретичних і експериментальних досліджень, які показали можливість використання коефіцієнта протизношувальних властивостей робочих рідин для визначення їх терміну служби в гідроприводах будівельних машин.

Ключові слова: будівельні машини, робоча рідина, коефіцієнт протизношувальних властивостей, зношування, гідропривід, забруднення.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРОКА СЛУЖБЫ РАБОЧИХ ЖИДКОСТЕЙ ГИДРОПРИВОДОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН

Е.С. Венцель, проф., д.т.н., Д.Б. Глушкова, доц., к.т.н., А.В. Орел, асист.,
О.М. Талалаенко, студ., Харьковский национальный автомобильно-дорожный
университет

Аннотация. Приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований, показавших возможность использования коэффициента противоизносных свойств рабочих жидкостей для определения их срока службы в гидروприводах строительных машин.

Ключевые слова: строительные машины, рабочая жидкость, коэффициент противоизносных свойств, износ, гидروпривод, загрязнения.

DETERMINING THE SERVICE LIFE OF THE WORKING FLUIDS OF CONSTRUCTION MACHINES HYDRAULIC DRIVES

Ye. Ventsel, Prof., Dr., Eng. Sc., D.Glushkova, Assoc. Prof., Cand., Eng. Sc.,
O. Orel, Assistant, O. Talalaenko, student,
Kharkiv National Automobile and Highway University

Abstract. The results of theoretical and experimental studies that have shown the possibilities of using the coefficient of the working fluids anti-wear properties to determine their service life in construction machines hydraulic drives are given.

Key words: construction machines, working fluid, coefficient of anti-wear properties, wear, hydraulic drive, pollution.

Вступ

Як відомо з досвіду експлуатації будівельних машин (БМ), елементи їх гідроприводів є дуже чутливими до забруднень робочої рідини (РР), які з часом у ній накопичуються. Ці забруднення, погіршуючи протизношувальні властивості РР, викликають неприпустимо

високий знос. Тому з часом останні підлягають негайній заміні, оскільки знос пар тертя може стати критичним. Установити той момент, коли протизношувальні властивості РР стають неприпустимими, можна лише завдяки застосуванню будь-якого критерію, величина якого має визначатися експрес-методом. Але, на жаль, не існує такого нау-

ково обґрунтованого критерію, який би дозволив швидко і відносно точно визначити протизношувальні властивості і як наслідок, строки служби РР під час експлуатації БМ.

Аналіз публікацій

Частинки забруднень, які потрапляють до РР, мають різні походження, форму та розміри. Згідно з [1–3] частинки, розміри яких 5 мкм і менше, покращують протизношувальні властивості РР. Це обумовлено тим, що вони здатні зменшити електростатичне зношування в результаті підвищення електропровідності тонких плівок РР [1, 2, 4, 5], а завдяки розвинутій питомій поверхні – адсорбувати на себе продукти окислення РР і таким чином, справляти «буферний» ефект, тобто виконувати функції природної протизношувальної присадки [2]. Крім того, високодисперсні частинки здатні нівелювати шорсткості поверхонь тертя, зменшуючи питомий тиск у з'єднаннях, а отже, можливість виникнення мікросхоплювання [3]. Таким чином, високодисперсні частинки покращують протизношувальні властивості РР, тобто впливають на строки служби РР.

Мета і постановка задачі

Метою роботи є використання впливу коефіцієнта протизношувальних властивостей на строк служби РР, які використовуються в гідроприводах БМ.

Результати теоретичних досліджень та експлуатаційних випробувань

У [4] для оцінки протизношувальних властивостей РР запропоновано використовувати коефіцієнт K_j протизношувальних властивостей, який визначається за рівнянням

$$K_j = \frac{0,005n_5}{Z}, \quad (1)$$

де n_5 – число частинок забруднень розміром 5 мкм і менше; Z – індекс забрудненості РР [5].

Величина Z визначається таким чином [5]:

$$Z = 10^{-3}(n_{5-10} \cdot 10 + n_{10-25} \cdot 25 + n_{25-50} \cdot 50 + n_{50-100} \cdot 100 + n_{100-200} \cdot 200) \sqrt{b^2 - 4ac}, \quad (2)$$

де n_{5-10} , n_{10-25} і т.п. – число частинок забруднень розміром понад 5 і до 10 мкм, понад 10 і до 24 мкм і т.п. в 100 см^3 РР для кожного з 10 класів за ГОСТ 17216-2001 (від 8-го до 17-го класу).

Нами в [6] запропоновано використовувати цей коефіцієнт як критерій оцінки строків служби РР під час експлуатації гідроприводів БМ.

Базуючись на відомій теоремі І. Пригожина про мінімізацію продукування ентропії та результатах досліджень [7], було отримано таке рівняння для визначення швидкості зношування вузла тертя

$$i_v = 2,8 \cdot 10^{-5} h \times \frac{\varphi_0 \sqrt{E}}{\sqrt{Pa} \cdot \Delta^{5/6} R_{MAX}^{2/3} \left[1 - \left(\frac{a_0}{b_0} \cdot \frac{P_c}{H_B} \right)^{1/N} \right]^{2/3}} \times \left(3 \right) \\ \times k_q n_v^{1/3} \left(1 - \frac{n_{gi}}{n_v} \right)^{1/3} \left(1 + \frac{1}{K_j} \right)^{4/3},$$

де h – товщина деформованого шару; a – середній розмір частинок забруднень; ρ – середня густина матеріалів, з яких складаються частинки забруднень; R_{max} – максимальна відстань між поверхнями зношування; Δ – величина подвійного електричного шару; ε – діелектрична проникність середовища; φ – потенціал виходу матеріалу частинок зношування; k_q – коефіцієнт пропорційності між концентрацією заряджених частинок і їх загальною концентрацією; $\frac{a_0}{b_0} \cdot \frac{P_c}{H_B}$ – величина відносного зближення.

Використавши логарифмічне диференціювання (3), можна визначити зв'язок між відносною величиною швидкості зношування й коефіцієнтом протизношувальних властивостей K_j

$$\frac{\Delta i_v}{i_v} = - \frac{4}{3} \frac{\Delta K_j}{(1 + K_j) K_j}. \quad (4)$$

З рівнянь (3) і (4) можна побачити, що зі зменшенням величини коефіцієнта K_j протизношувальні властивості РР погіршуються,

тобто є всі підстави вважати, що цей коефіцієнт може служити критерієм, що визначає строк служби РР в гідроприводах БМ. Для експериментальної перевірки цього було проведено експлуатаційні випробування автогрейдера GR165, у гідроприводі якого використовується РР Hydro-HV-46.

Після ретельного промивання гідробака в нього було залито свіжу РР Hydro-HV-46. Під час експлуатації систематично проводився відбір проб РР для визначення в ній гранулометричного складу частинок забруднень з подальшим розрахунком величини індексу забрудненості Z , класу чистоти РР за ГОСТ 17216-2001, а також коефіцієнта K_j . Крім того, у пробах визначався вміст заліза, який є показником, що характеризує процес зношування пар тертя гідроприводу.

Результати аналізів РР Hydro-HV-46 наведено на рис. 1 і 2.

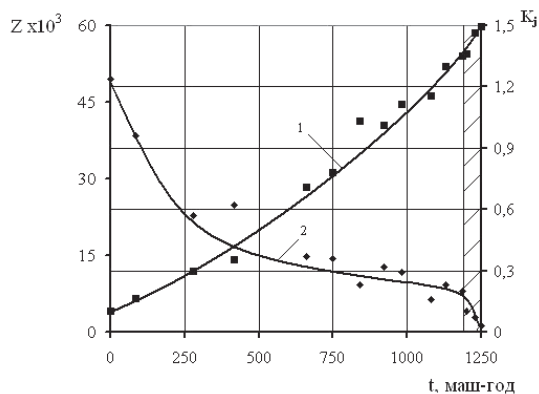


Рис. 1. Залежність індексу забрудненості Z (1) та коефіцієнта K_j протизношувальних властивостей (2) від часу напрацювання РР Hydro-HV-46

Як видно з рис. 1, у міру напрацювання РР її індекс Z забрудненості (крива 1) монотонно зростає зі значення 406 од. у свіжій РР (10-й клас чистоти за ГОСТ 17216-2001) до 43200 од. після 1185 маш.-год випробувань (17-й клас чистоти). У той же час коефіцієнт протизношувальних властивостей (крива 2) адекватним чином монотонно зменшується від 1,24 (свіжа РР) до 0,2 за значення часу експлуатації автогрейдера 1185 маш.-год, після чого має місце різке зменшення величини коефіцієнта до 0,07. Це свідчить про те, що протизношувальні властивості РР Hydro-HV-46 вичерпані і вона підлягає терміновій заміні на свіжу (у заштрихованій зоні на рис. 1 від-

мічено практично повне вичерпання протизношувальних властивостей РР). Це підтверджується результатами визначення в РР вмісту заліза: спочатку має місце поступове монотонне зростання вмісту заліза в РР залежно від часу їх напрацювання (за 1185 маш.-год вміст заліза збільшився з 0 % (свіжа РР) до $33,4 \times 10^{-4}$ %. За подальшого напрацювання до 1200 маш.-год (початок заштрихованої зони на рис. 2) спостерігається різке збільшення значення вмісту заліза до 42×10^{-4} %, а при і 1250 маш.-год вміст заліза становить 50×10^{-4} %, тобто за останні 65 маш.-год роботи вміст заліза збільшився в 1,5 рази порівняно зі значенням вмісту заліза при напрацюванні 1185 маш.-год. Це також підтверджує той факт, що величина коефіцієнта K_j протизношувальних властивостей повною мірою відображає погіршення цих властивостей РР і може бути інтегральним показником їх якості, та, як результат – критерієм строку служби РР.

Стосовно РР Hydro-HV-46 при використанні її в гідроприводі автогрейдера GR165 можна вважати, що мінімально допустимим значенням коефіцієнта робочої рідини Hydro-HV-46 при її використанні в гідроприводі автогрейдера GR165 є 0,2, що відповідає терміну служби цієї РР приблизно 1185 маш.-год.

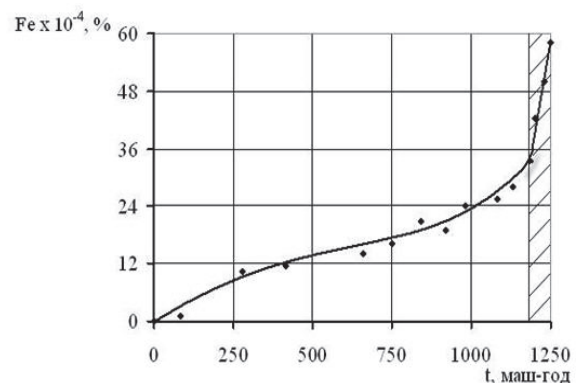


Рис. 2. Залежність вмісту заліза від часу напрацювання РР Hydro-HV-46

Для порівняння результатів теоретичних та експериментальних досліджень було використано вираз (4).

За результатами визначення гранулометричного складу РР, за допомогою якого обчислювалось значення коефіцієнта протизношувальних властивостей K_j , розраховувалась права частина виразу (4). Крім того, за вміс-

том заліза в РР Hydro- HV- 46 розраховувалась його маса та, відповідно, швидкість зношування (ліва частина виразу (4)).

Після обчислення обох сторін рівняння (4) визначалась розбіжність між результатами теоретичних та експериментальних досліджень, яка, за даними розрахунків за весь період експлуатації РР в гідроприводі, становить від 9,6 % до 27,4 %. Так, наприклад, за вмісту заліза при напрацюванні РР 85 і 280 маш.-год та 660 і 750 маш.-год було отримано дві швидкості зношування: $i_{v1} = 1,506 \times 10^{-3}$ г/маш.-год і $i_{v2} = 4,547 \times 10^{-3}$ г/маш.-год. З цих двох швидкостей зношування було розраховано Δi_v , як різницю між ними, а також i_v , як середнє значення двох швидкостей. Взявши відповідні значення K_j при тому самому напрацюванні ($K_j = 0,96$ і $0,36$), було розраховано ΔK_j як різницю між значеннями та середнє між ними. Підставивши отримані результати розрахунків у рівняння (4), отримаємо, що величина лівої частини рівняння становить 1,005, а правої – 0,73, тобто різниця – 27,4 %.

Аналогічним чином взявши значення вмісту заліза та коефіцієнта K_j при напрацюванні РР гідроприводу автогрейдера 85–280 маш.-год та 1200–1230 маш.-год і підставивши отримані результати розрахунків у рівняння (4), отримаємо, що величина лівої частини рівняння становить 1,375, а правої – 1,521, тобто різниця – 9,6 %.

Таким чином, у середньому розбіжність між результатами теоретичних і експериментальних досліджень становить 8,5 %.

Висновки

Строк служби РР при використанні їх у гідроприводах БМ може визначатися за допомогою коефіцієнта K_j протизношувальних властивостей.

Строк служби РР Hydro-HV-46 при використанні її у гідроприводі автогрейдера GR165 становить 1185 маш.-год.

Результати теоретичних і експлуатаційних досліджень задовільно корелюють між собою: похибка, в середньому, складає 18,5 %.

Література

1. Венцель Е.С. Улучшение эксплуатационных свойств масел и топлив: монография / Е.С. Венцель. – Х.: ХНАДУ, 2010. – 224 с.
2. Венцель С.В. Применение смазочных масел в двигателях внутреннего сгорания / С.В. Венцель. – М.: Химия, 1979. – 240 с.
3. Применение металлоколлоидных смазок (органозолей) железа для приработки деталей автомобильного двигателя / М.Л. Барабаш, М.В. Корогодский, А.С. Краюшкин и др. // Повышение износостойкости и срока службы машин. – К.: АН УССР, 1960. – Т. 2. – С. 249 – 261.
4. Венцель Е.С. Гранулометрический состав загрязнений как один из факторов, определяющих противоизносные свойства масел / Е.С. Венцель // Трение и износ. – 1992. – Т. XIII, №4. – С. 683–688.
5. Венцель Е.С. Основы трибологии та хімії: навч. посібник / Е.С. Венцель, Є.М. Лисіков, А.В. Євтушенко. – Х.: УкрДАЗТ, 2007. – 240 с.
6. Пат. 56107 Україна, МПК G 01 N 1/20. Спосіб визначення строків служби робочих рідин гідроприводів / Венцель Е.С., Орел О.В.; заявник та патентовласник Харківський нац. автомоб.-дорожній ун-т. – № u201008871; заявл. 16.07.2010; опубл. 27.12.2010, Бюл. №24.
7. Березняков А. И. Комплексная структурная приспособляемость трибосопряжений в аспекте теоремы И. Пригожина / А.И. Березняков, Е.С. Венцель // Трение и износ. – 1993. – Вып. 14, №1. – С. 194–202.

Рецензент: І.Г. Кириченко, професор, д.т.н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 26 червня 2014 р.