

УДК 621

Ю. Є. КАЛАБУХІН, д-р техн. наук, професор

Українська державна академія залізничного транспорту, м. Харків

Є. С. ВЕНЦЕЛЬ, д-р техн. наук, професор

О. В. ОРЕЛ, аспірант

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ СТРОКІВ СЛУЖБИ ПО ЗНАЧЕННЮ КОЕФІЦІЄНТА ПРОТИЗНОШУВАЛЬНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ РОБОЧИХ РІДИН

Приведены методика и результаты расчетов экономической эффективности от использования коэффициента K_j противоизносных свойств, как интегрального показателя качества рабочих жидкостей гидроприводов строительных машин (на примере автогрейдера).

Наведено методика та результати розрахунків економічної ефективності від використання коефіцієнта K_j протизношувальних властивостей, як інтегрального показника якості робочих рідин гідроприводів будівельних машин (на прикладі автогрейдера).

Актуальність теми

З часом протизношувальні властивості робочих рідин у силу цілої низки причин погіршуються, що приводить до інтенсивного зносу елементів гідроприводу. У зв'язку з цим строк служби робочих рідин обмежений, що призводить до необхідності заміни їх на свіжі. Перебільшення строку служби та навпаки, передчасна заміна рідини пов'язано з суттєвими матеріальними витратами.

В теперішній час строки служби робочих рідин гідроприводів визначаються згідно відповідних інструкцій з експлуатації на будівельні машини (в більшості випадків приблизно 960-1000 маш-годин роботи). Але на строк служби робочих рідин впливають такі важливі експлуатаційні фактори, як навантаженість роботи, температура та забрудненість навколишнього середовища і т. п., тому вказані вище строки служби не можна вважати вірними. Тому необхідні певні об'єктивні критерії, які з достатньою ступеню інформативності дозволять судити про можливість (чи неможливість) подальшої експлуатації робочих рідин.

Огляд досліджень

Для визначення строків служби робочих рідин гідроприводів використовується декілька способів:

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

Основними недоліком цього способу є те, що для виконання відповідних аналізів потрібно багато часу та матеріальних витрат. Крім того, для більшості марок робочих рідин до цього часу невідомі межові значення бракувальних показників.

Існує також спосіб, заснований на вимірюванні електропровідності робочих рідин [2], але на величину цього показника суттєвий вплив оказує температура, що з одного боку, не дає змогу отримати об'єктивну оцінку технічного стану рідини, а з іншого – відсутність мережевих значень електропровідності для більшості робочих рідин, що використовуються в будівельних машинах.

Мета статті

Встановити економічний ефект від впровадження способу визначення раціонального строку служби робочих рідин гідроприводів будівельних машин за допомогою інтегрального та об'єктивного показника – коефіцієнта K_j протизношувальних властивостей.

Основний матеріал

Як відомо [1 і ін.], протизношувальні властивості залежать від кількості та розмірів часток забруднень у робочих рідинах, що власне кажучи, й визначає строки їх служби.

Для оцінки чистоти робочої рідини використовується індекс їх забруднення, який визначається за формулою [3]

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

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

За величиною індексу забруднення можна встановити клас чистоти.

Але цей вираз не враховує частки забруднень розміром 5 мкм та менше, які в значній мірі здатні покращити протизношувальні властивості робочих рідин.

Запропонований нами спосіб визначення строків служби робочих рідин гідроприводів будівельних машин полягає у використанні коефіцієнта K_j протизношувальних властивостей, який враховує кількість корисних з точки зору покращення протизношувальних властивостей робочих рідин, часток забруднень розміром 5 мкм та менше, а також часток інших розмірів [4, 5]:

$$K_j = \frac{0,005 n_5}{Z} . \tag{2}$$

Результати наших теоретичних, а також лабораторних та експлуатаційних випробувань автогрейдера, показали можливість використання цього коефіцієнту в якості критерію строків служби робочих рідин в гідроприводах будівельних машин: різке зменшення коефіцієнта K_j означає втрату робочої рідини протизношувальних властивостей (рис. 1) [4, 5].

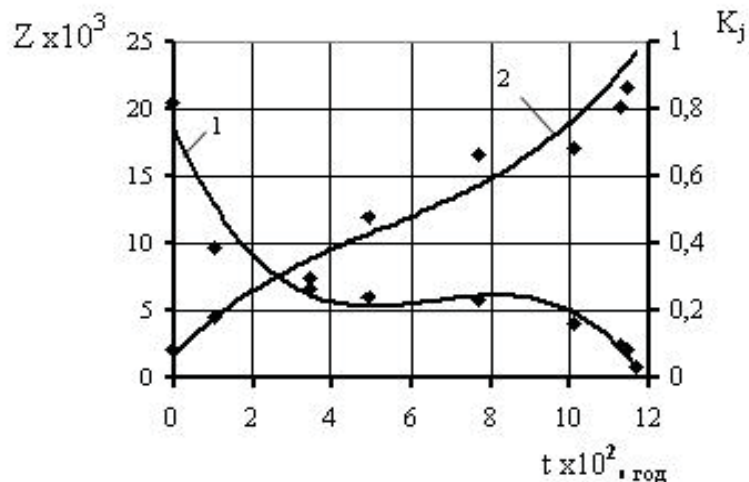


Рис. 1. Залежність коефіцієнта протизношувальних властивостей K_j (1) та індексу забрудненості Z (2) від часу напрацювання

З метою підвищення ефективності роботи автогрейдера пропонується проводити періодичний лабораторний аналіз робочої рідини гідроприводу. Цей організаційно-технічний захід дозволяє подовжити термін служби робочої рідини в ньому в експлуатації з 1000 годин до 1200 годин до повної заміни та попередити підвищене зношування вузлів гідроприводу,

який викликаний забрудненням рідини, яке приводить до їх відмови і необхідності проведення позапланового ремонту.

Згідно [6–8] економічний ефект заходу науково-технічного прогресу (НТП) за розрахунковий період визначається за наступною формулою

$$E_T = P_T - Z_T, \quad (3)$$

де P_T – вартісна оцінка результатів використання заходу НТП за розрахунковий період, грн.;

Z_T – вартісна оцінка витрат на здійснення заходу НТП за розрахунковий період, грн.

Для базового варіанту заходу формула (3) приймає вигляд

$$E_T^b = P_T^b - Z_T^b, \quad (4)$$

Для нового варіанту

$$E_T^H = P_T^H - Z_T^H, \quad (5)$$

де P_T^b і P_T^H – вартісна оцінка результатів використання, відповідно базового і нового варіанту заходу НТП за розрахунковий період, грн.;

Z_T^b і Z_T^H – вартісна оцінка витрат при використанні, відповідно базового і нового варіанту заходу НТП за розрахунковий період, грн.

В даному випадку за базовий варіант заходу НТП приймаємо експлуатацію автогрейдера без проведення періодичного лабораторного аналізу, а за новий варіант – з додатковим проведенням періодичного лабораторного аналізу робочої рідини гідравлічної системи.

При базовому варіанті технології експлуатації автогрейдера можливі два варіанту стану робочої рідини гідравлічної системи:

1) робоча рідина знаходиться у нормальному стані, відпрацьовує передбачений нормативний термін служби і замінюється на нове;

2) робоча рідина інтенсивно забруднюється до завершення передбаченого нормативного терміну служби, при цьому не замінюється, а продовжує використовуватися приводячи до підвищеного зносу вузлів гідравлічної системи, вірогідності їх відмови і як слідство – до позапланового ремонту і простою для його виконання. Крім цього цей негативний факт приведе до підвищення витрати палива та мастила для роботи двигуна автогрейдера.

При новому варіанті технології експлуатації автогрейдера можливі три варіанти стану робочої рідини гідравлічної системи:

1) забруднена робоча рідина вибраковується і замінюється на нове заздалегідь до завершення передбаченого нормативного терміну служби;

2) робоча рідина знаходиться у нормальному стані, відпрацьовує передбачений нормативний термін служби і замінюється на нове;

3) робоча рідина знаходиться у нормальному стані і може бути використаним з перебільшенням нормативного терміну служби.

Таким чином, рішення поставленої задачі зводиться до визначення:

- додаткових капітальних вкладень для здійснення заходу щодо застосування нової технології експлуатації автогрейдера;

- економії поточних витрат за рахунок попередження позапланових ремонтів вузлів гідросистеми та підвищення витрати паливно-мастильних матеріалів для роботи двигуна, викликаних значним забрудненням робочої рідини гідросистеми автогрейдера;

- економії поточних витрат за рахунок подовження фактичного терміну служби робочої рідини гідросистеми автогрейдера;

- збільшення доходу від роботи автогрейдера, яке зумовлено підвищенням його продуктивності завдяки усуненню позапланових ремонтів вузлів гідросистеми.

Впровадження нового варіанту технології експлуатації автогрейдера супроводжується додатковими поточними витратами на проведення лабораторного аналізу робочої рідини гідравлічної системи.

Періодичність лабораторних досліджень робочої рідини гідросистеми автогрейдера складає 75 годин, а ціна одного лабораторного дослідження – 20 грн. За цих умов додаткові річні поточні витрати на лабораторні дослідження робочої рідини гідросистеми автогрейдера складають 504,12 грн.

Собівартість машино-години роботи автогрейдера визначається за формулою

$$S_{\text{мг}} = \frac{B_o}{T_p} + \frac{B_p}{T_p} + B_r + B_n, \quad (6)$$

де B_o – одноразові витрати до початку роботи автогрейдера на об'єкті, грн.;

B_p – річні умовно-постійні витрати (амортизаційні відрахування), грн.;

T_p – річний корисний (ефективний) фонд роботи автогрейдера, год.;

B_r – годинні витрати, грн.;

B_n – загальновиробничі витрати на 1 машино-годину, грн.

Собівартість машино-години роботи автогрейдера при базовому та новому варіанті експлуатації з урахуванням вірогідності стану робочої рідини гідросистеми визначається за відповідними за формулами:

$$S_{\text{мг}}^{\text{б}} = \sum_{i=1}^{i=2} (S_{\text{мг}i}^{\text{б}} \cdot \lambda_i^{\text{б}}); \quad (7)$$

$$S_{\text{мг}}^{\text{н}} = \sum_{i=1}^{i=3} (S_{\text{мг}i}^{\text{н}} \cdot \lambda_i^{\text{н}}), \quad (8)$$

де $S_{\text{мг}i}^{\text{б}}, S_{\text{мг}i}^{\text{н}}$ – собівартість машино-години роботи автогрейдера відповідно, при базовому та новому варіанті експлуатації з урахуванням стану робочої рідини гідросистеми, грн.;

$\lambda_i^{\text{б}}, \lambda_i^{\text{н}}$ – вірогідність стану робочої рідини гідросистеми відповідно, при базовому та новому варіанті експлуатації автогрейдера.

Ціна машино-години роботи автогрейдера встановлюється по базовому варіанту експлуатації і визначається за формулою

$$C_{\text{мг}} = S_{\text{мг}}^{\text{б}} \cdot \left(1 + \frac{R}{100}\right), \quad (9)$$

де R – плановий рівень рентабельності, %.

Річні поточні витрати для роботи автогрейдера при базовому та новому варіанті експлуатації з урахуванням вірогідності стану робочої рідини гідросистеми в році t розрахункового періоду визначається за відповідними за формулами:

$$Z_t^{\text{б}} = S_{\text{мг}}^{\text{б}} \cdot T_{\text{р}}^{\text{б}}; \quad (10)$$

$$Z_t^{\text{н}} = S_{\text{мг}}^{\text{н}} \cdot T_{\text{р}}^{\text{н}}, \quad (11)$$

де $T_{\text{р}}^{\text{б}}, T_{\text{р}}^{\text{н}}$ – річний ефективний фонд часу роботи автогрейдера при базовому та новому варіанті експлуатації з урахуванням вірогідності стану робочої рідини гідросистеми, год.

Річний корисний (ефективний) фонд часу роботи автогрейдера при базовому та новому варіанті експлуатації з урахуванням вірогідності стану робочої рідини гідросистеми визначається за відповідними за формулами:

$$T_{\text{мг}}^{\text{б}} = \sum_{i=1}^{i=2} (T_{\text{мг}_i}^{\text{б}} \cdot \lambda_i^{\text{б}}); \quad (12)$$

$$T_{\text{мг}}^{\text{н}} = \sum_{i=1}^{i=3} (T_{\text{мг}_i}^{\text{н}} \cdot \lambda_i^{\text{н}}), \quad (13)$$

де $T_{\text{мг}_i}^{\text{б}}, T_{\text{мг}_i}^{\text{н}}$ – річний фонд роботи автогрейдера відповідно, при базовому та новому варіанті експлуатації з урахуванням стану робочої рідини гідросистеми, год.

Річний дохід, який отримано від роботи автогрейдера відповідно, при базовому та новому варіанті експлуатації з урахуванням вірогідності стану робочої рідини гідросистеми в році t розрахункового періоду визначається за відповідними формулами:

$$P_t^{\text{б}} = C_{\text{мг}} \cdot T_{\text{мг}}^{\text{б}}; \quad (14)$$

$$P_t^{\text{н}} = C_{\text{мг}} \cdot T_{\text{мг}}^{\text{н}}. \quad (15)$$

Річний прибуток, який отримано від роботи автогрейдера відповідно, при базовому та новому варіанті експлуатації з урахуванням вірогідності стану робочої рідини гідросистеми в році t розрахункового періоду визначається за відповідними формулами:

$$\text{Пр}_t^{\text{б}} = P_t^{\text{б}} - Z_t^{\text{б}}; \quad (16)$$

$$\text{Пр}_t^{\text{н}} = P_t^{\text{н}} - Z_t^{\text{н}}. \quad (17)$$

Економічний ефект від впровадження нового варіанту експлуатації автогрейдера в році t розрахункового періоду визначається за формулою

$$E_t = \text{Пр}_t^{\text{н}} - \text{Пр}_t^{\text{б}} - K_t^{\text{н}}. \quad (18)$$

де K_t^H – одноразові витрати на НДОКР в розрахунку на одиницю автогрейдера, які пов’язані з розробкою нової технології експлуатації, грн.

Економічний ефект від впровадження нового варіанту експлуатації автогрейдера за розрахунковий період визначається за формулою

$$E_T = \sum_{t=t_H}^{t=t_K} (E_t \cdot \alpha_t). \tag{19}$$

де α_t – коефіцієнт дисконтування;

t_H, t_K – початковий та кінцевий рік розрахункового періоду.

Коефіцієнт дисконтування визначається за формулою

$$\alpha_t = (1 + E_H)^{t_p - t}, \tag{20}$$

де E_H – норма дисконту;

t_p – розрахунковий рік;

t – рік, витрати якого приводяться до розрахункового року.

Вірогідність стану робочої рідини гідравлічної системи, періодичність заміни в залежності від стану за варіантами технології експлуатації автогрейдера наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Вірогідність стану робочої рідини гідравлічної системи та періодичність його заміни в залежності від стану за варіантами технології експлуатації автогрейдера

Показник	Відпрацювання робочої рідини гідросистеми за варіантом технології експлуатації автогрейдера та вірогідним станом				
	без використання лабораторних досліджень		з використанням лабораторних досліджень		
	за нормативом	із значним забрудненням	дострокова відбраківка	за нормативом	подовження строку використання
Вірогідність стану робочої рідини гідросистеми	0,5	0,5	0,4	0,3	0,3
Періодичність заміни робочої рідини гідросистеми, маш-год.	1000	1000	800	1000	1200

Калькуляцію собівартості машино-години роботи автогрейдера за варіантом технології експлуатації та стану робочої рідини гідросистеми наведено в табл. 2. Результати розрахунку річних поточних витрат, річного доходу та річного прибутку від роботи автогрейдера наведено в табл. 3. Результати розрахунку економічного ефекту від запропонованого організаційно-технічного заходу наведено в табл. 4.

Таблица 2
Калькуляция собівартості машино-години роботи автогрейдера за варіантом технології експлуатації та стану робочої рідини гідросистеми

Статті витрат	Сума витрат за варіантами, грн.					
	Базовий		з використанням лабораторних досліджень			
	за нормативом	із значним забрудненням	дострокова відбраковка	вдпрацювання за нормативом	подовження строку використання	
1 Одноразові витрати до початку роботи машини на об'єкті на 1 годину	9,20	10,70	9,29	9,21	9,15	
2 Річні умовно-постійні витрати	4,23	4,64	4,23	4,23	4,23	
3 Годинні витрати, усього, у тому числі	222,26	239,19	224,58	222,53	221,17	
3.1 Основна заробітна плата робітників	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	
3.2 Додаткова заробітна плата робітників	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	
3.3 Відрахування на соціальні заходи	5,97	5,97	5,97	5,97	5,97	
3.4 Витрати на паливо	150	153	150	150	150	
3.5 Витрати на мастило для роботи двигуна	11,22	11,44	11,22	11,22	11,22	
3.6 Витрати на роботу рідину гідросистеми	3,96	4,95	5,22	4,23	3,57	
3.7 Витрати на технічне обслуговування гідросистеми	4,00	5,00	5,00	4,00	3,33	
3.8 Витрати на технічне обслуговування автогрейдера	18,90	20,71	18,90	18,90	18,90	
3.9 Витрати на всі види поточних ремонтів автогрейдера	6,23	6,83	6,23	6,23	6,23	
3.10 Витрати на позаплановий ремонт гідросистеми		8,82				
3.11 Інші прямі витрати	6,47	6,97	6,54	6,48	6,44	
Разом експлуатаційні витрати	235,69	254,52	238,11	235,97	234,55	
4 Загальновиборничі витрати	18,52	19,99	18,71	18,54	18,43	
Разом собівартість машино-години	254,20	274,51	256,82	254,51	252,97	

Таблиця 3

Результати розрахунку річних поточних витрат, річного доходу та річного прибутку від роботи автогрейдера

Показник	Значення за варіантом технології експлуатації та станом робочої рідини гідросистеми					
	базовий		з використанням лабораторних досліджень			
	за нормативом	із значним забрудненням	дострокова відбраковка	відпрацювання за нормативом	подовження строку використання	
Вірогідність стану робочої рідини гідросистеми	0,5	0,5	0,4	0,3	0,3	
Собівартість машино-години роботи автогрейдера, грн.	254,20	274,51	256,82	254,51	252,97	
Річний корисний (ефективний) фонд часу роботи автогрейдера, при повному її використанні, год.	1890	1725	1890	1890	1890	1890
Річний час роботи автогрейдера з урахуванням вірогідності стану робочої рідини гідросистеми, год.		1808		1890		1890
Собівартість машино-години роботи автогрейдера за варіантом технології експлуатації з урахуванням вірогідності стану робочої рідини гідросистеми, грн.		264,36		254,97		
Планова рентабельність, %		25				
Ціна машино-години роботи автогрейдера, грн.		330,45		330,45		
Річні поточні витрати, грн.		477948,46		482009,49		
Річний дохід від роботи автогрейдера, грн.		597435,57		624688,41		
Річний прибуток від роботи автогрейдера, грн.		119487,11		142678,91		

Таблица 4

Результаты расчета экономического эффекта от запропанованого организационно-технического захода

Рік розрахунково го періоду	Витрати на НДОР, грн.	Річний прибуток за варіантом експлуатації автогрейдера, грн.		Річний економічний ефект, грн.	Коефіцієнт дисконтування	Дисконтований річний економічний ефект, грн.	Теж наростаючим підсумком, грн.
		базовий	новий				
2012	3000,00			-3000,00	1,100	-3300,00	-3300,00
2013		119487,11	142678,91	23191,80	1,000	23191,80	19891,80
2014		119487,11	142678,91	23191,80	0,909	21083,46	40975,26
2015		119487,11	142678,91	23191,80	0,826	19166,78	60142,03
2016		119487,11	142678,91	23191,80	0,751	17424,34	77566,38
2017		119487,11	142678,91	23191,80	0,683	15840,31	93406,69
2018		119487,11	142678,91	23191,80	0,621	14400,28	107806,97
2019		119487,11	142678,91	23191,80	0,564	13091,17	120898,14
2020		119487,11	142678,91	23191,80	0,513	11901,06	132799,20
2021		119487,11	142678,91	23191,80	0,467	10819,15	143618,35
2022		119487,11	142678,91	23191,80	0,424	9835,59	153453,93
2023		119487,11	142678,91	23191,80	0,386	8941,44	162395,38
2024		119487,11	142678,91	23191,80	0,350	8128,58	170523,96
2025		119487,11	142678,91	23191,80	0,319	7389,62	177913,58
2026		119487,11	142678,91	23191,80	0,290	6717,84	184631,42
2027		119487,11	142678,91	23191,80	0,263	6107,13	190738,55
2028		119487,11	142678,91	23191,80	0,239	5551,93	196290,48
Разом	3000,00	1911793,82	2282862,63	368068,81		196290,48	

Висновок

Використання коефіцієнта протизношувальних властивостей K_j в якості критерію для визначення строків служби робочих рідин, дозволяє отримати економічний ефект, за рахунок відсутності перевитрат робочої рідини та позачергових ремонтів, 23192 грн щорічно або 196290 грн. за розрахунковий період – 17 років. Період повернення одноразових витрат – 1 рік.

Список літератури

1. Венцель Е.С. Улучшение эксплуатационных свойств масел и топлив: монография / Е. С. Венцель // – Харьков: ХНАДУ, 2010. – 224 с.
2. Бабенко А. О. Диагностика зношування й довговічності деталей машин по електропровідності мастила./ дис. ... канд. техн. наук.: 05.02.02 / Бабенко Андрій Олександрович. – Харків, 2002.
3. ГОСТ 17216-2001 "Чистота промышленная. Классы чистоты жидкостей". – Введ. 2001.
4. Венцель Е. С. Взаємозв'язок між коефіцієнтом протизношувальних властивостей робочих рідин та швидкістю зношування елементів гідроприводу / Е. С. Венцель, О. В. Орел // Сборник научных трудов «Строительство, материаловедение, машиностроение», ГВУЗ ПГАСА. – 2011, Вып. 63, Днепропетровск. – С. 186–196.
5. Венцель Е. С. Визначення мінімально припустимого значення коефіцієнта протизношувальних властивостей робочих рідин гідроприводів / Е. С. Венцель, О. В. Орел, О. Ю. Пономаренко // Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету. – 2011, Вып. 53. – С. 95–98.
6. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов / В. В. Косов, В. Н. Лившиц, А. Г. Шахназаров, Н. Г. Алешинская. – М. : Экономика, 2000.
7. Виленский П. Л. Оценка эффективности инвестиционных проектов: теория и практика: учеб. пособие / П. Л. Виленский, В. Н. Лившиц, С. А. Смоляк. – 2-е изд. – М. : Дело, 2002. – 194 с.
8. Оценка экономической эффективности инвестиций в мероприятия научно-технического прогресса: учеб.-метод. пособие / Е. И. Балака, И. Г. Бойко и др. ; под ред. В. Л. Диканя. – Х. : Основа, 1995. – 254 с.

COST-EFFECTIVE IMPLEMENTATION OF RATIONAL SERVICE LIFE VALUE OF FACTOR ANTI-WEAR PROPERTIES OF WORKING FLUID

Yu.E. KALABUHIN, Dr. Sci. Tech, Y.S. VENTSEL, Dr. Sci. Tech,
O.V. OREL, graduate student

The method and results of calculations of the cost-effectiveness of the use of the coefficient K_j anti-wear properties, as an integral indicator of quality of working fluids hydraulic construction machines (for example, motor graders).

Поступила в редакцию 12.12.2012 г.