

УДК 621. 891.22

## ВИЗНАЧЕННЯ МІНІМАЛЬНО ПРИПУСТИМОГО ЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ПРОТИЗНОШУВАЛЬНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ РОБОЧИХ РІДИН ГІДРОПРИВОДІВ

Є.С. Венцель, професор, д.т.н., О.В. Орел, аспірант,  
О.Ю. Пономаренко, студентка, ХНАДУ

*Анотація.* Розглянуто результати досліджень з визначення мінімально припустимого значення коефіцієнта протизношувальних властивостей робочих рідин, що характеризує їх протизношувальні властивості та строки служби в гідроприводах будівельних машин.

*Ключові слова:* робоча рідина, коефіцієнт протизношувальних властивостей, гідропривод, забруднення, тертя.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИНИМАЛЬНО ДОПУСТИМОГО ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ПРОТИВОИЗНОСНЫХ СВОЙСТВ РАБОЧИХ ЖИДКОСТЕЙ ГИДРОПРИВОДОВ

Е.С. Венцель, профессор, д.т.н., А.В. Орел, аспирант,  
Е.Ю. Пономаренко, студентка, ХНАДУ

*Аннотация.* Рассмотрены результаты исследований по определению минимально допустимого значения коэффициента противоизносных свойств рабочих жидкостей, как характеризующего их противоизносные свойства и сроки службы в гидروприводах строительных машин.

*Ключевые слова:* рабочая жидкость, коэффициент противоизносных свойств, гидропривод, загрязнения, трение.

## DETERMINATION OF PERMISSIBLE MINIMUM VALUE OF ANTIWEAR PROPERTIES COEFFICIENT OF HYDRAULIC DRIVE WORKING FLUIDS

Ye. Ventsel, Professor, Doctor of Technical Science, O. Orel, assistant,  
O. Ponomarenko, student, KhNAHU

*Abstract.* The article deals with the results of studies on determination of minimum permissible value of antiwear properties coefficient of hydraulic drive working fluids characterizing their antiwear properties and service life in the hydraulic drive of building machinery.

*Keywords:* fluid, antiwear properties coefficient, hydraulic drive, pollution, friction.

### Вступ

Як відомо, забруднення робочої рідини частинками зносу та пилу через абразивний знос викликають вихід з ладу елементів (насамперед, насосів, гідромоторів, розподільчатої апаратури) гідропривода будівельних машин, які працюють, як правило, в умовах надзви-

чайного запилення навколишнього середовища. Саме тому забрудненість робочої рідини найбільшою мірою лімітує строки її служби. Цей показник якості рідини характеризується класом її чистоти за ГОСТ17216-2001, який на жаль, не враховує наявності і кількості в робочій рідині частинок забруднень розміром 5 мкм та менше.

### Аналіз публікацій

Частинки, згідно з [1–3], покращують протизношувальні властивості робочих рідин, тому що вони здатні зменшити електростатичне зношування в результаті підвищення електропровідності рідини [1], а завдяки розвинутій питомій поверхні здатні адсорбувати на себе продукти окислення робочої рідини 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 сполученнях, а отже, можливість виникнення мікросхоплення [3]. Таким чином, високодисперсні частинки значно впливають на якість та строки служби робочих рідин.

### Мета і постановка задачі

Встановити межове (критичне) значення коефіцієнта протизношувальних властивостей робочої рідини, за досягнення якого вона їх витрачає та підлягає заміні.

### Експериментальні дослідження

Коефіцієнт  $K_j$  протизношувальних властивостей як інтегральний показник протизношувальних властивостей робочих рідин та їх строків служби визначається згідно з виразом [4]

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

де  $n_5$  – число частинок забруднень розміром 5 мкм і менше;  $Z$  – індекс забруднення робочої рідин [5].

Величина  $Z$  визначається наступним чином [5]

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

де  $n_{5-10}$ ,  $n_{10-25}$  і т.п. – 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 класу).

Для отримання межового (або мінімально припустимого) значення коефіцієнта проти-

зношувальних властивостей були проведені наступні експериментальні дослідження.

У гідропривод скрепера Д-357 було залито свіжу робочу рідину І-Г-А-32, після чого машина працювала у звичайному робочому режимі. Відповідно до заздалегідь розробленої схеми здійснювався відбір робочої рідини, з метою визначення гранулометричного складу забруднень, що входять до неї (включаючи частинки розміром 5 мкм і менше), та розрахунку величин  $Z$  та коефіцієнта протизношувальних властивостей. Після цього проводились лабораторні випробування робочих рідин з різним ступенем напрацювання на машинах тертя ЧКМ та СМЦ-2 (відповідно, граничний та змішаний режими тертя).

Випробування на машині тертя ЧКМ проводились при наступному режимі [1]:  
навантаження на кулі – 480 Н;  
число обертів верхньої кулі – 25 с<sup>-1</sup>;  
час випробування – 15 хв.  
Матеріал кульок – сталь ШХ-15, діаметр – 12,7 мм.

Після випробувань за допомогою мікроскопа МЕТАМ Р-1 визначався діаметр плями зношення на кульках.

Для випробувань на машині тертя СМЦ-2 використовувалися ролики зі сталі 38ХС і колодки зі бронзи Браж9-4. Ці матеріали застосовуються для виготовлення елементів аксіально-поршневих насосів у гідросистемах будівельних машин.

Діаметр роликів складав 50 мм, ширина – 12 мм, ширина колодки – 10 мм. Змащення зразків здійснювалось зануренням їх на глибину 8...10 мм у робочу рідину, яка заливалася до кювети машини.

Режим випробувань зразків за схемою «колодка-ролик» на машині тертя СМЦ-2 був таким [1]:  
припрацювання без навантаження – 15 хв;  
припрацювання за навантаження 300 Н – 2,0 год;  
випробування за навантаження 600 Н – 4 год.

Зношування зразків (колодок та роликів) встановлювалося шляхом визначення втрати ними маси за час випробувань. Вимірювання маси виконувалося аналітичними вагами ВЛА-200г-М з точністю  $\pm 0,0001$  г і з доведенням зразків до постійної маси.

Отримані результати випробувань наведено на рисунках 1–3.

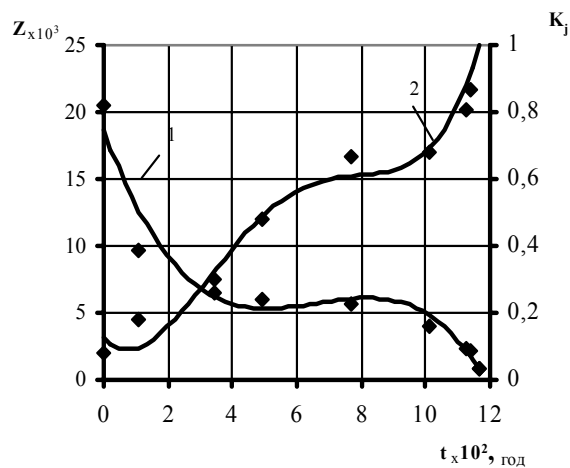


Рис. 1. Залежність коефіцієнта протизношувальних властивостей  $K_j$  (1) та індексу забрудненості  $Z$  (2) від часу напрацювання

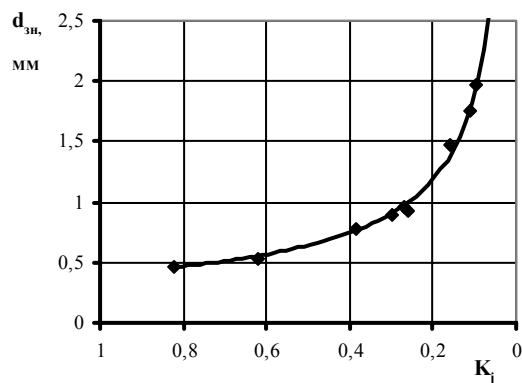


Рис. 2. Залежність діаметра плями зносу від коефіцієнта протизношувальних властивостей (машина тертя ЧКМ)

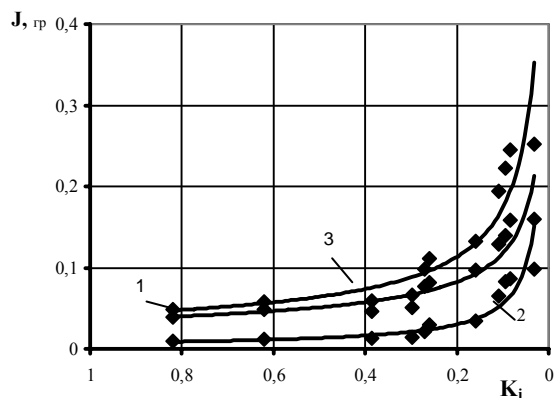


Рис. 3. Залежність величини зносу від коефіцієнта протизношувальних властивостей (машина тертя СМЦ-2): 1 – колодки; 2 – ролика; 3 – сумарний

З рис. 1 видно, що у міру напрацювання індекс забрудненості робочої рідини збільшується в порівнянні зі свіжою, в якій величина  $Z$  складає приблизно 2080 од. Після експлуатації гідропривода скрепера протягом 1008 годин величина індексу забрудненості досягла 17079 од. При цьому збільшення величини  $Z$  здійснюється відносно монотонно, але вже через 1127 годин роботи його величина різко збільшилась та стала рівною 20118 од.

Коефіцієнт  $K_j$  протизношувальних властивостей робочої рідини, навпаки, адекватним чином зменшується від 0,82 (свіжа робоча рідина) до 0,16 при часу експлуатації скрепера 1008 годин. Збільшення останнього до 1127 годин приводить до різкого зменшення величини  $K_j$  ( $\approx 0,095$ ).

Аналогічним чином змінюється знос зразків при випробуваннях на машинах тертя (рисунки 2 і 3). Так, діаметр плями зносу на кульках (рис. 2) склав 0,46 мм при використанні свіжої робочої рідини І-Г-А-32, а після 1008 годин роботи гідропривода скрепера  $d_{zn}$  підвищилось до 1,08 мм, тобто стало більше в 2,35 рази більше порівняно зі свіжою робочою рідиною. Через 1127 годин експлуатації величина  $d_{zn}$  різко збільшилась до 1,97 мм, тобто в приблизно в 4,3 рази більше, порівняно зі свіжою рідиною, та в 1,82 рази порівняно з випробуваннями на машині після 1008 годин експлуатації гідропривода скрепера.

Аналогічним чином змінюється знос зразків при випробуваннях їх на машині тертя СМЦ-2 (рис. 3): спочатку спостерігається поступово, по мірі зменшення величини коефіцієнта  $K_j$ , збільшення зносу як колодки, так і ролика. Але після того, як величина  $K_j$  досягає приблизно 0,16, має місце різке збільшення зносу. Так наприклад, при напрацюванні 1008 годин сумарний знос обох зразків склав 0,1325 г (в 2,7 рази більше порівняно зі свіжою робочою рідиною), а при роботі гідропривода скрепера протягом 1127 годин величина зносу досягла 0,2220 г, тобто приблизно в 4,5 рази більше, ніж при використанні свіжої робочої рідини та приблизно в 1,68 рази більше, ніж через 1008 годин роботи рідини.

Таким чином, можна вважати, що для робочої рідини І-Г-А-32 при використанні її в якості робочої рідини в гідроприводах, які мають аксіально-поршневі насоси, межеве (мінімально припустиме) значення величини

коефіцієнта протизношувальних властивостей складає 0,16 при граничному та змішаному режимах змащення.

### Висновки

1. Коефіцієнт протизношувальних властивостей значною мірою характеризує протизношувальні властивості робочих рідин та їх строки служби в гідроприводах.
2. Для робочої рідини І-Г-А-32 при використанні її в якості робочої рідини в гідроприводах, які мають аксіально-поршневі насоси, межеве (мінімально припустиме) значення величини коефіцієнта протизношувальних властивостей складає 0,16 при всіх можливих режимах змащування пар тертя.
3. Подальші дослідження доцільно проводити в експлуатаційних умовах з уточненням значення межової (мінімально припустимої) величини коефіцієнта протизношувальних властивостей, впливу його на знос реальних пар тертя будівельних машин та строків служби власне робочих рідин.

### Література

1. Венцель Е.С. Улучшение эксплуатационных свойств масел и топлив : моногра-

фия / Е.С. Венцель. – Харьков : ХНАДУ, 2010. – 224 с.

2. Венцель С.В. Применение смазочных масел в двигателях внутреннего сгорания / С.В. Венцель. – М. : Химия, 1979. – 240 с.
3. Барабаш М.Л. Применение металлоколлоидных смазок (органозолей) железа для приработки деталей автомобильного двигателя / М.Л. Барабаш, М.В. Корогодский, А.С. Краюшкин, Ф.А. Федотов // 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 толології : навч. посібник / Е.С. Венцель, Є.М. Лисіков, А.В. Євтушенко. – Харків : УкрДАЗТ, 2007. – 241 с.

Рецензент: О.В. Полярус, професор, д. т. н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 17 червня 2011 р.