

УДК 621.869.98

### ВИЗНАЧЕННЯ СТРОКІВ СЛУЖБИ РОБОЧИХ РІДИН ГІДРОПРИВОДІВ БУДІВЕЛЬНИХ МАШИН

**Є. С. Венцель, О. В. Орел**

Харківський національний автомобільно-дорожній університет  
вул. Петровського, 25, 61002, м. Харків, Україна. E-mail: [oav1980@gmail.com](mailto:oav1980@gmail.com)

Показано, що коефіцієнт протизношувальних властивостей робочих рідин може бути інтегральним показником, який характеризує строки служби робочих рідин у зв'язку з їх протизношувальними властивостями гідроприводів будівельних машин, виявлено недоліки у розрахунках існуючими методами які не відображають фактичний стан робочих рідин та наведені нові методи аналізу властивостей робочих рідин гідроприводів будівельних машин.

**Ключові слова:** робоча рідина, гідропривід, коефіцієнт протизношувальних властивостей, строк служби.

### DEFINITION THE TERMS OF THE WORKING FLUID HYDRAULIC CONSTRUCTION MACHINES

**Ye. S. Ventsel, O. V. Orel**

Kharkov National Automobile and Highway University  
vul. Petrovsky, 25, 61002, Kharkov, Ukraine. E-mail: [oav1980@gmail.com](mailto:oav1980@gmail.com)

Shown that the wear rate of the working fluid properties can be integrated parameter that characterizes the lifetime of the working fluid due to their wear properties of hydraulic construction equipment, revealed shortcomings in the calculation of the existing methods which do not reflect the actual state of the working fluids and new methods of analysis are the properties of working fluids hydraulic construction machines.

**Key words:** working fluid, hydraulic, coefficient of wear properties, durability.

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРОКОВ СЛУЖБЫ РАБОЧИХ ЖИДКОСТЕЙ ГИДРОПРИВОДОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН

**Е. С. Венцель, О. В. Орел**

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет  
ул. Петровского, 25, 61002, г. Харьков, Украина. E-mail: [oav1980@gmail.com](mailto:oav1980@gmail.com)

Показано, что коэффициент противозносных свойств рабочих жидкостей может быть интегральным показателем-ком, характеризующий сроки службы рабочих жидкостей в связи с их противозносные свойства гидрориводов строительных машин, выявлены недостатки в расчетах существующими методами не отражают фактический состояние рабочих жидкостей и приведены новые методы анализа свойств рабочих жидкостей гидрориводов строительных машин.

**Ключевые слова:** рабочая жидкость, гидроривод, коэффициент противозносных свойств, срок службы.

**АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ.** З часом протизношувальні властивості робочих рідин у силу цілої низки причин погіршуються, що призводить до інтенсивного зносу елементів гідроприводу. У зв'язку з цим робочі рідини полягають заміні на свіжі. Таким чином строк служби робочих рідин обмежений.

На теперішній час строки служби робочих рідин гідроприводів визначаються згідно з відповідними інструкціями по експлуатації (в більшості випадків приблизно 960-1000 годин роботи гідроприводів). Але на строк служби робочих рідин впливають такі важливі експлуатаційні фактори, як навантаженість роботи, температура та забрудненість навколишнього середовища і т.п. Ці фактори, на жаль, не враховуються інструкціями по експлуатації, тобто незалежно від ступеня важкості експлуатаційних умов робочі рідини підлягають заміні в суворо однаковий строк. Тому для оцінки строків служби робочих рідин необхідна розробка будь-якого одного інтегрованого показника їх якості.

Для оцінки строків служби робочих рідин гідроприводів використовується декілька способів.

Перший спосіб базується на визначенні стану робочої рідини за межовими значеннями бракувальних показників (в'язкість, концентрація води та механічних домішок і т.п.) [1].

Основним недоліком цього способу є те, що після

відбору проби робочої рідини та її відстою необхідно проведення аналізу рідини з метою визначення всієї номенклатури бракувальних показників її якості, що потребує занадто багато часу. Крім того, для багатьох марок робочих рідин до цього часу невідомі межові значення бракувальних показників.

Існує також спосіб, що базується на вимірюванні її електропровідності [2], величина якої зростає зі зростанням концентрації частинок зносу, які найбільшою мірою впливають на протизношувальні властивості та як слід, на строки служби робочої рідини.

Основний недолік цього способу – суттєвий вплив на результати визначення оказує температура робочої рідини.

Як показав аналіз літератури [1–4] і ін., на теперішній час питання визначення строків служби робочих рідин гідроприводів є актуальними.

Метою даної роботи є встановлення інтегральних критеріїв строків служби робочих рідин, які б повною мірою характеризували б їх експлуатаційні властивості.

**МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.** Як свідчить досвід експлуатації гідроприводів будь-якого призначення, наявність забруднень у робочих рідинах відіграють дуже вагомий роль з точки зору зносу елементів гідроприводів, особливо насосів, гідромоторів і розподільчої апаратури. Це обумов-

лено тим, що частинки забруднень викликають:

- інтенсивний абразивний знос [1];
- збільшене окислення робочої рідини [5];
- гідроабразивний знос кромки золотників, клапанів і дроселів [6];
- розрив змащувальної плівки [7];
- защемлення плунжерів і клапанів в апаратурі управління внаслідок заклинювання часток [6, 7];
- збільшення зусиль на переміщення золотників і клапанів внаслідок попадання часток у зазори [1–10];
- засмічення фільтроелементів, заращування малих щілин у золотникових і дросельних елементах, що викликає нестабільну роботу гидродвигунів [6].

У переважній більшості випадків ступінь забруднення робочої рідини оцінюється класом чистоти за ГОСТ 17216-2001, згідно з яким кожному класу від 00 до 17 відповідає певна кількість частинок у 100 см<sup>3</sup> робочої рідини в тому чи іншому інтервалі розмірів, а також масова концентрація забруднень. Однак, ніколи в реальних робочих рідинах не буває збігу числа частинок в усіх інтервалах розмірів із числом часток, зазначених у класах за ГОСТ 17216-2001. Також не буває збігів класів чистоти, що визначаються за гранулометричним складом і за масовою концентрацією забруднень. Зазвичай чистота робочої рідини, отримана на підставі аналізу масової концентрації, на один-два класи нижче порівняно з результатами, отриманими на підставі гранулометричного аналізу. Ця різниця пояснюється тим, що при визначенні масового вмісту забруднень отримані результати дають відомості про сумарний зміст органічних і неорганічних компонентів, в той час як вказане в ГОСТ 17216-2001 кількість часток у кожному інтервалі розмірів належить, в основному, до забруднень неорганічного характеру.

Найбільшого поширення набула методика визначення класу чистоти, розроблена ВНДГ Гідропривід [9], яка дозволяє встановити чистоту робочих рідин в межах 8-17 класів. Відповідно до цієї методики проводиться підрахунок числа часток забруднень у кожному із зазначених у ГОСТ 17216-2001 інтервалі розмірів і визначення індексу забруднення робочої рідини за формулою

$$Z = 10^{-3} (n_{5-10} \cdot 10 + n_{10-25} \cdot 25 + n_{25-50} \cdot 50 + n_{50-100} \cdot 100 + n_{100-200} \cdot 200), \quad (1)$$

де  $n_{5-10}$ ;  $n_{10-25}$ ; і т. д. – число часток забруднень розміром понад 5 і до 10 мкм, понад 10 і до 24 мкм і т.д. в 100 см<sup>3</sup> робочої рідини для кожного з 10 класів за ГОСТ 17216-2001 (від 8-го до 17-го).

За величиною індексу забруднення можна встановити клас чистоти, керуючись відповідною таблицею, наведеною в [3].

Однак як індекс забрудненості, так і клас чистоти в цілому констатують лише кількісний вміст часток забруднень щодо відносно великих розмірів (більше 5 мкм) і не дають якісної картини, яка характеризує протизношувальні властивості робочих рідин, а саме ці властивості й визначають строк служби їх. Так, при незмінній кількості частинок розмі-

ром 5 мкм і менше якийсь, навіть незначне, збільшення числа більш великих часток погіршує протизношувальну дію робочої рідини, а отже, підвищує зношування вузлів тертя. Тим часом, хоча при такому відносному збільшенні числа великих частинок декілька і зростає значення індексу забрудненості, але клас чистоти робочої рідини при погіршенні його протизношувальних властивостей не змінюється. Наприклад, індекс забруднення робочої рідини 14-го класу чистоти може залежно від числа частинок розміром більше 5 мкм змінюватися від 3282 до 6520, тобто, як зазначалося вище, майже в 2 рази.

Крім того, в ГОСТ 17216-2001 для класів 3-17 нормується кількість часток розміром 5 мкм і менше, а в виразі (1) для визначення індексу забруднення немає доданка, що враховує кількість цих частинок. А саме вони знижують інтенсивність зношування вузлів тертя обернено пропорційно до об'ємної концентрації частинок в ступені 3/2 при незмінній їх масі [3], що пояснюється тим, що ці частинки здібні:

- зменшити електростатичне зношування в результаті підвищення електропровідності і поверхневого напруження оливних плівок [1];

- завдяки розвинутій питомої поверхні адсорбувати на собі продукти окислення олії, перетворюючись таким чином на природну протизношувальну присадку [5];

- нівелювати шорсткості поверхонь, зменшуючи тиск в сполученнях, а отже, можливість мікросхватування [1, 5, 8].

Саме тому протизношувальні властивості робочих рідин з урахуванням гранулометричного складу частинок забруднень доцільно виражати коефіцієнтом протизношувальних властивостей, який можна вважати критерієм оцінки строків служби робочих рідин гідроприводів та який визначається співвідношенням

$$K_j = \frac{n_5 \cdot 5}{n_{5-10} \cdot 10 + n_{10-25} \cdot 25 + n_{25-50} \cdot 50 + n_{50-100} \cdot 100 + n_{100-200} \cdot 200}, \quad (2)$$

де  $n_5$  – число часток забруднень розміром понад 5 і менше мкм.

З урахуванням виразу (1)

$$K_j = \frac{0,005 n_5}{Z}, \quad (3)$$

Як видно з (2) і (3), збільшення коефіцієнта  $K_j$  (а отже, і поліпшення протизношувальних властивостей робочих рідин) може бути досягнуто або збільшенням числа дрібних частинок (5 мкм і більше), або зменшенням кількості великих (понад 5 мкм).

Наведемо приклади залежності протизношувальних властивостей робочих рідин від величини коефіцієнта  $K_j$ .

Проведено експлуатаційні порівняльні випробування двох скреперів Д-357, у гідросистему одного з яких вбудовано диспергуючий пристрій [1], який

призначено для штучного підвищення в робочій рідині кількості частинок розміром 5 мкм і менше. Обидва скрепера були приблизно однієї дати випуску і мали практично однакове напрацювання гідроагрегатів.

Під час випробувань періодично з працюючих гідроприводів проводився відбір проб робочих рідин для встановлення гранулометричного складу частинок забруднень із подальшим розрахунком величини  $K_j$  і визначення основного чинника, який характеризує протизношувальні властивості - концентрації заліза в робочій рідині. Спостереження за вказаними параметрами робочих рідин здійснювалося в скрепері із серійної гідросистемою протягом 960 годин експлуатації, тобто відповідно до строку служби робочої рідини, рекомендованим заводом-виробником машин, а в скрепері з диспергуючим пристроєм – протягом 1750 годин без проміжної заміни робочої рідини.

Результати досліджень наведені на рис. 1, 2, з яких видно, що величина  $K_j$  у робочій рідині, що застосовувалася в скрепері із серійним гідроприводом, лінійно знижується протягом 960 годин експлуатації з 0,82 до 0,455. Це пояснюється поступовим збільшенням в часі числа частинок забруднень всіх розмірів (рис. 2, а, б, крива 1). При цьому кількість часток розміром до 5 мкм зростає відносно повільніше числа частинок інших розмірів, що згідно з виразом (2) призводить до поступового зменшення величини  $K_j$ .

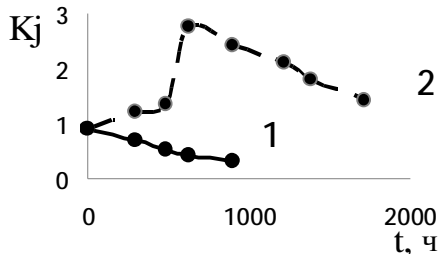
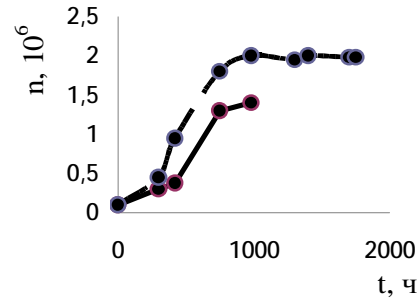
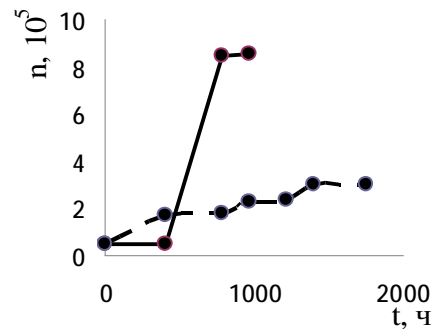


Рисунок 1 – Зміна коефіцієнта  $K_j$ : 1 – серійна гідросистема; 2 – з диспергуючим пристроєм

У скрепера, який працював з диспергуючим пристроєм, перші 740 годин  $K_j$  підвищується від 0,82 до 2,8, потім величина  $K_j$  знижується і стає рівною 1,47 при напрацюванні 1750 годин. Збільшення в початковий період значення  $K_j$  пояснюється штучним диспергуванням, а отже, зростанням числа частинок розміром 5 мкм і менше (рис. 2, а, крива 2) з одночасним відносним зменшенням числа частинок розміром 5-200 мкм. (рис. 2, б, крива 2). Поступове зниження величини  $K_j$  через 740 годин викликано тим, що в наступні 1000 годин практично настає стабілізація кількості частинок розмірів 5 мкм і менше, а кількість часток більше 5 мкм збільшується.



а)



б)

Рисунок 2 – Змінення числа часток  
а) розміром 5 мкм і менше;  
б) розміром більше 5 мкм

Таким чином, робоча рідина, що працювала у гідросистемі з диспергуючим пристроєм, мала впродовж всього періоду випробувань більш високе значення коефіцієнта  $K_j$ . При цьому знос елементів гідроприводу, який працював із диспергуючим пристроєм, виявився наприкінці випробувань у 1,35 разів менше, ніж без використання цього пристрою.

Якщо прийняти, що величина коефіцієнта  $K_j$  робочої рідини, яка працювала в скрепері з серійною гідросистемою протягом 960 годин, є межовим бракувальним показником, то продовжуючи праву гілку графіку  $K_j$  робочої рідини, що працювала з диспергуючим пристроєм, до величини 0,455, можна зробити висновок, що в цьому випадку строк служби робочої рідини може бути подовжений до 2400 годин, тобто в 2,5 разів.

На основі вищезазначеного можна вважати, що коефіцієнт протизношувальних властивостей повною мірою визначає строки служби робочих рідин в експлуатації у зв'язку з їх протизношувальними властивостями.

#### ВИСНОВКИ.

1. Існуючі методи визначення строків служби робочих рідин у гідроприводах будівельних і дорожніх машин мають певні недоліки та не відображають фактичний стан робочих рідин.

2. Коефіцієнт протизношувальних властивостей повною мірою визначає строки служби робочих рідин в експлуатації у зв'язку з їх протизношувальними властивостями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Улучшение качества и повышение сроков службы нефтяных масел / Венцель Е.С, Жалкин С.Г., Данько Н.И.: Монография. – Харьков: УкрГАЗТ, 2003. – 168 с.
2. Бабенко А.О. Діагностика зношування й довговічності деталей машин по електропровідності мастила : дис. канд. техн. наук.: 05.02.02. – Харків, 2002.
3. Основи трибології та хімотології: Венцель Е.С., Лисіков Є.М., Євтушенко А.В.: Навчальний посібник. – Харків: УкрДАЗТ. 2007. – 241 с.
4. Влияние размеров частиц загрязнений на приспособляемость масел к условиям трения / Венцель Е.С., Березняков А.И. // Тезисы докл. Всесоюз. Науч.-техн. конф. "Промышленная чистота рабочих жидкостей гидросистем и фильтрация", 1990. – С. 24–25.
5. Венцель С.В. Применение смазочных масел в двигателях внутреннего сгорания. – М.: Химия, 1979. – 240 с.
6. Зеркалов Д.В. Обеспечение эксплуатационных свойств рабочих жидкостей для гидросистем // Строительные и дорожные машины. – 1986. – № 11. – С. 29–30.
7. Надежность гидравлических систем воздушных судов / Башта Т.М., Бабанская В.Д., Головко Ю.С. и др. – М.: Транспорт, 1986. – 279 с.
8. Применение металлоколлоидных смазок (органозолей) железа для приработки деталей автомобильного двигателя / Барабаш М.Л., Корогодский М.В., Краюшкин А.С., Федотов Ф.А. // Повышение износостойкости и срока службы машин. – Киев: АН УССР, 1960. — Т. 2. – С. 249 – 261.
9. Очистка рабочих жидкостей в гидроприводах станков / Коновалов В.М., Скрицкий В.Я., Рокшевский В.А. – М.: Машиностроение, 1975. – 286 с.
10. Повышение надежности строительных машин / Миронов Н.И., Кириллов Г.М. – Л.: Стройиздат, 1985. – 136 с.

REFERENCES

1. Improving the quality and service life of petroleum oils / Venzel E.S, Zhalkin S.G. Danko N.I. : Monograph - Kharkov: UkrGAZt, 2003. – 168 p. [in Russian].
2. Babenko S.A. Diagnosis of wear and durability of machine parts for electrical oils: Thesis. ... Candidate. Engineering. Science.: 02.05.2002. – Kharkiv, 2002 [in Ukrainian].
3. Fundamentals tribology and himotology / Ventsel E.S., Lisikov E.M., Evtushenko A.V. : Navchalny posibnik. – Kharkiv: UkrDAZT. 2007. – 241 p. [in Ukrainian].
4. Effect of particle size on the adaptability of oil pollution to the conditions of friction / Ventsel E.S., Berezyakov A.I. // Abstracts. Proc. Scientific and Technical. Conf. "Industrial purity fluids and hydraulic filtration, 1990, – P. 24–25 [in Russian].
5. Ventsel S.V. The use of lubricating oils in internal combustion engines. – М.: Khimiya, 1979. – 240 p. [in Russian].
6. Zerkalov D.V. Provision of operational properties of working fluids for hydraulic systems // Construction and road machinery. – 1986. – № 11. – P. 29–30 [in Russian].
7. Reliability of hydraulic systems of aircraft / Bashta T.M., Babansky V.D. Golovko Y.S. and oth. – М.: Transport, 1986. – 279 p. [in Russian].
8. Application metallokolloidnyh lubricants (organosols) of iron for burnishing parts automobile engine / Barabash M.L., Korogodskii M.V., Krayushkin A.S., Fedotov F.A. // Increased durability and service life. – Kiev: AN USSR, 1960. - T. 2, P. 249. – 261 p. [in Russian].
9. Cleaning fluids in hydraulic machines / Konovalov V.M., Skritskiy V.J., Rokshevsky V.A. – М.: Mashinostroenie, 1975. – 286 p. [in Russian].
10. Improving the reliability of construction machinery / Mironov N.I., Kirillov G.M. – L.: Stroyizdat, 1985. – 136 p. [in Russian].

Стаття надійшла 20.10.2010.

Рекомендована до друку  
д.т.н., проф. Масловим О.Г.